

**EVALUACIÓN DE UNA PROPUESTA PARA EL SISTEMA DE TRATAMIENTO
DE AGUAS RESIDUALES DE CURTIEMBRE Y MARROQUINERÍA F.B**

**OSCAR EDUARDO GARCIA MUÑOZ
LISSETTE NATALIA RAMIREZ RODRIGUEZ**

**FUNDACION UNIVERSIDAD DE AMERICA
FACULTAD DE INGENIERIAS
PROGRAMA DE INGENIERIA QUIMICA
BOGOTA D.C.
2019**

**EVALUACIÓN DE UNA PROPUESTA PARA EL SISTEMA DE TRATAMIENTO
DE AGUAS RESIDUALES DE CURTIEMBRE Y MARROQUINERÍA F.B**

**OSCAR EDUARDO GARCIA MUÑOZ
LISSETTE NATALIA RAMIREZ RODRIGUEZ**

**Proyecto integral de grado para optar al título de
INGENIERO QUÍMICO**

**FUNDACION UNIVERSIDAD DE AMERICA
FACULTAD DE INGENIERIAS
PROGRAMA DE INGENIERIA QUIMICA
BOGOTA D.C.
2019**

Nota de aceptación:

Ing. Oscar Lombana Charfuelan

Ing. Iván Ramírez Marín

Ing. Diana Marcela Cuesta Parra

Bogotá. D.C, febrero del 2019

DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad Y Rector del Claustro

Dr. JAIME POSADA DIAZ

Vicerrector del Desarrollo y Recursos Humanos

Dr. LUIS JAIME POSADA GARCÍA PEÑA

Vicerrectora Académica Y de Posgrados

Dra. ANA JOSEFA HERRERA VARGAS

Decano General Facultad de Ingeniería

Dr. JULIO CESAR FUENTES ARISMEDI

Director Programa Ingeniería Química

Dr. LEONARDO DE JESUS HERRERA GUTIERREZ

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestos en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios, a mis Padres Doris Muñoz y Héctor García, quienes me apoyaron, en todas mis decisiones, a los cuales les atribuyo mis éxitos, por inculcarme responsabilidad, puntualidad, respeto, y demás valores que me han hecho llegar hasta acá, gracias a ellos por su amor incondicional y su ayuda durante todo este tiempo.

A mis hermanos Edna García y Héctor García, los cuales me han apoyado y animado durante este largo proceso.

A mi novia, mis amigos, por estar hay en las situaciones buenas y malas que nos trae la vida, apoyándome y aconsejándome para ser y actuar de la mejor manera.

Oscar Eduardo García Muñoz.

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo a mi madre Ana Marlene Rodríguez Ávila y a mi padre Jesús Gildardo Ramírez quienes me apoyaron a lo largo de mi carrera y fueron un apoyo a lo largo de este camino que pronto culmina gracias por toda su entrega y dedicación por inculcar en mis valores como el respeto y la responsabilidad además de las ganas continuas de salir adelante.

A mi hermana Ivonne sarmiento quien me apoyo y animo en los momentos de dificultad además de tener siempre una acción de escucha frente a mis problemas.

Por ultimo quiero agradecer a mis amigos que lograron acompañarme ayudarme y apoyarme con el recorrido de cinco años en la universidad gracias por las risas, lagrimas, y trabajos juntos gracias a sus enseñanzas ocurrencias y consejos que me hicieron mejor cada día para mí y para las personas que me rodean.

Lissette Natalia Ramírez Rodríguez

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus más sinceros agradecimientos:

A el Ingeniero Oscar Libardo Lombana Charfuelan, nuestro asesor, por su gran ayuda y colaboración en el desarrollo del proyecto.

A todos los miembros de la empresa CURTIEMBRE Y MARROQUINERIA FB. dado que su colaboración en aspectos técnicos y asesoría en general, fueron un gran aporte para el desarrollo del proyecto.

A la Universidad de América, sus Directivos y Docentes por sus conocimientos impartidos, su experiencia y dedicación a la formación profesional.

CONTENIDO

	pág.
1. GENERALIDADES	24
1.1 UBICACIÓN	24
1.2 ESTADO ACTUAL DE LOS VERTIMIENTOS	25
1.3 DESCRIPCION DEL SECTOR	25
1.4 PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN	25
1.5 CURTIEMBRES	26
1.6 COMERCIO EXTERIOR	27
1.7 COMERCIO NACIONAL	28
1.8 LEGISLACIÓN VIGENTE EN EL SECTOR CURTIEMBRE	29
1.9 PROBLEMÁTICA AMBIENTAL	30
2. PROCESO PRODUCTIVO EN LA EMPRESA CURTIEMBRE Y MARROQUINERIA FB	32
2.1 DIAGRAMAS DE PROCESO	32
2.2 PROCESO DE PRODUCCION	32
2.2.1 Ribera	33
2.2.2 Lavado	34
2.2.3 Remojo	35
2.2.4 Pelambre	35
2.2.5 Desencale	36
2.2.6 Piquelado	36
2.2.7 Curtido	36
2.2.8 Curtido	37
2.2.9 Recurtido	37
2.2.10 Engrase	37
2.2.11 Teñido	37
2.2.12 Acabado	38
2.2.13 Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	39
2.2.14 Demanda química de oxígeno (DQO)	39
2.2.15 Sulfuros	40
2.2.16 Sustancias activas al azul de metileno (SAAM)	41
2.2.17 Sólidos Suspendidos Totales (SST)	42
2.2.18 Sólidos Sedimentables (SS)	42
2.2.19 Potencial de Hidrógeno (pH)	43
2.2.20 Cromo Total	44

2.2.21	Fenoles	46
2.2.22	Aceites y Grasas	46
2.2.23	Eliminación de cromo	47
2.3	BALANCE HIDRICO DEL PROCESO	47
2.3.1	Identificación de las variables y ecuaciones hídricas del proceso productivo	48
2.4	BALANCE HIDRICO Y RELACIONES DE AGUA EN EL PROCESO	51
3.	DIAGNOSTICO DEL ESTADO ACTUAL DEL AGUA VERTIDA POR CURTIEMBRE Y MARROQUINERIA F.B	58
3.1	CARACTERIZACIÓN DE LOS VERTIMIENTOS DE LA EMPRESA CURTIEMBRE Y MARROQUINERIA F.B	58
4.	DESARROLLO EXPERIMENTAL A PARTIR DEL DIAGNOSTICO DEL AGUA VERTIDA POR CURTIEMBRE Y MARROQUINERIA F.B	60
4.1	DETERMINACION DE CRITERIOS DE SELECCIÓN	60
4.2	DETERMINACIÓN DE LAS CONDICIONES DEL PRETRATAMIENTO	60
4.2.1	Tamizado o cribado	61
4.2.2	Desengrasado	62
4.2.3	Eliminación de sulfuros	65
4.2.4	Eliminación de cromo	69
4.2.5	Homogenización	75
4.3	TRATAMIENTO PRIMARIO	76
4.4	COAGULACION Y FLOCULACION	79
4.5	RESULTADOS FINALES A PARTIR DE LA CARACTERIZACION DEL AGUA RESIDUAL DE UNA MUESTRA PILOTO	85
5.	DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (STAR)	86
5.1	SELECCIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO	86
5.2	DISEÑO DEL TAMIZ	88
5.3	DISEÑO TANQUE DE ELIMINACION DE CROMO Y SULFURO	88
5.3.1	Calculo del volumen del tanque de eliminación de cromo	88
5.3.2	Calculo de la longitud del tanque de eliminación de cromo	89
5.3.3	Volumen del tanque de eliminación de sulfuro	89
5.3.4	Longitud del tanque de eliminación de sulfuro	90
5.4	DISEÑO DEL TANQUE HOMOGENIZADOR Y TRAMPA DE GRASAS	90
5.4.1	Calculo del volumen requerido	91
5.4.2	Calculo de la longitud del tanque	91

5.4.3	Calculo de la potencia de la bomba de succión del tanque homogeneizador	91
5.5	DISEÑO DEL TANQUE DE FLOTACIÓN POR AIRE DIRECTO DAF	93
5.5.1	Calculo del volumen requerido para la columna de flotación por inyección de aire	93
5.5.2	Calculo de longitud del tanque de aireación	94
5.5.3	Calculo de la potencia de los aireadores superficiales	94
5.6	DISEÑO DEL TANQUE DE COAGULACIÓN Y FLOCULACIÓN	97
5.6.1	Calculo de las cantidades de reactivos químicos a utilizar	97
6.	ANÁLISIS FINANCIERO DEL DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA EMPRESA CURTIEMBRE Y MARROQUINERIA F.B	100
6.1	DETERMINACIÓN DE COSTOS DE INVERSIÓN	100
6.2	DETERMINACIÓN DE LOS INGRESOS ANUALES	101
6.3	DETERMINACIÓN DE COSTOS OPERACIONALES	102
6.4	ELABORACIÓN DEL FLUJO DE CAJA PROYECTADO	102
7.	CONCLUISIONES	105
8.	RECOMENDACIONES	107
	BIBLIOGRAFÍA	109
	ANEXOS	113

LISTAS DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Ubicación CURTIEMBRES Y MARROQUINERÍA FB	24
Figura 2. Diagrama del proceso de producción en CURTIEMBRE Y MARROQUINERIA F.B	32
Figura 3. Piel obtenida del proceso de Ribera	34
Figura 4. Lavado de pieles	34
Figura 5. Remojo	35
Figura 6. Pelambre	36
Figura 7. Pieles obtenidas del Piquelado y Curtido	37
Figura 8. Teñido	38
Figura 9. Acabado	39
Figura 10. Ejemplos de tensoactivos aniónicos	41
Figura 11. Compuestos predominantes del cromo en solución acuosa según el Eh – Ph	45
Figura 12. Identificación de variables del proceso de transformación de pieles en CURTIEMBRE Y MARROQUINERIA F.B	48
Figura 13. Sistema de rejillas trampa de grasas	63
Figura 14. Aguas antes y después de la trampa de grasas	64
Figura 15. Montaje del diseño experimental	66
Figura 16. Proceso experimental con tres diferentes concentraciones (159.988 Mg/L, 199.985 Mg/L y 980.000 Mg/L)	70
Figura 17. Ensayos en laboratorio para precipitación de cromo mediante hidróxido de sodio en concentraciones de 159.988 Mg/L, 199.985 Mg/L y 980.000 Mg/L respectivamente.	71
Figura 18. Proceso de sedimentación del cromo con concentración de hidróxido de sodio 159.988 Mg/L.	72
Figura 19. Separación de la torta y el sobrenadante del proceso de sedimentación con concentración de hidróxido de sodio 159.988 Mg/L.	73
Figura 20. Separación de la torta y el sobrenadante del proceso de sedimentación con concentración de hidróxido de sodio 199.985 Mg/L	73
Figura 21. Separación de la torta y el sobrenadante del proceso de sedimentación con concentración de hidróxido de sodio de 980.000 Mg/L	74
Figura 22. Fenómeno presentado en la muestra homogenizada	77
Figura 23. Proceso de coagulación con 600 y 800 Mg/L de sulfato de aluminio con una concentración de 100.000 Mg/L	81
Figura 24. Proceso de floculación con 20, 40 y 60 Mg/L de poliacrilamida	82
Figura 25. Proceso de coagulación con 200, 400 y 600 Mg/L de policloruro de aluminio	83
Figura 26. Resultados de coagulación y floculación con sulfato de aluminio al 100.000 Mg/L y poliacrilamida al 10.000 Mg/L	84
Figura 27. Diagrama de flujo del proceso del STAR	98

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Cadena Productiva del cuero	2626
Tabla 2. Relación de agua en cada etapa del proceso	51
Tabla 3. Determinación de los balances hídricos por etapas	52
Tabla 4. Resultados del balance hídrico por etapas	53
Tabla 5. Caracterización de los vertimientos generados por la empresa CURTIEMBRE Y MARROQUINERIA F.B	58
Tabla 6. Parámetros obtenidos y comparación con la resolución 631 de 2015	59
Tabla 7. Análisis de granulometría de las aguas residuales del proceso productivo	62
Tabla 8. Resultados del Proceso de Reducción	67
Tabla 9. Porcentajes de reducción de sulfuro de sodio	74
Tabla 10. Matriz concentración de cromo (mg/L) en el agua residual, después de la precipitación con hidróxido de sodio	75
Tabla 11. Turbiedad en las muestras de precipitación de cromo con hidróxido de sodio a concentraciones de 159.988 Mg/L y 980.000 Mg/L	
Tabla 12. Resultados de flotación de la muestra homogenizada	77
Tabla 13. Resultados del test de jarras para la muestra tomada en laboratorio de 500 ml realizado con diferentes concentraciones de sulfato de aluminio	80
Tabla 14. Resultados de floculación empleando la combinación de sulfato de aluminio- poliacrilamida (floculante)	81
Tabla 15. Resultados para el test de jarras obtenidos para una muestra de 500 ml, realizado para diferentes volúmenes de policloruro de aluminio	83
Tabla 16. Resumen de los mejores resultados de las pruebas de jarras	84
Tabla 17. Comparación de los parámetros expuestos por la ley 0635 del 2015 a partir de las caracterizaciones inicial y final en las aguas residuales	85
Tabla 18. Parámetros generales para el diseño de un STAR en CURTIEMBRE Y MARROQUINERÍA F.B	86
Tabla 19. Tratamientos propuestos para el STAR en CURTIEMBRE Y MARROQUINERIA F.B	87
Tabla 20. Dimensiones del tanque de eliminación de cromo	89
Tabla 21. Dimensiones del tanque de eliminación de sulfuros	90
Tabla 22. Parámetros de diseño para el tanque homogenizador y trampa de grasas	90
Tabla 23. Dimensiones del tanque homogeneizador y potencia de la bomba	93
Tabla 24. Dimensionamiento de la comuna de flotación con inyección de aire	93
Tabla 25. Condiciones y potencia necesaria para la columna de flotación por inyección de aire	96
Tabla 26. Cantidad de reactivos químicos a utilizar en el tanque de coagulación y floculación	97
Tabla 27. Costos de inversión del proyecto	100
Tabla 28. Ingresos anuales de la empresa CURTIEMBRE Y MARROQUINERIA F.B.	101

Tabla 29. Costos operacionales anualizados	102
Tabla 30. Flujo de caja proyectado a cinco años millones de pesos	103

LISTA DE GRAFICAS

	pág.
Grafica 1. Principales productos exportados de cuero de enero a mayo del 2018 en US\$FOB	27
Grafica 2. Variación % año corrido de producción, ventas y empleo de la industria del cuero en Colombia	29
Grafica 3. pH en las diferentes etapas del proceso de transformación de pieles	43
Grafica 4. Curva de granulometría	62
Grafica 5. Resultados obtenidos en la etapa de sedimentación	78

LISTA DE ECUACIONES

	pág.
Ecuación 1. Ecuación global del balance de masa	54
Ecuación 2. Ecuación del balance de masa en el proceso	54
Ecuación 3. Ecuación hídrica global	54
Ecuación 4. Balance hídrico del proceso productivo	54
Ecuación 5. Porcentaje de reducción	67
Ecuación 6. Ecuación de la recta	78
Ecuación 7. Volumen del tanque de eliminación de cromo	88
Ecuación 8. Longitud del tanque de eliminación de cromo	89
Ecuación 9. Potencia de la bomba	92
Ecuación 10. Altura dinámica de la bomba	92
Ecuación 11. Potencia recomendada para la bomba	92
Ecuación 12. Remoción de DBO5 en la columna de flotación	95
Ecuación 13. Concentración a remover de DBO5	95
Ecuación 14. Determinación de la potencia del aire	96
Ecuación 15. Valor presente neto (VPN)	104

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Caracterización de los vertimientos de agosto de 2018	114
Anexo B. Extracto de la resolución 0631 de 2015	115
Anexo C. Reporte de contenido de cromo en las muestras de agua residual tratadas con 4m, 5m ,98%	116
Anexo D. Reporte contenido de sulfuro en las muestras con 7ml, 3ml, 2ml y sin tratar	119
Anexo E. Resultados finales caracterización de agua residuales 2018	121

GLOSARIO

CONTAMINACIÓN: es la perturbación del medio ambiente por medio de componentes dispuestas de manera artificial por la actividad de los seres humanos, en cantidades capaces de afectar al bienestar y salud de los seres vivos, vulnerar la fauna y la flora, degradar la calidad del medio ambiente¹.

CONTAMINANTES: son sustancias, o elementos en estado sólido, líquido o gaseoso, causantes de efectos adversos en el medio ambiente, los recursos naturales renovables y la salud humana que solos, o en combinación, o como productos de reacción, se emiten al aire como resultado de actividades humanas, de causas naturales, o de una combinación de estas².

CURTIDO: es un proceso que pretende estabilizar las propiedades de la piel del animal sin que sufra cambios naturales de descomposición y putrefacción³.

EFLUENTE: es el término empleado para nombrar las aguas vertidas con desechos sólidos, líquidos o gaseosos que son emitidos por viviendas y/o industrias⁴.

ENZIMA: es un compuesto derivado de células animales o vegetales. Su función es catalizar las reacciones bioquímicas del metabolismo ayudando a la degradación de proteínas y grasas. Consiste en una proteína simple la cual cumple la función de soporte, unida a una sustancia relativamente sencilla que será el grupo activo, este último puede ser un metal o un compuesto puramente orgánico⁵.

FULÓN: es un equipo de forma cilíndrica (normalmente de madera) en el cual se lleva a cabo todo el proceso de producción del cuero⁶.

¹ Significado contaminación, que es la contaminación [en línea]. Disponible en: <https://www.significados.com/contaminacion/> [citado el 15 de enero de 2019].

² Conceptos básicos. Contaminantes [en línea]. Disponible en: <http://www.laboratoriocn.com/contaminantes/concepto> [citado el 15 de enero de 2019].

³ Pieles. Napalux [en línea]. Disponible en: <https://www.podoortosis.com/empresa/informaci%C3%B3n/pielés/> [citado el 15 de enero de 2019].

⁴ Efluentes. Mónica Spinelli. [en línea]. Disponible en: <https://www.mendoza-conicet.gob.ar/portal/enciclopedia/terminos/Efluentes.htm>. [citado el 15 de enero de 2019].

⁵ Pérez j, Merino M. Definición de biocatalizador. [en línea]. Disponible en: <https://definicion.de/biocatalizador/>. [citado el 15 de enero de 2019].

⁶ Gualoto M, Vizuete D. UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO, IMPLEMENTACIÓN DE UN FULÓN DE CURTICIÓN DE CUEROS PARA EL ESTUDIO DEL PROCESO DE CURTIDO DE PIELES DE ESPECIES. [en línea]. disponible en:

MEDIO AMBIENTE: es el conjunto de los elementos bióticos (flora y fauna) y abióticos (energía solar, agua, aire y tierra mineral) que integran un determinado espacio, afectan a la vida, al desarrollo y a la supervivencia de un organismo, y que permiten el desarrollo de ecosistemas⁷.

RESIDUOS LÍQUIDOS: son las aguas residuales que se vierten desde la planta de tratamiento de agua⁸.

SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (STAR): es un sistema donde a las aguas residuales se les es retirado los contaminantes, para evitar riesgos y daños a la salud y al medio ambiente al disponerla en un cuerpo de receptor natural⁹.

<http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/1877/1/UNACH-EC-IAI-2016-0006.pdf>. [citado el 15 de enero de 2019].

⁷ FACTORES BIOTICOS. [EN LINEA]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/juanrevilla2/factores-bioticos-y-abioticos>. [citado el 15 de enero de 2019].

⁸ RESIDUALES LIQUIDOS.[en línea]. Disponible en: https://www.ecured.cu/Residuales_L%C3%ADquidos. [citado el 15 de enero de 2019].

⁹ Lizarazo J, Orjuela M. UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. SISTEMAS DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN COLOMBIA. [EN LINEA.] disponible en: <http://bdigital.unal.edu.co/11112/1/marthaisabelorjuela2013.pdf>. [citado el 15 de enero de 2019].

RESUMEN

En el presente proyecto se diseñó un sistema de tratamiento de aguas residuales (STAR) para una empresa de curtiembre de tipo artesanal, con el objetivo de eliminar principalmente el material orgánico y las sustancias químicas altamente contaminantes, para esto se inspeccionó la empresa y se obtuvieron muestras del agua descargada, determinando los parámetros de caudal, pH, turbidez, DBO5, DQO, sulfuros y cromo; con estos datos, se propusieron las operaciones adecuadas para la remediación del agua, siendo los principales tratamientos la eliminación de sulfuro y cromo, así como el de coagulación y floculación, para los cuales se realizaron las pruebas de acidificación, precipitación y test de jarras, obteniendo una dosificación de 19,96 mL de ácido clorhídrico para 250 mL de muestra de la etapa de pelambre, así como 14 mL de hidróxido de sodio con una concentración de 980.000 mg/L, para una solución de 500 mL de una muestra proveniente de la mezcla de la etapa de curtido y recurtido y por último, una concentración de coagulante y floculante correspondiente a 800 mg/L de Sulfato de aluminio y 60 mg/L de Poliacrilamida respectivamente, el agua después del tratamiento se volvió a caracterizar en los parámetros ya descritos teniendo como resultado una concentración de sulfuros de 2,74 mg/L, Cromo Total de 0,68 mg/L, DBO de 1.763 mg/L y DQO de 2.085 mg/L. Estos resultados se compararon con la Resolución 0631 de 2015, en donde se determinó el cumplimiento de cada uno de los parámetros estipulados dentro de esta norma, por lo tanto, se propuso los tratamientos complementarios y se proyectó en el diseño de la planta real.

Este diseño podrá ser utilizado para la implementación de la planta en la empresa donde se realizó la investigación o por otras que operen en condiciones similares.

PALABRAS CLAVE: STAR, Contaminación, ambiente, curtiembre, producción.

INTRODUCCION

A lo largo del tiempo la industria de las curtiembres se ha postulado como una de las actividades industriales con más responsabilidad en la contaminación del medio ambiente y esto refleja un alto impacto en el entorno en el cual se desarrolla la actividad. Ya que en los últimos años el aumento de este tipo de industrias sin un adecuado control, genero considerables impactos ambientales en la zona dominadas por este gremio. El vertimiento de efluentes con alta carga orgánica y continentales que pueden ser considerados tóxicos, la emisión de gases, las disposiciones de solidos entre otros factores pueden determinar y evaluar el estado actual y el impacto ambiental de una empresa

La industria de las curtiembres tiene como finalidad realizar una transformación de las pieles de animales en un material estable llamado cuero el cual pueda ser utilizado como materia prima de otro tipo de industrias como automotrices, de tipo artesanal, textiles entre otras, con el fin de conseguir un mercado de mutuo beneficio. Se busca implementar una producción más limpia para generar un aprovechamiento en el medio ambiente y en general en el entorno de trabajo, contribuyendo a la optimización de procesos y reducción de posibles gastos innecesarios. Para alcanzar este propósito en la industria se lleva a cabo tres importantes procesos que son ribera, curtido y terminado, en cada una de estas etapas desde el inicio las pieles son expuestas a diferentes tipos de baños con altos contenidos de sustancias químicas los cuales son controlados y dosificados según la cantidad de piel y proceso en el que se encuentre.

En Colombia las potenciales empresas son las que cuentan con sus propias plantas de tratamiento de aguas residuales, ya que al tener una alta capacidad de producción estas generan grandes cantidades de residuos. Sin embargo, las medianas y pequeñas empresas al producir pequeñas cantidades de residuos no encuentran necesario la implementación de un sistema de tratamiento de aguas residuales propio a pesar del conocimiento que estas tienen del daño que se genera al ambiente con el pasar del tiempo.

CURTIEMBRE Y MARROQUINERIA F.B se encuentra ubicado en el sector de san Benito en la localidad de Tunjuelito zona en la cual se localiza todo el comercio de pieles de la ciudad de Bogotá. los vertimientos producidos por esta son dirigidos hacia el alcantarillado, aunque estos pasan a través de ciertos procesos adecuados en la empresa como trampas de grasa; esta no cumple con la normatividad expuesta por la ley colombiana. Actualmente CURTIEMBRE Y MARROQUINERIA F.B no cuenta con un STAR., evaluando así principalmente el estado actual de los vertimientos producidos en el proceso y los contenidos de químicos y sólidos del mismo.

Para mitigar el impacto ambiental, se busca diseñar un sistema de tratamiento de aguas residuales, el cual generara la reducción de contaminantes expuestos en los efluentes que son dirigidos hacia la red de alcantarillado mejorando la cantidad de residuos que esta posee además la calidad del agua en general cumpliendo la Resolución 0631 del 2015, para llevar a cabo esta propuesta, fue necesario evaluar el estado inicial del sistema productivo además de las características físicas y químicas provenientes de los diferentes procesos y así controlar las cantidades de sustancias químicas que son depositados en cada uno de ellos, se busca reemplazar ciertos productos químicos por aquellos que sean coadyuvantes al medio ambiente haciendo reducción de cada una de sus concentraciones, teniendo en cuenta que el cromo es uno de los elementos más contaminantes para los efluentes se requiere reducir hasta los niveles permitidos por la ley, se proponen diferentes alternativas para desarrollar un tren de tratamiento del agua residual, donde se seleccionaron los métodos para cada unidad, teniendo en cuenta un análisis de costos para la CURTIEMBRE Y MARROQUINERIA F.B

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Evaluar una propuesta para el sistema de tratamiento de aguas residuales para la curtiembre y marroquinería F.B.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diagnosticar el estado actual de los vertimientos de la planta para la transformación de cueros.
- Seleccionar el sistema de tratamiento de acuerdo al desarrollo experimental.
- Establecer las especificaciones técnicas del sistema de tratamiento de aguas residuales.
- Realizar un análisis financiero para el diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales.

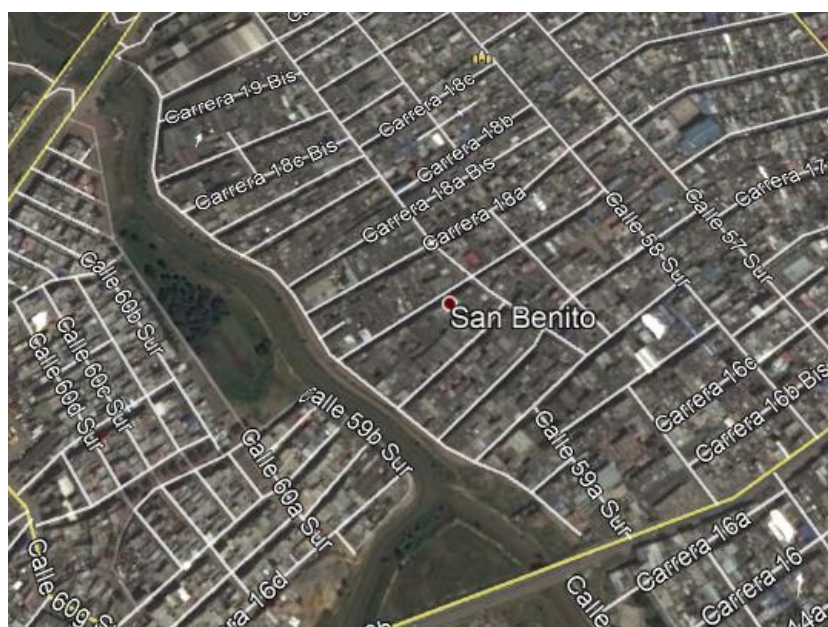
1. GENERALIDADES

Con el objetivo de entablar un panorama para entender en que se basa el proceso en el sector de las curtiembres, en este capítulo se mostraran conceptos generales relacionados con la industria y más en específico con la empresa Curtiembre y Marroquinería F.B.

1.1 UBICACIÓN

La empresa CURTIEMBRES Y MARROQUINERÍA F.B. está ubicada en el suroccidente de la capital durante aproximadamente cuatro años, en el barrio San Benito en la localidad de Tunjuelito como lo muestra la Figura 1, la cual es una zona de alta actividad industrial por parte de las empresas de curtición de pieles de procedencia animal, esta se encuentra localizada en una bodega en la (Cra 18 D #58 A- 55 SUR) en la ciudad de Bogotá.

Figura 1. Ubicación CURTIEMBRES Y MARROQUINERÍA FB



Fuente. Google Earth. En línea.

<https://earth.google.com/web/@4.56303665,-74.13467895,2561.45922698a,2357.30540131d,35y,0h,45t,0r/data=Ck8aTRJFCiUweDhIM2Y5ZjRmNGVhZjM2ODM6MHhhYzdkMmZiNzFmZTg5MjEwGat0HOSaPxJAlE5vGuyXiFLAKgpTYW4gQmVuaXRvGAlgASgCKAI> consultado el 15 de septiembre de 2018.

Las demarcaciones geográficas de la UPZ son: limitando al norte con Ciudad Tunal, al oriente con San Carlos, al occidente con Meissen y Acacias (rio Tunjuelito) y el sur con el barrio Tunjuelito. Esta demarcada geográficamente entre la carrera 16B y la carrera 20 sur, y entre la calle 58 y la calle 60 sur.

