



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

**“REDISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES PARA LA CURTIDURÍA SAN VICENTE DE LA
CIUDAD DE AMBATO”**

TRABAJO DE TITULACIÓN

TIPO: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA QUÍMICA

AUTORA: VERÓNICA PAULINA SÁNCHEZ CASCO

DIRECTOR: ING. CÉSAR ARTURO PUENTE GUIJARRO

Riobamba-Ecuador

2019

©2019, Verónica Paulina Sánchez Casco

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

Yo, Verónica Paulina Sánchez Casco, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados de este son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referidos.

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

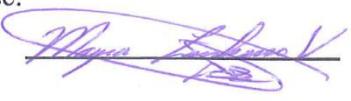
Riobamba, 11 de Diciembre del 2019



Verónica Paulina Sánchez Casco
CI: 180503199-2

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

El Tribunal del trabajo de integración curricular certifica que: El trabajo de integración curricular: Tipo Proyecto Técnico “**REDISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA CURTIDURÍA SAN VICENTE DE LA CIUDAD DE AMBATO**” realizado por la señorita: **VERÓNICA PAULINA SÁNCHEZ CASCO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de integración curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Dr. Bolívar Flores PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		<u>2019 - 12 - 17</u>
Ing. César Arturo Puente Guijarro. DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN		<u>2019 - 12 - 17</u>
Ing. Mayra Paola Zambrano Vinuesa, Msc.c. MIEMBRO DEL TRIBUNAL		<u>2019 - 12 - 17</u>

DEDICATORIA

A la Virgen del Rosario de Agua Santa, por siempre cuidarme y darme la fuerza para continuar en este proceso de obtener unos de los anhelos más deseados. A la memoria de mi padre Vicente Sánchez que se convirtió en mi ángel por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía. A mi madre Teresa Casco quien es mi vida entera por estar siempre a mi lado brindándome todo su amor.

A mis hermanos Mayra, Patricio y Carlos por haber sido mi apoyo a lo largo de mi carrera universitaria y a lo largo de mi vida quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido cumplir hoy un sueño.

Verónica S

AGRADECIMIENTO

A Dios por todas sus bendiciones y permitirme haber llegado a este momento tan importante de mi formación profesional.

A mis padres Vicente y Teresa; a mis hermanos Mayra, Patricio y Carlos; a mi cuñado Franklin; por todo el apoyo incondicional demostrado en el transcurso de mi vida por estar siempre a mi lado con consejos y palabras de aliento; a mis sobrinos Sebastián, Juan Pablo, Carlitos, Emiliano, Luciana y Albertito por siempre sacarme una sonrisa y a toda mi familia.

Al señor Efraín Yambo gerente propietario de la Curtiduría San Vicente, por brindare su apoyo y permitirme realizar mi trabajo de titulación para de esta manera colaborar con el bienestar del medio ambiente aplicando mis conocimientos obtenidos a lo largo de mi carrera. A mi tutor el Ing. Cesar Puente y la Ing. Mayra Zambrano quienes me ayudaron y me guiaron durante mi trabajo de titulación.

A mis docentes Ing. Mónica Andrade, Dra. Patricia Layedra, Ing. Marlene García, Ing. Marco Chuiza, Ing. Valeria Tapia, Dra. Gina Alvares por todos los conocimientos impartidos y sus consejos brindados.

A mis amigas de infancia Mayra, Silvia, Pamela y Diana quienes siempre están en mi lado apoyándome y brindándome palabras de aliento. A mis amigos de universidad Erika, Maribel, Cristina, Jannina, Verónica, Jorge, Ricardo, Ronny por compartir los mejores momentos de vida universitaria.

Verónica S

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
CAPÍTULO I	
1. DIAGNOSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	1
1.1. Identificación del problema	1
1.2. Justificación del problema.....	2
1.3. Línea base del proyecto	2
1.3.1. Antecedentes de la industria del cuero.....	2
1.3.2. Ubicación geográfica.....	5
1.3.3. Componente Demográfico	6
1.3.4. Componente socioeconómico	7
1.3.5. Componente Biofísico.....	7
1.3.6. Componente Biológico.....	9
1.3.7. Estado actual de descargas de aguas residuales	9
1.4. Beneficiarios de la investigación	10
1.4.1. Beneficiarios Directos.....	10
1.4.2. Beneficiarios Indirectos.....	11
CAPÍTULO II	
2. OBJETIVOS DEL TRABAJO EXPERIMENTAL	12
2.1. Objetivo General	12
2.2. Objetivos Específicos.....	12
CAPÍTULO III	
3. ESTUDIO TÉCNICO PRELIMINAR.....	13
3.1. Localización del proyecto	13
3.2. Ingeniería del proyecto	15

3.2.1.	<i>Tipo de Estudio</i>	15
3.2.2.	<i>Métodos</i>	15
3.2.3.	<i>Determinación del caudal de diseño</i>	16
3.2.4.	<i>Toma y monitoreo de muestras</i>	18
3.2.5.	<i>Caracterización del agua residual</i>	20
3.2.6.	<i>Pruebas de tratabilidad</i>	22
3.2.7.	<i>Rediseño del sistema de tratamiento</i>	33
3.3.	Resultados	50
3.3.1.	<i>Resultados del rediseño del sistema de tratamiento</i>	50
3.3.2.	<i>Resultados de la caracterización del agua residual después del tratamiento</i>	53
3.4.	Proceso de Producción	54
3.4.1.	<i>Tratamientos preliminares</i>	54
3.4.2.	<i>Tratamientos primarios</i>	54
3.4.3.	<i>Diagrama de proceso de tratamiento</i>	55
3.5.	Requerimientos de equipos, tecnología y maquinaria	55
3.5.1.	<i>Monitoreo y muestreo</i>	55
3.5.2.	<i>Análisis de Laboratorio</i>	56
3.5.3.	<i>Presupuesto</i>	58
3.5.4.	<i>Análisis de Resultados</i>	60
3.6.	Cronograma de actividad	60
	CONCLUSIONES	62
	RECOMENDACIONES	63
	BIBLIOGRAFIA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Características de la parroquia Atahualpa	5
Tabla 2-1: Densidad poblacional de las principales parroquias del cantón Ambato.....	6
Tabla 1-3: Condiciones Meteorológicas del Cantón Ambato	13
Tabla 2-3: Condiciones Meteorológicas del Cantón Riobamba	14
Tabla 3-3: Caudal de descarga del agua de pelambre	17
Tabla 4-3: Caudal de descarga del agua de Curtido.....	17
Tabla 5-3: Requerimiento de equipos y materiales para el monitoreo y toma de muestras de acuerdo a la norma técnica NTE INEN 2169 y NTE INEN 2176	18
Tabla 6-3: Recomendaciones para el muestreo y preservación de muestras de acuerdo a las mediciones	19
Tabla 7-3: Caracterización inicial del agua de Pelambre.....	21
Tabla 8-3: Caracterización inicial del agua de la etapa de Curtido.....	21
Tabla 9-3: Índice de Biodegradabilidad.....	22
Tabla 10-3: Concentración de DBO ₅ y DQO en el agua de pelambre	22
Tabla 11-3: Concentración de DBO ₅ y DQO en el agua de curtido	23
Tabla 12-3: Índice de Biodegradabilidad para el agua de pelambre y curtido.....	23
Tabla 13-3: Determinación de dosificación de MnSO ₄ sin aireación	24
Tabla 14-3: Determinación de dosificación de MnSO ₄ con aireación	24
Tabla 15-3: Determinación de floculante para tratamiento de aguas residuales de pelambre ...	26
Tabla 16-3: Determinación de floculante para tratamiento de aguas residuales de curtido.....	26
Tabla 17-3: Determinación de coagulante para tratamiento de aguas residuales de pelambre..	26
Tabla 18-3: Determinación de coagulante para tratamiento de aguas residuales de curtido	27
Tabla 19-3: Determinación de dosis óptima de floculante para el tratamiento de las aguas residuales de pelambre	27
Tabla 20-3: Determinación de dosis óptima de floculante para el tratamiento de las aguas residuales de curtido.....	27
Tabla 21-3: Determinación de dosificación óptima de coagulante para el agua de pelambre ...	28
Tabla 22-3: Determinación de dosificación óptima de coagulante para el agua de curtido.....	28
Tabla 23-3: Resultados de remoción de DBO ₅ y DQO en el agua de Pelambre.....	29
Tabla 24-3: Resultados de remoción de SST y Sólidos Totales en el agua de Pelambre	29
Tabla 25-3: Resultados de remoción de Sulfuros en el agua de Pelambre	30
Tabla 26-3: Resultados de remoción de Cromo en el agua de Curtido.....	31
Tabla 27-3: Resultados de remoción de DBO ₅ y DQO en el agua de Curtido.....	31
Tabla 28-3: Resultados de remoción de SST y Sólidos Totales en el agua de Curtido	32

Tabla 29-3: Coeficiente de Manning para cálculo de canales.....	36
Tabla 30-3: Datos para el rediseño del tanque de aireación.....	37
Tabla 31-3: Datos para el rediseño del tanque de homogenización.....	41
Tabla 32-3: Datos de la paleta de agitación para el rediseño del tanque de floculación.....	42
Tabla 33-3: Parámetros para el diseño del tanque de floculación.....	42
Tabla 34-3: Cargas de superficie para diversas suspensiones químicas	43
Tabla 35-3: Propiedades del agua a diferentes temperaturas	44
Tabla 36-3: Criterios de diseño de floculadores mecánicos.....	44
Tabla 37-3: Valores de CD	44
Tabla 38-3: Parámetros de diseño del filtro	45
Tabla 39-3: Espesor de medios filtrantes	45
Tabla 40-3: Criterios de diseño para el sistema de drenaje.....	45
Tabla 41-3: Criterios de diseño para tuberías	46
Tabla 42-3: Resultado del cálculo de caudal del agua de Pelambre	51
Tabla 43-3: Resultado del cálculo de caudal del agua de Curtido	51
Tabla 44-3: Resultados del diseño del Canal	51
Tabla 45-3: Resultados del diseño del Tanque de Aireación.....	51
Tabla 46-3: Resultados del diseño del Tanque de Sedimentación.....	52
Tabla 47-3: Resultados del diseño del Tanque de Floculación.....	52
Tabla 48-3: Resultado del lecho filtrante para el agua de pelambre	52
Tabla 49-3: Resultado del lecho filtrante para el agua de Curtido.....	53
Tabla 50-3: Caracterización final del agua residual de Pelambre.....	53
Tabla 51-3: Caracterización final del agua residual de Curtido.....	54
Tabla 52-3: Materiales y Normativa usados en el monitoreo del Agua Residual.....	56
Tabla 53-3: Equipos y Métodos para análisis en laboratorio	56
Tabla 54-3: Equipos y Materiales secundarios usados en el laboratorio	58
Tabla 55-3: Otros equipos usados en el laboratorio.....	58
Tabla 56-3: Cotización general para la implementación del rediseño del sistema de tratamiento de agua.	59
Tabla 57-3: Costos de químicos por mes para el tratamiento del agua residual	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Límites de la parroquia Atahualpa.....	6
Figura 2-3: Hidrología del cantón Ambato.....	9
Figura 3-3: Georreferenciación de la curtiduría “San Vicente”.....	14
Figura 4-3: Georreferenciación del laboratorio de calidad de aguas de la facultad de	15
Figura 5-3: Medidas de floclador en mm.....	42

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3: Acceso al sistema de alcantarillado en la parroquia Atahualpa.....	10
Gráfico 2-3: Remoción de DBO ₅ y DQO en el agua de Pelambre	29
Gráfico 3-3: Remoción de SST y Sólidos Totales en el agua de Pelambre	30
Gráfico 4-3: Remoción de Sulfuros en el agua de Pelambre	30
Gráfico 5-3: Remoción de Cromo en el agua de Curtido.....	31
Gráfico 6-3: Remoción de DBO ₅ y DQO en el agua de Curtido	32
Gráfico 7-3: Remoción de SST y Sólidos Totales en el agua de Curtido	32

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Tabla 8, Libro VI, TULSMA. Límites de descarga al sistema de alcantarillado

Anexo B. Caracterización Inicial del Agua Residual de Pelambre

Anexo C. Caracterización Final del Agua Residual de Pelambre

Anexo D. Caracterización Inicial del Agua de Curtido

Anexo E. Caracterización Final del Agua de Curtido

Anexo F. Diagrama del proceso de tratamiento

Anexo G. Ensamble del Sistema de Tratamiento

Anexo H. Tanque de Agua

Anexo I. Tanque de Lecho

Anexo J. Tanque de Lecho y Secado

Anexo K. Tanque de Aireación

Anexo L. Tanque de Floculador.

Anexo M. Tanque de Homogenización.

Anexo N. Sistema de Agitación.

Anexo O. Vertedero.

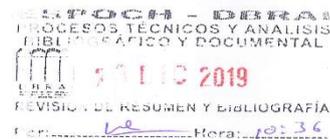
Anexo P. Rediseño De Un Sistema De Tratamiento De Aguas Residuales Para La Curtiduría San Vicente De La Ciudad De Ambato.

Anexo Q. Documentos de la Curtiduría San Vicente

RESUMEN

La curtiduría San Vicente, cuenta con un sistema deficiente de tratamiento de agua residual, es por ello que el siguiente estudio tiene como objetivo rediseñar este sistema de tratamiento mediante un diagnóstico inicial y el respectivo análisis experimental de variables y procesos. Como primera etapa se procedió a evaluar el actual sistema de tratamiento para luego recolectar muestras de las descargas de procesos de pelambre y curtido y realizar su respectivo análisis, se determinó que los principales contaminantes en el agua de pelambre son: DBO₅, 12 500 mg/l; DQO, 20 200 mg/L y Sulfuros, 1 620 mg/L mientras que para el agua de curtido se obtuvo los siguientes resultados: Cr⁶⁺, 2,10 mg/L; DBO₅, 6 240 mg/L y DQO, 12 750 mg/L. Mediante diferentes ensayos de pruebas de tratabilidad se pudo establecer que el tratamiento óptimo para el agua de pelambre es la oxidación de sulfuros mediante un proceso de aireación controlada y utilizando MnSO₄ como catalizador, luego de esta primera etapa realizamos un tratamiento químico mediante la adición de coagulante y floculante para finalizar con un proceso de sedimentación que se encargará de separar los lodos contaminantes del agua tratada. En relación al agua de curtido, el sistema de tratamiento inicia con un proceso de estabilización alcalina mediante la adición de cal para lograr un valor de pH de 8,5 para que precipite el cromo, como un hidróxido, luego de esto, se procede a realizar un tratamiento de clarificación mediante un proceso de coagulación-floculación, para finalizar con la sedimentación de lodos y respectiva separación del agua clarificada. Mediante estos procesos se logró obtener un rendimiento superior al 90% en relación a remoción de contaminantes. Finalmente se procedió a realizar el rediseño de la PTAR mediante las respectivas modificaciones del sistema actual y la implementación de nuevos procesos de tratamiento.

Palabras clave: <INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA QUÍMICA>, <SISTEMA DE TRATAMIENTO>, <AGUAS RESIDUALES>, <CURTIEMBRE>, <OXIDACIÓN DE SULFUROS>, <CLARIFICACIÓN>.



ABSTRACT

The objective was to redesign a wastewater treatment system for the “San Vicente” tannery located in the city of Ambato. The tannery San Vicente, has a deficient system of wastewater treatment, that is why the following study has as its first stage the current treatment system was assessed and then collected samples of the discharges of liming and tanning processes and to perform their respective analysis, it was determined that the main contaminants in the liming water are: BOD5, 12,500 mg / l; COD, 20 200 mg / L and sulfides, 1 620 mg / L while for the tanning water the following results were obtained: Cr6 +, 2, 10 mg / L; BOD5, 6 240 mg / L and COD, 12 750 mg / L. Through different tests of treatability tests, it was established that the optimal treatment for liming water is the oxidation of sulfides by a controlled aeration process and using MnSO4 as a catalyst, after this first stage we perform a chemical treatment by adding coagulant and flocculants to end with a sedimentation process that will be responsible for separating the contaminating sludge from the treated water. In relation to the tanning water, the treatment system begins with an alkaline stabilization process by adding lime to achieve a pH value of 8.5 so that the chromium precipitates, like a hydroxide, after this, it proceeds to perform a clarification treatment through a coagulation-flocculation process, to end with sludge sedimentation and respective separation of clarified water. Through these processes it was possible to obtain a yield greater than 90% in relation to removal of contaminants. Finally, the redesign of the WWTP was carried out through the respective modifications of the current system and the implementation of new treatment processes.

Keywords: <CHEMICAL ENGINEERING AND TECHNOLOGY>, <TREATMENT SYSTEM>, <WASTEWATER>, <TANNERY>, < SULFIDE OXIDATION>, <CLARIFICATION>.



CAPÍTULO I

1. DIAGNOSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

1.1. Identificación del problema

La industria de la curtiembre data de épocas muy antiguas, y es conocida como una de las primeras actividades industriales realizadas por el hombre, ya que el hombre ha visto la necesidad de vestimenta y abrigo, con lo cual cazaba y mataba animales para alimentarse y sus pieles eran utilizadas como prendas de vestir, por accidente los humanos vertían plantas con taninos y las pieles se curtían logrando así tener otras características. (Reyes, 2010)

El acelerado crecimiento de las poblaciones, se fueron introduciendo nuevos procesos industriales para la curtición desembocando en lo que hoy es las tenerías, que usan sistemas tradicionales de curtición para obtener cuero de diferentes propiedades y con diferente calidad, pero con este crecimiento acelerado también se ha visto involucrado el impacto ambiental sobre los efluentes líquidas, gaseosas y los residuos sólidos. (Reyes, 2010)

En su revista mensual de producción de cuero en el país indica que en Ecuador el problema asociado con la contaminación ambiental generado por las curtiembres no ha sido corregido ya que no se ha planteado soluciones integrales, como hecho factible en la mayoría de curtiembres del país aún se utiliza métodos tradicionales en todas las etapas de transformación, ocasiona un bajo rendimiento por la pérdida de reactivos en los baños residuales. (ANCE, 2018)

La provincia del Tungurahua cuenta con 1.770 talleres artesanales dedicados a la confección de prendas de vestir de cuero y a la zapatería. Esta cantidad de talleres representa 75,6% de la actividad artesanal de la rama en Ecuador. Los talleres se ubican en los cantones de Ambato, Baños, Cevallos y Quisapincha; al ser talleres industriales no se regula los desechos generados aumentando la contaminación generada por las curtiembres en la provincia de Tungurahua. (ANCE, 2018)

La contaminación ambiental generada por las curtiembres determino que el principal problema de la contaminación ambiental que produce las curtiembres, es el uso excesivo de agua, ya que la mayoría de etapas en la curtición se realiza en soluciones acuosas, en general los productos químicos adicionados deben estar en solución para lograr interactuar con los componentes de la

piel y transformarlos, al utilizar reactivos en exceso estos productos se desechan en el agua. (Bezama, 2007)

Un estudio ambiental realizado por (Chang, 2002), indica que en estudios anteriores se ha notado que por cada tonelada de piel salada que entra en el proceso de curtido de pieles, es necesario 450 kg de productos químicos para la obtención de 200 kg de cuero acabado, 40 kg de solventes emitidos a la atmósfera, 640 kg de residuos sólidos y 138 kg de agua que pierde la piel, por tanto, el modo de minimizar los impactos ambientales es de vital interés en este proyecto, logrando así la implementación de tecnologías limpias.

