



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

**“REDISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES PARA LA CURTIDURÍA-PALAHUA DE LA
PARROQUIA TOTORAS, DEL GAD PROVINCIAL DE
TUNGURAHUA”**

Trabajo de Titulación

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA QUÍMICA

AUTORA: LIDA PIEDAD LLAMUCA CALI

DIRECTOR: Ing. MABEL MARIELA PARADA RIVERA MSc.

Riobamba- Ecuador

2021

©2021, Lida Piedad Llamuca Cali

Se autoriza la reproducción parcial o total, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Lida Piedad Llamuca Cali declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría, y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de integración curricular. El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

.

Riobamba, 30 de noviembre de 2021

LIDA PIEDAD
LLAMUCA
CALI

Firmado digitalmente
por LIDA PIEDAD
LLAMUCA CALI
Fecha: 2021.12.02
15:59:31 -05'00'

Lida Piedad Llamuca Cali

060411417-3

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

El Tribunal de Trabajo de Titulación certifica que: El Trabajo de Titulación: Tipo: Proyecto Técnico “**REDISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA CURTIDURIA-PALAHUA DE LA PARROQUIA TOTORAS, DEL GAD PROVINCIAL DE TUNGURAHUA**”, realizado por la señorita: **LIDA PIEDAD LLAMUCA CALI**; ha sido minuciosamente revisado por los Miembros de Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación

FIRMA

FECHA



Firmado electrónicamente por:
SEGUNDO HUGO CALDERON .

Dr. Segundo Hugo Calderón MSc.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

2021-11-30



Firmado electrónicamente por:
**MABEL MARIELA
PARADA RIVERA**

Ing. Mabel Mariela Parada Rivera MSc.
**DIRECTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

2021-11-30



Firmado electrónicamente por:
**MAYRA PAOLA
ZAMBRANO
VINUEZA**

Ing. Mayra Paola Zambrano Vinueza MSc.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

2021-11-30

AGRADECIMIENTOS

El más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, por darme la oportunidad de obtener una profesión y ser una ayuda para la sociedad. A Dios por todas sus bendiciones y permitirme haber llegado a este momento tan importante de mi vida y formación profesional.

A mi madre Hortensia; a mis hermanas Martha y Gisela; por todo el apoyo incondicional demostrado en el transcurso de mi vida por estar siempre a mi lado con consejos y palabras de aliento; por siempre sacarme una sonrisa y a toda mi familia. Al señor Gonzalo Núñez gerente propietario de la Curtiduría “Palahua”, y a su hijo Omar Núñez trabajador de la curtiduría “Palahua” por brindarme su apoyo y permitirme realizar mi trabajo de titulación para de esta manera colaborar con el bienestar del medio ambiente aplicando mis conocimientos obtenidos a lo largo de mi carrera. A mi tutor el Ing. Mabel Parada y la Ing. Mayra Zambrano quienes me ayudaron y me guiaron durante mi trabajo de titulación. A mis docentes Dr. Edmundo Caluña Ing. Raquel Caba Lic. Fausto Tapia Ing. Marlene García, Ing. Hannibal Brito, Dra. Gina Alvares por todos los conocimientos, paciencia impartidos sus consejos y amistad brindados.

A mis amigos de universidad por compartir los mejores momentos de vida universitaria en especial a Karen Br. gracias por los ánimos y consejos brindados.

Lida Llamuca.

DEDICATORIA

A la virgencita del cisne y a los ángeles del cielo que cuida a mi pequeña familia por darme la fuerza y valor, para poder terminar mi meta más anhelada, a mi mami Hortensia Cali por la paciencia brindada y estar ahí a pesar de tantas cosas que hemos pasado , a mis hermanas Martha, Gisela gracias por todo su apoyo en los momentos difíciles que tuve que pasar en mi vida y darme ánimos para poder continuar en especial a mi hermana la Doctora Martha Llamuca gracias por todo tu apoyo incondicional económica y moral, que dios te bendiga por tu buen corazón y no dejarme sola por haber sido mi apoyo a lo largo de mi carrera universitaria y a lo largo de mi vida quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido cumplir hoy un sueño .

Lida.

TABLA DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiv
RESUMEN.....	xvi
SUMMARY/ABSTRACT	xvii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	
1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	2
1.1. Título.....	2
1.2. Antecedentes de la investigación	2
1.3. Justificación del Proyecto.....	3
1.4. Ubicación de la planta	4
1.5. Beneficiarios directos e indirectos	5
1.5.1. <i>Beneficiarios directos</i>	5
1.5.2. <i>Beneficiarios indirectos</i>	6
1.6. Objetivos.....	6
1.6.1. <i>Objetivo General</i>	6
1.6.2. <i>Objetivos Específicos</i>	6
CAPÍTULO II	
2. MARCO CONCEPTUAL.....	7
2.1. Curtido de pieles	7
2.2. Proceso de curtido de pieles	7
2.3. Diagrama de procesos-curtiembre	7
2.3.1. <i>Proceso de Ribera</i>	9
2.3.1.1. <i>Recepción de pieles</i>	9
2.3.1.2. <i>Lavado</i>	9
2.3.1.3. <i>Remojo</i>	9
2.3.1.4. <i>Pelambre</i>	9
2.3.1.5. <i>Lavado de pelambre</i>	10
2.3.1.6. <i>Descarnado</i>	10
2.3.1.7. <i>Dividido</i>	10

2.3.2.	Proceso de Curtido	10
2.3.2.1.	<i>Desencalado y purgado</i>	10
2.3.2.2.	<i>Lavado</i>	11
2.3.2.3.	<i>Piquelado</i>	11
2.3.2.4.	<i>Curtido y basificado</i>	11
2.3.3.	Proceso de post curtido	11
2.3.3.1.	<i>Ecurrido y oreado</i>	11
2.3.3.2.	<i>Rebajado y saneado de hilachas</i>	11
2.3.3.3.	<i>Desencalado</i>	12
2.3.3.4.	<i>Lavado</i>	12
2.3.3.5.	<i>Recurtido</i>	12
2.3.3.6.	<i>Teñido y Engrase</i>	12
2.3.3.7.	<i>Enjuague</i>	12
2.3.4.	Proceso de Acabado	12
2.3.4.1.	<i>Secado</i>	12
2.3.4.2.	<i>Acondicionado, abatanado estacado</i>	13
2.3.4.3.	<i>Pintado, prensado</i>	13
2.4.	Generación de residuos en el proceso de curtiembre	13
2.4.1.	Ribera	13
2.4.2.	Curtido	13
2.4.3.	Post curtido	13
2.4.4.	Acabado	14
2.5.	Contaminantes diversos generados por curtiembres	14
2.5.1.	Sulfuros	14
2.5.2.	Cromo hexavalente	14
2.5.3.	Solidos suspendidos	15
2.5.4.	Demanda química de Oxígeno (DQO5)	15
2.5.5.	Demanda bioquímica de Oxígeno (DBQ)	15
2.5.6.	Potencial de hidrogeno (pH)	15
2.5.7.	Solidos sedimentables (SD)	16
2.6.	Aguas residuales en la curtiembre	16
2.6.1.	Muestreo de aguas residuales	16
2.6.2.	Tratamiento de aguas residuales en la curtiembre	16

2.6.3.	Tratamiento físico-químico	16
2.6.3.1.	<i>Desbaste</i>	16
2.6.3.2.	<i>Eliminación de sulfuro</i>	17
2.6.3.3.	<i>Homogenización</i>	17
2.6.3.4.	<i>Decantación</i>	17
2.6.3.5.	<i>Precipitación de cromo</i>	17
2.6.3.6.	<i>Coagulación y floculación</i>	17
2.6.3.7.	<i>Separación por flotación</i>	18
2.6.4.	Tratamiento biológico	18
2.6.4.1.	<i>Sistemas anaerobios</i>	18
2.6.4.2.	<i>Lodos activados</i>	18
2.6.4.3.	<i>Sistemas aerobios</i>	18
2.7.	Marco legal	19
CAPÍTULO III		
3.	MARCO METODOLÓGICO	21
3.1.	Tipo de estudio	21
3.1.3.	<i>Estudio de Campo</i>	21
3.1.2.	<i>Estudio Descriptivo</i>	21
3.1.3.	<i>Estudio Experimental</i>	21
3.2.	Técnicas	22
3.3.	Experimentación	22
3.3.1.	<i>Distribución de planta</i>	22
3.4.	Descripción del proceso de producción de curtiembre “Palahua”	23
3.5.	Determinación del caudal en la curtiembre “Palahua”	23
3.6.	Muestreo y monitoreo	24
3.7.	Caracterización del agua residual	27
3.8.	Técnicas de laboratorio	27
3.8.1.	<i>Demanda Química de Oxígeno (DQO)</i>	29
3.8.2.	<i>Demanda Biológica de Oxígeno (DBO)</i>	30
3.8.3.	<i>Determinación de sólidos sedimentables</i>	31
3.8.4.	<i>Determinación de Sólidos Totales</i>	32
3.8.5.	<i>Determinación de Sulfuros</i>	33
3.8.6.	<i>Determinación de Sulfatos</i>	34

3.8.7.	<i>Índice de biodegradabilidad</i>	35
CAPÍTULO IV		
4.	RESULTADOS	36
4.1.	Caracterización inicial del efluente de la operación de pelambre	36
4.1.1.	<i>Caracterización inicial del efluente de pelambre</i>	37
4.2.	Muestra transportada en refrigeración	43
4.3.	Cálculo del índice de biodegradabilidad	43
4.4.	Rendimiento del tratamiento de pelambre	44
4.5.	Calculo del índice de biodegradabilidad	45
4.6.	Ensayos de laboratorio	45
4.7.	Test de jarras	46
4.7.1.	<i>Llenar las jarras</i>	47
4.7.1.1.	<i>Elección de coagulante y floculante</i>	47
4.7.1.2.	<i>Determinación de dosificación óptima de floculante aniónico</i>	48
4.7.1.3.	<i>Determinación de dosificación óptima de Coagulante</i>	49
4.7.1.4.	<i>Filtración zeolita, carbón activado, piedra pómez y limo</i>	50
4.8.	Rediseño de la planta de tratamiento	50
4.8.1.	<i>Caudal de diseño para el agua de pelambre</i>	50
4.8.1.1.	<i>Caudal experimental</i>	50
4.8.1.2.	<i>Caudal de corrección</i>	51
4.8.1.3.	<i>Caudal de diseño</i>	51
4.8.2.	Canal de Entrada	52
4.8.2.1.	<i>Radio Hidráulico</i>	52
4.8.2.2.	<i>Velocidad de flujo en el canal, v</i>	52
4.8.3.	<i>Tanque de aireación para el agua de pelambre</i>	53
4.8.4.	<i>Diagrama preexistente planta de tratamiento de aguas en la curtiembre Palahua</i>	55
4.8.5.	<i>Diagrama rediseño planta de tratamiento de aguas</i>	55
4.9.	Presupuesto	55
4.9.1.	<i>Costos de químicos por mes para el tratamiento del agua residual</i>	56
4.10.	Análisis de Resultados	57
4.11.	Cronograma	59
CONCLUSIONES		60
RECOMENDACIONES		61

GLOSARIO

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2:	Límites de descarga aun cuerpo de agua dulce.....	20
Tabla 2-3:	Técnicas utilizadas en el proyecto	22
Tabla 3-3:	Proceso de producción, aguas residuales y emisiones de curtiembre “palahua”	23
Tabla 4-3:	Caudal de descarga del agua de pelambre	24
Tabla 5-3:	Equipos y materiales para el monitoreo y toma de muestras norma inen 2176.....	25
Tabla 6-3:	Manejo y conservación de muestra.....	26
Tabla 7-3:	Método no.4500-h+ - b. Determinación del potencial de hidrogeno (ph)	27
Tabla 8-3:	Método no.2550. Determinación de la temperatura	28
Tabla 9-3:	Método no.5220-d. Determinación del dco	29
Tabla 10-3:	Métodos no.5210-b. Determinación del dbo5	30
Tabla 11-3:	Método no.2540-f. Determinación de sólidos sedimentables	31
Tabla 12-3:	Método no.2540-b. Determinación de sólidos totales	32
Tabla 13-3:	Método no.4500-s-2-e. Sulfuros (s-2)	33
Tabla 14-3:	Método no.4500-so4-e. Determinación de sulfatos	34
Tabla 15-3:	Índice de biodegradabilidad.....	35
Tabla 16-4:	Caracterización inicial del efluente de la operación de pelambre.....	36
Tabla 17-4:	Porcentajes de remoción en el agua de pelambre en muestras con tratamiento de aireación.....	37
Tabla 18-4:	Resultados de dbo5 y dco sin proceso de aireación.....	40
Tabla 19-4:	Resultados de dbo5 y dco con proceso de aireación	41
Tabla 20-4:	Resultados muestreo	42
Tabla 21-4:	Índice de biodegradabilidad.....	44
Tabla 22-4:	Resultados de remoción dbo5 y dco muestras sin proceso de aireación.....	44
Tabla 23-4:	Resultados de remoción dbo5 y dco muestras con proceso de aireación	45
Tabla 24-4:	Determinación de floculante para tratamiento de aguas residuales de pelambre.....	47
Tabla 25-4:	Determinación de coagulante para tratamiento de aguas residuales de pelambre	48
Tabla 26-4:	Determinación de dosis óptima de floculante para el tratamiento de las aguas residuales de pelambre	49
Tabla 27-4:	Determinación de dosificación óptima de coagulante para el agua de pelambre.....	49
Tabla 28-4:	Filtro para tratamiento de aguas residuales de pelambre	50

Tabla 29-4:	Coeficiente de marning para cálculo de canales	53
Tabla 30-4:	Datos del tanque de homogenización	54
Tabla 31-4:	Cotización general para la implementación del rediseño del sistema de tratamiento de agua.....	56
Tabla 32-4:	Costos de químicos por mes para el tratamiento del agua residual utilizada en la planta	56
Tabla 33-4:	Costos de químicos por mes para el tratamiento del agua residual	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1:	Ubicación de la planta.....	5
Figura 2-2:	Proceso de producción en curtiembre “PALAHUA”.....	8
Figura 3-3:	Planimetría curtiembre "PALAHUA"	22
Figura 4-4:	Muestras en test de jarras.....	46
Figura 5-4:	Diagrama de rediseño de la empresa.....	55

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** ANÁLISIS DE LABORATORIO AGUA RESIDUAL PELAMBRE CURTIDURÍA "PALAHUA"
- ANEXO B:** ANÁLISIS DE LABORATORIO 2 AGUA RESIDUAL PELAMBRE CURTIDURÍA "PALAHUA"
- ANEXO C:** ANÁLISIS DE LABORATORIO DE PEDIDOS POR LA CURTIDURÍA PALAHUA LABORATORIO LABCESTTA
- ANEXO D:** AUTORIZACIÓN DE REACTIVOS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS
- ANEXO E:** AVAL DE LA CURTIDURÍA PALAHUA
- ANEXO F:** ANÁLISIS DE MUESTRA
- ANEXO G:** ANÁLISIS DE LABORATORIO
- ANEXO H:** ANÁLISIS DE JARRAS
- ANEXO I:** BOMBO DE PELAMBRE
- ANEXO J:** ANÁLISIS DE JARRAS
- ANEXO K:** REACTIVOS

INDICE DE ABREVIATURAS

DBO	Demanda Bioquímica de Oxígeno
DQO	Demanda Química de Oxígeno
GAD	Gobierno Autónomo Descentralizado
Kg	Kilogramos
MAAE	Ministerio del Ambiente y Transición Ecológica
MICIP	Ministerio de Industria, Comercio Exterior y Pesca
mL	Mililitros
PAC	Policloruro de Aluminio
pH	Potencial Hidrogeno
SD	Solidos sedimentables
SST	Solidos Sedimentables Totales

RESUMEN

El presente trabajo tiene como finalidad el rediseño de una planta de tratamiento de aguas en la parroquia Totoras perteneciente a la provincia de Tungurahua, con el principal propósito de minimizar el impacto ambiental provocado por la curtiduría Palahua. Para realizar la siguiente investigación se utilizó un método experimental y se realizó una toma de muestras de las aguas vertidas por la empresa. Posteriormente se realiza una prueba de caracterización. Después del análisis, establecer las variables adecuadas para el rediseño:(pH, temperatura, sulfatos, sulfuros, oxígeno, sólidos sedimentables, sólidos en suspensión cuyos parámetros se encuentran fuera de los límites de la normativa de calidad ambiental establecida). Con el fin de eliminar la mayor cantidad de contaminantes, se caracterizaron los efluentes de agua de la industria, con esto se desarrolló por métodos físicos y químicos en el laboratorio, para finalizar la metodología se rediseño la planta de aguas residuales. La eficiencia del sistema diseñado es prometedora y es necesario mencionar que el proceso asegurará el tratamiento del agua, que cumpla con los estándares ambientales establecidos y evite la contaminación de la ciudad, sus alrededores, el impacto notable en el medio ambiente. Se pretende mejorar no solo el sistema de aguas sino la relación beneficios y costo. Se recomienda la revisión continua de equipos de proceso y análisis periódico de las aguas de descarga y de las aguas tratadas para definir si es necesaria la modificación del proceso de tratamiento ya sea reducción o aumento de flujos de químicos o implementación de una nueva etapa dentro del sistema.

Palabras clave: <REDISEÑO>, <TRATAMIENTO DE AGUAS>, <CURTIEMBRE>, <AGUAS RESIDUALES>, <MEDIO AMBIENTE>.

