



Evaluación de propiedades de medios naturales y elementos contaminantes en una zona de Salcedo potencialmente en riesgo a causa de industrias textiles- diseño experimental y análisis químico.

Fiallos Cruz, Marco Andrés

Departamento de Ciencias de Energía y Mecánica

Carrera de Petroquímica

Trabajo de Unidad de Integración Curricular, previo a la obtención del título de Petroquímico

Urrutia Goyes, Edgar Ricardo, PhD

13 de abril del 2021



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE PETROQUÍMICA

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de Unidad de Integración Curricular, “**Evaluación de propiedades de medios naturales y elementos contaminantes en una zona de Salcedo potencialmente en riesgo a causa de industrias textiles- diseño experimental y análisis químico**”, fue realizado por el señor **Fiallos Cruz, Marco Andrés** el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 13 de abril del 2021



Firmado electrónicamente por:
**EDGAR RICARDO
URRUTIA GOYES**

.....
Urrutia Goyes, Edgar Ricardo, PhD

CC.: 1803599313

Reporte de verificación



Urkund Analysis Result

Analysed Document: Tesis_Fiallos_rev1.docx (D100905392)
Submitted: 4/7/2021 7:36:00 PM
Submitted By: mafiallos6@espe.edu.ec
Significance: 4 %

Sources included in the report:

MARIA FERNANDA RAMOS JARAMILLO.docx (D13994225)
 TESIS SCARLET GUACHAMIN PARA REVISIÓN TUTOR (2).docx (D85873929)
 UNU_AMBIENTAL_2020_T_ZUELY-VILLACORTA_DANTE-RIOS_V2.pdf (D62584079)
 UNU_AMBIENTAL_2020_T_ZUELY-VILLACORTA_DANTE-RIOS_V1.pdf (D62559651)
 TESIS WGGM FINAL OCTUBRE 2016. Evaluacion Impactos al Recurso Agua (2).docx (D23104053)
 Tesis_PaulMacias.docx (D79926739)
 SILVIA LEMA 10-12-2020 .pdf (D88827628)
<https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/23389/1/24%20PML.pdf>
<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/23389/1/24%20PML.pdf>
<https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/13951/D%C3%ADaz%20Vera%2020Elena%20Jeaneth%20-%20Valdivia%20Odiaga%20Iris%20Andrea.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
<http://dspace.espe.edu.ec/bitstream/123456789/11105/1/96T00546.pdf>
<https://repositorio.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/17868/SierraGarciaSoniaCarolina2018.pdf?sequence=2>
<https://repositorio.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/17868/SierraGarciaSoniaCarolina2018.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/6907/1/T-UCE-0017-0019-016.pdf>
<https://docplayer.es/81004279-Universidad-central-del-ecuador-facultad-de-ingenieria-en-geologia-minas-petroleos-y-ambiental-carrera-de-ingenieria-ambiental.html>
<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/1564/1/T-UCE-0012-261.pdf>
<http://200.12.169.19/bitstream/25000/1564/1/T-UCE-0012-261.pdf>
<https://portal.unas.edu.pe/sites/default/files/epirnr/EVALUACION%20DE%20LOS%20EFLUENTES%20DE%20LA%20EMPRESA%20INDUSTRIA%20PELETERA%20PERUANA%20S.A..pdf>
<https://docplayer.es/91679528-Departamento-de-ciencias-de-la-tierra-y-la-construccion.html>
<http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/5340/1/UNACH-EC-ING-AMBT-2019-0003.pdf>

Instances where selected sources appear:

85



Firmado electrónicamente por:
EDGAR RICARDO
URRUTIA GOYES

.....
Urrutia Goyes, Edgar Ricardo, PhD

CC.: 1803599313



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE PETROQUÍMICA

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Yo, **Fiallos Cruz, Marco Andrés**, con cédula de ciudadanía n° 180382221-0, declaro que el contenido, ideas y criterios de trabajo de Unidad de Integración Curricular: **“Evaluación de propiedades de medios naturales y elementos contaminantes en una zona de Salcedo potencialmente en riesgo a causa de industrias textiles- diseño experimental y análisis químico”**. es de mi autoría y responsabilidad cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación es veraz.

Latacunga, 13 de abril de 2021

.....

Fiallos Cruz, Marco Andrés

C.C.: 1803822210



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE PETROQUÍMICA

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Yo, **Fiallos Cruz, Marco Andrés**, con cédula de ciudadanía n° 180382221-0, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de Unidad de Integración Curricular: **“Evaluación de propiedades de medios naturales y elementos contaminantes en una zona de Salcedo potencialmente en riesgo a causa de industrias textiles- diseño experimental y análisis químico”**. en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, 13 de abril de 2021

.....
Fiallos Cruz, Marco Andrés

C.C.: 1803822210

Dedicatoria

El presente trabajo se lo dedico a mi madre LLanet Cruz, mi abuelita Carmela Villegas, mi padre Marco Fiallos, que fueron los principales responsables de que al día de hoy pueda conseguir este objetivo, por todo el apoyo, afecto y mucha paciencia en el transcurso de mi vida.

Agradecimientos

A Dios, por darme fuerza para afrontar todos los caminos y obstáculos que se presentan en la vida.

A mi madre, que a pesar de la distancia me dio mucha fuerza y apoyo durante toda mi vida, por su esfuerzo, paciencia y mucho cariño, para que puede cumplir mis objetivos.

A mis abuelitos Pedro Cruz y Carmela Villegas, que me formaron como persona y me inculcaron valores de bien y fueron uno de los pilares más importantes de mi vida.

A toda mi familia y amigos que me apoyaron durante toda mi vida académica.

Al Dr. Ricardo Urrutia por su ayuda y colaboración en el presente trabajo de titulación.

Tabla de contenidos	
Carátula.....	1
Certificación	2
Reporte de verificación	3
Dedicatoria	6
Agradecimientos.....	7
Tabla de contenidos.....	8
Índice de figuras.....	14
Índice de tablas.....	17
Resumen	19
Abstract.....	20
Introducción	21
Objetivos.....	24
<i>Objetivo General</i>.....	24
<i>Objetivos Específicos</i>	24
Actividades	24
Fundamentación teórica y estado del arte.....	25
Ciudad de Salcedo	25
Empresa Textil (Curtiduría)	26
<i>Remojo</i>	26
<i>Pelambre</i>	27

<i>Caleo</i>	27
<i>Descarnado</i>	27
<i>Desencalado</i>	27
<i>Rendido o Purgado</i>	28
<i>Desengrase</i>	28
<i>Piquelado (precurtido)</i>	29
<i>Curtido (cromado)</i>	29
<i>Rebajado (raspado)</i>	30
<i>Recurtición y engrase</i>	31
<i>Acabado</i>	31
El agua	31
Aguas residuales	32
Análisis químicos aplicados al estudio de aguas residuales	34
<i>Parámetros Físicos</i>	34
<i>Temperatura</i>	34
<i>Sólidos Totales</i>	35
<i>Parámetros Químicos</i>	36
<i>Indicadores</i>	36
<i>Ph</i>	36
<i>Dureza</i>	36

<i>Aceites y Grasas</i>	37
<i>Detergentes</i>	37
<i>Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)</i>	38
<i>Demanda Química de Oxígeno</i>	39
<i>Oxígeno disuelto (OD)</i>	39
<i>Sulfuros</i>	40
<i>Sulfatos</i>	40
<i>Cromo total</i>	40
Técnicas de análisis relacionadas con aguas residuales	41
<i>Gravimetría</i>	41
<i>Análisis gravimétrico por precipitación</i>	42
<i>Espectrometría de absorción atómica de llama</i>	42
<i>Espectrofotometría VIS</i>	42
<i>Volumetría</i>	43
Metodología	45
Ubicación	45
Toma de muestras	47
<i>Muestreo del agua</i>	48
<i>Preservación y recolección de la muestras</i>	49
<i>Temperatura y ph</i>	49

	11
<i>Caudal</i>	50
Análisis químicos de aguas residuales	51
<i>Oxígeno Disuelto (OD)</i>	51
<i>Tensoactivos</i>	52
<i>Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)</i>	52
<i>Sulfatos</i>	52
<i>Sulfuros</i>	53
<i>Dureza</i>	53
<i>Aceites y grasas</i>	53
<i>Demanda Química de oxígeno (DQO)</i>	54
<i>Cromo total</i>	54
<i>Sólidos totales</i>	54
Análisis estadístico	55
Resultados y discusión	57
Análisis Estadístico	60
<i>Análisis para aceites y grasas, ph y Oxígeno Disuelto.</i>	60
<i>Análisis para el Cromo total</i>	60
<i>Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)</i>	63
<i>Demanda Química de Oxígeno (DQO)</i>	66
<i>Dureza Total</i>	70

<i>Sólidos Totales</i>	74
<i>Sulfatos</i>	77
<i>Sulfuros</i>	81
<i>Tensoactivos</i>	84
<i>Caudal</i>	87
<i>Temperatura</i>	91
Análisis de los parámetros según la “Norma de Calidad Ambiental y Descarga de Efluentes al Recurso Agua”	94
<i>Cromo total</i>	94
<i>Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)</i>	95
<i>Demanda Química de Oxígeno (DQO)</i>	96
<i>Dureza total</i>	96
<i>Sólidos totales</i>	97
<i>Sulfatos</i>	98
<i>Sulfuros</i>	99
<i>Tensoactivos</i>	100
<i>Temperatura</i>	100
Conclusiones y recomendaciones	102
Conclusiones	102
Recomendaciones	104
Bibliografía	¡Error! Marcador no definido.

Anexos	110
---------------------	------------

Índice de figuras

Figura 1. <i>Cantón Salcedo-Cotopaxi</i>	25
Figura 2. <i>Bombo semiautomático</i>	28
Figura 3. <i>Grupos carboxilos y aminos</i>	29
Figura 4. <i>Tipos de Sólidos</i>	35
Figura 5. <i>Forma química del ion-alkyl benceno sulfonato</i>	38
Figura 6. <i>Espectrofotometro UV-Vis</i>	43
Figura 7. <i>Coordenadas geograficas del cantón Salcedo.</i>	45
Figura 8. <i>División politica del cantón Salcedo</i>	46
Figura 9. <i>Definición de zona de estudio del Sector Rural de la Ciudad de Salcedo.</i>	47
Figura 10. <i>Gráfica de caja para cromo total</i>	60
Figura 11. <i>Gráfica de residuos para el Cromo total</i>	62
Figura 12. <i>Gráfica de Efectos principales para Cromo total</i>	62
Figura 13. <i>Gráfica de interacción para Cromo Total</i>	63
Figura 14. <i>Gráfica de caja de DBO₅</i>	64
Figura 15. <i>Gráfica de residuos para DBO₅</i>	65
Figura 16. <i>Gráfica de efectos principales para DBO₅</i>	65
Figura 17. <i>Gráfica de interacción para DBO₅</i>	66
Figura 18. <i>Gráfica de caja para DQO</i>	67
Figura 19. <i>Gráfica de residuos para DQO</i>	68
Figura 20. <i>Gráfica de efectos principales para DQO</i>	69

Figura 21. <i>Gráfica de interacción para DQO</i>	70
Figura 22. <i>Gráfica de caja para Dureza total</i>	70
Figura 23. <i>Gráfica de residuos para Dureza total</i>	72
Figura 24. <i>Gráfica de efectos principales para Dureza total</i>	72
Figura 25. <i>Gráfica de interacción para Dureza total</i>	73
Figura 26. <i>Gráfica de caja de Sólidos totales</i>	74
Figura 27. <i>Gráfica de residuos para Sólidos totales</i>	76
Figura 28. <i>Gráfica de efectos principales para Sólidos totales</i>	76
Figura 29. <i>Gráfica de interacción para Sólidos totales</i>	77
Figura 30. <i>Gráfica de caja de Sulfatos</i>	78
Figura 31. <i>Gráfica de residuos para Sulfatos</i>	79
Figura 32. <i>Gráfica de efectos principales para Sulfatos</i>	80
Figura 33. <i>Gráfica de interacciones para Sulfatos</i>	80
Figura 34. <i>Gráfica de caja para Sulfuros</i>	81
Figura 35. <i>Gráfica de residuos para Sulfuros</i>	82
Figura 36. <i>Gráfica de efectos principales para Sulfuros</i>	83
Figura 37. <i>Gráfica de Interacciones para Sulfuros</i>	84
Figura 38. <i>Gráfica de caja para Tensoactivos</i>	84
Figura 39. <i>Gráfica de residuos para Tensoactivos</i>	86
Figura 40. <i>Gráfica de efectos principales para Tensoactivos</i>	86

Figura 41. <i>Gráfica de iteraciones para Tensoactivos</i>	87
Figura 42. <i>Gráfica de caja para el Caudal</i>	88
Figura 43. <i>Gráfica de residuos para el Caudal</i>	89
Figura 44. <i>Gráfica de efectos principales para el Caudal</i>	90
Figura 45. <i>Gráfica de interacciones para el Caudal</i>	90
Figura 46. <i>Gráfica de caja de la Temperatura</i>	91
Figura 47. <i>Gráfica de residuos para la Temperatura</i>	92
Figura 48. <i>Gráfica de efectos principales para la Temperatura</i>	93
Figura 49. <i>Figura de interacciones para la Temperatura</i>	94
Figura 50. <i>Diagrama de bloques de la concentración para el Cromo total</i>	94
Figura 51. <i>Diagrama de bloques de la concentración para el DBO₅</i>	95
Figura 52. <i>Diagrama de bloques de la concentración para DQO</i>	96
Figura 53. <i>Diagrama de bloques de la concentración para Dureza total</i>	97
Figura 54. <i>Diagrama de bloques de la concentración para el Sólidos totales</i>	98
Figura 55. <i>Diagrama de bloques de la concentración para Sulfatos</i>	98
Figura 56. <i>Diagrama de bloques de la concentración para el Cromo total</i>	99
Figura 57. <i>Diagrama de bloques de la concentración para Tensoactivos</i>	100
Figura 58. <i>Diagrama de bloques de la concentración para Temperatura</i>	101

Índice de tablas

Tabla 1. <i>Operaciones de Raspado</i>	30
Tabla 2. <i>Características más importantes de las aguas residuales y su procedencia</i>	33
Tabla 3. <i>Clasificación del agua según su dureza</i>	37
Tabla 4. <i>Nomenclatura para la recolección de las muestras</i>	48
Tabla 5. <i>Factores y parámetros a analizar</i>	56
Tabla 6. <i>Límites máximos permisibles de parámetros a analizar</i>	57
Tabla 7. <i>Resultados obtenidos de los factores y parámetros a analizar</i>	59
Tabla 8. <i>Análisis de varianza para Cromo total, utilizando SC ajustada para pruebas.</i> ...	61
Tabla 9. <i>Datos Obtenidos por el método de Tukey al 95 % de confianza</i>	63
Tabla 10. <i>Análisis de varianza para DBO₅, utilizando SC ajustada para pruebas.</i>	64
Tabla 11. <i>Datos Obtenidos por el método de Tukey al 95 % de confianza</i>	66
Tabla 12. <i>Análisis de varianza para DQO, utilizando SC ajustada para pruebas.</i>	67
Tabla 13. <i>Datos Obtenidos por el método de Tukey al 95 % de confianza</i>	69
Tabla 14. <i>Análisis de varianza para Dureza total, utilizando SC ajustada para pruebas.</i>	71
Tabla 15. <i>Datos Obtenidos por el método de Tukey al 95 % de confianza</i>	73
Tabla 16. <i>Análisis de varianza para Sólidos totales, utilizando SC ajustada para pruebas</i>	75
Tabla 17. <i>Datos Obtenidos por el método de Tukey al 95 % de confianza</i>	77
Tabla 18. <i>Análisis de varianza para Sulfatos, utilizando SC ajustada para pruebas</i>	78

Tabla 19. <i>Datos Obtenidos por el método de Tukey al 95 % de confianza</i>	80
Tabla 20. <i>Análisis de varianza para Sulfuros, utilizando SC ajustada para pruebas</i>	82
Tabla 21. <i>Datos Obtenidos por el método de Tukey al 95 % de confianza</i>	83
Tabla 22. <i>Análisis de varianza para Tensoactivos, utilizando SC ajustada para pruebas</i>	85
Tabla 23. <i>Datos Obtenidos por el método de Tukey al 95 % de confianza</i>	87
Tabla 24. <i>Análisis de varianza para Caudal, utilizando SC ajustada para pruebas</i>	88
Tabla 25. <i>Datos Obtenidos por el método de Tukey al 95 % de confianza</i>	90
Tabla 26. <i>Análisis de varianza para Temperatura, utilizando SC ajustada para pruebas</i>	93
Tabla 27. <i>Datos Obtenidos por el método de Tukey al 95 % de confianza</i>	93

Resumen

Las bases del proyecto se enfocaron en la determinación de los procesos textiles más abundantes que generan contaminación, sus orígenes y efectos, además se procedió con la investigación de los métodos más comunes de análisis y muestreo de agua para poder identificar dichos elementos perjudiciales. Subsiguiente se localizó de manera precisa a las industrias que afecten directamente en los alrededores de la ciudad de Salcedo, en donde las vertientes de agua se vean inmiscuidas. Se definió el número de localizaciones, muestras, y contaminantes que tenga correspondencia con sus costos y disponibilidad. Se tomó un total de 20 muestras, junto con un transporte y almacenamiento adecuado, de manera que se proceda a sus análisis correspondientes con el menor error posible, en un laboratorio certificado. El laboratorio fue el (CICAM) de la Escuela Politécnica Nacional (EPN) que está bajo la norma ISO 17025 De igual manera los datos se registraron para su correspondiente análisis estadístico y obtención de resultados de manera didáctica y numérica, además dichos resultados serán comparados con los límites permisibles por la normativa local, que se manifiestan en el Texto Unificado de la legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, TULSMA, figurado en el Anexo I, Libro VI, Titulado “Norma de calidad Ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua”. Por último, se procedió con el análisis de resultados y sus respectivas conclusiones que permitan resolver los problemas relacionados a la investigación.

Palabras clave:

- **AGUA**
- **CONTAMINANTE**
- **MUESTREO**
- **VERTIENTES**

Abstract

The bases of the project focused on determining the most abundant textile processes that generate pollution, their origins and effects, and the most common methods of analysis and water sampling were investigated in order to identify these harmful elements. Subsequently, the industries that directly affect the surroundings of the city of Salcedo were precisely located, where the water springs are intruded. The number of locations, samples, and pollutants corresponding to their costs and availability was defined. A total of 20 samples were taken, together with adequate transport and storage, so that their corresponding analyzes are carried out with the least possible error, in a certified laboratory. The laboratory was the (CICAM) of the National Polytechnic School (EPN) which is under the ISO 17025 standard. In the same way, the data was recorded for its corresponding statistical analysis and obtaining results in a didactic and numerical way, in addition these results will be compared with the permissible limits by local regulations, which are manifested in the Unified Text of the Secondary legislation of the Ministry of the Environment, TULSMA, contained in Annex I, Book VI, entitled "Environmental quality standard and discharge of effluents to water resources". Finally, we proceeded with the analysis of results and their respective conclusions that allow solving the problems related to the investigation.

Key words:

- **WATER**
- **POLLUTANT**
- **SAMPLING**
- **SLOPES**

CAPÍTULO I

1. Introducción

El agua es un recurso natural imprescindible para la vida humana como para el desarrollo del medio que nos rodea, es así como debido al crecimiento social y económico de la población mundial se ha intensificado el uso del recurso tan valioso. Durante muchos años toneladas de sustancias, ya sean biológicas activas, sintéticas utilizadas en agricultura, industria textil, medicina, uso doméstico, etc. Las aguas se han desaguado al medio ambiente sin tomar en cuenta los efectos ocasionados. Al mismo tiempo del problema de la contaminación que se notó por allá a orígenes del siglo XIX, se debe agregar su escasez, que va desarrollándose de manera inquietante en grandes dimensiones debido a al cambio climático y la continua desertización que sufre nuestro planeta. (Barceló & López, 2008).

Las diferentes descargas de aguas provenientes de la industria textil en el sector de Salcedo, generan graves impactos ambientales, debido a la presencia de metales pesados, tales como cromo, níquel, etc., de igual manera aceites y grasas, sulfatos, sulfuros, etc., (Sayago, 2016), estos problemas ambientales surgen como secuencia de un indebido tratamiento previo antes de que se viertan al río cutuchi.

Hoy en día, la mayoría de los ríos poseen importantes daños antropogénicos, (Liñero Arana et al., 2016), debido a distintos factores antes mencionados tales como el crecimiento y desarrollo humano e industrial (Farinango, Romero, Jácome, Benavides, & Navarrete, 2019). En donde los principales responsables de la contaminación son compuestos orgánicos volátiles, metales tóxicos, nutrientes vegetales, solidos en suspensión, y parásitos, entre otros (Paul, 2017); lo que significa que dichos contaminantes ocasionan daños a la fauna y flora, de manera

que los sistemas hídricos no son capaces de auto depurarse por sí solos (Menéndez & TARELA, 2010).

La industria textil se enfrenta a una competencia de poner en marcha medidas que disminuyan el daño ambiental que generan, con la finalidad de comprometerse a las regulaciones impuestas por órganos ambientales. Respecto a legislaciones ambientales internacionales exigen concentraciones de cromo por debajo de 0.5 mg/L, en aguas residuales procedentes de curtidurías, al respecto conviene decir que se debe buscar alternativas de procedimientos como las plantas de tratamientos de aguas residuales. (Kanagaraj, Babu, & Mandal, 2008).

Con respecto a factores que determinan la calidad del agua y a su gran cantidad de variables que se utilizan para describir cuerpos de agua a fines cuantitativos, se complica para dar una definición de calidad de agua, de manera que se puede definir como; “una lista de concentraciones, especificaciones y aspectos físicos de sustancias orgánicas e inorgánicas, y la composición y el estado de la biota acuática presente en el cuerpo de agua”. La calidad conlleva cambios especiales y temporales a causa de agentes externos e internos del cuerpo de agua (Ramírez, 2021).

Según (Ramírez, 2021) la definición de la calidad de agua se puede realizarse esencialmente de dos maneras:

- Midiendo variables físicas (turbiedad, sólidos totales, etc.), químicas (pH, acidez, etc.), o biológicas (bioensayos).
- Utilizando un índice de calidad de agua

Las dos formas son admitidas y se solicitan mediciones tanto como en el campo o en el laboratorio, además se generan distintos tipos de datos que es preciso aclarar.

El índice de calidad de la Fundación Nacional de Saneamiento (ICA-NSF) de los estados Unidos (Castro, Almeida, Ferrer, & Díaz, 2014), este índice no enlaza el posible futuro de manejo del agua. Esta herramienta permite observar el daño y mejorar la calidad del agua en donde se trabaja a un nivel cualitativo (Aguirre Cordón, Vanegas Chacón, & García Álvarez, 2016). En la actualidad se proporciona varios protocolos para la evaluación de la calidad del agua, entre estos los monitores biológico que usa macro invertebrados (Liñero Arana et al., 2016) y procedimientos fisicoquímicos (Blanco, 2009). Para el cálculo del índice se manejan nueve factores como variables de respuesta, los cuales son: pH, temperatura, Demanda Química de Oxígeno (DQO), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅), sólidos totales, turbiedad, sulfatos, sulfuros (Quiroz Fernández, Izquierdo Kulich, & Menéndez Gutiérrez, 2017).