1.2 ESTADO ACTUAL DE LOS VERTIMIENTOS

La empresa CURTIEMBRE Y MORROQUINERIA F.B. funciona mediante un proceso por lotes, en donde se lleva a cabo la transformación de las pieles, este proceso consta de dos fulones en los cuales se realizan las etapas del proceso productivo, cada una de las etapas ejecutadas en estos equipos son descargadas a una trampa de grasas removiendo material orgánico de estas, para luego ser vertidas en el alcantarillado público sin ningún tipo de tratamiento previo a esto.

En la actualidad la empresa no cuenta con registros históricos del estado actual de sus vertimientos, por ende, es necesario realizar como primera instancia una caracterización que permita visualizar las condiciones de sus vertimientos.

1.3 DESCRIPCION DEL SECTOR

En el área de influencia directa de la empresa se observa sectores residenciales, los cuales se encuentran habitados por la comunidad de la zona, que pueden ser afectados directa o indirectamente con las actividades propias desarrolladas en este sector, posee un área definida como topografía plana y regular por su cercanía a la ronda del rio Tunjuelito y a la quebrada de la Chiguata.

En el 2015 el 36% de los predios representa un uso residencial seguido con un 28% que corresponde a los predios que presentan actividad industria, por otro lado 24% de los predios desarrollan actividades de comercio y el 2% son predios dedicados a prestar servicios, el porcentaje restante pertenece a predios desocupados o cerrados por la secretaria distrital de ambiente SDA¹⁰.

1.4 PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN

En Curtiembres y Marroquinería F.B. la producción de cueros está comprendida por una confección de 500 unidades por mes, esto está dado gracias al tiempo requerido para el procesamiento de cada una de ellas, esta planta tiene un funcionamiento no continuo, debido a que se procesa las pieles a medida que lo

¹⁰ VASQUEZ, Lucinio. LAS CURTIEMBRES EN EL BARRIO SAN BENITO DE BOGOTÁ, trabajo de grado para optar por el título de economista Bogotá D.C: Universidad de la Salle. Facultad de ciencias económicas. 2015. Pág. 11. En línea. <http://repository.lasalle.edu.co/handle/10185/18146>. Consultado el 02 de agosto de 2018.

requieran las necesidades de la empresa, el tiempo que no está en funcionamiento, esta planta, presta servicios de alquiler para realizar procesos de transformación de pieles a agentes externos los cuales curten 100 pieles y recibe entre 3 y 4 clientes diarios. La modalidad de alquiler incluye gastos operacionales de la planta.

Esta empresa además de dedicarse a la transformación de pieles de animales en cuero, es encargada de la fabricación de productos textiles, que tienen como materia prima este material, utilizados por ejemplo para calzado, marroquinería y tapicería.

1.5 CURTIEMBRES

El curtido es “Un proceso químico mediante el cual se busca fortalecer la estructura proteica de la cubierta corporal animal, con el fin de evitar la descomposición y mejorar el manejo de esta”¹¹. Este proceso busca la estabilización de las fibras de colágeno de la piel, esto se realiza mediante la adición de agentes curtientes, formando complejos tipo quelatos.

Con este proceso se logra retirar las capas de piel que no son necesarias para la fabricación del cuero, así como se evita la descomposición de este material dándole una textura suave y un mejor manejo.

El curtido hace parte de la cadena de producción del cuero, que consta de los siguientes procesos unitarios los cuales se complementan para así darle la mejor calidad al producto.

Tabla 1. Cadena Productiva del cuero

<i>Etapa de producción</i>	<i>Contexto</i>
Criaderos.	Es en donde se seleccionan los animales aptos para su sacrificio.
Mataderos.	Área donde se les da sacrificio a los animales seleccionados, además de ser una etapa importante para la calidad del cuero.
Curtiembre.	Lugar donde se realiza los procesos físico-químicos para la transformación de la piel.
Manufactura del cuero.	Adaptación del cuero en productos textiles
Comercialización.	Distribución de los productos terminados a los clientes.

Fuente. ECOCAIMAN SAS.

¹¹ MUÑOZ, Marcelo y HIDALGO Daniel. EVALUACIÓN DE TRATAMIENTOS PRIMARIOS DE LOS EFLUENTES DE PELAMBRE Y CURTIDO PARA SU POSIBLE REUTILIZACIÓN. En: PAMPÍM Ramón., et al., PRODUCCIÓN LIMPIA EN LA INDUSTRIA CURTIEMBRE. Santiago de Compostela: Universidad de Santiago de Compostela. P. 113.

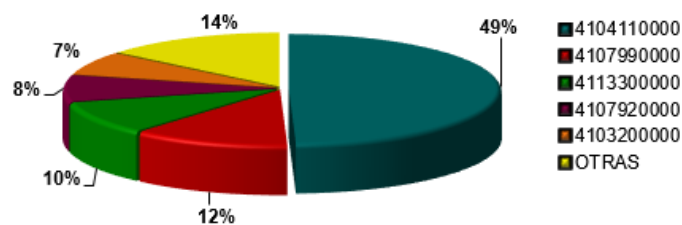
En los criaderos, los animales seleccionados para la transformación de su piel, deben de ser catalogados como animales grandes, por ejemplo, vacas o caballos, por lo general estos animales no deben de tener cicatrices o marcas que puedan afectar la calidad de la piel. En el matadero las pieles de los animales sacrificados son adecuadas para su conservación, cuando el número de sacrificios es alto las pieles pueden ser suministradas a las plantas sin ningún conservante, estas pieles son conocidas como pieles limpias y pueden facilitar los procesos posteriores¹².

1.6 COMERCIO EXTERIOR

Aproximadamente el 93% de las pieles exportadas, se hace como pieles curtidas con un gran valor agregado dado que se le han realizado tratamientos previos, generando empleos y aumentado el valor¹³.

La situación de exportación de cueros en Colombia se puede observar en la siguiente figura.

Grafica 1. Principales productos exportados de cuero de enero a mayo del 2018 en US\$FOB



Fuente. ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INDUSTRIALES DEL CALZADO, EL CUERO Y SUS MANUFACTURAS (ACICAM). Informe Exportaciones mayo 2016-2018. En línea. <https://acicam.org/download/informe-exportaciones-mayo-2016-2018/>. Consultado el 14 de septiembre de 2018

¹² REYES, Nicolás y RIJAS, Isabel. Desarrollo de una propuesta para el aprovechamiento del agua, proveniente de la planta de tratamiento de aguas residuales en la empresa ECOCAIMAN S.A.S. a pequeña escala. Facultad de ingeniería química Bogotá D.C: Fundación Universidad de América. 2017, pág. 28

¹³ ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INDUSTRIALES DEL CALZADO, EL CUERO Y SUS manufacturas (ACICAM). Informe Exportaciones Mayo 2016-2018. En línea. <https://acicam.org/download/informe-exportaciones-mayo-2016-2018/>. Consultado el 14 de septiembre de 2018.

Donde:

- **4104110000:** Cueros y pieles, curtidos, de bobino incluido el búfalo o equino, en estado húmedo plena flor sin dividir, divididos con la flor.
- **4107990000:** Los demás cueros preparados después del curtido o secado y cueros y pieles apergaminados.
- **4113300000:** Cueros preparados después del curtido o secado y cueros y pieles apergaminados, de reptil.
- **4107920000:** Los demás cueros y preparados después del curtido secado y pieles apergaminadas Divididos con la flor.
- **4103200000:** cueros y pieles en bruto, fresco, salado, seco, encalado, piquelado o conservado de otro modo, pero sin curtir, apergaminar incluso depilados o divididos, de reptil.

En el 2013, las importaciones de la unión europea de manufacturas de cuero alcanzaron un valor total de US\$23.977,8 millones, donde el mayor proveedor fue china con 13% de participación seguido de Italia y Francia con 4 y 3% respectivamente, Colombia en ese mismo año exporto un total de US\$3.7 millones ocupando el puesto 66¹⁴.

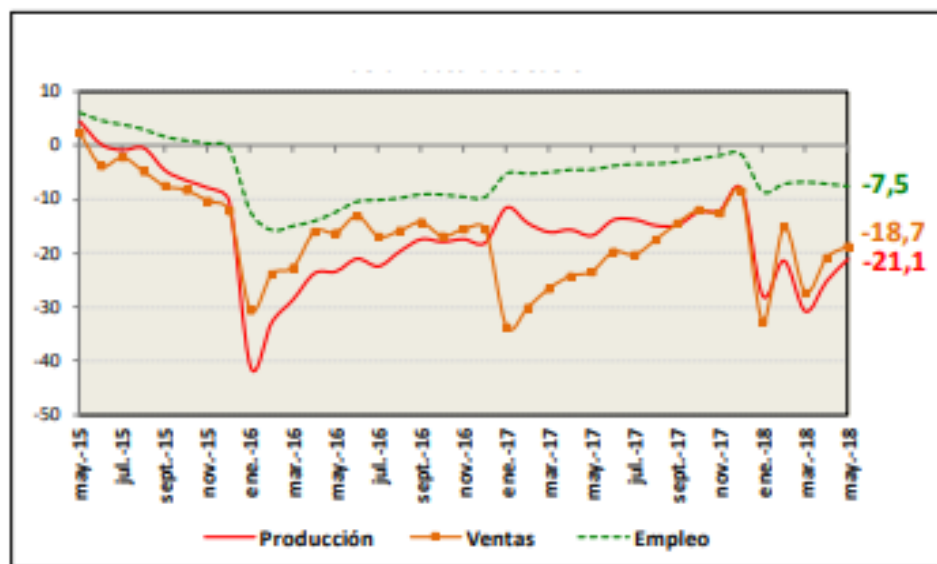
1.7 COMERCIO NACIONAL

Según una encuesta manufacturera realizada por el DANE hasta el mes de mayo de 2018, la producción de cuero en Colombia presenta una fuerte disminución de -21,1% en el periodo de enero a mayo de 2018. Con respecto a las ventas y a la generación de empleo tuvo una variación de -18,7% y -7,5% respectivamente.

En la siguiente figura se puede observar el progreso de la fabricación, venta y generación de empleo de mayo de 2015 a mayo de 2018.

¹⁴ PROCOLOMBIA. Manufacturas de cuero. En línea. <http://ue.procolombia.co/oportunidad-por-sector/manufactura-y-prendas-de-vestir/manufacturas-de-cuero>. consultado el 27 de septiembre de 2018.

Grafica 2. Variación % año corrido de producción, ventas y empleo de la industria del cuero en Colombia



Fuente. ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INDUSTRIALES DEL CALZADO, EL CUERO Y SUS MANUFACTURAS (ACICAM). Cómo va el sector mayo 2018. En línea. <https://acicam.org/download/como-va-el-sector-mayo-2018/>. Consultado el 14 de septiembre de 2018

Una de las causas que se pueden atribuir a estas cifras, es el panorama económico que ha enfrentado Colombia en estos últimos años, con el incremento del IVA, la inflación y las tasas de interés. Este estado ha provocado que el mercado nacional se atenué, puesto que el consumo en los hogares ha disminuido, lo cual causa un estado cauteloso en las empresas, evitando la fabricación en exceso de productos.

1.8 LEGISLACIÓN VIGENTE EN EL SECTOR CURTIEMBRE

En Colombia se han expedido mediante las autoridades ambientales varias normas con el fin de garantizar, el previo control en la industria de la fabricación de cuero, debido a que este sector productivo, presenta un riesgo para el medio ambiente, debido a la gran cantidad de cargas contaminantes que son vertidas a los cauces de aguas naturales y problemas relacionados con el posible agotamiento del recurso animal.

El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y la Autoridad Nacional de licencias Ambientales (ANLA), generaron una nueva norma de vertimientos, la cual fue realizada reglamentando el artículo 28 del Decreto 3930 de 2010, Esta normativa es conocida como Resolución 0631 de 2015, la cual cuenta con 56

parámetros y 73 actividades para 8 sectores productivos, con esta norma se busca garantizar un control efectivo de las sustancias contaminantes que llegan a los cursos de agua, los sectores que cobijan esta normativa son los siguientes: Agroindustria, Ganadería, Hidrocarburos, Minería, Fabricación y manufactura de bienes en el cual se encuentra la fabricación de artículos de piel, curtido y adobo de pieles, Elaboración de productos alimenticios y bebidas, Generadores de aguas residuales domésticas, Actividades asociadas con servicios y otras actividades¹⁵.

En caso de que las empresas no cumplan con los parámetros establecidos por la normativa legal vigente, la Ley 1333 de 2009, define infracciones y penalidades que se encuentran en el Régimen Sancionatorio Ambiental, estas sanciones comprenden desde amonestaciones, decomiso preventivo, suspensión de la obra o actividad, hasta multas diarias que pueden llegar a los 300 salarios mínimos legales vigentes (SMMLV) o cierre temporal o definitivo del establecimiento.

1.9 PROBLEMÁTICA AMBIENTAL

Esta industria es considerada como un sector con un alto potencial de impacto ambiental y de seguridad laboral. Esto es provocado principalmente por la implementación de productos químicos para la transformación de pieles de animales en cueros, solventes, pigmentos y demás, que suelen ser altamente tóxicos y persistentes.

Los productos químicos utilizados pueden generar efectos en los cauces de agua y suelos de donde se descargan estos vertimientos, también pueden afectar la calidad del aire y la salud humana; la presencia del sulfuro en el proceso específicamente en la etapa del pelambre es responsable del 76% de la toxicidad total del agua residual y la salinidad es generada de la conservación de los cueros que puede llegar aproximadamente al 60% de la salinidad, que se produce en el proceso de remojo principalmente y otros como la ribera. Algunos de estos residuos líquidos tienen un pH elevado entre (9 y 11) y sulfatos que al ser descargados en el alcantarillado producen corrosión en las cañerías y el cemento.¹⁶

La comunidad latinoamericana del cuero expresa que el peso de las pieles se reduce en más del 40% de su peso original y cerca del 15% del peso total de la piel

¹⁵ ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. Guía de producción más limpia para el sector curtiembre – Enfoque en vertimientos y residuos. en línea.

<http://www.ambientebogota.gov.co/documents/24732/3987253/Gu%C3%ADa+de+producci%C3%B3n+m%C3%A1s+limpia+para+el+sector+curtiembres+de+Bogotá+1.+Enfoque+en+vertimientos+y+residuos.pdf>. Consultado el 30 de septiembre de 2018.

¹⁶ Proyectos jóvenes De Investigación y Comunicación. Argentina. universidad de Palermo. Pág. 14 consultado el 30 de septiembre de 2018.

se descarga en las aguas residuales principalmente en la forma de grasas, pelo degradado y fibras¹⁷.

En empresa CURTIEMBRE Y MARROQUINERIA FB se puede observar esta problemática, debido a que la implementación de químicos como sulfuro de sodio, sales de cromo, cal, cloruro de sodio y demás, para el proceso de curtido de pieles, estas sustancias son desechadas al drenaje sin ningún tratamiento previo para evitar la contaminación de los ríos aledaños al sector de San Benito.

El sulfuro, que se utiliza para eliminar el pelo o la pelambre, cuando se transforma en ácido sulfhídrico es extremadamente nocivo para la salud. Bastan 20-50 ppm en el aire para causar un malestar agudo que conlleva a sofocación y a muerte por sobreexposición¹⁸.

La toxicidad del ácido sulfhídrico es semejante a la del ácido cianhídrico. A partir de 50 ppm, en las células receptoras del olfato provoca un efecto narcotizante, y las personas afectadas ya no perciben el hedor. Por encima de las 100 ppm puede ocurrir la muerte.

En la actualidad esta empresa desecha las corrientes producidas por cada una de las etapas del proceso productivo, las cuales contienen elevados contenidos de material orgánico y componentes químicos altamente contaminantes, estas se deben de tratar para evitar posibles daños ambientales, antes de ser dispuestas en el medio ambiente, las características que deben de poseer estos vertimientos se pueden observar en la resolución 0631 de 2015, la cual estipula los parámetros máximos que deben de cumplir este tipo de industria, para así minimizar los posibles daños.

¹⁷ GARCIA, Jenny y GUTIERREZ, Janneth. Impacto ambiental generado en el proceso de producción de la empresa CURTIDOS DEL ORIENTE barrio San Benito Bogotá. Trabajo de grado. Facultad de ciencias empresariales Bogotá D.C: Universidad De San Buenaventura. 2006. Pág. 45

¹⁸ GREENPEACE. Cueros tóxicos II. Febrero 13. En línea. <https://www.greenpeace.org/argentina/Global/argentina/report/2013/contaminacion/Cueros-toxicos-II-Greenpeace.pdf>. consultado el 6 de febrero de 2019.

2. PROCESO PRODUCTIVO EN LA EMPRESA CURTIEMBRE Y MARROQUINERIA FB

Este capítulo se enfoca en la descripción de las etapas que componen el proceso productivo para la curtición de pieles de animales.

2.1 DIAGRAMAS DE PROCESO

El proceso que se lleva a cabo en CURTIEMBRE Y MARROQUINERÍA F.B está comprendido por seis etapas las cuales son constituidas por fases intermedias y procesos que hacen de la transformación de las pieles crudas en cuero una actividad exitosa para esta industria.

2.2 PROCESO DE PRODUCCION

El proceso de transformación de pieles en CURTIEMBRE Y MARROQUINERIA F.B se desarrolla bajo seis etapas principales sin embargo la particularidad en el proceso de transformación de pieles se lleva a cabo en la curtición de cueros la cual está comprendida por cuatro etapas principales Ribera, Piquelado, Curtido y Recurtido. En la figura 4 se observa el diagrama del proceso.

Figura 2. Diagrama del proceso de producción en CURTIEMBRE Y MARROQUINERIA F.B

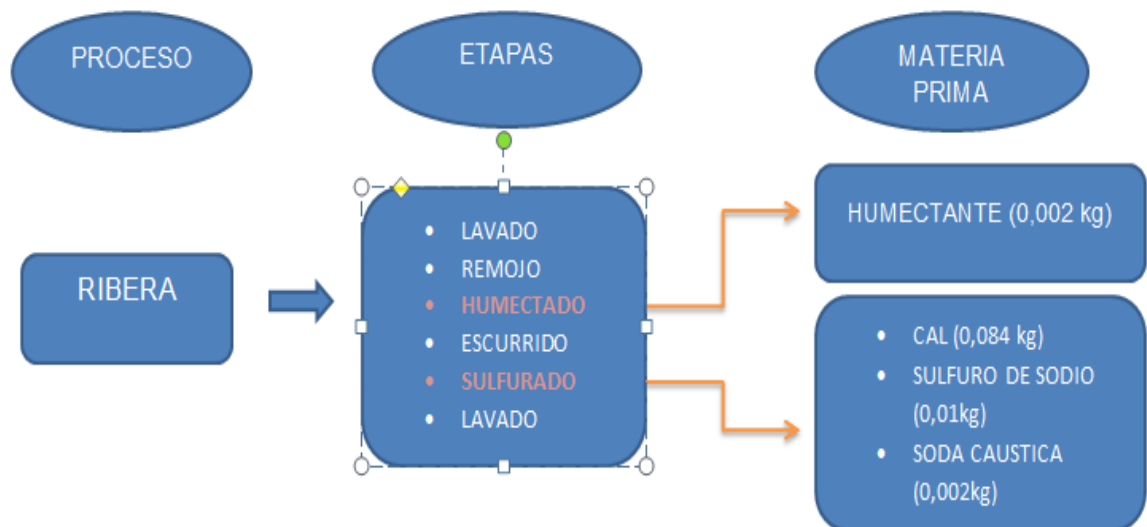
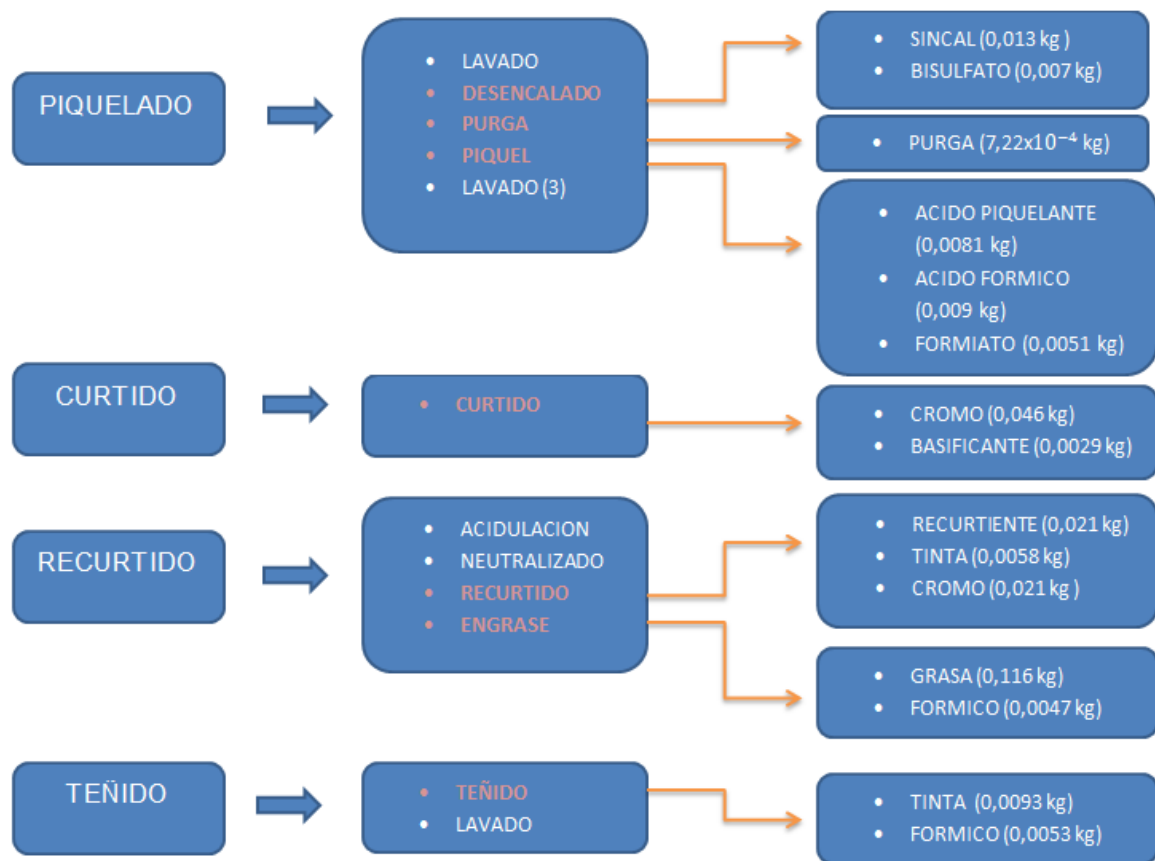


Figura 2. (continuación)



Fuente. Elaboración propia.

2.2.1 Ribera. Este proceso tiene como finalidad la humectación de las pieles además de la estabilización de las fibras, se debe de tener en cuenta la eliminación completa de las escamas en la piel, al igual que la limpieza y desinfección de la misma, es un proceso ordenado y estandarizado; la característica principal de este es devolverle el estado húmedo que tenía al inicio la piel al momento de ser conservada antes de ser llevada a la curtiembre.

Sin embargo, cada una de estas etapas representa un consumo del 99% de agua al igual que los productos químicos con los que este efluente termina al finalizar este sistema, incluyendo un elevado pH debido a los basificante utilizados en los diferentes procesos que se llevan a cabo en esta etapa generando un impacto

ambiental significativo. En la **figura 3** se muestra el resultado de las pieles después del proceso de Ribera¹⁹.

Figura 3. Piel obtenida del proceso de Ribera



Fuente. Elaboración propia.

2.2.2 Lavado. En esta etapa se retira todo tipo de materia orgánica la cual puede generar la contaminación 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. El proceso puede durar un día y se mantiene un pH entre 6,5 y 7, en esta etapa la relación de agua a utilizar es 8:1 con respecto al peso de la piel²⁰.

Figura 4. Lavado de pieles



Fuente. Elaboración propia.

¹⁹ ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. Guía de producción más limpia para el sector curtiembre. Enfoque en vertimientos y residuos. En línea. <http://www.ambientebogota.gov.co/documents/24732/3987253/Gu%C3%ADa+de+producci%C3%B3n+m%C3%A1s+limpia+para+el+sector+curtiembres+de+Bogotá+D.C.+Enfoque+en+vertimientos+y+residuos.pdf>. Consultado el 30 de septiembre de 2018. Pág. 15.

²⁰ Ibid., pág. 29.

2.2.3 Remojo. Esta etapa tiene como objetivo devolver a la piel la misma flexibilidad y estabilidad que tenía esta al momento de sacrificar el animal, otra característica es eliminar microorganismos, proteínas no fibrosas e hidratar la piel. El sistema se lleva a cabo durante un día completo donde la piel está expuesta a diferentes compuestos químicos, con el fin de acondicionar la piel para el proceso de pelambre, en esta fase se utiliza una relación 8:1 de agua con respecto al peso de la piel, esto con respecto al peso del lote de pieles, las cuales deben mantener un pH entre 6,8 y 7,7 y una temperatura aproximada a 22°C²¹.

Figura 5. Remojo



Fuente. Elaboración propia.

2.2.4 Pelambre. El objetivo principal de esta etapa es eliminar por completo todas las escamas, para esto se genera un engrosamiento de la piel que debilita la estructura reticular de la piel. Por medio de una acción química hidrolizante el colágeno disminuye. Esta etapa puede desarrollarse en dos días, se emplea una relación de agua 8:1 con respecto al peso de la piel, que posteriormente de su uso presenta en su mayoría carga orgánica. Se lleva a cabo con reacciones químicas entre sales básicas y sulfuro de sodio (Na_2S). Esto indica que los efluentes presentan un pH elevado (11 a 13) con una temperatura que no sobrepasa de los 30°C²².

²¹ Ibíd., pág. 29

²² Ibíd., pág. 30

Figura 6. Pelambre



Fuente. Elaboración propia

2.2.5 Desencale. Este proceso tiene como objetivo la eliminación de la cal que fue absorbida o adherida por la piel este proceso genera una reducción en el grosor de la piel volviéndola un poco más elástica, la gran mayoría de la cal es eliminada con agua o mediante la implementación de sales amoniacales o acidas. Esta etapa comprende una duración aproximadamente de un día en donde se agrega una relación de 8:1 de agua con respecto al peso de la piel y se mantiene un pH entre 7 y 9, con una temperatura de 25 a 35°C²³.

2.2.6 Piquelado. Esta etapa tiene como objetivo suavizar y ablandar la piel con soluciones de ácidos débiles y fuertes, usualmente, se utiliza un ácido fuerte; este proceso se debe llevar a cabo a temperaturas bajas para evitar que los ácidos generen reacción entre sí, con el fin de obtener una piel suave y para disminuir el tiempo de curtido. Este proceso dura aproximadamente quince días, debe registrar una densidad Baume de 9 a 10°, un pH menor a 1 y la relación de agua a agregar es de 15:1 con respecto al peso de la piel también se debe mantener una concentración entre 4 y 8 M en la solución de piquel²⁴.

2.2.7 Curtido. En este proceso se busca la estabilización del colágeno de la piel mediante agentes curtientes tanto minerales como vegetales, obteniendo así el cuero; este proceso tiene como característica principal el consumo de agua el cual no es tan elevado como en la etapa de ribera y sus efluentes se mantienen con un pH neutro. En la figura 7 se puede observar las pieles después del proceso de Piquelado y Curtido.

²³ Ibíd., pág. 32

²⁴ Ibíd., pág. 33

Figura 7. Pieles obtenidas del Piquelado y Curtido



Fuente. Elaboración propia.

2.2.8 Curtido. Normalmente se usan diferentes tipos de sales trivalentes como lo es el cromo (Cr^{3+}) en diferentes proporciones. en la FIGURA 7 se observan las pieles luego del proceso de curtido. El proceso puede durar tres días aproximadamente y requiere utilizar una relación de 1.5:1 de agua con respecto al peso inicial de las pieles²⁵.

2.2.9 Recurtido. En esta etapa la piel ya posee las cualidades del cuero, es decir es un material no degradable, resistente al calor y a la humedad. Además, se suele usar cromo trivalente (Cr^{3+}), pero también se puede usar zirconio, aluminio y productos vegetales para cueros blancos. El curtido bajo el elemento de cromo es el proceso más común considerando que este dura menos que el curtido vegetal y les da a las pieles el atributo de ser más fáciles de someter a posteriores tratamientos y pueden llegar a ser más resistentes a factores ambientales²⁶.

2.2.10 Engrase. La etapa de engrase es la última etapa química que se realiza de manera acuosa para la fabricación del cuero. Ya que la piel después del proceso de curtido se encuentra seca haciendo que se endurezca por las fibras que se están deshidratadas y se han unido entre sí por los procesos anteriores, es por eso que se genera una superficie compacta y rígida. Por medio del engrase se tiene como resultado una piel suave y flexible. Este proceso se hace posible por la acción del fulón, el cual proporciona un medio adecuado debido a su constante velocidad de giro. Para esta etapa se requiere una relación de agua de 16:1 con respecto al peso de la piel²⁷.