1.2. Justificación del problema

Los problemas mencionados en la sección anterior, buscan ser corregidos por parte de aparatos gubernamentales que por medio del Ministerio de Ambiente del Ecuador están creando leyes y normativas, además están realizando recorridos en las empresas y verificando que los residuos generados están siendo tratados para mitigar el impacto ambiental generado.

La curtiduría “San Vicente” al momento no cuentan con un sistema de aprovechamiento de los residuos sólidos, ni el tratamiento de los efluentes líquidas que se generan en la empresa, lo único que se está haciendo es depositando los efluentes al cuerpo de agua dulce cercano a la empresa, por lo que no se está caracterizando la calidad del agua, ni se está monitoreando a donde llegan los efluentes producidas.

Con el rediseño del sistema de tratamiento de agua residual, se realizará el procesamiento adecuado a los efluentes antes de su vertimiento, para disminuir la cantidad de sustancias químicas introducidas en cada etapa de transformación y aumentará el rendimiento económico en la planta, logrando así solucionar los impactos ambientales y mejorando la capacidad productiva de la planta haciéndola una curtiembre más productiva.

1.3. Línea base del proyecto

1.3.1. Antecedentes de la industria del cuero

La industria del cuero es un sector manufacturero extremadamente antiguo que se encarga de producir una amplia gama de productos como calzado, bolsos, prendas, etc. La materia prima utilizada en esta industria se deriva del producto de desecho de la industria alimentaria, específicamente del procesamiento de carne. El cuero y sus productos son uno de los elementos

más comercializados a nivel mundial. Se producen a partir de recursos renovables y fácilmente disponibles. El comercio de la industria del cuero actualmente supera los US \$ 80 mil millones en un año, por ello es un sector ampliamente extendido en varios países.

El consumo de productos de cuero por parte de los humanos es muy común y se usa casi todos los días. La materia prima, derivada de los desechos de la industria cárnica, se procesa y se convierte en cuero utilizable en curtiembres. Por lo tanto, la industria del curtido se considera como una de las principales unidades de procesamiento de cuero.

Aunque la industria del curtido de cuero utiliza principalmente los desechos de la industria cárnica, también implica el uso de muchos productos químicos para convertir la materia prima en producto terminado. Por lo tanto, esta industria, consume recursos y produce contaminantes que son tóxicos y peligrosos para el medio ambiente. Por ejemplo, en el procesamiento del cuero, una tonelada métrica de materia prima se convierte en solo 200 kg de producto de cuero utilizable (que comprende 3 kg de cromo). Los desechos sólidos y líquidos incluyen aproximadamente 250 kg de desechos sólidos no curtidos, 200 kg de desechos curtidos (que comprenden 3 kg de cromo) y 50,000 kg de efluentes de aguas residuales (que comprenden 5 kg de cromo). En total, una tonelada métrica de materia prima produce solo el 20% como producto de cuero terminado y más del 60% como desecho sólido y líquido, incluido el "cromo" de metales pesados altamente cancerígenos. (Debabrata, 2018).

Gracias a la implementación de sistemas de tratamiento dentro del proceso de curtiembre se ha logrado disminuir, considerablemente, la concentración de estos desechos peligrosos, mitigando de esa manera los daños ambientales y de salubridad presentes en las zonas cercanas a las plantas industriales.

1.3.1.1. Proceso de producción en curtiembres

El proceso global del curtido da inicio inmediatamente después de matar al animal, para evitar procesos de degradación en los tejidos. En primer lugar, la piel se sala, se seca o se refrigera antes de que comience el proceso de producción del curtido.

Las pieles se salan con sal de agua marina, que penetra muy rápidamente en las fibras, lo que ayuda a una eliminación parcial del agua. Este es un proceso muy eficiente y económico, fácil de aplicar y generalizado. El sistema de secado consiste en eliminar la mayor cantidad de agua posible de la piel, para evitar el desarrollo de microorganismos y bacterias. El sistema de secado

es más adecuado para pieles de oveja y cabra, mientras que menos adecuado para preservar las pieles de vaca (Bashar, 2012).

El proceso de fabricación del cuero consta de las siguientes fases:

1. Etapa preparatoria

Remojo: cuando el cuero llega a la curtiduría, puede empaparse para extraer las sales utilizadas para preservar el cuero. Esto se hace en tambores giratorios que pueden contener hasta 200 pieles.

Encalado: se eliminan el vello y la epidermis y se aplica una solución de cal (hidróxido de calcio) y sulfuro de sodio para suavizar y mejorar la piel para lograr la suavidad y flexibilidad necesarias para el cuero de tapicería.

División: la piel se divide en capas. La capa superior, o grano, producirá un cuero fino y liso. La parte inferior se usa para gamuza o cuero partido para otros usos.

2. Curtido

Este es el proceso que convierte la piel en cuero. El proceso de curtido ampliamente extendido a nivel mundial es el curtido mineral.

El curtido mineral se realiza normalmente con sales alcalinas de cromo-3. Penetra en la piel con bastante rapidez (24 - 48 horas). Esto da como resultado un azul pálido, que, después del procesamiento, produce un acabado fino, suave y moderno. (Mwinyihija, 2010)

4. Tratamientos finales

Durante esta etapa se da un afeitado final de las pieles para lograr un grosor uniforme. De igual manera se procede a realizar el teñido que permite añadir un determinado tinte de color al cuero.

Aparte, puede realizarse un recurtido que consiste en agregar sustancias adicionales para modificar las características físicas del cuero para adaptarse a su uso final.

Esta etapa finaliza en el secado realizando el estiramiento de las pieles y secándose, las mismas, en marcos grandes o, bien, al vacío.

5. Acabado

Los propósitos del acabado son:

- Minimizar la aparición de manchas de grano sin perder la belleza natural del producto de cuero.
- Lograr el grado requerido de brillo.
- Garantizar que el cuero sea suave, maleable y moldeable.
- Brindar una superficie más protectora.
- Proporcionar una superficie que se pueda limpiar fácilmente.

El proceso de acabado utiliza una combinación de técnicas de revestimiento de superficie, como relleno, rociado o revestimiento con rodillo. Luego están los procesos mecánicos, como el pulido, el replanteo y el estampado.

1.3.2. Ubicación geográfica

La curtiduría San Vicente, principal objeto de este estudio, se ubica en la zona sur de la parroquia Atahualpa, perteneciente al cantón Ambato, provincia de Tungurahua, aproximadamente a 12 kilómetros del centro de la ciudad en dirección noreste. Con las siguientes características:

Tabla 1-1: Características de la parroquia Atahualpa

Fecha de creación de la parroquia	22 de enero de 1940
Altitud	2620 msnm
Límites	Norte: Parroquia Unamuncho Sur: Parroquia La Península (Centro de Ambato) Este: Parroquia Izamba Oeste: Parroquia Augusto Martínez
Superficie	934,891 ha
Población	10261 habitantes
Temperatura Promedio	15 °C

Realizado por: Sánchez, Verónica, 2019

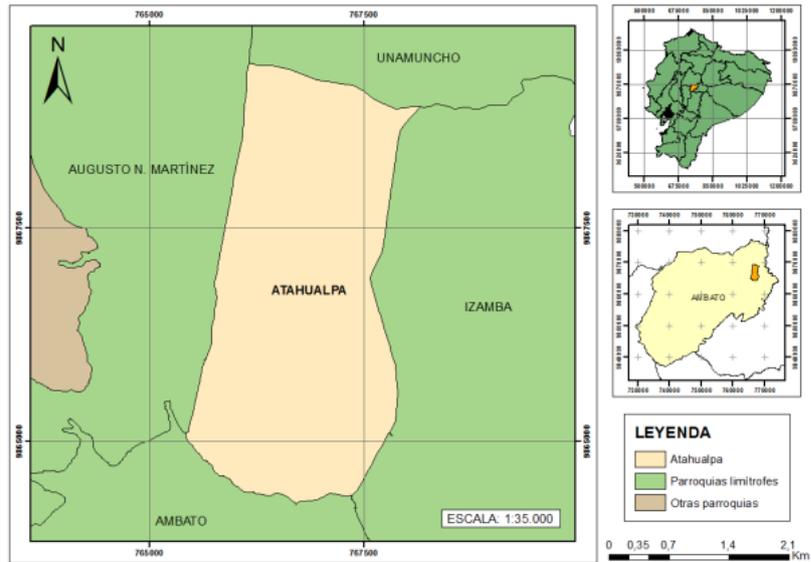


Figura 1-1: Límites de la parroquia Atahualpa

Fuente: GAD Ambato, 2015

La parroquia Atahualpa está conformada por 12 barrios: La Merced, El Progreso, Chisalata, La Florida, San Miguel, Las Palmas, San Vicente, Vista Hermosa, La Esperanza, El Rosal y La Dolorosa; y por 4 caseríos: Macasto, Corazón de Jesús, Santa Fe y El Pisque.

1.3.3. Componente Demográfico

Según el INEC en el año 2010, la población del cantón Ambato representa el 65,37% del total de la población de la provincia de Tungurahua. Así mismo en el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del GAD de Ambato en el año 2015 se establece que la parroquia Atahualpa, conjuntamente con las parroquias Izamba, Pilahuín, Quisapincha y Totoras aportan los incrementos más significativos de población al cantón, con un porcentaje superior al 20,68% que es el promedio cantonal de crecimiento.

Tabla 2-1: Densidad poblacional de las principales parroquias del cantón Ambato

Parroquias	Superficie (ha)	Población (hab)	Densidad (hab/ha)
Atahualpa	934,891	10261	10,98
Izamba	2948,384	14563	4,94
Pilahuín	42162,309	12128	0,29
Quisapincha	12150,973	13001	1,07

Fuente: GAD Ambato, 2015

Realizado por: Sánchez, Verónica, 2019

Como se puede observar en comparación con las demás parroquias de mayor crecimiento poblacional del cantón Ambato, Atahualpa presenta la mayor densidad poblacional del cantón con un valor de 10,98 habitantes por hectárea.

Al enfocarnos directamente en la población de la parroquia Atahualpa se debe mencionar que se agrupa de la siguiente manera, de los 10261 habitantes, 4998 son de género masculino lo que representa un 48,71% y 5263 habitantes, son de género femenino con un porcentaje de 51,29%. Claramente existe un mayor porcentaje de población femenina.

1.3.4. Componente socioeconómico

Según el INEC en el año 2010 la parroquia Atahualpa cuenta con 8270 habitantes clasificados dentro del grupo de población económicamente activa (PEA).

Las principales actividades económicas, a las que se dedica la población de la parroquia Atahualpa, son: pequeña industria, transporte, gastronomía, artesanía y agricultura. En esta parroquia se cultiva principalmente hortalizas, legumbres y alfalfa; de similar manera se realiza la crianza de cuyes, conejos, aves de corral, cerdos. Toda esta producción generalmente es comercializada en los mercados de Ambato. De esta manera se dinamiza la economía parroquial.

1.3.5. Componente Biofísico

1.3.5.1. Clima

La parroquia Atahualpa, al ubicarse en una zona de cordillera, tiene temperaturas que oscilan entre los 11 °C y 14 °C, siendo su media anual de 12,6 °C, registrando las temperaturas más bajas, del año, durante los meses de junio, julio y agosto.

Según los registros del INAMHI, en la parroquia se registra mayor cantidad de precipitaciones durante el primer semestre del año, con una precipitación media anual comprendida entre los 250 y 500mm.

1.3.5.2. Relieve

La parroquia Atahualpa al encontrarse en la región sierra, presenta una geomorfología accidentada con valores de pendientes que pueden llegar a valores de 50%. Dentro de su

estructura terrestre, la mayor parte de la misma corresponde a zonas de Valle, donde se asienta la mayor parte de la población de la parroquia.

1.3.5.3. Suelos

El 96% del área total de la parroquia se encuentra cubierto por suelos limosos jóvenes, con poca presencia de materia orgánica, de un estrato profundo y muy húmedo. Según la clasificación de suelos, en la parroquia Atahualpa se puede encontrar dos tipos de suelos, el tipo C y el tipo H. El de tipo C se caracteriza por ser un suelo poco profundo y erosionado, mientras que el tipo H es un suelo muy profundo, arenoso y seco.

Los suelos en los que no se encuentra asentamientos humanos, generalmente son usados para producción agrícola, siendo así que un porcentaje de suelo del 61% ha sido colonizado para edificación de viviendas y el 39% se lo utiliza para plantaciones de diferentes productos agrícolas. Es necesario mencionar que debido al gran crecimiento poblacional que está experimentando esta parroquia, el porcentaje de suelo usado para asentamientos humanos ha ido en aumento considerable y va ganando mucho terreno al suelo cultivable.

1.3.5.4. Hidrología

La principal arteria fluvial que circula cerca de la parroquia Atahualpa es el río Patate, el cual pertenece a la cuenca alta del río Pastaza. Se ha determinado que todos los ríos pertenecientes a la cuenca alta del Pastaza presentan una calidad deficiente y por ello su uso no es recomendable para ningún tipo de actividad.

La cuenca del río Patate presenta un área de 4280 km² y se encuentra formado por las subcuencas de los ríos Ambato, Pachanlica y Cutuchi.

Específicamente la parroquia Atahualpa cuenta con cuatro quebradas: Chivoguaico, Aprilguaico, Rumiguaico y Patulata.

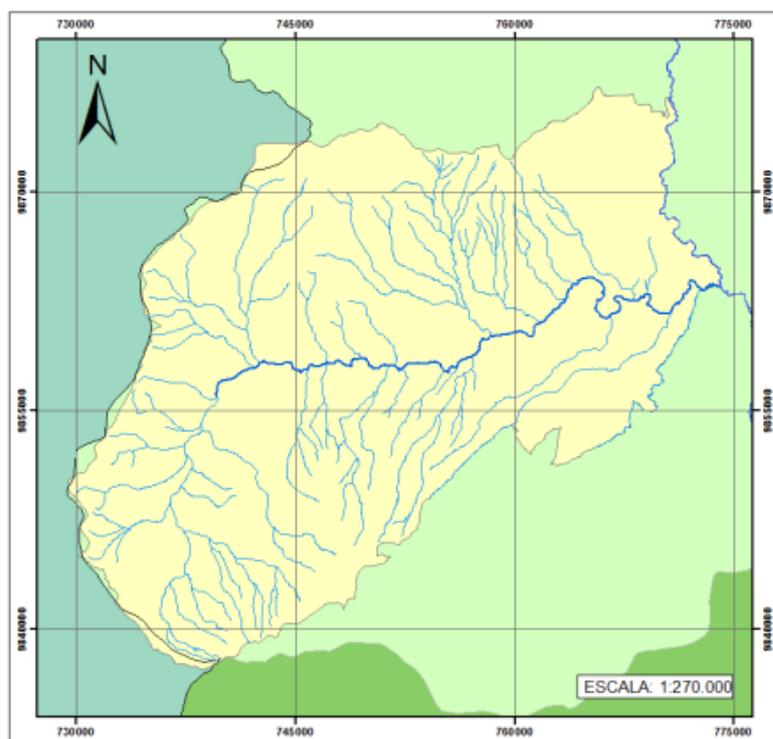


Figura 2-3: Hidrología del cantón Ambato
Fuente: GAD Ambato, 2015

1.3.6. Componente Biológico.

La parroquia Atahualpa está ubicada en un sector clasificado como bosque montañoso, pero se debe recalcar que a lo largo de los años la zona ha sido intervenida principalmente por actividades antrópicas como resultado de los asentamientos humanos que se han dado en la zona. No nos referimos únicamente a la edificación de viviendas, sino también al desarrollo de campos de cultivo, principalmente maíz.

En relación a la flora y fauna que habita la parroquia no se ha observado aspectos relevantes ya que la flora se compone únicamente de cultivos generados por actividades agrícolas de los habitantes del sector y la fauna, en sí, se trata de animales de criadero y domésticos como perros y gatos.

1.3.7. Estado actual de descargas de aguas residuales

El proyecto de rediseño del sistema de tratamiento para los vertidos contaminantes de la curtiduría San Vicente inicia con el diagnóstico del estado inicial del sistema de tratamiento con el que cuenta, es así que se ha logrado definir que en la actualidad la curtiduría San Vicente cuenta con un diseño de distribución de 2 plantas; la primera planta sirve para tratar el agua de descarga de los procesos: lavado y pelambre, la segunda planta sirve para tratar el agua de

descarga de los procesos: curtido y recurtido, se trata de unidades básicas y rudimentarias de tratamiento, únicamente compuestas por tanques de homogenización y almacenamiento.

La descarga de los líquidos provenientes de los procesos de : lavado, pelambre, curtido, recurtido y teñido presentan volúmenes máximos de agua en lavado de 5m³, pelambre 4m³, curtido 2m³, recurtido 4m³ y teñido 5m³, siendo evacuados desde los bombos de operación con diferentes caudales de operación: 2.47L/s en agua de lavado, 2.35 L/s en agua de pelambre, 2.1 L/s en agua de curtido, 2.07 L/s en agua de recurtido y de teñido de 2.04 L/s. (MOYA, 2016)

Las descargas de los efluentes contaminantes van directamente al sistema de alcantarillado público por lo que se desecha una gran cantidad de agua residual con dos conocidos químicos para el tratamiento de los cueros como principales contaminantes que son el sulfato de cromo (III) y el sulfuro de sodio, además, con una gran carga de sólidos suspendidos producto de las partículas que se desprenden de la piel animal y otros elementos en menor cantidad.

La parroquia Atahualpa al encontrarse en una zona de gran crecimiento poblacional cuenta con un eficiente sistema de alcantarillado para la mayoría de sus habitantes, esto convierte al sector en un gran foco de contaminación para el resto de la ciudad.

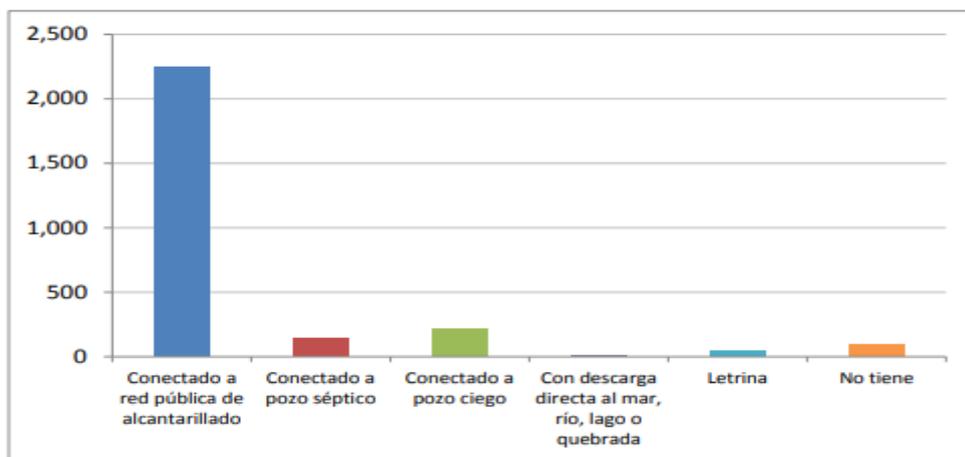


Gráfico 1-3: Acceso al sistema de alcantarillado en la parroquia Atahualpa
Realizado por: Sánchez, Verónica, 2019

1.4. Beneficiarios de la investigación

1.4.1. Beneficiarios Directos

- El principal beneficiario del rediseño de la planta de tratamiento del agua residual será el gerente propietario de la curtiduría “San Vicente”, evitando tener problemas con el

ministerio del ambiente y demás entes reguladores de la contaminación ambiental generada por su empresa.