LEONARDO
FABIO
MEDINA
NUSTE

Firmado digitalmente por LEONARDO
FABIO MEDINA NUSTE
Nombre de reconocimiento (DN):
c=EC, o=BANCO CENTRAL DEL
ECUADOR, ou=ENTIDAD DE
CERTIFICACION DE INFORMACION-
ECIBCE, l=QUITO,
serialNumber=0000621485,
cn=LEONARDO FABIO MEDINA NUSTE
Fecha: 2021.09.22 11:33:10 -05'00'



1820-DBRA-UTP-2021

ABSTRACT

The purpose of this work is to redesign a water treatment plant in the Totoras parish belonging to the province of Tungurahua, with the main purpose of minimizing the environmental impact caused by the Palahua tannery. To carry out the following research, an experimental method was used and a sample was taken of the water discharged by the company. Subsequently, a characterization test is carried out. After the analysis, establish the appropriate variables for the redesign: (pH, temperature, sulfates, sulfides, oxygen, sedimentable solids, suspended solids whose parameters are outside the limits of the established environmental quality regulations). In order to eliminate the greatest amount of pollutants, the water effluents from the industry were characterized, with this developed by physical and chemical methods in the laboratory, to finalize the methodology the wastewater plant was redesigned. The efficiency of the designed system is promising and it is necessary to mention that the process will ensure the treatment of the water, which complies with the established environmental standards and avoids the contamination of the city, its surroundings, the notable impact on the environment. It is not only intended to improve the water system but also the benefit and cost ratio. The continuous review of process equipment and periodic analysis of the discharge water and treated water is recommended to define if it is necessary to modify the treatment process, be it reduction or increase of chemical flows or implementation of a new stage within the system.

Keywords: <REDESIGN>, <WATER TREATMENT>, <CURTIEMBRE>, <WASTEWATER>, <ENVIRONMENT>.

NANCI
MARGARITA
INCA
CHUNATA

Firmado
digitalmente por
NANCI MARGARITA
INCA CHUNATA
Fecha: 2021.12.02
06:15:01 -05'00'

INTRODUCCIÓN

Industrias encargadas de llevar a cabo el proceso de curtido en donde se da la conversión de la piel de los animales en cuero. Las pieles de los animales son subproductos que se obtienen en las industrias cárnicas (Iglesias, 1998, p. 5)

En cada etapa la piel es expuesta a lavados y baños preparados con productos químicos; esto en bombos de madera, Las curtiembres en general presentan varios problemas por contaminación ambiental de sus efluentes líquidos, pues la cantidad de productos químicos dosificados es alta y no todos estos químicos se concentran en la piel saliendo mezclados con el agua utilizada, además la carga orgánica vertida en el agua por la materia prima, presentando así altas cargas contaminantes. La curtiduría Palahua, a pesar de utilizar técnicas de producción más limpia, productos químicos amigables con el ambiente, tener en operación un filtro recuperador de pelo, un sistema de alcantarillas que separa efluentes ácidos y alcalinos, decantadores y un filtro retenedor de sólidos con una malla, presenta efluentes que exceden los límites permisibles de descarga al alcantarillado.

Es por esta razón que se realiza un rediseño del modelo actual de su planta de tratamiento de agua para reducir los parámetros contaminantes en los efluentes.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Título

“Rediseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales para la Curtiduría “Palahua” de la parroquia Totoras, del GAD provincial de Tungurahua”

1.2. Antecedentes de la investigación

Debido a la problemática anteriormente mencionada se origina el proyecto macro denominado “Asesoramiento técnico y capacitación continua al sector curtidor con la colaboración conjunta entre la carrera de ingeniería química de la ESPOCH y el GAD provincial de Tungurahua”, dicho proyecto busca con la intervención de la institución dar alternativas de diseño, rediseño y optimización de las PTRAs de las curtiembres para esto las personas que intervienen en el proyecto se encargan del diagnóstico de los sistemas actuales de tratamiento que presenten las curtiembres a la vez que se realiza la caracterización físico-química del efluente para identificar los parámetros que están fuera de la norma, los principales parámetros a analizar son: pH, DBO, DQO, SST, Sulfuros, Cr⁶⁺ y cromo total.

Estudios realizados por (Sanchez, 2019, pp. 32-37), que elaboro un rediseño del sistema de tratamiento mediante diagnóstico inicial y análisis de variables y procesos, se tomaron muestras de descargas tras el proceso tanto de pelambre y curtido, se analizaron las muestras teniendo los siguientes resultados DBO₅, 12 500 mg/l; DQO, 20 200 mg/L y Sulfuros, 1 620 mg/L mientras que para el agua de curtido se obtuvo los siguientes resultados: Cr⁶⁺, 2,10 mg/L; DBO₅, 6 240 mg/L y DQO, 12 750 mg/L, mediante distintas pruebas de trazabilidad se determinó que el método más efectivo, es por oxidación de sulfuros por aireación controlada y utilizando sulfato de manganeso (MnSO₄) como catalizador, después del proceso de pelambre se procedió a un tratamiento químico mediante adición de coagulante y floculante para culminar con un proceso de sedimentación que se encargara de eliminar los lodos del agua contaminada. Con la intervención se logró remover cerca de un 90% de contaminantes.

El sistema de tratamiento físico-químico para la eliminación de sulfuros y cromo en la descarga de efluentes en el procesamiento de pieles, consistió en caracterizar las aguas residuales, estos estudios

se los realizo tanto en laboratorio como escala piloto, consistió en la mezcla controlada de efluentes ácidos y básicos en un reactor para la eliminación de cromo como hidróxido. En los experimentos a escala laboratorio se obtuvieron remociones de 90 y 100% para cromo y sulfuros respectivamente, mientras que los tratamientos a escala piloto se obtuvo remociones de 86 y 96%. Con los resultados obtenidos a escala piloto se diseñó una planta de tratamiento a escala industrial para el tratamiento de los efluentes del proceso de curtido de pieles (Valdes, 2012, pp. 25-26).

La industria de la curtiembre en el Ecuador se desarrolla por cerca de 70 años, el crecimiento de esta industria ha ido aumentando, la demanda de productos a base de cuero es cada vez mayor, la provincia de Tungurahua es un referente en el área de la curtiembre a nivel nacional, siendo esta una de las principales actividades económicas de la provincia, aportando a un gran número de fuentes de empleo; sin embargo al ser mayoritariamente industrias artesanales con lleva tecnología poco eficiente provocando falta de estándares fitosanitarios y ambientales (Herrera, 2019, p. 23).

Muchas empresas hoy en día, siguen utilizando métodos tradicionales para la curtición de pieles, al ser un proceso complejo por el uso de químicos, es altamente contaminante debido a los residuos sólidos y líquidos con alta concentración de materia orgánica que se desechan durante las etapas de producción, los mismos que son enviados al alcantarillado, o en otros casos hacia los ríos y afluentes más cercanos, lo cual no solo provoca un gran impacto en el ambiente además de afectar la calidad de vida en poblaciones cercanas (Santana, 2016, p. 27).

Estudios ambientales realizados por (Chang, 2002, p. 48), determino que por cada tonelada de piel salada que entra en el proceso de curtido, es necesario 450 kg de productos químicos para la obtención de 200 kg de cuero acabado. Los solventes expulsados a la atmosfera son 40 kg mientras que 640 kg pertenecen a residuos sólidos y 138 kg de agua que pierde la piel.

En esta gran industria se desperdicia grandes cantidades de agua en los distintos procesos, en los cuales se utiliza productos altamente tóxicos, producto de las operaciones de curtimbre la reducción de su impacto ambiental no solo conlleva un beneficio ambiental sino también un beneficio económico que incide en la competitividad a través de la reducción de costo de producción.

1.3. Justificación del Proyecto

Este trabajo está relacionado principalmente con la curtiduría “Palahua”, debido a la contaminación de agua y suelo durante el proceso de producción del cuero, se ha considerado que en el entorno donde se ubica la fábrica presenta altos riesgos e impacto ambiental; dado que la empresa dedicada a la curtiembre cuenta con una planta de tratamiento de agua, sin embargo, el objetivo es rediseñar y dar una solución para así evitar o disminuir los peligros provocados por las aguas residuales.

El proyecto tendrá un impacto demostrativo en la empresa porque ayudará a reducir los niveles de contaminación, cumpliendo así con la normativa ambiental vigente, lo que beneficiará a la empresa, medio ambiente y sociedad. Además, proporciona una referencia para poder diferenciar a la industria del cuero de las demás, mejorando su imagen en la sociedad que en la actualidad está cada vez más preocupada con cuidado ambiental, y principalmente cumpliendo con la normativa ambiental vigente ya que el Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) de Tungurahua y el Ministerio de Ambiente y Agua (MAAE) nombre que adquiere desde el 4 de marzo de 2020, mediante el decreto ejecutivo 1007, en el gobierno del presidente Lic. Lenin Moreno, exigen el cumplimiento de dichas regulaciones para evitar sanciones como lo dispone el reglamento creado por el antes llamado (Ministerio del Ambiente y Agua, 2020).

Por eso se decidió readaptar un sistema de tratamiento de aguas residuales y evitar que el río se contamine y el agua producida sea tratada antes de su vertido al alcantarillado. La utilidad teórica de este trabajo de investigación está orientada al desarrollo de un marco teórico basado en los recursos de primer y segundo nivel, que brinden información y consulta para investigaciones similares.

En la actualidad la planta de curtumbre no cuenta con un control adecuado de químicos, por tal razón se implementará un plan de seguimiento, además controlar cada etapa del proceso para determinar el correcto flujo de químicos desechados a los afluentes, mejorando así su eficiencia, traduciéndose en menor cantidad de químicos mayores ingresos.

En las etapas donde existe más riesgo de contaminación son específicamente en la operación de pelambre, ya que estas presentan mayores índices de sulfuro, así como de cromo. Por tal razón es primordial el control de estos agentes ya que al ser expuestos al medio ambiente ocasiona riesgos para la salud como: sulfuro de hidrógeno (H_2S) o cromo hexavalente ($Cr6+$). altamente peligrosos. Con los datos que se obtendrán se pretende implementar un rediseño del sistema de tratamientos de aguas en la planta “Palahua”. Implementando cálculos de ingeniería para conocer la manera más eficiente y disminuir la carga contaminante en los efluentes de la curtumbre.

1.4. Ubicación de la planta

La curtiduría Artesanal “Palahua” es un emprendimiento familiar participativo, que se dedica a la producción y comercialización de pieles de ganados vacunos, siendo proveedor de materia prima para artesanos e industria de calzado y marroquinería. Se encuentra ubicada en la Parroquia Totoras, barrio Palahua vía a Cevallos, diagonal al hospital del sector. Inicia su actividad económica el 18 de febrero

de 1987 registrándose como artesano en el ministerio de Industria, comercio, integración y pesca (MICIP) y registrándose en el SRI el 20 de mayo de 1987. Su representante legal es el Sr. Luis Gonzalo Núñez Pillajo.

El proceso de curtiembre ha ido variando no solo entre las empresas sino también por las características deseadas del producto final, los métodos más conocidos son: en base de sales de cromo y otro a base de agentes vegetales. El 80 % de las industrias dedicadas a la actividad del curtido de pieles utiliza el proceso basado en las sales de cromo (Ministerio del Ambiente y Agua, 2020).

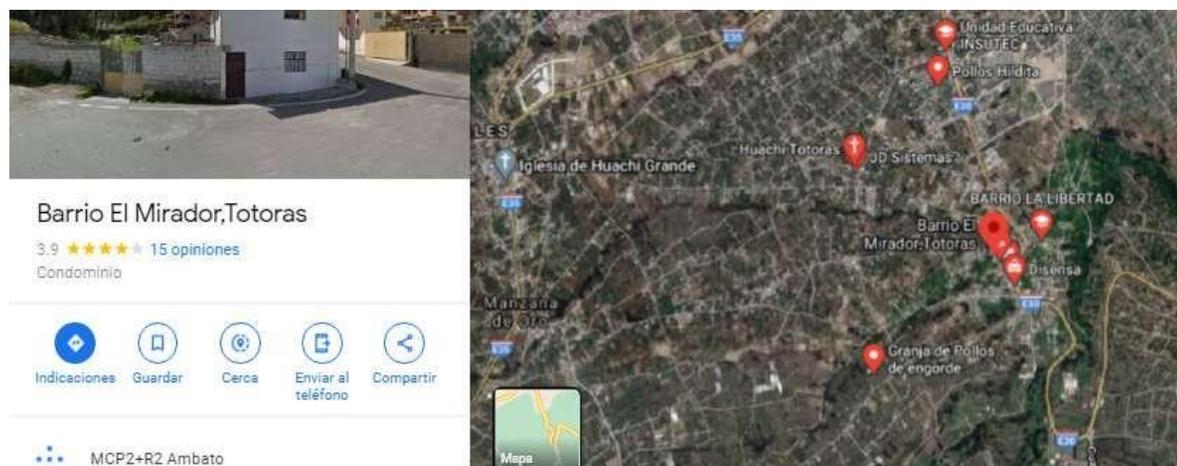


Figura 1-1 Ubicación de la planta.

Fuente: Curtiembre “Palahua”.

1.5. Beneficiarios directos e indirectos

1.5.1. Beneficiarios directos

El principal beneficiario del rediseño de la planta de tratamiento del agua residual será la curtiduría “Palahua”, evitando los problemas con el medio ambiente y las normas vigentes que aplican, además aumentando la rentabilidad en el procesamiento de curtiembre y la calidad del producto final.

Operarios y personal de la curtiduría “Palahua” ya no estarán expuestos al agua residual y sus componentes tóxicos y altamente nocivos que afectan a su salud.

Además de los moradores de la Parroquia Totoras en el Barrio Palahua vía a Cevallos en la provincia de Tungurahua.

1.5.2. Beneficiarios indirectos

Operarios y personal de la curtiduría “Palahua” ya no estarán expuestos al agua residual y sus componentes tóxicos y altamente nocivos que afectan a su salud. El gobierno autónomo descentralizado de la provincia de Tungurahua, será beneficiado de manera indirecta con la aplicación del trabajo investigativo, puesto que esto conlleva en un ejemplo para las distintas curtidoras y establece políticas en el cuidado ambiental.

Los habitantes de la parroquia Totoras, ya que el prevenir la contaminación del agua evita el daño de la flora y fauna de la ciudad; otorga accesos a servicios de agua potable de calidad, y reduce la afectación que se presenta por la contaminación generada en el sector.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo General

Rediseñar un sistema de tratamiento de aguas residuales para la curtiduría “Palahua” de la parroquia Totoras del GAD Provincial de Tungurahua

1.6.2. Objetivos Específicos

- Determinar las características físico – química de las aguas residuales, basadas en los límites permisibles bajo la normativa vigente.
- Identificar las variables de proceso apropiadas para el rediseño del sistema de tratamiento de aguas residuales.
- Realizar los cálculos de ingeniería para el dimensionamiento del rediseño del sistema de tratamiento de aguas residuales según los resultados obtenidos en la caracterización del efluente.
- Validar el diseño propuesto considerando la caracterización físico – química y microbiológica del agua tratada, en base a los límites permisibles bajo la normativa vigente

CAPÍTULO II

2. MARCO CONCEPTUAL

2.1. Curtido de pieles

El curtido es el proceso por el cual las pieles de los animales se transforman en un material denominado cuero, mediante la adición de químicos, que ayudan a que este producto sea flexible, resistente. En las industrias de curtimiento se utiliza la piel en bruto estas son obtenidas como subproducto de la industria cárnica, las más utilizadas son las de bovinos, porcinos y caprinos las cuales constituyen la principal materia prima de este sector.

El proceso de curtiembre ha ido variando no solo entre las empresas sino también por las características deseadas del producto final, los métodos más conocidos son: en base de sales de cromo y otro a base de agentes vegetales. El 80 % de las industrias dedicadas a la actividad del curtido de pieles utiliza el proceso basado en las sales de cromo (Ministerio del Ambiente y Agua, 2020, p. 13).

2.2. Proceso de curtido de pieles

El proceso de curtido de pieles consiste en la estabilización de las pieles, el mismo se puede dividir en cuatro etapas principales, se conocen como proceso de ribera estas son destinados a la preparación de pieles esta se sala, se seca o se refrigera antes de que comience el proceso de producción del curtido, la etapa de curtiembre tiene como objetivo salar la piel con agua marina, esta penetra muy rápidamente en las fibras, ayudando a una eliminación parcial del agua transformando las pieles en materia resistente y duradera, los procesos de acondicionamiento y secado (post curtido), buscan eliminar la mayor cantidad de agua posible de la piel, para evitar el desarrollo de microorganismos y bacterias las pieles para el proceso de acabado en el cual confieren características distintivas como color, brillo y textura (Valdes, 2012, pp. 35-45)

2.3. Diagrama de procesos-curtiembre

Se presenta el diagrama de producción de la curtiembre “Palahua” para la Figura 2-2, los procesos de ribera y curtido; mientras que para los procesos de acabado y post curtido. A continuación, la descripción de cada uno de los procesos.