El manejo correcto y cuidado del agua puede mantener dicho medio natural junto a sus propiedades originales (COA, 2017), por lo que el Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE) y las autoridades competentes han establecido normas de control que se manifiestan en el Texto Unificado de la legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, TULSMA, figurado en el Anexo I, Libro VI, Titulado “Norma de calidad Ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua”. En dicho manifiesto se puede observar los límites permisibles de los parámetros fisicoquímicos del agua, en donde han sido predispuestos en función de su utilización (Ambiente, 2015).

En último término, la industria textil (Curtiembre) requiere una mayor cantidad de agua en sus procesos con respecto a otras industrias (Portada Mamani, 2016), etapas como remojo, pelambre (Camacho Camacho, 2013), caleo, descarnado, desencalado, rendido o purgado, desengrase, piquelado (precurtido), (Pampín, 2007) curtido (cromado), (Mijaylova & Juárez, 2004), rebajado (raspado), recurticion y engrase, finalmente el acabado (Portilla Pozo, 2013), procesos que se verán más a detalle en el Capítulo 2. Debido que a todo este gran proceso, es

muy necesario el tratamiento de sus aguas antes de arrojar hacia los efluentes hídricos, ya que presenta un elevado contenido de sólidos en suspensión, como total, sulfuros, aceites y grasas, sulfatos, etc., (Portada Mamani, 2016).

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo General

Evaluación de propiedades de medios naturales y elementos contaminantes en una zona de Salcedo potencialmente en riesgo a causa de industrias textiles-diseño experimental y análisis químico.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Determinar las zonas potenciales para el estudio y sus características.
- Analizar las muestras del medio seleccionado para conocer sus propiedades o concentración de contaminantes.

1.2 Actividades

- Reconocer los medios que podrían verse afectados en la zona.
- Plantear las propiedades a estudiar en los medios y los contaminantes.
- Definir el número y ubicación de localizaciones para obtener muestras.
- Caracterizar las muestras en un laboratorio certificado.
- Tabular los datos obtenidos y realizar análisis estadístico de los resultados.

CAPÍTULO II

2. Fundamentación teórica y estado del arte

2.1 Ciudad de Salcedo

El cantón Salcedo está localizado en la zona céntrica de la serranía ecuatoriana con una extensión geográfica de alrededor de 50 Km, se ubica hacia el costado sur-oriental de la provincia de Cotopaxi, en el centro-norte del callejón interandino (Hoya del Patate) (Moya Balarezo, 2014). Pertenece a unos de los 7 cantones que posee la provincia del Cotopaxi, delimita al norte con el cantón Pujilí y Latacunga, al sur con la provincia de Tungurahua, al este con Napo y por último al oeste con el cantón Pujilí, tal como se muestra en la Figura 1.

Figura 1

Cantón Salcedo-Cotopaxi



Nota: El gráfico representa la ubicación geográfica del cantón Salcedo. Tomado de (Gobierno Autónomo Descentralizado, 2011).

El GAD municipal del cantón Salcedo tiene como objetivo promover el desarrollo local, donde asume competencias como control y uso del suelo, así como también su gestión ambiental, fomentando la actividad agrícola, ganadera y desarrollo industrial (Moya Balarezo, 2014). Desde un punto de vista geomorfológico, en el cantón Salcedo se puede decir que posee pisos climáticos, es decir profundos valles y a su vez altos paramos, además de poseer una hidrografía constituida por cuatro ríos, arroyos y lagunas que lo originan; uno de ellos el río cutuchi, el de nuestro interés es el principal que pasa por el cantón, con una longitud aproximada de diez kilómetros, desde Salachi hasta la desembocadura del Yanayacu (Navas, 1985), además es un río torrencioso que es utilizado para actividades como la agricultura, ganadería, silvicultura y pesca (Moya Balarezo, 2014).

2.2 Empresa Textil (Curtiduría)

La empresa textil, se especializa en la transformación de la piel de ganado vacuno u otros animales en cuero, una materia prima preciada, integra, manejable y con una gran resistencia a medios u agentes externos (Ortiz & Carmona, 2015). El proceso que sigue una planta de curtiembre esta descrita a continuación:

2.2.1 Remojo

En esta sección consiste básicamente en que las pieles anteriormente saladas y secas, son cortadas a la mitad y se zambullen en agua durante 24 horas, con el fin de provocar un aflojamiento, darles suavidad, flexibilidad y además eliminar la sal y restos (sangre, tierra, estiércol) que poseen en un inicio (Camacho Camacho, 2013).

2.2.2 Pelambre

Respecto a esta fase menciona que su objetivo es eliminar el pelo, raíces de pelo y epidermis, mediante el uso de sulfuro de sodio (Na_2S) y cal apagada $Ca(OH)_2$, durante un tiempo que va de 8 a 24 horas y así prepararla para el curtido. (Camacho Camacho, 2013).

2.2.3 Caleo

En cuanto a este proceso es básico pero muy importante, es agregar 3.5 % de cal por 2 días, para inflar mucho mejor la piel (Pampín, 2007).

2.2.4 Descarnado

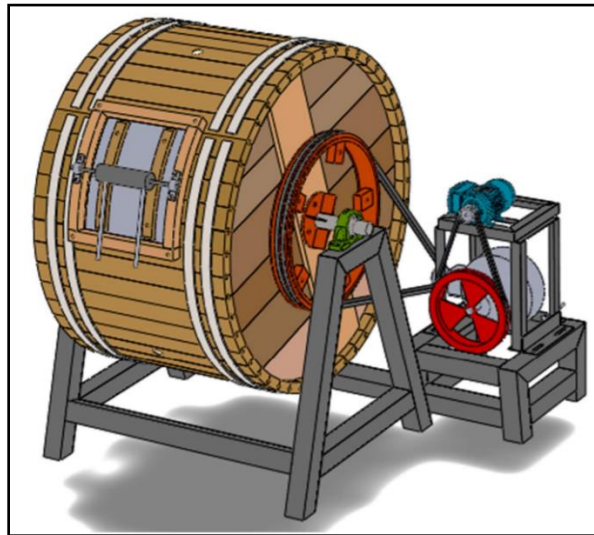
Esta operación tiene como fin eliminar tejido subcutáneo y adiposo. Se lo realiza con una maquina descarnadora de motor trifásico, que consta de mecanismos adecuados para descarnar la piel mientras se sujeta con gomas el cuero o de manera artesanal con cuchillas con filo y buenos soportes de madera (Pampín, 2007).

2.2.5 Desencalado

Tal como su nombre lo dice, en esta etapa el objetivo es eliminar la cal y productos alcalinos que están presentes en el interior de la piel, se logra la neutralización, con abundante agua, un incremento de temperatura y ayuda mecánica, es decir se utilizan los denominados "bombos", (Pampín, 2007), tal como se muestra en la Figura 2.

Figura 2

Bombo semiautomático



Nota: Figura de un bombo semiautomático. Tomado de (Núñez Garcés, 2018).

2.2.6 Rendido o Purgado

Sobre esta operación tiene como fin un ablandamiento y pequeña peptización de la estructura del colágeno, con enzimas proteolíticos, que producen una hidrólisis química de las fibras colagénicas (Pampín, 2007).

2.2.7 Desengrase

Según (Pampín, 2007) este tipo de proceso se lo realiza por varios motivos los cuales son:

- Interfiere entre las reacciones químicas con la piel, ya que posee mucha grasa y esta a su vez no es miscible en el agua.
- La grasa produce unas manchas oscuras que provocan que no exista un buen teñido y acabado.
- Mal olor

2.2.8 Piquelado (precurtido)

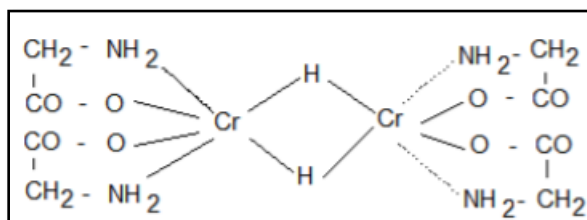
Este proceso tiene como meta el preparar las pieles para el curtido, consta de un lavado con 80% de agua a una temperatura de 18-20 °C, posteriormente se debe añadir sal y girar por 10 minutos. Mantener la solución entre 6 y 7 °Be, luego agregar ácido fórmico, en una relación (1:3), girar por otros 10 minutos y así mismo agregar ácido sulfúrico, monitorear durante los próximos 10 minutos y medir el pH que tiene que ser aproximadamente de 3 (Pampín, 2007).

2.2.9 Curtido (cromado)

Esta etapa es la más importante del proceso en general de la curtiembre, debido a que su objetivo principal es eludir que las proteínas de la piel en tripa se comporten de manera inconsistente, para que se pueda utilizar con una mayor facilidad los reactivos curtientes, ya que ellos se encargan de cambiar sus propiedades, de modo que el producto obtenido no se carnifique al secarse, resista altas temperaturas, y a la destrucción enzimática. Está probado que para la curtiembre, el cromo actúa como agente curtiente, debido a su importancia fundamental en la reacción entre las sales de cromo y la piel (Mijaylova & Juárez, 2004). Tal como se muestra en la Figura 3.

Figura 3.

Grupos carboxilos y aminos



Nota: Reacción entre grupos carboxílicos y aminos con cromo. Tomado de (Portada Mamani, 2016).

2.2.10 Rebajado (raspado)

Es una operación que consiste en otorgar el ancho al cuero que se prefiera, y se lo realiza en una rebajadora (Portilla Pozo, 2013). A continuación se muestra la Tabla 1, que muestra el espesor del cuero específico para fines posteriores.

Tabla 1

Operaciones de Raspado

Cueros Curtidos (al cromo)	mm de rebajado	Tipo de Cuero
Vacuno box	1.8-2	Zapato, boxcalf grueso
Vacuno lado	1-1.2	Calzado, boxcalf delgado mujer
Vacuno Nappa	0.6-0.7	Delgado para vestimenta
Vacuno muebles	0.8-1	Para tapicería y fundas
Gamuzon	1.5-2	Para zapatos engamuzados tipo garrotas
Costra	1.8-2	Para correajes y maletines
Lonja	2-2.5	Para pelotas deportivas y monturas
Ovinos	1-1.5	Para badana de forro
Ovinos	1-1.5	Para badana, carteras, casacas, guantes
Cabras	0.6-1	Para calzado cabritillas satinados
Cabras	0.6-0.8	Para calzado cabritilla, casacas carteras, etc.
Llama y alpaca	0.8-1	Para confeccionar tipo Nappa
Llama	1-1.5	Vaquetillas para repujados, artesanía
Caballos	1-1.5	Para nappa, zapatillas

Cueros Curtidos (al cromo)	mm de rebajado	Tipo de Cuero
Vacuno grueso	1.8-2.2	Vaqueton para repijados de talabarteria, monturas.
Vacuno delgado	1.5-1.8	Vaquetas para repujados
Llamas	1-1.5	Vaquetilla para artesanía, monederos, carteras.

Nota: Recuperado de (Portilla Pozo, 2013).

2.2.11 Recurtición y engrase

Este procedimiento se lo hace con taninos vegetales, que cumplen la función de modificar las características del cuero curtido con sales de cromo, debido a que se manifiestan problemas al tratar de conseguir determinado modelo de cuero. Esto permite que se presenten características en el cuero que antes no se daban al solo curirlos con cromo, además se combinan con etapas de teñido (Portilla Pozo, 2013).

2.2.12 Acabado

Para finalizar, se realiza con pintura, semianilina o con complejo metálico, se utiliza un compresor y pistola a dispersión, posteriormente se laquea con disolventes orgánicos o también se utiliza agua a una sola pasada al cuero (Portada Mamani, 2016).

2.4 El agua

Según (Ramírez, 2021) el agua es un componente indispensable para la vida, es decir no se podría subsistir. Las fuentes de agua, se han visto afectadas de manera progresiva, lo cual

causo muchas enfermedades y epidemias que redujeron ciudades en años anteriores. A lo largo de todos estos años que los seres humanos han desarrollado un crecimiento social e industrial, el desecho de las aguas residuales comenzaron a contaminar los recursos hídricos, junto con una deterioración de la biósfera, etc. Por esta razón es que se vio necesario la creación de técnicas para el tratamiento de aguas residuales.

2.5 Aguas residuales

El agua residual se define como aquella que fue utilizada para algún uso beneficioso, que haya sufrido una modificación en su calidad natural. El conocer de manera detallada el origen del agua residual es esencial para el boceto, operación y control de plantas de tratamiento, que permitan controlar así de manera responsable los desechos arrojados a ríos, alcantarilla, etc (Ramírez, 2021).

En Latinoamérica, el 70 % de las aguas residuales no tienen tratamiento (Yee-Batista, 2013), ocasionando que no se alcance de manera adecuada el ciclo del agua. Una preocupación de la contaminación del agua es la presencia de elevados niveles de arsénico inorgánico, plomo y cadmio que provocan efectos adversos a la salud como cáncer, diabetes y enfermedades cardiovasculares. Los lugares que poseen un impropio suministro de agua sufren graves enfermedades como el cólera, hepatitis, la disenteria, gastroenterocolitis, etc., (Meoño, Taranco, & Olivares, 2016) por lo que el tratamiento de aguas residuales es de gran importancia para reducir y evitar estos problemas relacionados con la salud de los seres humanos.

Por otra parte, en la Tabla 2 se muestra las fuentes principales de contaminación, junto con los parámetros relacionados a las aguas residuales, es decir la presencia de sólidos totales, suspendidos, detergentes, etc.

Tabla 2*Características más importantes de las aguas residuales y su procedencia*

Características	Procedencia
Color	ARD, ARI, degradación de la materia orgánica
Olor	ARD, ARI
Sólidos	ARD, ARI, erosión, infiltración, conexiones erradas
Temperatura	ARD, ARI
Carbohidratos	ARD, ARI, ARC
Grasas y aceites	ARD, ARI, ARC
Pesticidas	Residuos agrícolas
Fenoles	ARI
Proteínas	ARD, ARI
Tensoactivos	ARD, ARI
Metales pesados	ARI
Fósforo	ARD, pesticidas
Nitrógeno	ARD, ARI
H ₂ S, metano	Descomposición de materia orgánica
Parásitos y virus	ARD

Nota: ARD: aguas residuales domésticas ARC: aguas residuales comerciales ARI: aguas residuales industriales. Recuperado de (Ramírez, 2021).

En Ecuador el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del Ambiente, Libro VI, Anexo I, perteneciente a la “Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua”, es la que determina o establece los criterios de calidad del agua y su remediación. De igual manera dicha norma tiene como objetivo principal cuidar la calidad del recurso vital, para amparar y mantener los usos adecuados, sanidad de las personas, de los ecosistemas y sus interrelaciones y del ambiente en general (Ambiente, 2015).

2.6 Análisis químicos aplicados al estudio de aguas residuales

Acerca de conocer que tan limpia o que tan contaminada esta el agua es preciso cuantificar ciertos criterios o factores. Los factores o parámetros de calidad del agua se clasifican en físicos, químicos y microbiológicos, lo que significa que existen demasiados parámetros, formas y métodos o técnicas para medir dichos factores. Debido a esto, medios relacionados con el tema se encargan de velar y comprender la calidad del agua. Se han unificado todos los criterios y métodos para proceder en el análisis del agua en el laboratorio; “*Standard Methods for Water and Wastewater Examination*” es el libro que almacena toda la información con respecto a la metodología a utilizar en los antes mencionados analisis (Ramírez, 2021).

De acuerdo a la normativa que propone (Ambiente, 2015), la cual nos proporciona los parámetros a monitorear de las descargas de aguas residuales en una industria de curitido y adobo de pieles son los siguientes:

2.6.1 Parámetros Físicos

Con respecto a esta sección se puede decir que estas son las sustancias que influyen de manera directa sobre calidad visible del agua.

Temperatura

Es un parámetro muy importante, debido a que afecta directamente a la viscosidad, velocidad de reacciones químicas y en la mayoría de mecanismos de tratamiento del agua (coagulación) (Ramírez, 2021). Por otra parte, es el agua es vertida al medio ambiente a una temperatura más alta o mucho más baja, de las que están presentes en el medio, lo que ocasiona la contaminación térmica. Debido a que la temperatura es un factor importante en

condiciones físicas, químicas y biológicas, el ecosistema de los ríos puede verse inmiscuido por la descarga térmica (Cuesta Parra, 2019).

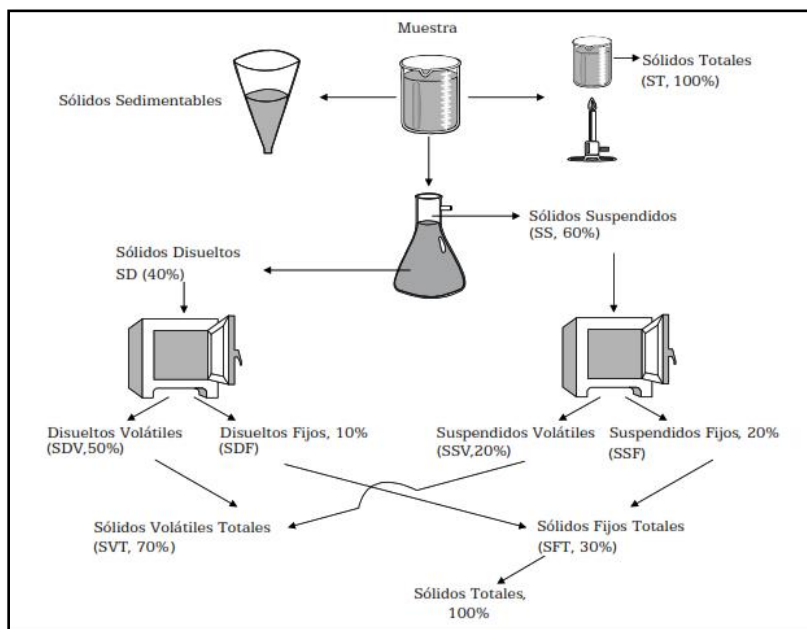
Sólidos Totales

Sólidos totales se definen como toda la materia que se mantiene después de evaporar el agua a 105 °C, es decir ST son aquellos que están en la muestra a excepción del agua (Ramírez, 2021). Se producen en distintas operaciones industriales, en el caso de la curtiembre, por la presencia de sangre, abono, pelo y químicos, por lo que elevan la cantidad de sólidos en las aguas de desecho (Bustos Mecías, 2012).

Como se muestra en la Figura 4, hay diferentes tipos de sólidos; sólidos sedimentables (SD), sólidos disueltos, sólidos disueltos fijos (SDF), sólidos disueltos volátiles (SDV), sólidos suspendidos (SS).

Figura 4

Tipos de Sólidos



Nota: Diferentes formas de sólidos presentes en el agua. Tomado de (Ramírez, 2021)

2.6.2 Parámetros Químicos

Se pueden dividir en 2 tipos:

- Indicadores
- Sustancias químicas

Indicadores

Las concentraciones de dichos parámetros se ven influenciados por la presencia o interacción de varias sustancias.

pH

Se define para expresar las condiciones de acidez o basicidad del agua, y esta definido por la formula:

$$pH = -\log [H^+]$$

Cabe mencionar que el pH no determina el valor de acidez ni alcalinidad, sino solo mide su valor, es decir, un valor numerico o en el caso de cintas de pH, por sus colores.

Dureza

Se define dureza a la propiedad que poseen algunas aguas de cortar el jabon, es decir, se necesitan elevadas proporciones de jabon para generar espuma (Ramírez, 2021). Una de las características de las aguas duras es que a temperaturas altas forman marqueteterias en los equipos y conductos. En la Tabla 3 se muestra las aguas según el grado de dureza.

Tabla 3*Clasificación del agua según su dureza*

Blandas	0	75 mg/L de CaCO ₃
Moderamente duras	75	150
Duras	150	300
Muy duras	300	O mas

Nota: Recuperado de (Ramírez, 2021).***Aceites y Grasas***

Son sustancias orgánicas que puedes separar de soluciones acuosas o en suspensión, se pueden examinar grasas a compuestos como hidrocarburos, esterres, aceites, etc., que posean un gran peso molecular, debido a su solubilidad en hexano. En aguas normales, la presencia de grasas, bloquea la luz y el oxígeno disuelto en el agua, con el riesgo que de que dañen a los peces, obstaculizando su respiración, por las branquias (Ramírez, 2021).

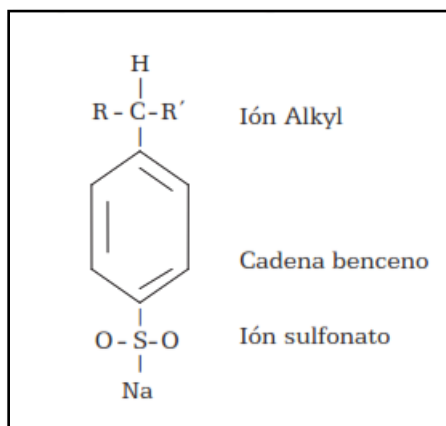
En el proceso de curtiembre, en la etapa de pelambre se genera la saponificación de las grasas por el sulfuro de sodio, que a su vez son eliminados por los desechos líquidos, además se presentan en forma suspendida y con muy mal olor (Bustos Mecías, 2012).

Detergentes

Este término se lo asocia al material que se utilizan en la remoción de suciedad de la ropa, platos, etc., es decir componentes que generen espuma cuando existe una agitación en el agua, a nivel orgánico poseen las cualidades de disminuir la tensión superficial del agua. Debido a esto es que tienen la capacidad de quitar la mugre o suciedad. También son conocidos como tensoactivos o surfactantes (Ramírez, 2021) en la Figura 5 tenemos la estructura de un ion alquil-benceno sulfonato, que es el origen del cual se fabrican los tensoactivos.

Figura 5

Forma química del ion-alkyl benceno sulfonato



Nota: Tomado de (Ramírez, 2021).

Se pueden encontrar dos tipos de tensoactivos; los detergentes LAS (Alkyl-benceno Sulfonato Lineal), que proviene de las parafinas y el ABS (alkyl-benceno Sulfonato ramificado), a diferencia de su compañero este es ramificado y derivado de los polímeros del propileno, su principal propiedad es que no son biodegradables (Ramírez, 2021).

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

En este parámetro consiste en medir la porción de oxígeno que necesitan los microorganismos (bacterias) para rebajar, oxidar, establecer, etc., la materia orgánica, debido a esto es sumamente utilizado para identificar el contenido de materia orgánica en agua. La prueba más conocida es el (DBO₅), que consiste en almacenar la muestra en el laboratorio durante 5 días y de acuerdo a ello medir el gasto de oxígeno generado por los microorganismos (Ramírez, 2021). El DBO es en sí, una medida indirecta de materia orgánica degradable que se encuentra en el agua, por otra parte en la curtiembre se debe a los diferentes compuestos

orgánicos que están presentes en la piel, como grasas, sangre, pelo, que hacen que el DBO aumente considerablemente (Zevallos Valdivia, 2014).

Demanda Química de Oxígeno

Respecto a este parámetro, de igual forma es utilizada para determinar la cantidad de material orgánico presente en una muestra de agua, sin embargo posee unas diferencias tales como el material orgánico muestreado, es oxidado por un producto químico mientras que el DBO lo hace por microorganismos. El dicromato de potasio es considerado como el mejor agente oxidante en este método; a diferencia del DBO₅ que la prueba tiene una duración de 5 días, el DQO solo puede tardarse unas 3 horas (Ramírez, 2021). En las etapas de pelambre como de curtido se utilizan detergentes y humectantes, estos elevan la presencia de DQO en los desechos que posteriormente serán desaguados (Zevallos Valdivia, 2014).