- Los trabajadores de la curtiduría “San Vicente” se verán beneficiados con la implementación de la planta, ya que no estarán expuestos al agua residual que tiene alta carga contaminante y que puede generar daños en su salud, beneficiando así a mejorar el área de trabajo.

1.4.2. Beneficiarios Indirectos

- El gobierno autónomo descentralizado de la provincia de Tungurahua y la alcaldía de Ambato serán beneficiados de manera indirecta con la aplicación del trabajo investigativo, ya que esto aumentará la conciencia ambiental de los curtidores y permitirá establecer políticas en post del cuidado del ambiente.
- Los habitantes de la ciudad de Ambato, se beneficiarían de manera indirecta del proyecto, ya que el prevenir la contaminación del agua, el daño de la flora y fauna de la ciudad; permitirá que tengan accesos a servicios de agua potable de calidad, además de que reducirán la afectación que están teniendo por la contaminación generada en las curtiembres.
- Sectores de construcción y otros sectores afines a esta actividad económica, se verán beneficiados en el diseño de una planta de tratamientos de agua, ya que si se decide implementar se necesitará de mano de obra calificada que pueda realizar la construcción, así como también se generará trabajo para técnicos, para el monitoreo y manejo de la planta.

CAPÍTULO II

2. OBJETIVOS DEL TRABAJO EXPERIMENTAL

2.1. Objetivo General

- Rediseñar un sistema de tratamiento de aguas residuales para la curtiduría “San Vicente” ubicada en la ciudad de Ambato.

2.2. Objetivos Específicos

- Diagnosticar el estado inicial de la planta de tratamiento de agua residual generado en la curtiduría San Vicente.
- Realizar la caracterización de los efluentes generados en la curtiduría “San Vicente” de acuerdo a la norma de calidad ambiental vigente.
- Realizar las pruebas de tratabilidad del agua residual para las muestras que no cumplan con la norma de calidad ambiental vigente y de descarga de efluentes.
- Determinar los flujos, variables y tipos de tratamientos del agua residual para el rediseño de tratamiento del agua residual en la curtiduría “San Vicente”.
- Validar el rediseño del sistema de tratamiento a través de la caracterización del agua tratada de acuerdo a la norma de calidad ambiental vigente.

CAPÍTULO III

3. ESTUDIO TÉCNICO PRELIMINAR

3.1. Localización del proyecto

Se ha decidido efectuar este proyecto en dos etapas. La primera, consistirá en realizar los muestreos y monitoreo de las descargas de agua residual para de esta manera lograr obtener los datos preliminares como caudal de descarga, tipos de contaminantes y estado actual del sistema de tratamiento para iniciar el proceso de rediseño del sistema de tratamiento. Claramente esta primera etapa se realizará en las instalaciones de la curtiduría “San Vicente” ubicada en la parroquia Atahualpa perteneciente al cantón Ambato.

Tabla 1-3: Condiciones Meteorológicas del Cantón Ambato

Parámetros	Valores Promedios
Altitud, msnm.	2580
Temperatura, °C	15
Precipitación, mm/mes.	421
Humedad relativa, %.	61

Fuente: (Jaramillo, 2016).

Realizado por: Sánchez, Verónica, 2019

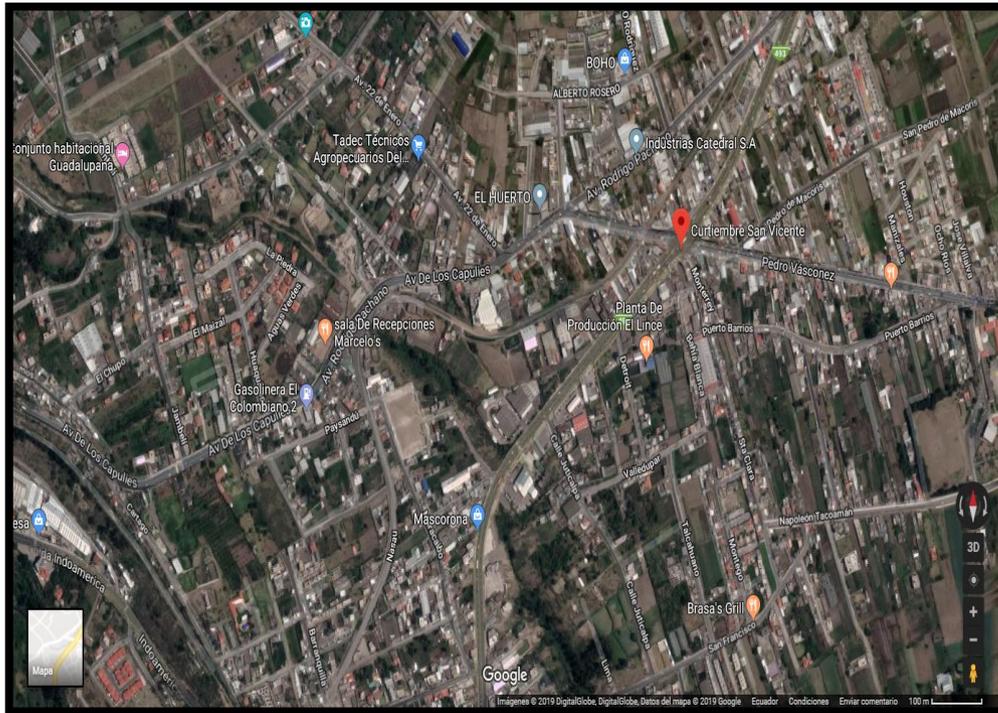


Figura 3-3: Georreferenciación de la curtiduría “San Vicente”

Fuente: (Google, 2018).

La segunda etapa del proyecto tiene varias finalidades, resaltando principalmente la de obtener valores concretos de los niveles de concentración de los contaminantes presentes en las muestras de agua residual recolectadas en la curtiduría “San Vicente” y mediante el análisis de estos datos determinar y realizar a escala de laboratorio el mejor proceso de tratamiento para depurar los vertidos contaminantes generados. Todo esto se realizará en el laboratorio de calidad de agua de la facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, ubicada en el cantón Riobamba.

Tabla 2-3: Condiciones Meteorológicas del Cantón Riobamba

Parámetros	Valores Promedios
Altitud, msnm.	2750
Temperatura, °C	13.5
Precipitación, mm/mes.	820
Humedad relativa, %.	75

Fuente: (ESPOCH, 2017).

Realizado por: Sánchez, Verónica, 2019



Figura 4-3: Georreferenciación del laboratorio de calidad de aguas de la facultad de Ciencias de la ESPOCH.

Fuente: (Google, 2018).

3.2. Ingeniería del proyecto

3.2.1. Tipo de Estudio

El presente proyecto se enfoca en brindar una solución eficiente al tratamiento de los vertidos contaminantes generados en los procesos de ribera, curtido y teñido realizados en la curtiduría San Vicente, esto mediante la recolección y análisis de datos para realizar una propuesta de tratamiento que se ajuste al presupuesto y necesidades de la empresa.

Por todo lo definido se establece que el proyecto de rediseño del sistema de tratamiento de aguas residuales en la curtiduría San Vicente se fundamente en un tipo de estudio de carácter técnico, mismo que hace uso de una metodología experimental e investigativa para determinar el mejor proceso de tratamiento utilizando los recursos con los que ya se cuenta en esta empresa.

3.2.2. Métodos

El protocolo a seguir para el desarrollo del proyecto hace uso de tres métodos claramente definidos, estos son: deductivo, inductivo y experimental.

3.2.2.1. Deductivo

Esta metodología inicia con una teoría social general que resulta convincente y luego prueban sus implicaciones con los datos. Es decir, se mueven de un nivel más general a uno más

específico. Esto quiere decir que la persona que investiga, primero estudia lo que otros han hecho, lee las teorías existentes sobre cualquier fenómeno que esté estudiando y luego prueba las hipótesis que surgen de esas teorías (Lodico, Spaulding, & Voegtler, 2010).

3.2.2.2. Inductivo

En un enfoque inductivo, el investigador comienza recolectando datos que son relevantes para su tema de interés. Una vez que se ha recopilado una cantidad considerable de datos, el investigador tomará un respiro de la recopilación de datos y retrocederá para obtener una vista panorámica de sus datos. En esta etapa, el investigador busca patrones en los datos, trabajando para desarrollar una teoría que pueda explicar esos patrones. Por lo tanto, cuando los investigadores adoptan un enfoque inductivo, comienzan con un conjunto de observaciones y luego pasan de esas experiencias particulares a un conjunto más general de proposiciones sobre esas experiencias. En otras palabras, se mueven de los datos a la teoría, o de lo específico a lo general (Lodico, Spaulding, & Voegtler, 2010).

3.2.2.3. Experimental

En sentido estricto, la investigación experimental es lo que llamamos un verdadero experimento. Generalmente en este método el investigador manipula una variable y controla el resto de las mismas o las va evaluando. Tiene un grupo de control, los sujetos han sido asignados aleatoriamente entre los grupos y el investigador solo prueba un efecto a la vez.

3.2.3. Determinación del caudal de diseño

Para realizar la determinación del caudal se hará uso del método volumétrico, por tratarse de un método simplificado especialmente para caudales pequeños. Este método consiste en la recolección de una cantidad de volumen definida haciendo uso de un recipiente graduado, paralelamente a este proceso, mediante la ayuda de un cronometro, se determina el tiempo que tarda en llenarse dicho recipiente para así determinar el volumen en relación al tiempo (Hardy, Hilton, & McNight, 1999).

Específicamente en la curtiduría San Vicente se realizó mediciones de caudal en los meses mayo, junio y julio, durante varios días y, enfocándonos, en los diferentes procesos de estudio. En este caso, se realizó el aforo en las descargas del proceso de Pelambre y Curtido. El punto de medición se ubicó a la salida de los bombos, usados en los procesos mencionados, mediante la

ayuda de un recipiente de 10 L y un cronómetro. De esta manera se logró obtener los siguientes datos.

Tabla 3-3: Caudal de descarga del agua de pelambre

Fecha	Horario	Volumen (L)	Tiempo	Caudal
			(s)	(L/s)
13/05/2019	8:00	10	4,02	2,49
15/05/2019	8:00	10	4,44	2,25
17/05/2019	8:00	10	4,56	2,19
07/06/2019	8:00	10	5,02	1,99
10/06/2019	8:00	10	4,09	2,44
12/06/2019	8:00	10	3,98	2,51
24/06/2019	8:00	10	3,72	2,69
26/06/2019	8:00	10	4,98	2,01
28/06/2019	8:00	10	5,16	1,94
16/07/2019	8:00	10	4,56	2,19
19/07/2019	8:00	10	4,78	2,09
23/07/2019	8:00	10	4,12	2,43
PROMEDIO TOTAL (L/s)				2,27

Realizado por: Sánchez, Verónica, 2019

Tabla 4-3: Caudal de descarga del agua de Curtido

Fecha	Horario	Volumen (L)	Tiempo	Caudal
			(s)	(L/s)
07/05/2019	8:00	10	5,21	1,92
09/05/2019	8:00	10	5,16	1,94
10/05/2019	8:00	10	5,02	1,99
20/05/2019	8:00	10	4,99	2,00
21/05/2019	8:00	10	5,18	1,93
22/05/2019	8:00	10	5,14	1,95
14/06/2019	8:00	10	5,23	1,91
17/06/2019	8:00	10	5,28	1,89
19/06/2019	8:00	10	5,32	1,88
01/07/2019	8:00	10	5,24	1,91
02/07/2019	8:00	10	5,33	1,88
03/07/2019	8:00	10	5,25	1,90
PROMEDIO TOTAL (L/s)				1,93

Realizado por: Sánchez, Verónica, 2019

3.2.4. Toma y monitoreo de muestras

La toma y monitoreo de las muestras se realizará in-situ, en la curtiduría “San Vicente”, esto se hará de acuerdo a lo que detalla la norma NTE INEN 2169:2013 y NTE INEN 2 176:2013 (anexo A y B), en la siguiente tabla se detalla los materiales y equipos necesarios para la recolección y toma de muestras, además de que este muestreo se realizará durante 2 meses, acudiendo mensualmente a la planta para verificar la representatividad de la muestra.

Tabla 5-3: Requerimiento de equipos y materiales para el monitoreo y toma de muestras de acuerdo a la norma técnica NTE INEN 2169 y NTE INEN 2176

Materiales	Equipos
<ul style="list-style-type: none">• Envases de polietileno• Tapa de envases• Fundas Plásticas	<ul style="list-style-type: none">• Equipo de protección personal
Procedimiento	
Tomar las muestras en el centro del canal o colector de preferencia en lugares donde el flujo sea turbulento a fin de asegurar un buen mezclado. Si se va a evaluar contenido de grasas y aceites se deben tomar porciones, a diferentes profundidades, cuando no haya mucha turbulencia para asegurar una mayor representatividad. El recipiente muestreador se debe enjuagar repetidas veces con el agua por muestrear antes de efectuar el muestreo. Si la muestra se transfiere de recipiente, se debe cuidar que ésta siga siendo representativa. Cierre de los recipientes de muestreo	

Fuente: INEN, NTE INEN 2 176: 2013

Realizado por: Sánchez, Verónica, 2019

Para asegurar que la muestra sea representativa y emule las condiciones normales de efluentes de la curtiduría “San Vicente” se realizara un muestreo compuesto, en donde se tomara diferentes muestras directamente de los bombos y se llenara los recipientes, esto se hará los días que se realice las operaciones de curtido y de pelambre en la planta, tomando la muestra directo del punto de descarga (bombo).

El total de muestras que se realizarán serán de 16; tomando en cuenta que los efluentes de la etapa de curtido se obtendrán cada 15 días, siguiendo el cronograma de producción de la curtiduría “San Vicente”, una vez obtenido las muestras, se deberán sellar y etiquetar de acuerdo al día, sitio y temperatura de toma de la muestra y serán almacenadas hasta realizar la caracterización de las mismas, evitando su almacenamiento en lugares húmedos o con expuestas a excesiva radiación solar que puede generar reacciones químicas de los contaminantes.

Para la determinación del tamaño de muestra mínimo requerido se sigue las instrucciones que se detallan en la siguiente tabla, tomando en consideración la cantidad de análisis requeridos para

el diseño y el procedimiento de toma de muestras detallados en la tabla anterior, con esto se asegura la máxima representatividad de los datos y una emulación a las condiciones generadas en la curtiduría “San Vicente”

Tabla 6-3: Recomendaciones para el muestreo y preservación de muestras de acuerdo a las mediciones

Determinación	Recipiente	Volumen mínimo de muestra, (ml)	Tipo de muestra	Preservación	Almacenamiento máximo recomendado
Aceites y grasas	V	1000	s , c	Añadir HCL hasta pH < 2, Refrigerar	28 d
Color	P, V	500	s, c	Refrigerar	48 h
DBO ₅	P, V	1000	S	Refrigerar	48 h
DQO	P, V	100	s, c	Analizar lo más pronto posible, o agregar H ₂ SO ₄ hasta pH<2; refrigerar	28 d
Cromo VI	P (A), V(A)	300	S	Refrigerar	24 h
pH	P, V	50	s	Análisis inmediato	—
Sólidos en suspensión	P, V	200	s, c	Refrigerar	2-7 d, ver protocolo
Sulfuro	P, V	100	s, c	Refrigerar; agregar 4 gotas de acetato de zinc 2N/100 mL; agregar NaOH hasta pH>9	7 d
Turbidez	P, V	100	s, c	Analizar el mismo día; para más de 24 h guardar en oscuridad, refrigerar	48 h

Fuente: (ITD, 2010)

Realizado por: Verónica Sánchez, 2019

Siendo las abreviaturas s y c, el tipo del sistema de muestreo simple o compuesto respectivamente; las letras p y v representan el material del recipiente ya sea plástico o vidrio, y también se muestra el máximo de tiempo que se puede almacenar las muestras sin un análisis para no alterar los resultados de la tabla se deberá seleccionar los contaminantes que se caracterizaran para determinar el caudal máximo, sabiendo que no se puede tener una muestra mayor a 2 litros en un mismo recipiente.

3.2.5. Caracterización del agua residual

El agua residual proveniente de procesos de curtiembre contiene gran concentración de contaminantes altamente peligrosos ya que la totalidad de los químicos utilizados para curtir no son aprovechados al cien por ciento y un remante de ellos se descarga conjuntamente con el agua de proceso, siendo así desechados al sistema de alcantarillado o cuerpos hídricos cercanos a las plantas de producción, por ello ha sido necesario la caracterización inicial del vertido generado en el proceso para determinar exactamente los valores de concentración de contaminantes a tratar.

Una vez definidos los principales lineamientos y protocolos a seguir en lo referente a la toma de muestras se procedió a realizar el traslado de las mismas hacia el laboratorio de análisis de calidad del agua de la ESPOCH y se ejecutó los ensayos necesarios para determinar la carga contaminante presente en las descargas generadas en la curtiduría San Vicente.

Las principales pruebas que se realizaron se muestran a continuación, tomando en referencia la norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua anexo I del libro 6 tabla 8 criterio de calidad de agua residual descargada al alcantarillado público de la reforma del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (TULSMA).

- Concentración de iones Cr^{6+} , revisar anexo C
- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5), revisar anexo D.
- Demanda Química de Oxígeno (DQO), revisar anexo E.
- Potencial de hidrogeno (pH), revisar anexo F.
- Concentración de iones sulfuro, revisar anexo G.
- Sólidos Sedimentables, revisar anexo H.

Los resultados de la caracterización inicial se muestran a continuación:

Tabla 7-3: Caracterización inicial del agua de Pelambre

PARAMETRO	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	RESULTADO
Color	Platino, Cobalto 465 mm	-	6 620,00
Conductividad	mS / cm	-	24,65
DBO ₅	mg / L	250,00	12 500,00
DQO	mg / L	500,00	20 200,00
Potencial de Hidrógeno	pH	6 – 9	13,60
Sólidos Sedimentables	mL / L	20,00	18,70
Sólidos Suspendidos Totales	mg / L	220,00	2 400,00
Sólidos Totales	mg / L	1 600,00	4 400,00
Sulfuros	mg / L	1,00	1 620,00
Temperatura	°C	< 40	21,1
Turbiedad	NTU	-	6 410,00

Realizado por: Sánchez, Verónica, 2019

Tabla 8-3: Caracterización inicial del agua de la etapa de Curtido

PARAMETRO	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	RESULTADO
Color	Platino, Cobalto 465 mm	-	4 565,00
Conductividad	mS / cm	-	52,10
Cromo Hexavalente	mg / L	0,50	2,10
Cromo Trivalente	mg / L	-	107,03
Cromo Total	mg / L	-	109,13
DBO ₅	mg / L	250,00	6 240,00
DQO	mg / L	500,00	12 750,00
Potencial de Hidrógeno	pH	6 – 9	5,00
Sólidos Sedimentables	mL / L	20,00	14,00
Sólidos Suspendidos Totales	mg / L	220,00	1 000,00
Sólidos Totales	mg / L	1 600,00	2 220,00
Temperatura	°C	< 40	23,1
Turbiedad	NTU	-	3 610,00

Realizado por: Sánchez, Verónica, 2019

De acuerdo a los resultados obtenidos se puede evidenciar claramente que, tanto el agua de pelambre como curtido, cuentan con altos niveles de concentración de contaminantes que exceden, en alto rango, los valores máximos permitidos por la legislación ambiental vigente.