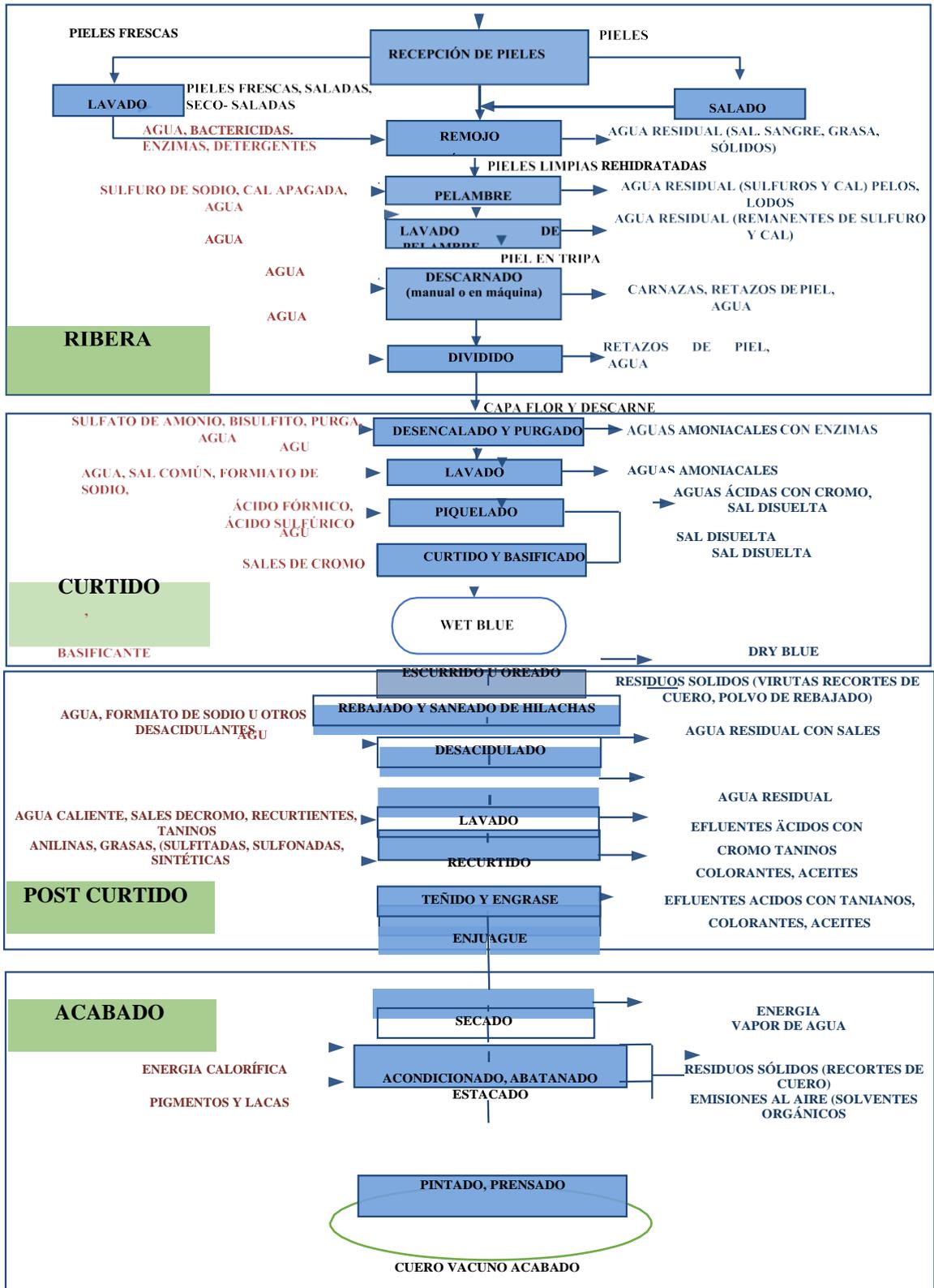


Figura 2-2. Proceso de producción en curtiembre “PALAHUA”.

Fuente: Curtiembre “Palahua”.

Realizado por: Llamuca, L. 2021.

2.3.1. Proceso de Ribera

El objetivo de este proceso es de limpiar y preparar la piel para facilitar la etapa de curtido, los procesos de esta etapa son:

2.3.1.1. Recepción de pieles

La piel retirada de los animales es contada y clasificada según los requerimientos de la empresa, se corta bordeando las patas colas, cuello, ubres y el lomo dividiéndolo en dos, los residuos suelen ser sólidos como lo son cola y ubres (Black, et al., 2013, p. 15).

2.3.1.2. Lavado

En esta etapa se retira todo tipo de impurezas es decir materia orgánica esta puede generar contaminación de la piel como sangre y excrementos de la misma, el consumo de agua varía entre 200 y 400 % respecto al peso de la piel, además, en el caso en que la piel haya pasado por un proceso de conservación (piel salada) se debe eliminar la mayor parte de este producto. Este proceso dura aproximadamente unas 24 horas manteniéndose un pH entre 6,5 y 7, la relación de agua a utilizar debe ser de 8:1 con respecto al peso de la piel (Resolución/0631, 2015, pp. 16-18).

2.3.1.3. Remojo

a piel del animal es remojada en un baño de agua al cual se añaden bactericidas, humectantes y detergentes. Este proceso tiene como objetivo limpiar las pieles de sangre y estiércol que estén adheridos al pelo, remover la sal de la piel y además eliminar microorganismos, proteínas no fibrosas e hidratar la piel, este proceso se realiza durante un día donde está expuesta a diferentes compuestos químicos con el fin de acondicionar la piel para el proceso de pelambre, se utiliza una relación de agua de 8:1 con respecto al peso de la piel, deben mantener un pH de 6,8 y 7,7 a una temperatura de 22 °C. Se someterá a remojo todo tipo de pieles sean estas frescas, saladas o secas.

2.3.1.4. Pelambre

El objetivo principal es eliminar por competo todas las escamas, se utiliza un bombo o fulón, posteriormente la encala, ocupa agua entre un 100 y 300%, en esta etapa del pelambre se utiliza sulfuro de sodio que conlleva a la destrucción de pelo además de utilizar cal como reforzante del sulfuro y para el hinchamiento. Por medio de una acción química hidrolizante el colágeno disminuye.

2.3.1.5. Lavado de pelambre

De la misma forma se empleará una relación de agua 8:1 con respecto al peso de la piel, posteriormente de su uso presenta en su mayor carga orgánica. Se lleva a cabo con reacciones químicas entre sales básicas y sulfuro de sodio (Na_2S). Indicando un pH elevado (11 a 13) su temperatura no debe sobrepasar los 30°C, (Black, et al., 2013, p. 18).

2.3.1.6. Descarnado

El descarne es una operación realizada tras el pelambre esta consiste en retirar los restos de carne, estos pueden ser tejidos adiposos, subcutáneos, musculares y sebos adheridos a la cara interna de la piel. Estos desechos son utilizados para su posterior fabricación en gelatinas o colas de carpintero. Esta operación se lleva a cabo de manera mecánica o manualmente. El descarne también puede llevarse a cabo antes del pelambre (Centro Nacional de Produccion Más Limpia, 2004, p. 22)

2.3.1.7. Dividido

Este proceso se puede hacer en la ribera tras el proceso de pelambre en “wet-blue”, esta consiste en dividir la piel en dos capas es decir la piel hinchada y la depilada separando la flor, esta es parte de la piel que está en contacto con la carne (Centro Nacional de Produccion Más Limpia, 2004, p. 23).

2.3.2. Proceso de Curtido

2.3.2.1. Desencalado y purgado

Es la preparación de pieles para la curtición esta permite detener el hinchamiento de la piel además de remover los remanes de cal y sulfuro de sodio de la piel esta operación se realiza con un bombo o fulón. Remueve el sulfuro mediante agua y reactivos químicos como bisulfuro de sodio. El purgado remueve el pelo desde sus raíces y elimina las proteínas no colágenas para mejorar la textura de la piel (Camara Nacional de Industrias, 2003, p. 28).

2.3.2.2. Lavado

Se adiciona al baño del desencalado enzimas pancreáticas o bacteriales y caolín, para que el purgado tenga mayor efectividad. Se debe controlar el pH del baño, el cual debe estar entre 8 – 8,5.

2.3.2.3. Piquelado

Su propósito es evitar el hinchamiento de las pieles y para así impregnar las sales de cromo entre las células de la piel. Para ello se acidula el baño hasta llevarlo a un pH entre 2.8 y 3.5 por su contenido de ácido puede ser utilizado con fines de neutralización en un efluente alcalino.

2.3.2.4. Curtido y basificado

Su principal propósito es convertir la piel en cuero evitando que esta no sea susceptible a la putrefacción, la mayor parte de curtientes se los realiza con sale de cromo, su principal ventaja es

la reducción del tiempo de curtido a menos de un día, además de producir cuero con mucha mayor resistencia al calor y desgaste. Se utiliza del 5 y 8 % de sales de cromo. Este alcanza un pH =4, de esta manera se optimiza la velocidad de reacción del cromo Debido al cuero curtido con sale de cromo se lo denomina wet-blue (Camara Nacional de Industrias, 2003, p. 29).

2.3.3. *Proceso de post curtido*

2.3.3.1. *Ecurrido y oreado*

Estos procesos son los encargados de eliminar el exceso de agua, el escurrido como su nombre lo describe deja que el cuero escurra de forma natural, como pueden formarse arrugas se pasan por una máquina de estirar estas pueden ser llevadas a cabo por via seca o húmedas con el propósito de dar aspecto al cuero según los requerimientos del fabricante (Centro Nacional de Produccion Más Limpia, 2004, p. 25).

2.3.3.2. *Rebajado y saneado de hilachas*

Los cueros son raspados y rebajados con máquinas con el fin de dar un espesor uniforme dejándolo a medida.

2.3.3.3. *Desencalado*

Esta es una operación que se la realiza en húmedo para elevar el pH del cuero con formiato de sodio.

2.3.3.4. *Lavado*

Esta operación se lleva de manera consecutiva, esta es agua residual con una alta composición de metales pesados.

2.3.3.5. *Recurtido*

Es un curtido suplementario que da propiedades finales al cuero ayuda a que sea más fácil al ser prensado, recibe un segundo curtido el cual puede ser al cromo, taninos y *resinas*.

2.3.3.6. *Teñido y Engrase*

El teñido se realiza para dar color al cuero el baño contiene agua, colorantes que pueden ser natural, artificial o sintético además de ácido fórmico, este es desechado después de cada operación.

Las propiedades que confiere el engrase al cuero es no permitir que el cuero se cuartee además de flexibilidad y resistencia. Se impregna al cuero con grasas o aceites de origen animal se depositan en las fibras donde son fijadas.

2.3.3.7. Enjuague

En este paso se elimina todo exceso de taninos colorantes y aceites.

2.3.4. *Proceso de Acabado*

2.3.4.1. Secado

El cuero es secado puede ser al vacío, secado en seco térmicas, empastado o pasting, secado por templado en marcos (toggling).

2.3.4.2. Acondicionado, abatanado estacado

Mediante energía calorífica se limpiará residuos sólidos para corregir residuos eventuales pasando previamente por un humedecido y un suavizado, puede recibir acabados como diseños de relieve, máquinas de estampado y pintado.

2.3.4.3. Pintado, prensado

Mediante la aplicación de barnices este proceso genera grandes cantidades de polvo, por lo que es recomendable habitaciones bien ventiladas, tener extractores y personal con máscaras protectoras.

Los cueros suelen ser sometidos a una etapa de estiramiento para recuperar su encogimiento, este proceso se lo realiza en húmedo, se estiran para eliminar arrugas y pliegues para posteriormente ser planchadas de esta manera se aumenta su resistencia.

2.4. *Generación de residuos en el proceso de curtumbre*

El proceso de curtumbre como tal, ocasiona muchos daños ambientales. Los desechos provocados en efluentes se caracterizan por materia orgánica y altas concentraciones de sulfuros, producto de los procesos de pelambre y cromo.

La contaminación de efluentes líquidos son los más significativos sin embargo tanto como residuos sólidos y gaseosos deben considerarse importantes.

Los agentes químicos empleados en los procesos de curtumbre son:

2.4.1. *Ribera*

Enzimas (proteasas, lipasas), carbonato de sodio, sulfuro de sodio, cal, hidro sulfuro de sodio.

2.4.2. *Curtido*

Ácido fórmico, ácido sulfúrico, cloruro de amonio, sulfato de amonio, enzimas, sal, sales de cromo, extractos vegetales y alumbre, óxido de magnesio.

2.4.3. *Post curtido*

Agentes de recurtido (resinas, cromo), tintes, ácido fórmico.

2.4.4. *Acabado*

intencionales, pigmentos, ligantes de proteínas, ligantes de celulosa, caseínas, polímeros acrílicos, polímeros de poliuretano, solventes, opacantes.

Según estudios realizados por (Bezama & Márquez, 2007, p. 97), los índices de efluentes en procesos de curtido para cromo 6% y sulfuros 15%, mientras que un 35% de efluentes que poseen elevada carga orgánica y un 44% bajo contenido de materia orgánica.

2.5. Contaminantes diversos generados por curtiembres

En la industria de la curtiembre gran parte de los procesos de curtido son por medios húmedos ocasionando problemas ambientales. La principal razón es que para procesar una tonelada de piel se utiliza 452 kg de sustancias químicas, de estas 72 kg quedan en el cuero, es decir que cerca del 85% de estas sustancias son desechadas en aguas residuales con alta carga de materia orgánica estos pueden ser químicos como el sulfuro y cromo, materia orgánica (DBO, DBQ), inorgánica (DBO), sólidos sedimentables, sólidos totales y pH (Alarcón, 2014, p. 18).

Los parámetros permisibles para la descarga de efluentes deben ser comparados con lo que describe las políticas ambientales del estado de Ecuador: (Ministerio del Ambiente, 2015, pp. 45-54).

2.5.1. *Sulfuros*

Estos se originan debido a la descomposición de la materia orgánica en aguas residuales industriales, se expresa en mg/L, se usa entre 1 – 5% de sulfuros en relación al peso de las pieles, es altamente tóxico que se da en las operaciones de pelambre, en condiciones ácidas forma ácido sulfhídrico (gas venenoso) por lo cual causan graves problemas desechados en el ambiente, formando precipitados de color negro con presencia de hierro provocando daño al alcantarillado público como es corrosión de tuberías (Valdés, 2012).

2.5.2. *Cromo hexavalente*

El cromo confiere resistencia a la putrefacción de pieles, es utilizado en forma de sales minerales

en el proceso de curtido estas se oxidan en forma de cromo hexavalente, es altamente tóxico y tras su ingestión puede provocar daños al hígado, órganos reproductivos y cáncer.

Al ser descargado en cuerpos de agua, en pequeñas cantidades puede causar toxicidad, debido a la baja capacidad de dilución, mientras que en cuerpos de agua de mayor proporción el cromo se adsorbe y se acumula en los sedimentos, el cromo en condiciones ácidas y en contacto con el suelo aumenta su movilidad hasta alcanzar aguas subterráneas provocando daños al medio ambiente.

2.5.3. Sólidos suspendidos

Estos constituyen la materia insoluble, se puede ser sólidos de rápida sedimentación pueden ocasionar obstrucción de tuberías o bombas ya que estos al no ser fácilmente degradables se acumulan ocasionando disminución de oxígeno afectando la vida acuática de otras especies. Los sólidos coloidales corresponden a sólidos suspendidos que no se sedimentan estos son proteínas y forman parte de los residuos del proceso de escalado. Mientras que los desechos sólidos gruesos corresponden a piel, virutas, residuos de carne y pelo, estos no son separados por lo cual provocan taponamiento en tuberías o desfuegos.

2.5.4. Demanda química de Oxígeno (DQO5)

La demanda de oxígeno es expresada en mg/L. este parámetro determina la cantidad de oxígeno para oxidar la materia orgánica presente en las muestras bajo condiciones de temperatura y tiempo. Es primordial para determinar la calidad del agua, un valor alto de este parámetro indica una baja capacidad de auto purificarse es decir la materia orgánica no biodegradable se acumula con las diferentes etapas de los procesos como es el de ribera donde se aglomera materia orgánica como resultado de la eliminación de pelo y sangre del animal, además de los compuestos químicos, siendo una etapa de alta carga contaminante al igual que la etapa de teñido y acabado.

2.5.5. Demanda bioquímica de Oxígeno (DBO)

Una de las principales reacciones que ocurren en el agua es la oxidación microbiana o mineralización, el método más utilizado, para determinar este parámetro se utiliza ensayos de cinco días de DBO, da como resultado la cantidad de oxígeno que utilizan los microorganismos para estabilizar la materia orgánica biodegradable, un valor alto indica el grado de contaminación, siendo una calidad de agua pobre.

2.5.6. Potencial de hidrogeno (pH)

Es la medida de concentración del ion hidrogeno en el agua, es una de las pruebas más utilizadas en el análisis químico del agua, parámetro en las aguas residuales indicando un pH menor de seis favorece el crecimiento de hongos, si es mayor de seis formas nitrógeno amoniacal en forma gaseosa. El valor referencial debe estar entre 6 a 9 como punto referencial de descarga.

2.5.7. *Sólidos sedimentables (SD)*

Estos son los sólidos más pesados que se asientan en el fondo, se expresa en ml/L, pueden eliminarse al ejecutarse un tratamiento primario del agua, estos se desprenden en las operaciones de lavado y pelambre.

2.6. Aguas residuales en la curtiembre.

2.6.1. *Muestreo de aguas residuales*

Se determina el número de puntos de muestreo, el número y tipo de muestra. Para determinar una muestra esta debe ser representativa en un lugar donde el caudal sea abundante y constante. La muestra es simple y tomada en ese momento; su volumen mínimo es de uno litro a dos litros (Bermeo Garay, 2016, p. 65).

2.6.2. *Tratamiento de aguas residuales en la curtiembre*

Las aguas residuales pueden realizarse por tratamiento físico químico, tratamiento biológico o una combinación de ambas, al tener muchas curtiembres artesanales el tipo de tratamiento de aguas varía de una a otra, por el tipo de cueros que producen (Artiga, 2005, p. 32).

2.6.3. *Tratamiento físico-químico*

Son tratamientos que se producen debido a la aplicación de fuerzas físicas que trabajan en conjunto con reacciones químicas para lograr un efectivo tratamiento de agua residual cruda, al ser muy complejas necesitan un fuerte pretratamiento antes de ser sometidas a un tratamiento biológico.

2.6.3.1. *Desbaste*

Método de separación física de materiales sólidos en suspensión por medio de rejillas o tamices. Se puede encontrar de tamaño pequeño, medio o grande (Artiga, 2005, p. 32).

2.6.3.2. Eliminación de sulfuro

Proceso aplicado a los efluentes de pelambre, estos se eliminan mediante procesos de precipitación mediante coagulantes y floculantes, método que tiene desventaja al contener estos efluentes de lodo como el sulfuro que son altamente tóxicos y un alto pH 13-14, razón por la cual deben ser tratados con un gestor de desechos peligrosos, otra técnica es la de sulfuros consiguiendo una oxidación catalítica, la ventaja de este proceso es que no produce mucha cantidad de lodos y estos son menos tóxicos al contener menos sulfuros (Méndez, et al., 2007, p. 32).

2.6.3.3. Homogenización

Se consigue amortiguar las fluctuaciones de las corrientes en los distintos procesos y así obtener una mezcla uniforme en el caudal reduciendo así DBO, permitiendo una operación estable en la planta de tratamiento biológico. Se consigue después del desbaste y antes de la depuración biológica (Herrera, 2019, p. 24).