Oxígeno disuelto (OD)

Según (Pérez Manrique, 2017), “el OD es la concentración de oxígeno que existe a una determinada presión y temperatura”. Este parámetro manifiesta en qué estado se encuentra un efluente hídrico, es decir su estado de salud, condiciones adecuadas así como la facultad de mantener condiciones adecuadas y así se pueda desarrollar un ecosistema o comunidad biótica, debido a que el OD afianza que se degrade la materia orgánica.

La concentración de oxígeno disuelto se somete a la ley de Henry que dice: “La cantidad de gas disuelto en un líquido, a una determinada temperatura es directamente proporcional a la presión parcial que ejerce ese gas sobre el líquido”.

Sulfuros

Como su nombre lo dice, es la medición de iones sulfuros en aguas residuales, en la etapa de pelambre se utiliza el reactivo sulfuro de sodio, que sirve para eliminar el pelo de la piel. Su efecto negativo es que induce una disminución de oxígeno disuelto, lo que dificulta la vida en los ríos, por otro lado si se respira sin ninguna protección en concentraciones altas, puede ser mortal (Salas, 2005). Además pueden ocasionar fuertes olores y provocan un decremento del pH, afectan a metales pesados y ayudan a la corrosión en las tuberías (Ramírez, 2021).

Sulfatos

Los sulfatos presentes en el agua tienen su procedencia en contacto con terrenos o suelos opulentos en yesos, también por la contaminación que se originan por el desecho de aguas residuales en las industrias (Severiche & González, 2012). Por lo general los iones sulfatos no presentan problemas dentro del agua potable, pero en concentraciones mayores a 300 mg/L podrían ocasionar problemas gastrointestinales en los niños (Rodríguez, Silva, & Reyes, 2010). Para el uso industrial los iones sulfatos podrían encajarse en sus equipos, como una caldera, y debido a ellos disminuir su eficiencia, tiempo de vida, de ahí lo importante de su análisis para el uso dentro de la industria (Orozco Barrenetxea, Pérez Serrano, Gonzalez Delgado, Rodríguez Vidal, & Alfayate Blanco, 2003).

Cromo total

Su toxicidad cambia con factores como la temperatura y pH, a su vez se presentan de dos estados de oxidación Cr+III y Cr+VI, siendo el hexavalente el más nocivo (Ramírez, 2021). En

la industria del cuero, el cromo es utilizado en la etapa de curtido, que se desagua a la alcantarilla o a cuerpos de agua, junto con una carga elevada de material orgánico, esto produce una gran contaminación al medio ambiente, por lo que se busca resolver el problema del cromo tratandolo con distintos metodos fisicoquímicos, como el uso de agentes reductores (Higgins, Halloran, & Petura, 1997), la electrocinética (Reddy, Parupudi, Devulapalli, & Xu, 1997), la síntesis de arcillas aniónicas (Gil, 1998) y la fotocatalisis, ahora bien todo depende del tema económico y de posibles agentes que ocasionen una contaminación adicional (Ramírez Ramírez & Benítez-Campo, 2014). En rios de gran tamaño el cromo se adhiere y acopia en los sedimentos por lo que puede ocasionar un grave problema de intoxicación. El cromo VI es el que mayor uso industrial, por sus características ácidas, oxidantes y su capacidad de formar sales insolubles (Zevallos Valdivia, 2014).

2.7 Técnicas de análisis relacionadas con aguas residuales

2.7.1 Gravimetría

Esta técnica se puede decir que abarca todos los métodos en los que dimensionamos la masa o algun cambio, cuando nos pesamos en una balanza, después de hacer una actividad física, se esta haciendo un analisis gravimetrico de nuestra masa, por otra parte es una de las técnicas analíticas mas antiguas que existen, de manera que es una técnica que utiliza mediciones básicas o sencillas, como masa, moles, SI (Harvey, 2000).

En una análisis gravimétrico radica en la medición de la masa del producto, por medio de la cual se calcula el analito, es decir el compuesto a analizar que se encuentra dentro de la muestra grande, ademas el procediemieno de gravimetría suele ser tedioso, pero continua manifestandose como un método muy preciso (Harris, 2007).

Análisis gravimétrico por precipitación

En este proceso el analito ideal puede ser insoluble, que se pueda filtrar de manera sencilla, con una pureza elevada y además una composición notable. Según (Harris, 2007), no recomienda enfriar una solución porque disminuye la solubilidad de un precipitado.

- Homogénea

En esta sección el precipitante se produce de manera paulatina por medio de una reacción química, tenemos como ejemplo la descomposición de la urea, en agua mediante la agregación de calor.

2.7.2 Espectrometría de absorción atómica de llama

Es una técnica analítica, que se usa para determinar elementos simples en muestras analíticas, que se basan en un atomizador de llama, mediante la cual se nebuliza por medio de una llama, que consiste en oxidantes que alcanzan temperaturas elevadas, debido a que a dichas temperaturas se atomiza la muestra, existen varios tipos de compuestos utilizados como combustible para la atomización (Skoog, Holler, & Nieman, 2008).

La espectroscopia de absorción es bastante propio por los espectros, es decir la transición electrónica es única para cada elemento (Harris, 2007).

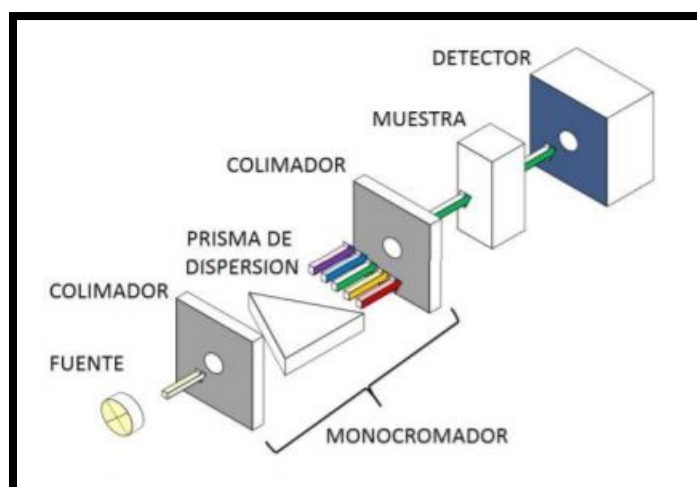
2.7.3 Espectrofotometría VIS

Es una técnica analítica de medición que consiste en la asimilación de la radiación UV y /o visible de elementos que componen algún compuesto o sustancia, a niveles de longitud de onda pueden laborar entre 200 a 800 nm (Perkampus, 2013), que nos otorgan información de estados energéticos, atómicos o moleculares, del componente analizado. El espectrofotómetro, es el dispositivo que permite obtener un espectro UV-Vis, el cual consta de una fuente de

radiación UV-Vis, que por lo general suelen ser de deuterio, wolframio o tungsteno y xenon; un monocromador que esta formado por un colimador, elementos dispersante y un colimador de salida, que se encarga de elegir la longitud de onda que repercute en la muestra; por último los delegados en medir la intensidad de la radiación que procede de la muestra y a su vez generar el espectro de absorción y/o transmisión, se denomina detectores, los cuales pueden ser solo uno o varios a la vez (Cubas, Pimentel, Merlín, & Martínez, 2018). Para una mejor comprensión se muestra en la Figura 6 la estructura de un espectrofotómetro básico.

Figura 6

Espectrofotometro UV-Vis



Nota: Tomado de (Cubas et al., 2018).

2.7.4 Volumetría

Según (Arribas Jimeno, HERNÁNDEZ MÉNDEZ, Lucena Conde, & Burriel Marti, 2002) la volumetría comprende un conjunto de varias técnicas analíticas, en las que el analito que se encuentra en la muestra, se calcula partiendo del volumen de una solución reactivo, que posee

una concentración ya antes determinada y así hacerlos reaccionar de manera estequiométrica con nuestro reactivo conocido.

Las técnicas volumétricas se clasifican por el tipo de reacción que pasa en el proceso de titulación, podemos tener; titulaciones ácido-base, por precipitación, por complejación (EDTA) y oxido-reducción (Arribas Jimeno et al., 2002).

CAPÍTULO III

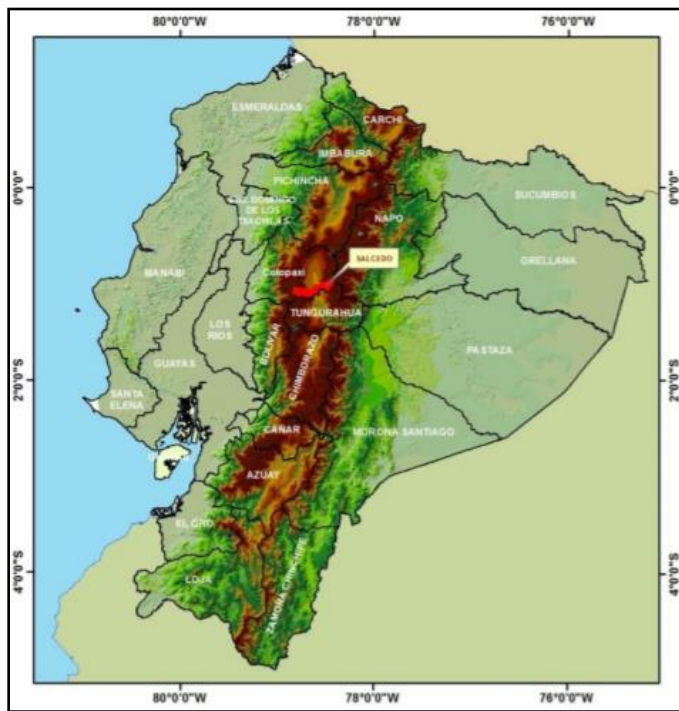
3. Metodología

3.1 Ubicación

El cantón de Salcedo es ubicado, geográficamente $78^{\circ} 22'$ oriente, $78^{\circ} 49'$ occidente, longitud de Greenwich, $1^{\circ} 9'$ latitud sur, $^{\circ} 56'$ latitud norte, tal como se muestra en la Figura 7. Para este estudio lo realizamos en la parroquia de San Miguel, como se muestra en la Figura 8, donde se encuentra directamente el tipo de industria que se sometió a estudio, en la que se ve afectado directamente las fuentes hídricas que se encuentran en su proximidad.

Figura 7

Coordenadas geograficas del cantón Salcedo.



Nota: Tomado de (Gobierno Autónomo Descentralizado, 2011).

Figura 8

División política del cantón Salcedo

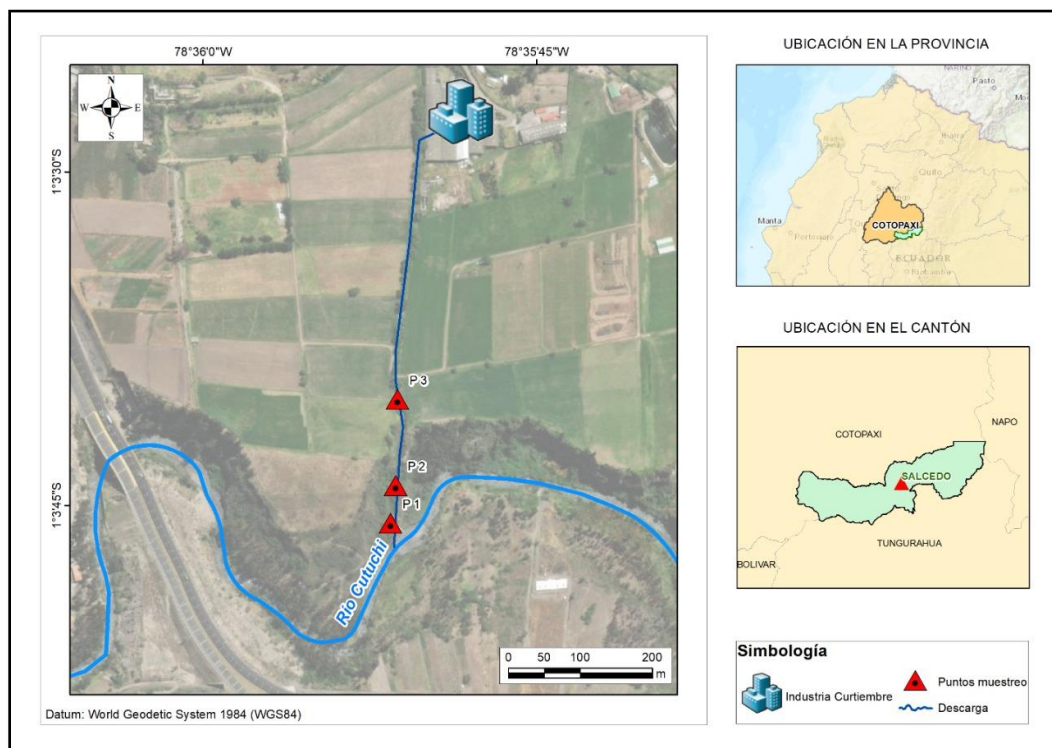


Nota: Tomado de (Gobierno Autónomo Descentralizado, 2011).

Por lo que se refiere a los puntos de recolección, se accede por un camino ubicado en la afueras de la empresa, de fácil acceso, en donde se situaron 3 puntos estratégicos de recolección, que van desde la salida de la empresa textil, que pasan por un sembrío, es decir tierras utilizadas para el cosechas de maíz, crianza de animales vacunos, etc., hasta el desagüe directo al río, como se muestra en la Figura 9 donde se puede observar detalladamente los puntos a tomar en cuenta para el posterior muestreo de las aguas residuales de la industria textil.

Figura 9

Definición de zona de estudio del Sector Rural de la Ciudad de Salcedo.



Nota: Mapa ©2021 WGS21.

Por otra parte la zona posee un gran desarrollo agrícola, y ganadero, debido a la gran extensión de terreno cultivable que existe, en donde se puede cultivar vegetales, como maíz, brocoli papas, tomate riñon, tomate de árbol, ciertas hortalizas; así como el desarrollo ganadero debido a la extensión antes mencionada, que permite un crecimiento en ese sector, que indirectamente se ven afectados por los desechos de esta industria textil.

3.2 Toma de muestras

Respecto a el número de muestras a recolectar fueron de 20 muestras, que se establecieron tomando en cuenta tres factores importantes, el punto de recolección, como antes se mencionó fueron 3 Puntos, el Día y la Hora.

Para cada punto de recolección, que se muestra en la Figura 9, de modo que durante el proceso de análisis, se procedió al muestreo y su correcto etiquetado, el cual se presenta con mas detalle en la Tabla 4, la cual tiene información acerca del Día, Hora y Punto, así como de la abreviación que se colocó para cada parámetro a analizar.

Tabla 4

Nomenclatura para la recolección de las muestras

Etiqueta	Orden de corrida	Orden de recolección	Punto	Hora	Día
D1H1P1	3	1	1	9 am	Sábado
D1H1P2	6	2	2	9 am	Sábado
D1H1P3	9	3	3	9 am	Sábado
D1H2P1	12	4	1	12 pm	Sábado
D1H1P2	15	5	2	12 pm	Sábado
D1H1P3	18	6	3	12 pm	Sábado
D2H1P1	1	7	1	9 am	Martes
D2H1P2	4	8	2	9 am	Martes
D2H1P3	7	9	3	9 am	Martes
D2H2P1	10	10	1	12 pm	Martes
D2H2P2	13	11	2	12 pm	Martes
D2H2P3	16	12	3	12 pm	Martes
D3H1P1	2	13	1	9 am	Miércoles
D3H1P2	5	14	2	9 am	Miércoles
D3H1P3	8	15	3	9 am	Miércoles
D3H2P1	11	16	1	12 pm	Miércoles
D3H2P2	14	17	2	12 pm	Miércoles
D3H2P3	17	18	3	12 pm	Miércoles
D2H1P2R1	19	19	1	9 am	Martes
D3H2P3R2	20	20	2	12 pm	Miércoles

3.2.1 Muestreo del agua

Para una técnica de muestreo adecuada no se requiere de gran sofisticación; el uso de equipos especializados, ayudan a reducir errores en los resultados, pero en un pequeño

porcentaje, es decir que el conocimiento de muestreo adecuado es lo más importante, que asegura un éxito en el desarrollo del muestro (Ramírez, 2021).

3.2.2 Preservación y recolección de la muestras

Al cabo de un tiempo entre el muestreo y el análisis en el laboratorio, se pueden alterar las muestras debido a ciertos factores como, reacciones químicas, físicas o biológicas, que perturban los resultados, como por ejemplo, el DBO (Ramírez, 2021).

En nuestro caso, para la recolección de las muestras se utilizaron botellas de plástico de 3000.0 mL, para el análisis de los parámetros de Cromo total, DBO, DQO, Solidos Totales, y sulfatos, que respectivamente después de etiquetarla de manera correcta, se almacenaron en neveras portátiles con hielo, con el fin de preservar o mantener en su mayoría intactas las muestras, hasta ser transportadas al laboratorio certificado, mientras que para los parámetros de Sulfuros y Oxígeno disuelto (OD), se utilizaron botellas winkler de 300.0 mL, por otra parte para Aceites y grasas se utilizo botellas ambar de 1000.0 mL, de igual forma todas las muestras se almacenaron en coolers, y así cumplir con un transporte adecuado de las muestras.

Temperatura y pH

Para la medición de la temperatura y pH se utilizó un termómetro laser Sain Sonic, portable, mientras que para el pH se utilizo cintas de pH.

Caudal

En la medición del caudal se utilizó un balde con un cronómetro, el cual nos permitió sacar el volumen en que se llena el balde con su respectivo tiempo, y se aplicó la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{\text{Volumen}}{\text{Tiempo}}$$

Cabe mencionar que para la recolección de la muestra de Oxígeno disuelto (OD), en la botellas winkler se siguió un procedimiento que consta de:

1. Recolectar la muestra en un recipiente mucho más grande que la botella winkler, y así proceder al llenado, despacio sin provocar burbujas.
2. La muestra ya recolectada en la botella de 300.0 mL, agregar 1 mL de solución de $MnSO_4$, voltear la botella despacio y homogeneizar la solución, seguido colocar 1.0 mL de *Alkali-iodide-azide reagent* (solución alcalina).
3. Si las pipetas se sumergen en la muestra, enjuárlas con agua destilada antes de devolverlas a las botellas de reactivo. De lo contrario, se recomienda mantener las puntas de pipeta justo por encima de la superficie del líquido cuando se agregue los reactivos debido que se pueden contaminar al tocarlos con la boquilla de la botella y así se pueden eliminar los errores humanos.
4. Tapar con cuidado para excluir las burbujas de aire y mezcle invirtiendo la botella varias veces. Cuando el precipitado se haya asentado lo suficiente (hasta aproximadamente la mitad del volumen de la botella) para dejar un sobrenadante transparente sobre el flóculo de hidróxido de manganeso, agregue 1.0 ml de H_2SO_4 concentrado.
5. Vuelva a tapar y mezcle invirtiendo varias veces hasta que el precipitado se disuelva por completo, almacenar en los coolers con hielo y así poder transportarlos de manera adecuada.

De igual manera para el parámetro de sulfuros, se utiliza un recipiente más grande que la botella winkler, donde se introduce por completo la botella tapada en un balde de 6 L, cuando

la botella este por completo dentro del balde, destapar el envase winkler, y esperar que se llene, sacarlo, secarlo y rotularlo adecuadamente.

Así mismo para Aceites y grasas, se coloca, antes del llenado con el agua residual, 1.0 mL de ácido sulfúrico, el objetivo de esto es preservar la muestra, después llenarlo con cuidado, debido que la manipulación de ácido sulfúrico puro se debe hacerla con protección y cierta cautela.

3.3 Análisis químicos de aguas residuales

Para el análisis de los parámetros específicos de aguas residuales monitoreados por el Anexo I, del libro VI, del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA), se utilizó varios métodos como el USEPA 7010, HACH 8131 y sobre todo el manual “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater”, que se describen brevemente a continuación.

3.3.1 Oxígeno Disuelto (OD)

Para dicho parametro se emplea la modificación ácida, método PE-18/ SM Ed.23, 2017, 4500-O C/ Volumetría impartida por el manual “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater”, que recomienda utilizar este método para la gran parte de análisis de aguas residuales, muestras de corrientes, y en especial si la concentración de NO_2^- es de 50 μg y no exceda la de 1 mg de hierro ferroso. Los reactivos a utilizar son sulfato manganoso, *reactivo de alcali-yoduro-azida*, ácido sulfúrico, almidon, Titulante de tiosulfato sódico patrón, Solución patrón de biyodato potásico y solución de fluoruro potásico (Baird, 2017). La preparación y procedimiento en detalle se explican en el anexo 1.

3.3.2 Tensoactivos

Respecto a este método método PE-03/ SM Ed.23, 2017, 5540 C/ Espectrofotometría VIS/ Anionic Surfactants as MBAS, menciona que este método es parcialmente sencillo y concreto. Se conforma por 3 extracciones continuas en cloroformo, en un medio ácido que posea azul de metileno en exceso, después se procede a un lavado contracorriente de agua, seguido de la determinación del color azul en el cloroformo por espectrofotometría a una longitud de onda de 652 nm (Federation & Association, 2005). Reactivos y procedimiento en detalle, vease el anexo 2.

3.3.3 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

En cuanto a este método PE-06/ SM Ed.23, 2017, 5210 B/ Volumetría, se basa en llenar de muestra un frasco hermetico, hasta que rebose e incubarlo a una temperatura fija durante 5 días. El oxígeno disuelto se mide antes y después de incubarlo, de manera que el DBO₅ se calcula por la diferencia inicial y final de OD (Federation & Association, 2005). En relación a reactivos y procedimiento en detalle se muestra en el anexo 3.

3.3.4 Sulfatos

El método PE-47/ SM Ed.23, 2017, 4500 - SO₄ -2 E/ Espectrofotometría VIS, menciona que el ion sulfato (SO_4^{2-}), se lo encuentra de una manera abundante en la naturaleza y se presentan en aguas naturales, en concentraciones variadas, los desechos derrenados de las minas, poseen grandes cantidades de (SO_4^{2-}), esto se debe a la oxidación de la pirita, para evitar que el ion (SO_4^{2-}) se reduzca a ion (S^{2-}), se debe guardar la muestra a una temperatura de 4 °C (Federation & Association, 2005). Reactivos y procedimiento a detalle en el anexo 4.

3.3.5 Sulfuros

En cuanto a este método azul de metileno basado en la Norma 8131, menciona que la presencia de sulfuros se localiza en aguas subterráneas, en especial en aguas termales. Por otro lado, en aguas residuales, su aparición se debe a la descomposición de material orgánico, presentes en los desechos industriales. El H_2S es demasiado tóxico, ha generado varias muertes de obreros en los subsuelos y además produce corrosiones en las paredes y tuberías debido a que tiende a oxidarse en H_2SO_4 . Reactivos y procedimiento en detalle en el anexo 5.

3.3.6 Dureza

El método para determinar la dureza total del agua por titulación EDTA, basada en la norma 2340, se basa en la titulación con EDTA que forman complejos de quelato soluble al añadirse a soluciones que poseen cationes metálicos, es decir si una solución posee dichos iones; se añade un colorante que hace que la solución tome un color vino, al añadir EDTA, como solución titulante, los iones calcio y magnesio formaran un complejo, y al hacerlo la solución se vera de un color azul, el cual indica el final de la titulación (Federation & Association, 2005). Reactivos y procedimiento más a detalle en el anexo 6.