Entre los resultados más alarmantes para las aguas de los dos procesos se encuentra los valores obtenidos para la DBO₅, DQO y SST. El agua de pelambre cuenta con un amplio rango de concentración de Sulfuros y en el agua de curtido, existe una concentración de Cromo Hexavalente que excede el límite permisible.

3.2.6. Pruebas de tratabilidad

Las pruebas de tratabilidad sirven para simular el proceso de tratamiento del agua a escala de laboratorio, además de proveer las condiciones de operación para el tratamiento químico, simulando con esto su comportamiento de acuerdo al agua contaminada específica para la investigación y también nos ayuda a seleccionar que reactivo y en que concentración trabajara mejor de acuerdo al sistema del agua residual. (Satterfield, 2010).

3.2.6.1. Índice de Biodegradabilidad

Con la finalidad de determinar el mejor tipo de tratamiento que se debe realizar al agua residual de la curtiembre San Vicente, como primer paso se realiza el cálculo del índice de biodegradabilidad. Se trata de un valor que resulta de la relación entre concentraciones de DBO₅ y DQO presente en el agua residual que será sometida a tratamiento.

Dependiendo del valor que se obtenga al realizar este cálculo, el tratamiento a aplicar puede ser de tipo Físico-Químico, Biológico o un sistema combinado de ambos. En la siguiente tabla se indican los valores y los tratamientos óptimos a ser aplicados.

Tabla 9-3: Índice de Biodegradabilidad

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

Realizado por: Sánchez, Verónica, 2019

Gracias a los respectivos análisis de laboratorio, se ha podido determinar los siguientes valores de concentración de los parámetros DBO₅ y DQO tanto para el agua de Pelambre como para el agua de Curtido.

Tabla 10-3: Concentración de DBO₅ y DQO en el agua de pelambre

Parámetro	Unidad	Resultado	Límite máximo permisible
DBO ₅	mg / L	12 500	250
DQO	mg / L	20 200	500

Fuente: Laboratorio de Calidad de agua ESPOCH, 2019

Realizado por: Sánchez, Verónica, 2019

Tabla 11-3: Concentración de DBO₅ y DQO en el agua de curtido

Parámetro	Unidad	Resultado	Límite máximo permisible
DBO ₅	mg / L	6 240	250
DQO	mg / L	12 750	500

Fuente: Laboratorio de Calidad de agua ESPOCH, 2019

Realizado por: Sánchez, Verónica, 2019

3.2.6.2. *Cálculo del índice de biodegradabilidad del agua de Pelambre*

$$\text{Índ. de Biodegradabilidad} = \frac{DBO5}{DQO}$$

$$\text{Índ. de Biodegradabilidad} = \frac{12\ 500}{20\ 200}$$

$$\text{Índ. de Biodegradabilidad} = 0,62$$

3.2.6.3. *Cálculo del índice de biodegradabilidad del agua de Curtido*

$$\text{Índ. de Biodegradabilidad} = \frac{DBO5}{DQO}$$

$$\text{Índ. de Biodegradabilidad} = \frac{6\ 240}{12\ 750}$$

$$\text{Índ. de Biodegradabilidad} = 0,49$$

Mediante este análisis podemos obtener una idea clara del tipo de tratamiento que emplearemos para realizar la disminución de contaminantes del agua residual.

Tabla 12-3: Índice de Biodegradabilidad para el agua de pelambre y curtido

Tipo de agua	Índice de biodegradabilidad	Biodegradabilidad	Tratamiento adecuado
Pelambre	0,62	Muy Biodegradable	Tratamiento biológico
Curtido	0,49	Muy Biodegradable	Tratamiento Biológico

Realizado por: Verónica Sánchez, 2019

Según los resultados obtenidos se determina que el tratamiento adecuado para este tipo de efluentes, es un tratamiento de tipo biológico, pero posterior a un análisis en relación de costo/beneficio se decidió, conjuntamente, con el dueño de la empresa, trabajar con un tratamiento de tipo físico-químico, con el que lograríamos buenos resultados y no incurriríamos en complicadas actividades operativas.

3.2.6.4. Ensayos de laboratorio

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

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

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

La otra forma en que se ensayó el proceso fue sin la adición de un sistema de aireación para determinar la variación de resultados obtenidos, si dicha variación no representa cambios significativos se podría prescindir de adicionar un sistema de aireación al diseño de la planta, esto con la finalidad de buscar la reducción de costos del rediseño del sistema de tratamiento.

Los resultados obtenidos durante las pruebas fueron los siguientes:

Tabla 13-3: Determinación de dosificación de $MnSO_4$ sin aireación

$MnSO_4$ (g / L)	CONCENTRACIÓN DE SULFURO (mg / L)						
	TIEMPO (Hora)						
	INICIO	1	2	3	4	5	6
0,5	1352	984	834	802	374	328	348
1,0	1352	1114	544	460	298	414	318
1,5	1352	512	380	430	320	394	324
2,0	1352	614	660	510	510	540	318

Realizado por: Verónica Sánchez, 2019

Tabla 14-3: Determinación de dosificación de $MnSO_4$ con aireación

$MnSO_4$ (g / L)	CONCENTRACIÓN DE SULFURO (mg / L)						
	TIEMPO (Hora)						
	INICIO	1	2	3	4	5	6
0,5	1580	842	571	618	318	167	158
1	1580	907	732	514	201	165	93
1,5	1580	540	584	409	265	112	107
2,0	1580	710	345	122	155	78	44

Realizado por: Verónica Sánchez, 2019

Como se puede observar, se obtiene mejores resultados en el proceso de adición de MnSO_4 con un sistema de aireación, esto se debe a que el objetivo del MnSO_4 es realizar una oxidación avanzada de los sulfuros presentes en el agua residual y mediante la inyección de una mayor cantidad de oxígeno, aportado en el proceso de aireación, el producto químico realiza su función de manera muy eficiente incluso a concentraciones bajas. Lo que en relación al análisis de costo/beneficio nos proporciona mayor rendimiento que sin la adición del proceso de aireación.

3.2.6.5. *Test de jarras*

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

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

- Llenar las jarras.
- Ajustar el pH de todas las jarras al óptimo del encontrado en la figura anterior mientras lo mezcla usando H_2SO_4 o NaOH .
- Añada diferentes dosis del coagulante seleccionado
- Mezclar rápido cada jarra a la velocidad de 100 a 150 rpm por 1 minuto. La mezcla rápida nos ayuda a dispersar el coagulante a través de cada contenedor.
- Reduzca la velocidad de mezclado de 25 a 30 rpm y continúe mezclando de 15 a 20 minutos.
- Apague el mezclador y permita que el floculo repose de 30 a 45 minutos.
- Mida la turbulencia final de cada jarra.

- *Elección de coagulante y floculante*

Para iniciar esta etapa se procedió a recolectar muestras de agua residual que recibieron el tratamiento previo con $MnSO_4$ y en primer lugar realizar pruebas a similares concentraciones con diferentes coagulantes y floculantes, para determinar cuál de ellos tienen el mejor rendimiento en las aguas residuales de la curtiduría San Vicente. Cabe resaltar que todas las muestras en las que se realizó las pruebas contenían un volumen de 1000 mL y las concentraciones de coagulante y floculante con las que se trabajó fue de 30 ppm y 4 ppm respectivamente.

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

Tabla 15-3: Determinación de floculante para tratamiento de aguas residuales de pelambre

FLOCULANTE	TURBIEDAD(NTU)
Aniónico	92
Catiónico	630
No iónico	405

Realizado por: Sánchez, Verónica, 2019

Tabla 16-3: Determinación de floculante para tratamiento de aguas residuales de curtido

FLOCULANTE	TURBIEDAD(NTU)
Aniónico	50
Catiónico	305
No iónico	130

Realizado por: Sánchez, Verónica, 2019

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

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

Tabla 17-3: Determinación de coagulante para tratamiento de aguas residuales de pelambre

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

Realizado por: Sánchez, Verónica, 2019

Tabla 18-3: Determinación de coagulante para tratamiento de aguas residuales de curtido

COAGULANTE	TURBIEDAD (NTU)
Cloruro Férrico	172
PAC (Policloruro de Aluminio)	34
Sulfato de Aluminio	48

Realizado por: Sánchez, Verónica, 2019

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

- *Determinación de dosificación óptima de floculante aniónico.*

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

En primer lugar, se adicionó una concentración de 40 ppm de coagulante a cada una de las muestras de 1000 mL de agua residual y se fue variando la dosificación de floculante. Para la preparación de floculante se trabajó con una concentración de 2000 ppm. Los resultados obtenidos se observan en la siguiente tabla.

Tabla 19-3: Determinación de dosis óptima de floculante para el tratamiento de las aguas residuales de pelambre

DOSIS DE FLOCULANTE (mL)	TURBIEDAD (NTU)
1	98
2	46
3	24
4	16
5	11
6	11

Realizado por: Sánchez, Verónica, 2019

Tabla 20-3: Determinación de dosis óptima de floculante para el tratamiento de las aguas residuales de curtido

DOSIS DE FLOCULANTE (mL)	TURBIEDAD (NTU)
1	26
2	16
3	9
4	8,5
5	8
6	7

Realizado por: Sánchez, Verónica, 2019

En los resultados podemos observar que la dosificación óptima para las aguas residuales de pelambre y curtido va a ser de 6 mL de floculante aniónico.

- *Determinación de dosificación óptima de Coagulante.*

Habiendo determinado la dosis óptima de floculante se procede a realizar la determinación óptima de coagulante a usarse en el tratamiento de las aguas de pelambre y curtido, para ello se trabajó con una dosificación constante de floculante a una concentración de 8 ppm y se fue variando los flujos de dosificación del coagulante, preparado a una concentración de 20000 ppm. Así se logró obtener los siguientes resultados.

Tabla 21-3: Determinación de dosificación óptima de coagulante para el agua de pelambre

DOSIS DE COAGULANTE (mL)	TURBIEDAD (NTU)
1	1,8
2	1,4
3	2
4	3,3
5	3,6

Realizado por: Sánchez, Verónica, 2019

Tabla 22-3: Determinación de dosificación óptima de coagulante para el agua de curtido

DOSIS DE COAGULANTE (mL)	TURBIEDAD (NTU)
1	9,6
2	8,1
3	6,4
4	5,4
5	6,9

Realizado por: Sánchez, Verónica, 2019

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

3.2.6.6. Rendimiento del tratamiento

Para establecer la factibilidad de la implementación del sistema de tratamiento propuesto en este trabajo, en lo que respecta al rendimiento, se determinó los porcentajes de remoción de contaminantes que se logró obtener en el proceso planteado, estos resultados se observan a continuación.

- Porcentajes de Remoción en el agua de Pelambre

Tabla 23-3: Resultados de remoción de DBO₅ y DQO en el agua de Pelambre

Parámetro	Unidad	Límite máximo permisible	Resultados antes del tratamiento	Resultado después del tratamiento	Porcentaje de Remoción
DBO ₅	mg/L	250,00	12 500,00	310,00	98%
DQO	mg/L	500,00	20 200,00	610,00	97%

Realizado por: Sánchez, Verónica, 2019

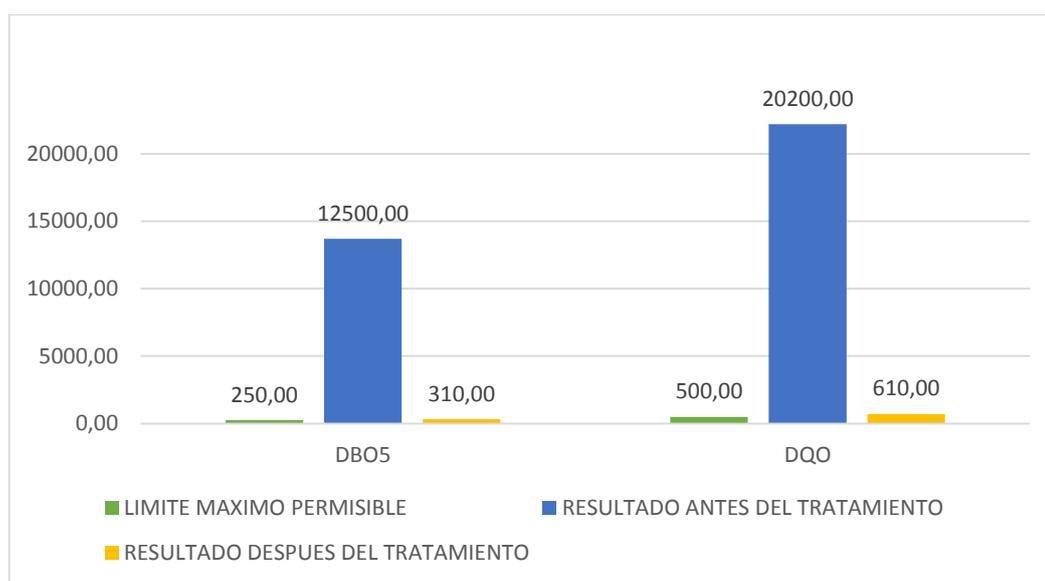


Gráfico 2-3: Remoción de DBO₅ y DQO en el agua de Pelambre

Realizado por: Sánchez, Verónica, 2019

Tabla 24-3: Resultados de remoción de SST y Sólidos Totales en el agua de Pelambre

Parámetro	Unidad	Límite máximo permisible	Resultado antes del tratamiento	Resultado después del tratamiento	Porcentaje de Remoción
SST	mg / L	220,00	2 400,00	170,00	93%
Sólidos Totales	mg / L	1600,00	4 200,00	360,00	91%

Realizado por: Sánchez, Verónica, 2019

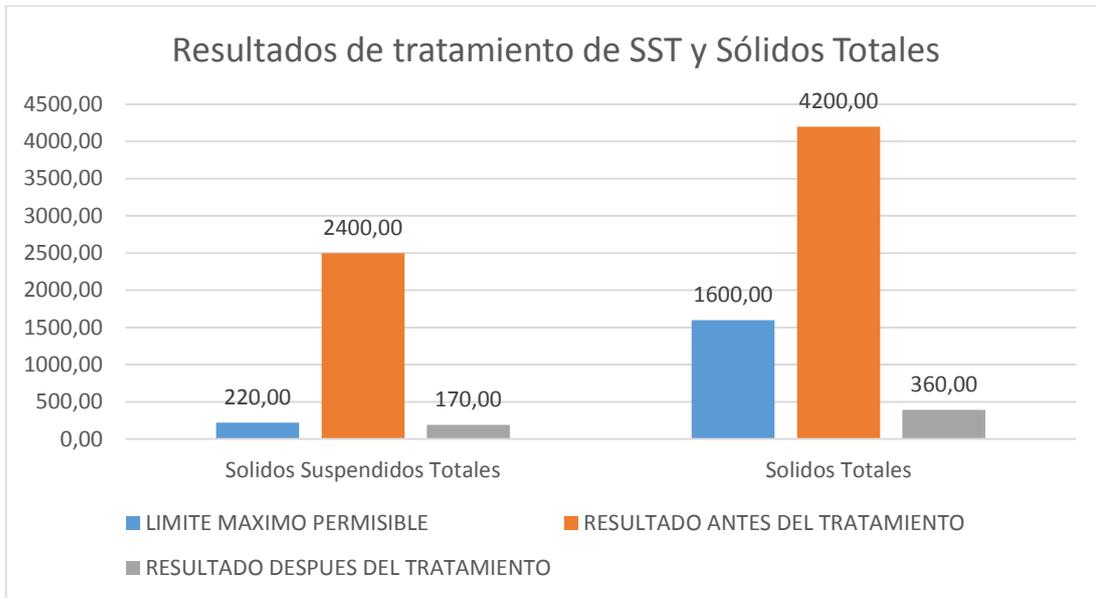


Gráfico 3-3: Remoción de SST y Sólidos Totales en el agua de Pelambre
Realizado por: Sánchez, Verónica, 2019

Tabla 25-3: Resultados de remoción de Sulfuros en el agua de Pelambre

Parámetro	Unidad	Límite máximo permisible	Resultado antes del tratamiento	Resultado después del tratamiento	Porcentaje de Remoción
Sulfuros	mg / L	1	1 620	44	97%

Realizado por: Sánchez, Verónica, 2019

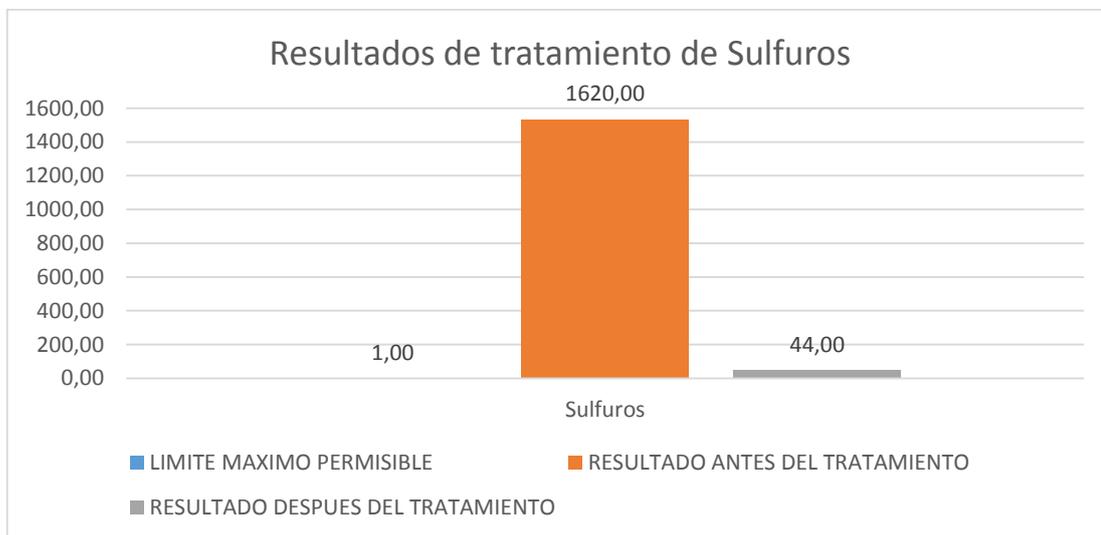


Gráfico 4-3: Remoción de Sulfuros en el agua de Pelambre
Realizado por: Sánchez, Verónica, 2019

- Porcentajes de Remoción en el agua de Curtido

Tabla 26-3: Resultados de remoción de Cromo en el agua de Curtido

Parámetro	Unidad	Límite máximo permisible	Resultado antes del tratamiento	Resultado después del tratamiento	Porcentaje de Remoción
Cromo Hexavalente	mg / L	0,50	2,10	0,15	93%
Cromo Trivalente	mg / L	-	107,03	14,30	87%
Cromo Total	mg / L	-	109,13	14,45	87%