2.2.11 Teñido. El teñido tiene como finalidad brindarle a la piel una coloración

²⁵ *Ibíd.*, pág. 33

²⁶ *Ibíd.*, pág. 36

²⁷ *Ibíd.*, pág. 37

determinada, ya sea superficial o en todo el trozo del cuero, esto con el fin de proporcionarle un valor estético y mejorar su apariencia, la duración del color depende del color que se quiera aplicar según las especificaciones del cliente. El proceso de teñido empieza ubicando la piel en un fulón, allí se le adiciona variedad de anilinas ácidas o básicas y mediante agentes químicos se logra la total fijación de colores sólidos. En LA FIGURA 8 se expone una piel teñida con un color negro. El proceso se debe realizar con una temperatura máxima de 70°C y con una relación de agua de 100:1 con respecto al peso de la piel²⁸

Figura 8. Teñido



Fuente. Elaboración propia.

2.2.12 Acabado. En el proceso de acabado se le concede a la piel características estéticas como el brillo y la textura. Para este proceso se realizan una serie de actividades como el corte, balance de humedad, tensionamiento, ablandamiento e impregnación además de las características especificadas por el cliente y según la disposición del mismo. En la figura 9 se visualiza el proceso de acabado de una piel tipo barriga²⁹.

²⁸ *Ibíd.*, pág. 36

²⁹ *Ibíd.*, pág.

Figura 9. Acabado



Fuente. Elaboración propia.

2.2.13 Demanda bioquímica de oxígeno (DBO). Una de las principales reacciones que ocurren en los cuerpos de agua es la oxidación microbiana o mineralización de la materia orgánica, esta es una de las demandas de oxígeno, realizada por los microorganismos heterotróficos³⁰.

Para determinar la concentración de materia orgánica en un cuerpo de agua, uno de los métodos más utilizados es el ensayo de DBO a cinco días, el cual da como resultado una medida de la cantidad de oxígeno utilizado por estos microorganismos en la estabilización de la materia orgánica biodegradable. Estos análisis fueron realizados en los laboratorios de ASINAL SAS certificado por la Secretaria Distrital de Ambiente.

Los resultados obtenidos de DBO a cinco días fueron de 1,763 mg/L, este valor fue comparado con el **anexo B** el cual muestra el valor máximo permitido para el DBO correspondiente a 600 mg/L.

Con respecto a este parámetro se puede observar que el valor del DBO obtenido de la caracterización está infringiendo esta resolución, lo cual indica que este es uno de los parámetros a tener en cuenta dentro del STAR.

2.2.14 Demanda química de oxígeno (DQO). Este parámetro determina la

³⁰ INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM). DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO 5 días, INCUBACIÓN Y ELECTROMETRÍA. En línea. <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Demanda+Bioqu%C3%ADmica+de+Ox%C3%A4Dgeno..pdf/ca6e1594-4217-4aa3-9627-d60e5c077dfa>. Consultado el 20 de septiembre de 2018.

cantidad de oxígeno requerido para oxidar la materia orgánica e inorgánica presente en la muestra de aguas, bajo un criterio de condiciones específicas como el agente oxidante, temperatura y tiempo³¹.

Con el fin de obtener el DQO presente en la muestra de agua residual tomada, el laboratorio ASINAL, se basa en el método de reflujo cerrado y volumétrico SM a 5,220°C, obteniendo una cantidad de DQO aproximada de 2.085 mg/L. Los resultados obtenidos se compararon con el **anexo B** en donde estipula una cantidad máxima de DQO por debajo de 1,200 mg/L.

De lo anterior se puede determinar el alto índice de DQO presente en las muestras de agua residual que se produce a partir de la materia orgánica no biodegradable la cual se acumula con las diferentes etapas de los procesos procedentes de la etapa de ribera donde se aglomera materia orgánica. en consecuencia, de la eliminación de pelo y sangre del animal, además de los compuestos químicos que son agregados para llevar a cabo dichos procesos. También se considera una etapa con alta carga contaminante aquella que es descargada del proceso de teñido y acabado de las pieles, las cuales no cumplen el parámetro establecido por la resolución 0631 de 2015³², lo cual indica que es un parámetro a tener en cuenta dentro del STAR planteado.

2.2.15 Sulfuros. La presencia de sulfuros en las aguas residuales industriales se debe a la descomposición de la materia orgánica, por esta razón se hace indispensable el análisis de este parámetro en los vertimientos de aguas residuales provenientes de procesos de curtido de pieles³³.

En las muestras suministradas al laboratorio ASINAL se evidencia un alto contenido de sulfuros, esto es debido a la alta adición de sulfuro de sodio (NA2S) en el proceso de sulfurado de la piel.

En la caracterización, el contenido de sulfuros en la muestra corresponde a 65,71 mg/L, con respecto al **anexo B** se determinó el incumplimiento de este, debido a

³¹ INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM). DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO POR REFLUJO CERRADO Y VOLUMETRIA. En línea. <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Demanda+Qu%C3%ADmica+de+Ox%C3%ADgeno..pdf/20030922-4f81-4e8f-841c-c124b9ab5adb> consultado el 20 de septiembre de 2018

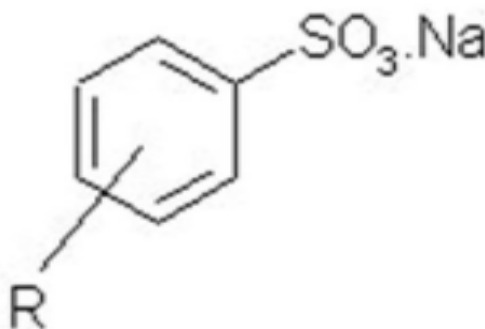
³² MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Resolución 0631, 17 de marzo de 2015. En línea. https://docs.supersalud.gov.co/PortalWeb/Juridica/OtraNormativa/R_MADS_0631_2015.pdf. Consultado el 20 de septiembre de 2018.

³³ INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM). SULFURO EN AGUA POR VOLUMETRIA. En línea. <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Demanda+Qu%C3%ADmica+de+Ox%C3%ADgeno..pdf/20030922-4f81-4e8f-841c-c124b9ab5adb>. consultado el 20 de septiembre de 2018

que el contenido de sulfuros máximo en las aguas residuales industriales para el proceso de curtido de pieles es de 3 mg/L. Ya que el sulfuro corresponde a una forma reducida del azufre y la presencia de este compuesto en cantidades mayores a 3 mg/L generan alta toxicidad en medio acuoso, principalmente porque debido a su carácter reductor provoca una drástica disminución del oxígeno disuelto en los cursos de agua y además cuando las soluciones acuosas que lo contienen bajan su PH del valor 10, se desprende ácido sulfhídrico gaseoso que al ser inhalado en determinadas concentraciones puede llegar a ser mortal generando afecciones a la salud humana.

2.2.16 Sustancias activas al azul de metileno (SAAM). Este método corresponde a la determinación de tensoactivos aniónicos presentes en las aguas residuales, los cuales se caracterizan por la presencia de cationes orgánicos e inorgánicos como Na^+ , K^+ y una parte hidrofílica que contiene grupos aniónicos como $-\text{COOC}^-$, S^{3-} , unidos a la fracción orgánica³⁴, como se puede observar en la figura 11.

Figura 10. Ejemplos de tensoactivos aniónicos



Fuente. tensoactivos. En línea.
https://biorem.univie.ac.at/fileadmin/user_upload/p_biorem/education/lectures/SEMARNAT/SEMARNAT-E-Clasificacion_de_Tensoactivos.pdf. Consultado el 21 de septiembre de 2018.

Estas se pueden clasificar como:

- Carboxilatos o Jabones: son los detergentes comunes.

³⁴ CANTARERO, Antonio. DETERMINACION DE TENSOACTIVOS ANIONICOS EN MATRICES AMBIENTALES. COMPORTAMIENTO DEL JABÓN EN UNA PARCELA AGRICOLA. Tesis doctoral. Facultad de ciencias Granada: universidad de granada, P.26. En línea. <http://0-hera.ugr.es.adrastea.ugr.es/tesisugr/18615521.pdf> consultada el 21 de septiembre de 2018.

- Aceites y Grasas sulfatadas: este tipo de detergente ya está fuera de uso.
- Alquilsulfatos: Son otro tipo de detergentes.
- Alquilarilsulfatos: son detergentes y humectantes.

Son productos usados esencialmente como humectantes y como agentes de limpieza de los cueros. Los más usados son los alquilfenoles etoxilados. Estos productos dan altos valores de DQO y de toxicidad. Se ha determinado que 1gr/lit de alquilfenol etoxilado tiene una DQO de 2.300 mg/lit de O₂.

Teniendo en cuenta lo anterior, el laboratorio ASINAL determinó estos tensoactivos mediante el método (SAAM). Teniendo como resultado una cantidad de tensoactivos correspondiente a 7,19 mg/L SAAM. Según el **anexo B** el valor límite máximo permitido en las aguas residuales es de 5 mg/L. por tanto es otro parámetro a tener en cuenta dentro del STAR.

2.2.17 Sólidos Suspendidos Totales (SST). Las aguas residuales pueden contener partículas no sedimentables que pueden afectar la calidad del agua, estas pueden ser sólidos suspendidos, coloidales y disueltos. Los sólidos evaluados en la prueba SST son los determinados mediante la prueba de secado a 103-105°C, los cuales corresponden a un diámetro menor a 0,01 mm³⁵.

Interpretando los resultados obtenidos por la caracterización de los vertimientos, se determinó el incumplimiento según el **anexo B**, debido a que el resultado fue de 9.552 mgSST/L y el parámetro máximo permisible es de 600 mgSST/L

2.2.18 Sólidos Sedimentables (SS). Los sólidos sedimentables deben ser un parámetro a evaluar, son los sólidos más pesados que pueden ser tratados con elementos químicos, por métodos de propios tratamientos estos sedimentan en el fondo.³⁶

Según la caracterización tomada a la muestra inicial de agua obtenida en la empresa se observaron resultados muy elevados que no cumplen con la normativa expuesta por la ley colombiana.

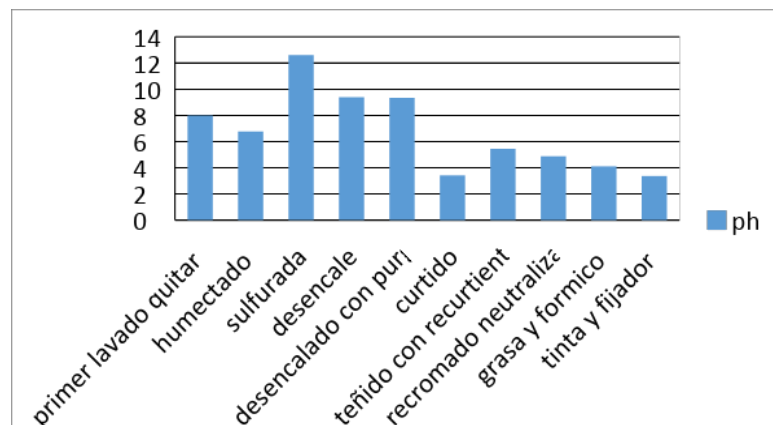
³⁵ INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM). SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES EN AGUA SECADOS A 103-105 °C, INCUBACIÓN Y ELECTROMETRÍA. En línea. <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/S%C3%B3lidos+Suspendidos+Totales+en+aguas.pdf/f02b4c7f-5b8b-4b0a-803a-1958aac1179c>. Consultado el 21 de septiembre de 2018.

³⁶ Aguas residuales. LOS SÓLIDOS EN EL AGUA; MANEJE SUS SÓLIDOS Y MEJORE SU EFLUENTE. En línea. <https://www.aguasresiduales.info/revista/blog/los-solidos-en-el-agua-maneje-sus-solidos-y-mejore-su-efluente>. consultado el 28 de noviembre de 2018.

Tal y como se muestra en el análisis de sólidos sedimentables el valor se encuentra muy elevado, esto también es provocado por la etapa de pelambre, debido a la materia orgánica que es desprendida en este proceso y que posteriormente es vertida. El método aplicado es la SM 2540 F, y comparando el promedio obtenido con referencia a la normativa vigente expuesta en el **Anexo A**. la empresa incumple con este parámetro de vertimiento de aguas residuales, el valor límite máximo es de 2,00 mg/L y las aguas analizadas arrojan valores de 684,2 mg/L.

2.2.19 Potencial de Hidrógeno (pH). El pH es una magnitud de gran importancia en un número elevado de procesos, el control de esta variable es en general difícil de realizar debido a la dependencia entre los reactivos que ingresan al sistema, y el pH que se establece³⁷. En el **gráfico 3** se observa el pH en las diferentes etapas del proceso de transformación de pieles de animal en cuero.

Grafica 3. pH en las diferentes etapas del proceso de transformación de pieles



Fuente. Laboratorio acreditado ASINAL SAS

Las variaciones en el pH propias de cada etapa en el proceso de ribera se ven reflejadas en el análisis, encontrando que la etapa del proceso con mayor pH corresponde a la fase del sulfurado observando valores de 12.66, debido a la carga de compuestos químicos como la cal y el sulfuro de sodio. El método empleado para el análisis del pH en estas muestras es la electrometría²⁵ (SM4500-H+B), según el Anexo A se establece un rango de valores entre los cuales los vertimientos de las aguas residuales deben estar presentes, este rango varía entre 6,00 y 9,00 en la

³⁷ LENNTECH. pH Y ALCALINIDAD. En línea. <https://www.lenntech.es/ph-y-alcalinidad.htm>. Consultado el 28 de noviembre de 2018.

escala de pH; confirmando el incumplimiento de la normativa vigente por parte de la empresa al obtener un valor promedio de 10.

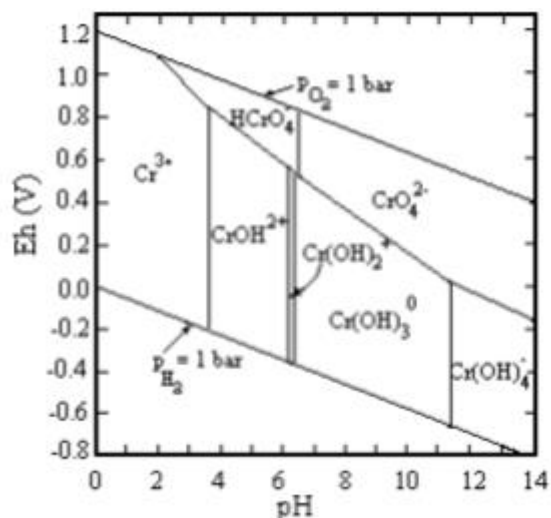
2.2.20 Cromo Total. El cromo total es un factor muy importante en la valoración de vertimientos debido a que este compuesto no es química ni biológicamente degradable, además de poseer efectos de bioacumulación, se debe tener en cuenta las diferentes precauciones ya que a largo plazo puede ser causante del desarrollo de diferentes tipos de patologías³⁸.

Durante el proceso de transformación de pieles se observa que la etapa con mayor contenido de cromo es aquella donde se realizan las actividades de curtido y recurtido; la adición de este compuesto se da al interior de los fulones mediante sales de cromo las cuales ayudan al proceso de curtición. El método empleado para el análisis de cromo total es la espectrofotometría de absorción atómica²⁸ (SM3030 F, SM3111 B), según el **Anexo A** el cual establece el parámetro límite para el vertimiento de cromo total determinado en 1,50 mg/L, observando esto y comparando con el valor obtenido correspondiente a 2,307 mgCr_{total}/L, se puede evidenciar el incumplimiento de la normativa vigente.

El cromo Cr^{+3} es soluble en soluciones ácidas y soluciones básicas, puede alcanzar una solubilidad teórica mínima de 0,08 mg/L a pH 7,5. A valores de pH menores que 6 y mayores que 8, el cromo Cr^{+3} es un compuesto con gran solubilidad formando iones simples como Cr^{+3} o iones complejos como $Cr(OH)_4$ en la **figura 11** se observan los compuestos predominantes del cromo en solución acuosa según el Eh – pH

³⁸BORDA, Olga. Evaluación y reducción de los niveles de cromo en muestra e aguas residuales provenientes de curtiembres. Facultad de ingeniería civil Bogotá D.C: Universidad Santo Tomas. Pág. 8. En línea. <http://www.ustatunja.edu.co/cong-civil/images/Articulos/-EVALUACION%20Y%20REDUCCION%20DE%20LOS%20NIVELES%20DE%20CROMO%20EN%20MUESTRAS%20DE%20AGUAS%20RESIDUALES%20PROVENIENTES%20DE%20CURTIE MBRES.pdf>. consultado 29 de noviembre de 2018.

Figura 11. Compuestos predominantes del cromo en solución acuosa según el Eh – Ph



Fuente. PINILLA, Daniel. PRECIPITACIÓN DE CROMO Y REUTILIZACIÓN DEL AGUA DE VERTIMIENTOS DE CURTIEMBRES DE SAN BENITO (BOGOTÁ). Proyecto de grado. Facultad de ingeniería ambiental Bogotá D.C: Universidad Santo Tomas. 2014. Pág. 15. En línea. <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/2647/Pinilladaniel2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. consultado el 8 de febrero de 2019.

En el diagrama se logra observar que el cromo trivalente se forma a un pH menor que 3 generando iones Cr^{3+} . La especie Cr(OH)^{2+} se forma en un intervalo muy pequeño de pH, entre 6.27 y 6.84. Entre pH 7 y 11, se forma Cr(OH)_3 y la solubilidad del hidróxido es mínima. A mayores valores de pH se forma Cr(OH)_4^- e incrementa la solubilidad del cromo. Esto indica que los reactivos que principalmente precipitan el cromo generando una remoción del cromo trivalente son los hidróxidos de sodio y de calcio.

Se observa que la soda cáustica tiene una solubilidad de 112 g/ mL de agua, comparada con las de los hidróxidos de calcio que es de 0,120 g/ ml de agua y de magnesio que es 0,0012 g/ mL de agua lo cual hace que la soda caustica tenga una solubilidad elevada. Además, el hidróxido de magnesio no es tan recurrente encontrarlo en el mercado y esto hace que tenga un mayor costo. Por otra parte, se requiere recuperar el hidróxido de cromo libre sin la presencia de otros hidróxidos precipitados o contaminantes, lo que no podría cumplir la finalidad al utilizar los hidróxidos de calcio con una solubilidad de 0,120 g/mL y de magnesio con una solubilidad de 0,0012 g/mL teniendo así una baja solubilidad en agua. Esto podría

perjudicar la calidad del cuero curtido, haciendo una reutilización del cromo precipitado que quedaría contaminado con los hidróxidos de calcio y magnesio. Por estos motivos se considera que el más conveniente de estos tres agentes precipitantes, es el hidróxido de sodio³⁹.

2.2.21 Fenoles. Los fenoles son componentes con gran solubilidad en agua y son consecuencia de los residuos industriales, a bajas concentraciones y al realizar un tratamiento con cloro para la desinfección de los vertimientos se observa una presencia de cloro fenoles, el cual provoca olores desagradables. Este compuesto a altas concentraciones es tóxico tanto para humanos como para peces. En consecuencia, la medición de este parámetro y su debido control es importante para evitar algún tipo de perturbación al medio ambiente⁴⁰.

Mediante los procesos de desinfección por los que pasan las distintas pieles, se observa un aumento de estos valores en las etapas de lavado y remojo en las cuales son utilizados diferentes compuestos químicos para evitar contaminación en las pieles además de generar ablandamiento y apertura de los poros que serán útiles en las etapas posteriores del proceso. El método usado en la evaluación es una destilación-extracción con cloroformo (SM5530 B, C), según la normatividad colombiana la resolución 0631 del 2015 no emite mediante su apartado de "Fabricación de artículos de piel, curtido y adobo de pieles" un valor establecido para los fenoles en el vertimiento, por lo tanto, se usará el valor registrado en el apartado de "Fabricación de productos textiles" como un hito comparable con los resultados obtenidos, concluyendo un incumplimiento en la normativa vigente ya que los valores arrojados por la caracterización para este parámetro establecen un valor de 0.3 mg/L.

2.2.22 Aceites y Grasas. Los aceites y las grasas generan un efecto nocivo sobre las aguas naturales y los vertimientos siendo estos una injerencia en el intercambio de gases entre el agua y la atmósfera, dado que, al ser sustancias de tipo lipídicas, van a permanecer en la superficie del agua; produciendo una acidificación en el agua. Por consiguiente, es importante la remoción de estos en

³⁹ PINILLA, Daniel. PRECIPITACIÓN DE CROMO Y REUTILIZACIÓN DEL AGUA DE VERTIMIENTOS DE CURTIEMBRES DE SAN BENITO (BOGOTÁ). Proyecto de grado. Facultad de ingeniería ambiental Bogotá D.C: Universidad Santo Tomás. 2014. Pág. 15. En línea. <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/2647/Pinilladaniel2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. consultado el 8 de febrero de 2019.

⁴⁰ INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM). FENOLES EN AGUA POR DESTILACION, EXTRACION CON CLOROFORMO Y DETERMINACION ESPECTROFOTOMETRIA., INCUBACIÓN Y ELECTROMETRÍA. En línea. <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Fenoles+por+Destilaci%C3%B3n%2C+Extracci%C3%B3n+con+CHCL3+y+Espectrofotometr%C3%ADa.pdf/3de90b8a-b7aa-419d-b8b5-4f71892f696e>. Consultado el 21 de septiembre de 2018

los vertimientos⁴¹.

Se encuentran de forma abundante en el tejido adiposo del animal. En la etapa de pelambre se saponifican parcialmente si se lleva a cabo bajo un medio alcalino.⁴²

Las grasas sintéticas empleadas en la etapa de engrase se ven reflejadas en los vertimientos, El método usado en la determinación es una extracción Soxhlet 32 (SM 5520 D), según el Anexo A. el valor límite máximo es de 60,00 mg/L, como se puede apreciar la empresa CURTIEMBRE Y MARROQUINERIA F.B incumple con este parámetro generando en su caracterización un valor de 20 mg/L.

Conociendo los valores de los diferentes parámetros establecidos por la caracterización al agua residual de la planta y la respectiva normativa vigente la Resolución 0631 de 2015.

2.2.23 Eliminación de cromo. Este proceso tiene como objetivo la eliminación de cromo presente en el agua residual, ya que es una sustancia peligrosa que se transporta en el agua y que puede ser absorbida por los vegetales, de tal forma que su alcance en los organismos vivos, ocurre a través del recurso hídrico y de los alimentos. Es por esto que los altos niveles de aguas residuales que son generadas por las curtiembres al implementar los procesos de curtido y recurtido representan una amenaza al ecosistema y en general al ser humano ocasionando diferentes tipos de afecciones generales como son la tos, bronquitis entre otros.

2.3 BALANCE HIDRICO DEL PROCESO

Teniendo claros todos los procesos y las etapas que constituyen el sistema productivo de la empresa, se debe de llevar a cabo un balance hídrico para determinar la cantidad de agua que se necesita en cada uno de los procesos y la que será vertida en el STAR, los balances se realizaron para todo el proceso de producción con una base de cálculo de 1 kg de piel para poder llevar a cabo los cálculos en las diferentes etapas de los procesos de la empresa.

⁴¹ Aguamarket. CONTAMINANTES DEL AGUA, GRASAS Y ACEITES. En línea. <https://www.aguamarket.com/diccionario/terminos.asp?id=3039>. consultado el 28 de noviembre de 2018.

⁴² GARCIA, Jenny y GUTIERREZ, Janneth. IMPACTO AMBIENTAL GENERADO EN EL PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA CURTIDOS DEL ORIENTE BARRIO SAN BENITO BOGOTA 2006. Trabajo de grado para optar por el título de administración de negociación. Facultad de ciencias empresariales Bogota D.C: Universidad de San Buenaventura. 2006. Pág. 47. En línea. <http://biblioteca.usbbog.edu.co:8080/Biblioteca/BDigital/37857.pdf>. Consultado el 22 de septiembre de 2018.

2.3.1 Identificación de las variables y ecuaciones hídricas del proceso productivo.

Para llevar a cabo la identificación de las variables que intervienen en el proceso de producción de CURTIEMBRE Y MARROQUINERÍA F.B con base a las corrientes hídricas, se deberá tener en cuenta la cantidad de agua necesaria para realizar la correcta funcionalidad de cada etapa, las pieles que ingresan, el agua de vertimientos, los diferentes componentes químicos utilizados y las pieles que resultan al final de cada proceso.

En la **figura 12** se observa el balance hídrico en cada etapa del proceso, la identificación de las corrientes de entrada y de salida de las diferentes etapas son:

W : hace referencia al agua

wv_s : hace referencia al agua de vertimientos

M_c : hace referencia a la piel

w_E : hace referencia al agua de entrada

Figura 12. Identificación de variables del proceso de transformación de pieles en CURTIEMBRE Y MARROQUINERÍA F.B

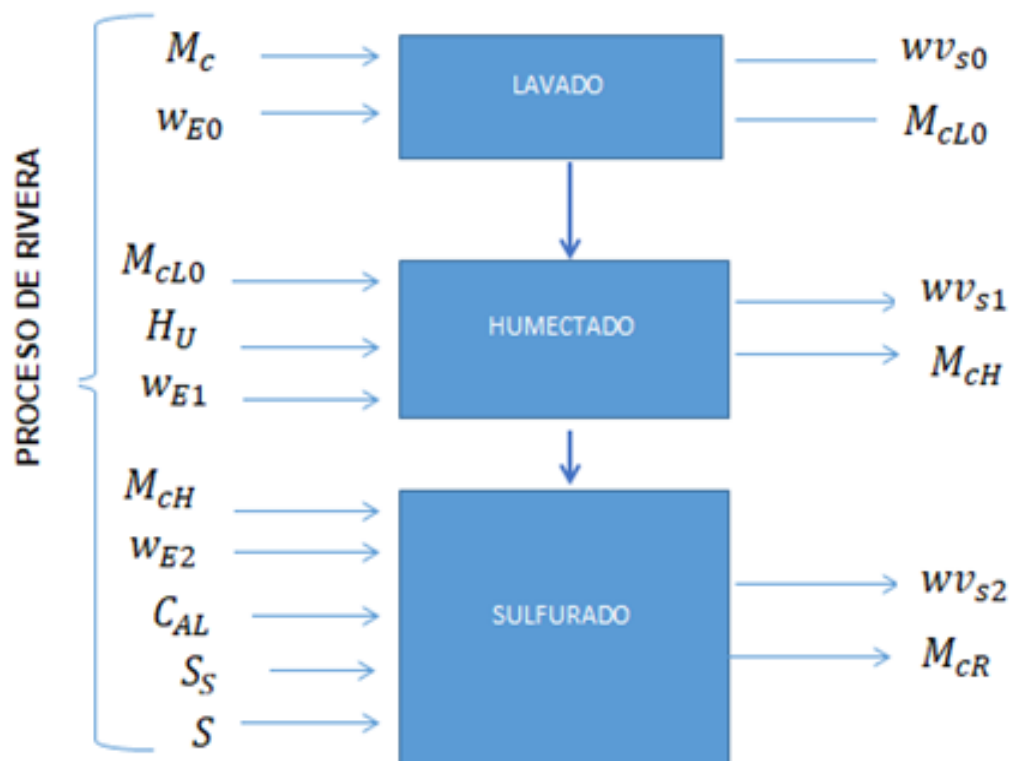


Figura 12. (continuación)