2.6.3.4. Decantación

mediante este tratamiento se separan los sólidos de la fase líquida, reduciendo las concentraciones de DBO, DQO y materias en suspensión sin la intervención de químicos (Song & Williams, 2000, p. 11)-

2.6.3.5. Precipitación de cromo

La precipitación se alcanza debido a la insolubilidad de las sales de cromo en soluciones básicas, ideales en efluentes generados tras el curtido y recordito el tipo de pH (mayor a 8), dependerá del tipo de cromo contenido en aguas residuales a tratar (Moral, 2021, pp. 38-43).

2.6.3.6. Coagulación y floculación

Elimina el porcentaje de DQO y los sólidos en suspensión. Se denomina desestabilización de los coloides por la neutralización de las fuerzas que mantienen separados. La coagulación es la “adición de un mezclador rápido de un coagulante para neutralizar cargas y colapsar las partículas coloidales para aglomerarse y sedimentarse” algunos coagulantes son el cloruro férrico, sulfato férrico, sulfato de aluminio y sales de cromo. La floculación es la aglomeración de partículas coloidales sometidas a tratamientos de coagulación (Orthon *et al.*, 1998).

2.6.3.7. Separación por flotación

Este funciona de manera inversa al de la sedimentación, en vez de sedimentarlos se usan burbujas de aire o de gas finas para elevar a la superficie los sólidos suspendidos estos tienden a sedimentar (Méndez, et al., 2007).

2.6.4. Tratamiento biológico

Se refiere al tratamiento de aguas residuales con microorganismo para degradar compuestos que se encuentran en los efluentes, en efluentes de curtido se utilizan sistemas aerobios que presentan una tasa de descomposición más rápida y anaerobios que producen malos olores.

2.6.4.1. Sistemas anaerobios

este tipo de sistemas representa menores costos y mayor desempeño para muchos de los efluentes industriales sin embargo en efluentes de curtumbre producen gases altamente tóxicos, corrosivos e inflamables por tal razón en este sector es poco recomendable (Martinez, 2016, p. 27). Forma parte complementaria del tratamiento físico-químico contribuye en la degradación de materia orgánica en ausencia de oxígeno obteniendo de esta manera biogás.

2.6.4.2. Lodos activados

estimula a los microorganismos a transformar los compuestos que demandan oxígeno en compuestos más aceptables para el medio ambiente puede ser continuo como laguna de aireación a flujo continuo y discontinuo debido a que solo ingresa una cantidad determinada de agua a tratar para luego entrar en un proceso de sedimentación (Valdes, 2012, pp. 35-45).

2.6.4.3. Sistemas aerobios

Se emplea en efluentes sedimentados de curtiembre como alimentación al tanque de aireación y con una concentración de sólidos suspendidos volátiles.

2.7. Marco legal

Para mantener la sostenibilidad del recurso agua la legislación nos permite seguir una serie de pautas para el tratamiento de la misma y para su posterior descarga a recursos hídricos como son los mares, ríos o lagos.

El “LIBRO VI ANEXO I” nos permite conocer los límites máximos que un efluente debe tener para poder ser descargado a un cuerpo de agua receptor

La tabla 1-2 de dicha norma nos permitirá conocer dichos límites que deberá presentar nuestro efluente

Tabla 1-2: Límites de descarga aun cuerpo de agua dulce

Parámetros	Expresada como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y Grasas	Sust. Solubles en hexano	mg/L	30,0
Alkil mercurio		mg/L	No detectable
Aluminio	Al	mg/L	5,0
Arsénico total	As	mg/L	0,1
Bario	Ba	mg/L	2,0
Boro total	B	mg/L	2,0
Cadmio	Cd	mg/L	0,02

Cianuro total	CN	mg/L	0,1
Cinc	Zn	mg/L	5,0
Cloro Activo	Cl	mg/L	0,5
Cloroformo	Ext. Carbón cloroformo ECC	mg/L	0,1
Cloruros	Cl	mg/L	1000
Cobre	Cu	mg/L	1,0
Cobalto	Co	mg/L	0,5
Coliforme fecales	NMP	NMP/100ml	2000
Color Real I	Color real	Unidades de color	Inapreciable en dilución 1/20
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/L	0,2
Cromo hexavalente	Cr+6	mg/L	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO5	mg/L	100
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/L	200
Estaño	Sn	mg/L	5,0
Fluoruros	F	mg/L	5,0
Fósforo total	P	mg/L	10,0
Hierro total	Fe	mg/L	10,0
Hidrocarburos totales de Petróleo	TPH	mg/L	20,0
Manganeso total	Mn	mg/L	2,0
Materia Flotante	Visibles	mg/L	Ausencia
Mercurio total	Hg	mg/L	0,005
Níquel	Ni	mg/L	2,0
Nitrógeno amoniacal	N	mg/L	30,0
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/L	50,0
Compuestos Organoclorados	Organoclorados totales	mg/L	0,05
Compuestos Organofosforados	Organofosforados totales	mg/L	0,1
Plata	Ag	mg/L	0,1
Plomo	Pb	mg/L	0,2

Fuente Curtiembre "Palahua".

Realizado por: Llamuca, L. 2021.

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo de estudio

3.1.3. *Estudio de Campo*

El estudio de campo se lo realiza en el sitio, se levantan los datos en la curtiembre con los responsables de la producción combinando técnicas como la observación, la encuesta y entrevista, realizando recolección de muestras para pruebas preliminares obteniendo datos muy confiables.

3.1.2. *Estudio Descriptivo*

El estudio descriptivo de esta curtiembre se encargada de describir las características de la realidad que muchas empresas en el área de la transformación de pieles viven en nuestro país. Esta investigación cumple con todas las características metodológicas de una investigación descriptiva, no interfiere con las variables y los resultados no se valoran de manera cualitativa.

3.1.3. *Estudio Experimental*

El fin es obtener datos para análisis por medio de la experimentación. El estudio experimental diseña o replica un fenómeno, caracteriza las variables y las manipula en condiciones controladas, es medido por grupos de estudio y controlado utilizando el método científico. Se realiza a los efluentes del proceso de producción, aplicando la homogenización para lograr disminuir la contaminación, utilizando maquinaria para el tratamiento de agua considerando el proceso de curtiembre.

3.2. Técnicas

Técnicas basadas en normas o procedimientos para la obtención de información o productos deseados.

Tabla 2-3: Técnicas utilizadas en el proyecto

Técnicas muestreo	Técnicas para laboratorio
-------------------	---------------------------

NTE INEN 2169:2013 AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO, MANEJO Y CONSERVACIÓN DE MUESTRAS.	APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21° EDICIÓN
NTE INEN 2176:2013 AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. TÉCNICAS DE MUESTREO	Métodos HACH

Fuente Curtiembre “Palahua”.

Realizado por: Llamuca, L. 2021.

3.3. Experimentación

3.3.1. *Distribución de planta*

La curtiembre Palahua se encuentra dividida en área administrativa, producción, despacho de producto final. La fábrica tiene una superficie total de 2800 metros cuadrados.



Figura 3-3. Planimetría curtiembre "Palahua".

Realizado por: Curtiembre "Palahua" (2021).

3.4. Descripción del proceso de producción de curtiembre "Palahua"

En la tabla 3-3. se presentan los distintos procesos para la curtición y cual son los residuos que genera la curtiembre al medio ambiente, así como su disposición final.

Tabla 3-3. Proceso de producción, aguas residuales y emisiones de Curtiembre "Palahua"

Proceso	Aguas residuales	Residuos	Emisiones	Disposición final
Piquel	DQO, SD, sal, pH ácido, fungicidas		Humos ácidos, H ₂ S (accidentalmente)	
Desengrase	DQO, SD, tensoactivos, disolventes orgánicos y grasas	Residuos de destilación y tratamiento de aguas residuales		Lodos se reciclan para compost
Curtición	Cromo (III), sal, SS, DQO, SD, fungicidas, agentes complejantes, pH ácido.	Desechos de pieles, lodos de tratamiento de aguas residuales		Vende para reciclaje
Dividida y rebajada		Virutas de rebajado y dividido	Polvo (si se procesa seco)	Pelusa se vende para reciclaje
Neutralizado	DQO, SS, SD, curtientes no fijados, tensoactivos.		NH ₃ , SO ₂	
Recurtición	Como curtición	Como curtición		para reciclar luego del tratamiento
Blanqueo	Carga orgánica		SO ₂	

Tintura	Color elevado, agentes colorantes, AOX, disolventes orgánicos	Restos de productos químicos y colorantes	NH ₃ , formaldehído, fenoles.
----------------	---	---	--

Fuente Curtiembre “Palahua”.

Realizado por: Llamuca, L. 2021.

3.5. Determinación del caudal en la curtiembre “Palahua”

El monitoreo duro aproximadamente dos meses para la toma de muestras. Para determinar el caudal se debe aplicar el método simplificado volumétrico por ser un caudal pequeño. Para ello necesitamos un cronómetro y en un recipiente graduado recolectamos una cantidad de volumen con el fin de determinar el tiempo que se demora en llenarse el recipiente, obteniendo la relación volumen tiempo (Hardy, et al., 1998, pp. 108-115). Las muestras en la curtiduría “Palahua” fueron tomadas con un recipiente graduado en los meses de diciembre y enero para las principales actividades de Pelambre. El punto de medición se ubicó a la salida de los bombos, mediante la ayuda de un recipiente de 10 L y un cronómetro. De esta manera se logró obtener los siguientes datos.

Tabla 4-3. Caudal de descarga del agua de pelambre

Fecha	Horario	Volumen (L)	Tiempo (s)	Caudal (L/s)
18/12/2020	9:00	10	4,02	2,49
21/12/2020	9:00	10	4,44	2,25
23/12/2020	9:00	10	4,56	2,19
05/01/2021	9:00	10	5,02	1,99
08/01/2021	9:00	10	4,09	2,44
PROMEDIO TOTAL (L/s)				2,37

Fuente Curtiembre “Palahua”.

Realizado por: LLAMUCA, Lida. 2021.

3.6. Muestreo y monitoreo

El tipo de muestreo se lo hizo en muestras simples, debido a que fueron obtenidas en un lugar y tiempo determinado, aplicando la norma INEN 2176 según la tabla 6 la muestra que se tomo fue después del

proceso de pelambre la cual es almacenada en un tanque (9m3). A su vez se cuenta con una buena representación de la fuente puesto que la muestra tendrá una composición constante y en un período considerable de tiempo.

Las muestras se tomarán de acuerdo a lo que detalla la norma (NTE INEN 2176, 2013, pp. 1-15), para los materiales y necesarios para la recolección y toma de muestras, además de que este muestreo se realizará durante 2 meses.

Tabla 5-3. Equipos y materiales para el monitoreo y toma de muestras norma INEN 2176.

Materiales	Equipos-
<ul style="list-style-type: none"> • Envases de polietileno • Tapa de envases • Fundas plásticas 	<ul style="list-style-type: none"> • Equipo de protección personal
Procedimiento	
<ul style="list-style-type: none"> • Al tomar las muestras debemos asegurarnos que esta sea de preferencia en el centro de canal donde el flujo no sea turbulento y bien homogenizado. • Para analizar grasas y aceites se tomará porciones a diferentes densidades, el flujo no sea turbulento y a una profundidad homogénea • El recipiente en el que se toma la muestra debe enjuagar repetidas veces con el mismo tipo de agua analizar. • Si es cambiada de recipiente la muestra debe ser representativa • Debe estar cerrado el envase en el cual se tomará la muestra. 	

Fuente: INEN, NTE INEN 2176: 2013 (Curtiembre Palahua).

Realizado por: Llauca, L. 2021.

Tabla 6-3. Manejo y conservación de muestra

Determinación	Recipiente	Volumen mínimo de muestra, (ml)	Tipo de muestra	Preservación	Almacenamiento máximo recomendado
Aceites y grasas	V	1000	s, c	Añadir HCL hasta pH < 2, Refrigerar	28 d
Color	P, V	500	s, c	Refrigerar	48 h
DBO5	P, V	1000	S	Refrigerar	48 h

DQO	P, V	100	s, c	Analizar lo más pronto posible, o agregar H ₂ SO ₄ hasta pH<2; Refrigerar	28 d
Cromo VI	P (A), V(A)	300	S	Refrigerar	24 h
pH	P, V	50	s	Análisis inmediato	—
Sólidos en suspensión	P, V	200	s, c	Refrigerar	2-7 d, ver protocolo
Sulfuro	P, V	10 0	s, c	Refrigerar; agregar 4 gotas de acetato de zinc 2N/100 mL; agregar NaOH hasta pH>9	7 d
Turbidez	P, V	10 0	s, c	Analizar el mismo día; para más de 24 h guardar en oscuridad, refrigerar	48 h

Fuente: Norma INEN 2169.

Realizado por: Llamuca, L. 2021.

Nota: métodos de muestreo simple (s) y compuesto (c); tipo de material plástico (p) vidrio (v)

3.7. Caracterización del agua residual

Se entiende por agua residual aquellos desechos provenientes en este caso procesos de curtiembre con alta concentración de contaminantes químicos, al no ser aprovechados en su totalidad son desechados al sistema de alcantarillado o afluentes como cuerpos hídricos es decir ríos o acequias. Una vez definidos los principales lineamientos y protocolos a seguir en lo referente a la toma de muestras se procedieron a realizar el traslado de las mismas hacia el laboratorio de análisis de calidad del agua de la ESPOCH y se ejecutó los ensayos necesarios para determinar la carga contaminante presente en las descargas generadas en la curtiduría Palahua.

3.8. Técnicas de laboratorio

A continuación, se presentan las distintas técnicas para los análisis de aguas residuales producto de la curtiembre.

Tabla 7-3. Método No.4500-H+ - B. Determinación del Potencial de hidrogeno (pH)

Potencial de hidrogeno (pH). Método de referencia: Métodos normalizados No.4500-H+ - B. Método electrométrico				
Fundamento	Reactivos	Instrumental	Cálculos	Técnica
La decisión electrométrica mide la actividad de los iones de hidrógeno por mediciones potenciométricas utilizando un electrodo patrón y otro de referencia.	<ul style="list-style-type: none"> • Preparación general: calibración del sistema con soluciones de pH conocido o soluciones tampón • Solución de tartrato ácido de potasio • Solución saturada de hidróxido de calcio • Soluciones auxiliares 	<ul style="list-style-type: none"> • Medidor de pH • Electrodo de referencia • Electrodo de vidrio • Vasos de precipitados • Agitador • Cámara de flujo 	Lectura directa	<ul style="list-style-type: none"> • Calibrado del equipo • Estudio de la muestra: Establezca equilibrio entre electrodos y muestra agitándola para afirmar homogeneidad

Fuente: (APHA, AWWA y WPCF, 1992, pp: 575).

Realizado por: Llamuca, L. 2021.

Tabla 8-3. Método No.2550. Determinación de la temperatura

Fundamento	Reactivos	Instrumental	Cálculo	Técnica
Se fundamenta en la dilatación térmica del metal, en el termómetro de Celsius consta una escala, marcado cada 0,1°C sobre el tubo capilar y una capacidad térmica mínima que posibilite un equilibrio veloz.	-	Termómetro Celsius de mercurio	Lectura directa	<ul style="list-style-type: none">• Sumergir el bulbo del termómetro en la muestra• Esperar estabilización

Fuente: (APHA, AWWA y WPCF, 1992, p.250).

Realizado por: Llamuca, L. 2021.

3.8.1. Demanda Química de Oxígeno (DQO).

Tabla 9-3. Método No.5220-D. Determinación del DQO

Demanda Bioquímica de Oxígeno (5días) Método de referencia: Métodos normalizados No.5210-B. Prueba de ROB de 5 días				
Fundamento	Reactivos	Instrumental	Cálculo	Técnica
Se debe llenar el frasco con la muestra de tamaño específico hasta el borde del frasco e incubarlo a temperatura establecida durante 5 días con el fin de analizar el oxígeno utilizado para la degradación bioquímica y oxidación de materia orgánica.	<ul style="list-style-type: none"> • Solución de tampón fosfatos • Solución de sulfato de magnesio: • Solución de cloruro de calcio • Solución de cloruro férrico • Soluciones acida y básica 1N • Solución de sulfito sódico • Inhibidor de nitrificación • Solución de glucosa-ácido glutámico • Solución de cloruro de amonio 	<ul style="list-style-type: none"> • Botellas de incubación • Incubador de aire o baño de agua 	<p>Cuando el agua de dilución no está sembrada</p> $ROQ_{en} = \frac{mgO_2}{1}$ $= \frac{mgO_2 en el volumen final * 1000}{ml muestra}$	<ul style="list-style-type: none"> • Preparación de agua para dilución • Control del agua de dilución: • Control de glucosa-ácido glutámico • Siembra • Pretratamiento de la muestra • Técnica de dilución • Determinación del OD inicial • Blanco del agua de dilución • Incubación • Determinación del OD final

Fuente: (APHA, AWWA y WPCF, 1992, p.250).

Realizado por: Llamuca, L. 2021.

3.8.2. Demanda Biológica de Oxígeno (DBO)

Demanda Bioquímica de Oxígeno (5días) Método de referencia: Métodos normalizados No.5210-B. Prueba de ROB de 5 días

Tabla 10-3. Métodos No.5210-B. Determinación del DBO5

Fundamento	Reactivos	Instrumental	Cálculo	Técnica
Se debe llenar el frasco con la muestra de tamaño específico hasta el borde del frasco e incubarlo a temperatura establecida durante 5 días con el fin de analizar el oxígeno utilizado para la degradación bioquímica y oxidación de materia orgánica.	<ul style="list-style-type: none"> Solución de tampón fosfatos Solución de sulfato de magnesio: Solución de cloruro de calcio Solución de cloruro férrico Soluciones acida y básica 1N Solución de sulfito sódico Inhibidor de nitrificación Solución de glucosa-ácido glutámico Solución de cloruro de amonio 	<ul style="list-style-type: none"> Botellas de incubación Incubador de aire o baño de agua 	<p>Cuando el agua de dilución no está sembrada:</p> $DBO_5 \frac{m_0}{l} = \frac{D_1 - D_2}{P}$ <p>Cuando el agua de dilución está sembrada:</p> $RBO_5 \frac{m_0}{l} = \frac{(D_1 - D_2) - (B_1 - B_2)}{P}$	<ul style="list-style-type: none"> Preparación de agua para dilución Control del agua de dilución: Control de glucosa-ácido glutámico Siembra Pretratamiento de la muestra Técnica de dilución Determinación del OD inicial Blanco del agua de dilución Incubación Determinación del OD final

Fuente: (APHA, AWWA y WPCF, 1992, pp:712-719).