3.3.7 Aceites y grasas

Para el análisis de este parámetro se siguió el procedimiento PE-14/SM ED.23, 2017, 5520 B/GRAVIMETRÍA, consiste en la determinación de cuantos grupos de sustancias poseen características iguales o similares sobre la base de la solubilidad del triclorotrifluoroetano, el cual posee la capacidad de disolver aceites y grasas, sino que también puede eliminar

hidrocarburos sencillos (Federation & Association, 2005). Reactivos y procedimiento véase en detalle en el anexo 7.

3.3.8 Demanda Química de oxígeno (DQO)

A este parámetro se lo analiza mediante espectrofotometría UV-VIS mediante Standard Methods 5220D, que menciona que la mayoría de material orgánico se oxida debido a la mezcla de ácido sulfúrico y crómico, Se coloca una muestra en reflujo con una solución fuerte de dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$), a partir de eso el material que no se redujo de dicromato, se lo trata con sulfato de amonio y así se puede determinar la cantidad de materia orgánica oxidada, en fines de oxígeno (Federation & Association, 2005). Reactivos y procedimiento en detalle véase el anexo 8.

3.3.9 Cromo total

Este parámetro sigue el procedimiento de Absorción atómica/EPA 7010 para análisis de aguas residuales, El cual consta, en primer lugar, de la preparación de soluciones estándar de cromo, seguido de la digestión de la muestra con ácido nítrico, calentar la muestra hasta los 120 °C, y esperar que la solución tome un color más claro y quedara listo para el análisis espectrofotométrico (USEPA, 2007). Reactivos y procedimiento más a detalle en el anexo 9.

3.3.10 Sólidos totales

En el análisis de este parámetro se utilizó el procedimiento, PE-34/SM Ed.23, 2017, 2540B/ Gravimetría, que consta de la preparación del plato evaporador y la correcta

homogenización de la muestra y evaporarla en la estufa (Federation & Association, 2005)

Reactivos y procedimiento a detalle en el anexo 10.

3.4 Análisis estadístico

Finalmente se obtuvo los datos de concentraciones de todos los parámetros de aguas residuales analizados, que se mencionan con anterioridad, fueron procesados con un programa estadístico, el cual fue Minitab[®]. De tal forma que se obtuvo datos de media, varianza y desviación estándar. Luego se realizó un diseño de bloques completos aleatorizados, como se muestra en la Tabla 5, para cada parámetro y su respectivo análisis de varianza (ANOVA), con un nivel de confianza del 95 % ($\alpha=0.05$).

CAPÍTULO IV

4. Resultados y discusión

En el proyecto de análisis de aguas residuales provenientes de una curtiembre, que se descarga al río, por medio de una acequia. Se realizó los análisis de los parámetros mencionados con anterioridad en el Capítulo II y III, en el Centro de investigación y Control Ambiental (CICAM), de la Escuela Politécnica Nacional (EPN), certificado por la norma ISO 17025. En la Tabla 6 se describe los límites permisibles establecidos por el Ministerio del Ambiente, lo que permitió comparar con los análisis obtenidos de todas las muestras y así establecer un criterio o evaluación de los resultados.

Tabla 6

Límites máximos permisibles de parámetros a analizar

Parámetro	Unidades	Límite Máximo Permisible
Aceites y grasas	mg/L	30
Cromo total	mg/L	0.05
Demanda bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	100.0
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg/L	250.0
Oxígeno disuelto (OD)	mg/L	>80.0 % o >6
Solidos totales	mg/L	1600.0
Sulfuros	mg/L	0.5
Sulfatos	mg/L	1000
Tensoactivos	mg/L	0.5
Temperatura	°C	Condición natural ±3
Potencial de hidrogeno pH		6-9

Después de los respectivos análisis se obtuvo la siguiente Tabla 7 de datos, que nos muestra, los factores que se eligieron, niveles para cada factor y los parámetros antes mencionados en la Tabla 7.

Tabla 7*Resultados obtenidos de los factores y parámetros a analizar*

N° muestra	Orden Corrida	Hora	Punto	Día	Aceites	Cromo total	DBO5	DQO	Dureza total	OD	Sólidos totales	Sulfatos	Sulfuros	Tensoactivos	Caudal	Temperatura	pH
					y grasas												
					mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	l/s	°C	
1	1	9 am	P1	Martes	2.5	2.15	991.0	3310.0	931.0	0	9718.0	1050.0	185.0	5.1	2.02	17.7	11.0
8	2	9 am	P3	Miércoles	2.5	2.27	1021.0	3730.0	980.0	0	10048.0	1150.0	175.0	4.8	4.65	18.2	11.0
15	3	12 pm	P2	Sábado	2.5	2.89	882.0	3020.0	733.0	0	8046.0	1020.0	165.0	7.6	2.49	19.2	11.0
16	4	12 pm	P3	Martes	2.5	1.95	922.0	3410.0	1020.0	0	10010.0	1025.0	190.0	6.1	3.69	18.1	11.0
9	5	9 am	P3	Sábado	2.5	2.67	689.0	3050.0	752.0	0	7816.0	1040.0	190.0	6.1	2.11	17.8	11.0
12	6	12 pm	P1	Sábado	2.5	2.83	957.0	2980.0	762.0	0	8000.0	1000.0	173.0	7.1	2.75	18.5	11.0
6	7	9 am	P2	Sábado	2.5	3.24	733.0	2880.0	752.0	0	7782.0	1040.0	176.0	6.4	2.48	17.5	11.0
2	8	9 am	P1	Miércoles	2.5	1.72	1000.0	3270.0	921.0	0	10016.0	1175.0	190.0	6.1	3.11	19.7	11.0
11	9	12 pm	P1	Miércoles	2.5	2.28	1494.0	3680.0	1000.0	0	9654.0	1100.0	182.0	4.3	3.38	20.3	11.0
14	10	12 pm	P2	Miércoles	2.5	2.41	1230.0	3490.0	960.0	0	9610.0	1125.0	190.0	12.1	4.34	19.9	11.0
10	11	12 pm	P1	Martes	2.5	2.02	1252.0	3380.0	970.0	0	9980.0	1050.0	200.0	4.6	2.97	19.4	11.0
18	12	12 pm	P3	Sábado	2.5	3.14	693.0	3300.0	743.0	0	8090.0	960.0	186.0	7.4	1.03	19.1	11.0
5	13	9 am	P2	Miércoles	2.5	2.11	1142.0	3280.0	941.0	0	10082.0	1125.0	184.0	7.7	3.72	18.2	11.0
17	14	12 pm	P3	Miércoles	2.5	2.13	1293.0	3520.0	1020.0	0	9552.0	1125.0	197.0	6.2	4.89	20.8	11.0
4	15	9 am	P2	Martes	2.5	2.34	1015.0	3350.0	1020.0	0	9748.0	950.0	170.0	5.8	3.37	16.8	11.0
3	16	9 am	P1	Sábado	2.5	3.31	851.0	3010.0	733.0	0	7692.0	1020.0	176.0	8.5	2.21	19	11.0
7	17	9 am	P3	Martes	2.5	2.12	1081.0	3350.0	1010.0	0	9740.0	1025.0	192.0	5	1.73	17.1	11.0
13	18	12 pm	P2	Martes	2.5	2.11	950.0	3230.0	1000.0	0	10030.0	1075.0	160.0	7.1	4.18	18.1	11.0
19	19	9 am	P1	Martes	2.5	2.01	1219.0	3240.0	1010.0	0	9756.0	950.0	200.0	5.2	2.16	17.6	11.0
20	20	12 pm	P3	Miércoles	2.5	2.11	1151.0	3520.0	980.0	0	9608.0	1100.0	195.0	5.8	5.04	20.3	11.0

4.1 Análisis Estadístico

4.1.1 Análisis para aceites y grasas, pH y Oxígeno Disuelto.

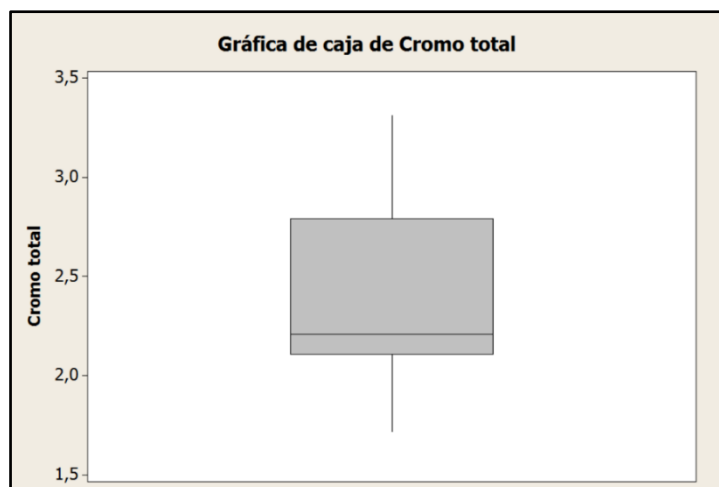
Para estos parámetros no se pudo realizar un análisis estadístico, debido a que los datos obtenidos y que se muestran en la Tabla 7, no presentan ninguna variabilidad; por lo tanto, se puede decir que los resultados están por debajo de los límites permisibles establecidos por el ministerio del ambiente, a excepción del pH y OD que se encuentran por encima de la norma como que se puede ver en la Tabla 6.

4.2.2 Análisis para el Cromo total

En la Figura 10, para un total de 20 muestras analizadas para la variable (cromo total) se obtuvo, una media de 2.391 mg/L, con un valor mínimo de 1.720 mg/L y máximo de 3.31 mg/L. Los cuartiles son 2.110 mg/L y 2.790 mg/L para el primer cuartil y tercer cuartil respectivamente, con un CV de 19.29 y una desviación estándar de 0.461, además de una mediana de 2.210 y varianza de 0.213.

Figura 10

Gráfica de caja para cromo total



Nota: Generado en Minitab®.

Se posee 19 grados de libertad disponible, 1 para el factor Hora y 2 para los factores Punto y Día, y para el error se dispone de 2 GL, lo cual nos permite desarrollar la tabla de ANOVA, del modelo lineal general; Se rechaza la hipótesis nula para el factor Dia, la interacción triple, Hora* Punto*Dia, y no se rechazan la hipótesis nula para los factores Hora, Punto y para las interacciones dobles Hora*Punto, Hora*Dia, Punto*Dia, como se puede ver en la Tabla 8.

Tabla 8

Análisis de varianza para Cromo total, utilizando SC ajustada para pruebas.

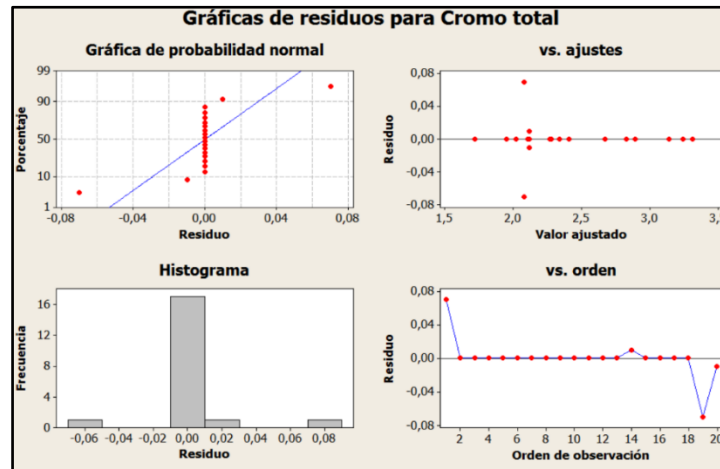
Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
Hora	1	0.00024	0.00071	0.00071	0.14	0.742
Punto	2	0.13687	0.08168	0.04084	8.17	0.109
Día	2	3.27649	3.23613	1.61806	323.61	0.003
Hora*Punto	2	0.01614	0.01676	0.00838	1.68	0.374
Hora*Día	2	0.12780	0.15133	0.07566	15.13	0.062
Punto*Día	4	0.05793	0.07802	0.01951	3.90	0.214
Hora*Punto*Día	4	0.41441	0.41441	0.10360	20.72	0.047
Error	2	0.01000	0.01000	0.00500		
Total	19	0.00024	0.00071	0.00071	0.14	0.742

Nota: Se muestra los valores de P para cada factor y sus interacciones.

En la Figura 11, se muestra la gráfica de normalidad donde los datos no tienen un buen ajuste a la recta normal, según los residuales y los datos tienen un leve ajuste a la constancia de la varianza y la independencia de datos poseen un ajuste aceptable.

Figura 11

Gráfica de residuos para el Cromo total

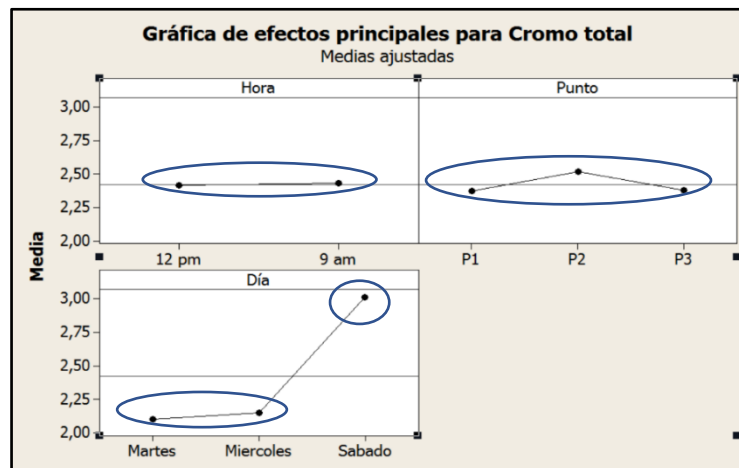


Nota: Generado en Minitab®.

Como se ve en la Figura 12, el factor Hora y Punto poseen, medias iguales, mientras que para el factor Día, el nivel sábado es mayor que los niveles martes y miércoles, según el análisis de rangos múltiples, mostrado en la Tabla 9 de rangos múltiples.

Figura 12

Gráfica de Efectos principales para Cromo total



Nota: Generado en Minitab®.

Tabla 9

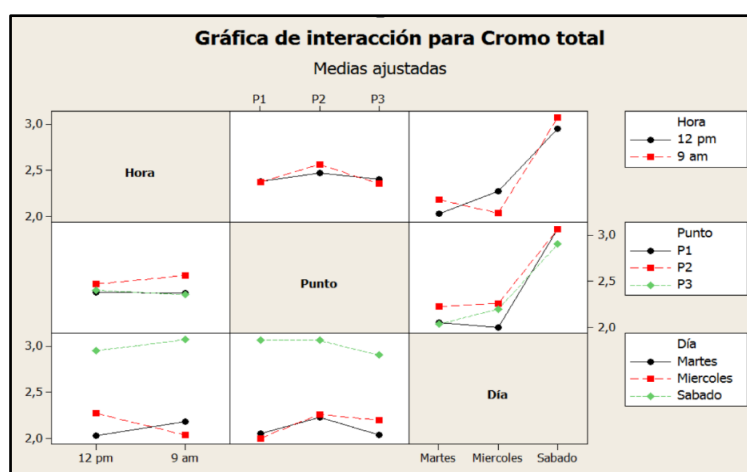
Datos Obtenidos por el método de Tukey al 95 % de confianza

	Punto			Día			Hora	
	P1	P2	P3	Martes	Miércoles	Sábado	9 am	12 pm
N	7	6	7	7	7	6	10	10
Media	2.373	2.517	2.378	2.103	2.152	3.013	2.429	2.417
Agrupación	A	A	A	B	B	A	A	A

Se concluye que el factor Día y la interacción triple Hora*Punto*Día son fuentes de variabilidad para la respuesta del parámetro cromo total, mientras que los otros factores Hora, Punto e interacciones Hora*Punto, Hora*Día, Punto*Día no representan fuentes de variabilidad, tal como se muestra en la Figura 13.

Figura 13

Gráfica de interacción para Cromo Total



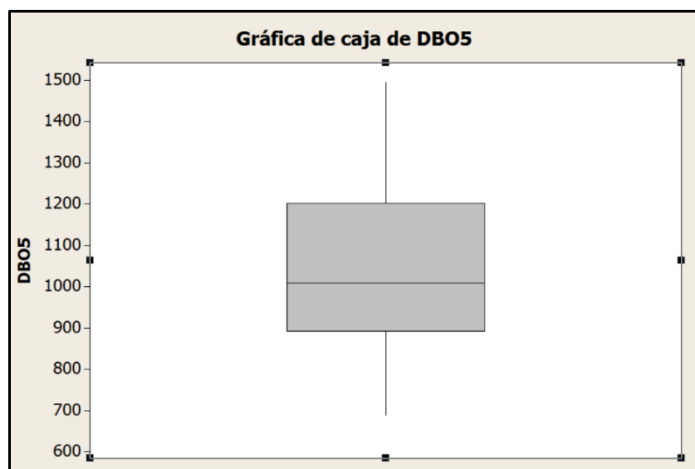
Nota: Generado en Minitab®.

4.2.3 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

En la Figura 14, para un total de 20 muestras analizadas para la variable (DBO₅) se obtuvo, una media de 1028.3 mg/L, con un valor mínimo de 689.0 mg/L y máximo de 1494.0 mg/L. Los cuartiles son 892.0 mg/L y 1202.0 mg/L para el primer cuartil y tercer cuartil respectivamente, con un CV de 20.42 y una desviación estándar de 209.9, además de una mediana de 1007.5 y varianza de 44069.6.

Figura 14

Gráfica de caja de (DBO₅)



Nota: Generado en Minitab®.

Se posee 19 grados de libertad disponible, 1 para el factor Hora y 2 para los factores Punto y Día, y para el error se dispone de 2 GL, lo cual nos permite desarrollar la tabla de ANOVA, del modelo lineal general; no se rechaza la hipótesis nula para ningún factor, es decir se aceptan para todos los factores e interacciones, como se puede ver en la Tabla 10.

Tabla 10

Análisis de varianza para (DBO₅), utilizando SC ajustada para pruebas.

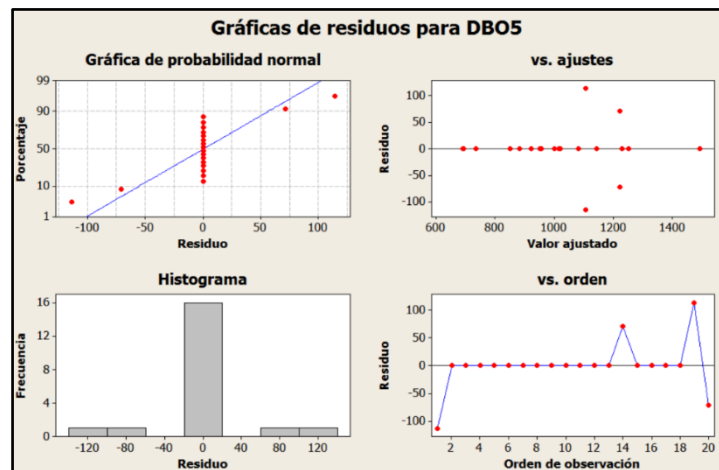
Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
Hora	1	58536.0	54778.0	54778.0	3.04	0.224
Punto	2	87011.0	100824.0	50412.0	2.79	0.264
Día	2	501002.0	473677.0	236839.0	13.13	0.071
Hora*Punto	2	36915.0	50433.0	25216.0	1.40	0.417
Hora*Día	2	74372.0	68246.0	34123.0	1.89	0.346
Punto*Día	4	15651.0	15866.0	3966.0	0.22	0.907
Hora*Punto*Día	4	27761.0	27761.0	6940.0	0.38	0.811
Error	2	36074.0	36074.0	18037.0		
Total	19	837322.0				

Nota: Se muestra los valores de P para cada factor y sus interacciones.

En la Figura 17, se muestra la gráfica de normalidad, donde los datos no tienen un buen ajuste a la recta normal, según los residuales y los datos tienen un leve ajuste a la constancia de la varianza y la independencia de datos poseen un ajuste aceptable.

Figura 15

Gráfica de residuos para (DBO₅)

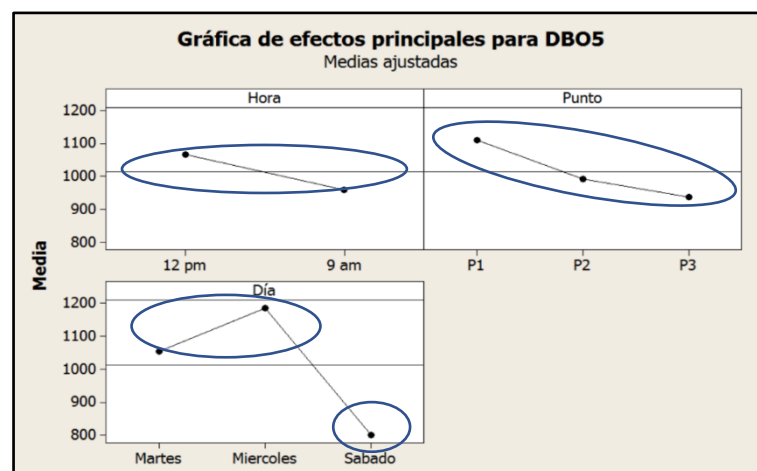


Nota: Generado en Minitab®.

Como se ve en la Figura 16, los factores Hora, Punto y Día, presentan medias iguales, según el análisis de rangos múltiples mostrados en la Tabla 11.

Figura 16

Gráfica de efectos principales para (DBO₅)



Nota: Generado en Minitab®.

Tabla 11

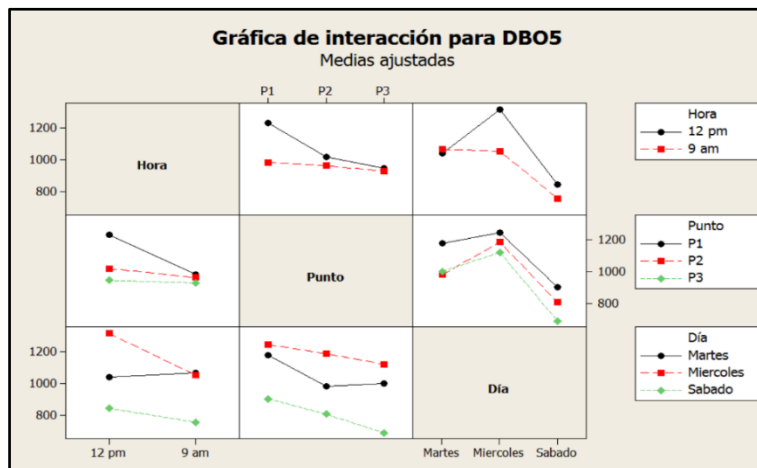
Datos Obtenidos por el método de Tukey al 95 % de confianza

	Punto			Dia			Hora	
	P1	P2	P3	Martes	Miércoles	Sábado	9 am	12 pm
N	7	6	7	7	7	6	10	10
Media	1109.8	992.0	938.0	1054.2	1184.8	800.8	1066.9	959.7
Agrupación	A	A	A	A	A	A	A	A

Se concluye que ningún factor o interacción, es fuente de variabilidad, en respuesta al análisis del parámetro (DBO₅), tal como se muestra en la Figura 17.