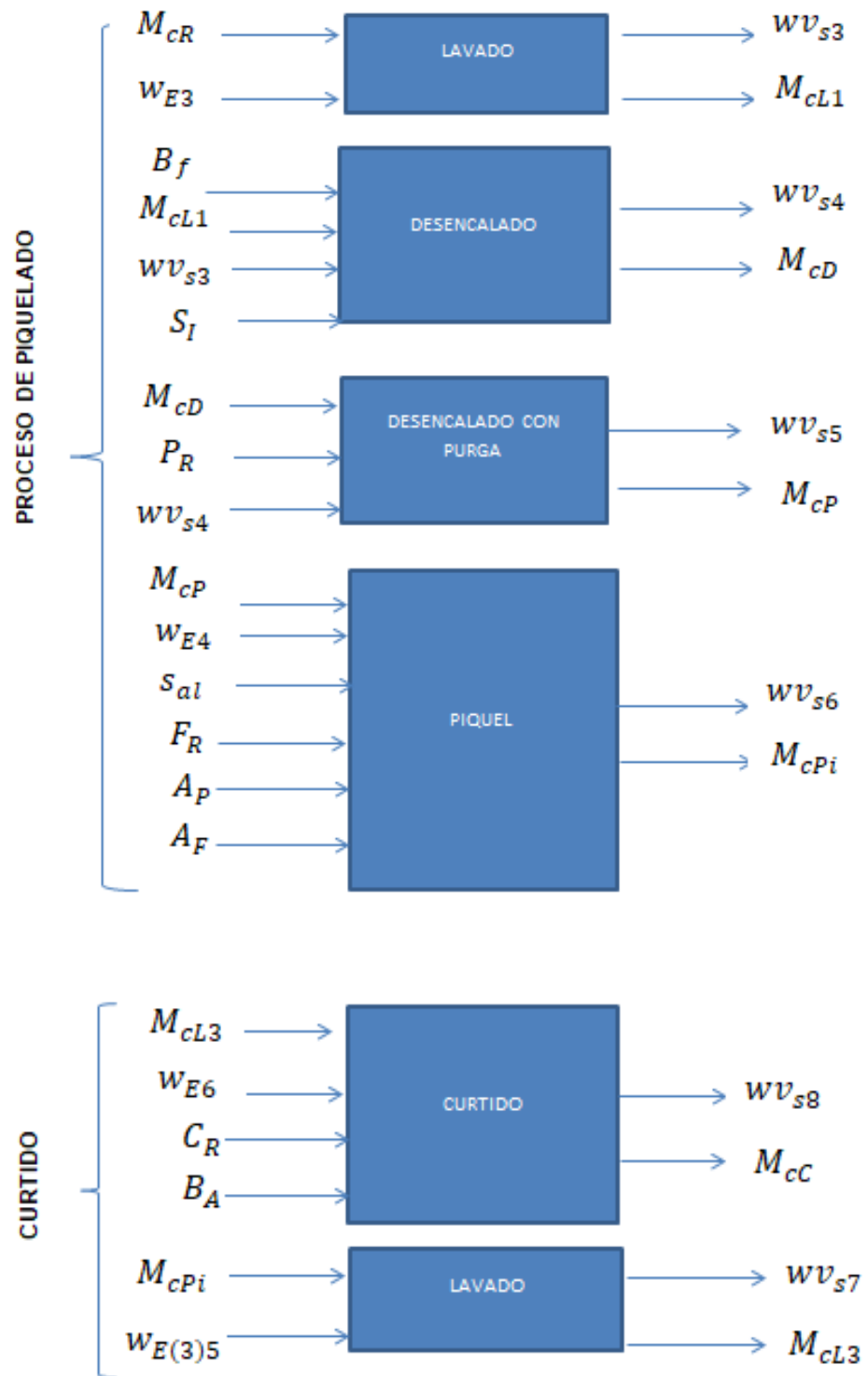
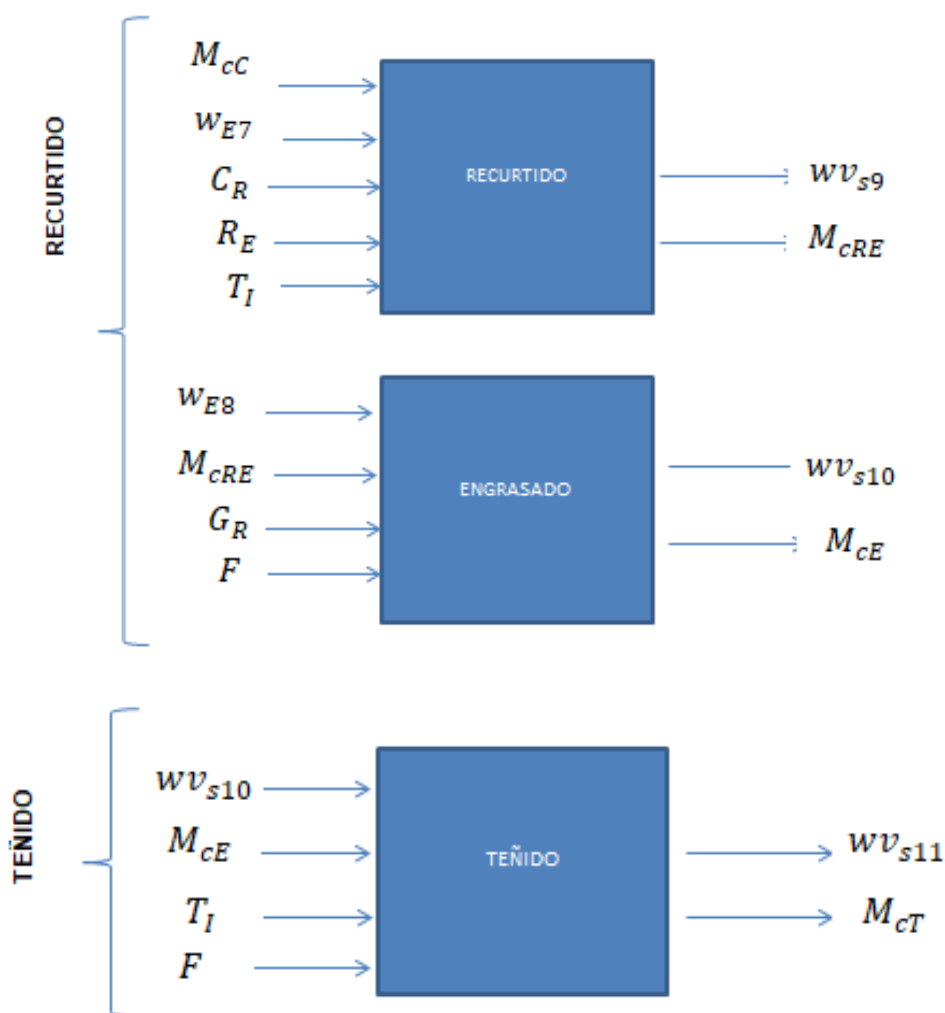


Figura 12. (continuación)



Fuente. Elaboración propia.

El proceso inicia con la recepción de pieles desde el matadero estas pueden ser frescas o saladas y según esto tienen un tratamiento diferente. Al ingresar las pieles en la planta estas son descargadas y pesadas con el fin de tener un conocimiento del peso del lote y de cuanto producto químico debe de ingresar en cada etapa del proceso. Posteriormente se deposita el lote de pieles al fulon donde se agregan xxx litros de agua con cal y humectante para dejarlo reposar aproximadamente 2 días con el fin de eliminar la mayor cantidad de pelo, al pasar este tiempo se retira el agua del fulon y las pieles son descarnadas y despostadas para que en el proceso de curtido se realice correctamente, las pieles ingresan nuevamente al fulon y se humecta con agua para agregar las sales de cromo este proceso puede durar

aproximadamente 6 horas y al ser cumplidas las pieles ya tienen propiedades específicas del cuero a continuación se retiran del fulón y se dejan secar en un caballete durante 2 días, finalmente son llevadas al proceso de tintura donde según las especificaciones del cliente reciben un color específico se le agrega a esta etapa la tinta y el fórmico para tener una mayor adherencia de la misma, la duración de esta etapa depende del color y de la humectación del cuero la cual se encuentra entre 2 y 4 horas. Para dar finalización al proceso las pieles son retiradas del fulón y secadas para posteriormente ser pesadas y llevarlas a la zona de acabado donde se le dan retoques y humectación al cuero.

2.4 BALANCE HIDRICO Y RELACIONES DE AGUA EN EL PROCESO

Para finalizar se realiza un balance hídrico de todo el proceso productivo para así obtener la cantidad de vertimientos para un kilogramo de piel que fue la base de cálculo tomada inicialmente partiendo de un lote de 80 pieles con un peso aproximado de 31,25 kg por piel. Se debe tener en cuenta las relaciones de agua para cada proceso para llevar a cabo el cálculo numérico. En la **TABLA 2** se observan las relaciones de agua pertinentes a cada proceso.

Tabla 2. Relación de agua en cada etapa del proceso

ETAPA	RELACION DE AGUA	ETAPA	RELACION DE AGUA	ETAPA	RELACION DE AGUA
LAVADO	1Kg de piel/1,3Kg de agua	LAVADO	1Kg de piel/1,4Kg de agua	CURTIDO	1Kg de piel/0,3Kg de agua
HUMECTADO	1Kg de piel/0,2Kg de agua	PIQUEL	1Kg de piel/0,1Kg de agua	RECURTIDO	1Kg de piel/10Kg de agua
SULFURADO	1Kg de piel/0,2Kg de agua	LAVADO	1Kg de piel/1,6Kg de agua	ENGRASE	1Kg de piel/3Kg de agua

Fuente. Elaboración propia.

Se realizó un balance hídrico por etapa del proceso contemplando el ingreso de productos químicos como se observa en la **tabla 3**

Tabla 3. Determinación de los balances hídricos por etapas

<i>Proceso</i>	<i>Etap</i>	<i>Balace</i>	<i>VARIABLE</i>	
			<i>SIGLA</i>	<i>SIGNIFICADO</i>
<i>Ribera</i>	<i>Lavado</i>	$M_c + w_{E0} = wv_{s0} + M_{cL0}$		
	<i>Humectado</i>	$M_{cl} + w_{E1} + H_u = wv_{s1} + M_{cH}$	<i>H_u</i>	<i>Humectante</i>
	<i>Sulfurado</i>	$M_{cH} + w_{E2} + CAL + SS + S$ $= wv_{s2} + M_{cR}$	<i>SS</i>	<i>Sulfuro de sodio</i>
			<i>S</i>	<i>Soda</i>
<i>Piquelado</i>	<i>Lavado</i>	$M_{cR} + w_{E3} = wv_{s3} + M_{cL1}$		
	<i>Desencalado</i>	$M_{cL1} + wv_{s3} + SI + BF$ $= wv_{s4} + M_{cD}$	<i>SI</i>	<i>Sincal</i>
			<i>BF</i>	<i>Bisulfato</i>
	<i>Desencalado (purga)</i>	$M_{cD} + wv_{s4} + PR = wv_{s5} + M_{cP}$	<i>PR</i>	<i>Purga</i>
	<i>Piquel</i>	$M_{cP} + w_{E4} + SAL + FR + AP$ $+ AF$ $= wv_{s6} + M_{cPi}$	<i>FR</i>	<i>Formiato</i>
			<i>AP</i>	<i>Ácido piquelante</i>
<i>Lavado (3)</i>	$M_{cPi} + w_{E(3)5} = wv_{s7} + M_{cL3}$	<i>AF</i>	<i>Ácido fórmico</i>	
<i>Curtido</i>	<i>Curtido</i>	$M_{cL3} + w_{E6} + Cr + Ba$ $= wv_{s8} + M_{cC}$	<i>Cr</i>	<i>Cromo</i>
			<i>Ba</i>	<i>Balsificante</i>
<i>Recurtido</i>	<i>Recurtido</i>	$M_{cC} + w_{E7} + Cr + RE + TI$ $= wv_{s9} + M_{cRE}$	<i>RE</i>	<i>Re curtiente</i>
	<i>Engrasado</i>		<i>TI</i>	<i>Tinta</i>
			$M_{cRE} + w_{E8} + GR + F$ $= wv_{s10} + M_{cE}$	<i>GR</i>
			<i>F</i>	<i>Fórmico</i>
<i>Teñido</i>	<i>Teñido</i>	$M_{cE} + wv_{s10} + TI + F$ $= wv_{s11} + M_{cT}$		

Fuente. Elaboración propia.

Los resultados obtenidos en la en la tabla anterior fueron tomados mediante muestras puntuales en cada etapa de la planta en la que se calcularon los caudales de agua utilizados en cada una de estas, mediante el llenado de un recipiente PET de 18,925 litros y cronometrando el tiempo de llenado, además se calculó el tiempo que tarda la llave abierta en cada etapa es decir el llenado del fulón.

De esta manera se llevó a cabo una relación para obtener la cantidad de agua necesaria en todo el proceso de la planta. Con respecto a las pieles al ser recepcionadas, son pesadas para tener un conocimiento de las especificaciones del lote y así sacar un promedio del peso unitario de cada una de las pieles de esta forma al ser retiradas en cada etapa intermedia del proceso son nuevamente

pesadas con el fin de determinar la cantidad de agua absorbida por las pieles y la pérdida de agua ocasionada por las fugas en los diferentes fulones.

Utilizando las ecuaciones de los balances correspondientes a cada una de las etapas en el proceso y sus respectivas cantidades iniciales, se obtienen los siguientes resultados los cuales se mostrarán a continuación.

Tabla 4. Resultados del balance hídrico por etapas

Proceso	Etapa	Resultados Balance			
		Sigla	Entrada (kg)	Sigla	Salida (kg)
Ribera	Lavado	M_c	1	wv_{s0}	0.08176
		w_{E0}	1.2325	M_{cL0}	1.0847
	Humectado	w_{E1}	1.1634	wv_{s1}	0.0826
		H_u	0.002	M_{cH}	1.4241
	Sulfurado	w_{E2}	0.9284	wv_{s2}	0.1552
		CAL	0.084		
SS		0.01	M_{cR}	2.2933	
S		0.002			
Piquelado	Lavado	M_{cR}	1	wv_{s3}	1.3138
		w_{E3}	1.3184	M_{cL1}	1.004624
	Desencalado	SI	0.01275	wv_{s4}	1.3261
		BF	0.007	M_{cD}	1.01208
	Desencalado (purga)	PR	7.2248e-04	wv_{s5}	0.6584
				M_{cP}	1.02158
	Piquel	w_{E4}	1.1621		
SAL		0.051	wv_{s6}	1.2263	
FR		0.0051			
Lavado (3)	AP	0.008075	M_{cPi}	1.03001	
	AF	0.0085			
Curtido	Curtido	w_{E6}	0.2518	wv_{s8}	0.2972
		Cr	0.0459		
		Ba	0.002975	M_{cC}	1.05292
	Recurtido	M_{cC}	1	wv_{s9}	9.2883
w_{E7}		9.3878			
Recurtido	Recurtido	Cr	0.02093		
		RE	0.02093	M_{cRE}	1.1472
	TI	0.005814			
	Engrasado	w_{E8}	2.8717	wv_{s10}	2.7825
		GR	0.1163		
F		0.004651	M_{cE}	1.3574	
Teñido	Teñido	TI	0.009302	wv_{s11}	2.7192
		F	0.005349	M_{cT}	1.4354

A continuación, se mostrará la ecuación representante del balance global de masa para el proceso de la transformación de las pieles.

Ecuación 1. Ecuación global del balance de masa

$$\boxed{\text{Entrada} - \text{Salida} + \text{Generación} = \text{Acumulación}}$$

Al ser este proceso continuo entre etapas, el termino acumulación es tomado como cero debido a que en los fulones no quedan residuos significativos esto se debe a que el agua residual arrastra los residuos químicos los cuales quedan inmersos en ella, esto es gracias a que las materias que entran son las mismas que salen sin dejar ningún residuo considerable en cuanto al interior del fulón; además en estos balances no se tienen en cuenta las reacciones químicas, por ende, el termino generación es tomado igualmente como cero, obteniendo la siguiente ecuación del balance global correspondiente.

Ecuación 2. Ecuación del balance de masa en el proceso

$$\boxed{\text{Entrada} = \text{Salida}}$$

Conociendo la ecuación global de balance de masa del proceso, es posible deducir la siguiente ecuación hídrica global, la cual corresponde de la siguiente manera:

Ecuación 3. Ecuación hídrica global

$$\boxed{\sum_{i=0}^{10} w_{Ei} + wv_{Si} + S_Q = \sum_{i=0}^{12} wv_{Si}}$$

Teniendo la ecuación hídrica global se procede a realizar el balance hídrico del proceso, remplazando los datos obtenidos según las ecuaciones mostradas en la **TABLA 3**. Con el cual se basa los cálculos posteriores, lo anterior mencionado se muestra a continuación:

Ecuación 4. Balance hídrico del proceso productivo

$$\boxed{w_{E0} + w_{E1} + w_{E2} + w_{E3} + w_{E4} + w_{E5} + w_{E6} + w_{E7} + w_{E8} + w_{E9} + w_{E10} + wv_{S3} + wv_{S4} + wv_{S10} = wv_{S0} + wv_{S1} + wv_{S2} + wv_{S3} + wv_{S4} + wv_{S5} + wv_{S6} + wv_{S7} + wv_{S8} + wv_{S9} + wv_{S10} + wv_{S11}}$$

Con la anterior ecuación se puede calcular el agua necesaria para todo el proceso, así como, la cantidad de agua de vertimiento generada, la cual es dirigida a el alcantarillado; en LA **TABLA 3 Y TABLA 4** se muestran los balances hídricos por etapa y los resultados obtenidos respectivamente con los cuales se desarrolla el cálculo.

En la primera etapa del proceso, referida al lavado de las pieles crudas, en donde su contenido de agua inicial es de 1.2325 kg para 1 kg de piel, siendo su relación de 1:1.2, las pieles absorben 0.0847 kg de agua en esta etapa, con una salida de agua e impurezas de 0.08176 kg.

El agua proveniente de la salida del lavado es recirculada en un 90% al proceso de humectado, esto con el fin de evitar agregar una mayor cantidad de este líquido en las etapas posteriores, esta recirculación es tomada como parte del agua que ingresa a dicha etapa.

En la etapa de humectado se agrega la proporción de agua correspondiente a esta etapa, además de 0.002 kg de humectante por 1 kg de piel adiciona. De este proceso los valores correspondientes al peso ganada de agua y materia prima y cantidad de vertimientos son 0.2607 kg y 0.0826 kg respectivamente, en esta etapa al igual que en la anterior, el agua residual es recirculada en un 90% al proceso posterior.

En la última etapa de la ribera se agrega el agua con una proporción de 1:1.2, además de una cantidad de 0.084 kg, 0.01 Kg y 0.002 kg de cal, sulfato de sodio y soda respectivamente, con estos aditivos se logra que la piel gane 1.3649 kg de agua y materias primas, generando una salida de 0.1552 kg de agua residual.

En la etapa de piquelado a las pieles se les realiza un lavado para eliminar impurezas, que puedan afectar a la calidad del cuero, en esta etapa se agrega agua con una relación de 1:1.3, obteniendo una absorción de agua de 0.004624 Kg y 1.3138 kg de agua residual, esta agua se reutiliza en la etapa de desencalado y desencalado con purga en las cuales no se agrega agua pura, en estas etapas la piel obtiene una ganancia de peso correspondiente a 0.007456 kg y 0.0095 kg respectivamente, debido a la adición de 0.01275 kg de sincal, 0.007 de bisulfito y 7.2248e-08 kg de purga.

El agua residual generada en la etapa de desencalado con purga es recirculada en un 50% e ingresada acompañada de una relación de agua pura de 1:0.1, además es adicionado 0.051 kg de sal, 0.0051 kg de formiato, 0.008075 kg de ácido piquelante y 0.0085 kg de ácido fórmico, obteniendo una ganancia en peso de agua de 0.00738 kg y generando un vertimiento de 1.2263 kg de agua.

Como última etapa del piquelado se realizan tres lavados con una relación de agua total de 1:1.5, logrando que las pieles eliminen las materias primas adicionales y obtengas un incremento en peso de agua de 0.0194 kg.

En la etapa de curtido es adicionada agua en una relación de 1:0.3, adicional a este es agregado 0.02093 kg de sales de cromo y 0.002975 de basificante, obteniendo como resultado una piel con una ganancia de peso en términos de agua absorbida de 0.00351 kg y un vertimiento de 0.2972 kg con un alto contenido de metales pesados.

Las pieles son sometidas a una etapa de recurtido para garantizar la preservación de estas, en esta etapa es agregada agua con una relación 1:9.4, además de 0.02093 kg de sales de cromo, 0.02093 kg de recurtiente y 0.005814 kg de tinta, en este proceso la piel logra ganar 0.1472 kg de agua, generando 9.2883 kg de vertimientos, siendo esta la etapa con mayor producción de aguas residuales en todo el proceso.

Con el ánimo de darle mayor suavidad a las pieles, estas son sometidas a una relación de agua de 1:2.9 y adicionado 0.1163 kg de grasa y 0.004651 de fórmico; estas pieles logran absorber 0.2154 kg de agua, generando 2.7825 kg de aguas residuales.

Para la última etapa del proceso en donde se les da el color a los cueros, para su posterior disposición, estas actúan con 0.009302 kg de tinta y 0.005349 de fórmico, generando un vertimiento de 2.7192 kg de agua residual, absorbiendo 0.078 kg de agua y materia prima.

Al ser estos valores obtenidos mediante medición directa en la zona puntual de la planta, se espera ciertos errores a las sumas de entradas y salidas del proceso, estos errores son dependientes del manejo de las variables involucradas como lo son la medición exacta de los vertimientos, las pérdidas de agua provenientes de los bombos al estar en funcionamiento y cuando se está desocupando en movimiento, de la **TABLA 3** se tomaran los valores del agua necesarios para la implementación de cada etapa en el proceso, a continuación se muestran los resultados obtenidos:

Estos errores son dependientes del manejo de las variables involucradas como lo son la medición exacta de los vertimientos, las pérdidas de agua provenientes de los bombos al estar en funcionamiento y cuando se está desocupando en movimiento, de la **TABLA 4** se tomarán los valores del agua necesarios para la implementación de cada etapa en el proceso, a continuación, se muestran los resultados obtenidos:

$$\sum_{i=0}^{12} (0.08176 + 0.0826 + 0.1552 + 1.3138 + 1.3261 + 0.6584 + 1.2263 + 1.4916 + 0.2972 + 9.2883 + 2.7825 + 2.7192) \text{ kg} = 21.4230 \text{ kg}$$

Para la realización del proceso productivo es necesaria la adición de 21,4230 kg de agua pura y productos químicos, de igual manera se obtiene la cantidad de agua residual generada concerniente a cada etapa:

$$\sum_{i=0}^{12} (0,121 + 0,092 + 0,253 + 1,303 + 1,315 + 0,653 + 0,771 + 1,573 + 0,311 + 9,792 + 2,936 + 2,873) \text{ kg} = 21,993 \text{ kg}$$

La cantidad de agua residual generada es de 21,993 kg, observando, que la igualdad en esta ecuación no se da, puesto que el peso del agua a la salida es mayor que el de la entrada, esto es debido a que el agua residual contiene las impurezas provenientes del material después del tratamiento y las materias primas que no interactuaron con el proceso, además se debe tener en cuenta que el agua de entrada ingresa de forma separada con los productos químicos adicionados y el agua generada sale con la mezcla de las dos corrientes, aumentando así el peso de este vertimiento.

El porcentaje de agua vertida con relación a la necesaria es.

$$\text{porcentaje de agua vertida} = \frac{(21,993 \cdot 100)}{21,4230} = 102,66\%$$

Teniendo como resultado 102,66% de agua vertida, este valor está dado, entendiéndose que el peso del agua residual es mayor que el del agua pura y las sustancias químicas utilizadas, como es mencionado anteriormente, reflejando el alto nivel de carga contaminante inmersa dentro del agua residual, siendo este la problemática que presenta la industria de la transformación de pieles de animales, por cuya razón se deben plantear alternativas viables para así lograr reducir la carga en el agua vertida al alcantarillado público.

3. DIAGNOSTICO DEL ESTADO ACTUAL DEL AGUA VERTIDA POR CURTIEMBRE Y MARROQUINERIA F.B

La caracterización del agua residual es importante, debido a que es necesario conocer el estado actual de los vertimientos para desarrollar una estrategia adecuada para el sistema de tratamiento a aplicar.

En este capítulo se dará a conocer el estado actual del agua residual, mediante la caracterización de los vertimientos de la empresa CURTIEMBRE Y MARROQUINERIA F.B., así como la comparación con las respectivas normas que rigen este tipo de vertimientos industriales al alcantarillado público.

3.1 CARACTERIZACIÓN DE LOS VERTIMIENTOS DE LA EMPRESA CURTIEMBRE Y MARROQUINERIA F.B.

Para la caracterización de las aguas residuales industriales generadas por la empresa, se realizó un muestreo puntual, tomando muestras en empaques de plástico, vidrio y ámbar como se puede observar en el *anexo A*, este proceso se llevó a cabo mediante la obtención de recipientes plásticos PET los cuales fueron rotulados y purgados para posteriormente tomar las respectivas muestras en las diferentes etapas del proceso en la planta, seguidamente son conservadas a temperatura menor a 4 grados Celsius y llevadas al laboratorio asignado cumpliendo la normatividad de toma de muestras expuesta por el IDEAM⁴³. Los resultados obtenidos de la caracterización realizada de las aguas vertidas para el mes de agosto de 2018 se muestran en la **tabla 5**.

Tabla 5. Caracterización de los vertimientos generados por la empresa CURTIEMBRE Y MARROQUINERIA F.B

<i>Parámetro</i>	<i>Resultado</i>	<i>Unidades</i>
Cloruros	102	mgCl-/L
Conductividad eléctrica	75419.25	µs/cm
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	1763	mgO2/L
Demanda química de oxígeno (DQO)	2085	gO2/L
Fenoles totales	0.3	mgFeno/L
Grasas y aceites	20	Mg/L
pH	10	Unidades pH
Salinidad	44.96	****
Solidos sedimentables (SSED)	684.2	mgSSED/L

⁴³Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). Toma de muestras de aguas residuales. En línea. http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38158/Toma_Muestras_AguasResiduales.pdf/f5baddf0-7d86-4598-bebd-0e123479d428. Consultado el 2 de octubre de 2018.

Tabla 5. (continuación)

<i>Parámetro</i>	<i>Resultado</i>	<i>Unidades</i>
Solidos suspendidos totales (SST)	9552	mgSST/L
Sulfuros	65.71	mgS2-/L
Tenso activos (SAAM)	7.19	Mg/LSAAM
Cromo hexavalente	0.09	mgCr6/L
Cromo trivalente	50.71	mgCr3/L
Cromo total	50.8	mgCRtotal/L

Fuente. Elaboración propia, basado en ASINAL SAS

Observando los resultados de la caracterización de las aguas residuales, se puede determinar la cantidad de contaminantes que pueden llegar a afectar el agua sobre la cual, son vertidas mediante el alcantarillado, los resultados obtenidos fueron comparados con la Resolución 0631 de 2015⁴⁴ como se muestra en la **tabla 6**; los parámetros establecidos por dicha resolución se pueden observar en el **anexo B**, en donde se muestra una tabla con los parámetros máximos establecidos para los vertimientos en el sector de la fabricación y manufactura de bienes, específicamente en la fabricación de artículos de piel, curtido y adobo de pieles. Se muestra a continuación en la tabla 8 un resumen del incumplimiento de estos parámetros y su comparación con la resolución 0631 del 2015.

Tabla 6. Parámetros obtenidos y comparación con la resolución 631 de 2015

PARÁMETRO	VALOR (mg/L)	VALOR RESOLUCIÓN (mg/L)	CUMPLIMIENTO CON LA NORMA
DBO	1.763	600	NO
DQO	2.085	1200	NO
SULFUROS	65,71	3	NO
SAAM	7,19	5	NO
SST	9.552	600	NO
SS	684,2	2	NO
Ph	10	6 a 9	NO
CROMO TOTAL	2.307	1,50	NO
FENOLES	0,3	Análisis y reporte	SI
ACEITES Y GRASAS	20	60	SI

Fuente. Elaboración propia.

⁴⁴MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Resolución 0631, 17 de marzo de 2015. En línea. https://docs.supersalud.gov.co/PortalWeb/Juridica/OtraNormativa/R_MADS_0631_2015.pdf. Consultado el 20 de septiembre de 2018.

4. DESARROLLO EXPERIMENTAL A PARTIR DEL DIAGNOSTICO DEL AGUA VERTIDA POR CURTIEMBRE Y MARROQUINERIA F.B

Es importante tener un conocimiento de las características del agua con la cual se va a trabajar para tratarla y de esta manera cumplir con la normatividad legal expuesta por el estado colombiano, de igual forma se busca implementar los diferentes métodos de tratamiento que podrían llegar a ser adecuados teniendo en cuenta los diversos equipos que darán un buen funcionamiento STAR para CURTIEMBRE Y MARROQUINERIA F.B. Mediante la caracterización de las aguas vertidas se genera un amplio horizonte respecto a los diferentes tratamientos que esta podría tener al momento de llevar a cabo el proceso productivo.

En este capítulo se desarrollará el proceso de tratamiento de aguas residuales, buscando a nivel laboratorio los experimentos propuestos para cada una de las etapas del STAR, con el fin de elaborar la mejor propuesta para dicho sistema.

4.1 DETERMINACION DE CRITERIOS DE SELECCIÓN

Para llevar a cabo la determinación de los criterios de selección, se tuvo en cuenta la funcionalidad y la viabilidad de los métodos mencionados en la bibliografía estudiada, para el desarrollo de cada una de las etapas del STAR, así como las características y áreas de la empresa las cuales no permiten la disposición de instrumentos y elementos de grandes dimensiones ya que la empresa cuenta con 11 metros de ancho, 10 metros de profundidad y 5 metros de alto por planta. Por otra parte, se expusieron diferentes alternativas para realizar acuerdos con la empresa con respecto a los costos de cada método.

Los criterios de selección determinados se mencionarán en cada una de las etapas a plantear desarrolladas en el transcurso del proyecto.

4.2 DETERMINACIÓN DE LAS CONDICIONES DEL PRETRATAMIENTO

El sistema de tratamiento de aguas residuales en **CURTIEMBRE Y MARROQUINERIA F.B** estará basado en las diferentes combinaciones a partir de los diversos procesos que se deben de llevar a cabo para un correcto funcionamiento del mismo, esto debido a las grandes cargas de contaminantes presente en el agua residual proveniente de la curtiembre. Es adecuado implementar una serie de procedimientos que ayuden a disminuir los parámetros excesivos presentes en los vertimientos, antes de determinar las diferentes etapas que deben ser utilizadas para el adecuado funcionamiento de un STAR

Estas etapas constan en primera instancia de la eliminación de sólidos gruesos existentes en los vertimientos, continuando con la eliminación de metales pesados, en este caso iones de cromo provenientes del curtido y teñido de las pieles,

Posteriormente se eliminan los sulfuros en la etapa de sulfurado y por último se realiza una homogenización de estas dos corrientes para la disposición de los siguientes procesos.