Realizado por: Llamuca, L. 2021.

3.8.3. Determinación de sólidos sedimentables

Tabla 11-3. Método No.2540-F. Determinación de sólidos sedimentables

Fundamento	Reactivos	Instrumental	Cálculo	Técnica
Expresado en ml/l, hace referencia al material desprendido de la suspensión en un lapso definido.	-	cono de Imhoff	$\frac{mgsol.sedimentables}{l}$ $= \frac{mgsol.totalesensuspension}{l}$ $- \frac{mg sol. no sedimentables}{l}$	Llenar el cono de Imhoff hasta la marca con una muestra bien mezclada. Déjese sedimentar a lo largo de 45 min, removiendo delicadamente los muros del cono con una varilla; reposo 15 min más y reportar el volumen final de sólidos sedimentables del cono como ml/l.

Fuente:(APHA, AWWA y WPCF, 1992, p.248).

Realizado por: Llamuca, L. 2021.

3.8.4. Determinación de Sólidos Totales

Tabla 12-3. Método No.2540-B. Determinación de Sólidos Totales

Sólidos totales. Método de referencia: Métodos normalizados No.2540-B. Sólidos totales secados a 103-105°C			
Fundamento	Instrumental	Cálculo	Técnica
Se evapora una muestra correctamente mezclada en una placa pesada y secada a peso constante en un horno a 103-105 °C. El aumento de peso sobre el de la placa vacía representa los sólidos totales.	<ul style="list-style-type: none"> Placas de evaporación (100 ml) de material de porcelana, platino, vaso alto de sílice Horno de mufla para operar a <ul style="list-style-type: none"> 550 ± 50 °C. Baño de vapor. Desecador Balanza de análisis Horno de secado, para operaciones a 103- 105 °C. 	$\frac{\text{mg sol. totales}}{l} = \frac{(A-B)*1000}{ml \text{ de muestra}}$ <p>Dónde: A= Peso de residuo seco + placa, mg B= Peso de la placa, mg</p>	<ul style="list-style-type: none"> Preparación de la placa de evaporación Análisis de la muestra: Elíjase un volumen de muestra que dé un residuo entre 2,5 y 200 mg. Evapórese en un baño de vapor hasta que se seque en el horno al menos durante una a 103-105 °C, enfriar la placa en desecador para equilibrar la temperatura y pesar. Repítase el ciclo de secado, enfriado, desecación y pesado hasta obtener un peso constante, o hasta que la pérdida de peso sea menor del 4 por 100 del peso previo o menor de 0,5 mg

Fuente: (APHA, AWWA y WPCF, 1992, pp:242-243).

Realizado por: Llamuca, L. 2021.

3.8.5. Determinación de Sulfuros

Tabla 13-3. Método No.4500-S-2-E. Sulfuros (S-2)

Sulfuros S ⁻² . Método de referencia: Métodos normalizados No.4500-S-2-E. Método yodométrico				
Fundamento	Reactivos	Instrumental	Cálculo	Técnica
<p>El yodo reacciona con el sulfuro en solución acida, oxidándolo a azufre. Una titulación basada en esta reacción es un procedimiento preciso para decidir sulfuros a concentraciones mejores a 1 mg/l, si no hay interferencias y se previene la pérdida de H₂S.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Ácido clorhídrico, HCl 6N. Solución patrón de yodo, 0,0250N: Disuélvanse de 20 a 25 g KI en un poco de agua y añádanse 3,2 g de yodo. Después de la disolución del yodo, Dilúyase a 1.000 ml y estandarícese frente a Na₂S₂O₃ 0,0250N, utilizando solución de almidón como indicador. Solución patrón de tiosulfato sódico, 0,0250N Solución de almidón 	<ul style="list-style-type: none"> Bureta Probeta Erlenmeyer Gotero Pipeta Pera de succión 	<p>Un mililitro de solución de yodo de 0,025N reacciona con 0,4 mg S⁻²:</p> $\frac{mgS^2 -}{l} = \frac{[(A-B)-(C * D)] * 1600}{ml \text{ de muestra}}$ <p>Donde:</p> <p>A= ml solución de yodo</p> <p>B= normalidad de la solución de yodo</p> <p>C= ml solución Na₂S₂O₃</p> <p>D= normalidad de la solución Na₂S₂O₃.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Con bureta añadir a un matraz de 500 ml, una cantidad de solución del yodo estimada como un exceso sobre la cantidad de sulfuro presente. Añádanse 2 ml de HCl 6N. Llévense con la pipeta 200 ml de muestra en el matraz, descargando la pipeta bajo la superficie de la solución. Si desaparece el color del yodo, añádase más yodo para mantener el color. Titúlese por retroceso con solución de Na₂S₂O₃., añadiendo unas gotas de solución de almidón al acercarse al punto final, y continuando hasta desaparición del color azul.

Fuente: (APHA, AWWA y WPCF, 1992, p.690).

Realizado por: Llamuca, L. 2021.

3.8.6. Determinación de Sulfatos

Tabla 14-3. Método No.4500-SO4-E. Determinación de Sulfatos

Sulfatos. Método de referencia: Métodos normalizados No.4500-SO4-E. método turbidimétrico				
Fundamento	Reactivos	Instrumental	Cálculo	Técnica
El ion sulfato (SO ²⁻ 4) precipita en un medio de ácido acético con cloruro de bario (BaCl2) de modo que forma cristales de sulfato de bario (BaSO4) de tamaño uniforme. Se mide la absorbancia luminosa de la suspensión de BaSO4 con un fotómetro y se determina la concentración de SO ²⁻ 4 por comparación de la lectura con una curva patrón.	<ul style="list-style-type: none"> Solución tampón A, B Cloruro de bario, BaCl2 Solución patrón de sulfato 	<ul style="list-style-type: none"> Agitador magnético Fotómetro: nefelómetro, espectrofotómetro, fotómetro de filtro Cronómetro o reloj eléctrico. Cuchara de medida, con capacidad de 0,2 a 0,3 ml 	$\frac{mgSO_4^{2-}}{l} = \frac{mgSO_4^{2-} * 1000}{ml \text{ de muestra}}$	<ul style="list-style-type: none"> Formación de turbidez con sulfato de bario Medida de la turbidez del sulfato de bario Preparación de la curva de calibración Corrección para el color y turbidez de la muestra

Fuente: (APHA, AWWA y WPCF, 1992, pp: 697-702).

Realizado por: Llamuca, L. 2021.

3.8.7. Índice de biodegradabilidad

Con la finalidad de determinar el mejor tipo de tratamiento que se debe realizar al agua residual de la curtiembre Palahua, se calculó el índice de biodegradabilidad. Se trata de un valor que resulta de la relación entre concentraciones de DBO₅ y DQO presente en el agua residual que será sometida a tratamiento.

En la siguiente tabla se indican los valores y los tratamientos óptimos a ser aplicados.

Tabla 15-3. Índice de Biodegradabilidad

DBO₅/DQO	Biodegradabilidad	Tratamiento adecuado
> 0,4	Muy biodegradable	Tratamiento Biológico
0,2 – 0,4	Biodegradable	Tratamiento Combinado
< 0,2	Poco biodegradable	Físico – Químico

Fuente (APHA, AWWA y WPCF, 1992, pp: 697-702).

Realizado por: Llamuca, Lida, 2020.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS

4.1. Caracterización inicial del efluente de la operación de pelambre

Como se puede observar en la tabla 16-3, se presenta la caracterización del efluente del pelambre, como se observa presenta valores altos de diferentes contaminantes que exceden el límite permitido.

Tabla 16-4. Caracterización inicial del efluente de la operación de pelambre

Parámetro	Unidad	Métodos estandarizados	Resultado	Valor límite máximo Permisible
Temperatura	°C	No.2550	23	<40
Sulfatos	mg/l	Método No.4500-SO4-E	960	400
Sulfuros	mg/l	No.4500-S-2-E	14,32	1
DBO5	mg/l	No.5210-B	14960,00	250
DQO	mg/l	No.5220-D	18200,00	500
pH	UpH	No.4500-H ⁺ - B	10,49	6-9
Sólidos totales	mg/l	No.2540-B	1880	1 600
Sólidos Sedimentables	ml/l	No.2540-F	5,00	20

Fuente: laboratorio de calidad del agua de la ESPOCH.

Realizado por: Llamuca, L. 2021.

De acuerdo a los resultados obtenidos se puede evidenciar claramente que, el agua de pelambre, cuentan con altos niveles de concentración de contaminantes que exceden, en alto rango, los valores máximos permitidos por el ministerio del ambiente y agua. Entre los resultados más alarmantes para el agua se encuentra los valores obtenidos para la (DBO5) y (DQO). El agua de pelambre cuenta con un amplio rango de concentración de Sulfuros que excede el límite permisible.

4.1.1. Caracterización inicial del efluente de pelambre

Los resultados obtenidos una vez realizada la caracterización de los efluentes fueron:

Tabla 17-4. Porcentajes de remoción en el agua de pelambre en muestras con tratamiento de aireación

PARÁMETRO	Unidad	Límite máximo permisible	Resultado antes del tratamiento	Resultado después del tratamiento	Porcentaje de remoción (%)
Color	Platino Cobalto 465 nm	-	6950	20,80	99
Conductividad	mS/cm	-	16,81	4,30	74
DBO5	mg/L	250,0	14960,00	320	98
DQO	mg/L	500,00	18200,00	520	97
Potencial de Hidrógeno	Ph	6-9	10,49	6,35	-
Sólidos sedimentables	mL/L	20,00	5,00	+0,01	99
Sólidos suspendidos Totales	mg/L	220,00	1680	21	99
Sólidos Totales	mg/L	1600,00	1880	118	94
Sulfuros	mg/L	1,00	1432,00	49	99
Turbiedad	NTU	-	8400	12,80	99
Sulfatos	mg/L	-	960	53	94
Aceites y grasas	mg/L	-	20,10	5	75
Temperatura	mg/L	<40	23	23	-

Fuente Curtiembre "Palahua".

Realizado por: Llamuca, L. 2021.

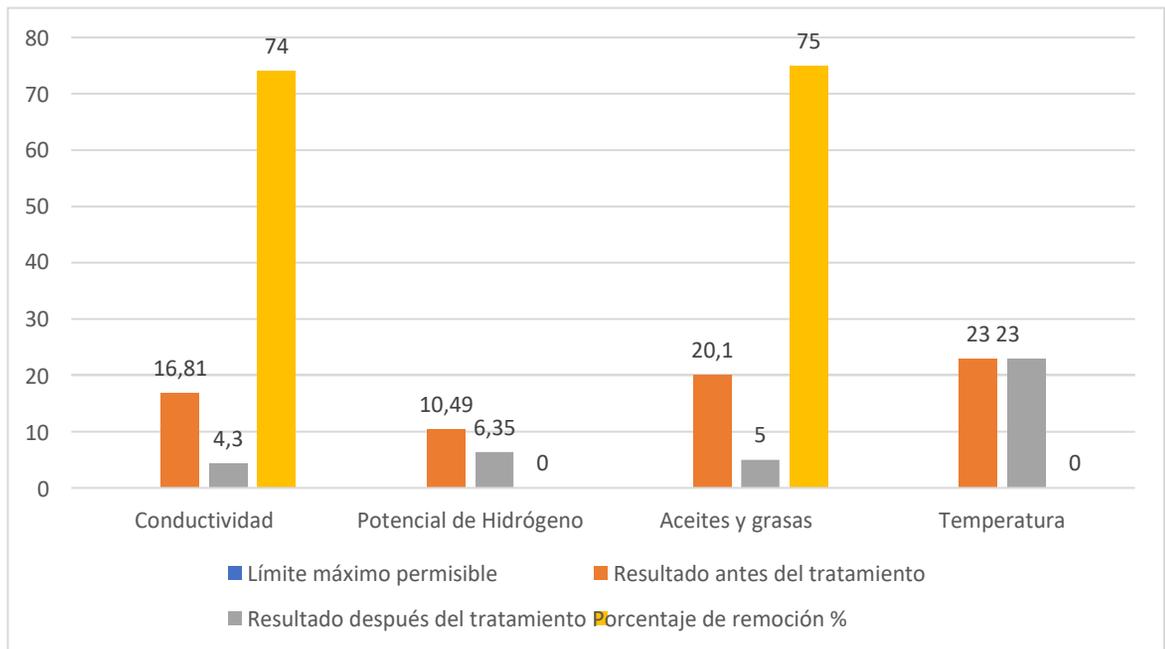


Gráfico 1-4. Porcentajes de remoción de conductividad, potencial de hidrogeno, aceites y grasas y temperatura.

Realizado por: Llamuca, L. 2021.

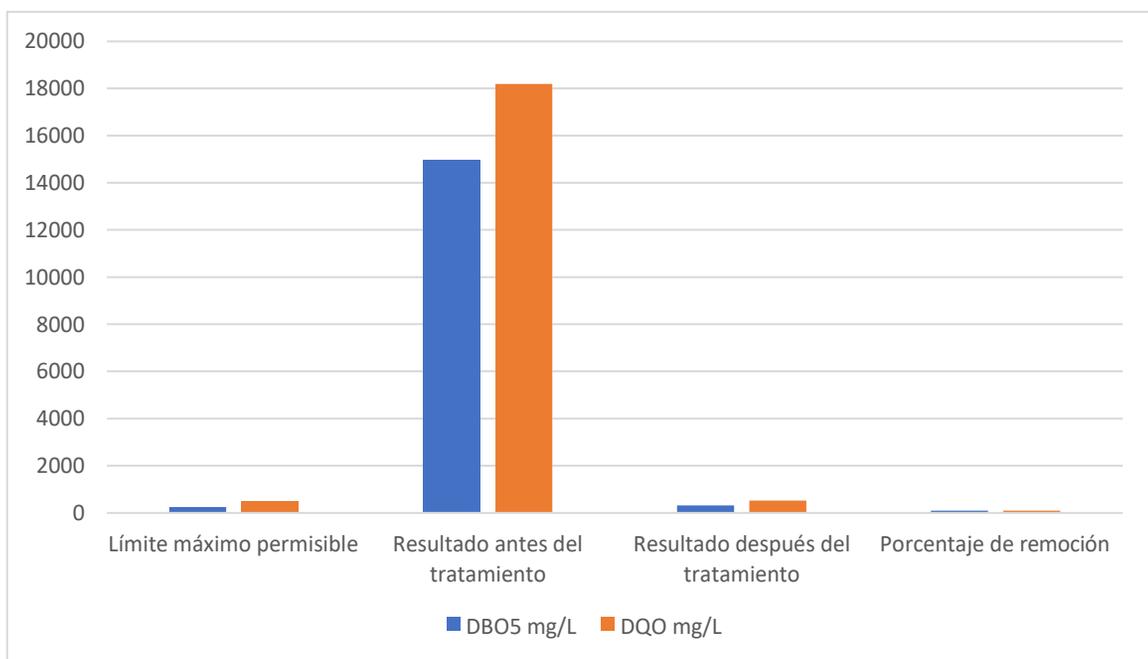


Gráfico 2-4. Porcentajes de remoción de DBO y DBQ.

Realizado por: Llamuca, L. 2021.

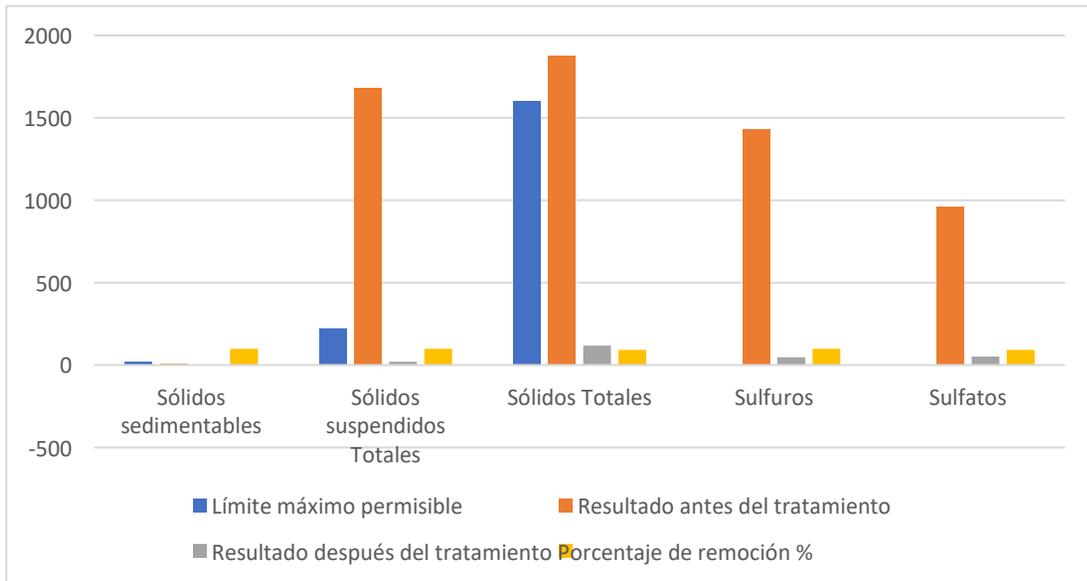


Gráfico 3-4. Porcentajes de remoción de solidos sedimentables, solidos suspendidos totales, solidos totales, sulfuros, sulfatos

Realizado por: Llamuca, L. 2021.