Figura 17

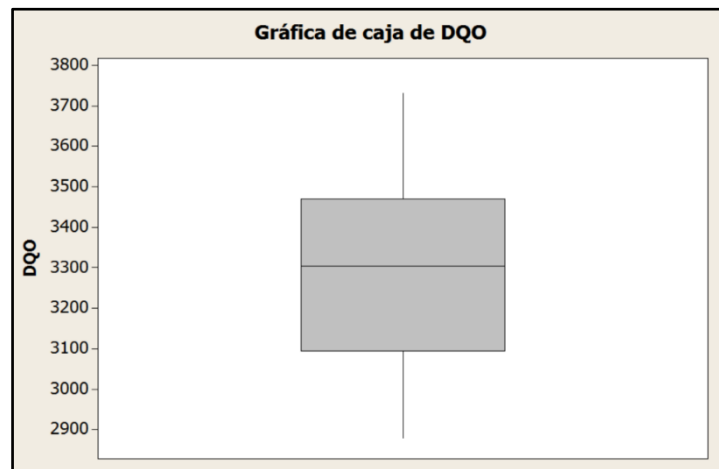
Gráfica de interacción para (DBO₅)



Nota: Generado en Minitab®.

4.2.4 Demanda Química de Oxígeno (DQO)

En la Figura 18, para un total de 20 muestras analizadas para la variable (DQO) se obtuvo, una media de 3300.0 mg/L, con un valor mínimo de 2880.0 mg/L y máximo de 3730.0 mg/L. Los cuartiles son 3095.0 mg/L y 3470.0 mg/L para el primer cuartil y tercer cuartil respectivamente, con un CV de 6.95 y una desviación estándar de 229.3, además de una mediana de 3305.0 y varianza de 52600.0.

Figura 18*Gráfica de caja para DQO*

Nota: Generado en Minitab®.

Se posee 19 grados de libertad disponible, 1 para el factor Hora y 2 para los factores Punto y Día, y para el error se dispone de 2 GL, lo cual nos permite desarrollar la tabla de ANOVA, del modelo lineal general; Se rechaza la hipótesis nula para el factor Día, Hora, Punto y la interacción triple Hora* Punto*Día, y no se rechazan la hipótesis nula para las interacciones dobles Hora*Punto, Hora*Día, Punto*Día, como se puede ver en la Tabla 12.

Tabla 12

Análisis de varianza para DQO, utilizando SC ajustada para pruebas.

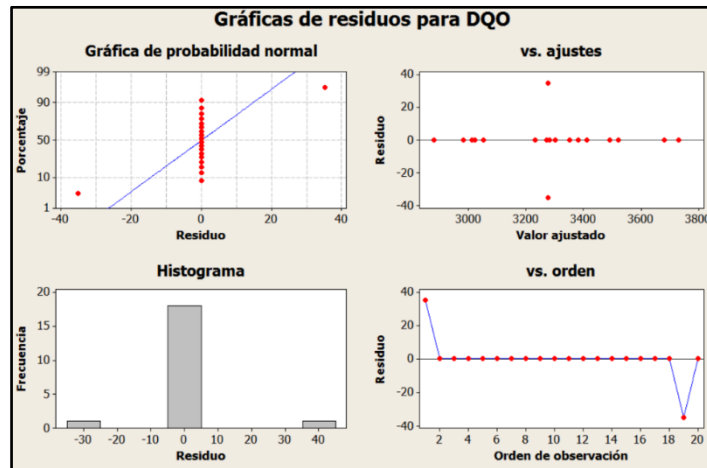
Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
Hora	1	56180.0	39072.0	39072.0	31.90	0.030
Punto	2	131242.0	113689.0	56844.0	46.40	0.021
Día	2	634551.0	661141.0	330571.0	269.85	0.004
Hora*Punto	2	16762.0	13921.0	6961.0	5.68	0.150
Hora*Día	2	11554.0	14118.0	7059.0	5.76	0.148
Punto*Día	4	13442.0	16682.0	4170.0	3.40	0.240
Hora*Punto*Día	4	133217.0	133217.0	33304.0	27.19	0.036
Error	2	2450.0	2450.0	33304.0		
Total	19	999400.0				

Nota: Se muestra los valores de P para cada factor y sus interacciones.

En la Figura 19 se muestra la gráfica de normalidad, donde los datos no tienen un buen ajuste a la recta normal, según los residuales y los datos tienen un leve ajuste a la constancia de la varianza y la independencia de datos poseen un ajuste aceptable.

Figura 19

Gráfica de residuos para DQO

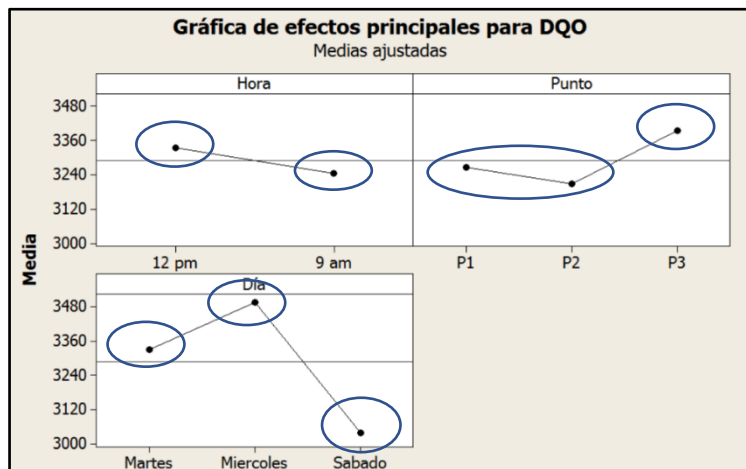


Nota: Generado en Minitab®.

Como se ve en la Figura 20, ninguno de los factores posee medias iguales, es decir, el factor hora el nivel 12 pm es mayor al nivel 9 am, por otra parte, para el factor Punto, los niveles P1 y P2 son iguales, con respecto al nivel P3, que es más grande, continuando con el factor Dia, todos los niveles difieren entre sí, siendo el nivel miércoles el de mayor valor, seguido del martes y por último el nivel sábado, según el análisis de rangos múltiples de la Tabla 13.

Figura 20

Gráfica de efectos principales para DQO



Nota: Generado en Minitab®.

Tabla 13

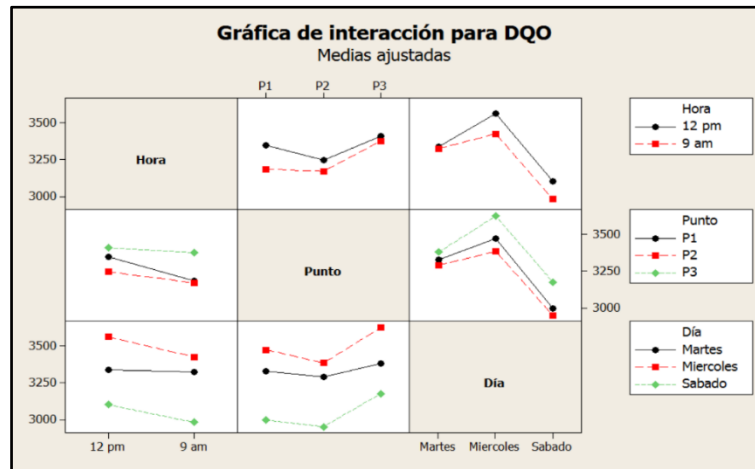
Datos Obtenidos por el método de Tukey al 95 % de confianza

	Punto			Día			Hora	
	P1	P2	P3	Martes	Miércoles	Sábado	9 am	12 pm
N	7	6	7	7	7	6	10	10
Media	3266.0	3208.0	3393.0	3333.0	3495.0	3040.0	3244.0	3334.0
Agrupación	B	B	A	A	B	C	B	A

Se concluye el factor Día, Punto, Hora y la interacción triple Hora*Punto*Día, son fuentes de variabilidad para la respuesta del parámetro DQO, mientras que las interacciones dobles Hora*Punto, Hora*Día, Punto*Día, no representan fuentes de variabilidad, tal como se muestra en la Figura 21.

Figura 21

Gráfica de interacción para DQO



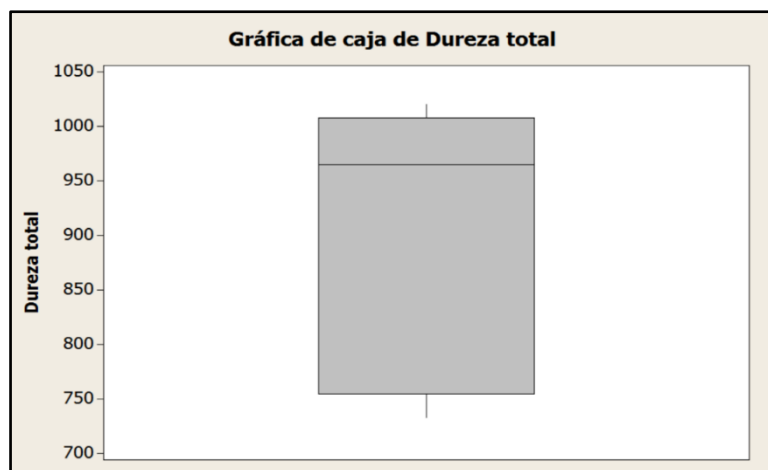
Nota: Generado en Minitab®.

4.2.5 Dureza Total

En la Figura 22, para un total de 20 muestras analizadas para la variable (dureza total) se obtuvo, una media de 911.9 mg/L, con un valor mínimo de 733.0 mg/L y máximo de 1020.0 mg/L. Los cuartiles son 754.5 y 1007.5 para el primer cuartil y tercer cuartil respectivamente, con un CV de 12.63 y una desviación estándar de 115.2, además de una mediana de 965.0 y varianza de 13275.3.

Figura 22

Gráfica de caja para Dureza total



Nota: Generado en Minitab®.

Se posee 19 grados de libertad disponible, 1 para el factor Hora y 2 para los factores Punto y Día, y para el error se dispone de 2 GL, lo cual nos permite desarrollar la tabla de ANOVA, del modelo lineal general; Se rechaza la hipótesis nula para el factor Día, mientras que para los otros factores Punto y Hora e interacciones Hora*Punto, Hora*Día, Punto*Día y la interacción triple Hora*Punto*Día, no se rechazan la hipótesis nula, como se puede ver en la Tabla 14.

Tabla 14

Análisis de varianza para Dureza total, utilizando SC ajustada para pruebas.

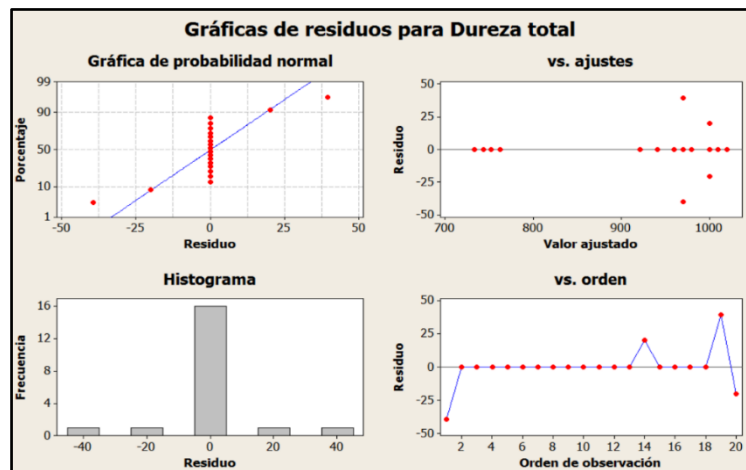
Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
Hora	1	952.0	692.0	692.0	0.35	0.613
Punto	2	2972.0	2075.0	1037.0	0.53	0.654
Día	2	238223.0	234082.0	117041.0	59.71	0.016
Hora*Punto	2	1442.0	1491.0	746.0	0.38	0.724
Hora*Día	2	1826.0	1819.0	910.0	0.46	0.683
Punto*Día	4	2160.0	2428.0	607.0	0.31	0.854
Hora*Punto*Día	4	733.0	733.0	183.0	0.09	0.975
Error	2	3921.0	3921.0	1960.0		
Total	19	252230.0				

Nota: Se muestra los valores de P para cada factor y sus interacciones.

En la Figura 23, se muestra la gráfica de normalidad, donde los datos no tienen un buen ajuste a la recta normal, según los residuales y los datos tienen un leve ajuste a la constancia de la varianza y la independencia de datos poseen un ajuste aceptable.

Figura 23

Gráfica de residuos para Dureza total

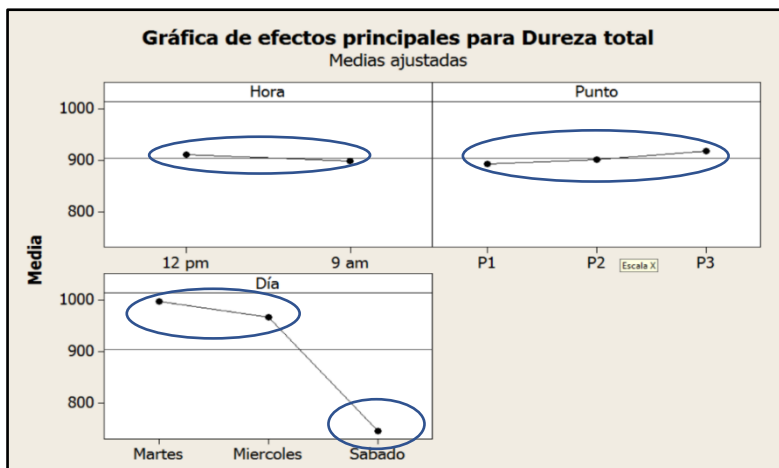


Nota: Generado en Minitab®.

Como se ve en la Figura 24, el factor Hora y Punto poseen, medias iguales, mientras que para el factor Dia, en el nivel sábado es menor que los niveles martes y miércoles, según el análisis de rangos múltiples, mostrado en la Tabla 15 de rangos múltiples.

Figura 24

Gráfica de efectos principales para Dureza total



Nota: Generado en Minitab®.

Tabla 15

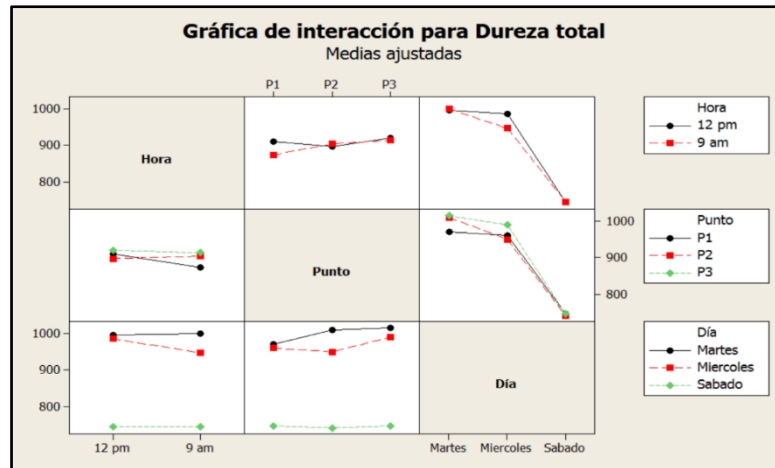
Datos Obtenidos por el método de Tukey al 95 % de confianza

	Punto			Día			Hora	
	P1	P2	P3	Martes	Miércoles	Sábado	9 am	12 pm
N	7	6	7	7	7	6	10	10
Media	892.8	901.0	917.5	998.4	967.0	745.8	897.7	909.8
Agrupación	A	A	A	A	A	B	A	A

Se concluye el factor día es fuente de variabilidad para la respuesta del parámetro dureza total, mientras que los otros factores, Punto y Hora e interacciones Hora*Punto, Hora*Día, Punto*Día y la interacción triple Hora*Punto*Día no representan fuentes de variabilidad, tal como se muestra en la Figura 25.

Figura 25

Gráfica de interacción para Dureza total



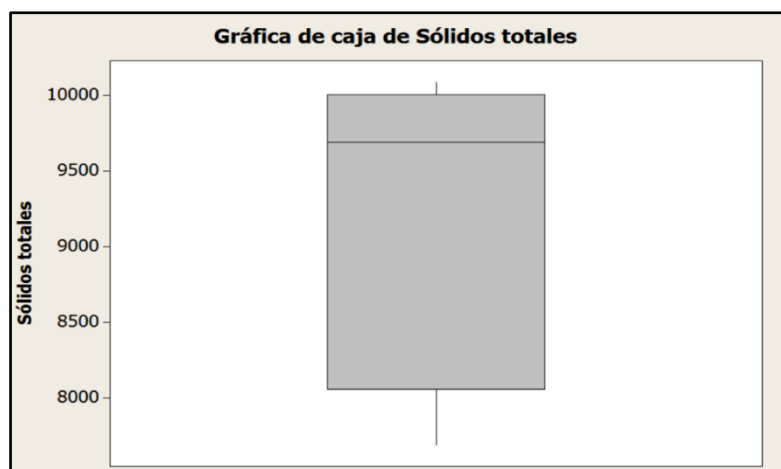
Nota: Generado en Minitab®.

4.2.6 Sólidos Totales

En la Figura 26, para un total de 20 muestras analizadas para la variable (sólidos total) se obtuvo, una media de 9249.0 mg/L, con un valor mínimo de 7692.0 mg/L y máximo de 10082.0 mg/L. Los cuartiles son 8057.0 mg/L y 10003.0 mg/L para el primer cuartil y tercer cuartil respectivamente, con un CV de 9.65 y una desviación estándar de 921.0, además de una mediana de 9686.0 y varianza de 847709.0.

Figura 26

Gráfica de caja de Sólidos totales



Nota: Generado en Minitab®.

Se posee 19 grados de libertad disponible, 1 para el factor Hora y 2 para los factores Punto y Día, y para el error se dispone de 2 GL, lo cual nos permite desarrollar la tabla de ANOVA, del modelo lineal general; Se rechaza la hipótesis nula para el factor Día, la interacción doble Hora*Día, y no se rechazan la hipótesis nula para los factores Hora y Punto e interacciones dobles, Hora*Punto, Punto*Día, y la interacción triple Hora*Punto*Día como se puede ver en la Tabla 16.

Tabla 16

Análisis de varianza para Sólidos totales, utilizando SC ajustada para pruebas.

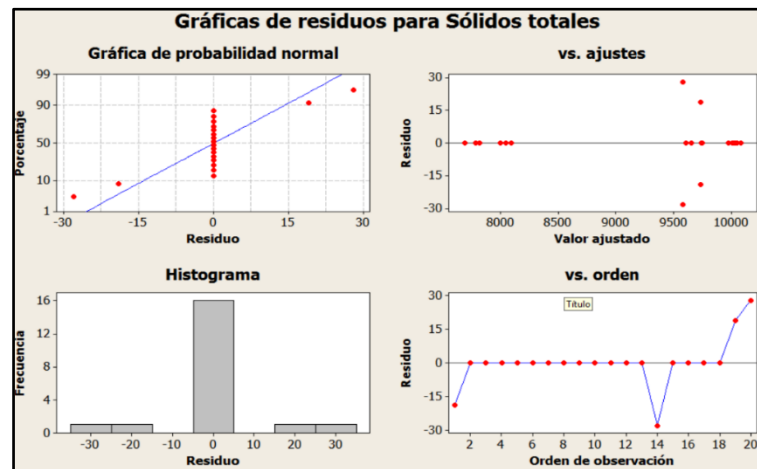
Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
Hora	1	1656.0	6760.0	6760.0	5.90	0.136
Punto	2	9155.0	5372.0	2686.0	2.35	0.299
Día	2	15509242.0	15627760.0	7813880.0	6824.35	0.000
Hora*Punto	2	12973.0	1552.0	776.0	0.68	0.596
Hora*Día	2	557440.0	537924.0	268962.0	234.90	0.004
Punto*Día	4	9942.0	9186.0	2297.0	2.01	0.359
Hora*Punto*Día	4	3769.0	3769.0	942.0	0.82	0.613
Error	2	2290.0	2290.0	1145.0		
Total	19	16106468.0				

Nota: Se muestra los valores de P para cada factor y sus interacciones.

En la Figura 27, se muestra la gráfica de normalidad, los datos no tienen un buen ajuste a la recta normal, según los residuales y los datos tienen un leve ajuste a la constancia de la varianza y la independencia de datos poseen un ajuste aceptable.

Figura 27

Gráfica de residuos para Sólidos totales

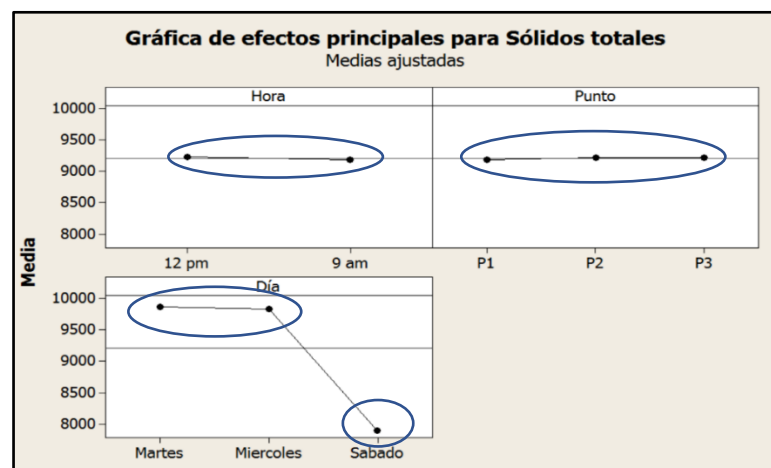


Nota: Generado en Minitab®.

Como se ve en la Figura 28 el factor Hora y Punto poseen, medias iguales, mientras que para el factor Día, el nivel sábado es menor que los niveles martes y miércoles, según el análisis de rangos múltiples, mostrado en la Tabla 17.

Figura 28

Gráfica de efectos principales para Sólidos totales



Nota: Generado en Minitab®.

Tabla 17

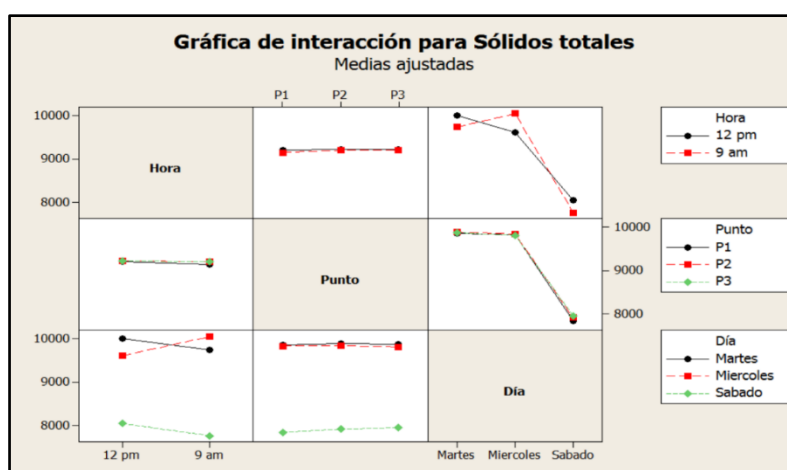
Datos Obtenidos por el método de Tukey al 95 % de confianza

	Punto			Dia			Hora	
	P1	P2	P3	Martes	Miércoles	Sábado	9 am	12 pm
N	7	6	7	7	7	6	10	10
Media	9186.0	9214.0	9216.5	9874.0	9832.0	7904.0	9185.0	9222.0
Agrupación	A	A	A	A	A	B	A	A

Se concluye el factor Día y la interacción doble Hora*Día son fuentes de variabilidad para la respuesta del parámetro sólidos totales, mientras que los otros factores Hora y Punto e interacciones dobles, Hora*Punto, Punto*Día, y la interacción triple Hora*Punto*Día no representan fuentes de variabilidad, como se muestra en la Figura 29.