4.2.1 Tamizado o cribado. En esta etapa se busca eliminar las partículas de existentes en los residuos líquidos de la empresa, mediante la implementación de una serie de tamices o filtros de arena, con el fin de evitar obstrucciones y daños en las fases sucesivas del tratamiento.

Una ventaja desde el punto de vista ambiental de la utilización de los filtros de malla de acero inoxidable, en lugar de los filtros de arena, es que se evita la generación adicional de residuos sólidos, porque la arena debe cambiarse periódicamente. Desde el punto de vista operativo, también es más fácil hacer el mantenimiento a un filtro de malla, siempre que se utilice solamente una capa de malla, porque entre capas también se formaría la placa fibrosa que taponan el filtro. Por otra parte, se puede ver directamente el estado del filtro, para retirar el material retenido por éste, ventaja que no presentan los filtros de arena, debido a esto se implementara para el STAR una serie de tamices.

Esta etapa consiste en hacer circular el agua proveniente de cada uno de los procesos, mediante una serie de tamices, así logrando retirar las partículas de gran tamaño generando una simplificación en las etapas posteriores.

Se realizó a nivel laboratorio pruebas de filtración con tamices número 14, 20, 40 y 100 (código ASTM) en acero inoxidable respectivamente, para observar la variación de los resultados considerando los diferentes diámetros de abertura de los tamices, para obtener los resultados expuesto en la **tabla 7**, se pesaron inicialmente los tamices para tener conocimiento del peso de los mismos, posteriormente se hizo pasar el agua residual por medio de ellos para retener el diferente material particulado y finalmente tomar el peso de estos, con el objetivo de determinar el peso de las partículas retenidas en cada una de las mallas. Mediante la experimentación se logró obtener los resultados expuestos en la **tabla 7**.

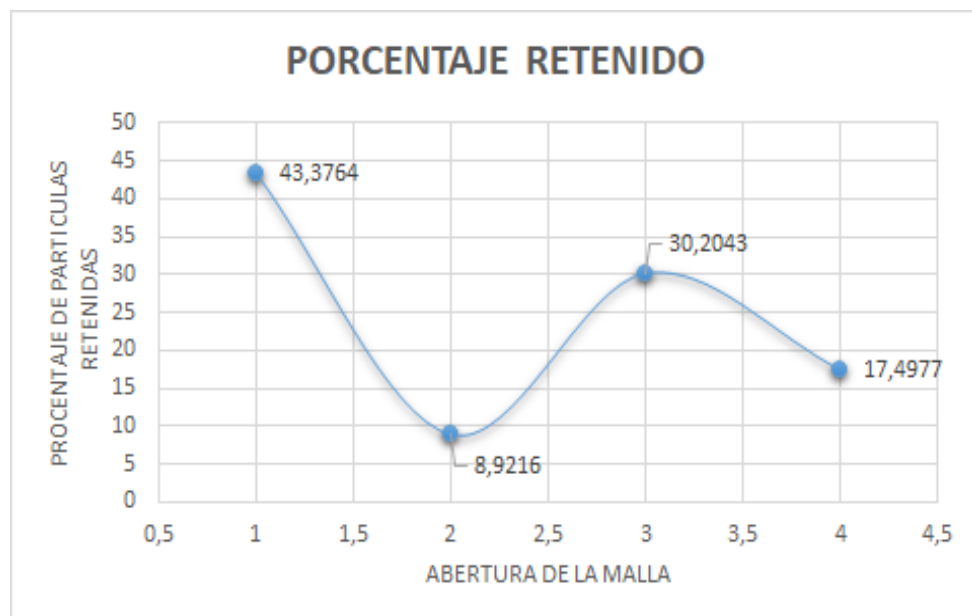
Tabla 7. Análisis de granulometría de las aguas residuales del proceso productivo

TAMIZ	DIÁMETRO DE ABERTURA (mm)	PARTÍCULAS RETENIDAS (g)	PORCENTAJE RETENIDO
14	1,41	9,6267	43,3764
20	0,841	1,98	8,9216
40	0,420	6,7034	30,2043
100	0,149	3,8834	17,4977

Fuente. Elaboración propia.

Para determinar la serie de mallas a implementar en STAR se realizó la **gráfica 4** la cual muestra el rendimiento de cada uno de los tamices en función de la abertura de la malla.

Grafica 4. Curva de granulometría



Fuente. Elaboración propia.

A partir de los resultados obtenidos en laboratorio y según el **gráfico 4** se puede observar que los tamices no 14 y no 40 son aquellos donde se depositan mayor cantidad de partículas y por ende son las rejillas adecuadas para la correcta disposición.

4.2.2 Desengrasado. Este proceso consiste en la separación, de las grasas no emulsionadas de los componentes ligeros arrastrados por el agua residual,

proveniente de cada una de las etapas, este con el fin de evitar que estas partículas puedan causar posteriores daños, como obstrucción de tuberías, motobombas y demás, en los instrumentos utilizados en el STAR⁴⁵.

Debido a la alta necesidad de la eliminación de estas partículas, la empresa cuenta con una trampa de grasas, que consiste, en una canal de 3.86 m de largo por 2.36 m de ancho, que consta de tres secciones, cada una con un sistema de rejillas que retiene las partículas transportadas por el agua residual mostradas en la **figura 13**, la última sección cuenta con una conexión a la tubería ubicada a una altura de 30 cm de la base de la trampa de grasas, con el fin de evitar el ingreso de partículas no retiradas en la anteriores secciones, a las siguientes etapas de tratamiento, logrando así una separación de estas, luego las grasas y aceites retenidos en la trampa de grasas son retirados por medio de rasquetas superficiales y son conducidas a un depósito y de ahí se transporta para su recuperación o incineración dado el caso.

Figura 13. Sistema de rejillas trampa de grasas



Fuente. Elaboración propia.

En la **figura 13** se muestra las rejillas ubicadas a la salida de cada sección, esto con el fin de no permitir el paso de grasas a las secciones posteriores.

El agua proveniente del proceso de curtido de pieles ingresa a la primera sección con un alto contenido de grasas, esta es conducida por las tres secciones en donde

⁴⁵ LOMBEIDA, Lenin. Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales para una empresa de curtiembre. Trabajo de investigación para optar por el Título Profesional de Químico. Facultad de ciencias químicas Quito: Universidad Central Del Ecuador. 2013. P 23. En línea. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/9724/1/T-UCE-0008-Q001-2017.pdf>. Consultado el 15 de octubre de 2018.

se le es retirado las partículas, con el fin de obtener un agua con pocas grasas no emulsionadas, para esta etapa se tomaron muestras puntuales de agua residual antes de entrar a la trampa de grasas y a la salida de esta, con el fin de realizar una comparación cualitativa de las dos muestras tomas como se observa en la en la **figura 14**.

Figura 14. Aguas antes y después de la trampa de grasas



Fuente. Elaboración propia.

En la **figura 14** se puede observar a la izquierda el agua que ingresa a la primera sección con un alto contenido de grasas, las cuales son necesarias retirar para el mejoramiento del sistema, se puede notar un color oscuro y las partículas de gran tamaño que pueden perturbar o taponar las tuberías del STAR; al contrario en la derecha se encuentra el agua proveniente de la última sección de la trampa de grasas, en donde se observa una agua con un color más claro, y con una contenido de partículas grandes muy bajo, el cual muestra el funcionamiento adecuado del equipo.

Para atribuir al buen funcionamiento del sistema, es necesario evitar la retención de los procesos en la empresa, es por esto que se hace de vital importancia la elaboración de una nueva trampa de grasas para el segundo fulón, lo cual permite que las aguas generadas por las dos etapas en simultáneo puedan pasar por las trampas de grasas sin ninguna retención, evitando la contaminación de los vertimientos de las etapas de pelambre, curtido y recurtido por medio de la mezcla con las demás aguas generadas en el proceso de curtición de pieles, debido a que en la actualidad la empresa cuenta con un solo equipo, el cual haría que se

mezclaran las aguas o generarían retenciones en los procesos para no contaminarlas.

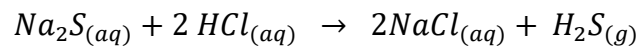
4.2.3 Eliminación de sulfuros. En la primera etapa del proceso de transformación de pieles en cuero, estas son sometidas a un lavado para la remoción de la sal utilizada para la conservación de la misma, luego se les adiciona un humectante para ayudar a que las pieles recuperen su grado de hinchamiento natural, posterior a esto, son expuestas a grandes cantidades de sales de sulfuro de sodio (Na_2S), y cal para remover los pelos presentes en las pieles y ayudar al ablandamiento de la epidermis, facilitando el descarnado de las mismas.

En la etapa de pelambre por su alta cantidad de agua implementada, así como, de Na_2S componente considerado altamente contaminante, es inevitable la implementación de un sistema que ayude a reducir la carga de Na_2S vertida al alcantarillado, puesto que este puede afectar la estructura de las tuberías y generar una gran contaminación en el cuerpo de agua donde es vertido.

Para el tratamiento de las aguas provenientes de esta etapa, es implementado el método de acidificación, el cual nos permite además de eliminar la cantidad de sulfuro de sodio vertido, recuperarlo para su posterior reutilización.

Este método consta de dos etapas, proceso de reducción y proceso de recuperación, en las cuales se elimina el sulfuro de sodio presente en las aguas residuales de la etapa de pelambre como lo plantean Cortes y Alarcón⁴⁶

La primera consta de la acidificación de las aguas residuales de esta etapa, con ácido clorhídrico (HCl) con una concentración de 37.000 Mg/L, logrando la volatilización o desorción del ácido sulfhídrico (H_2S), como se muestra en la siguiente reacción química.



⁴⁶ CORTES, Omar y ALARCÓN, Evaluar la reducción de la carga de sulfuros en los efluentes del proceso de pelambre mediante su recuperación por el método de acidificación. Proyecto de grado para obtener el título de ingeniero ambiental y sanitario. Facultad de ingeniería Bogotá D.C.: Universidad De La Salle. 2016. P. 40. En línea. http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/20462/41092125_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y. consultado el 20 de octubre de 2018.

Esta etapa es la más importante, debido a que es en esta donde se elimina el sulfuro de sodio del agua residual, es por eso que en el STAR se va a enfocar en esa etapa.

En el proceso de recuperación, el $H_2S_{(g)}$ generado se hace reaccionar con hidróxido de sodio (NaOH), formándose así una solución concentrada de Na_2S , como se muestra en la siguiente reacción química.



Según lo anterior se desarrolló a nivel laboratorio la implementación del método de acidificación mencionado, el cual se elaboró mediante dos Erlenmeyer con desprendimiento lateral como reactores para la reducción y recuperación del Na_2S , estos fueron unidos una manguera de látex para permitir el traspaso del ácido sulfhídrico de un lado a otro como se muestra en la **Figura 15**.

Figura 15. Montaje del diseño experimental



Fuente. Elaboración propia.

En el Erlenmeyer de la izquierda se adiciono el agua residual y en el de la derecha una mezcla de NaOH en exceso y agua para garantizar la recuperación.

Se realizaron 3 ensayos, se probaron tres concentraciones de HCl correspondientes a 6166,67 mg/L, 9250 mg/L y 21583,33 mg/L, respectivamente y se procedió a realizar una réplica por cada concentración, esto con el objetivo de observar la variación en el comportamiento de la muestra al adicionar distintas cantidades de ácido clorhídrico, para de esta forma dosificar el ácido clorhídrico necesario para eliminar el sulfuro de sodio presente en la muestra y así cumplir los requerimientos

exigidos por las normas anteriormente mencionadas, las concentraciones adicionadas de ácido clorhídrico se seleccionaron según disposición del mismo, puesto que es una sustancia controlada y de difícil acceso en grandes cantidades, los resultados obtenidos se pueden observar en la **Tabla 8**.

Tabla 8. Resultados del Proceso de Reducción

numero	Ensayo Concentración de HCl (mg/L)	Muestra Concentración reducida de Na ₂ S (mg/L)		Concentración recuperada de Na ₂ S (mg/L)
		Inicial	Final	
1	6166,67	50,17	58,92	-8,75 (valor erróneo)
			49,86	0,31
2	9250	50,17	49,76	0,41
			49,74	0,43
3	21583,33	50,17	33,47	16,7
			33,49	16,68

Fuente. Elaboración propia, basado en ASINAL SAS.

Como se puede observar en la **tabla 8** el primer valor de la concentración recuperada en el ensayo 1, muestra un valor negativo, el cual nos indica un error a la hora de referenciar o determinar la cantidad de sulfuro de sodio final en la muestra, por parte del laboratorio ASINAL, dado que este resultado fue determinado por dicha entidad, es por esto que este valor no será tomado en cuenta para el análisis de la implementación de este método.

Para realizar el análisis de resultados obtenidos del diseño experimental, se calculó los porcentajes de remoción del sulfuro de sodio mediante la ecuación 5, como lo mencionan Cortes y Alarcon⁴⁷.

Ecuación 5. Porcentaje de reducción

$$\% \text{reduccion} = \left(\frac{ci^M - cf^M}{ci^M} \right) * 100$$

- ci^M = cantidad inicial de muestra (mg/L)

⁴⁷ CORTES, Omar y ALARCÓN, Evaluar la reducción de la carga de sulfuros en los efluentes del proceso de pelambre mediante su recuperación por el método de acidificación. Proyecto de grado para obtener el título de ingeniero ambiental y sanitario. Facultad de ingeniería Bogotá D.C.: Universidad De La Salle. 2016. P. 108. En línea. http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/20462/41092125_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y. consultado el 20 de octubre de 2018.

- cf^M cantidad final en la muestra (mg/L)

En la **tabla 9** se muestran los rendimientos de la eliminación de sulfuro de sodio.

Tabla 9. Porcentajes de reducción de sulfuro de sodio

<i>Ensayo</i>	<i>muestra</i>
	<i>% Reducción</i>
1	----- 0,62
2	0.82 0.86
3	33.29 33.21

Fuente. Elaboración propia.

Los resultados obtenidos muestran un porcentaje de remoción desde 0,61% hasta 33%, evidenciando la viabilidad de este método. El mejor resultado arrojado fue de 33,29% con un volumen de 7 ml de HCl con una concentración de 37.000 Mg/L, si bien no cumple lo estipulado en el **anexo B**, muestra que a un mayor volumen de HCl, se puede llegar a cumplir estos parámetros, para saber cuánta cantidad es necesaria para eliminar el 95% del sulfuro de sodio presente en el agua se recurrió a calcular la cantidad de HCl en exceso, agregada a la muestra según la cantidad teórica necesaria mediante la estequiometría de la reacción.

Para determinar la cantidad teórica necesaria de ácido clorhídrico al 37%, se determinó que 16,7 mg/L de sulfuro de sodio (Na_2S) corresponden a la cantidad eliminada de sulfuro de sodio al agregar 7 ml de HCl, equivalen a $4,28 \times 10^{-5}$ mol de sulfuro de sodio, seguido se determinó la cantidad de HCl al 37% necesaria para eliminar dicho valor.

$$HCl_{teo} = \frac{4,2821 \times 10^{-5} \text{ mol } Na_2S * 2 \text{ mol } HCl}{1 \text{ mol } NA_2S}$$

Teniendo como resultado una cantidad de $8,56 \times 10^{-5}$ mol de HCl teóricas de sulfuro de sodio, correspondiente a 0,0071 mL de HCl.

Según los resultados obtenidos se puede observar un exceso de 6.9929 ml de ácido clorhídrico.

Para determinar la cantidad es de sulfuro de sodio necesaria, primero se determinó la cantidad teórica necesaria de HCl para eliminar el 95% del sulfuro de sodio (47,66

mL Na₂S), la cual corresponde a 0.020 ml de HCl, luego mediante una relación se determinó que la cantidad de HCl que se debe agregar en exceso de la siguiente manera.

$$HCl_{exc} = \frac{47,6615 \text{ mL Na}_2\text{S} * 6.99 \text{ mL de HCl}}{16.7 \text{ mL Na}_2\text{S}}$$

Según lo anterior para lograr la eliminación del 95% del sulfuro de sodio inicial es necesario agregar 19,94 ml de HCl en exceso, lo cual representa una cantidad total de HCl de 19,96 mL.

Lo cual arroja un resultado satisfactorio debido a que la cantidad de ácido clorhídrico no superaría los 70 L para eliminar la cantidad total de sulfuro de sodio presente en las aguas residuales de la etapa de pelambre.

4.2.4 Eliminación de cromo. En la etapa de curtido y recurtido las pieles provenientes de etapas anteriores son expuestas a cantidades considerables de sales de cromo con el objetivo de convertir la piel en cuero otorgándole cualidades como resistencia a la humedad y al calor, evitando la descomposición de las mismas. Los altos contenidos de estas sales pueden ser perjudiciales a la salud humana, además de provocar contaminación en fuentes fluviales y ecosistemas. Por tal motivo se busca implementar en el STAR un método que disminuya la concentración de este parámetro en el agua residual del proceso.

Se ensayó a nivel laboratorio el proceso de eliminación de cromo mediante la aplicación de hidróxido de sodio como agente precipitante, en las aguas residuales obtenidas de los procesos de curtido y recurtido en CURTIEMBRE Y MARROQUINERÍA F.B como es mencionado por Ortiz⁴⁸

Se realizó un diseño experimental para observar el efecto de la variable independiente concentración de hidróxido de sodio (NaOH) (159.988 mg/L, 199.985 Mg/L y 980.000 Mg/L) para obtener pH inicial de 9, sobre las variables dependientes y concentración final de cromo en el agua residual.

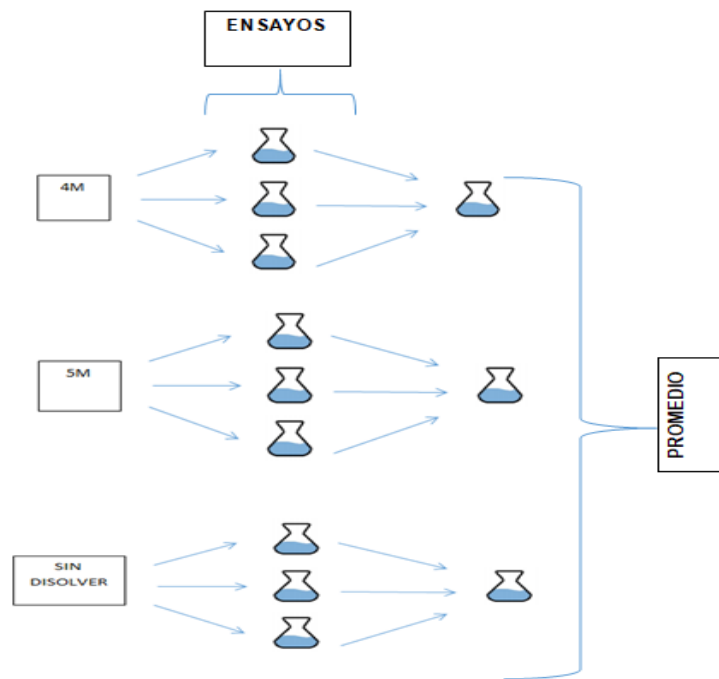
Para llevar a cabo esta experimentación se tomaron muestras puntuales de 1000 mL de agua residual de la etapa de curtido, así como de la etapa de recurtido,

⁴⁸ ORTIZ, Nidia. Recuperación y reutilización de cromo de las aguas residuales del proceso de curtido de curtiembres de San Benito (Bogotá), mediante un proceso sostenible y viable tecnológicamente. Maestría en desarrollo sostenible y medio ambiente Manizales: Universidad de Manizales. Modalidad virtual. 2013. P 52. En línea. http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/6789/1076/Ortiz_Penagos_Nidia_Elena_2013.pdf?sequence=1. Consultado el 22 de octubre de 2018.

posteriormente se mezclaron y se tomaron muestras de 500 ml en 3 elemeyers, a los cuales se les llevo registro de pH, luego a cada una de estas fue adicionado 14 ml de NaOH por cada concentracion anteriormente mencionada, hasta obtener un pH de 9, ya que, a este pH, el cromo precipita con mayor eficiencia en la solución según Ortiz. Finalmente, las muestras fueron conservadas en un espacio aislado durante 24 horas para dar tiempo suficiente a la sedimentación. De estas muestras se retiró la torta del sobrenadante para ser analizado por laboratorios ASINAL y de esta manera determinar los resultados obtenidos.

El proceso experimental mencionado anteriormente se realizó bajo el diseño de replicado 3x3 donde se llevó a cabo un experimento y dos replicas para cada una de las concentraciones de hidróxido de sodio como se muestra en la **figura 16**

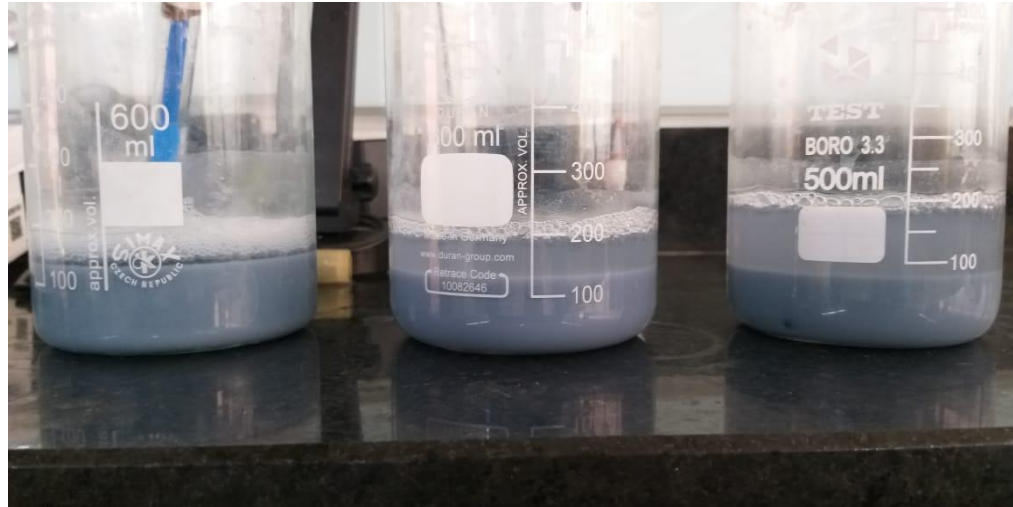
Figura 16. Proceso experimental con tres diferentes concentraciones (159.988 Mg/L, 199.985 Mg/L y 980.000 Mg/L)



Fuente. Elaboración propia.

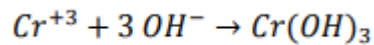
Con respecto a la **Figura 16** se observa que cada una de las concentraciones 159.988 Mg/L, 199.985 Mg/L y 980.000 Mg/L están compuestas por tres repeticiones (replicas) que corresponde a 9 ensayos en total con el objetivo de evaluar cuál de las tres concentraciones mencionadas anteriormente con respecto al promedio como se ve en la **tabla 10**, es la que reúne mayor cantidad de cromo en el precipitado (torta). Esto puede apreciarse en la **figura 17** que corresponde a los ensayos realizados en el laboratorio.

Figura 17. Ensayos en laboratorio para precipitación de cromo mediante hidróxido de sodio en concentraciones de 159.988 Mg/L, 199.985 Mg/L y 980.000 Mg/L respectivamente.



Fuente. Elaboración propia.

La reacción química del Cr^{+3} del agua residual proveniente de los procesos de curtido y recurtido y los iones hidroxilos aportados por el hidróxido de sodio está representada por:



Con respecto al pH este fue ajustado para todos los ensayos hasta obtener un valor de 9; según ORTIZ⁴⁹ al conseguir un pH inicial menor a 9 se obtiene un pH al finalizar el proceso de precipitación del cromo menor a 7 generando un valor de disolución acida, produciendo un déficit de hidróxido de sodio para obtener una precipitación completa del cromo. Por otra parte, al conseguir pH mayores a 10 el cromo forma iones complejos con alta solubilidad en agua, impidiendo la precipitación como hidróxido. El tiempo de precipitación para cada uno de los ensayos corresponde a un valor de 24 horas.

⁴⁹ ORTIZ, Nidia, Recuperación y reutilización de cromo de las aguas residuales del proceso de curtido de curtiembres de San Benito (Bogotá), mediante un proceso sostenible y viable tecnológicamente. Maestría en desarrollo sostenible y medio ambiente Manizales: Universidad de Manizales. Modalidad virtual. 2013. Pág. 52. En http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/6789/1076/Ortiz_Pena_gos_Nidia_Elena_2013.pdf?sequence=1. Consultado el 22 de octubre de 2018.

El agua residual con hidróxido de sodio para cada ensayo se dejó sedimentar en envases plásticos de tereftalato de polietileno (PET) cada uno con su tapa en polipropileno (PP) como se observa en las **Figura 18**. Que corresponden respectivamente a las concentraciones de hidróxido de sodio utilizadas en los diferentes ensayos.

Figura 18. Proceso de sedimentación del cromo con concentración de hidróxido de sodio 159.988 Mg/L.



Fuente. Elaboración propia.

El agua sobrenadante después de 24 horas de sedimentación es retirada de la torta como se muestra en las **figuras 19, 20 y 21** con el fin de evaluar las concentraciones de Cr^{+3} en ella y de esta forma determinar la cantidad que fue eliminada del agua residual del proceso inicial.

Figura 19. Separación de la torta y el sobrenadante del proceso de sedimentación con concentración de hidróxido de sodio 159.988 Mg/L.



Fuente. Elaboración propia.

Figura 20. Separación de la torta y el sobrenadante del proceso de sedimentación con concentración de hidróxido de sodio 199.985 Mg/L



Fuente. (autores, 2018)

Figura 21. Separación de la torta y el sobrenadante del proceso de sedimentación con concentración de hidróxido de sodio de 980.000 Mg/L



Fuente. Elaboración propia.

Tabla 10. Matriz concentración de cromo (mg/L) en el agua residual, después de la precipitación con hidróxido de sodio

CONCENTRACION DE HIDROXIDO DE SODIO			
	159.988 Mg/L (mg/L Cr)	199.985 Mg/L (mg/L Cr)	980.000 Mg/L (Mg/L Cr)
	2.85	5.94	1.02
	2.95	6.02	0.95
	2.75	5.83	1.08
PROMEDIO	2.85	5.93	1.0167

Fuente. Elaboración propia.

En los resultados de la **Tabla 10** se observa la reducción de cromo presente en el agua residual de la planta en el proceso de curtido y recurtido, donde inicialmente se obtuvo un valor de 2.307 mg/L de cromo total el cual después de realizado el tratamiento se redujo a 1.0167 mg/L obteniendo los mejores resultados con una concentración de hidróxido de sodio sin disolver observando que el contenido de cromo se encuentra entre el valor exigido por la ley colombiana 0635 del 2015. Por otra parte, para las concentraciones de 159.988 Mg/L, 199.985 Mg/L el cromo se encuentra por encima de la normatividad.

Posteriormente se midió turbiedad en las muestras de cromo precipitado con hidróxido de sodio a una concentración de 159.988 Mg/L y 980.000 Mg/L como se observa en la **tabla 11** ya que fueron los resultados que arrojaron mayor contenido de precipitación de cromo. Se tomó la muestra de hidróxido de sodio concentrado ya que esta cumple los niveles permitidos de cromo por la ley colombiana y se tomó los datos de 159.988 Mg/L, ya que estos datos representan un valor muy cercano a los establecidos por la ley colombiana esto se lleva a cabo con el fin de reducir

costos en los químicos que serán implementados en el proceso de curtido y recurtido en CURTIEMBRES Y MARROQUINERÍA F.B.

Tabla 11. Turbiedad en las muestras de precipitación de cromo con hidróxido de sodio a concentraciones de 159.988 Mg/L y 980.000 Mg/L

	Muestra 1 159.988 Mg/L NaOH (NTU)	Muestra 2 159.988 Mg/L NaOH (NTU)	Muestra 1 980.000 Mg/L NaOH (NTU)	Muestra 2 980.000 Mg/L NaOH (NTU)
	52.7	47.1	15.8	86.1
	55.9	48	15.3	85.4
	58.3	48.8	15.8	87.9
PROMEDIO	55.6333	47.6667	15.6333	86.4667

PROMEDIO POR MUESTRA: 51.8 PROMEDIO POR MUESTRA: 51.05

Fuente. Elaboración propia.

Es así como se concluye que para el STAR que se implementara en CURTIEMBRES Y MARROQUINERIA F.B se utilizara el hidróxido de sodio concentrado en donde para 400 ml fueron utilizados 2.085 g de hidróxido de sodio y finalmente obtener una concentración de cromo de 0.68 mg/L al haber realizado el tratamiento.

4.2.5 Homogenización. Debido a la cantidad de etapas para el curtido de pieles de animales, se generan diversas corrientes las cuales se pueden separar gracias a que el proceso realizado en CURTIEMBRE Y MARROQUINERIA F.B es un proceso por lotes, el cual permite el análisis y la manipulación de estas, para mejorar el STAR.