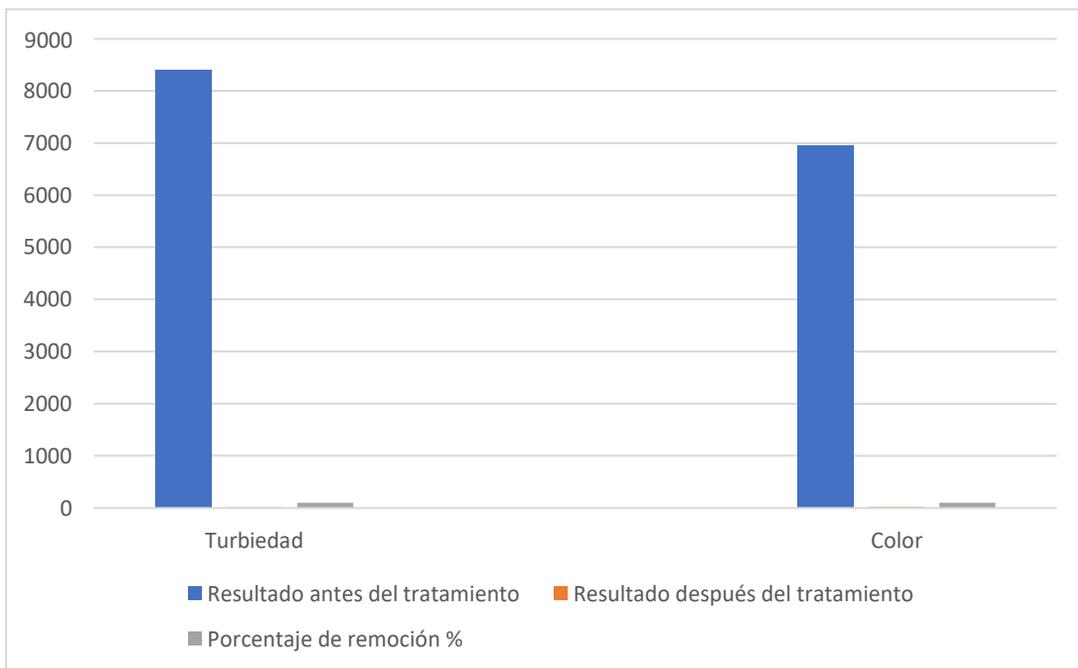


Gráfico 4- 4 Porcentaje de remoción para turbiedad y color.

Realizado por: Llamuca, L. 2021.

Como podemos observar en la tabla 18-4, para el análisis de agua producto del desecho de pelambre es altamente contaminante, posee altos niveles en alto rango, los valores que exceden a los permisibles

por la legislación ambiental vigente.

Podemos evidenciar que para las aguas de obtenidas del pelambre exceden los valores de DBO₅, DQO. El agua de pelambre cuenta con un amplio rango de concentración de Sulfuros.

Tabla 18-4. Resultados de DBO₅ y DQO sin proceso de aireación

PARÁMETRO	Unidad	Límite máximo permisible	Resultado antes del tratamiento	Resultado después del tratamiento
DBO ₅	mg / L	100	14960,00	1,700
DQO	mg / L	200	18200,00	1,920

Fuente: laboratorio de calidad del agua de la ESPOCH.

Realizado por: Llamuca, L. 2021.

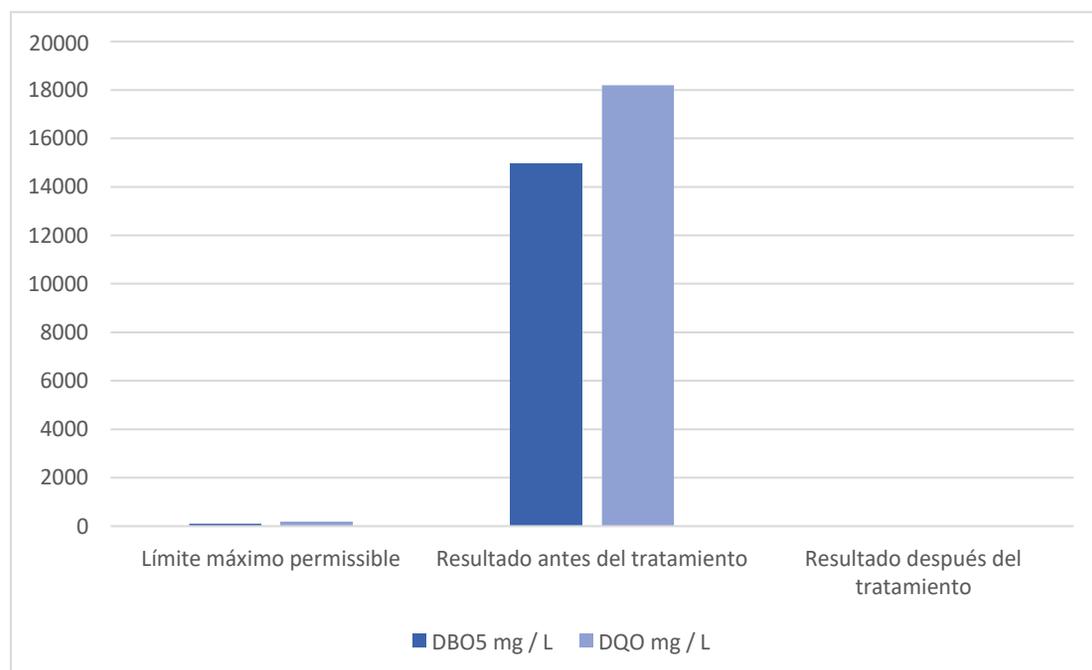


Gráfico 5-4. Resultados de DBO₅ y DQO sin proceso de aireación

Realizado por: Llamuca, L. 2021.

Para disminuir los resultados en DBO₅ y DQO se procedió a dejar las muestras en aireación durante 24 horas con la ayuda de una bomba de pecera, de esta manera se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 19-4. Resultados de DBO5 y DQO con proceso de aireación

PARÁMETRO	Unidad	Límite máximo permisible	Resultado antes del tratamiento	Resultado después del tratamiento
DBO5	mg / L	100	14960,00	320
DQO	mg / L	200	18200,00	520

Fuente: laboratorio de calidad del agua de la ESPOCH.

Realizado por: Llamuca, L. 2021.

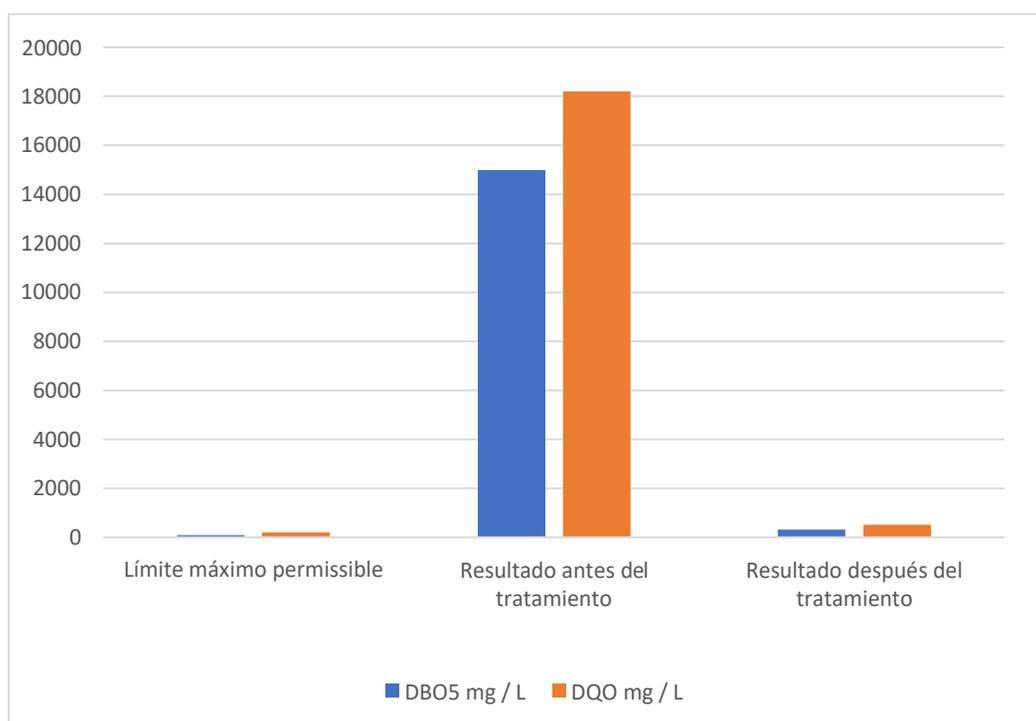


Gráfico 6-4. Resultados de DBO5 y DQO con proceso de aireación

Realizado por: Llamuca, L. 2021.

Tabla 20-4. Resultados Muestreo

ENSAYO	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE	MÉTODO NORMA	VALOR LIMITE PERMISIBLE
Potencial de hidrogeno	Unidades de Ph	8,04	+ - 0,2	PE-AL-03 Standard Methods Ed.23.2017 4500 H*B	6-9
Demanda bioquímica de oxígeno (5 días)	mg/L	2400	+ - 10%	PE-AL-28 Standard Methods Ed.23.2017 5210B HACH, Method 8166	250
Demanda química de oxígeno	mg/L	9900	16%	PE-AL-05 Standard Methods Ed.23.2017 5220 D	500
Solidos suspendidos totales	mg/L	308	+ - 29%	PE-AL-44 Standard Methods Ed.23.201 2540 D	220
aceites y grasas	mg/L	118	+ - 3%	PE-AL-34 Standard Methods Ed.23.2017 5520B	70
Sulfatos	mg/L	310	+ - 10%	PE-AL-25 Standard Methods Ed.23.2017 4500 E SO.	400
Sulfuros	mg/L	>9	+ - 6%	PE-AL-08 Standard Methods Ed.23.2017 4500S C y D	1,00
Temperatura	°C	14,5	+ - 4%	PE-AL-52 Standard Methods Ed.23.2017 2550B	<40

Fuente: LABCESTTA S.A.

Realizado por: Llamuca, L. 2021.

4.2. Muestra transportada en refrigeración

La columna: valor limite permisible, esta fuera del alcance de la acreditación del SAE; contemplan los límites máximos permisibles en la tabla 8: límites de descarga al sistema de alcantarillado público, del Anexo 1 del AM 097-A, solicitados por el cliente

4.3. Cálculo del índice de biodegradabilidad:

$$\text{Índice de biodegradabilidad} = \frac{DBO5}{DQO}$$

$$\text{Índice de biodegradabilidad} = \frac{14960,00}{18200,00} = 0,82$$

Con este análisis se tiene claro el tipo de tratamiento que se empleará para disminuir los contaminantes de los caudales de agua residual, como se puede observar en la tabla 21. Según lo obtenido el tratamiento a seguir será un tratamiento biológico, al conversar con los propietarios de la industria se decide optar por un tratamiento físico químico, debido a la relación beneficio/costo para los propietarios.

Tabla 21-4. Índice de biodegradabilidad

Procedencia de agua	Índice de biodegradabilidad	Biodegradabilidad	Tratamiento adecuado
Pelambre	0,82	Muy biodegradable	Tratamiento Biológico

Fuente: laboratorio de calidad del agua de la ESPOCH.

Realizado por: Llamuca, L. 2021.

4.4. Rendimiento del tratamiento de pelambre.

Para determinar la factibilidad del tratamiento de aguas residuales en el proceso de pelambre se procedió a realizar un análisis de rendimiento, determinando los porcentajes de remoción de contaminantes que se logró obtener en el tratamiento planteado en los procesos, estos resultados se observan a continuación.

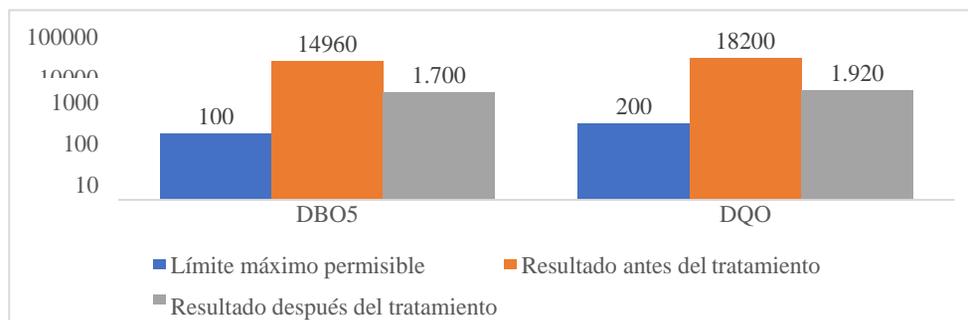
Porcentajes de remoción en el agua de pelambre en muestras sin un tratamiento de aireación

Tabla 22-4. Resultados de remoción DBO₅ y DQO muestras sin proceso de aireación

PARÁMETRO	Unidad	Límite máximo permisible	Resultado antes del tratamiento	Resultado después del tratamiento	Porcentaje de remoción
DBO ₅	mg / L	100	14960,00	1,700	98 %
DQO	mg / L	200	18200,00	1,920	99 %

Fuente: Laboratorio de calidad del agua de la ESPOCH.

Realizado por: Llamuca, L. 2021.

**Gráfico 7-4.** Caracterización inicial del efluente del proceso de curtiembre.

Realizado por: Llamuca, L. 2021.

4.5. Calculo del índice de biodegradabilidad

Porcentajes de remoción en el agua de pelambre en muestras con tratamiento de aireación

Tabla 23-4. Resultados de remoción DBO5 y DQO muestras con proceso de aireación

PARÁMETRO	Unidad	Límite máximo permisible	Resultado antes del tratamiento	Resultado después del tratamiento	Porcentaje de remoción
DBO5	mg / L	100	14960,00	320	98%
DQO	mg / L	200	18200,00	520	97%

Fuente Curtiembre “Palahua”.

Realizado por: Llamuca, L. 2021.

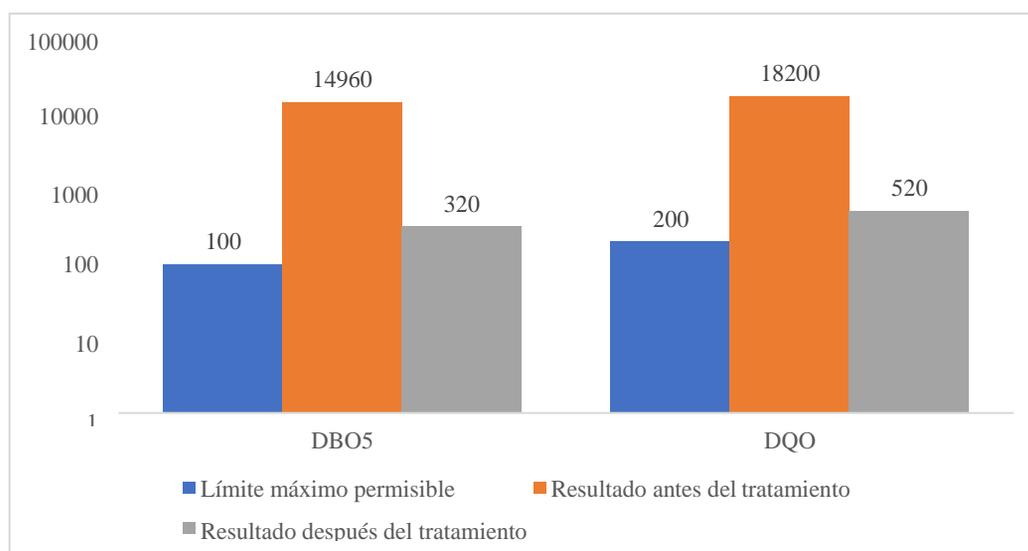


Gráfico 4- 8 Resultado de remoción DBO5 y DQO muestras sin proceso de aireación.

Realizado por: Llamuca, L. 2021.

4.6. Ensayos de laboratorio

A nivel de laboratorio se realizó diferentes pruebas de tratabilidad para el agua del proceso de pelambre. Los resultados obtenidos durante esta etapa nos dieron la base para determinar el rediseño óptimo que se necesita para disminuir la concentración de contaminantes que se producen en la curtiembre.

Como primera etapa se realizó la determinación de dosis óptima de $MnSO_4$ con la finalidad de disminuir la concentración de sulfuros que se encuentran en el agua residual.

Este proceso se realizó con la adición de un sistema de aireación que debía cumplir con dos funciones específicas, oxigenar el agua residual y contribuir al proceso de agitación del sistema para que exista una mejor mezcla entre el producto químico y el agua residual.

Los resultados obtenidos durante las pruebas fueron los siguientes:

Como se puede observar, el color del agua se hizo de color café así descartando este proceso ya que se puede observar claramente el cambio de turbiedad del agua.



Figura 4-4. Muestras en test de jarras.

Realizado por Llamuca, L. 2021.

4.7. Test de jarras

Una vez definido el tipo de tratamiento para la disminución de sulfuros, el siguiente paso consistió en realizar una prueba de tratamiento químico mediante la adición de coagulante y floculante a las muestras de agua residual, para ello se hizo uso del test de jarras, esto con la finalidad de definir qué tipo de químicos tienen mayor rendimiento en el agua residual de la curtiembre Palahua y también la dosificación óptima a usarse.

Esta prueba determinara la cantidad óptima de coagulante que se utilizara para realizar los tratamientos del agua. El procedimiento a seguir para la realización de esta prueba es el siguiente:

4.7.1. Llenar las jarras

- Ajustar el pH de todas las jarras al óptimo del encontrado en la figura anterior mientras lo mezcla usando H₂SO₄ o NaOH.
- Añada diferentes dosis del coagulante seleccionado
- Mezclar rápido cada jarra a la velocidad de 100 a 150 rpm por 1 minuto. La mezcla rápida nos ayuda a dispersar el coagulante a través de cada contenedor.
- Reduzca la velocidad de mezclado de 25 a 30 rpm y continúe mezclando de 15 a 20 minutos.
- Apague el mezclador y permita que el floculo repose de 30 a 45 minutos.
- Mida la turbulencia final de cada jarra.