Figura 29

Gráfica de interacción para Sólidos totales



Nota: Generado en Minitab®.

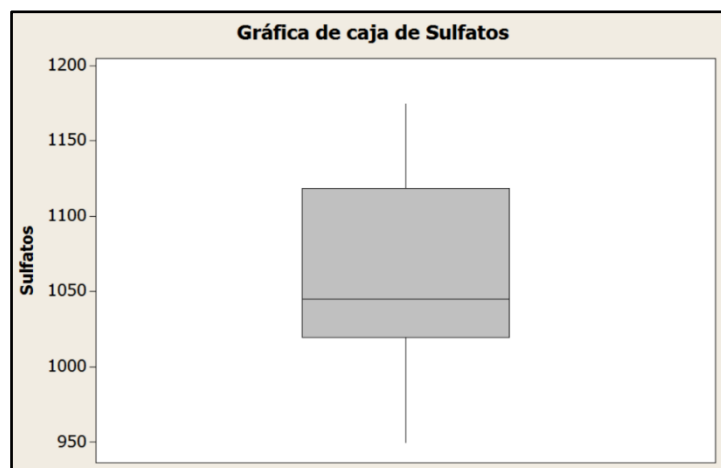
4.2.7 Sulfatos

En la Figura 30, para un total de 20 muestras analizadas para la variable (sulfatos) se obtuvo, una media de 1055.3 mg/L, con un valor mínimo de 950 mg/L y máximo de 1175.0 mg/L. Los cuartiles son 1020.0 mg/L y 1118.8 mg/L para el primer cuartil y tercer cuartil

respectivamente, con un CV de 6.20 y una desviación estándar de 65.5, además de una mediana de 1045.0 y varianza de 4285.5.

Figura 30

Gráfica de caja de Sulfatos



Nota: Generado en Minitab®.

Se posee 19 grados de libertad disponible, 1 para el factor Hora y 2 para los factores Punto y Día, y para el error se dispone de 2 GL, lo cual nos permite desarrollar la tabla de ANOVA, del modelo lineal general; No se rechaza la hipótesis nula para ningún factor, es decir se aceptan para todos los factores e interacciones, como se puede ver en la Tabla 18.

Tabla 18

Análisis de varianza para Sulfatos, utilizando SC ajustada para pruebas

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
Hora	1	151.0	194.0	194.0	0.07	0.812
Punto	2	405.0	100.0	50.0	0.02	0.981
Día	2	57669.0	56079.0	28040.0	10.56	0.087
Hora*Punto	2	4320.0	4442.0	2221.0	0.84	0.545
Hora*Día	2	9842.0	10129.0	5064.0	1.91	0.344
Punto*Día	4	1299.0	1213.0	303.0	0.11	0.965
Hora*Punto*Día	4	2424.0	2424.0	606.0	0.23	0.902
Error	2	5313.0	5313.0	2656.0		

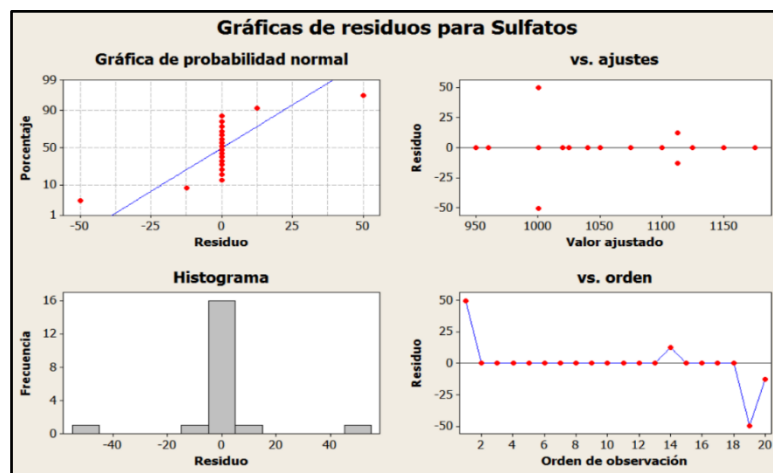
Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
Total	19	81424.0				

Nota: Se muestra los valores de P para cada factor y sus interacciones.

En la Figura 31 se muestra la gráfica de normalidad, donde los datos no tienen un buen ajuste a la recta normal, según los residuales y los datos tienen un leve ajuste a la constancia de la varianza y la independencia de datos poseen un ajuste aceptable.

Figura 31

Gráfica de residuos para Sulfatos

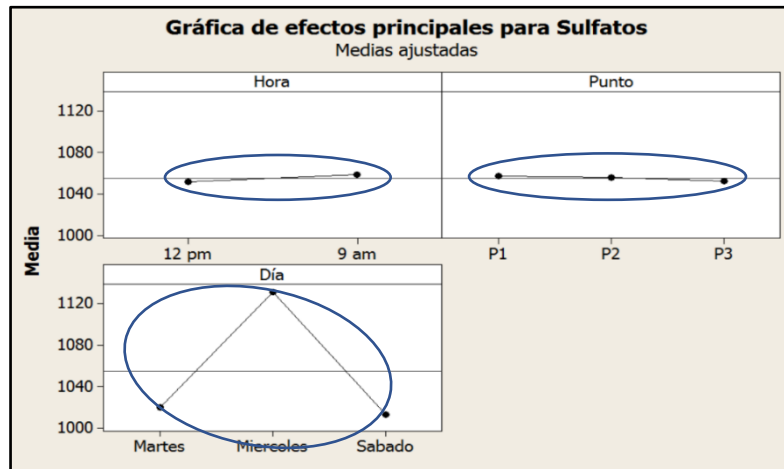


Nota: Generado en Minitab®.

Como se ve en la Figura 32, el factor Hora, Punto y Día poseen, medias iguales, según el análisis de rangos múltiples, mostrado en la Tabla 19.

Figura 32

Gráfica de efectos principales para Sulfatos



Nota: Generado en Minitab®.

Tabla 19

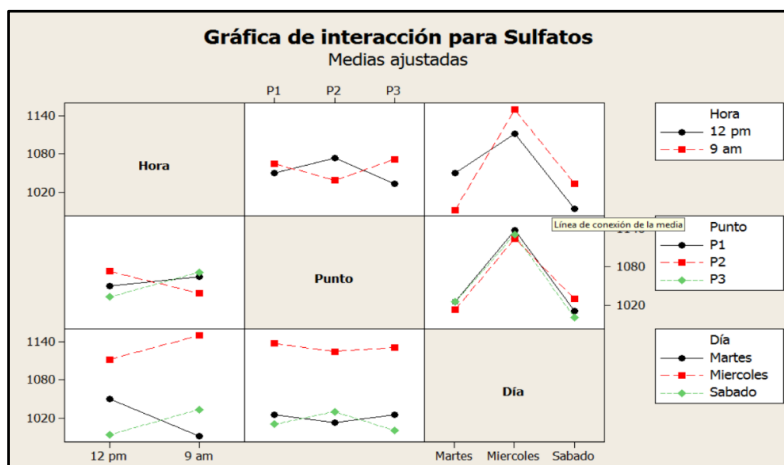
Datos Obtenidos por el método de Tukey al 95 % de confianza

	Punto			Día			Hora	
	P1	P2	P3	Martes	Miércoles	Sábado	9 am	12 pm
N	7	6	7	7	7	6	10	10
Media	1058.0	1056.0	1052.0	1131.0	1021.0	1012.0	1058.0	1052.0
Agrupación	A	A	A	A	A	A	A	A

Se concluye que ningún factor e interacciones representan fuentes de variabilidad para la respuesta del parámetro sulfatos. Como se muestra en la Figura 33.

Figura 33

Gráfica de interacciones para Sulfatos



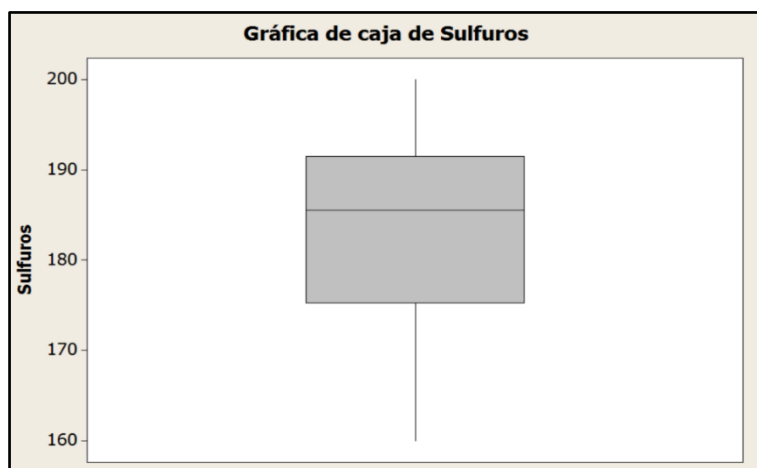
Nota: Generado en Minitab®.

4.2.8 Sulfuros

En la Figura 34, para un total de 20 muestras analizadas para la variable (sulfuros) se obtuvo, una media de 183.8 mg/L, con un valor mínimo de 160 mg/L y máximo de 200 mg/L. Los cuartiles son 175.25 mg/L y 191.5 mg/L para el primer cuartil y tercer cuartil respectivamente, con un CV de 6.22 y una desviación estándar de 11.43, además de una mediana de 185.5 y varianza de 130.59.

Figura 34

Gráfica de caja para Sulfuros



Nota: Generado en Minitab®.

Se posee 19 grados de libertad disponible, 1 para el factor Hora y 2 para los factores Punto y Dia, y para el error se dispone de 2 GL, lo cual nos permite desarrollar la tabla de ANOVA, del modelo lineal general; No se rechaza la hipótesis nula para ningún factor, es decir se aceptan para todos los factores e interacciones, como se puede ver en la Tabla 20.

Tabla 20

Análisis de varianza para Sulfuros, utilizando SC ajustada para pruebas

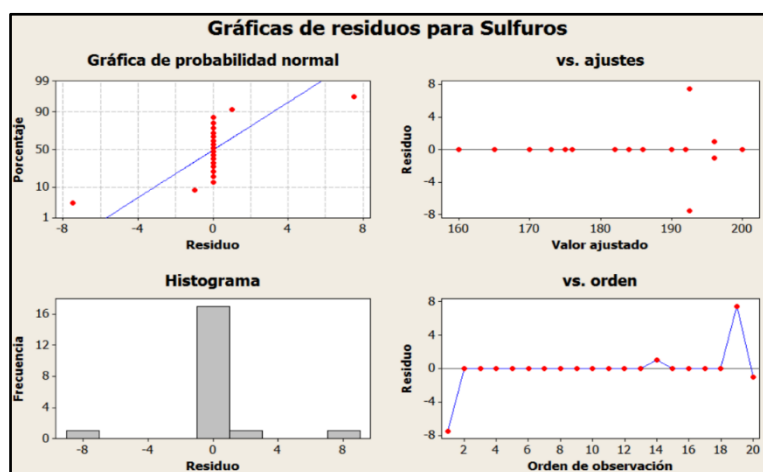
Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
Hora	1	0.00	0.72	0.72	0.01	0.921
Punto	2	821.60	686.31	343.15	5.99	0.143
Día	2	290.12	243.07	121.53	2.12	0.320
Hora*Punto	2	96.38	80.32	40.16	0.70	0.588
Hora*Día	2	122.54	123.07	61.53	1.07	0.482
Punto*Día	4	779.98	860.20	215.05	3.76	0.221
Hora*Punto*Día	4	256.09	256.09	64.02	1.12	0.522
Error	2	114.50	114.50	57.25		
Total	19	2481.20				

Nota: Se muestra los valores de P para cada factor y sus interacciones.

En la Figura 35 se muestra la gráfica de normalidad, donde los datos no tienen un buen ajuste a la recta normal, según los residuales y los datos tienen un leve ajuste a la constancia de la varianza y la independencia de datos poseen un ajuste aceptable.

Figura 35

Gráfica de residuos para Sulfuros

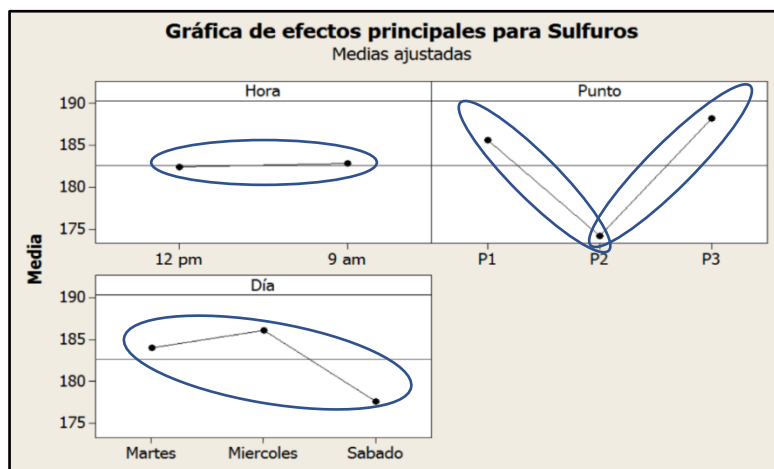


Nota: Generado en Minitab®.

En la Figura 36 los factores Hora, Día, Punto poseen medias iguales, según el análisis de rangos múltiples de la Tabla 21.

Figura 36

Gráfica de efectos principales para Sulfuros



Nota: Generado en Minitab®.

Tabla 21

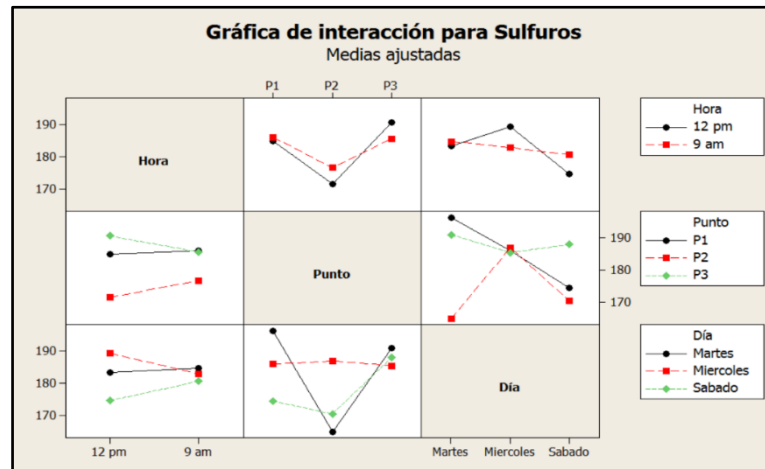
Datos Obtenidos por el método de Tukey al 95 % de confianza

	Punto			Día			Hora	
	P1	P2	P3	Martes	Miércoles	Sábado	9 am	12 pm
N	7	6	7	7	7	6	10	10
Media	185.6	174.20	188.2	184.1	186.2	177.7	1058.0	1052.0
Agrupación	A	A	A	A	A	A	A	A

Se concluye que ningún factor e interacciones representan fuentes de variabilidad para la respuesta del parámetro sulfuros. Como se muestra en la Figura 37.

Figura 37

Gráfica de Interacciones para Sulfuros



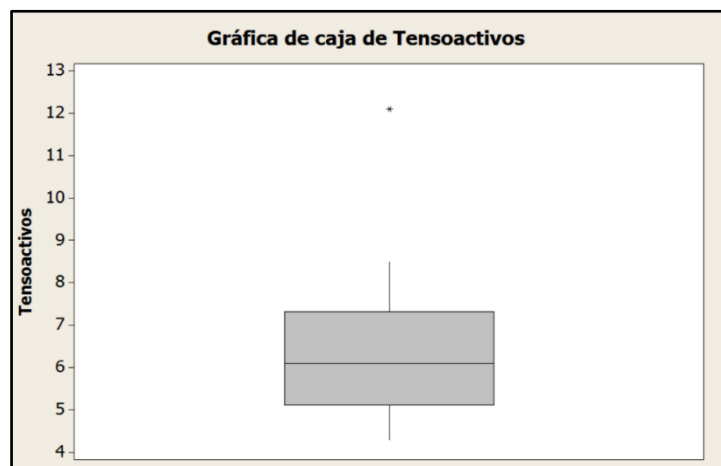
Nota: Generado en Minitab®.

4.2.9 Tensoactivos

En la Figura 38, para un total de 20 muestras analizadas para la variable (tensoactivos) se obtuvo, una media de 6.45 mg/L, con un valor mínimo de 4.3 mg/L y máximo de 12.1 mg/L. Los cuartiles son 5.125 mg/L y 7.325 mg/L para el primer cuartil y tercer cuartil respectivamente, con un CV de 27.16 y una desviación estándar de 1.752, además de una mediana de 6.1 y varianza de 3.068.

Figura 38

Gráfica de caja para Tensoactivos



Nota: Generado en Minitab®.

Se posee 19 grados de libertad disponible, 1 para el factor Hora y 2 para los factores Punto y Día, y para el error se dispone de 2 GL, lo cual nos permite desarrollar la tabla de ANOVA, del modelo lineal general; Se rechazan la hipótesis nula para todos los factores Hora, Punto, Día e interacciones, Hora*Punto, Punto*Día, excepto la interacción doble Hora*Día y la triple Hora*Punto*Día, que no se rechazan, como se puede ver en la Tabla 22.

Tabla 22

Análisis de varianza para Tensoactivos, utilizando SC ajustada para pruebas

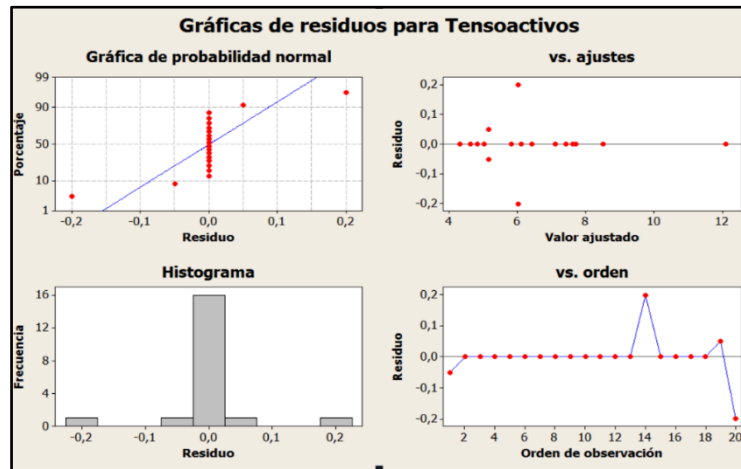
Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
Hora	1	2.8880	2.6801	2.6801	63.06	0.015
Punto	2	15.2430	14.1558	7.0779	166.54	0.006
Día	2	7.8630	8.5242	4.2621	100.28	0.010
Hora*Punto	2	9.6603	10.4712	5.2356	123.19	0.008
Hora*Día	2	0.3626	0.6858	0.3429	8.07	0.110
Punto*Día	4	18.9766	18.5592	4.6398	109.17	0.009
Hora*Punto*Día	4	3.2115	3.2115	0.8029	18.89	0.051
Error	2	0.0850	0.0850	0.0425		
Total	19	58.2900				

Nota: Se muestra los valores de P para cada factor y sus interacciones.

En la Figura 39 se muestra la gráfica de normalidad, los datos no tienen un buen ajuste a la recta normal, según los residuales y los datos tienen un leve ajuste a la constancia de la varianza y la independencia de datos poseen un ajuste aceptable.

Figura 39

Gráfica de residuos para Tensoactivos

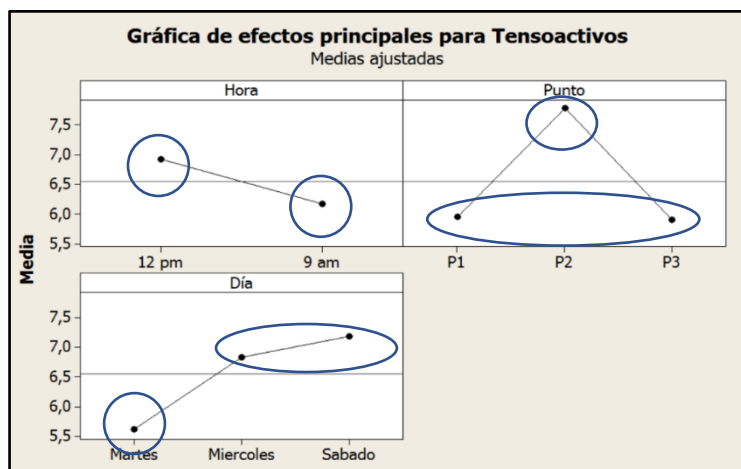


Nota: Generado en Minitab®.

En la Figura 40, ninguno de los factores posee medias iguales, es decir, el factor Hora el nivel 12 pm es mayor al otro nivel, de igual manera, para el factor Punto, los niveles P1 y P3 son iguales, con respecto al nivel P2, que es más grande, continuando con el factor Día, los niveles sábado y miércoles son iguales, mientras que el nivel martes está por debajo, según el análisis de rangos múltiples de la Tabla 23.

Figura 40

Gráfica de efectos principales para Tensoactivos



Nota: Generado en Minitab®.

Tabla 23

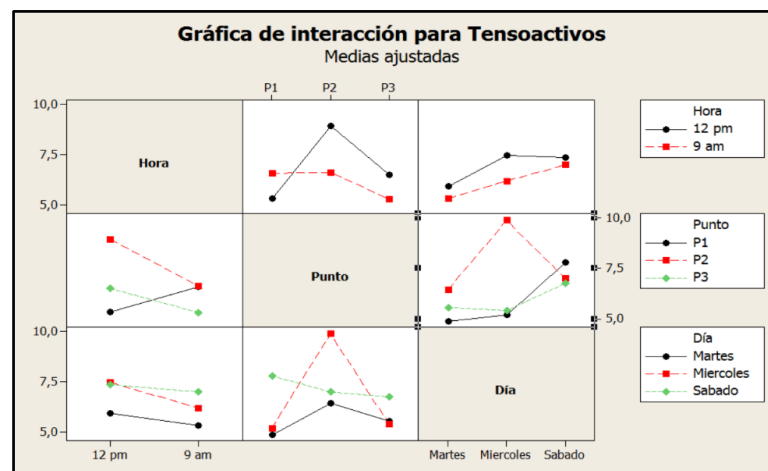
Datos Obtenidos por el método de Tukey al 95 % de confianza

	Punto			Día			Hora	
	P1	P2	P3	Martes	Miércoles	Sábado	9 am	12 pm
N	7	6	7	7	7	6	10	10
Media	5.958	7.783	5.90	5.625	6.833	7.183	6.172	6.922
Agrupación	B	A	B	B	A	A	B	A

Se concluye que todos los factores Hora, Punto, Día e interacciones, Hora*Punto, Punto*Día, excepto la interacción doble Hora*Día y la triple Hora*Punto*Día son fuentes de variabilidad para la respuesta del parámetro sulfuros, como se muestra en la Figura 41.

Figura 41

Gráfica de iteraciones para Tensoactivos



Nota: Generado en Minitab®.