Realizado por: Sánchez, Verónica, 2019

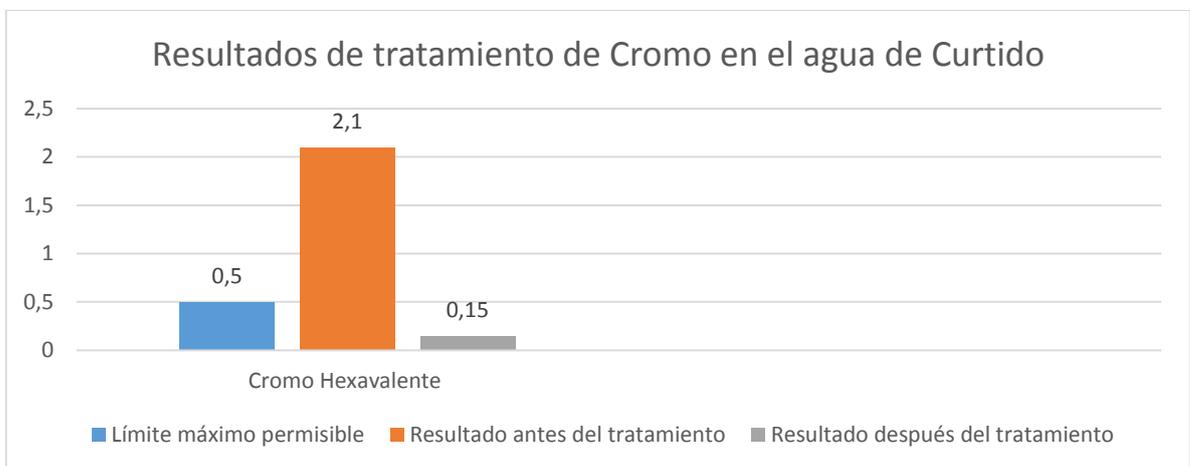


Gráfico 5-3: Remoción de Cromo en el agua de Curtido

Realizado por: Sánchez, Verónica, 2019

Tabla 27-3: Resultados de remoción de DBO₅ y DQO en el agua de Curtido

Parámetro	Unidad	Límite máximo permisible	Resultado antes del tratamiento	Resultado después del tratamiento	Porcentaje de Remoción
DBO ₅	mg / L	250,00	6 240,00	245,00	96%
DQO	mg / L	500,00	12 750,00	340,00	97%

Realizado por: Sánchez, Verónica, 2019

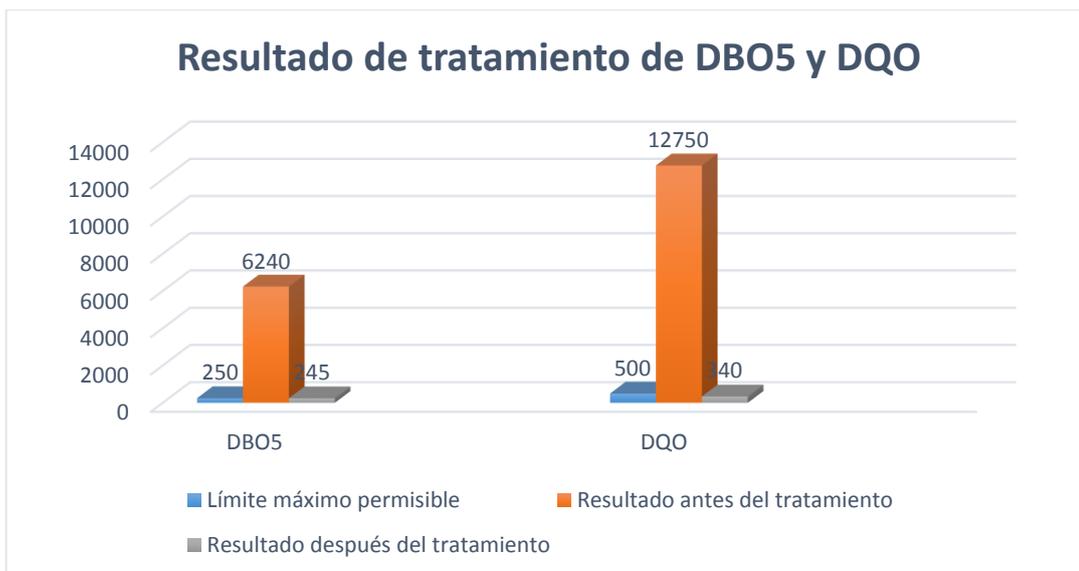


Gráfico 6-3: Remoción de DBO₅ y DQO en el agua de Curtido
 Realizado por: Sánchez, Verónica, 2019

Tabla 28-3: Resultados de remoción de SST y Sólidos Totales en el agua de Curtido

Parámetro	Unidad	Límite máximo permisible	Resultado antes del tratamiento	Resultado después del tratamiento	Porcentaje de Remoción
SST	mg/L	220,00	1 000,00	5,00	99%
Sólidos Totales	mg/L	1 600,00	2 220,00	115,00	95%

Realizado por: Verónica Sánchez, 2019

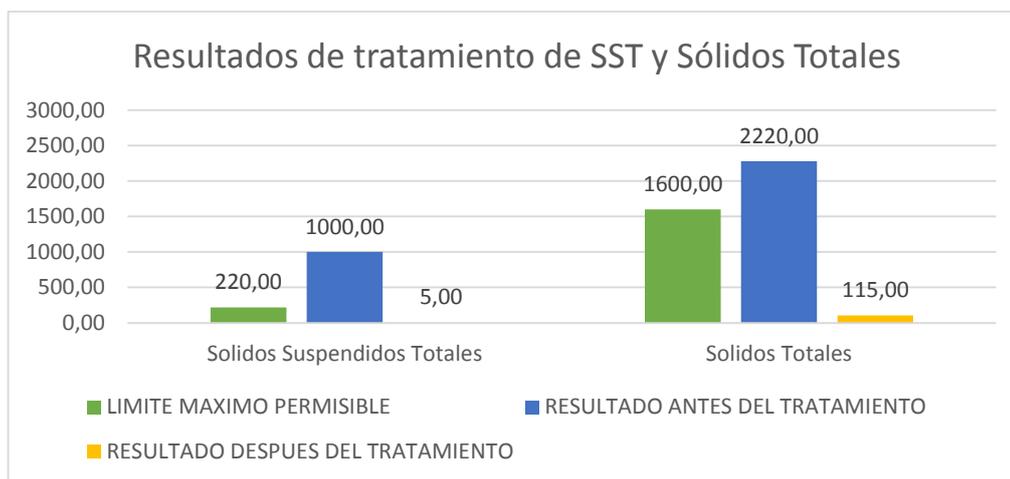


Gráfico 7-3: Remoción de SST y Sólidos Totales en el agua de Curtido
 Realizado por: Sánchez, Verónica, 2019

3.2.7. Rediseño del sistema de tratamiento

3.2.7.1. Caudal de diseño para el agua de Pelambre

- *Caudal experimental*

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

Ecuación 1

Dónde:

Q: Caudal; $\frac{L}{s}$

V: Volumen; m^3

t: Tiempo; s

$$Q = \frac{10L}{4,4s}$$
$$Q = 2,27 \frac{L}{s}$$

- *Caudal de corrección*

$$QC = Q * F$$

Ecuación 2

Dónde:

QC: Caudal de corrección mayorado; L/s

Q: Caudal experimental; $2,27 L/s$

F: Factor de mayorización, 0,3

$$QC = 2,27 L/s * 0,3$$
$$QC = 0,681 L/s$$

- *Caudal de diseño*

$$Q_D = Q + QC$$

Ecuación 3

Dónde:

Q_D: Caudal de diseño; L/s

Q: Caudal experimental; $2,27 L/s$

QC: Caudal de corrección; 0,681 L/s

$$Q_D = 2,27 \text{ L/s} + 0,681 \text{ L/s}$$

$$Q_D = 2,951 \text{ L/s}$$

$$Q_D = 0,00295 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_D = 254,88 \text{ m}^3/\text{día}$$

3.2.7.2. Caudal de diseño para el agua de Curtido

- **Caudal experimental**

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

Ecuación 4

Dónde:

Q: Caudal; $\frac{L}{s}$

V: Volumen; m^3

t: Tiempo; s

$$Q = \frac{10L}{5,19s}$$

$$Q = 1,93 \frac{L}{s}$$

- **Caudal de corrección**

$$QC = Q * F$$

Ecuación 5

Dónde:

QC: Caudal de corrección mayorado; L/s

Q: Caudal experimental; 1,93 L/s

F: Factor de mayorización, 0,3

$$QC = 1,93 \text{ L/s} * 0,3$$

$$QC = 0,579 \text{ L/s}$$

- **Caudal de diseño**

$$Q_D = Q + QC$$

Ecuación 6

Dónde:

Q_D : Caudal de diseño; L/s

Q : Caudal experimental; 1,93 L/s

QC : Caudal de corrección; 0,579 L/s

$$Q_D = 1,93 \text{ L/s} + 0,579 \text{ L/s}$$

$$Q_D = 2,509 \text{ L/s}$$

$$Q_D = 0,002509 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_D = 216,77 \text{ m}^3/\text{día}$$

3.2.7.3. Canal de Entrada

El actual sistema de tratamiento de la curtiembre San Vicente cuenta con un canal con valores de ancho 0,4 m y altura 0,5 m. Se hará uso del mismo ya que mediante un seguimiento realizado en la planta, con el actual caudal de descarga de aguas residuales, no existe ningún inconveniente relacionado al rebose del agua del sistema.

- **Radio Hidráulico**

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

Ecuación 7

Dónde:

RH : Radio hidráulico; m

B : Ancho del canal; 0,4 m

H : Altura de agua en el canal; 0,5 m

$$RH = \frac{(0,4 * 0,5) m^2}{0,4 m + 2(0,5 m)}$$

$$RH = 0,142 m$$

- *Velocidad de flujo en el canal, v:*

Hacemos uso de la ecuación de Manning para lo cual necesitamos conocer el coeficiente de rugosidad.

Tabla 29-3: Coeficiente de Manning para cálculo de canales

Canales revestidos	n	1/n
Ladrillos, paredes bien construidas	0,013	76,92
Tablas, con crecimiento de algas/musgos	0,015	66,67
Tablas bastante derechas y sin vegetación	0,013	76,92
Tablas bien cepilladas y firmemente fijadas	0,011	90,91
Membrana de plástico sumergida	0,027	37,04
Ladrillos de mortero de cemento	0,020	50,00
Hormigón, piezas prefabricadas, sin terminar, paredes rugosas	0,015	66,67
Hormigón, acabado con paleta, paredes lisas	0,013	76,92
Ladrillos, paredes rugosas	0,015	66,67

Fuente: Metcalf y Eddy, 1995

Realizado por: Sánchez, Verónica, 2019

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

Ecuación 8

Dónde:

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

RH: = Radio hidráulico; 0,142 m

S: Pendiente canal existente en la curtiembre San Vicente; 0,0005 m/m

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

-3)

$$v = \frac{1}{0,015} (0,142 m)^{2/3} (0,0005)^{1/2}$$

$$v = 0,405 m/s$$

3.2.7.4. Tanque de aireación para el agua de pelambre

Actualmente el sistema de tratamiento de la curtiembre San Vicente cuenta con un tanque de almacenamiento para el agua de pelambre, el mismo que será utilizado para la implementación del sistema de aireación, este tanque cuenta con las siguientes medidas:

Tabla 30-3: Datos para el rediseño del tanque de aireación

Variable	Valor	Unidad
Longitud	2.18	m
Ancho	1.46	m
Profundidad	0.94	m

Realizado por: Sánchez, Verónica, 2019

- **Volumen del tanque**

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

Ecuación 9

Dónde:

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

b_{TA} : Ancho del tanque; 1.46 m

h_{TA} : Altura del tanque; 0.94 m

L_{TA} : Longitud del tanque; 2.18 m

$$V_{TA1} = (1.46 \text{ m} * 0.94 \text{ m} * 2.18 \text{ m})$$

$$V_{TA1} = 2.99 \text{ m}^3$$

- **Caudal de aire en función de DBO₅**

Se considera la concentración de DBO₅ más alta de todas las mediciones.

$$Q_{aire} = ? \frac{mgDBO5}{L} * \frac{1Kg DBO5}{1 * 10^6 mg DBO5} * \frac{1000L}{1m^3} * \frac{Q_d m^3}{día} * \frac{154m^3 aire}{1kg DBO5} * \frac{1día}{24horas} * \frac{1hora}{60min}$$

Ecuación 10

Dónde:

Q_{aire} : Caudal de aire necesario para degradar el DBO₅; m³/min

mg DBO5/L: Concentración de DBO₅ presente en el agua residual; mg/L

Q_D: Caudal de diseño; 254,88 m³/día

$$Q_{aire} = 13700 \frac{mgDBO5}{L} * \frac{1Kg\ DBO5}{10^6 mgDBO5} * \frac{1000L}{1m^3} * \frac{254,88m^3}{día} * \frac{154m^3\ aire}{1kg\ DBO5} * \frac{1día}{24horas} * \frac{1hora}{60min}$$

$$Q_{aire} = 373,43\ m^3/min$$

- **Presión hidrostática**

$$P_{H2O} = \rho * g * h_{TA}$$

Ecuación 11

Dónde:

P_{H2O}: Presión del agua; psi

ρ: Densidad del agua; 999,1 kg/m³

g: Gravedad; 9,8 m/s²

h_{TA}: Altura del tanque; 0,94 m

$$P_{H2O} = 991,1\ kg/m^3 * 9,8\ m/s^2 * 0,94\ m$$

$$P_{H2O} = 9130,01\ Pa$$

$$P_{H2O} = 1,32\ psi$$

- **Presión absoluta**

$$P_{abs} = P_{atm} + P_{H2O}$$

Ecuación 12

Dónde:

P_{abs}: Presión absoluta; psi

P_{atm}: Presión atmosférica; 14,7 psi

P_{H2O}: Presión del agua; 1,32 psi

$$P_{abs} = 14,7\ psi + 1,32\ psi$$

$$P_{abs} = 16,02\ psi$$

- *Variación térmica en el aire de compresión*

$$\Delta T_{comp} = \frac{T_{amb}}{\eta} \left[\left(\frac{P_{abs}}{P_{atm}} \right)^{0,283} - 1 \right]$$

Ecuación 13

Dónde:

ΔT_{comp} : Variación térmica; °C

T_{amb} : Temperatura ambiente; 20°C

η : Eficiencia asumida de compresión; 85%

P_{abs} : Presión absoluta; 16,02 psi

P_{atm} : Presión atmosférica; 14,7 psi

$$\Delta T_{comp} = \frac{20 \text{ } ^\circ\text{C}}{0,85} \left[\left(\frac{16,02 \text{ psi}}{14,7 \text{ psi}} \right)^{0,283} - 1 \right]$$

$$\Delta T_{comp} = 9,11 \text{ } ^\circ\text{C}$$

- *Temperatura de salida del aire*

$$T_{aire} = T_{amb} + \Delta T_{comp}$$

Ecuación 14

Dónde:

T_{aire} : Temperatura de salida del aire; °C

ΔT_{comp} : Variación térmica; 9,11 °C

T_{amb} : Temperatura ambiente; 20°C

$$T_{aire} = 20 \text{ } ^\circ\text{C} + 9,11 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_{aire} = 29,11 \text{ } ^\circ\text{C}$$

- *Potencia del Compresor*

$$P_{comp} = \frac{0,22 Q_{aire}}{\eta} \left[\left(\frac{P_{abs}}{P_{atm}} \right)^{0,283} - 1 \right]$$

Ecuación 15

Dónde:

P_{comp} : Potencia del compresor; Hp

Q_{aire} : Caudal de aire; 13187,55 ft³/min

η : Eficiencia asumida de compresión; 85%

P_{abs} : Presión absoluta; 16,12 psi

P_{atm} : Presión atmosférica; 14,7 psi

$$P_c = \frac{0,22 * 13187,55 \text{ ft}^3/\text{min}}{0,85} \left[\left(\frac{16,12}{14,7} \right)^{0,283} - 1 \right]$$

$$P_c = 90,24 \text{ ft}^3 * \text{psi}/\text{min}$$

$$P_c = 0,39 \text{ Hp}$$

- **Cálculo del diámetro de los orificios del difusor**

$$D_o = \frac{d_b^3 \times g \times (\rho_{H2O} - \rho_a)}{6 \times \sigma}$$

Ecuación 16

Dónde:

D_o : Diámetro del orificio (m)

d_b : Diámetro de burbuja (m)

ρ_{H2O} : Densidad del agua a 20°C (kg/m³)

ρ_a : Densidad del aire (kg/m³)

σ : Tensión superficial (N/m)

g : Gravedad (m/s²)

$$d_o = \frac{(0,005 \text{ m})^3 \times \left(9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right) \times \left(1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} - 1,28 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)}{6 \times 0,08 \frac{\text{N}}{\text{m}}}$$

$$d_o = 0,003 \text{ m}$$

- **Número de orificios del difusor**

$$N = \frac{0,7 \times D_t}{d_o}$$

Ecuación 17

Dónde:

N: Número de orificios del difusor

D_i : Diámetro de la tubería neumática (mm)

d_o : Diámetro del orificio (mm)

$$N = \frac{0,7 \times 85}{3}$$

$$N = 20 \text{ orificios}$$

3.2.7.5. Tanque de homogenización para el agua de curtido

La curtiduría San Vicente cuenta con un tanque de almacenamiento de aguas de curtido, el mismo que será utilizado como tanque de homogenización. Las medidas de este tanque son las siguientes:

Tabla 31-3: Datos para el rediseño del tanque de homogenización

Variable	Valor	Unidad
Longitud	2.18	m
Ancho	1.43	m
Profundidad	0.94	m

Realizado por: Sánchez, Verónica, 2019

- **Volumen del tanque**

$$V_{TA} = b_{TA} * h_{TA} * L_{TA}$$

Ecuación 18

Dónde:

V_{TA} : Volumen del tanque de aireación; m^3

b_{TA} : Ancho del tanque; 1,43 m

h_{TA} : Altura del tanque; 0,94 m

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

$$V_{TA1} = (1,43 \text{ m} * 0,94 \text{ m} * 2,18 \text{ m})$$

$$V_{TA1} = 2,93 \text{ m}^3$$

3.2.7.6. Tanque de floculación

Se utilizará un solo tanque de floculación tanto para el agua de pelambre como para la de curtido, esto gracias a los periodos de distanciamiento entre cada uno de los procesos.

Para disminuir costos del rediseño se hará uso de una paleta de agitación existente en el actual sistema, la misma que presenta las siguientes medidas:

Tabla 32-3: Datos de la paleta de agitación para el rediseño del tanque de floculación

Variable	Valor	Unidad
Longitud de paleta	1,60	m
Número de aspas	4	unidad
Longitud de aspas	0.30	m

Realizado por: Sánchez, Verónica, 2019

En base a las variables del sistema de agitación se realizará la adquisición de un tanque de floculación con una capacidad aproximada de 1.5 m³, específicamente con las medidas que se presentan en la siguiente figura.

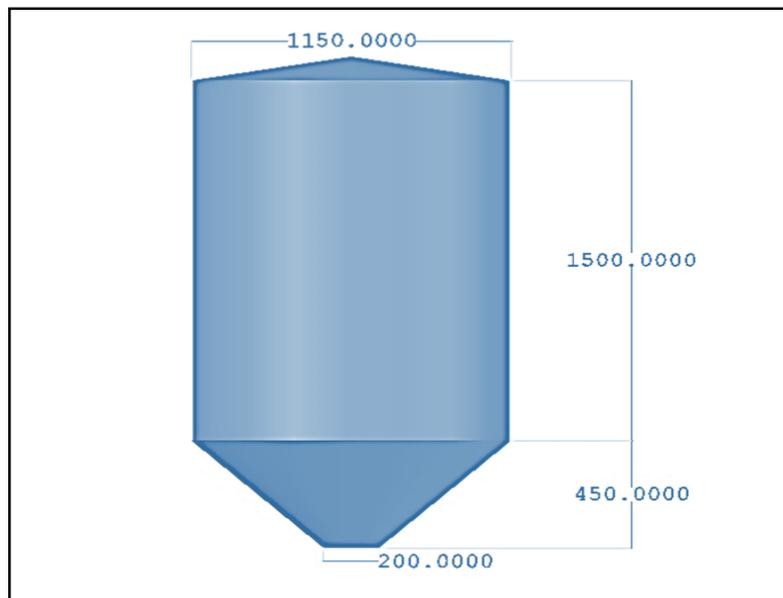


Figura 5-3: Medidas de floculador en mm

Realizado por: Sánchez, Verónica, 2019

Tabla 33-3: Parámetros para el diseño del tanque de floculación

Parámetro	Unidad	Valor
Volumen del Tanque	m ³	1,5
Diámetro del Tanque	m	1,15
Altura del Tanque	m	1,5

Realizado por: Sánchez, Verónica, 2019

Para la implementación del sistema de agitación se realizará los siguientes cálculos en base a las distintas aguas de proceso, pero como se mencionó anteriormente se utilizará un solo tanque.