En este tratamiento se pretende homogenizar las corrientes con altos contenidos de material orgánico, solidos suspendidos y solidos sedimentables, para poder realizar los tratamientos posteriores a una sola corriente, reduciendo así la cantidad de tanques y equipos a utilizar.

Las corrientes a homogenizar son las provenientes de las etapas de lavados, humectado, pelambre después de haberle realizado el tratamiento para la eliminación de sulfuro de sodio, piquelado, desencale, desencale con purga, engrasado y teñido.

Las corrientes de curtido y recurtido no son homogenizadas debido a que al realizarle el proceso para la sedimentación del cromo estas salen con una turbidez de 51.05 NTU como se observó en ensayos anteriores lo cual indica el bajo contenido de sólidos en la muestra, haciendo que no se necesite realizarle el tratamiento primario y secundario a la misma.

4.3 TRATAMIENTO PRIMARIO

En este tratamiento se pretende reducir la cantidad de sólidos totales presentes en la corriente homogenizada, así como el DBO y DQO para darle cumplimiento a lo estipulado en el anexo B, este es un tratamiento muy importante debido a que se pueden retirar contaminantes que son arrojados al alcantarillado provocando taponamientos en las tuberías, así como grandes daños en los cuerpos de agua donde son dispuestas, esto genera la muerte de la vida acuática y problemas en la salud si llegasen a estar presentes en aguas la consumo de los seres vivos.

Para eliminar estos sólidos totales, tales como, sólidos suspendidos, sólidos sedimentables y sólidos sedimentables totales, así como DBO y DQO, se implementó un sistema de flotación, el cual nos permite retirar las partículas menos densas que el agua así obteniendo un agua más clarificada y limpia para su disposición a el alcantarillado público.

Este método es utilizado para separar partículas sólidas o líquidas en un medio acuoso. En tratamientos de agua se utilizan normalmente para la eliminación de aceites y grasa, también para la aglutinación de sólidos suspendidos, este fenómeno se da debido a que los líquidos y sólidos presentan una menor densidad que el líquido en donde están inmersos.

Para determinar que etapa se debe realizar en este proceso se dispuso una mezcla de la corriente homogenizada en una probeta de 500 mL, la cual permitió determinar el fenómeno presente y la velocidad de flotación en esta por un periodo de 24 horas, este comportamiento se puede observar en la **figura 22**.

Figura 22. Fenómeno presentado en la muestra homogenizada



Fuente. Elaboración propia.

En la **figura 22** se observa que los sólidos en la muestra presentan una densidad menor al agua, logrando una capa de estas partículas en la cima de la probeta, corroborando así el fenómeno de flotación.

Para la determinación de la velocidad de flotación se tomaron datos experimentales de la altura de la formación de la capa, durante una hora con revisiones cada 5 minutos, los resultados obtenidos se mostrarán en la **tabla 12**.

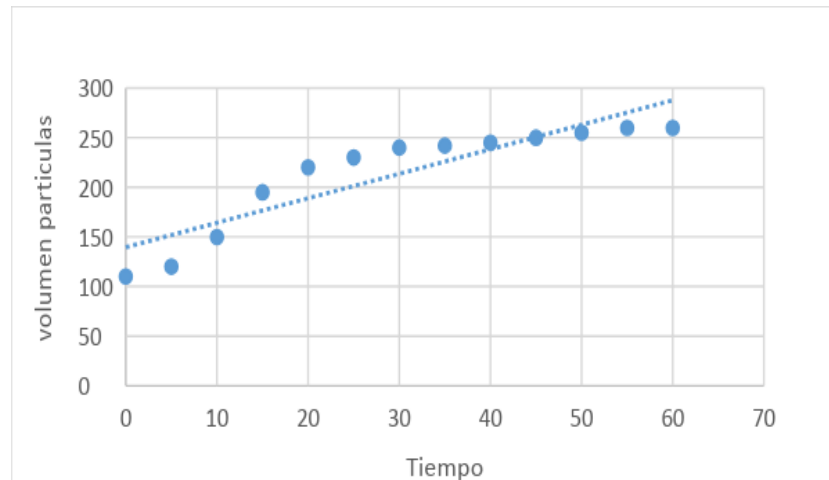
Tabla 12. Resultados de flotación de la muestra homogenizada

<i>Tiempo (min)</i>	<i>Volumen (mL)</i>
0	60
5	120
10	150
15	195
20	220
25	230
30	240
35	242
40	245
45	250
50	255
55	260
60	260
120	360

Fuente. Elaboración propia.

Los resultados obtenidos fueron graficados para observar la tendencia y determinar la velocidad de flotación correspondiente al agua homogenizada, como se mostrará en la **gráfica 5**.

Gráfica 5. Resultados obtenidos en la etapa de sedimentación



Fuente Elaboración propia.

Con la ecuación de la recta se puede determinar la velocidad promedio de flotación de las partículas en el agua residual homogenizada, la cual nos permitirá medir el tiempo de retención de esta, en el tanque de flotación.

La ecuación que representa los datos de la **gráfica 5** corresponde a la siguiente expresión.

Ecuación 6. Ecuación de la recta

$$v = \dot{v}t + B$$

Donde:

- v = volumen de partículas flotantes (mL).
- \dot{v} = flujo volumétrico (velocidad de flotación) (mL/min).
- t = tiempo (min).
- B = constante de la recta (mL).

Mediante la ecuación 6 se determinó la velocidad promedio de flotación, correspondiente a la pendiente de la recta con un valor de 2.4692 mL/min.

Para mejorar la eficiencia del método de flotación y el tiempo de retención de los vertimientos, se puede agregar burbujas pequeñas a oxígeno, que ayudarán a aumentar la velocidad de flotación, gracias a que las partículas serán arrastradas por las burbujas hacia la superficie, para final mente ser retiradas manualmente al evacuar el agua por medio de una válvula de extracción que se encuentra al final del equipo, mediante una rasqueta de extracción.

4.4 COAGULACION Y FLOCULACION

Antes de iniciar con el test de jarras se realizó una neutralización ya que con respecto a la literatura para tener un mejor resultado con respecto al coagulante y el floculante el agua debe de encontrarse entre los rangos de 7 a 7.5 para esto se utilizó hidróxido de sodio con una concentración de 199.985 Mg/L y un volumen de la muestra de 500 mL, agregándole 14 mL de hidróxido de sodio a cada una de las pruebas y de esta forma tener los valores deseados. Posteriormente se lleva a cabo la experimentación probando dos productos coagulantes que son sulfato de aluminio y policloruro de aluminio ambos con una concentración de 100.000 Mg/L y como producto floculante la poliacrilamida con una concentración de 10.000 Mg/L, estos componentes fueron seleccionados debido a la gran aplicación que tienen en este tipo de aguas a tratar, como lo menciona Lombeida⁵⁰

En primer lugar, se busca obtener las cantidades de producto coagulante que arrojen los mejores resultados de clarificación por lo cual se añadió el producto en intervalos de 200 Mg/L a la muestra de agua obtenida después de los procesos de precipitación de cromo y sulfuro sin embargo como se nombró en el apartado anterior el agua proveniente de la precipitación del cromo al tener valores de turbidez tan bajos no es sometida a este proceso. Posterior a esto se observan los resultados expuestos en la **tabla 13**.

⁵⁰ LOMBEIDA, Lenin. Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales para una empresa de curtiembre. Trabajo de investigación para optar por el Título Profesional de Químico. Facultad de ciencias químicas Quito: Universidad Central Del Ecuador. 2013. P 40. En línea. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/9724/1/T-UCE-0008-Q001-2017.pdf>. Consultado el 15 de octubre de 2018.

Tabla 13. Resultados del test de jarras para la muestra tomada en laboratorio de 500 ml realizado con diferentes concentraciones de sulfato de aluminio

<i>Volumen de la muestra: 500 ml</i>			
<i>Concentración de sulfato de aluminio 100.000 Mg/L</i>			
<i>Temperatura: ambiente</i>			
<i>Concentración de coagulante (Mg/L)</i>	<i>Tiempo de mezcla (min)</i>	<i>Tiempo de reposo (min)</i>	<i>Observaciones</i>
200	5	5	Formación de solución blanquecina con pequeñas nubes de precipitado dispersas en la solución
400	5	5	coágulos formados empiezan a ganar peso y a precipitarse
600	5	5	Buena separación de los coágulos formados se evidencian dos capas en la muestra
800	5	5	Coágulos formados sedimentan rápidamente formando dos capas una de ellas clarificada
1.000	5	5	Precipitado empieza a perder peso dejando pequeñas nubes de coágulos flotando en la solución,
1.200	5	5	Los coágulos empiezan a dispersarse por toda la solución
1.400	5	5	Los coágulos empiezan a dispersarse por toda la solución
1.600	5	5	Formación de solución blanquecina con pequeñas nubes de precipitado dispersas en la solución

Fuente. Elaboración propia.

Según la tabla se observa que el mejor resultado de coagulación para la muestra de 500 ml corresponde a 600 y 800 Mg/L de coagulante como se observa en la

figura 23 escogiendo para la prueba una dosificación de 800 Mg/L de sulfato de aluminio.

Figura 23. Proceso de coagulación con 600 y 800 Mg/L de sulfato de aluminio con una concentración de 100.000 Mg/L



Fuente. Elaboración propia.

Con la mejor dosificación de producto coagulante que corresponde a 800 Mg/L se determinó la concentración de floculante para llevar a cabo el proceso adecuado de clarificación, observando parámetros como la clarificación del agua, tamaño y tiempo de asentamiento de los floc formados partiendo de una muestra de 500 ml como lo muestra la **tabla 14**.

Tabla 14. Resultados de floculación empleando la combinación de sulfato de aluminio- poliacrilamida (floculante)

<i>Volumen de la muestra: 500ml</i>						
<i>Concentración del floculante (poliacrilamida): 10.000 Mg/L</i>						
<i>Temperatura: ambiente</i>						
Volumen floculante (Mg/L)	Tiempo de mezcla (min)	Tiempo de sedimentación (min)	Altura de (cm)	Turbidez (NTU)		Observaciones
				Inicial	Final	
20	10	3.53	1.7	No reporta	173	Se puede apreciar la formación de floculo de tamaño pequeño, presencia de agua con algas partículas suspendidas.

Tabla 14. (continuación).

Volumen floculante (Mg/L)	Tiempo de mezcla (min)	Tiempo de sedimentación (min)	Altura de (cm)	Turbidez (NTU)		Observaciones
				inicial	final	
40	10	3.03	1.9	No reporta	174	Se ve la formación de un colcho de floculo compactos, presencia de agua con algunas partículas suspendidas.
60	10	2.10	2	No reporta	165	Floculo compactos y de buena densidad, se observa una clarificación de agua.
80	10	3.45	1.6	No reporta	184	Floculo de buena densidad, pero con interfaz difusa.

Fuente. Elaboración propia.

Según la tabla se puede observar que los mejores resultados tanto en clarificación, tamaño, velocidad de asentamiento de flocs y turbidez se observan al agregar 3ml de poliacrilamida escogiendo esta dosificación al tratamiento de floculación como se observa en la **figura 24**.

Figura 24. Proceso de floculación con 20, 40 y 60 Mg/L de poliacrilamida



Fuente. Elaboración propia.

Con respecto al segundo coagulante policloruro de aluminio se procedió de igual manera en el laboratorio obteniendo los resultados expuestos en la **tabla 15**.

Tabla 15. Resultados para el test de jarras obtenidos para una muestra de 500 ml, realizado para diferentes volúmenes de policloruro de aluminio

<i>Volumen de la muestra: 500 ml</i> <i>Concentración de policloruro de aluminio: 100.000 Mg/L</i> <i>Temperatura: ambiente</i>			
<i>Volumen coagulante policloruro de aluminio 10% (ml)</i>	<i>Tiempo de mezcla (min)</i>	<i>Tiempo de reposo (min)</i>	<i>Observaciones</i>
200	5	5	Formación de coágulos se evidencia capas de sedimentación y agua clarificada. Sin embargo, se encuentra gran cantidad de material particulado en la solución.
400	5	5	Los coágulos pierden peso en la solución no se diferencian las capas.
600	5	5	Dispersión completa de coágulos. Sólidos completamente suspendidos en la solución
800	5	5	Dispersión completa de coágulos. Sólidos completamente suspendidos en la solución

Fuente. Elaboración propia.

Como se puede observar en la tabla el policloruro de aluminio no es un componente óptimo para el tratamiento en estas condiciones de trabajo ya que no se logró una coagulación satisfactoria como se muestra en la **figura 25**, además los resultados de turbidez después de este tratamiento el equipo no lo reporta por esta razón no se continúa con el proceso de floculación con este componente.

Figura 25. Proceso de coagulación con 200, 400 y 600 Mg/L de policloruro de aluminio



Fuente. Elaboración propia.

Una vez evaluados los dos coagulantes y el floculante se obtienen como resultado el tratamiento adecuado y dosificaciones correspondientes que se observan en la **tabla 16**.

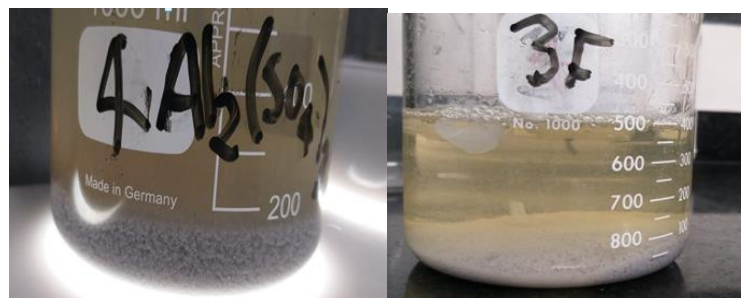
Tabla 16. Resumen de los mejores resultados de las pruebas de jarras

PRUEBA DE JARRAS	RESULTADOS	
Volumen de la muestra	500 ml	
Temperatura	Ambiente	
Neutralización	Volumen de NaOH (199.985 Mg/L)	14 ml
Coagulación	Concentración de sulfato de aluminio (100.000 Mg/L)	800 Mg/L
	Velocidad de agitación	80 RPM
	Tiempo de mezcla	5 min
Floculación	Volumen poliacrilamida (10.000 Mg/L)	60 Mg/L
	Velocidad de agitación	20 RPM
	Tiempo de mezcla	10 min
Tiempo de sedimentación	2.10 min	
Altura de flocs	2 cm	
Turbidez	165 NTU	

Fuente. Elaboración propia.

Como se pudo observar anteriormente en la **tabla 16** los mejores resultados para los procesos de coagulación y floculación se dan al utilizar la combinación de sulfato de aluminio y poliacrilamida en las cantidades y condiciones indicadas en esta; los resultados de los parámetros como el tiempo de sedimentación altura de flocs y turbidez corresponden a los promedios realizados a 4 muestras representativas. Estos resultados fueron proyectados para el diseño de planta real en el proceso de coagulación y floculación que se llevara a cabo en CURTIEMBRES Y MARROQUINERIA F.B. en la **figura 26** se muestra los resultados finales obtenidos en laboratorio.

Figura 26. Resultados de coagulación y floculación con sulfato de aluminio al 100.000 Mg/L y poliacrilamida al 10.000 Mg/L



Fuente. Elaboración propia.

4.5 RESULTADOS FINALES A PARTIR DE LA CARACTERIZACION DEL AGUA RESIDUAL DE UNA MUESTRA PILOTO

Como se observa en el **ANEXO E** se obtuvo los resultados finales de la caracterización de las aguas residuales en CURTEIMBRE Y MARROQUINERIA F.B considerando el debido cumplimiento de la resolución 0635 del 2015 en la **Tabla 17** se pueden percibir el cumplimiento de esta frente a los parámetros establecidos por la misma.

Tabla 17. Comparación de los parámetros expuestos por la ley 0635 del 2015 a partir de las caracterizaciones inicial y final en las aguas residuales

PARAMETRO	RESULTADO INICIAL (mg/l)	RESULTADO FINAL (mg/l)	VALOR DE LA RESOLUCION (mg/l)	CUMPLIMIENTO DE LA NORMA
DBO	1.763	585	600	SI
DQO	2.085	1.158	1.200	SI
SULFUROS	65,71	2,74	3	SI
SAAM	7,19	4,75	5	SI
SST	9.552	83	600	SI
SS	684,2	0,1	2	SI
Ph	10	7,33	6 a 9	SI
CROMO TOTAL	2,307	0,68	1,50	SI
FENOLES	0,3	0,15	0,2	SI
ACEITES Y GRASAS	20	15	60	SI

Fuente. Elaboración propia.

Con los datos expuestos por la **tabla 17** se puede observar el cumplimiento de la resolución, de esta manera los experimentos realizados en el laboratorio son apropiados para la muestra de agua residual obtenida de CURTIEMBRE y MARROQUINERÍA F.B de tal forma que los ensayos realizados son adecuados para ser implementados en el tren de tratamientos para el STAR. Percibiendo a partir de los parámetros una reducción del 66,81% en la concentración de DBO y una reducción del 44,46% en la concentración del DQO lo cual genera que el contenido de oxígeno en el agua aumente haciendo que la disposición final de la misma sea adecuada para el efluente donde esta será vertida, por otra parte, la reducción de compuestos tóxicos como el sulfuro y el cromo tienen una reducción de 95,83% y de 99,97% respectivamente. Con respecto a los sólidos suspendidos y sedimentables se obtienen reducciones en su concentración de 99,13 % y de 99,99% los cuales generan una eficiencia en el STAR, debido a la implementación de aire en la columna de flotación en donde se lleva a cabo la eliminación de estos.

5. DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (STAR)

Para partir de un correcto dimensionamiento y funcionamiento de un STAR para CURTIEMBRES Y MARROQUINERÍA F.B se debe partir en primera instancia por los resultados finales de la caracterización de las aguas residuales y datos proporcionados por la empresa los cuales se encuentran expuesto en la **tabla 18** y a su vez que este sistema se manejara mediante un proceso batch (lotes).

Tabla 18. Parámetros generales para el diseño de un STAR en CURTIEMBRE Y MARROQUINERÍA F.B

Espacio físico disponible	100 m ²
Caudal real	1,95 m ³ /h
pH	10
DQO	2.085 mgO ₂ /L
DBO	1.763 mgO ₂ /L

Fuente. Elaboración propia.

Para el diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales, se implementará un factor de seguridad que corresponde a incrementar un 25% los caudales manejados, con la finalidad de prevenir posibles variaciones o imprevistos que se puedan generar dentro de la empresa como puede ser el incremento de producción. Por otro lado, los parámetros como pH, DBO Y DQO son tomados a partir del promedio de las diferentes muestras tomadas para la caracterización inicial.

5.1 SELECCIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO

Debido a las grandes cargas de contaminantes que se general durante el proceso de transformación de pieles y las características químicas y biológicas del agua residual descargada al alcantarillado, se debe de optar por tomar como referencia valores promedios y factores de seguridad para obtener un sistema óptimo de los principales parámetros de diseño, como se muestra en la **tabla 19**, así como los caudales de cada uno de los tratamientos con el fin de ayudar a identificar los volúmenes de cada una de las etapas.

Tabla 19. Tratamientos propuestos para el STAR en CURTIEMBRE Y MARROQUINERIA F.B

PRE- TRATAMIENTO	Tamizado	
	Desengrasado	2,6715 m ³ /h
	Eliminación de sulfuros	0,05566 m ³ /h
	Eliminación de cromo	0,2080 m ³ /h
	Homogenización	6,5441 m ³ /h
TRATAMIENTO PRIMARIO	Flotación	1,0907 m ³ /h
TRATAMIENTO SECUNDARIO	Coagulación- floculación	1,1568 m ³ /h

Fuente. Elaboración propia.

Con el pretratamiento se busca disminuir la mayor cantidad de solidos gruesos, materia orgánica y grasas que pudieran obstaculizar y dañan los equipos al continuar con proceso a lo largo del STAR. Con respecto a la exclusión de metales pesados como el cromo se busca eliminar este elemento antes de que reaccione con algún otro componente en el caudal del proceso además de evitar contaminaciones con las diferentes corrientes provenientes de las actividades que se llevan a cabo en la empresa sin embargo este cromo puede ser recuperado y reutilizado en el proceso generándolo más rentable y eco amigable con el medio ambiente de la misma forma pasa con el sulfuro el cual puede ser recuperado y reutilizado en el proceso para reducir costos de producción por otra parte en el proceso de homogenización se busca dejar el agua en condiciones óptimas antes de los tratamientos primario y secundario.

Se propone un sistema de flotación basado en el comportamiento de la solución en el laboratorio observando que al realizar una inyección por aire tendría un efecto positivo sobre el tiempo de flotación además de realizar un tratamiento biológico posteriormente se llevara a cabo el proceso de coagulación y floculación de esta forma sedimentaran los contaminantes orgánicos y los sólidos suspendidos permitiendo finalmente con este conjunto de tratamientos la oxidación, coagulación y precipitación de solidos disueltos, detergentes, metales pesados y grasas para reducir de forma parcial o total estos parámetros y cumplir con la normatividad expuesta por la ley colombiana

Partiendo de la literatura se observa que la materia orgánica suspendida es de las más complicadas de tratar por esta razón se realizó el proceso de coagulación y floculación mediante el test de jarras simulando el proceso a nivel laboratorio obteniendo como resultado datos reales, sin embargo, en cuanto al dimensionamiento de la planta real se requiere de procesos mencionados anteriormente ya que se cuenta con un volumen mayor de agua a tratar y la cantidad de contaminantes puede variar.

Por otra parte, como alternativa de tratamiento se propone la implementación de humedales artificiales de esta manera si el agua a la salida de los tratamientos anteriores aun contiene algún parámetro con niveles superiores a los permitidos este tratamiento lograra una correcta disposición final del efluente.

5.2 DISEÑO DEL TAMIZ

El tamiz tiene como objetivo retener la mayor cantidad de solidos presentes en el agua residual. Se busca implementar una serie de mallas mencionadas anteriormente que corresponden a la malla número 14 y la malla número 40 estas serán puestas de forma curva evitando que el tamiz se tapone debido a que el agua empuja los sólidos dejándolos depositados en este equipo para su posterior disposición de los mismos, contara con estrías (roscas) para poder unirla a la tubería y al momento de terminar el proceso poder tener un acceso y una rápida manipulación de los residuos además de una correcta limpieza y mantenimiento del mismo.

5.3 DISEÑO TANQUE DE ELIMINACION DE CROMO Y SULFURO

Para garantizar el funcionamiento óptimo del equipo se requiere un aumento de volumen de los tanques del 25% del volumen obtenido ya que se busca evitar derrames por exceso de vertimientos, teniendo en cuenta este parámetro se procederá a calcular el volumen y la longitud de los tanques de eliminación de cromo y sulfuro. Para calcular el volumen y la longitud de estos equipos se tuvieron encuesta los parámetros de diseño como caudal y tiempo de retención hidráulica (TRH), como menciona Lombeida⁵¹, lo cual se puede observar en la **ecuación 7** y **ecuación 8** respectivamente.

5.3.1 Calculo del volumen del tanque de eliminación de cromo.

Ecuación 7. Volumen del tanque de eliminación de cromo

$$\text{volumen del tanque de eliminacion de cromo (m}^3\text{)} = Q_D \left(\frac{m^3}{h} \right) * TRH(h)$$

⁵¹ LOMBEIDA, Lenin. Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales para una empresa de curtiembre. Trabajo de investigación para optar por el Título Profesional de Químico. Facultad de ciencias químicas Quito: Universidad Central Del Ecuador. 2013. P 40. En línea. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/9724/1/T-UCE-0008-Q001-2017.pdf>. Consultado el 20 de octubre de 2018.

El parámetro de THR corresponde al tiempo en el cual se encuentra la sustancia a tratar dentro del sistema, para que se efectuó el proceso completamente.

$$\text{volumen del tanque de eliminacion de cromo (m}^3\text{)} = 0.2080 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right) * 24(\text{h})$$

$$\text{volumen del tanque de eliminacion de cromo (m}^3\text{)} = 4.9871$$

$$\text{volumen del tanque de eliminacion de cromo 25\% (m}^3\text{)} = 6.2339$$

5.3.2 Calculo de la longitud del tanque de eliminación de cromo

Ecuación 8. Longitud del tanque de eliminación de cromo

$$l_1 l_1 (m) = \frac{\text{volumen del tanque de eliminacion de cromo}}{h (m) * a (m)}$$

$$l_1 (m) = \frac{6.2339 \text{ m}^3}{2(m) * 1 (m)}$$

$$l_1 (m) = 3.1169$$

Tabla 20. Dimensiones del tanque de eliminación de cromo

ESTRUCTURA	Acero Inoxidable
Largo	3,1169 m
Ancho	1,00 m
Altura	2 m

Fuente. Elaboración propia.

Para el cálculo del volumen y la longitud de los tanques implementados en el sistema se calcularon respecto a la **ecuación 7** y **ecuación 8**.

5.3.3 Volumen del tanque de eliminación de sulfuro

$$\text{volumen del tanque de eliminacion de sulfuro (m}^3\text{)} = 0.05566 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right) * 12(\text{h})$$

$$\text{volumen del tanque de eliminacion de sulfuro (m}^3\text{)} = 0.6679$$

volumen del tanque de eliminacion de sulfuro 25% (m³) = 0.8349

5.3.4 Longitud del tanque de eliminación de sulfuro

$$l_1(m) = \frac{0.8349 \text{ m}^3}{1(m) * 1 (m)}$$

$$l_1(m) = 0.8349$$

Tabla 21. Dimensiones del tanque de eliminación de sulfuros

<i>ESTRUCTURA</i>	<i>HORMIGON</i>
Largo	0.8349 m
Ancho	1.00 m
Altura	1 m

Fuente. Elaboración propia.

5.4 DISEÑO DEL TANQUE HOMOGENIZADOR Y TRAMPA DE GRASAS

Los diseños para la elaboración de este tanque se resumen en la **tabla 22**.

Tabla 22. Parámetros de diseño para el tanque homogenizador y trampa de grasas

<i>Geometría compartimiento</i>	Rectangular
<i>Caudal de diseño Q_D</i>	6.5441 m ³ / h
<i>Tiempo de retención hidráulica (TRH)</i>	2 horas
<i>Altura útil de compartimiento (h)</i>	2 m
<i>Ancho de compartimiento (a)</i>	1 m

Fuente. Elaboración propia.

Al tener un tiempo de residencia de 2 horas se logra neutralizar los cambios de horario en el caudal, la temperatura de las aguas, las concentraciones de las cargas contaminantes y el pH de tal manera que al ingresar en el proceso de flotación por aire se mantengan características y parámetros constantes en el agua residual que ingrese a los posteriores tratamientos además este tanque cuenta con reboses en la parte superior para evitar desborde en los tanques en aumentos abruptos de caudal.

Se propone la implementación de una geometría rectangular, generando un flujo uniforme, constante y una velocidad lenta ya que mediante el paso de agua se alarga el tiempo de sedimentación de la materia orgánica suspendida.

5.4.1 Cálculo del volumen requerido.

$$\text{volumen del tanque homogenizador (m}^3\text{)} = 6.5441 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right) * 2(\text{h})$$

$$\text{volumen del tanque homogenizador (m}^3\text{)} = 13.0882$$

$$\text{volumen del tanque homogenizador 25\% (m}^3\text{)} = 16.3603$$

5.4.2 Cálculo de la longitud del tanque.

$$l_1(\text{m}) = \frac{16.3603 \text{ m}^3}{4(\text{m}) * 1(\text{m})}$$

$$l_1(\text{m}) = 4.0900$$

5.4.3 Cálculo de la potencia de la bomba de succión del tanque homogeneizador. El volumen del agua residual almacenada en la trampa de grasas será bombeado al siguiente proceso, considerando que el tanque de homogenización capta en conjunto todas las aguas residuales del proceso que no contienen componentes eliminados en la etapa de pretratamiento, generando un dimensionamiento en el equipo mayor, de esta forma se toma como referencia este volumen de dicho tanque para obtener un funcionamiento óptimo de la bomba, la determinar las condiciones de diseño para la implementación de la bomba hidráulica es enserio conocer los valores de potencia de la bomba, altura dinámica de la bomba y potencia recomendada por la bomba las cuales podemos observar en la **ecuación 9**, **ecuación 10** y **ecuación 11** como lo menciona Lombeida⁵².

⁵² LOMBEIDA, Lenin. Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales para una empresa de curtiembre. Trabajo de investigación para optar por el Título Profesional de Químico Quito: Universidad Central Del Ecuador. Facultad de ciencias químicas. 2013. P 62. LOMBEIDA, Lenin. Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales para una empresa de curtiembre. Trabajo de investigación para optar por el Título Profesional de Químico. Facultad de ciencias químicas Quito: Universidad Central Del Ecuador. 2013. P 40. En línea. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/9724/1/T-UCE-0008-Q001-2017.pdf>. Consultado el 20 de octubre de 2018.