4.7.1.1. Elección de coagulante y floculante

Para iniciar esta etapa se procedió a recolectar muestras de agua residual que recibieron el tratamiento previo con aireación y en primer lugar realizar pruebas a similares concentraciones con diferentes coagulantes y floculantes, para determinar cuál de ellos tienen el mejor rendimiento en las aguas residuales de la curtiembre Palahua. Cabe resaltar que todas las muestras en las que se realizó las pruebas contenían un volumen de 1000 mL y las concentraciones de coagulante y floculante -con las que se trabajó fue de 5% y 41% respectivamente.

Se evaluó tres tipos de floculantes con variación en su carga iónica, es así que se obtuvo los siguientes resultados.

Tabla 24-4. Determinación de floculante para tratamiento de aguas residuales de pelambre

FLOCULANTE	TURBIEDAD(NTU)
Aniónico	82
Catiónico	650
No iónico	425

Fuente: Curtiembre “Palahua”.

Realizado por: Llamuca, L. 2021.

Claramente se evidencia que existe un valor menor de turbiedad mediante el uso de floculante aniónico, por ello se decide trabajar con este producto.

En relación al coagulante, de igual manera se trabaja con tres productos químicos diferentes, Cloruro férrico, PAC y Sulfato de aluminio. Mediante el respectivo análisis se logra obtener los siguientes resultados.

Tabla 25-4. Determinación de coagulante para tratamiento de aguas residuales de pelambre

COAGULANTE	TURBIEDAD (NTU)
Cloruro Férrico	372
PAC (Policloruro de Aluminio)	98
Sulfato de Aluminio	148

Fuente Curtiembre "Palahua".

Realizado por: Llamuca, L. 2021.

Se puede observar que el mejor coagulante para el tratamiento de agua residual de pelambre va a ser el PAC ya que presenta valores menores de turbiedad.

4.7.1.2. Determinación de dosificación óptima de floculante aniónico

Posterior a estas primeras pruebas y una vez seleccionadas los productos químicos con los que se optó por trabajar se procedieron a evaluar las dosificaciones a usarse con la finalidad de obtener los mejores resultados tanto en rendimiento como en costos.

En primer lugar, se adicionó una concentración de 5% de coagulante a cada una de las muestras de 1000 mL de agua residual y se fue variando la dosificación de floculante. Para la preparación de floculante se trabajó con una concentración de 1%. Los resultados obtenidos se observan en la siguiente tabla.

Tabla 26-4. Determinación de dosis óptima de floculante para el tratamiento de las aguas residuales de pelambre

DOSIS DE FLOCULANTE (mL)	TURBIEDAD (NTU)
1	12
2	12
3	17
4	25
5	56
6	99

Fuente Curtiembre “Palahua”.

Realizado por: Llamuca, L. 2021.

En los resultados podemos observar que la dosificación óptima para las aguas residuales de pelambre va a ser de 1 mL de floculante aniónico.

4.7.1.3. Determinación de dosificación óptima de Coagulante

Determinado la dosis óptima de floculante se procede a realizar la determinación óptima de coagulante a usarse en el tratamiento de las aguas de pelambre, para ello se trabajó con una dosificación constante de floculante a una concentración de 1% y se fue variando los flujos de dosificación del coagulante, preparado a una concentración de 5%. Así se logró obtener los siguientes resultados.

Tabla 27-4. Determinación de dosificación óptima de coagulante para el agua de pelambre

DOSIS DE COAGULANTE (mL)	TURBIEDAD (NTU)
3	12
6	43
5	40
7	41
10	100,35

Fuente Curtiembre “Palahua”.

Realizado por: Llamuca, L. 2021.

En base a los resultados obtenidos se puede evidenciar claramente la dosificación óptima para el agua de pelambre, con el que presenta menor turbiedad.

4.7.1.4. Filtración zeolita, carbón activado, piedra pómez y limo

Posterior a los tratamientos químicos y aireación en el agua residual de pelambre en el laboratorio se realizó un filtro con zeolita, carbón activado, piedra pómez y limo en recipientes de plástico se utilizó una porción de cada uno de los materiales mencionados con anterioridad para elaborar el equipo de filtrado, este tipo de filtro se utilizó tanto para el efluente de pelambre.

Tabla 28-4. Filtro para tratamiento de aguas residuales de pelambre

Filtro	
Material	Cm
Zeolita	2
carbón activado	3,5
piedra pomex	2
Limo	2,5

Fuente Curtiembre "Palahua".

Realizado por: Llamuca, L. 2021.

4.8. Rediseño de la planta de tratamiento

4.8.1. Caudal de diseño para el agua de pelambre

4.8.1.1. Caudal experimental

$$Q = \frac{V}{t}$$

Donde;

Q : Caudal

V : Volumen; m^3

t : Tiempo; s

$$Q = \frac{15L}{5,2s}$$
$$Q = 2,88 \frac{L}{s}$$

4.8.1.2. Caudal de corrección

$$QC = Q * F$$

Dónde:

QC : Caudal de corrección mayorado; L/s -

Q : Caudal experimental; 2,27 L/s

F : Factor de motorización, 0,3

$$-QC = 2,88 \frac{L}{s} * 0,3$$
$$QC = 0,86 \frac{L}{s}$$

4.8.1.3. Caudal de diseño

$$Q_D = Q + QC$$

Dónde:

Q_D : Caudal de diseño; L/s

Q : Caudal experimental; 2,88 L/s

QC : Caudal de corrección 0,86 L/s

$$Q_D = 2,88 \frac{L}{s} + 0,86 \frac{L}{s}$$

$$Q_D = 3,74 \text{ L/s}$$

$$Q_D = 0,00374 \frac{m^3}{s}$$

$$Q_D = 323,136 \frac{m^3}{\text{dia}}$$

4.8.2. Canal de Entrada

Por ser los vertidos de la tenería de régimen discontinuo, cuenta con un sistema de canal con ancho de 0,45m y 0,60 m tanto para ancho y altura respectivamente.

4.8.2.1. Radio Hidráulico

$$RH = \frac{B * H}{B + 2H}$$

Dónde:

RH: Radio hidráulico; m

B: Ancho del canal; 0,45 m

H: Altura de agua en el canal; 0,60 m

$$RH = \frac{(0,45 * 0,60) m^2}{0,45 m + 2(0,6 m)}$$

$$RH = 0,163 \text{ m}$$

4.8.2.2. Velocidad de flujo en el canal, v:

$$v = \frac{1}{n} RH^{2/3} S^{1/2}$$

Dónde:

v : Velocidad de flujo en el canal; m/s

RH : = Radio hidráulico; 0,163 m

S : Pendiente canal; 0,0005 m/m

n : Coeficiente de rugosidad de Manning; 0,015 adimensional (-3)

$$v = \frac{1}{0,015} (0,163)^{\frac{2}{3}} (0,0005)^{\frac{1}{2}}$$

$$V = 0,445 \frac{m}{s}$$

Tabla 29-4. Coeficiente de Manning para cálculo de canales

Canales revestidos	n	l/n
Ladrillos, paredes bien construidas	0,011	72,01
Tablas, con crecimiento de algas/musgos	0,009	62,50
Tablas bastante derechas y sin vegetación	0,015	85,35
Tablas bien cepilladas y firmemente fijadas	0,018	72,9
Membrana de plástico sumergida	0,022	35,08
Ladrillos de mortero de cemento	0,018	48,85
Hormigón, piezas prefabricadas, sin terminar, paredes rugosas	0,017	68,91
Hormigón, acabado con paleta, paredes lisas	0,018	81,56
Ladrillos, paredes rugosas	0,022	70,5

Fuente Curtiembre “Palahua”.

Realizado por: Llamuca, L. 2021.

4.8.3. Tanque de aireación para el agua de pelambre

La curtiembre “Palahua” cuenta con un tanque de homogenización con las siguientes dimensiones, el mismo que utiliza un sistema de aireación con una bomba de 2 hp, cuenta con las siguientes medidas

Tabla 30-4. Datos del tanque de homogenización

Variable	Valor	Unidad
Longitud	3,80	M
Ancho	2,20	M
Profundidad	1,10	M

Fuente: Curtiembre "Palahua".

Realizado por: Llamuca, L. 2021.

4.8.2.1. Volumen del tanque

$$V_{TA1} = B_{TA} * h_{TA} * L_{TA}$$

Dónde:

V_{TA1}: Volumen del tanque de aireación; 3,10 m³

b_{TA}: Ancho del tanque; 2,30 m

h_{TA}: Altura del tanque; 1,70 m

L_{TA}: Longitud del tanque; 2,18 m

$$V_{TA1} = (3,10m * 2,30m * 3,10m)$$

$$V_{TA1} = 12,12 m^3$$

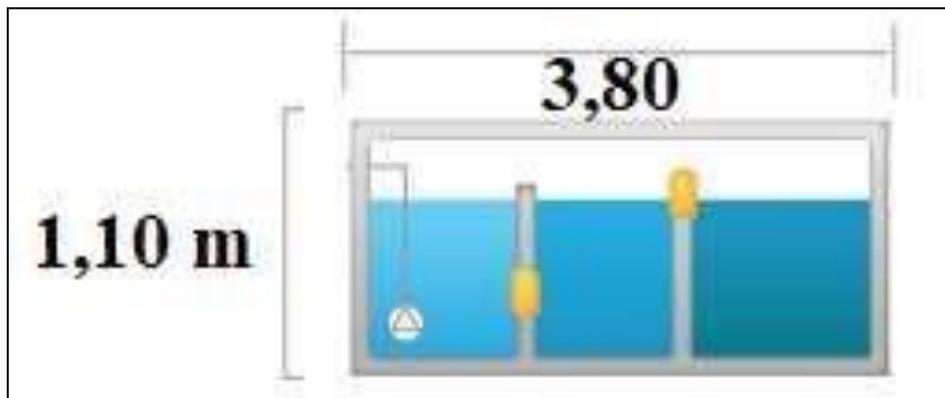


Figura 6-4. Tanque de homogenización.

Realizado por: Llamuca, L. 2021.

4.8.4. Diagrama preexistente planta de tratamiento de aguas en la curtiembre Palahua

El sistema de tratamiento actual de la curtiembre Palahua consta actualmente de cinco bombos para los procesos de curtiembre, un cuarto de bombas con dos bombas centrifugas, tres trampas de grasa de concreto, un filtro de disco de acero y un tanque homogeneizador de concreto A continuación, se presenta el diagrama de la planta:

4.8.5. Diagrama rediseño planta de tratamiento de aguas

La planta rediseñada a partir de los análisis de biodegradabilidad se plantea el implementar un tanque de aireación con una bomba de 2 hp sumergible. A continuación, se presenta el diagrama de la planta rediseñada

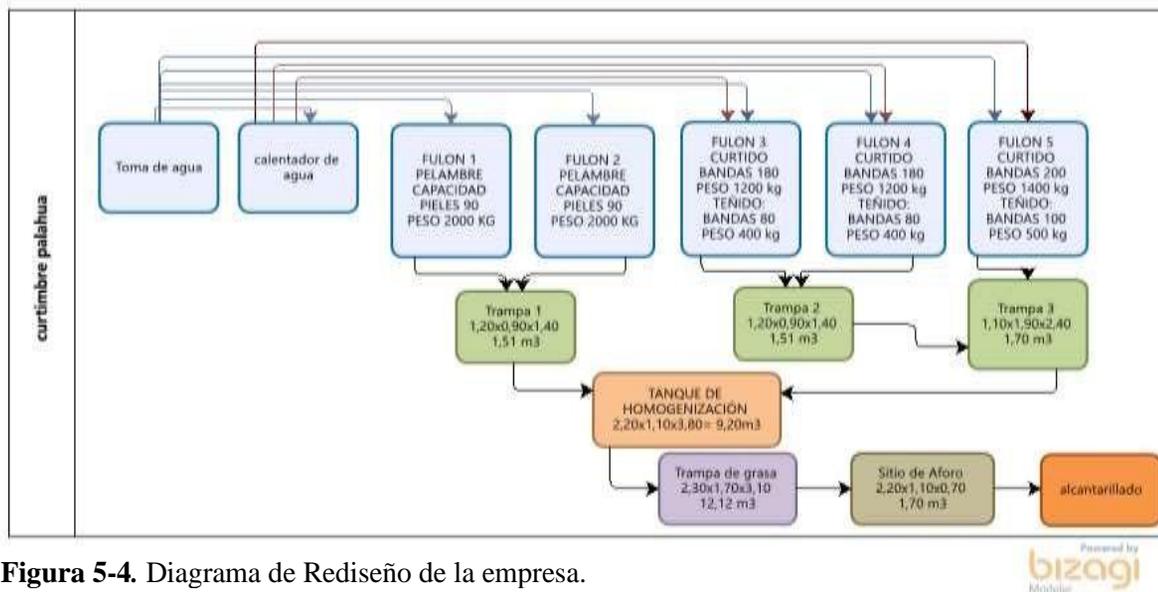


Figura 5-4. Diagrama de Rediseño de la empresa.

Realizado por: Llamuca, L. 2021.

4.9. Presupuesto

El presente rediseño busca reducir contaminantes e implementar materiales accesibles a la curtiembre “Palahua”. El mejorar el proceso de pelambre reducirá contaminantes de sulfuros, en la tabla 33-4, se presenta la cotización tanto de sistemas de aireación como tratamiento de agua para pelambre presentado en la tabla

Tabla 31-4. Cotización general para la implementación del rediseño del sistema de tratamiento de agua

Rubro / Descripción	Cantidad Requerida	Costo Unitario	Costo Global
Sistema de aireación			
Difusor	1	80	82
Válvulas	2	25	45
Sistema de floculación			
Bomba	1	175	175
Soporte metálico	1	180	180
Otros			
Instalaciones y materiales (tuberías y accesorios)			968,00
Subtotal			1450
IVA 12%			174
TOTAL			1624

Fuente Curtiembre “Palahua”.

Realizado por: Llamuca, L. 2021.

4.9.1. Costos de químicos por mes para el tratamiento del agua residual

Tabla 32-4. Costos de químicos por mes para el tratamiento del agua residual utilizada en la planta

QUÍMICO	CARACTERÍSTICA	CANTIDAD(KG/MES)	COSTO(MES)
CCL 6001	0,20%	3,200	10,75
Marpin	-----	1,000	7,52
Cal	1,00%	16,000	7,68
Sulfuro	1,00%	16,000	39,36
Total			65,47

Realizado por: Llamuca, L. 2021.

Para el presente trabajo de titulación de rediseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales enfocado en el agua de pelambre el análisis que se implementa actualmente en la empresa está valorado en 65,47 \$ dólares, en químicos al mes.

Tabla 33-4. Costos de químicos por mes para el tratamiento del agua residual

Químico	Característica	Caudal por tratar /mes)	Concentración media utilizada (mg/L)	Precio unitario	Cantidad (Kg/mes)	Costo (mes)
Tratamiento para agua de pelambre						
Policloruro de Aluminio	Al ₂ O ₃ 5%	252 00	50	1,15	12,60	14,49
Floculador Aniónico	Superfloc A 130	252 00	8	6,50	2,02	13,13
Subtotal						27,62
IVA (12%)						
Total						30,93

Realizado por: LLAMUCA, Lida. 2021.

4.10. Análisis de Resultados

Una vez realizado un estudio de la planta y obtenidos los resultados del agua residual mediante el laboratorio LABCESTTA para conocer los parámetros de contaminación mensual que se debe realizar en la curtiduría “Palahua” con los que son descargados directamente al alcantarillado del punto de muestreo (descarga final) los resultado fueron de DBO 2400mg/l, DQO 9900mg/l. cómo podemos observar están fuera del rango permitido por el cual la curtiduría puede ser sancionada por el GAD provincial de Ambato.

Dado estos resultados se procede a realizar, Los resultados de la caracterización del antes y después del efluente así como los tratamientos aplicados sobre los mismos buscan la reducción de los contaminantes, por lo cual es necesario determinar cuáles son los tratamientos más adecuados para la reducción de la carga contaminante, estos tratamientos fueron: uso de coagulantes de policloruro de aluminio al 3%, utilización de floculante aniónico al 1 %, tratamientos por aireación y un filtro de zeolita, carbón activado, piedra pómez y limo como tratamiento físico. Se consideró muestras simples para la caracterización y posterior tratamiento de los efluentes los parámetros a considerar en la

caracterización del agua residual de pelambre fueron: sulfuros, DBO, DQO, turbiedad, conductividad, sólidos disueltos, sólidos totales, sólidos totales en suspensión, temperatura, pH cuyos valores están tabulados en la (tabla 17-4), siendo estos comparados con los límites dados por el ministerio del ambiente y agua (Tabla 8). El tratamiento físico-químico se realizó por el valor obtenido con el cálculo del índice de biodegradabilidad del efluente de pelambre su valor es de 0,82.

Una vez caracterizado el efluente de pelambre y determinado su índice de biodegradabilidad se procedió a realizar los tratamientos con el uso de policloruro de aluminio como coagulante y floculante aniónico, el valor de pH paso de 10,49 a 6,35, la conductividad disminuyo de 16,81ms/cm a 4,30 ms/cm, la turbidez paso de 3400 a 12,80 NTU, los sólidos totales suspendidos se redujeron de 1630g/L a 21g/L el DBO paso de 14960,00mg/L a 1700 mg/L, el DQO bajo de 18200,00 mg/L a 1920 mg/L, los sólidos suspendidos tuvieron una remoción del 99%, los sólidos totales disminuyeron su valor de 1880mg/L a 118mg/L y los sulfuros pasaron de 1432.00 mg/L a 49 mg/L, terminado el proceso de floculación coagulación y los parámetros de DBO Y DQO a pesar del tratamiento previo que se realizó no cumple con los valores de la norma establecidos se procedió a realizar otro tratamiento previo dejando en aireación el agua residual por 24 horas así obteniendo los siguientes resultados de DBO 320mg/l Y DQO 520mg/l.