Tabla 34-3: Cargas de superficie para diversas suspensiones químicas

Suspensión	Intervalo	Carga de superficie (m ³ /m ² d)
		Caudal punta
Floculo de cal	30 – 60	60
Floculo y hierro	25 – 50	50
Floculo de alúmina	25 – 50	50
Agua residual cruda	25 – 50	50

Fuente: (Eddy, 1995)

Realizado por: Sánchez, Verónica, 2019

- *Tiempo de retención*

$$T_r = \frac{V}{Q_D}$$

Ecuación 19

Dónde:

Tr: Tiempo de retención; h

V: Volumen del tanque floculador; 1,5 m³

Q_D: Caudal de diseño.

- *Agua de pelambre*

$$T_r = \frac{1,5 \text{ m}^3}{10,62 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}$$

$$T_r = 0,14 \text{ h}$$

$$T_r = 8,4 \text{ min}$$

- *Agua de curtido*

$$T_r = \frac{1,5 \text{ m}^3}{9,03 \text{ m}^3/\text{h}}$$

$$T_r = 0,16 \text{ h}$$

$$T_r = 9,6 \text{ min}$$

- *Potencia disipada*

Tabla 35-3: Propiedades del agua a diferentes temperaturas

PROPIEDADES FÍSICAS DEL AGUA			
TEMPERATURA (°C)	DENSIDAD (Kg/m ³)	VISCOSIDAD DINÁMICA (N.s/m ²)	VISCOSIDAD CINEMÁTICA (m ² /s)
0	999,8	1,781*10 ⁻³	1,785*10 ⁻⁶
5	1000,0	1,518*10 ⁻³	1,519*10 ⁻⁶
10	999,7	1,307*10 ⁻³	1,306*10 ⁻⁶
15	999,1	1,139*10 ⁻³	1,139*10 ⁻⁶
20	998,2	1,102*10 ⁻³	1,003*10 ⁻⁶
25	997,0	0,890*10 ⁻³	0,893*10 ⁻⁶
30	995,7	0,708*10 ⁻³	0,800*10 ⁻⁶

Fuente: (Eddy, 1995)

Realizado por: Sánchez, Verónica, 2019

Tabla 36-3: Criterios de diseño de floculadores mecánicos

Tiempo de retención (min)	Gradiente medio de velocidad (s ⁻¹)	Velocidad (m/s)
20-80	15-75	0,3-0,75

Fuente: RAS 2000

Realizado por: Sánchez, Verónica, 2019

Tabla 37-3: Valores de CD

CANTIDAD	CD
1	1,16
5	1,20
20	1,50
∞	1,95

Fuente: ROUSE., 2003

Realizado por: Sánchez, Verónica, 2019

$$P = G^2 * \mu * V$$

Ecuación 20

Dónde:

P: Potencia disipada; Watt

G2: Gradiente medio de velocidad; 75s⁻¹. (¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.-3)

μ: Viscosidad dinámica; 1,139*10⁻³ N.s/m² (¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.-3)

V: Volumen del floculador; 1,5 m³

$$P = (75s^{-1})^2 * 0,001139 \frac{Kg}{m^3} * 1,5 m^3$$

$$P = 9,6 \text{ Watt}$$

3.2.7.7. Lechos Filtrantes

Con la finalidad de obtener la máxima eficiencia en remoción de sólidos, luego del tratamiento químico, se decidió, como último paso, diseñar dos lechos filtrantes, uno de ellos servirá para el agua de pelambre mientras que el otro se ocupará del agua de curtido. El sistema actual no cuenta con un sistema de filtrado por lo cual será una nueva implementación como parte del rediseño.

Tabla 38-3: Parámetros de diseño del filtro

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
Altura de drenaje	m	0,4-0,7
Altura de agua sobre el lecho	m	1-1,5
Altura de la capa de agua sobrenadante	m	1-1,15
Profundidad del medio	m	2-12

Fuente: ROMERO, 2002

Realizado por: Verónica Sánchez, 2019

Tabla 39-3: Espesor de medios filtrantes

MEDIO	Ø GRANO (mm)	ESPESOR (cm)
Macadam	30	20
Capa de grava	2,4	20
Capa de arena	0,45-0,65	20

Realizado por: Sánchez, Verónica, 2019

Tabla 40-3: Criterios de diseño para el sistema de drenaje

PARÁMETRO	VALOR
Separación de los laterales (m)	1 - 2
Diámetro de los orificios laterales (mm)	2 - 4
Espaciamiento de los orificios de laterales (cm)	10 - 30
Velocidad en el orificio (m/s)	0,3

Fuente: ROMERO, 2002

Realizado por: Sánchez, Verónica, 2019

Tabla 41-3: Criterios de diseño para tuberías

PARÁMETRO	VALOR (m/s)
Velocidad de diseño (efluente)	0,9 - 1,8
Velocidad de diseño (afluente)	0,3 - 12

Fuente: ROMERO, 2002

Realizado por: Sánchez, Verónica, 2019

Número de filtros

$$N_f = 0.044\sqrt{Q_D}$$

Ecuación 21

Donde

N_f : Número de filtros

Q_D : Caudal de diseño; m³/h

- *Agua de Pelambre*

$$N_f = 0.044 \sqrt{254,88 \frac{m^3}{día}}$$
$$N_f = 1$$

- *Agua de Curtido*

$$N_f = 0.044 \sqrt{216,77 \frac{m^3}{día}}$$
$$N_f = 1$$

• *Área del filtro*

$$Af = \frac{Q_d}{N_f * v_F}$$

Ecuación 22

Dónde:

Af : Área del filtro; m²

Q_D : Caudal; m³ /h

N_f : Número de filtros

v_F : Velocidad de filtración; m/h. CÉSAR MARRON, sugiere una velocidad de filtración 1-1,5 m/h

- *Agua de Pelambre*

$$Af = \frac{10,62 \frac{m^3}{h}}{1 * 1,2 \frac{m}{h}}$$
$$Af = 8,85 m^2$$

- *Agua de Curtido*

$$Af = \frac{9,03 \frac{m^3}{h}}{1 * 1,2 \frac{m}{h}}$$
$$Af = 7.52 m^2$$

• *Coefficiente de costo mínimo*

$$K = (2 * nf)/(nf + 1)$$

Ecuación 23

Dónde:

K: Coeficiente de costo mínimo; adimensional

nf: Número de filtros; adimensional

$$K = (2 * 1)/(1 + 1)$$

$$K = 1$$

• *Longitud del filtro*

$$L = (Af * K)^{1/2}$$

Ecuación 24

Donde:

Af: Área del filtro; m²

K: Coeficiente de mínimo costo; adimensional

- *Agua de Pelambre*

$$L = (8,85 m^2 * 1)^{1/2}$$

$$L = 2,97 m$$

- *Agua de Curtido*

$$L = (7,52 \text{ m}^2 * 1)^{1/2}$$

$$L = 2,74 \text{ m}$$

- *Ancho del filtro lento*

$$B = \left(\frac{Af}{K}\right)^{1/2}$$

Ecuación 25

Donde:

B: Ancho del filtro lento; m

Af: Área superficial real; m²

K: Coeficiente de mínimo costo; adimensional

- *Agua de Pelambre*

$$B = \left(\frac{8,85}{1}\right)^{1/2}$$

$$B = 2,97 \text{ m}$$

- *Agua de Curtido*

$$B = \left(\frac{7,52}{1}\right)^{1/2}$$

$$B = 2,74 \text{ m}$$

- *Altura del lecho filtrante*

$$H_{LF} = e_a + e_g + e_m$$

Ecuación 26

Donde:

H_{LF}: Altura del lecho filtrante; m

e_a: Espesor de la capa de arena; m.

e_g: Espesor de la capa de grava; m.

e_m: Espesor de la capa de macadam; m

$$H_{LF} = 0,20 \text{ cm} + 0,20 \text{ cm} + 0,20 \text{ cm}$$

$$H_{LF} = 0,60 \text{ cm}$$

- *Altura del filtro*

$$Z_f = f_s(C_a + H_{LF} + F_C)$$

Ecuación 27

Donde:

Z_f : Altura del filtro (m)

f_s : Factor de seguridad

C_a : Altura de la capa de agua (m). Tomado de la Tabla 20-3

H_{LF} : Altura del lecho filtrante; m.

F_C : Altura de drenaje (m). Tomado de la Tabla 20-3

$$Z_f = 1,10(1 \text{ m} + 0,6 \text{ m} + 0,5 \text{ m})$$

$$Z_f = 2,31 \text{ m}$$

- *Determinación del sistema de drenaje*

- *Cálculo del área de cada orificio*

$$A_o = \frac{\pi * D_o^2}{4}$$

Ecuación 28

Donde:

A_o : Área de cada orificio; m²

D_o : Diámetro del orificio; m. Tabla

$$A_o = \frac{\pi * (0,004 \text{ m})^2}{4}$$

$$A_o = 0,0000126 \text{ m}^2$$

- *Caudal que ingresa a cada orificio*

$$Q_o = A_o * V_o$$

Ecuación 29

Donde:

Q_o : Caudal que ingresa a cada orificio; m³/s

A_o : Área de cada orificio; m²

V_o : Velocidad en el orificio; m/s. Tabla

$$Q_o = 0,0000126m^2 * 0,3 \frac{m}{s}$$

$$Q_o = 0,00000377 \frac{m^3}{s}$$

- *Número de laterales*

$$Lat = n * \frac{L_f}{eL}$$

Ecuación 30

Donde:

Lat: Número de laterales; adimensional

n: Número de laterales por lado. Valor asumido

L_f: Longitud del filtro; m

eL: Separación entre laterales; m. Tomado de la tabla 22-3

- *Agua de Pelambre*

$$Lat = 3 * \frac{2,97 m}{2 m}$$

$$Lat = 4,5$$

$$Lat \approx 5$$

- *Agua de Pelambre*

$$Lat = 3 * \frac{2,74 m}{2 m}$$

$$Lat = 4,11$$

$$Lat \approx 4$$

3.3. Resultados

3.3.1. Resultados del rediseño del sistema de tratamiento

Una vez realizado el análisis del actual sistema de tratamiento con el que cuenta la curtiduría San Vicente y definido las nuevas implementaciones, se realizó el respectivo cálculo de diseño, de esta manera se logró obtener los siguientes resultados.

- *Caudal de diseño*

Tabla 42-3: Resultado del cálculo de caudal del agua de Pelambre

Parámetro	Unidad	Valor
Caudal experimental	L / s	2,27
Caudal de corrección	L / s	0,681
Caudal de diseño	L / s	2,951

Realizado por: Sánchez, Verónica, 2019

Tabla 43-3: Resultado del cálculo de caudal del agua de Curtido

Parámetro	Unidad	Valor
Caudal experimental	L / s	1,93
Caudal de corrección	L / s	0,579
Caudal de diseño	L / s	2,509

Realizado por: Sánchez, Verónica, 2019

- *Canal de Entrada*

Tabla 44-3: Resultados del diseño del Canal

Parámetro	Unidad	Valor
Ancho del canal	M	0,4
Pendiente	m / m	0,0005
Radio Hidráulico	M	0,142
Velocidad de Flujo	m/s	0,405
Área de la Sección Transversal	m ²	0,0072
Altura total del canal	M	0,5

Realizado por: Sánchez, Verónica, 2019

- *Tanque de aireación para el agua de Pelambre*

Tabla 45-3: Resultados del diseño del Tanque de Aireación

Parámetro	Unidad	Valor
Volumen del tanque	m ³	2,99
Longitud	M	2,18
Ancho	M	1,46
Profundidad	M	0,94
Caudal de aire	m ³ /min	373,43
Potencia del Compresor	Hp	0,39
Diámetro de orificios del difusor	Mm	3
Número de orificios del difusor	unidad	20

Realizado por: Sánchez, Verónica, 2019

- *Tanque de homogenización para el agua de curtido*

Tabla 46-3: Resultados del diseño del Tanque de Sedimentación

Parámetro	Unidad	Valor
Longitud	M	2,18
Ancho	M	1,46
Profundidad	M	0,94
Volumen	m ³	2,93

Realizado por: Sánchez, Verónica, 2019

- *Tanque de Floculación*

Tabla 47-3: Resultados del diseño del Tanque de Floculación

Parámetro	Unidad	Valor
Volumen del Tanque	m ³	1,5
Diámetro del Tanque	M	1,15
Altura del Tanque	M	1,5
Altura del cono	M	0,45
Diámetro del cono	M	0,2
Longitud de paleta	M	1,60
Número de aspas	Unidad	4
Longitud de aspas	M	0,30

Realizado por: Sánchez, Verónica, 2019

- *Lecho filtrante del agua de Pelambre*

Tabla 48-3: Resultado del lecho filtrante para el agua de pelambre

Parámetro	Unidad	Valor
Número de filtros	Unidad	1
Longitud del filtro	M	2,97
Ancho del filtro	M	2,97
Espesor capa de Macadam	M	0,20
Espesor de capa de grava	M	0,20
Espesor de capa de arena	M	0,20
Altura total del filtro	M	2,31

Realizado por: Sánchez, Verónica, 2019

- *Lecho filtrante del agua de Curtido*

Tabla 49-3: Resultado del lecho filtrante para el agua de Curtido

Parámetro	Unidad	Valor
Número de filtros	Unidad	1
Longitud del filtro	M	2,74
Ancho del filtro	M	2,74
Espesor capa de Macadam	M	0,20
Espesor de capa de grava	M	0,20
Espesor de capa de arena	M	0,20
Altura total del filtro	M	2,31

Realizado por: Sánchez, Verónica, 2019

3.3.2. Resultados de la caracterización del agua residual después del tratamiento

Luego de realizar las diferentes pruebas de tratamiento del sistema y una vez obtenidos los resultados de laboratorio para determinar el tratamiento óptimo, se procedió a realizar una corrida de simulación del sistema, logrando así obtener los siguientes resultados de tratamiento para el agua residual generada en la curtiembre San Vicente.

Tabla 50-3: Caracterización final del agua residual de Pelambre

PARAMETRO	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	RESULTADO MUESTRA
Color	Platino, Cobalto 465 mm	-	55,00
Conductividad	mS/cm	-	8,45
Demanda Biológica de Oxígeno	mg/L	250,00	310,00
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	500,00	610,00
Potencial de Hidrogeno	pH	6 - 9	9,10
Solidos Sedimentables	mL/L	20,00	0,00
Solidos Suspendidos Totales	mg/L	220,00	170,00
Solidos Totales	mg/L	1600,00	360,00
Sulfuros	mg/L	1,00	44,00
Temperatura	°C	< 40	21,40
Turbiedad	NTU	-	10,00

Fuente: Laboratorio de Calidad de Agua ESPOCH, 2019

Realizado por: Sánchez Verónica, 2019

Tabla 51-3: Caracterización final del agua residual de Curtido

PARAMETRO	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	RESULTADO DESPUES DEL TRATAMIENTO
Color	Platino, Cobalto 465 mm	-	50,00
Conductividad	mS/cm	-	7,10
Cromo Hexavalente	mg/L	0,50	0,15
Cromo Trivalente	mg/L	-	14,30
Cromo Total	mg/L	-	14,45
Demanda Biológica de Oxígeno	mg/L	250,00	245,00
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	500,00	340,00
Potencial de Hidrogeno	pH	6 - 9	8,20
Sólidos Sedimentables	mL/L	20,00	0,00
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	220,00	5,00
Sólidos Totales	mg/L	1600,00	115,00
Temperatura	°C	< 40	22,8
Turbiedad	NTU	-	1,81

Fuente: Laboratorio de Calidad de Agua ESPOCH, 2019

Realizado por: Sánchez, Verónica, 2019

3.4. Proceso de Producción

3.4.1. Tratamientos preliminares

Estas operaciones principalmente son de tipo físico y se realizan para disminuir la carga de sólidos disueltos y suspendidos, también para contenido de grasa, aceites y alta carga orgánica, evitando así que sea difícil la manipulación del agua residual en las posteriores operaciones para su mitigación ambiental, estos incluyen aireadores para sobre flujo, cribas, removedor de grasas, removedor de arenas y trampas de olor. (King, Handbook of Hydraulics, 2015)

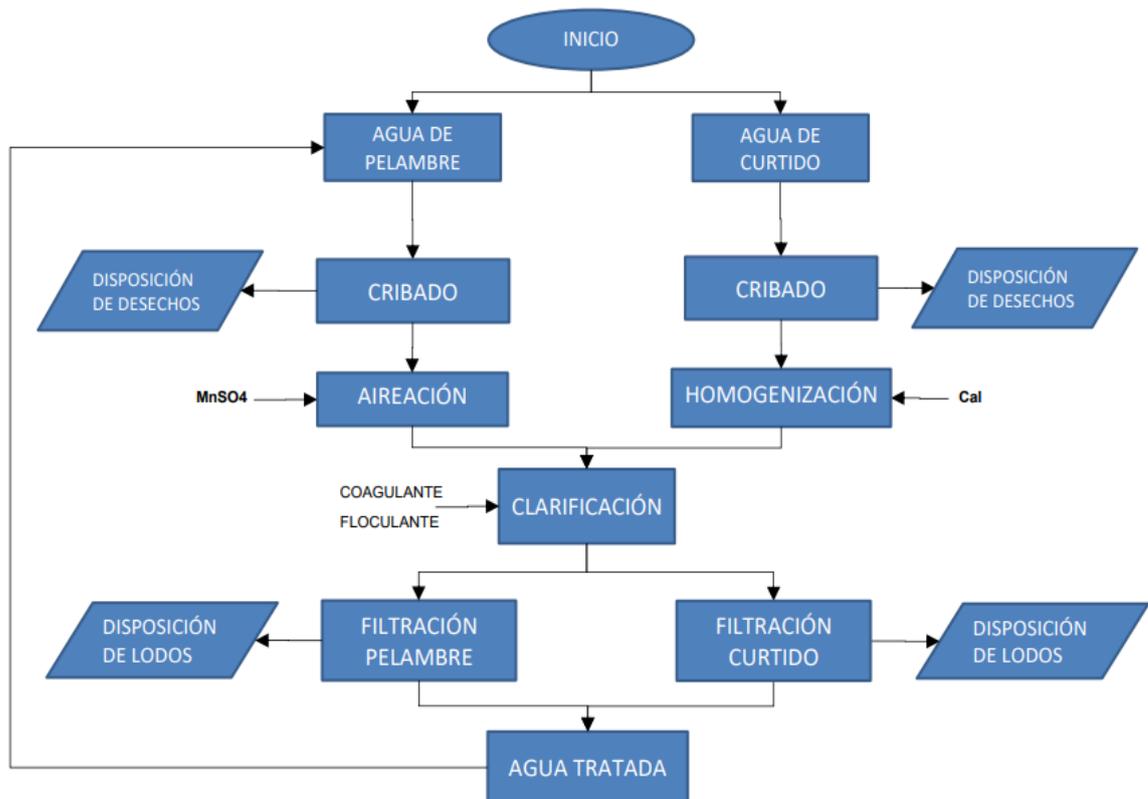
En los cálculos se tomará en cuenta el caudal de diseño, el caudal de salida y se dimensionaran los equipos, tomando en cuenta las características de cada equipo y el tipo de flujo que circulara, prefiriendo un flujo laminar para lograr una mayor remoción de los contaminantes, también hay que controlar las presiones de diseño; después de la residencia en los equipos el agua continuara los siguientes tratamientos.