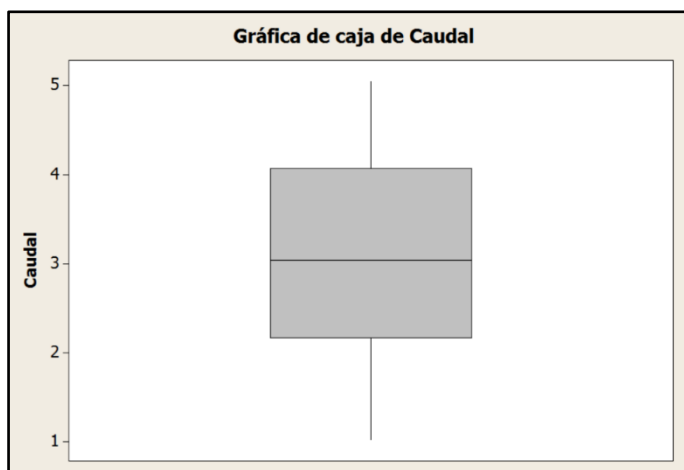
4.2.10 Caudal

En la Figura 42, para un total de 20 pruebas analizadas para la variable (caudal) se obtuvo, una media de 3.116 L/s, con un valor mínimo de 1.030 L/s y máximo de 5.04 L/s. Los cuartiles son 2.173 L/s y 4.065 L/s para el primer cuartil y tercer cuartil respectivamente, con

un CV de 35.94 y una desviación estándar de 1.120, además de una mediana de 3.040 y varianza de 1.254.

Figura 42

Gráfica de caja para el Caudal



Nota: Generado en Minitab®.

Se posee 19 grados de libertad disponible, 1 para el factor Hora y 2 para los factores Punto y Día, y para el error se dispone de 2 GL, lo cual nos permite desarrollar la tabla de ANOVA, del modelo lineal general; Se rechazan todas las hipótesis nulas para todos los factores e interacciones excepto la interacción doble Hora*Punto, verificar en la Tabla 24.

Tabla 24

Análisis de varianza para Caudal, utilizando SC ajustada para pruebas

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
Hora	1	2.5920	1.1003	1.1003	104.54	0.009
Punto	2	1.9025	1.4499	0.7249	68.88	0.014
Día	2	12.2716	10.7863	5.3932	512.41	0.002
Hora*Punto	2	0.0180	0.0223	0.0111	1.06	0.486
Hora*Día	2	1.5139	1.5431	0.7715	73.31	0.013
Punto*Día	4	4.3753	4.3560	1.0890	103.47	0.010
Hora*Punto*Día	4	1.1385	1.1385	0.2846	27.04	0.036
Error	2	0.0211	0.0211	0.0105		

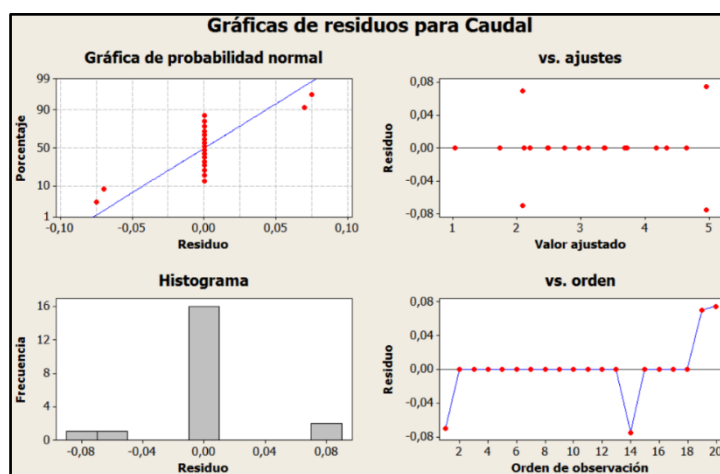
Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
Total	19	23.8329				

Nota: Se muestra los valores de P para cada factor y sus interacciones.

En la Figura 43, se muestra la gráfica de normalidad, donde los datos no tienen un buen ajuste a la recta normal, según los residuales y los datos tienen un leve ajuste a la constancia de la varianza y la independencia de datos poseen un ajuste aceptable.

Figura 43

Gráfica de residuos para el Caudal

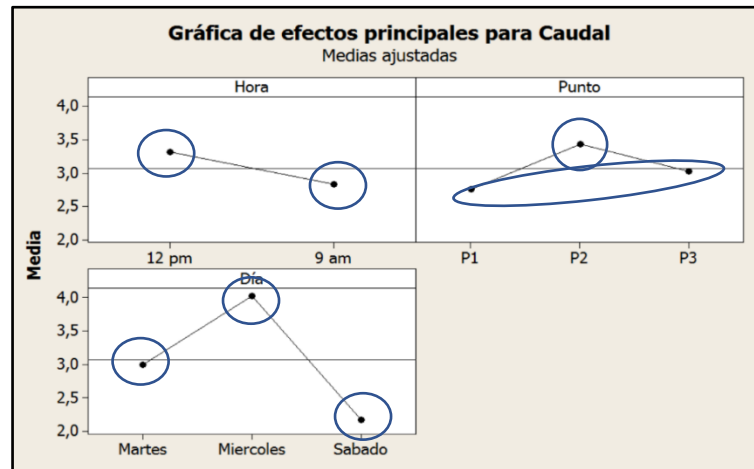


Nota: Generado en Minitab®.

Como se ve en la Figura 44 el factor Hora, Punto y Día no poseen medias iguales, el nivel 12 pm es ligeramente mayor al nivel 9 am, por otra parte, los niveles P1 y P3 son iguales mientras el nivel P2 es mayor que los niveles P1 y P3, de igual forma para e factor Día todos los niveles son diferentes, siendo el miércoles el mayor, seguido del martes y por último el nivel sábado según el análisis de rangos múltiples, mostrado en la Tabla 25.

Figura 44

Gráfica de efectos principales para el Caudal



Nota: Generado en Minitab®.

Tabla 25

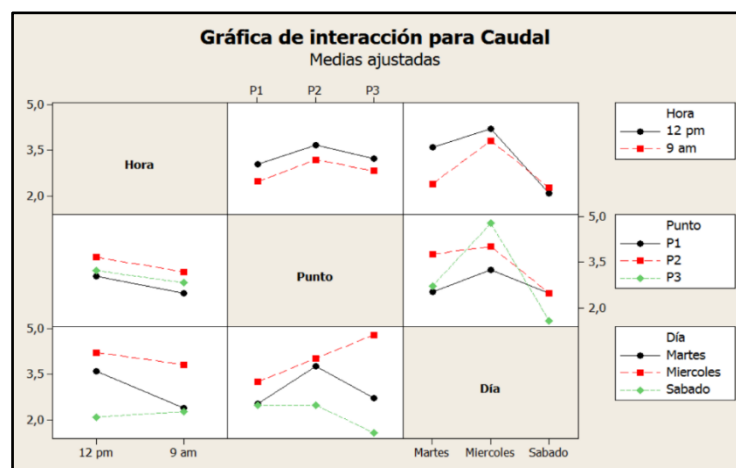
Datos Obtenidos por el método de Tukey al 95 % de confianza

	Punto			Día			Hora	
	P1	P2	P3	Martes	Miércoles	Sábado	9 am	12 pm
N	7	6	7	7	7	6	10	10
Media	2.752	3.430	3.029	3.005	4.027	2.178	2.830	3.311
Agrupación	B	A	B	B	A	C	B	A

Se concluye todos los factores e interacciones son fuentes de variabilidad excepto la interacción doble Hora*Punto, en respuesta al parámetro caudal, se muestra en la Figura 45.

Figura 45

Gráfica de interacciones para el Caudal



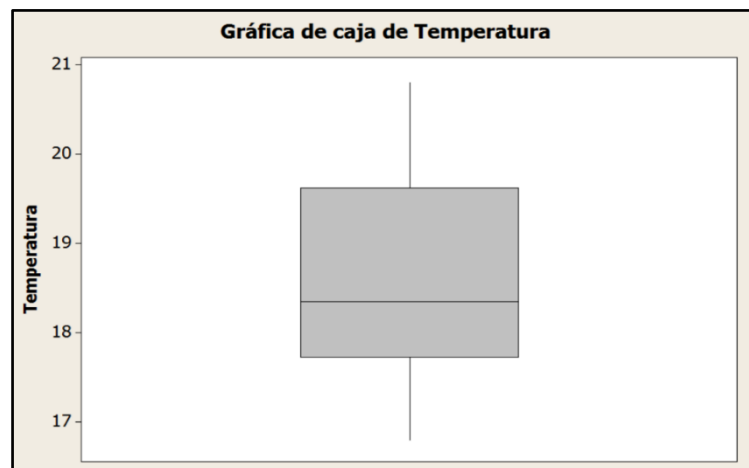
Nota: Generado en Minitab®.

4.2.11 Temperatura

En la Figura 46, para un total de 20 muestras analizadas para la variable (temperatura) se obtuvo, una media de 18.665 °C, con un valor mínimo de 16.8 °C y máximo de 20.8°C. Los cuartiles son 17.725°C y 19.625°C para el primer cuartil y tercer cuartil respectivamente, con un CV de 6.12 y una desviación estándar de 1.143, además de una mediana de 18.350 y varianza de 1.307.

Figura 46

Gráfica de caja de la Temperatura



Nota: Generado en Minitab®.

Se posee 19 grados de libertad disponible, 1 para el factor Hora y 2 para los factores Punto y Día, y para el error se dispone de 2 GL, lo cual nos permite desarrollar la tabla de ANOVA, del modelo lineal general; Se rechazan las hipótesis nulas para el factor Hora y Día, mientras que para el factor Punto, interacciones dobles Hora*Punto, Hora*Día, Punto*Día y la interacción triple no se rechaza la hipótesis nula como se muestra en la Tabla 26.

Tabla 26

Análisis de varianza para Temperatura, utilizando SC ajustada para pruebas

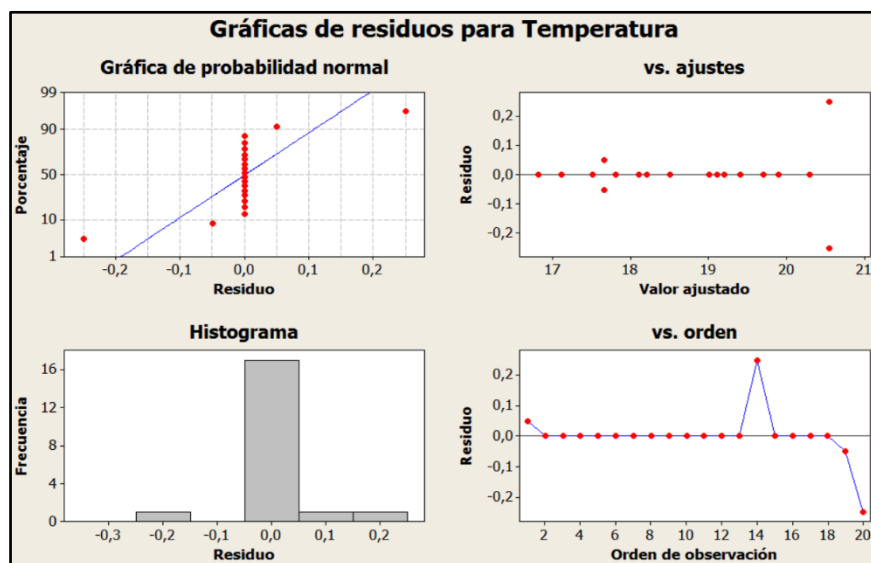
Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
Hora	1	9.9405	7.3788	7.3788	113.52	0.009
Punto	2	1.6025	2.2731	1.1366	17.49	0.054
Día	2	9.8579	8.6462	4.3231	66.51	0.015
Hora*Punto	2	0.9282	0.9530	0.4765	7.33	0.120
Hora*Día	2	0.5138	0.4239	0.2119	3.26	0.235
Punto*Día	4	0.2537	0.3428	0.0857	1.32	0.474
Hora*Punto*Día	4	1.5990	1.5990	0.3997	6.15	0.145
Error	2	9.9405	7.3788	7.3788	113.52	0.009
Total	19	1.6025	2.2731	1.1366	17.49	0.054

Nota: Se muestra los valores de P para cada factor y sus interacciones.

En la Figura 47 se muestra la gráfica de normalidad, donde datos no tienen un buen ajuste a la recta normal, según los residuales y los datos tienen un leve ajuste a la constancia de la varianza y la independencia de datos poseen un ajuste aceptable.

Figura 47

Gráfica de residuos para la Temperatura

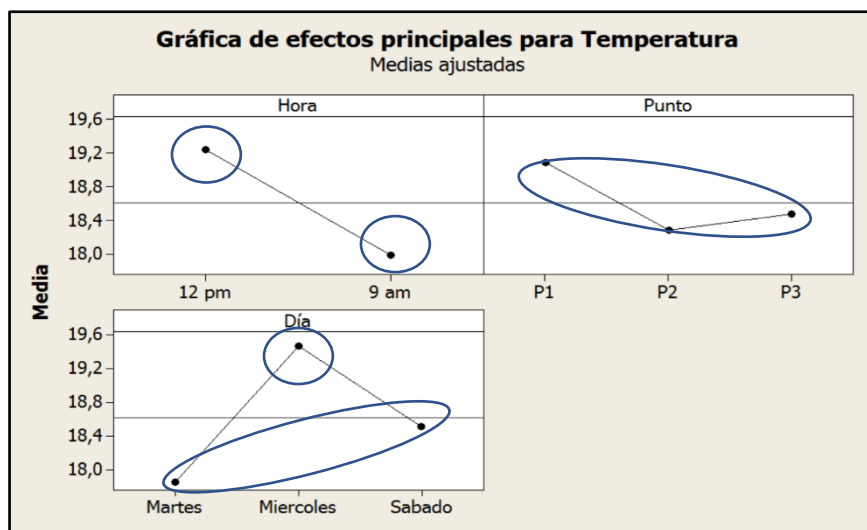


Nota: Generado en Minitab®.

Como se ve en la Figura 48 el factor Hora y Día no poseen medias iguales, siendo para el factor Hora, el nivel 12 pm mayor que el nivel 9 am, mientras que para el factor Dia, los niveles martes y sábado son iguales mientras el nivel miércoles es mayor. En el factor punto todas las medias son iguales, según el análisis de rangos múltiples, mostrado en la Tabla 27.

Figura 48

Gráfica de efectos principales para la Temperatura



Nota: Generado en Minitab®.

Tabla 27

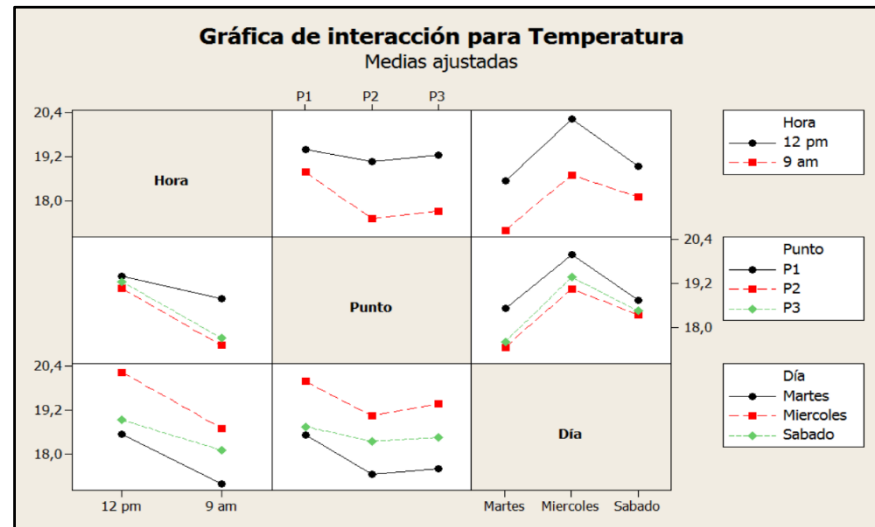
Datos Obtenidos por el método de Tukey al 95 % de confianza

	Punto			Día			Hora	
	P1	P2	P3	Martes	Miércoles	Sábado	9 am	12 pm
N	7	6	7	7	7	6	10	10
Media	19.09	18.28	18.48	17.46	19.47	18.52	17.99	19.24
Agrupación	A	A	A	B	A	B	B	A

Se concluye que los factores Hora y Día son fuentes de variabilidad en respuesta al parámetro temperatura, como se muestra en la Figura 49.

Figura 49

Figura de interacciones para la Temperatura



Nota: Generado en Minitab®.

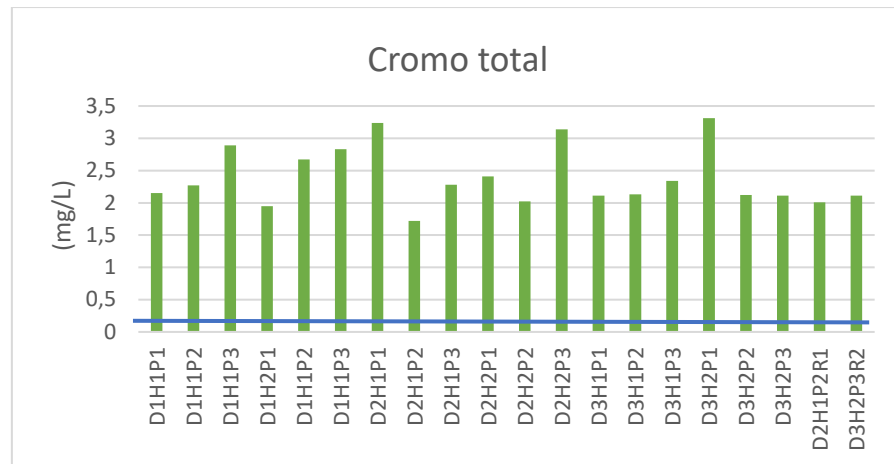
4.3 Análisis de los parámetros según la “Norma de Calidad Ambiental y Descarga de Efluentes al Recurso Agua”.

4.3.1 Cromo total

Del total de muestras analizadas de cromo, todos los valores obtenidos sobrepasan los límites establecidos por la “Norma de Calidad Ambiental y Descarga de Efluentes al Recurso Agua”, la cual nos dice que es 0.05 mg/L, por lo se puede deducir que el 100 % de las muestras totales recogidas están por encima de límite máximo permisible. Con un valor máximo de 3.310 mg/L y un mínimo de 1.720 mg/L, tal como se representa en la Figura 50.

Figura 50

Diagrama de bloques de la concentración para el Cromo total



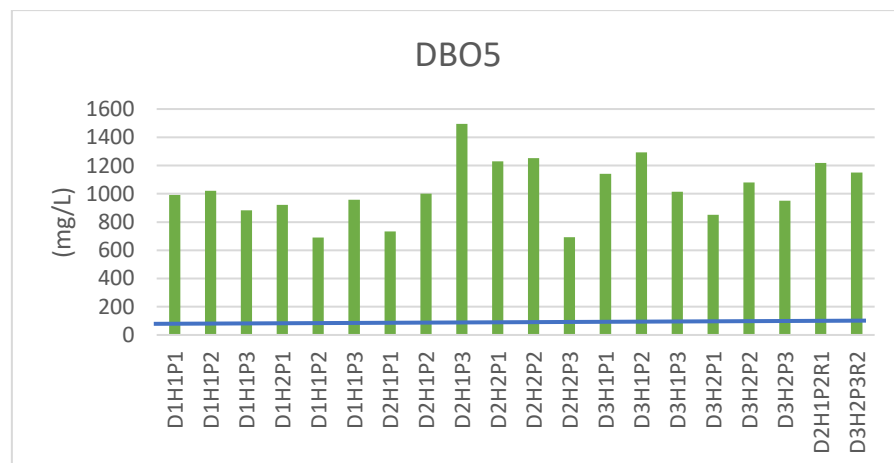
Nota: — Límite Máximo Permisible según la norma TULSMA Anexo 1, elaboración propia.

4.3.2 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

Del total de muestras analizadas de (DBO₅), todos los valores obtenidos sobrepasan los límites establecidos por la “Norma de Calidad Ambiental y Descarga de Efluentes al Recurso Agua”, la cual nos dice que es 100.0 mg/L , por lo se puede deducir que el 100 % de las muestras totales recogidas están por encima de límite máximo permisible Con un valor máximo de 1494.0 mg/L y un mínimo de 689.0 mg/L, tal como se representa en la Figura 51.

Figura 51

Diagrama de bloques de la concentración para el (DBO₅)



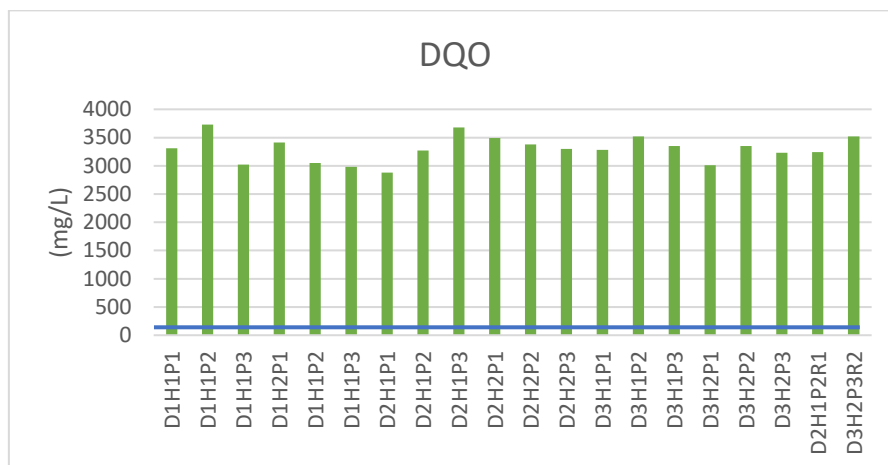
Nota: — Límite Máximo Permissible según la norma TULSMA Anexo 1, elaboración propia.

4.3.3 Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Del total de muestras analizadas de DQO, todos los valores obtenidos sobrepasan los límites establecidos por la “Norma de Calidad Ambiental y Descarga de Efluentes al Recurso Agua”, la cual nos dice que es 250.0 mg/L ,por lo se puede deducir que el 100 % de las muestras totales recogidas están por encima de límite máximo permisible. Con un valor máximo de 3730.0 mg/L y un mínimo de 2880.0 mg/L, tal como se representa en la Figura 52.

Figura 52

Diagrama de bloques de la concentración para DQO



Nota: — Límite Máximo Permissible según la norma TULSMA Anexo 1, elaboración propia.

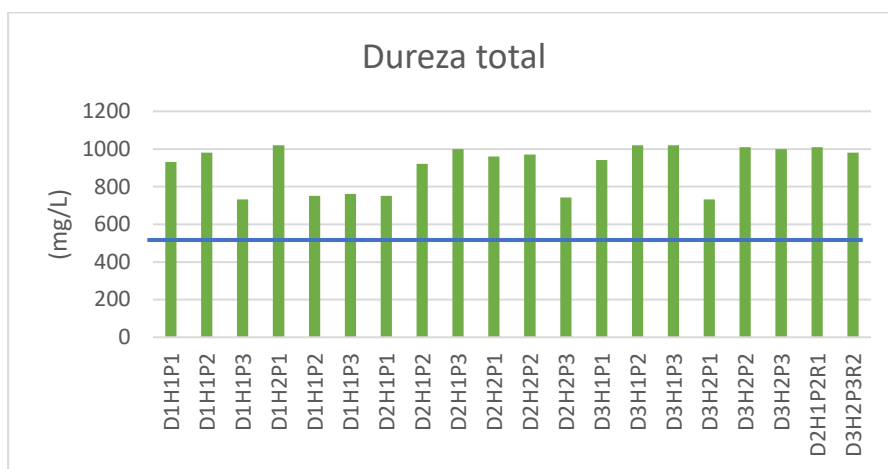
4.3.4 Dureza total

Del total de muestras analizadas de dureza total, todos los valores obtenidos sobrepasan los límites establecidos por la “Norma INEM de Calidad Ambiental y Descarga de

Efluentes al Recurso Agua”, la cual nos dice que es 500.0 mg/L, por lo se puede deducir que el 100 % de las muestras totales recogidas, por lo se puede deducir que el 100 % de las muestras totales recogidas están por encima de límite máximo permisible. Con un valor máximo de 1020.0 mg/L y un mínimo de 733.0 mg/L, tal como se representa en la Figura 53.