Luego de realizar los análisis de los parámetros físicos-químicos se procedió a realizar un análisis con lo que gasta la empresa actualmente al mes es de 65,47 dólares al mes lo que yo propongo a gastar en insumos químicos es el valor de 30,93 dólares al mes. Por lo recomiendo adquirir estos insumos así podemos evitar sanciones por parte del GAD provincial de Ambato. Ya que obtuvimos resultados favorables

Realizado estos análisis podemos comenzar a implementar el rediseño de PTAR Para el presente trabajo de titulación de rediseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales enfocado en el agua de pelambre el análisis de la implementación del rediseño está valorado en 1624 dólares si la empresa decide ejecutarla, mientras que el costo de los químicos es de 30,93 dólares al mes. Estos son valores que empatan con la economía de la curtiduría “Palahua” y de esta manera evitara sanciones por medio del GAD de Ambato.

4.11. Cronograma

ACTIVIDADES	tiempo																				
	1° mes				2° mes				3° mes				4° mes				5° mes				
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
Revisión bibliográfica	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Elaboración del anteproyecto	■	■																			
Diagnóstico Inicial de la planta		■	■																		
Toma de muestra			■	■	■	■															
Caracterización de la Muestra						■	■														
Pruebas de tratabilidad								■	■	■											
Análisis de la calidad del agua											■	■									
Ordenamiento y tabulación información													■	■	■						
Cálculos y propuestas (Dimensionamiento de la planta de tratamiento de agua)																■	■				
Elaboración de borradores																		■			
Corrección borradores																			■		
Tipiado del trabajo final																				■	

CONCLUSIONES

- Se realizó un nuevo sistema de tratamiento de aguas residuales para la curtiduría “Palahua”, de esta manera la aplicación del presente proyecto pretende generar un impacto significativo en la empresa, con respecto a la contaminación producida por la industria del cuero, y así cumplir con las normas vigentes establecidas aportando a la empresa, el medio ambiente y la comunidad de la parroquia Totoras de la Provincia de Tungurahua.
- Mediante diferentes análisis realizados en las muestras de aguas residuales La caracterización del efluente de pelambre presentó los siguientes parámetros que se encontraron fuera de norma vigente establecida: pH de 10,49; DBO 14960,00 mg/L; DQO 18200,00 mg/L; sólidos totales 1880 mg/L y sulfatos de 960 mg/ Producidas por la curtiduría “Palahua” determinamos que los resultados obtenidos no se encuentran dentro de los parámetros permisibles de la norma vigente por esto se vuelve necesario la rápida implementación del nuevo sistema de tratamiento.
- A partir de los cálculos de ingeniería se determinó el dimensionamiento del rediseño de la empresa cuenta con las siguientes maquinarias: 5 bombos, una descarnadora, una divididora, una raspadora, una escurridora, una gamusadora, una plancha, una ablandadora, un togli-estacadora, una pigmentadora, con estas máquinas la producción mensual es de 400 pieles en promedio al mes. En la planta actual se va implementar de acuerdo a él volumen de aire necesario proporcionado por un compresor en el tanque. Se debe tomar en cuenta el pH que debe ser menos de 9 y añadir hipoclorito de sodio para evitar malos olores del mismo modo se debe transferir la descarga homogenizada y aireada al tanque de precipitación de 9m³ mediante bombeo de 2hp.g
- Finalizado el proceso de tratabilidad de las descargas generadas en la empresa se realizó los análisis de validación de resultados obteniendo valores positivos para el tratamiento que se realizó en el laboratorio, de esta manera se pudo determinar que para el agua de pelambre se logró los siguientes resultados de remoción de contaminantes: 98% DBO₅; 97% DQO; 99% SST y 99% Sulfuros, evidenciando resultados muy complacientes de acuerdo al tratamiento definido.

RECOMENDACIONES

- Para el correcto funcionamiento de la planta de tratamiento se debe capacitar constantemente al personal encargado de la operación y mantenimiento del sistema, de este modo se lograría un alto rendimiento de operabilidad.
- Revisión continua de equipos de proceso y análisis periódico de las aguas de descarga y de las aguas tratadas para definir si es necesaria la modificación del proceso de tratamiento ya sea reducción o aumento de flujos de químicos o implementación de una nueva etapa dentro del sistema.
- Implementar un manual de operación del sistema de tratamiento y, más importante aún, un manual relacionado a la seguridad y salud en el trabajo durante la operabilidad de la PTAR; esto es indispensable ya que las personas encargadas de la ejecución del tratamiento de los vertidos entrarán en contacto con productos químicos y con equipos móviles que representan un riesgo potencial para los operadores.

BIBLIOGRAFÍA

ALARCÓN, C. Tratamiento de aguas residuales provenientes de la fase de teñido de la curtiembre mediante un sistema físico-químico basado en la oxidación avanzado con la ayuda del semiconductor TiO₂ en la presencia de luz UV. [Arte] 2014 (Universidad San Francisco de Quito).

ARTIGA, P. Contribucion a la mejora del tratamiento biologico de aguas residuales de la industria de curtidos. [Arte] (2005). (Universida de Santiago de Compostela).

BERMEO G, M. Tratamiento de aguas residuales. (2016) Guayaquil: s.n.

BEZAMA, A. & MÁRQUEZ, F., Recuperación de reactivos de los efluentes de curtiembres: experiencias a nivel laboratorio y plantas piloto. [Arte] (2007). (Producción limpia en la industria de curtiembre,).

BLACK, M. Y OTROS., Best Aviable Techniques. [En línea] (2003) Available at: <http://europa.eu/> [Último acceso: 13 Febrero 2021].

CAMARA NACIONAL DE LNDUSTRIAS, Guia tecnica de produccion más limpia paracurtinbres. [En línea] 2003 Available at:https://www.researchgate.net/profile/Juan_Cristobal_Birbuet/publication/291333001_Guia_Tecnica_de_Produccion_Mas_Limpia_para_Curtiembres/links/569fd21108ae2c638eb7c6e6/Guia-Tecnica-de-Produccion-Mas-Limpia-para-Curtiembres.pdf. [Último acceso: 16 Abril 2021].

CENTRO NACIONAL DE PRODUCCION MÁS LIMPIA.. Manual Sensorial Proyecto Gestión Ambiental en el sector industirlal. [En línea] (2004). Available at: <http://www.tecnologiaslimpias.org/curtiembres/manual.pdf>. [Último acceso: 08 Julio 2021].

CHANG, M. Quimica. septima edición ed. Colombia: (2002 McGraw Hill. Ambiente y Desarrollo Sostenible).

HARDY, J. Flow Measurement Methods & Applications”. [Arte] (1998). (John Willey & Sons).

HERRERA, V. Rediseño del sistema de tratamiento de aguas residuales para la curtiembre Chimborazo ubicada en la ciudad. [Arte] (2019). (Escuela Superior Politecnica de Chimborazo).

IGLESIAS, E. La industria del cuero. (1998). 1era ed. Mexico D.F: UNAM.

MARTINEZ, J. Diseño de una planta de tratameinto de aguas residuales en la empresa de curtiembre Aldas. [Arte] (2016). (Universidad Técnica de Ambato).

MÉNDEZ, R., VIDAL, G., LORBER, K. & MARQUEZ, F. Produccion limpia en la industria de la curtinbre. [Arte] (2007) (Chile).

MINISTERIO DEL AMBIENTE. Ministerio del Ambiente Ecuador. [En línea] (2015). Available at:

[ttp://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu112183.pdf%0Ahttp://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/i](http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu112183.pdf%0Ahttp://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/images/Secretaria_Ambiente/red_monitoreo/informacion/norma_ecuato_calidad.pdf)

[mages/Secretaria_Ambiente/red_monitoreo/informacion/norma_ecuato_calidad.pdf](http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu112183.pdf%0Ahttp://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/images/Secretaria_Ambiente/red_monitoreo/informacion/norma_ecuato_calidad.pdf).
[Último acceso: 22 Julio 2021].

MINISTERIO DEL AMBIENTE Y AGUA. La industria de los Cueros (A base de sales de Cromo, con Agentes vegetales). [En línea] (2020)

Available at: [www.ambiente.gob.ec/wp-](http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/03/PART2.pdf%0AAccessed:)
[content/uploads/downloads/2013/03/PART2.pdf%0AAccessed:](http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/03/PART2.pdf%0AAccessed:) 2021-02-23.

[Último acceso: 28 abril 2021].

MORAL, A. Depuración de Cromo III en aguas residuales. [En línea] (2021) Available at: [https://www.interempresas.net/Agua/Articulos/49657-Depuracion-de-Cromo-III-en- aguas-residuales-que-contienen-alta-carga-proteica.html](https://www.interempresas.net/Agua/Articulos/49657-Depuracion-de-Cromo-III-en-aguas-residuales-que-contienen-alta-carga-proteica.html).

[Último acceso: 19 Julio 2021].

NTE INEN 2176, 2013. Norma Técnica Ecuatoriana. [Arte] (Insitituo Ecuatoriano de Normalización).

RESOLUCIÓN/0631. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. [Arte] (2015).(Ministerio de

SANCHEZ, V. Rediseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales para la curtiduría San Vicente de la ciudad de Ambato. [Arte] (2019) (Escuela Politécnica de Chimborazo).

SANTANA, A. El cumplimiento de las normas ambientales y su relación de competitividad de las PYMES del sector cutiembre del cantón Ambato. [Arte] (2016) (Universidad Técnica de Ambato).

SONG, Z. & WILLIAMS, C. E. R. Sedimentation of tannery wastewater. (2000) Water Res.

VALDÉS, D. Diseño preliminar de un sistema de tratamiento de aguas residuales a escala industrial para los efluentes del procesamiento de pieles. [Arte] (2012) (Bachelor's thesis, Quito: USFQ, 2012).

ANEXOS

ANEXO A: ANÁLISIS DE LABORATORIO AGUA RESIDUAL PELAMBRE



ESPOCH
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

LABORATORIO DE CALIDAD DEL AGUA FACULTAD DE CIENCIAS

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Lida Piedad Llamuca Cali

Fecha de Análisis: 04 de marzo del 2021

Tipo de muestras: Agua residual de pelambre curtiembre "PALAHUA"

Localidad: cantón Riobamba - provincia de Chimborazo

TRABAJO DE INTEGRACION CURRICULAR

Determinaciones	Unidades	*Método	**Límites	Resultados
Ph	Und.	4500-B	6-9	10,49
Temperatura	°C	2550	<40	23
Conductividad	µSiems/cm	2510-B	-	16,81
Turbiedad	UNT	2130-B	-	8400
Sulfatos	mg/L	2400-SO4-B	1000	960
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-C	500	18200,00
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	250	14960,00
Sólidos Totales	mg/L	2540-A	1600	1880
Sólidos Sedimentables	mL/L	2540-B	20	5,00
Sólidos Suspendidos	mg/L	2540-D	130,0	1680

*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.

**TULSMA TABLA 10. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

Observaciones:

Atentamente.

Dra. Gina Álvarez R.
RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS

ANEXO B: ANÁLISIS DE LABORATORIO 2 AGUA RESIDUAL PELAMBRE CURTIURÍA "PALAHUA"



ESPOCH
ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO

**LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA
FACULTAD DE CIENCIAS**

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Lida Piedad Llamuca Cali

Fecha de Análisis: 04 de marzo del 2021

Tipo de muestras: Agua tratada de agua residual de pelambre, curtiembre "PALAHUA"

Localidad: cantón Riobamba – provincia de Chimborazo

TRABAJO DE INTEGRACION CURRICULAR

Determinaciones	Unidades	*Método	**Límites	Resultados
pH	Und.	4500-B	6-9	6,35
Temperatura	°C	2550	<40	23
Conductividad	μSiems/cm	2510-B	-	4,30
Turbiedad	UNT	2130-B	-	12,80
Sulfatos	mg/L	2400-SO4-B	1000	53
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-C	500	520
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	250	320
Sólidos Totales	mg/L	2540-A	1600	118
Sólidos Sedimentables	mL/L	2540-B	20	0,00
Sólidos Suspendidos	mg/L	2540-D	130,0	21

*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.

**TULSMA TABLA 10. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

Observaciones:

Atentamente,

Dra. Gina Álvarez R.
RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS

ANEXO C: ANÁLISIS DE LABORATORIO DE PEDIDOS POR LA CURTIDURÍA PALAHUA
LABORATORIO LABCESTTA

 LABCESTTA <small>TECNOLOGÍA Y CALIDAD</small>	DEPARTAMENTO: ANALITICALAB	 <small>Servicio de Acreditación Ecuatoriana</small> Acreditación N° SAE LEN 16-034 LABORATORIO DE ENAYOS
--	---------------------------------------	---

INFORME DE RESULTADOS No: A-854-20

INFORMACIÓN DEL CLIENTE			
NOMBRE CLIENTE:	CURTIDURIA ARTESANAL PALAHUA	ATENCIÓN A:	Nuñez Píllajo Luis Gonzalo
DIRECCIÓN:	Ambato, Tolora Palahua	TELÉFONO:	2748586
TIPO DE MUESTRA:	Agua (Residual)	PUNTO DE MUESTREO:	Descarga final
CÓDIGO CLIENTE:	A-1	FECHA Y HORA DE MUESTREO, RESPONSABLE:	NA

INFORMACIÓN DEL LABORATORIO

MUESTREO REALIZADO POR:	LABCESTTA S.A	NÚMERO DE MUESTRAS:	01
FECHA Y HORA DE MUESTREO:	14/12/2020 06:50	ANÁLISIS SOLICITADO:	Finico - Químico
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:	14/12/2020 17:50	FECHA DE ANÁLISIS:	14/12/2020 - 24/12/2020
FECHA DE EMISIÓN DE INFORME:	24/12/2020	CÓDIGO LABORATORIO:	AL-A-854-20
RESPONSABLE DEL MUESTREO:	Luis Albán	COORDENADAS:	17M 767402/9853778
CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS	T máx.: 25,0 °C. T mín.: 15,0 °C		

RESULTADOS ANALÍTICOS

ENSAYO	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE (k=2)	MÉTODO /NORMA	VALOR LÍMITE PERMISIBLE
Potencial Hidrógeno	Unidades de pH	8,04	±0,2	PE-AL-03 Standard Methods Ed.23.2017 4500 H ⁺ D	6-9
Demanda Bioquímica de Oxígeno (Sólidos)	mg/L	2400	±10%	PE/AL/28 Standard Methods Ed.23.2017 5210B HACH, Method 8166	250
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	9900	±6%	PE/AL/05 Standard Methods Ed.23.2017 5220D	500
Sólidos suspendidos totales	mg/L	308	±29%	PE-AL-44 Standard Methods Ed.23.2017 2540 D	220
Tensoactivos	mg/L	1,06	±6%	PE-AL-45 Standard Methods Ed.23.2017 5540 C	2,0
Aceites y Grasas	mg/L	118	±3%	PE-AL-34 Standard Methods Ed.23.2017 5520 B	70
*Caudal	L/s	0,51	-	Volumétrico	-
Fenoles	mg/L	0,048	±12%	PE-AL-06 Standard Methods Ed.23.2017 5530C	0,2

ANEXO D: AUTORIZACIÓN DE REACTIVOS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS

**ESPOCH**
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

Oficio Nro. ESPOCH-FC-2021-0143-O
Riobamba, 12 de enero de 2021

Asunto: USO DE REACTIVOS

Señora Ingeniera
Ligia Elizabeth Paredes Peñafiel, MSc.
Técnico Docente
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
En su Despacho

De mi consideración:

Con un cordial saludo, por medio de la presente me permito informar que el (a) señor (ita) **Lida Llamuca**, estudiante de la carrera de Ingeniería Química, solicita reactivos, para el Trabajo de integración curricular: "Rediseño de un sistema de tratamientos de aguas residuales para la curtiembre Palahua del GAD Provincial de Ambato", por lo cual **autorizo** de acuerdo al siguiente detalle, siempre y cuando haya en existencia en bodega.

Reactivo	Cantidad
Hexano	100 mL

Particular que informo para los fines pertinentes.

Atentamente,
SABER PARA SER

Documento firmado electrónicamente
Dr. Edmundo Rodrigo Caluña Sanchez
DECANO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS

Copia:
Señora Ingeniera
Mabel Mariela Parada Rivera, Mgs.
Docente Titular Auxiliar 1

cc


Autorización uso de Reactivos

EDMUNDO RODRIGO CALUÑA SANCHEZ
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo
Facultad de Ciencias
Riobamba, Ecuador
12/01/2021

Dirección: Panamericana Sur km 1 ½
www.expoch.edu.ec

Teléfono: 593 (03) 2 998200
Código Postal: EC060155

Documento generado por oficina expoch.edu.ec

1/1

ANEXO E: AVAL DE LA CURTIDURÍA PALAHUA



CURTIDURÍA ARTESANAL
PALAHUA

Riobamba, 21 de diciembre de 2020

Doctor
Bolívar Flores Mg
PRESIDENTE DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR
DE LA CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA
Presente. -

De mi consideración:

Reciba un atento saludo, me remito a usted para poner en conocimiento que, "CURTIDURÍA PALAHUA "apoya a la ejecución del Trabajo de Integración Curricular denominado "REISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA CURTIDURÍA PALAHUA DE LA PARROQUIA TOTORAS-TUNGURAGUA" que realizara la srt. Lida Piedad Llamuca Cali con C.I. 060411417-3 y código estudiantil 984560, estudiante de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ingeniería Química.

Declaro conocer y aceptar los términos y condiciones previstas para la ejecución del Trabajo de Titulación, estando conformes con todas aquellas actividades que se prevean realizar con nuestro apoyo, otorgo de esta manera el aval para la realización del mismo.

Por la favorable atención, anticipo mi agradecimiento.

Atentamente,

GONZALO NUÑEZ
C.I. 180087921-3
GGETENTE PROPIETARIO

ANEXO F: ANÁLISIS DE MUESTRA



ANEXO G: ANÁLISIS DE LABORATORIO



ANEXO H: BOMBO DE PELAMBRE



ANEXO I: ANÁLISIS DE JARRAS



ANEXO J: ANÁLISIS DE JARRAS



ANEXO K: REACTIVOS