3.4.2. Tratamientos primarios

Durante el tratamiento primario, el agua residual fluye a través de largos tanques de sedimentación o clarificadores donde la velocidad de flujo es reducida para alcanzar tiempos hidráulicos de retención de 2 a 4 horas, en este tratamiento la separación inicial ocurre entre 40

a 50% de los sólidos sedimentarios más pesados que forman un lodo crudo o primario en el fondo de los tanques de sedimentación, y materiales más livianos para flotar hasta la superficie de los tanques. Este lodo, con un contenido típico de sólidos volátiles del 75%, se recolecta y se descarga a otras operaciones de proceso para un tratamiento adicional. (Skrentner, 2012)

3.4.3. Diagrama de proceso de tratamiento



3.5. Requerimientos de equipos, tecnología y maquinaria

3.5.1. Monitoreo y muestreo

Para realizar el monitoreo y muestreo de las descargas de aguas residuales producidas en la curtiembre San Vicente, se utilizó varios materiales y equipos que tenían como objetivos precautelar la seguridad y obtener los datos más precisos con los que se maneja el proceso de curtiembre.

Tabla 52-3: Materiales y Normativa usados en el monitoreo del Agua Residual

Materiales	Normativa
<ul style="list-style-type: none"> • Guantes desechables • Recipientes de plásticos • Recipientes de vidrio • Hielera • Mascarilla • Recipiente estéril • Balde de 10 L 	El muestro se realizó según la norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2169:2013, Agua. Calidad del agua. Muestreo. Manejo y conservación de muestras.

Realizado por: Sánchez, Verónica, 2019

3.5.2. Análisis de Laboratorio

A continuación, se presenta los principales parámetros que se analizó en el laboratorio, así como los equipos utilizados para dicha etapa.

Tabla 53-3: Equipos y Métodos para análisis en laboratorio

PARÁMETROS QUÍMICOS	MÉTODO	EQUIPO
DQO	STANDARD METHODS 5220 - D mod, Cuando se digiere una muestra, el ion dicromato oxida el material COD en la muestra. Esto da como resultado el cambio de cromo del estado hexavalente (VI) al estado trivalente (III). Ambas especies de cromo están coloreadas y absorben en la región visible del espectro. El ion dicromato se absorbe fuertemente en la región de 400 nm, donde la absorción del ión crómico es mucho menor. El ion crómico se absorbe fuertemente en la región de 600 nm, donde el dicromato tiene una absorción casi nula. Unidades mg/l	Espectrofotómetro UV HACH DR 5000
DBO ₅	STANDARD METHODS 5210 - B, El método consiste en llenar con muestra, a rebosar, una botella hermética del tamaño especificado e incubarla a la temperatura específica durante 5 d. El oxígeno disuelto se mide inicialmente y después de la incubación, y la DBO se calcula a partir de la diferencia entre DO inicial y final. Unidades mgO ₂ /l	Sensor DBO VELP SCIENTIFICA
Fósforo Total	STANDARD METHODS 4500 - P - E mod, El	Espectrofotómetro UV

	molibdato de amonio y el tartrato de potasio y antimonio reaccionan en medio ácido con ortofosfato para formar un heteropoliácido-ácido fosfomolibdico, que se reduce a azul de molibdeno intenso con ácido ascórbico. Unidades mg/l	HACH DR 5000
PARÁMETROS FÍSICOS	MÉTODOS	EQUIPO
Potencial Hidrógeno pH	STANDARD METHODS 4500 - H - B, Este método permite la determinación del pH del agua. El principio básico de la medición electrométrica del pH es la determinación de la actividad de los iones de hidrógeno por medida potenciométrica utilizando un electrodo de hidrógeno estándar y un electrodo de referencia. El electrodo de hidrógeno consiste de un electrodo de platino a través del cual se burbujea gas de hidrógeno en una presión de 101 kPa.	pHmetro Hanna Instruments HI 98182
Sólidos Suspendidos	STANDARD METHODS 2540 - D, Una muestra bien mezclada se filtra a través de un filtro de fibra de vidrio estándar pesado y el residuo retenido en el filtro se seca a un peso constante de 103 a 105 ° C. El aumento en peso del filtro representa el total de sólidos en suspensión. Si el material suspendido obstruye el filtro y prolonga la filtración, puede ser necesario aumentar el diámetro del filtro o disminuir el volumen de muestra. Para obtener una estimación del total de sólidos suspendidos, calcule la diferencia entre el total de sólidos disueltos y el total de sólidos. Unidades mg/l	Gravimétrico
Sólidos Totales	STANDARD METHODS 2540 - B, Una muestra bien mezclada se evapora en un plato pesado y se seca a peso constante en un horno a 103 a 105 ° C. El aumento de peso sobre el del plato vacío representa los sólidos totales. Unidades mg/l	Gravimétrico
Color real	STANDARD METHODS 2120 - C, En esta sección, una introducción proporciona definiciones, pretratamiento para la eliminación de turbidez y orientación en la selección de métodos. Los nuevos métodos son la espectrofotometría de longitud de onda única (2120C). Unidades de color	Espectrofotómetro UV HACH DR 5000 HACH

Fuente: Laboratorio de calidad de agua ESPOCH, 2019

Realizado por: Sánchez, Verónica, 2019

Tabla 54-3: Equipos y Materiales secundarios usados en el laboratorio

Equipos y Materiales	Función
Espectrofotómetro DR 2800	Análisis de agua y otros
Fotómetro PF-12	Análisis de agua y otros
Turbidímetro	Medición de turbiedad
Potenciómetro	Potencial de Hidrógeno
Colorímetro	Medición de color
Termómetro	Medición de temperatura
Balanza Analítica	Determinación de Peso
Vasos de precipitación	Contener muestras
Cubetas de Análisis	Análisis de agua y otros
Pipeta	Dosificaciones

Fuente: Laboratorio de calidad de agua ESPOCH, 2019

Realizado por: Sánchez, Verónica, 2019

Tabla 55-3: Otros equipos usados en el laboratorio

Equipo	Determinación o Actividad que realiza
Test de jarras y recuperación de cromo e iones sulfuros	
Potenciómetro	Determinación del pH
Balanza	Determinación de la masa de reactivos
Balones de aforación	Determinación del volumen de soluciones
Matraces Erlenmeyer	Lavado de las muestras
Agitador	Prueba de jarras
Pipetas	Recuperación de cromo e iones sulfuros
Análisis de Laboratorio	
Mufla	Determinación de DBO ₅
Microdigestor para micro DQO	Determinación de DBO ₅
Termoreactor	Determinación de DQO
Espectrofotómetro	Determinación de cromo hexavalente

Realizado por: Sánchez, Verónica, 2019

3.5.3. Presupuesto

El rediseño de la PTAR busca reducir la concentración de contaminantes y la implementación de materiales resistentes y compatibles con la economía de la curtiduría “San Vicente” garantizando un ahorro económico al evitarse sanciones económicas ambientales y generar conciencia ambiental que hoy en día es un plus y carta de presentación entre empresas.

El presente trabajo de titulación propone implementar en las operaciones de pelambre y curtido un ahorro de energía cuando no se realice ninguna de ellas y además cuando se ejecuten estas

operaciones se tendrá la seguridad de disminuir los contaminantes principales de la curtiembre que son sulfuros y cromo.

Sin embargo la decisión de la implementación de esta propuesta de rediseño es únicamente de la curtiduría San Vicente, para esto se puede observar en la Tabla 58-3 la cotización de las diferentes unidades, dispositivos y accesorios al igual que los químicos registrados en la Tabla 59-3 para el respectivo tratamiento del agua residual de pelambre y curtido.

Tabla 56-3: Cotización general para la implementación del rediseño del sistema de tratamiento de agua.

Rubro / Descripción	Cantidad Requerida	Costo Unitario	Costo Global
Sistema de aireación			
Difusor	1	75	75
Válvulas	2	20	40
Sistema de floculación			
Bomba	1	150	150
Soporte metálico	1	200	200
Sistema de Filtros			
Macadam (Ripio Triturado)	2m ³	24	24
Capa de grava	2m ³	20	20
Capa de arena fina	2m ³	24	24
Otros			
Instalaciones y materiales (tuberías y accesorios)			911,50
Subtotal			1444,50
IVA 12%			173,34
TOTAL			1 617,84

Realizado por: Sánchez, Verónica, 2019

Tabla 57-3: Costos de químicos por mes para el tratamiento del agua residual

Químico	Característica	Caudal por tratar (L/mes)	Concentración media utilizada (mg/L)	Precio unitario	Cantidad (Kg/mes)	Costo (mes)
Tratamiento para agua de pelambre						
Sulfato de manganeso	MnSO ₄ 80%	16 000	4000	0,30	64	19,20
Tratamiento para agua de curtido						
Cal P-24	Ca(OH) ₂ 8,37%	16 000	4000	0,30	64	19,20
Policloruro de aluminio	Al ₂ O ₃ 30%	252 000	50	1,15	12,60	14,49
Floculador aniónico	Superfloc A 130	252 000	8	6,50	2,02	13,13
Subtotal						66,02
IVA (12%)						7,92
Total						73,94

3.5.4. Análisis de Resultados

Para el presente trabajo de titulación de rediseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales enfocado en el agua de pelambre y curtido el análisis de la implementación del rediseño está valorado en 1 617,84 dólares si la empresa decide ejecutarla, mientras que el costo de los químicos es 73,94 dólares al mes. Estos son valores que empatan con la economía de la curtiduría “San Vicente” y de esta manera evitara sanciones por medio del GAD de Ambato.

3.6. Cronograma de actividad

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

CONCLUSIONES

- Mediante un análisis inicial del sistema de tratamiento que existe en la curtiembre San Vicente, el cual tiene implementado los procesos de cribado, almacenamiento y floculación de las aguas residuales se logró obtener una primera idea de los equipos que podían ser utilizados para el rediseño de la nueva PTAR. Al mismo tiempo se diagnosticó el grave impacto ambiental que se está produciendo como consecuencia del pésimo tratamiento de vertidos contaminantes generados en la curtiembre; esto provoca graves inconvenientes de salud pública ya que la parroquia Atahualpa cuenta con una alta densidad poblacional y con un índice de crecimiento acelerado.
- Se realizó la caracterización de estos efluentes para determinar la carga contaminante que poseen. Para determinar si los parámetros se encuentran fuera de norma se analizó los datos obtenidos, con la norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua anexo I del libro 6 tabla 8 criterio de calidad de agua residual descargada al alcantarillado público de la reforma del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (TULSMA), mediante esta comparación se logró determinar que los contaminantes que representan un riesgo para el medioambiente son DBO, DQO, SST, Cromo Hexavalente y Sulfuros valores
- Se determinó evaluar un tratamiento de tipo físico-químico; de este modo, se inició realizando la oxidación de sulfuros mediante un proceso de aireación controlada y utilizando $MnSO_4$ como catalizador. Posterior a esto, nos enfocamos en brindar un tratamiento químico mediante procesos de coagulación-floculación, haciendo uso del equipo de jarras para evaluar las dosificaciones óptimas de los productos de ensayo.
- Finalizado el proceso de tratabilidad de las descargas generadas en la curtiembre San Vicente, se realizó los análisis de validación de resultados obteniendo valores positivos para el tratamiento que se realizó en el laboratorio, de esta manera se pudo determinar que para el agua de pelambre se logró los siguientes resultados de remoción de contaminantes: 98% DBO₅; 97% DQO; 93% SST y 97% Sulfuros. Así también para el agua de curtido se obtuvo los siguientes porcentajes de remoción: 93% Cromo Hexavalente; 87% Cromo Total; 96% DBO₅; 97% DQO; 99% SST. Como se puede evidenciar se consiguió resultados muy complacientes de acuerdo al tratamiento definido, por ello se procedió a realizar el rediseño de la PTAR mediante las respectivas modificaciones del sistema actual y la implementación de nuevos procesos de tratamiento.

RECOMENDACIONES

- Para el correcto funcionamiento de la planta de tratamiento se debe capacitar constantemente al personal encargado de la operación y mantenimiento del sistema, de este modo se lograría un alto rendimiento de operacionalidad.
- Revisión continua de equipos de proceso y análisis periódico de las aguas de descarga y de las aguas tratadas para definir si es necesaria la modificación del proceso de tratamiento ya sea reducción o aumento de flujos de químicos o implementación de una nueva etapa dentro del sistema.
- Implementar un manual de operación del sistema de tratamiento y, más importante aún, un manual relacionado a la seguridad y salud en el trabajo durante la operacionalidad de la PTAR; esto es indispensable ya que las personas encargadas de la ejecución del tratamiento de los vertidos entrarán en contacto con productos químicos y con equipos móviles que representan un riesgo potencial para los operadores.
- Delimitar un espacio específico para el almacenamiento de químicos y dotar al personal operativo de los equipos de protección personal para resguardar su integridad física.
- Ejecutar el estudio sobre la recuperación de cromo de los lodos generados en el tratamiento de las aguas residuales de la etapa de curtiembre y realizar su posterior implementación dentro del sistema de tratamiento de la curtiduría San Vicente.
- Se recomienda a la empresa que el tanque de floculación tenga un volumen de 3m^3 o 6m^3 para que de esta manera no exista muchas paradas diarias cuando este un su mayor producción.

BIBLIOGRAFÍA

AFANADOR. *SULFURO EN AGUA POR VOLUMETRIA.* -: IDEAM.2007

AMBATO, G. *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial.* Ambato. 2015.

ANCE.<https://www.flacso.edu.ec>. Obtenido de <https://www.flacso.edu.ec/portal/pnTemp/PageMaster/dvwqb97pv9quz2d9pwwqomo3wnqad7.pdf>

BASHAR, A. *Tanning Industry Processes, Pollution and Pollution Control.* Dhaka: Jahangirnagar University. 2012

BEZAMA. *Recuperación de reactivos de los efluentes de curtiembres.* Santiago de compostela: NA.2007

CASTRO. *Análisis técnico ambiental del proceso de la curtiduría serrano de la ciudad ambato y diseño de la planta de tratamiento de las aguas residuales.* Quito: SN. 2013

CHANG. *Química.* Colombia : McGraw Hill.2002

CHIA. Concentraciones de referencia para los vertimientos industriales realizados a la red de alcantarillado y de los vertimientos industriales y domésticos efectuados a cuerpos de agua de la ciudad de Bogotá. *Centro de Investigacion Ingenieria Ambiental*, 110-111.2012

DAVIS. *Handbook of Applied Hydraulics.* New York: McGraw-Hill.2009

DEBABRATA, B. *Energy from Toxic Organic Waste for Heat and Power Generation.* Nueva York: Woodhead Publishing .2018

EDDY, M. &. *Ingeniería de Aguas Residuales* (tercera ed.). Madrid: McGraw-Hill.

EPA,U.S. (s.f.). *STANDARD METHODS.* Obtenido de <https://www.standardmethods.org/store/ProductView.cfm?ProductID=43>

ESPOCH. Condiciones Experimentales del cantón RIobamba. *ESPOCH DIGITAL*, 5-7. Google. (10 de 11 de 2018). *Google Maps.* Obtenido de Google Maps: <https://www.google.com/maps/search/Picaihua+bajo/@-1.2799009,78.5839946,433m/data=!3m1!1e3>

GREENPEACE. *Cueros Tóxicos.* . Buenos Aires: NA.2012

HARDY, J., HILTON, et.al. *Flow Measurements Methods and Aplications.* Canada: John Wiley & Sons, Inc.1999

- INEN.** *Agua. Demanda Química De Oxígeno (Dqo)*. Quito: Water. Chemical Oxygen Demand.
- INEN.** *Agua Potable. Determinación De Cromo Hexavalente* . Quito: Sn. 2014.
- INEN.** *Agua. Determinación del pH*. Quito: SN. 2014
- INEN.** NTE INEN 2 176:1998 . *INEN*, 1-3. 2018
- ITD.** Protocolo De Toma De Muestras De Agua Residual. En I. D. Defensa, *Protocolo De Toma De Muestras De Agua Residual*. -: Sn.
- JARAMILLO.** (25 de Enero de 2016). <https://www.accuweather.com>. Recuperado el 07 de Octubre de 2018, de <https://www.accuweather.com/es/ec/ambato/126320/weather-forecast/126320>
- KING.** *Handbook of Hydraulics*. New York: McGrawHill.2015
- LODICO, M., et.al** *Methods in Educational Research* (Segunda ed.). San Francisco, USA: Jossey-Bass.
- MOYA, J. P.** *Dspace ESPOCH*. Obtenido de DSpace ESPOCH: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/6457/1/96T00345.pdf>. 2016
- MWINYIHIJA, M.** *Ecotoxicological Diagnosis in the Tanning Industry*. Nueva York: Springer New York. 2010
- NMX.** NMX-AA-004-SCFI-2000. *ANÁLISIS DE AGUA*, 1-3.2015.
- REYES.** Informe Aspectos Ambientales, Legales y Socioeconómicos Curtiembres. *UMA*, 119. 2010.
- SATTERFIELD.** *Tech Brief*. West Virginia : NATIONAL ENVIRONMENTAL SERVICES CENTER . 2010.
- SKRENTNER.** *Instrumentation handbook for water and waste water treatment plants*. Guelph: Addison-Wesley Publishing Co. 2012.
- UEB, U. E.** *Perfil territorial y Análisis de Vulnerabilidad del Cantón Guaranda*. Guaranda: UEB. 2013.

ANEXOS

Anexo A. Tabla 8, Libro VI, TULSMA. Límites de descarga al sistema de alcantarillado

TABLA 8. LÍMITES DE DESCARGA AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PÚBLICO

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y grasas	Sust. solubles en hexano	mg/l	70,0
Explosivos o inflamables	Sustancias	mg/l	Cero
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro total	CN	mg/l	1,0
Cinc	Zn	mg/l	10,0
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo	mg/l	0,1
Cobalto total	Co	mg/l	0,5
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0,2
Compuestos organoclorados	Organoclorados totales	mg/l	0,05
Cromo Hexavalente	Cr ⁶⁺	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	250,0
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	500,0
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	1,0
Fósforo Total	P	mg/l	15,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20,0
Hierro total	Fe	mg/l	25,0
Manganeso total	Mn	mg/l	10,0
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,01
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	60,0
Organofosforados	Especies Totales	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,5
Plomo	Pb	mg/l	0,5
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Selenio	Se	mg/l	0,5
Sólidos Sedimentables	SD	ml/l	20,0
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	220,0
Sólidos totales	ST	mg/l	1 600,0
Sulfatos	SO ₄ ²⁻	mg/l	400,0
Sulfuros	S	mg/l	1,0
Temperatura	°C		< 40,0
Tensoactivos	Sustancias Activas al azul de metileno	mg/l	2,0
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/l	1,0

Anexo B. Caracterización Inicial del Agua Residual de Pelambre



ESPOCH

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

LABORATORIO DE CALIDAD DEL AGUA FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01-4703 Telefax: 2998 200 ext 332
Riobamba - Ecuador

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Sánchez Casco Verónica Paulina
Fecha de Análisis: 14/05/2019
Tipo de muestras: Agua Residual de Pelambre / Curtiduría "SAN VICENTE"
Localidad: Cantón Riobamba - Provincia de Chimborazo.
Numero de muestra: 1

TRABAJO DE TITULACIÓN

Parámetro	Método	Unidad	Límite Máximo Permitible	Resultado de la caracterización
-----------	--------	--------	--------------------------	---------------------------------

ANÁLISIS FÍSICO

Temperatura	2510-B	° C	< 40	21,10
Color	-	Platino, Cobalto 465 mm	-	6 620,00
pH	4500-B	-	6 - 9	13,60
Turbiedad	2130-B	NTU	-	6 410,00
Conductividad	-	mS / cm	-	24,65
Sólidos Suspendidos Totales	-	mg / L	200	2 400,00
Sólidos Sedimentables	2540-B	mL / L	20	18,70
Sólidos Totales	2540-A	mg / L	1 600	4 400,00

ANÁLISIS QUÍMICO

Sulfuros (S)	4500-S-2-E	mg / L	1	1 620,00
DQO	5220 - C	mg / L	500	20 200,00
DBO ₅ (5días)	5210 - B	mg / L	250	12 500,00

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

**TULSMA Libro VI, Anexo 1, Tabla 8

Observaciones:

Atentamente.