Ecuación 9. Potencia de la bomba

$$potencia (Hp) = \frac{Q \left(\frac{m^3}{seg} \right) * H \text{ dinamica}(m) * \rho * g}{746 * \left(\frac{eficiencia \%}{100} \right)}$$

Se asume una eficiencia del trabajo del motor de 70%

El caudal será tomado como el mismo valor del caudal de diseño Q_D

Para la altura dinámica H_D :

Ecuación 10. Altura dinámica de la bomba

$$H_D = H \text{ succion} + H \text{ impulsion} + H \text{ perdidas}$$

$$H_D = 0 + 4 \text{ m} + 1.95 \text{ m}$$

$$H_D = 5.95 \text{ m}$$

Obteniendo finalmente

$$potencia (Hp) = \frac{1.8178 \times 10^{-3} \left(\frac{m^3}{s} \right) * 5.95 \text{ dinamica}(m) * 946.2691 \left(\frac{kg}{m^3} \right) * 9.81 \frac{m}{s^2}}{746 \frac{m^2 kg}{s^3} * (0.7)}$$

$$potencia (Hp) = 0.1923$$

Para calcular la potencia recomendada para la bomba se asume un margen de eficiencia de trabajo del motor de la bomba correspondiente al 60%.

Ecuación 11. Potencia recomendada para la bomba

$$\begin{aligned} potencia \text{ recomendada por la bomba } (Hp) \\ = potencia \text{ teorica dela bomba } (Hp) * 1.60 \end{aligned}$$

$$potencia \text{ recomendada por la bomba } (Hp) = 0.1923 + (0.1923 * 0.6)$$

potencia recomendada por la bomba (H_p) = 0.3076

Tabla 23. Dimensiones del tanque homogeneizador y potencia de la bomba

ESTRUCTURA	HORMIGON
Largo	4.090 m
Ancho	1.00 m
Altura	4 m
Potencia de la bomba	0.3076 hp

Fuente. Elaboración propia.

La altura de diseño debe de considerar modificaciones debido a que en el diseño se debe considerar 30 centímetros para que exista un colchón de aire para que al momento de la implementación de las bombas sumergibles en el tanque de flotación y de eliminación de sulfuro, estas tengan un óptimo funcionamiento y además para prevenir posibles reboses en el tanque. Se adoptará una bomba sumergible de 0,5 HP que es la más común en el mercado.

5.5 DISEÑO DEL TANQUE DE FLOTACIÓN POR AIRE DIRECTO DAF

El proceso de flotación depende principalmente de la eficiencia de la disolución del aire en el efluente, el sistema utiliza un tanque de saturación en el cual se inyecta aire desde la parte inferior a un volumen de agua, las partículas forman un manto estable en la parte superior de la cámara. En la **tabla 24** tal se observa el dimensionamiento de este equipo.

Tabla 24. Dimensionamiento de la comuna de flotación con inyección de aire

Geometría del compartimiento	Rectangular
Caudal de diseño (Q_D)	6.5441 m^3/h
Tiempo de retención hidráulica (TRH)	12 horas
Altura útil de compartimiento (h)	4 m
Ancho de compartimiento (a)	1,00 m
Longitud de compartimiento (l)	3.2721 m

Fuente. Elaboración propia.

5.5.1 Calculo del volumen requerido para la columna de flotación por inyección de aire. Tomado de la **ecuación 7** la cual permite determinar el volumen de los diversos tanques a implementar en el proceso.

$$\text{volumen del tanque de flotacion (m}^3\text{)} = 1.0907 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right) * 12(\text{h})$$

$$\text{volumen del tanque de flotacion (m}^3\text{)} = 13.0882$$

Por lo tanto, se necesita un tanque rectangular 13.0882 m³ con lo cual se procederá a determinar la longitud del tanque de aireación.

5.5.2 Calculo de longitud del tanque de aireación. Tomado de la Ecuación 8 la cual permite determinar la longitud de los diversos tanques a implementar en el proceso.

$$l_1(\text{m}) = \frac{13.0882\text{m}^3}{4(\text{m}) * 1(\text{m})}$$

$$l_1(\text{m}) = 3.2721 \text{ m}$$

5.5.3 Calculo de la potencia de los aireadores superficiales.

Caudal Agua Residual: 26,18 m³ / dia

Volumen Tanque Reactor Aéreo (m³): 2.00

Concentración *DBO*₅ Entrada (mg/L): 1763

Para determinar la potencia necesaria de los aireadores para eliminar la concentración total de *DBO*₅ es necesario conocer la concentración de *DBO*₅ neto y *DBO*₅ total que se deberá remover en esta etapa, así como, el oxígeno enserio para dicha remoción, esto mediante la **ecuación 12**, **ecuación 13** y **ecuación 14** según Lombeida⁵³.

⁵³ LOMBEIDA, Lenin. Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales para una empresa de curtiembre. Trabajo de investigación para optar por el Título Profesional de Químico Quito: Universidad Central Del Ecuador. Facultad de ciencias químicas. 2013. P 63. LOMBEIDA, Lenin. Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales para una empresa de curtiembre. Trabajo de investigación para optar por el Título Profesional de Químico. Facultad de ciencias químicas Quito: Universidad Central Del Ecuador. 2013. P 40. En línea. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/9724/1/T-UCE-0008-Q001-2017.pdf>. Consultado el 21 de octubre de 2018.

Para calcular la concentración de DBO_5 a remover en la columna de flotación en unidades de kg/día se tiene:

Ecuación 12. Remoción de DBO_5 en la columna de flotación

$$DBO_5 \text{ neto} = DBO_5 \text{ in} - DBO_5 \text{ out} \left(\frac{mg}{l} \right)$$

$$DBO_5 \text{ neto} = 1.763 - 585 \left(\frac{mg}{l} \right)$$

$$DBO_5 \text{ neto} = 1.178 \left(\frac{mg}{l} \right)$$

El DBO_5 de salida es el 30,18% del DBO_5 de entrada ya que en los procesos anteriores se asume una remoción aproximadamente del 70%

Ecuación 13. Concentración a remover de DBO_5

$$\text{concentracion a remover} \left(\frac{mg}{dia} \right) = \frac{DBO_5 \text{ neto} \left(\frac{mg}{l} \right) * Q \left(\frac{m^3}{dia} \right)}{1000L}$$

$$\text{concentracion a remover} \left(\frac{mg}{dia} \right) = \frac{1.178 \left(\frac{mg}{l} \right) * 26,18 \left(\frac{m^3}{dia} \right)}{1.000L}$$

$$\text{concentracion a remover} \left(\frac{mg}{dia} \right) = 30,84$$

El requerimiento de oxígeno (o_2) para remoción de DBO_5 generalmente se asume entre 1 y 2 Kg o_2 para remover 1 Kg DBO_5 .

Asumiendo un requerimiento de 1,5 Kg O_2 para remover 1 Kg DBO_5 Tenemos:

$$O_2 \text{ necesario} \left(\frac{kg O_2}{dia} \right) = \text{concentr } DBO_5 \left(\frac{kg}{dia} \right) * \text{requer } O_2 \left(\frac{kg O_2}{dia} \right)$$

$$O_2 \text{ necesario} \left(\frac{kg O_2}{dia} \right) = 30,84 \left(\frac{kg}{dia} \right) * 1.5 \left(\frac{kg O_2}{dia} \right)$$

$$O_2 \text{ necesario } \left(\frac{\text{kg } O_2}{\text{dia}} \right) = 46,26$$

Para terminar, se calcula la potencia P del aire

Un Aire O_2 Triton posee la capacidad de entregar 1,80 kg O_2 / kW* h Entonces:

Ecuación 14. Determinación de la potencia del aire

$$\text{potencia triton (Kw)} = \frac{O_2 \text{ necesario } \left(\frac{\text{kg } O_2}{h} \right)}{1.80 \frac{\text{kg } O_2}{\text{Kw} * h}}$$

$$\text{potencia triton (Kw)} = \frac{1.93 \left(\frac{\text{kg } O_2}{h} \right)}{1.80 \frac{\text{kg } O_2}{\text{Kw} * h}}$$

$$\text{potencia triton (Kw)} = 1,071$$

Transformando el valor obtenido a Hp

$$\text{potencia triton (hp)} = \text{potencia triton (Kw)} * 1.341$$

$$\text{potencia triton (hp)} = 1.44$$

Se necesitan solo 1,44 hp de potencia para producir una adecuada aireación, sin embargo, se puede emplear una potencia de 2 hp, encontrado en el mercado.

Tabla 25. Condiciones y potencia necesaria para la columna de flotación por inyección de aire

<i>DBO₅neto</i>	1.178
Contaminación a remover (kg/día)	30.84
O_2 necesario $\left(\frac{\text{kg } O_2}{\text{dia}} \right)$	46.26
potencia triton necesaria (hp)	1.44

Fuente. Elaboración propia.

5.6 DISEÑO DEL TANQUE DE COAGULACIÓN Y FLOCULACIÓN

Este tanque posee una forma cilíndrica para que el mezclado sea favorable el volumen ocupado es de 13.0882 m^3 el cual tiene una paleta tipo rasqueta que permite de manera correcta la agitación y el mezclado.

5.6.1 Cálculo de las cantidades de reactivos químicos a utilizar.

$$14 \text{ ml Na OH} * \frac{5 \text{ moles de NaOH}}{100 \text{ ml solución}} * \frac{13088 \text{ l}}{0.5 \text{ l}} * \frac{40 \text{ g}}{1 \text{ mol}} = 732.928 \text{ g}$$

$$4 \text{ ml sulfato de aluminio} * \frac{10 \text{ g sulfato de aluminio}}{100 \text{ ml}} * \frac{13088 \text{ l}}{0.5 \text{ l}} = 10470.4 \text{ g}$$

$$3 \text{ ml poliacrilamida} * \frac{1 \text{ g poliacrilamida}}{100 \text{ ml}} * \frac{13088 \text{ l}}{0.5 \text{ l}} = 785.28 \text{ g}$$

Tabla 26. Cantidad de reactivos químicos a utilizar en el tanque de coagulación y floculación

REACTIVOS QUIMICOS	CANTIDAD (Kg)
Hidróxido de sodio	0.7329
Sulfato de aluminio	10.4704
Poliacrilamida	0.7853

Fuente. Elaboración propia.

La adición tanto del producto neutralizante como el coagulante se deben realizar juntos, con una agitación de 80 RPM durante 5 minutos, posteriormente se beneficia la sedimentación añadiendo el producto floculante con una agitación lenta de 20 RPM durante 10 minutos; estos datos fueron expuestos en las pruebas preliminares del test de jarras.

Figura 27. Diagrama de flujo del proceso del STAR

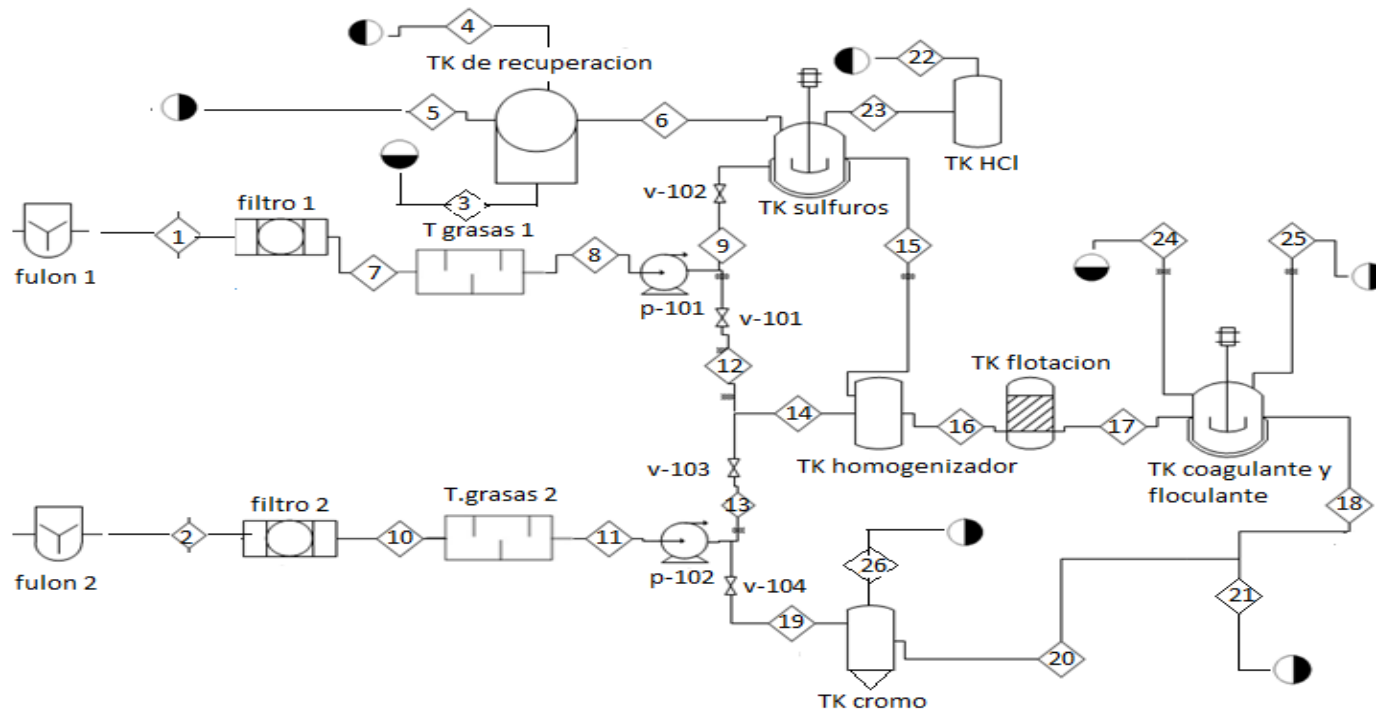


Figura 27. (continuación)

CORRIENTE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
cromo	0	2307	0	0	0	0	0	0	0	117,27	2307	0	0	0
sulfuro	50,17	0	0	0	0,28	0	50,17	50,17	50,17	0	0	0	0	0
SAAM	3,595	3,595	0	0	0	0	3,595	3,595	0	3,595	3,595	3,595	0	3,595
NaOH	0	0	0	40000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H ₂ S	0	0	0	0	0	2,74	0	0	0	0	0	0	0	0
GRASA Y ACEITES	15	5	0	0	0	0	15	5	1,5	5	2	3,5	0,4	3,9
SOLIDOS S TOTALES	6368	3184	0	0	0	0	1910,4	1910,4	382,08	955,2	955,2	1528,32	199,04	1727,36
SOLIDOS SEDIMENTABLES	342,1	342,1	0	0	0	0	342,1	342,1	68,42	342,1	342,1	273,68	68,42	342,1
HCl al 37%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
coagulante	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
floculante	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

CORRIENTE	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
cromo	0	0	0	0	2307	0,68	0,68	0	0	0	0	0
sulfuro	2,74	2,74	2,74	2,74	0	0	2,74	0	0	0	0	0
SAAM	0	3,595	3,595	3,595	3,595	3,595	7,19	0	0	0	0	0
NaOH	0	0	0	0	0	0	0	0	0	199,985	0	980000
H ₂ S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GRASA Y ACEITES	1,5	5,4	5,4	5,4	1,6	1,6	7	0	0	0	0	0
SOLIDOS S TOTALES	382,08	2109,44	83	83	756,16	14	97	0	0	0	0	0
SOLIDOS SEDIMENTABLES	68,42	410,52	410,52	0,1	273,68	30	30,1	0	0	0	0	0
HCl al 37%	0	0	0	0	0	0	0	438080	438080	0	0	0
coagulante	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100000	0	0
floculante	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10000	0

Fuente. Elaboración propia.

6. ANÁLISIS FINANCIERO DEL DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA EMPRESA CURTIEMBRE Y MARROQUINERÍA F.B

En este capítulo se realizará un análisis financiero para determinar la viabilidad del proyecto del STAR, el cual cuenta con un indicador financiero para corroborar los datos obtenidos y evaluar la eficiencia del proyecto, se evaluarán los resultados para determinar la conveniencia con respecto a las multas y sanciones propuestas por la ley de no acatar con las condiciones de los vertimientos.

6.1 DETERMINACIÓN DE COSTOS DE INVERSIÓN

Los costos de inversión fueron determinados por el valor promedio de cada uno de los equipos a implementar en el STAR, estos costos se pueden observar en la **tabla 27**.

Tabla 27. Costos de inversión del proyecto

<i>EQUIPO</i>	<i>COSTO</i>	<i>DEPRECIACIÓN</i>
Trampa de grasas	\$300.000	\$0
Bombas de agua	\$635.000	\$127.000
Tanque sulfurado	\$9.465.000	\$1.893.000
Tanque precipitación de cromo	\$4.300.000	\$860.000
Homogeneizador	\$5.430.000	\$1.086.000
Tanque de flotación con aire	\$5.200.000	\$1.040.000
Tanque de coagulación y floculación	\$5.200.000	\$1.040.000
Tamices	\$150.000	\$0
Adaptador tamices	\$60.000	\$0
Mano de obra	\$6.000.000	\$0
Valor total	\$36.740.000	\$6.046.000

Fuente. Elaboración propia.

Los costos de inversión para el proyecto son aproximadamente \$36.990.000 los cuales tienen en cuenta los valores de la fabricación de la nueva trampa de grasas, así como las dos bombas de agua a utilizar y los tanques necesarios para realizar los procesos del tratamiento de aguas, este valor corresponde a la inversión inicial para la elaboración del STAR.

6.2 DETERMINACIÓN DE LOS INGRESOS ANUALES

Para analizar los ingresos anuales de la empresa se tomaron condiciones constantes, y un año comercial en donde se labora 360 días del año⁵⁴.

La empresa CURTIEMBRE Y MARROQUINERIA F.B. trabaja con un sistema de fabricación de cuero donde no solo se realiza la fabricación para la empresa, sino además para agentes externos a ellos, un sistema donde se es alquilada las instalaciones de la planta para la fabricación de cuero por parte de personal no incluido en la empresa.

El alquiler de la planta tiene un costo de \$2.000.000, y se lleva a cabo tres veces al mes, el cual se muestran como ingresos extras para la empresa, esta además realiza la fabricación de cueros una vez al mes, promediando una cantidad de 100 pieles curtidas, las cuales cuentan con aproximadamente 440 dm (decímetros), con un costo por dm de \$320.

Para elaborar la evaluación financiera estos datos se anualizaron para determinar la durabilidad del proyecto obteniendo los siguientes resultados mostrados en la **tabla 28** teniendo en cuenta que el alquiler es realizado dos veces a la semana.

Tabla 28. Ingresos anuales de la empresa CURTIEMBRE Y MARROQUINERIA F.B

Tipo de ingresos	Ingresos anuales
Fabricación de pieles.	\$168.960.000
Alquiler	\$72.000.000
Ingresos totales	\$240.960.000

Fuente. Elaboración propia.

En la **tabla 28** se muestran los ingresos anuales de la empresa CURTIEMBRE Y MARROQUINERÍA F.B. los cuales corresponden aproximadamente a \$240.960.000.

⁵⁴ TALLER DE DERECHO. GRANADO J. EL AÑO DE 360 DIAS ¿USO O ABUSO BANCARIO? En línea. <https://tallerdederechos.com/el-ano-de-360-dias-uso-o-abuso-bancario/>. consultado el 20 de noviembre de 2018.

6.3 DETERMINACIÓN DE COSTOS OPERACIONALES

Se determinaron los costos de operación según el valor de las materias primas a utilizar tanto como en la fabricación del cuero como en la implementación del STAR.

Los costos operacionales relacionados con el sistema de tratamiento se terminaron por proceso, debido a que estos, están ligados al funcionamiento de la planta de curtición de cueros, por otro lado, los costos de las materias primas para el proceso de la planta se determinaron una vez al mes, debido a que son los costos relacionados a la elaboración del cuero por medio del personal de la empresa.

Los costos operacionales se mostrarán en la **tabla 29**.

Tabla 29. Costos operacionales anualizados

<i>Tipo de costos</i>	<i>Costos operacionales</i>
Productos químicos para el curtido	\$24.000.000
Pieles	\$30.000.000
HCL 37%	\$76.800.000
NaOH al 98%	\$54.240.000
Poliacrilamida 1% (floculante)	\$24.000.000
Sulfuro de aluminio 10% (coagulante)	\$4.800.000
Costos energéticos	\$14.400.000
Costos operacionales totales	\$228.240.000

Fuente. Elaboración propia.

Gracias a la recuperación de sulfuro los costos operacionales relacionados a los productos químicos para el curtido se reducirán en un 7.3% anualmente, debido a que minimiza los costos del sulfuro de sodio para el proceso.

6.4 ELABORACIÓN DEL FLUJO DE CAJA PROYECTADO

Para la evaluación del proyecto se realizó un flujo de caja proyectado a cinco años, el cual cuenta con un impuesto sobre la utilidad gravable del 10%, este se determinó para mirar la viabilidad del proyecto a mediano plazo, el proyecto no cuenta con ayuda de préstamos con bancos, puesto la inversión inicial correrá por cuenta de los directivos de la empresa.

El flujo de caja proyectado se puede observar en la **tabla 30**.

Tabla 30. Flujo de caja proyectado a cinco años millones de pesos

años	0	1	2	3	4	5
Ingresos		\$240,960	\$240,960	\$240,960	\$240,960	\$240,960
Costos operacionales		\$228,240	\$228,240	\$228,240	\$228,240	\$228,240
Depreciación equipos		\$6,046	\$6,046	\$6,046	\$6,046	\$6,046
Utilidad gravable		\$6,674	\$6,674	\$6,674	\$6,674	\$6,674
Impuestos 10%		\$0,667	\$0,667	\$0,667	\$0,667	\$0,667
Utilidad neta		\$6,0066	\$6,0066	\$6,0066	\$6,0066	\$6,0066
Depreciación equipos +		\$6,046	\$6,046	\$6,046	\$6,046	\$6,046
Flujo operacional		12,0526	12,0526	12,0526	12,0526	12,0526
Inversión	\$36,740					
Recuperación de sulfuro		\$1,753	\$1,753	\$1,753	\$1,753	\$1,753
Flujo de caja neto	-\$36,740	\$13,8056	\$13,8056	\$13,8056	\$13,8056	\$13,8056

Fuente. Elaboración propia.

Observando los resultados obtenidos se puede dar un pronóstico del proyecto alentador, puesto que en primera instancia la inversión se recuperará en los tres primeros años de producción, este resultado está dado gracias a que la planta cuenta con el sistema de alquiler tres veces por semana, lo cual aumenta los ingresos aproximados de la planta.

Para determinar más exactamente la viabilidad del proyecto se implementará el indicador económico, valor presente neto (VPN) el cual nos ayuda a conocer si el proyecto nos maximiza la inversión inicial⁵⁵

Para determinar el VPN se utilizó una tasa de interés de oportunidad de 11% dato bajo para determinar la viabilidad del proyecto en condiciones rigurosas.

El VPN se determinó con la **ecuación 15**.

⁵⁵ PRYMES FUTURO. EL VALOR PRESENTE NETO – VPN. VAQUIRO D. En línea. <https://www.pymesfuturo.com/vpneto.htm>. consultado el 20 de noviembre de 2018.

Ecuación 15. Valor presente neto (VPN)

$$VPN = \sum_{I=0}^{N=5} \frac{I}{(1 + TIO)^N}$$

Donde:

- I = flujo de caja neto
- TIO = tasa de interés de oportunidad.
- N = periodo.

Según la **ecuación 15** el VPN para el proyecto es de \$ 14.284.076 lo cual nos indica que el proyecto cuenta con una gran viabilidad, puesto que el resultado representa una ganancia neta durante los cinco años de duración del proyecto.

Esto demuestra que la implementación del sistema de tratamiento de aguas residuales propuesto, no afecta en términos de ganancias a la empresa, por el contrario, ayuda a evitar problemas con las autoridades ambientales encargadas del control de los vertimientos de esta industria, debido a que el no cumplimiento de la resolución 0631 del 2015, puede llegar a acarrear sanciones como cierres preventivos o definitivos según la resolución n° 02964 de 21 de septiembre de 2018, multas diarias hasta por (5.000) salarios mínimos legales vigentes o incluso medidas judiciales según la ley 1333 de 2009 que indica el régimen sancionatorio ambiental.

7. CONCLUSIONES

- El muestreo del agua residual se realizó en CURTIEMBRE Y MARROQUINERIA F.B, donde se observó que las descargas de estas aguas se generan sin ningún tipo de tratamiento, aportando contaminantes a los efluentes de la zona como el río Tunjuelito. Se tomaron 12 muestras que representan el proceso completo que se lleva a cabo en la empresa, las cuales fueron usadas para la caracterización inicial, tratamientos y análisis final.
- Se realizó la caracterización del agua residual de la empresa CURTIEMBRE Y MARROQUINERIA F.B en el laboratorio ASINAL S.A.S, la cual aportó los resultados de los parámetros y la composición de la misma, en donde se observó una concentración de cromo correspondiente a 2,307 mg/L, así como de sulfuros, DBO y DQO de 65,71 mg/L, 1.763 mg/L y 2.085 mg/L respectivamente. Es así como la empresa no cumple con los reglamentos expuestos por la Resolución 631 del 2015, ya que los parámetros permisibles son 1,50 mg/L ,3 mg/L, 600 mg/L y 1.200 mg/L respectivamente.
- Los resultados de la proyección a escala de las cantidades de productos químicos que deben utilizarse en el proceso de coagulación y floculación, en la planta propuesta corresponden a 732,928 gramos de hidróxido de sodio, 10.470,4 gramos de sulfato de aluminio y 785,28 gramos de poliacrilamida, para el tratamiento de 13,082 m³ de agua residual.
- Se diseñó la planta de tratamiento de aguas residuales para CURTIEMBRE Y MARROQUINERIA F.B, la cual consta de cuatro etapas: en la primera se realiza cribado mediante los tamices número 14, 20, 40 y 100 (código ASTM) en acero inoxidable situados al interior de una tubería de 3 pulgadas, seguido de una trampa de grasas con dimensiones de 3,86 m de largo por 2,36 m de ancho, la cual comunica a una serie de tanques en donde se realizará la eliminación de componentes como el cromo y el sulfuro, posteriormente el fluido es dirigido a un tanque de homogenización donde se estabilizara el agua, para finalmente ser depositada en el tanque de flotación por aire directo, donde se busca una remoción del 85% de sólidos suspendidos y por último el tanque de coagulación y floculación, donde se tiene una dosificación de sulfato de aluminio (800 mg/L) y de poliacrilamida (60 mg/L) respectivamente, en el cual es eliminada la materia en suspensión.

- En el tratamiento del agua residual mediante la sedimentación se logra remover alrededor del 50% del porcentaje de DQO con la presencia de hidróxido de sodio, además se remueven los SST, al 80% con el mismo. Para la eliminación del cromo se obtienen reducciones del 95% en el agua residual que es vertida al alcantarillado público.
- Analizando el flujo de caja y el indicador VPN se puede concluir que el proyecto es rentable, debido a que deja ganancias a partir del tercer año de funcionamiento del mismo, con unas ganancias de \$ 14.284.076 lo cual nos indica que el proyecto cuenta con una gran viabilidad, puesto que el resultado representa una ganancia neta durante los cinco años de duración del proyecto, gracias a que los costos de ingresos totales son de \$240.960.000 y los costos operacionales \$228.240.000.

8. RECOMENDACIONES

- Es recomendable realizar, los tratamientos adecuados a los sólidos generados, en las diferentes etapas del STAR, debido a que estos presentan una gran carga de contaminantes provenientes de la producción, lo cual hace que estos no sean aptos para ser vertidos en el medio ambiente.
- Se recomienda tener en cuenta la producción de lodos en el tanque de homogenización, puesto que estas corrientes, en este punto tienen una gran cantidad de partículas sedimentables, las cuales desde el momento en que son añadidas ya están generando fango, el cual si no es retirado pueden generar, descomposición y con ellos malos olores.
- Para mejorar la eficiencia de la remoción de grasas es recomendable, el buen mantenimiento de estas después de cada etapa, debido a que la acumulación de las grasas retiradas en la trampa de grasas puede generar taponamientos y daños en las tuberías y equipos.
- Se evidencio una disminución considerable de sulfuro de sodio en la acidificación del agua proveniente de la etapa de pelambre, sin embargo, deberá hacerse un estudio más específico sobre el factor de volumen de ácido clorhídrico agregado, para asegurar la liberación total del sulfuro de sodio y garantizar el cumplimiento de la norma.
- En el método de acidificación, se aconsejable la experimentación con equipos que permitan controlar condiciones de presión y temperatura, así como agitadores que contribuyen a mejorar la el área de contacto del ácido clorhídrico con el agua de muestra.
- En la eliminación de cromo se recomienda, el estudio más a fondo del pH optimo al que se debe llevar las muestras para garantizar, el buen funcionamiento de este método.
- Realizar el seguimiento continuo del estado de las aguas residuales después del tratamiento, para corroborar el buen funcionamiento y el cumplimiento de los parámetros, para esto es aconsejable realizar caracterización de las aguas residuales por lo menos una vez al año.

BIBLIOGRAFIA

ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INDUSTRIALES DEL CALZADO, EL CUERO Y SUS MANUFACTURAS (ACICAM). Informe Exportaciones mayo 2016-2018. En línea. <https://acicam.org/download/informe-exportaciones-mayo-2016-2018/>.