Figura 53

Diagrama de bloques de la concentración para Dureza total



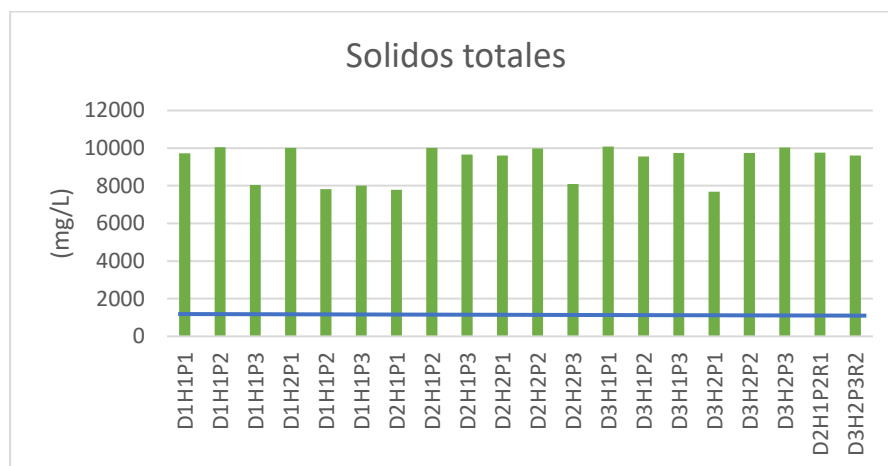
Nota: — Límite Máximo Permisible según la norma TULSMA Anexo 1, elaboración propia.

4.3.5 Sólidos totales

Del total de muestras analizadas de solidos totales, todos los valores obtenidos sobrepasan los límites establecidos por la “Norma de Calidad Ambiental y Descarga de Efluentes al Recurso Agua”, la cual nos dice que es 1600.0 mg/L , por lo se puede deducir que el 100 % de las muestras totales recogidas están por encima de límite máximo permisible. Con un valor máximo de 1082.0 mg/L y un mínimo de 7692.0 mg/L, tal como se representa en la Figura 54.

Figura 54

Diagrama de bloques de la concentración para el Sólidos totales



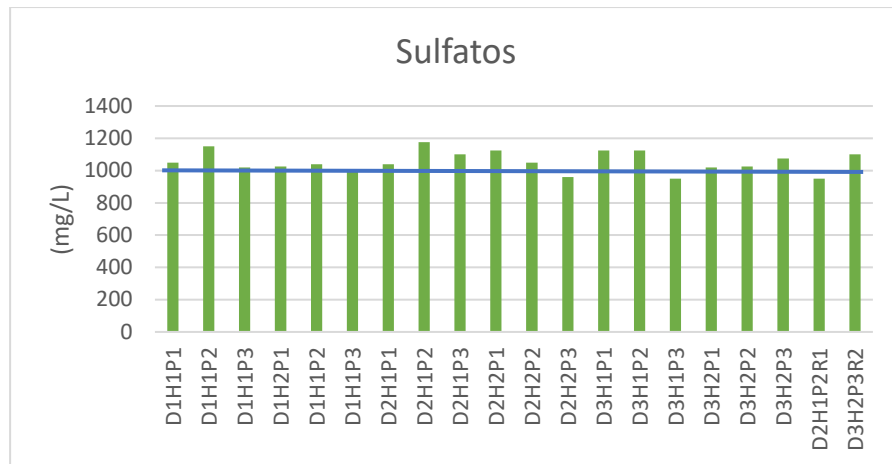
Nota: — Límite Máximo Permissible según la norma TULSMA Anexo 1, elaboración propia.

4.3.6 Sulfatos

Del total de muestras analizadas para sulfatos, el 15% están por debajo de los límites establecidos por la “Norma de Calidad Ambiental y Descarga de Efluentes al Recurso Agua”, la cual nos dice que es 1000.0 mg/L, por lo se puede deducir que el 100 % de las muestras totales recogidas están por encima de límite máximo permisible. Con un valor máximo de 1175.0 mg/L y un mínimo de 950.0 mg/L, tal como se representa en la Figura 55.

Figura 55

Diagrama de bloques de la concentración para Sulfatos



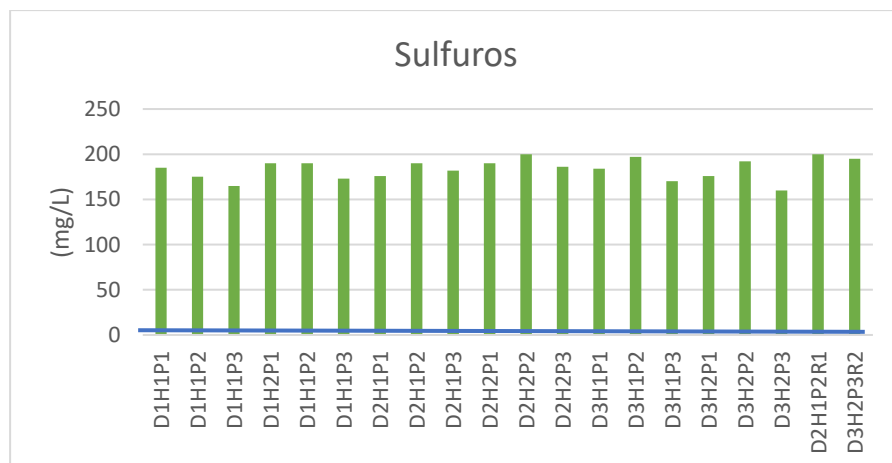
Nota: — Límite Máximo Permissible según la norma TULSMA Anexo 1, elaboración propia.

4.3.7 Sulfuros

Del total de muestras analizadas de sulfuros, todos los valores obtenidos sobrepasan los límites establecidos por la “Norma de Calidad Ambiental y Descarga de Efluentes al Recurso Agua”, la cual nos dice que es 0.5 mg/L, por lo se puede deducir que el 100 % de las muestras totales recogidas están por encima de límite máximo permisible. Con un valor máximo de 200 mg/L y un mínimo de 160 mg/L, tal como se representa en la Figura 56.

Figura 56

Diagrama de bloques de la concentración para Sulfuros



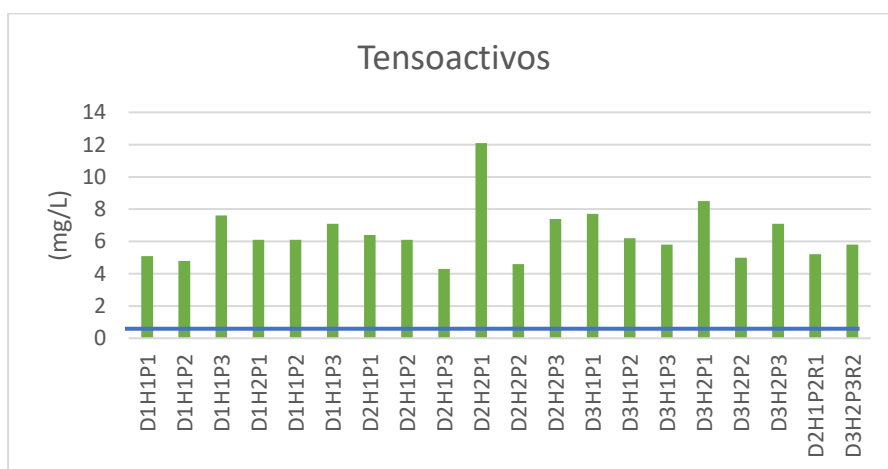
Nota: — Límite Máximo Permissible según la norma TULSMA Anexo 1, elaboración propia.

4.3.8 Tensoactivos

Del total de muestras analizadas para Tensoactivos, todos los valores obtenidos sobrepasan los límites establecidos por la “Norma de Calidad Ambiental y Descarga de Efluentes al Recurso Agua”, la cual nos dice que es 0.5 mg/L ,por lo se puede deducir que el 100 % de las muestras totales recogidas están por encima de límite máximo permisible. Con un valor máximo de 12.1 mg/L y un mínimo de 4.3 mg/L, tal como se representa en la Figura 57.

Figura 57

Diagrama de bloques de la concentración para Tensoactivos



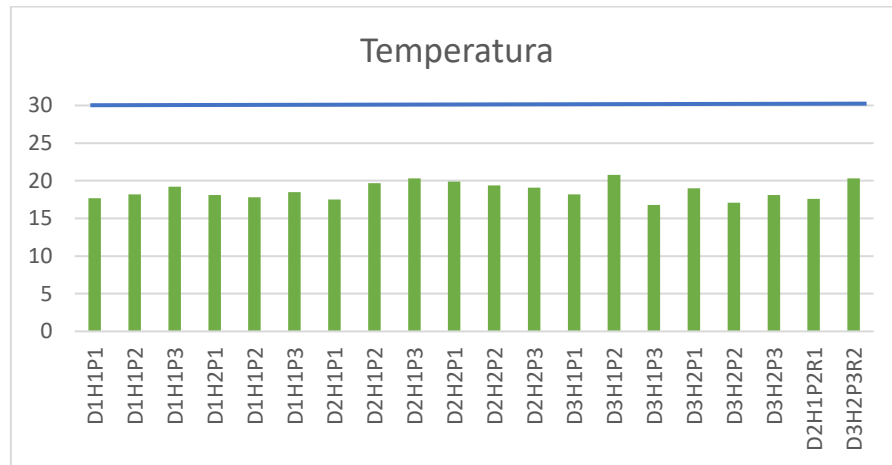
Nota: — Límite Máximo Permissible según la norma TULSMA Anexo 1, elaboración propia.

4.3.9 Temperatura

Para la temperatura no se ve afectada con la Norma establecida por TUSLMA, debido a que todas las muestras tomadas están por debajo del límite máximo permisible. Tal como se representa en la Figura 58.

Figura 58

Diagrama de bloques de la concentración para Temperatura



Nota: — Límite Máximo Permissible según la norma TULSMA Anexo 1, elaboración propia.

CAPÍTULO V

5. Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

- Se evaluó las propiedades del agua y los elementos contaminantes en la parroquia San Miguel del cantón Salcedo potencialmente en riesgo a causa de la industria textil (Curtiembre).
- Se determinó al agua residual de una acequia, proveniente de una curtiduría, como la zona potencial para el estudio del caso. Debido a que dicha acequia desemboca en el río Cutuchi, y presentó varios contaminantes para el agua.
- Se analizó las muestras del agua, determinando sus propiedades y la concentración de cada uno de los contaminantes presentes en el medio. Basándose en la Norma Ambiental Vigente en el Ecuador, (TULSMA) Texto Unificado de la legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, figurado en el Anexo I, Libro VI, Titulado “Norma de calidad Ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua”; los parámetros que se analizaron fueron: Aceites y grasas, Cromo total, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Dureza total, Oxígeno disuelto (OD), Sólidos totales, Sulfatos, Sulfuros y Tensoactivos.
- Se reconoció que el medio más afectado por los desechos, provenientes de la curtiduría, es el agua vertida que se vierte al río de manera directa, sin ningún tratamiento.
- Mediante un análisis factorial de $3 \times 3 \times 2$, se definió el número de muestras, puntos y días, para la recolección de las muestras en la zona potencial de estudio. Se caracterizaron las muestras y fueron analizadas en el laboratorio de la Escuela Politécnica Nacional (EPN), CICAM.

- Se realizó la tabulación de los datos de concentración obtenidos de cada parámetro analizado, y posteriormente se hizo un análisis de varianza (ANOVA), con un nivel de confianza del 95 % ($\alpha=0.05$).
- Los resultados obtenidos de los parámetros: Cromo total, DBO₅, DQO, Sólidos totales, Sulfuros, Tensoactivos, pH, presentan concentraciones por encima del límite máximo establecido para agua dulce, Tabla 9, del Anexo I del TULSMA, a excepción de todas las muestras de Aceites y grasas, y un 15 % de las muestras de Sulfatos.
- La mayoría de parámetros superan en una gran cantidad de concentración a los límites permisibles establecidos por la norma ecuatoriana, siendo la excepción los Sulfatos ya que superan hasta en una concentración de 175.0mg/L al límite máximo, mientras que los otros parámetros, como los Sólidos totales superan hasta en una concentración de 8482.0 mg/L el límite máximo permitido, lo que implica que las aguas residuales desechadas a la vertiente deberían tender un tratamiento antes de ser liberadas al medio ambiente.
- La Temperatura no excedió el límite máximo permisible, por lo que al desecharla al cuerpo de agua dulce no afectaría la temperatura del mismo, y la vida que este posea. Mientras que, para el pH, el valor de 11 se mantuvo sin modificación, es decir el agua residual que proviene de la curtiduría es de carácter básico.
- El oxígeno disuelto (OD), presentó valores de cero para todas las muestras, es decir está agotado, por lo que nos referimos a ella como aguas anóxicas, por lo que debido a esto no podría haber vida en la vertiente de agua dulce.

5.2 Recomendaciones

- Para reducir las concentraciones de cada uno de los parámetros analizados en este proyecto, se debería trabajar en conjunto con la empresa textil y así poder implementar alguna solución, como una planta de tratamiento de aguas.
- Para la toma de muestras, se recomienda siempre utilizar material adecuado, tomar en cuenta la geografía de la zona potencial de estudio y el correcto procedimiento para la toma de muestras de manera adecuada.
- En el caso de los Sulfuros, son los que más exceden la normativa local, lo que se recomienda investigar más a fondo la influencia de estos en la descarga del cuerpo de agua dulce, como lo es el río Cutuchi.
- Al proyecto, se debería complementar con un estudio adicional del suelo, debido a que no solo la vertiente se ve afectada, sino que también el suelo podría verse alterado, debido a todos los contaminantes que llevan en sí las aguas residuales provenientes de la curtiduría.
- Además del estudio del suelo, se consideraría apropiado adicionalmente un estudio de los efectos que pueden causar los contaminantes o parámetros en el medio hídrico, medio ambiente y principalmente para el uso humano.
- Los riesgos que podrían causar los contaminantes analizados anteriormente, se deberían dar a conocer a la población local o directamente afectada y así poder evitar daños a la salud que estos pueden ocasionar.

Bibliografía

- Aguirre Cordón, M. R., Vanegas Chacón, E. A., & García Álvarez, N. (2016). Aplicación del índice de calidad del agua (ICA). Caso de estudio: Lago de Izabal, Guatemala. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 25(2), 39-43.
- Ambiente, M. d. (2015). *Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente*. Obtenido de <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/Acuerdo-097.pdf>.
- Arribas Jimeno, S., HERNÁNDEZ MÉNDEZ, J., Lucena Conde, F., & Burriel Marti, F. (2002). *Química analítica cualitativa*: Editorial Paraninfo.
- Baird, R. B. (2017). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 23rd: Water Environment Federation, American Public Health Association, American
- Barceló, D., & López, M. J. (2008). Contaminación y calidad química del agua: el problema de los contaminantes emergentes. *Jornadas de presentación de resultados: el estado ecológico de las masas de agua. Panel científico-técnico de seguimiento de la política de aguas, Sevilla*.
- Blanco, J. F. (2009). Características físico-químicas de las quebradas del Parque Nacional Natural Gorgona, Pacífico colombiano. *Actualidades Biológicas*, 31(91), 123-140.
- Bustos Mecías, I. P. (2012). *Diseño del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales de las Etapas Ribera y Curtido para la Tenería San José*.
- Camacho Camacho, D. A. (2013). *Sistema de gestión de riesgos y salud para el mejoramiento de los procesos de producción en la empresa curtiembre Quisapincha*. Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería en Sistemas
- Castro, M., Almeida, J., Ferrer, J., & Díaz, D. (2014). Indicadores de la calidad del agua: evolución y tendencias a nivel global. *Ingeniería solidaria*, 10(17), 111-124.
- COA. (2017). *Código orgánico del Ambiente*, 92.

- Cubas, J. M., Pimentel, R. G. C., Merlín, I. E. M., & Martínez, E. S. M. (2018). La espectroscopia UV-Vis en la evaluación de la viabilidad de células de cáncer de mama. *Latin-American Journal of Physics Education*, 12(2), 7.
- Cuesta Parra, D. M. (2019). Evaluación ambiental asociada a los vertimientos de aguas residuales generados por una empresa de curtiembres, en la Cuenca del Río Aburrá.
- Farinango, K. S., Romero, D., Jácome, G. Y., Benavides, D., & Navarrete, H. (2019). Evaluación de la calidad del agua del río Pita (Ecuador), implicación para la conservación de la vida acuática y silvestre. *infoANALÍTICA*, 7(2), 71-93.
- Federation, W. E., & Association, A. (2005). Standard methods for the examination of water and wastewater. *American Public Health Association (APHA): Washington, DC, USA*.
- Gil, E. (1998). Síntesis de arcilla aniónica a partir de ceniza volante y su aplicación en la remoción de cromo VI. *Revista Universidad EAFIT*, 34(112), 73-80.
- Gobierno Autónomo Descentralizado, d. C. S. (2011). Plan de desarrollo y ordenamiento territorial Salcedo: Salcedo-Ecuador.
- Harris, D. C. (2007). *Análisis químico cuantitativo*: Reverté.
- Harvey, D. (2000). *Modern analytical chemistry* (Vol. 1): McGraw-Hill New York.
- Higgins, T. E., Halloran, A. R., & Petura, J. C. (1997). Traditional and innovative treatment methods for Cr (VI) in soil. *Soil and Sediment Contamination*, 6(6), 767-797.
- Kanagaraj, J., Babu, N. C., & Mandal, A. (2008). Recovery and reuse of chromium from chrome tanning waste water aiming towards zero discharge of pollution. *Journal of Cleaner Production*, 16(16), 1807-1813.
- Liñero Arana, I., Balarezzo, V. H., Eraso, H., Pacheco, F., Ramos, C. E., Muzo, R. G., & Calva, C. J. (2016). Calidad del agua de un río andino ecuatoriano a través del uso de macroinvertebrados. *Cuadernos de Investigación UNED*, 8(1), 68-75.
- Menéndez, A., & TARELA, P. (2010). Transporte de contaminantes en el medio acuático. *Universidad Tecnológica Nacional. Maestría en Ingeniería Ambiental*.

- Meoño, F. L., Taranco, C. G., & Olivares, Y. M. (2016). Las aguas residuales y sus consecuencias en el Perú. *Saber y hacer*, 2(2), 8-25.
- Mijaylova, P., & Juárez, M. (2004). Remoción de sulfuros en efluentes de pelambre para su recuperación y aprovechamiento. *Biblioteca Virtual de Desarrollo sostenible y salud ambiental. Colombia*.
- Moya Balarezo, E. M. (2014). *Dinámicas socioeconómicas del cantón Salcedo-provincia de Cotopaxi período 2007-2012*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Navas, O. (1985). El Canton Salcedo Sintesis de sus valores espirituales y fisicos. *Editorial Nacional-SENDIP. Quito*.
- Núñez Garcés, J. L. (2018). *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BOMBO SEMIAUTOMÁTICO PARA PRUEBAS DE PELAMBRE EN LA CURTIEMBRE CUEROS & CUEROS EN LA CIUDAD DE AMBATO EN EL PERIODO 2017-2018*.
- Orozco Barrenetxea, C., Pérez Serrano, A., Gonzalez Delgado, M. N., Rodríguez Vidal, F. J., & Alfayate Blanco, J. M. (2003). *Contaminacion ambiental: Una vision desde la quimica: Paraninfo*.
- Ortiz, N. E., & Carmona, J. C. (2015). Aprovechamiento de cromo eliminado en aguas residuales de curtiembres (San Benito, Bogotá), mediante tratamiento con sulfato de sodio. *Revista Luna Azul*(40), 117-126.
- Pampín, R. M. (2007). *Producción limpia en la industria de curtiembre: Univ Santiago de Compostela*.
- Paul, D. (2017). Research on heavy metal pollution of river Ganga: A review. *Annals of Agrarian Science*, 15(2), 278-286.
- Pérez Manrique, N. (2017). Simulación Matemática de la Interacción entre la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y el Oxígeno Disuelto (OD) en el Río Chili con el Método de los Elementos Finitos.

- Perkampus, H.-H. (2013). *UV-VIS Spectroscopy and its Applications*: Springer Science & Business Media.
- Portada Mamani, A. (2016). *Tratamiento de las aguas residuales del proceso de curtido en pieles por procesos físico-químico de la curtiembre de la Facultad de Ingeniería Química de la UNA-PUNO*.
- Portilla Pozo, A. D. (2013). Análisis Técnico Ambiental del proceso de la Curtiduría Serrano de la ciudad Ambato y diseño de la planta de tratamiento de las aguas residuales.
- Quiroz Fernández, L. S., Izquierdo Kulich, E., & Menéndez Gutiérrez, C. (2017). Aplicación del índice de calidad de agua en el río Portoviejo, Ecuador. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 38(3), 41-51.
- Ramírez, C. A. S. (2021). *Calidad del agua: evaluación y diagnóstico*: Ediciones de la U.
- Ramírez Ramírez, A., & Benítez-Campo, N. (2014). Tolerancia y reducción de cromo (VI) por *Bacillus cereus* B1, aislado de aguas residuales de una curtiembre. *Revista de Ciencias*, 17(2), 51-63.
- Reddy, K. R., Parupudi, U. S., Devulapalli, S. N., & Xu, C. Y. (1997). Effects of soil composition on the removal of chromium by electrokinetics. *Journal of Hazardous Materials*, 55(1-3), 135-158.
- Rodríguez, I. A., Silva, R. P., & Reyes, A. M. (2010). Determinación de sulfato por el método turbidimétrico en aguas y aguas residuales. Validación del método. *Revista cubana de química*, 22(3), 39-44.
- Salas, G. (2005). Eliminación de sulfuros por oxidación en el tratamiento del agua residual de una curtiembre. *Revista peruana de Química e ingeniería química*, 8(1), 49-54.
- Sayago, U. F. C. (2016). Diseño y evaluación de un biosistema de tratamiento a escala piloto de aguas de curtiembres a través de la *Eichhornia crassipes*. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 18(2), 74-81.

- Severiche, C. A., & González, H. (2012). Evaluación analítica para la determinación de sulfatos en aguas por método turbidimétrico modificado. *Ingenierías USBMed*, 3(2), 6-11.
- Skoog, D. A., Holler, F. J., & Nieman, T. A. (2008). Principios de análisis instrumental.
- USEPA. (2007). Method 7010: graphite furnace atomic absorption spectrophotometry: USEPA Washington USA.
- Yee-Batista, C. (2013). Un 70% de las aguas residuales de Latinoamérica vuelven a los ríos sin ser tratadas. *Banco Mundial, BIRF – AIF*.
- Zevallos Valdivia, J. F. (2014). Determinación de parámetros fisicoquímicos en efluentes industriales de curtiembres de la asociación de pequeñas y medianas empresas de curtiembres, fabricas de cola y derivados del cuero (apymeco)-Parque industrial de Rio Seco (PIRS).

7. Anexos