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. Guía de producción más limpia para el sector curtiembre – Enfoque en vertimientos y residuos. en línea. <http://www.ambientebogota.gov.co/documents/24732/3987253/Gu%C3%ADa+de+producci%C3%B3n+m%C3%A1s+limpia+para+el+sector+curtiembres+de+Bogot%C3%A1.+Enfoque+en+vertimientos+y+residuos.pdf>.

Aguas residuales. los sólidos en el agua; maneje sus sólidos y mejore su efluente. En línea. <https://www.aguasresiduales.info/revista/blog/los-solidos-en-el-agua-maneje-sus-solidos-y-mejore-su-efluente>.

AGUAMARKET. CONTAMINANTES DEL AGUA, GRASAS Y ACEITES. En línea. <https://www.aguamarket.com/diccionario/terminos.asp?Id=3039>.

BORDA, Olga. Evaluación y reducción de los niveles de cromo en muestra e aguas residuales provenientes de curtiembres. Facultad de ingeniería civil Bogota D.C: Universidad Santo Tomas. Pág. 8. En línea. <http://www.ustatunja.edu.co/cong-civil/images/Articulos/-EVALUACION%20Y%20REDUCCION%20DE%20LOS%20NIVELES%20DE%20CROMO%20EN%20MUESTRAS%20DE%20AGUAS%20RESIDUALES%20PROVENIENTES%20DE%20CURTIEMBRES.pdf>

CANTARERO, Antonio. DETERMINACION DE TENSOACTIVOS ANIONICOS EN MATRICES AMBIENTALES. COMPORTAMIENTO DEL JABÓN EN UNA PARCELA AGRICOLA. Tesis doctoral. Facultad de ciencias Granada: universidad de granada, P.26. En línea. <http://0-hera.ugr.es.adrastea.ugr.es/tesisugr/18615521.pdf>

CORTES, Omar y ALARCÓN, Evaluar la reducción de la carga de sulfuros en los efluentes del proceso de pelambre mediante su recuperación por el método de acidificación. Proyecto de grado para obtener el título de ingeniero ambiental y sanitario. Facultad de ingeniería Bogotá D.C.: Universidad De La

Salle. 2016. En línea. http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/20462/41092125_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Google Earth. En línea. <https://earth.google.com/web/@4.56303665,-74.13467895,2561.45922698a,2357.30540131d,35y,0h,45t,0r/data=Ck8aTRJFCiUweDhlM2Y5ZjRmNGVhZjM2ODM6MHhhYzdkMmZjNzFmZTg5MjEwGat0HOSaPxJAlE5vGuyXiFLAKgpTYW4gQmVuaXRvGAlgASgCKAI>.

GARCIA, Jenny y GUTIERREZ, Janneth. Impacto ambiental generado en el proceso de producción de la empresa CURTIDOS DEL ORIENTE barrio San Benito Bogotá. Trabajo de grado. Facultad de ciencias empresariales Bogotá D.C: Universidad De San Buenaventura. 2006.

GREENPEACE. Cueros tóxicos II. Febrero 13. En línea. <https://www.greenpeace.org/argentina/Global/argentina/report/2013/contaminacion/Cueros-toxicos-II-Greenpeace.pdf>

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM). DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO 5 días, INCUBACIÓN Y ELECTROMETRÍA. En línea. <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Demanda+Bioqu%C3%ADmica+de+Ox%C3%ADgeno..pdf/ca6e1594-4217-4aa3-9627-d60e5c077dfa>.

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM). DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO POR REFLUJO CERRADO Y VOLUMETRÍA. En línea. <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Demanda+Qu%C3%ADmica+de+Ox%C3%ADgeno..pdf/20030922-4f81-4e8f-841c-c124b9ab5adb>

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM). DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO POR REFLUJO CERRADO Y VOLUMETRÍA. En línea. <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Demanda+Qu%C3%ADmica+de+Ox%C3%ADgeno..pdf/20030922-4f81-4e8f-841c-c124b9ab5adb>

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM). SULFURO EN AGUA POR VOLUMETRÍA. En línea.

<http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Demanda+Qu%C3%ADmica+de+Ox%C3%ADgeno..pdf/20030922-4f81-4e8f-841c-c124b9ab5adb>.

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM). SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES EN AGUA SECADOS A 103-105 °C, INCUBACIÓN Y ELECTROMETRÍA. En línea. <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/S%C3%B3lidos+Suspendidos+Totales+en+aguas.pdf/f02b4c7f-5b8b-4b0a-803a-1958aac1179c>

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM). FENOLES EN AGUA POR DESTILACION, EXTRACION CON CLOROFORMO Y DETERMINACION ESPECTROFOTOMETRIA., INCUBACIÓN Y ELECTROMETRÍA. En línea. <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Fenoles+por+Destilaci%C3%B3n%2C+Extracci%C3%B3n+con+CHCL3+y+Espectrofotometr%C3%ADa.pdf/3de90b8a-b7aa-419d-b8b5-4f71892f696e>

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM). Toma de muestras de aguas residuales. En línea. http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38158/Toma_Muestras_AguasResiduales.pdf/f5baddf0-7d86-4598-bebd-0e123479d428.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACION. Compendio de normas para trabajos escritos. NTC-1486_6166. Bogota D.C.: 2018. ISBN 9789588585673 153 p.

LENNTECH. pH Y ALCALINIDAD. En línea. <https://www.lenntech.es/ph-y-alkalinidad.htm>

LOMBEIDA, Lenin. Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales para una empresa de curtiembre. Trabajo de investigación para optar por el Título Profesional de Químico. Facultad de ciencias químicas Quito: Universidad Central Del Ecuador. 2013. En línea. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/9724/1/T-UCE-0008-Q001-2017.pdf>.

MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Resolución 0631, 17 de marzo de 2015. En línea.

https://docs.supersalud.gov.co/PortalWeb/Juridica/OtraNormativa/R_MADS_0631_2015.pdf

MUÑOZ, Marcelo y HIDALGO Daniel. EVALUACIÓN DE TRATAMIENTOS PRIMARIOS DE LOS EFLUENTES DE PELAMBRE Y CURTIDO PARA SU POSIBLE REUTILIZACIÓN. En: PAMPÍM Ramón., et al., PRODUCCIÓN LIMPIA EN LA INDUSTRIA CURTIEMBRE. Santiago de Compostela: Universidad de Santiago de Compostela

PROCOLOMBIA. Manufacturas de cuero. En línea. <http://ue.procolombia.co/oportunidad-por-sector/manufactura-y-prendas-de-vestir/manufacturas-de-cuero>.

Proyectos jóvenes De Investigación y Comunicación. Argentina. universidad de Palermo. Pág. 14 consultado el 30 de septiembre de 2018.

PINILLA, Daniel. PRECIPITACIÓN DE CROMO Y REUTILIZACIÓN DEL AGUA DE VERTIMIENTOS DE CURTIEMBRES DE SAN BENITO (BOGOTÁ). Proyecto de grado. Facultad de ingeniería ambiental Bogotá D.C: Universidad Santo Tomas. 2014. Pag. 15. En línea. <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/2647/Pinilladaniel2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

PRYMES FUTURO. EL VALOR PRESENTE NETO – VPN. VAQUIRO D. En línea. <https://www.pymesfuturo.com/vpneto.htm>

REYES, Nicolás y RIJAS, Isabel. Desarrollo de una propuesta para el aprovechamiento del agua, proveniente de la planta de tratamiento de aguas residuales en la empresa ECOCAIMAN S.A.S. a pequeña escala. Facultad de ingeniería química Bogotá D.C: Fundación Universidad de América

TALLER DE DERECHO. GRANADO J. EL AÑO DE 360 DIAS ¿USO O ABUSO BANCARIO? En línea. <https://tallerdederechos.com/el-ano-de-360-dias-uso-o-abuso-bancario/>.

VASQUEZ, Lucinio. LAS CURTIEMBRES EN EL BARRIO SAN BENITO DE BOGOTÁ, trabajo de grado para optar por el título de economista Bogotá D.C:

Universidad de la Salle. Facultad de ciencias económicas. En línea.
<http://repository.lasalle.edu.co/handle/10185/18146>.

ANEXOS

ANEXO A.

CARACTERIZACIÓN DE LOS VERTIMIENTOS DE AGOSTO DE 2018



Laboratorio Acreditado
NTC-ISO/IEC-17025:2005
Mediante Resolución
Número 2456 del 2017



REG-REA-094 Versión 4.0

REPORTE DE RESULTADOS MUESTRA

No. 1113732

INFORMACIÓN DEL CLIENTE

Empresa **Lissette Natalia Ramírez** Ciudad y fecha **Bogotá, 2018-08-24**
 NIT **1015445467** Teléfono **3183381820** Fax **N.E.**
 Dirección **Calle 23 C N° 68C-20 Torre 2 - Oficina 703** Email **lisseth.natalia@hotmail.com**

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

Muestra	Agua Residual No Doméstica (Curtiembre)				
Fecha de recepción	2018-08-13	Características	A/RnD	Tipo de Envase	Nasco y Plástico
Fecha de elaboración	N.A.	Temperatura	12,2°C	Tamaño Muestra	3750mL
Fecha de vencimiento	N.A.	Método de Muestreo	Puntual	Norma	Resolución 0631 de 2015
No. Lote	N.A.	Sílo de Muestreo	Planta	Muestreo por	Lissette Ramírez (Estudiante)
Proveedor	N.A.			Muestreo Fecha/Hora	2018-08-11 - 11:47 AM

RESULTADOS

Parámetro	Resultado Fecha	Método	Resultado	Unidades	Especificaciones recomendadas		
					Inferior	Superior	Cualitativo
Fisicoquímica							
Cloruro	2018-08-30	Argentométrico, SM 4500-Cl, B	102	mgCl-/l		Máximo 3000	
Conductividad eléctrica	2018-08-14	Electrométrico, SM 2510 B	75419,25	µs/cm			*
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	2018-08-11	Incubación a 5 días y Modificación de Azida, SM 5210 B, 4500 - O, C	1763	mgO2/l		Máximo 600	
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	2018-08-15	Reflujo cerrado y volumétrico, SM 5220 C	2085	mgO2/l		Máximo 1200	
Fenoles Totales	2018-08-27	Destilación - Extracción con cloroformo, SM 5530 B, C	0,3	mgFenol/l			*
Grasas y Aceites	2018-08-27	Extracción Soxhlet, SM 5520 D	30	mg/l		Máximo 60	
pH	2018-08-13	SM 4500-H+ B	30	Unidades pH	Mínimo 6,0	Máximo 9,0	
Salinidad	2018-08-04	SM 2520 B	44,96	***			*
Sólidos Sedimentables (SSED)	2018-08-21	Volumétrico - Cono Imhoff, SM 2540 F	684,2	mgSSED/l		Máximo 2	
Sólidos Suspendedos Totales (SST)	2018-08-27	Gravimétrico - secado a 105°C - 105°C, SM 2540 D	9552	mgSST/l		Máximo 600	
Sulfuro	2018-08-16	SM 4500 - S - 2, C, F	65,71	mgS2-/l		Máximo 300	
Tensioactivos (SAAM)	2018-08-13	Surfactantes Aniónicos como SAAM, SM 5540 C	7,19	mg/l SAAM			Análisis y Reporte
Absorción Atómica							
Cromo Hexavalente	2018-08-29	Colorimétrico, SM 3500 - Cr, B	0,09	mgCr6/l		Máximo 1,50	

Los resultados son válidos solo para la muestra en referencia y para los ensayos realizados. No se permite la reproducción parcial o total del informe sin previa autorización escrita por parte de Asinal S.A.S. A. Parámetros Acreditados, S. Parámetros Subacreditados.

CALIFICACIÓN DE LA MUESTRA

Laboratorio	Observaciones
Fisicoquímica	

No Aceptable

*La Resolución 0631 de 2015 presenta resultados Fisicoquímicos Superiores a los límites establecidos por la normatividad para todos los parámetros analizados.

pH, DBO5, DQO, SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES, SÓLIDOS SEDIMENTABLES,


 Guillermo Acavedo D. Ph.D.
 Director Técnico

www.asinal.com - Tel: +57(1) 605-3555 Fax: 7202144 - Calle 10 Sur No 41-27 (Ciudad Montes), Bogotá D.C. Colombia
 SERVICIO NACIONAL E INTERNACIONAL (PANAMA, CENTROAMERICA, CARIBE, ECUADOR)

ANEXO B.
EXTRACTO DE LA RESOLUCIÓN 0631 DE 2015

PARAMETROS	UNIDADES	FABRICACION DE ARTICULOS DE PIEL, CURTIDO Y ADOBO DE PIELES.
Generales		
pH	Unidades de pH	6,00 a 7,00
Demanda química de oxígeno (DQO).	Mg/L O ₂	1.200,00
Demanda de bioquímica de oxígeno (DBO)	Mg/L O ₂	600,00
Solidos suspendidos totales (SST)	Mg/L	600,00
Solidos sedimentables (SSED)	Mg/L	2,00
Grasas y aceites	Mg/L	60,00
Fenoles	Mg/L	-----
Sustancias activas al azul de metileno (SAAM)	Mg/L	Análisis y reporte
Hidrocarburos		
Hidrocarburos totales (HTP)	Mg/L	10,00
Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP)	Mg/L	Análisis y reporte
BTEX (benceno, tolueno, etilbenceno y xileno).	Mg/L	Análisis y reporte
Compuestos orgánicos halogenados adsorbibles (AOX)	Mg/L	Análisis y reporte
Compuestos de fosforo		
Ortofosfatos	Mg/L	Análisis y reporte
Fosforo total (P)	Mg/L	Análisis y reporte
Compuestos de nitrógeno		
Nitratos (N_NO ₃)	Mg/L	Análisis y reporte
Nitrógeno amoniacal	Mg/L	Análisis y reporte
Nitrógeno total (N)	Mg/L	Análisis y reporte
Iones		
Cloruros	Mg/L	3.000,00
Sulfatos	Mg/L	Análisis y reporte
Sulfuros	Mg/L	3,00
Metales y metaloides		
Cadmio (Cd)	Mg/L	-----
Cinc (Zn)	Mg/L	-----
Cobalto (Co)	Mg/L	-----
Cobre (Cu)	Mg/L	1,50
Cromo (Cr)	Mg/L	-----
Níquel (Ni)	Mg/L	-----

ANEXO C.

REPORTE DE CONTENIDO DE CROMO EN LAS MUESTRAS DE AGUA RESIDUAL TRATADAS CON 4M, 5M ,98%



Laboratorio Acreditado
NTC-ISO/IEC-17025:2005
Mediante Resolución
Número 2456 del 2017



ACOPÍ
Premio Nacional
PYME
Producto Innovador
2008

REG-REA-094 Versión 4.0

REPORTE DE RESULTADOS MUESTRA

No. 1114396

INFORMACIÓN DEL CLIENTE

Empresa Lissette Natalia Ramírez	Ciudad y fecha Bogotá, 2018-09-28	
NIT 1015445467	Teléfono 3183381820	Fax N.E.
Dirección Calle 23 C N° 68C-20 Torre 2 - Oficina 703	Email lisseth.natalia@hotmail.com	

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

Muestra Agua Residual No Doméstica (Curtiembre) 4 Molar NaOH	Características ARnD	Tipo de Envase Plástico	
Fecha de recepción 2018-09-19	Temperatura 12,2 °C	Tamaño Muestra 200mL	
Fecha de elaboración N.A.	Método de Muestreo Puntual	Norma Resolución 0631 de 2015 ART 13	
Fecha de vencimiento N.A.	Sitio de Muestreo Planta	Muestreo por Oscar García (Estudiante)	
No. Lote N.A.		Muestreo Fecha/Hora 2018-09-19 02:20PM	
Proveedor N.A.			

RESULTADOS

Parámetro	Resultado Fecha	Método	Resultado	Unidades	Especificaciones recomendadas		
					Inferior	Superior	Cualitativo
Fisicoquímica							
Cromo Total	2018-09-27	SM 3030 F, SM 3111 B	2,85	mgCr/L		Máximo 1,50	
Cromo Hexavalente	2018-09-26	Colorimétrico, SM 3500 – Cr, B	<0.04	mgCr6/L			*
Cromo Trivalente	2018-10-01	SM 3030 F, SM 3111 B	2,85	mgCr/L			*



Laboratorio Acreditado
NTC-ISO/IEC-17025:2005
Mediante Resolución
Número 2456 del 2017



ACOPM
Premio Nacional
PYME
Producto Innovador
2008

REG-REA-094 Versión 4.0

REPORTE DE RESULTADOS MUESTRA

No. **1114397**

INFORMACIÓN DEL CLIENTE

Empresa Lisette Natalia Ramírez **Ciudad y fecha** Bogotá, 2018-09-28
NIT 1015445467 **Teléfono** 3183381820 **Fax** N.E.
Dirección Calle 23 C N° 68C-20 Torre 2 - Oficina 703 **Email** lisseth.natalia@hotmail.com

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

Muestra Agua Residual No Doméstica (Curtiembre) 5 Molar NaOH
Fecha de recepción 2018-09-19 **Características** ARnD **Tipo de Envase** Plástico
Fecha de elaboración N.A. **Temperatura** 12,2 °C **Tamaño Muestra** 200mL
Fecha de vencimiento N.A. **Método de Muestreo** Puntual **Norma** Resolución 0631 de 2015 ART 13
No. Lote N.A. **Sitio de Muestreo** Planta **Muestreo por** Oscar García (Estudiante)
Proveedor N.A. **Muestreo Fecha/Hora** 2018-09-19 02:20PM

RESULTADOS

Parámetro	Resultado Fecha	Método	Resultado	Unidades	Especificaciones recomendadas		
					Inferior	Superior	Cualitativo

Fisicoquímica

Cromo Total	2018-09-27	SM 3030 F, SM 3111 B	5,94	mgCr/L		Máximo 1,50	
Cromo Hexavalente	2018-09-26	Colorimétrico, SM 3500 - Cr, B	<0.04	mgCr6/L			*
Cromo Trivalente	2018-10-01	SM 3030 F, SM 3111 B	5,94	mgCr/L			*



Laboratorio Acreditado
NTC-ISO/IEC-17025:2005
Mediante Resolución
Número 2456 del 2017



REG-REA-094 Versión 4.0

REPORTE DE RESULTADOS MUESTRA

No. **1114395**

INFORMACIÓN DEL CLIENTE

Empresa Lissette Natalia Ramírez **Ciudad y fecha** Bogotá, 2018-09-28
NIT 1015445467 **Teléfono** 3183381820 **Fax** N.E.
Dirección Calle 23 C N° 68C-20 Torre 2 - Oficina 703 **Email** lisseth.natalia@hotmail.com

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

Muestra Agua Residual No Doméstica (Curtiembre) Concentrada
Fecha de recepción 2018-09-19 **Características** ARnD **Tipo de Envase** Plástico
Fecha de elaboración N.A. **Temperatura** 12,2 °C **Tamaño Muestra** 200mL
Fecha de vencimiento N.A. **Método de Muestreo** Puntual **Norma** Resolución 0631 de 2015 ART 13
No. Lote N.A. **Sitio de Muestreo** Planta **Muestreo por** Oscar García (Estudiante)
Proveedor N.A. **Muestreo Fecha/Hora** 2018-09-19 02:20PM

RESULTADOS

Parámetro	Resultado Fecha	Método	Resultado	Unidades	Especificaciones recomendadas		
					Inferior	Superior	Cualitativo

Fisicoquímica

Cromo Total	2018-09-27	SM 3030 F, SM 3111 B	1,02	mgCr/L		Máximo 1,50	
Cromo Hexavalente	2018-09-26	Colorimétrico, SM 3500 – Cr, B	<0.04	mgCr6/L			*
Cromo Trivalente	2018-10-01	SM 3030 F, SM 3111 B	1,02	mgCr/L			*

ANEXO D.

REPORTE CONTENIDO DE SULFURO EN LAS MUESTRAS CON 7ML, 3ML, 2ML Y SIN TRATAR



Laboratorio Acreditado
NTC-ISO/IEC-17025:2005
Mediante Resolución
Número 2456 del 2017



ACOPI
Premio Nacional
PYME
Producto Innovador
2008

REG-REA-094 Versión 4.0

REPORTE DE RESULTADOS MUESTRA

No. **1114331**

INFORMACIÓN DEL CLIENTE

Empresa Lissette Natalia Ramírez	Ciudad y fecha Bogotá, 2018-09-27
NIT 1015445467	Teléfono 3183381820
Dirección Calle 23 C N° 68C-20 Torre 2 - Oficina 703	Email lisseth.natalia@hotmail.com
	Fax N.E.

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

Muestra Agua Residual No Doméstica (Curtiembre) Sin tratar					
Fecha de recepción	2018-09-15	Características	ARnD	Tipo de Envase	Plástico
Fecha de elaboración	N.A.	Temperatura	12,6 °C	Tamaño Muestra	200mL
Fecha de vencimiento	N.A.	Método de Muestreo	Puntual	Norma	Resolución 0631 de 2015
No. Lote	N.A.	Sitio de Muestreo	Planta	Muestreo por	Natalia Ramírez (Estudiante)
Proveedor	N.A.			Muestreo Fecha/Hora	2018-09-15 08:15AM

RESULTADOS

Parámetro	Resultado Fecha	Método	Resultado	Unidades	Especificaciones recomendadas		
					Inferior	Superior	Cualitativo

Fisicoquímica

Sulfuros	2018-09-20	SM 4500 – S -2, C, F	50.17	mgS ₂ /L	Máximo 3.00
----------	------------	----------------------	-------	---------------------	-------------



Laboratorio Acreditado
NTC-ISO/IEC-17025:2005
Mediante Resolución
Número 2456 del 2017



ACOPI
Premio Nacional
PYME
Producto Innovador
2008

REG-REA-094 Versión 4.0

REPORTE DE RESULTADOS MUESTRA

No. **1114332**

INFORMACIÓN DEL CLIENTE

Empresa Lissette Natalia Ramírez	Ciudad y fecha Bogotá, 2018-09-27
NIT 1015445467	Teléfono 3183381820
Dirección Calle 23 C N° 68C-20 Torre 2 - Oficina 703	Email lisseth.natalia@hotmail.com
	Fax N.E.

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

Muestra Agua Residual No Doméstica (Curtiembre) 2 MI HCL					
Fecha de recepción	2018-09-15	Características	ARnD	Tipo de Envase	Plástico
Fecha de elaboración	N.A.	Temperatura	12,6 °C	Tamaño Muestra	200mL
Fecha de vencimiento	N.A.	Método de Muestreo	Puntual	Norma	Resolución 0631 de 2015
No. Lote	N.A.	Sitio de Muestreo	Planta	Muestreo por	Natalia Ramírez (Estudiante)
Proveedor	N.A.			Muestreo Fecha/Hora	2018-09-15 08:15AM

RESULTADOS

Parámetro	Resultado Fecha	Método	Resultado	Unidades	Especificaciones recomendadas		
					Inferior	Superior	Cualitativo

Fisicoquímica

Sulfuros	2018-09-20	SM 4500 – S -2, C, F	58.92	mgS ₂ /L	Máximo 3.00
----------	------------	----------------------	-------	---------------------	-------------



Laboratorio Acreditado
NTC-ISO/IEC-17025:2005
Mediante Resolución
Número 2456 del 2017



ACOPI
Premio Nacional
PYME
Producto Innovador
2009

REG-REA-094 Versión 4.0

REPORTE DE RESULTADOS MUESTRA

No. 1114333

INFORMACIÓN DEL CLIENTE

Empresa Lissette Natalia Ramírez **Ciudad y fecha** Bogota, 2018-09-27
NIT 1015445467 **Teléfono** 3183381820 **Fax** N.E.
Dirección Calle 23 C N° 68C-20 Torre 2 - Oficina 703 **Email** lisseth.natalia@hotmail.com

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

Muestra Agua Residual No Doméstica (Curtiembre) 3 MI HCL
Fecha de recepción 2018-09-15 **Características** ARnD **Tipo de Envase** Plástico
Fecha de elaboración N.A. **Temperatura** 12,6 °C **Tamaño Muestra** 200mL
Fecha de vencimiento N.A. **Método de Muestreo** Puntual **Norma** Resolución 0631 de 2015
No. Lote N.A. **Sitio de Muestreo** Planta **Muestreo por** Natalia Ramírez (Estudiante)
Proveedor N.A. **Muestreo Fecha/Hora** 2018-09-15 08:15AM

RESULTADOS

Parámetro	Resultado Fecha	Método	Resultado	Unidades	Especificaciones recomendadas		
					Inferior	Superior	Cualitativo

Fisicoquímica

Sulfuros 2018-09-20 SM 4500 - S -2, C, F 49.76 mg52-/L Máximo 3.00



Laboratorio Acreditado
NTC-ISO/IEC-17025:2005
Mediante Resolución
Número 2456 del 2017



ACOPI
Premio Nacional
PYME
Producto Innovador
2009

REG-REA-094 Versión 4.0

REPORTE DE RESULTADOS MUESTRA

No. 1114334

INFORMACIÓN DEL CLIENTE

Empresa Lissette Natalia Ramírez **Ciudad y fecha** Bogota, 2018-09-27
NIT 1015445467 **Teléfono** 3183381820 **Fax** N.E.
Dirección Calle 23 C N° 68C-20 Torre 2 - Oficina 703 **Email** lisseth.natalia@hotmail.com

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

Muestra Agua Residual No Doméstica (Curtiembre) 7 MI HCL
Fecha de recepción 2018-09-15 **Características** ARnD **Tipo de Envase** Plástico
Fecha de elaboración N.A. **Temperatura** 12,6 °C **Tamaño Muestra** 200mL
Fecha de vencimiento N.A. **Método de Muestreo** Puntual **Norma** Resolución 0631 de 2015
No. Lote N.A. **Sitio de Muestreo** Planta **Muestreo por** Natalia Ramírez (Estudiante)
Proveedor N.A. **Muestreo Fecha/Hora** 2018-09-15 08:15AM

RESULTADOS

Parámetro	Resultado Fecha	Método	Resultado	Unidades	Especificaciones recomendadas		
					Inferior	Superior	Cualitativo

Fisicoquímica

Sulfuros 2018-09-20 SM 4500 - S -2, C, F 33.47 mg52-/L Máximo 3.00

ANEXO E.

RESULTADOS FINALES CARACTERIZACIÓN DE AGUA RESIDUALES 2018



Laboratorio Acreditado
NTC-ISO/IEC-17025:2005
Mediante Resolución
Número 2436 del 2017



ACOP
Punto Nacional
PYNE
Preclima Invernal
2018

REG-REA-094 Versión 4.0

REPORTE DE RESULTADOS MUESTRA

No. 1115241

Ciudad y fecha Bogotá, 2018-11-29

INFORMACIÓN DEL CLIENTE					
Empresa	Lissette Natalia Ramírez	Teléfono	3183381820		
NIT	1015445467	Fax	N.E.		
Dirección	Calle 23 C N° 68C-20 Torre 2 - Oficina 703	Email	lisseth.natalia@hotmail.com		
INFORMACIÓN DE LA MUESTRA					
Muestra	Agua Residual No Doméstica - Curtiembre				
Fecha de recepción	2018-11-13	Características	ARnD	Tipo de Envase	Plástico
Fecha de elaboración	N.A.	Temperatura	18,7 °C	Tamaño Muestra	250 mL
Fecha de vencimiento	N.A.	Método de Muestreo	Puntual	Norma	Resolución 0631 de 2015 ART 13
No. Lote	N.A.	Sitio de Muestreo	Planta	Muestreo por	Sebastian Barrero (Estudiante)
Proveedor	N.A.			Muestreo Fecha/Hora	2018-11-13 11:18:00 a. m.

RESULTADOS								
Parámetro	Resultado Fecha	Método	Resultado	Unidades	Especificaciones recomendadas			Cualitativo
					Inferior	Superior		
<i>Fisicoquímica</i>								
Cromo Total	2018-11-29	SM 3030 F, SM 3111 B	0,68	mgCr/L		Máximo 1,50		
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	2018-11-20	SM 5210 B SM 4500 O C	585	mgO2/L		Máximo 600,00		
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	2018-11-13	SM 5220 C	1158	mgO2/L		Máximo 1200,00		
Grasas y Aceites		SM 5520 B		mgSyA/L		Máximo 60,00		
pH	2018-11-13	SM 4500 H+ B	7,33	Unidades	6,00	9,00		
Sólidos Sedimentables (SSED)	2018-11-21	SM 2540 F	<0,1	mgSSED/L		Máximo 2,00		
Sólidos Suspendedos Totales (SST)	2018-11-19	SM 2540 D	83	mgSST/L		Máximo 600,00		
Sulfuros	2018-11-19	SM 4500 S2- C, F	2,74	mgS ²⁻ /L		Máximo 3,00		
Tensoactivos	2018-11-14	SM 5540 C	10,19	mgSAAM/L				Análisis y Reporte

Los resultados son válidos solo para la muestra en referencia y para los ensayos realizados. No se permite la reproducción parcial o total del informe sin previa autorización escrita por parte de Adrial S.A.S

La resolución 0631 de 2015, no establece límite para este parámetro