Dra. Gina Álvarez R.
RESP. LAB. CALIDAD DEL AGUA

Anexo C. Caracterización Final del Agua Residual de Pelambre



ESPOCH

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

LABORATORIO DE CALIDAD DEL AGUA
FACULTAD DE CIENCIAS
Casilla 06-01-4703 Telefax: 2998 200 ext 332
Riobamba - Ecuador

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Sánchez Casco Verónica Paulina
Fecha de Análisis: 28/05/2019
Tipo de muestras: Agua Residual Tratada de Pelambre / Curtiduría "SAN VICENTE"
Localidad: Cantón Riobamba - Provincia de Chimborazo.
Numero de muestra: 2

TRABAJO DE TITULACIÓN

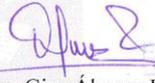
Parámetro	Método	Unidad	Límite Máximo Permitible	Resultado de la caracterización
ANÁLISI FÍSICO				
Temperatura	2510-B	° C	< 40	21,40
Color	-	Platino, Cobalto 465 mm	-	55,00
pH	4500-B	-	6 - 9	9,10
Turbiedad	2130-B	NTU	-	10,00
Conductividad	-	mS / cm	-	8,45
Sólidos Suspendidos Totales	-	mg / L	220	170,00
Sólidos Sedimentables	2540-B	mL / L	20	0,00
Sólidos Totales	2540-A	mg / L	1 600	360,00
ANÁLISIS QUÍMICO				
Sulfuros (S)	4500-S-2-E	mg / L	1	44,00
DQO	5220 - C	mg / L	500	610,00
DBO ₅ (5días)	5210 - B	mg / L	250	310,00

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

**TULSMA Libro VI, Anexo 1, Tabla 8

Observaciones:

Atentamente.


Dra. Gina Álvarez R.
RESP. LAB. CALIDAD DEL AGUA

Anexo D. Caracterización Inicial del Agua de Curtido



ESPOCH

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

LABORATORIO DE CALIDAD DEL AGUA FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01-4703 Telefax: 2998 200 ext 332
Riobamba - Ecuador

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Sánchez Casco Verónica Paulina
Fecha de Análisis: 12/06/2019
Tipo de muestras: Agua Residual de Curtido / Curtiduría "SAN VICENTE"
Localidad: Cantón Riobamba - Provincia de Chimborazo.
Numero de muestra: 1

TRABAJO DE TITULACIÓN

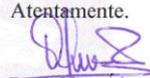
Parámetro	Método	Unidad	Límite Máximo Permitible	Resultado de la caracterización
ANÁLISIS FÍSICO				
Color	-	Platino, Cobalto 465 mm	-	4 565,00
Temperatura	2510-B	°C	<40	23,10
pH	4500-B	-	6 - 9	5,00
Turbiedad	2130-B	NTU	-	3 610,00
Conductividad	-	mS / cm	-	52,10
Sólidos Suspendidos Totales	-	mg / L	220	1 000,00
Sólidos Sedimentables	2540-B	mL / L	20	14,00
Sólidos Totales	2540-A	mg / L	1 600	2 220,00
ANÁLISIS QUÍMICO				
Cromo Total	3500-CrB	mg / L	-	109,13
Cromo Hexavalente	3500-CrB	mg / L	0,5	2,10
DQO	5220 - C	mg / L	500	12 750,00
DBO5 (5días)	5210 - B	mg / L	250	6 240,00

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

**TULSMA Libro VI, Anexo 1, Tabla 8

Observaciones:

Atentamente.


Dra. Gina Alvarez R.
RESP. LAB. CALIDAD DEL AGUA



LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES
Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con certificado No. SAE LEN 17-012

Nº SE: 137-19

INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Verónica Sánchez **INFORME Nº:** 137-19
EMPRESA: Proyecto de Tesis ESPOCH **Nº SE:** 137-19
DIRECCIÓN: Cdla. Juan Montalvo
TELÉFONO: 0987360707 **FECHA DE RECEPCIÓN:** 02-10-19
FECHA DE INFORME: 09-10-19

NÚMERO DE MUESTRAS: 1, Agua residual, Curtiduría **TIPO DE MUESTRA:**
IDENTIFICACIÓN: MA-326-19 Agua residual

El laboratorio se responsabiliza solo del análisis, no de las muestras.

RESULTADO DE ANÁLISIS

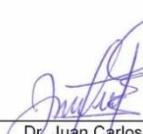
MA-326-19

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Cromo total	mg/l	STANDARD METHODS 3500 - Cr - 3111B	109,13	N/A	02-10-19
* Cromo hexavalente	mg/l	STANDARD METHODS 3500 - Cr - 3111B	2,10	N/A	02-10-19

MÉTODOS UTILIZADOS: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 23ª EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 23ª EDICIÓN.

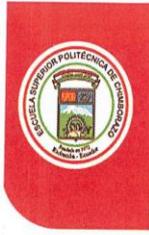
RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

Dr. Juan Carlos Lara
Benito Mendoza T., Ph.D.


Dr. Juan Carlos Lara R.
TECNICO L.S.A.

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
- Los ensayos marcados con (*) no se encuentran dentro del alcance de acreditación del SAE.
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Anexo E. Caracterización Final del Agua de Curtido



ESPOCH

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

LABORATORIO DE CALIDAD DEL AGUA FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01-4703 Telefax: 2998 200 ext 332
Riobamba - Ecuador

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Sánchez Casco Verónica Paulina

Fecha de Análisis: 27/06/2019

Tipo de muestras: Agua Residual Tratada de Curtido / Curtiduría "SAN VICENTE"

Localidad: Cantón Riobamba - Provincia de Chimborazo.

Numero de muestra: 2

TRABAJO DE TITULACIÓN

Parámetro	Método	Unidad	Límite Máximo Permitible	Resultado de la caracterización
ANÁLISIS FÍSICO				
Temperatura	2510-B	° C	< 40	22,80
Color	-	Platino, Cobalto 465 mm	-	50,00
pH	4500-B	-	6 - 9	8,20
Turbiedad	2130-B	NTU	-	1,81
Conductividad	-	mS / cm	-	7,10
Sólidos Suspendedos Totales	-	mg / L	220	5,00
Sólidos Sedimentables	2540-B	mg / L	20	0,00
Sólidos Totales	2540-A	mg / L	1 600	115,00
ANÁLISIS QUÍMICO				
Cromo Total	3500-CrB	mg / L	-	14,45
Cromo Hexavalente	3500-CrB	mg / L	0,5	0,15
DQO	5220 - C	mg / L	500	340,00
DBO ₅ (5días)	5210 - B	mg / L	250	245,00

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

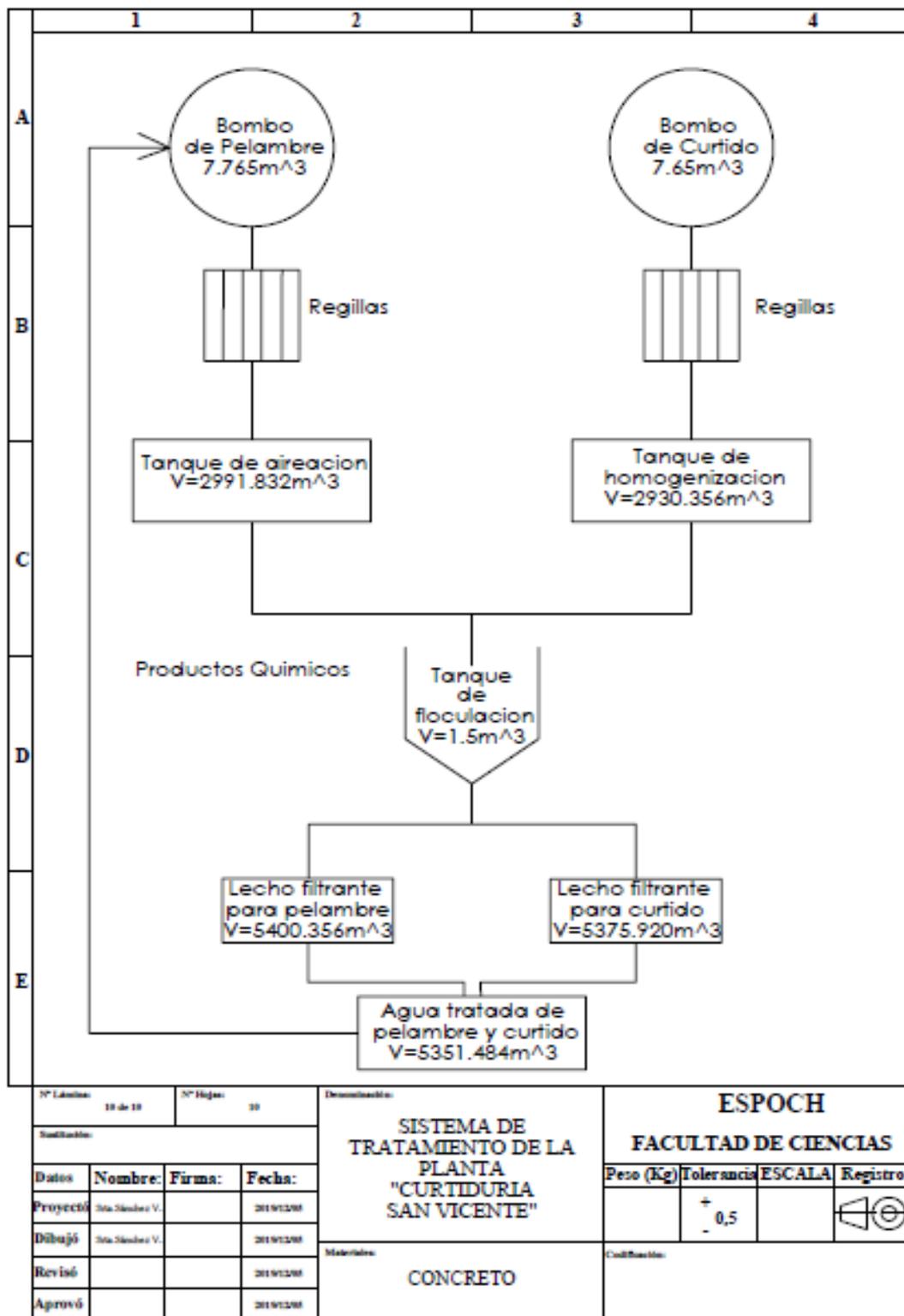
**TULSMA Libro VI, Anexo I, Tabla 8

Observaciones:

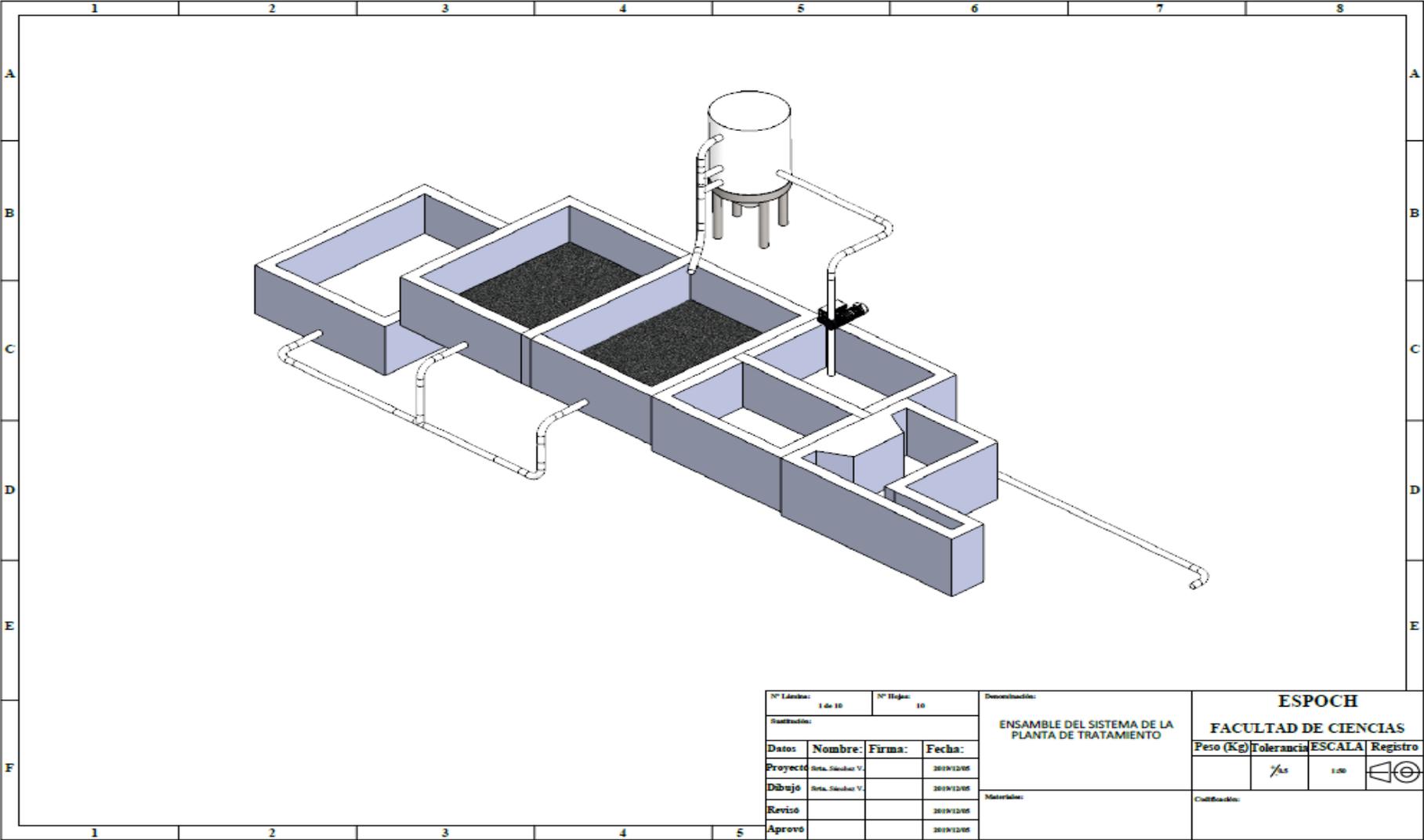
Atentamente.

Dra. Gina Álvarez R.
RESP. LAB. CALIDAD DEL AGUA

Anexo F. Diagrama del proceso de tratamiento

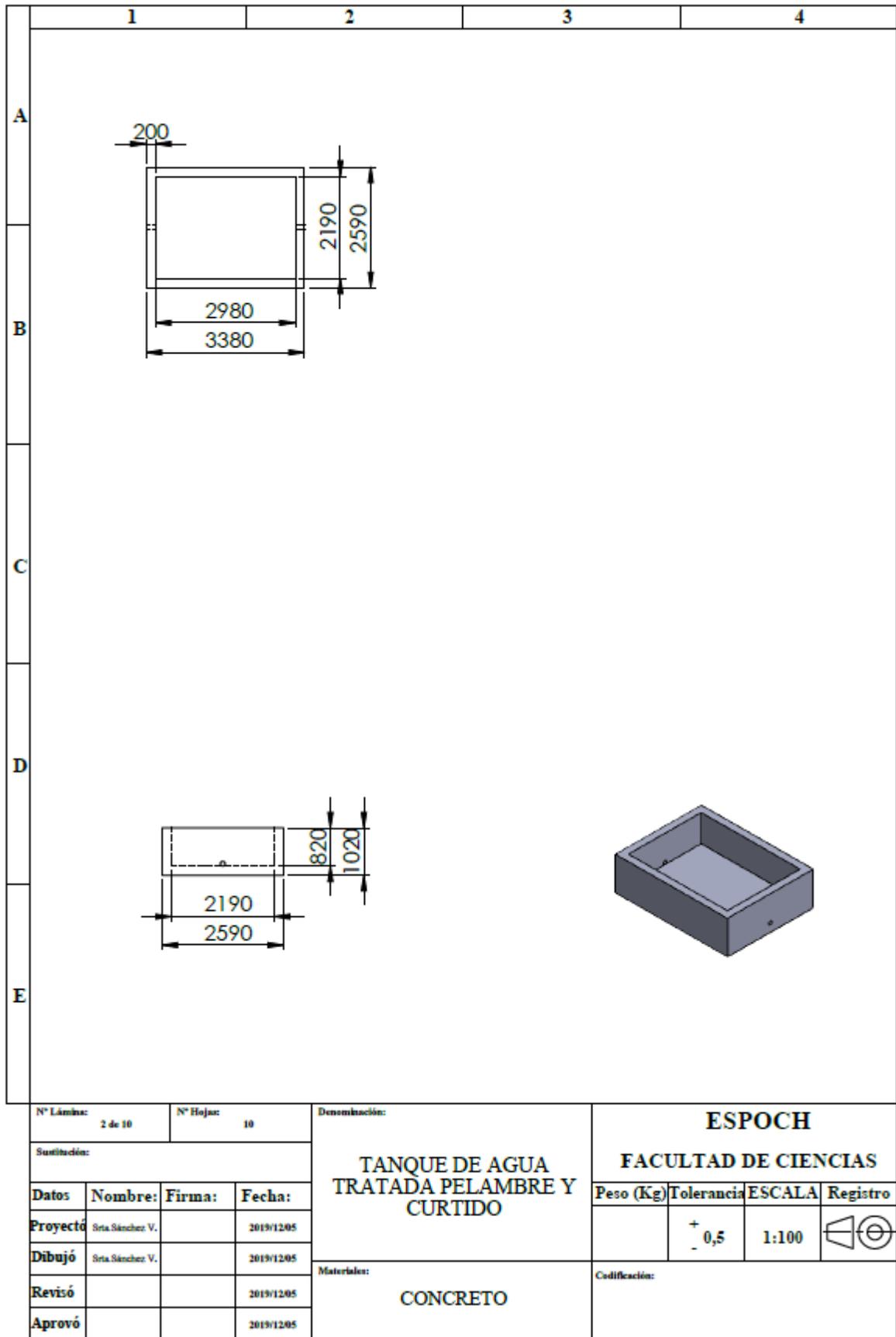


Anexo G. Ensamble del Sistema de Tratamiento

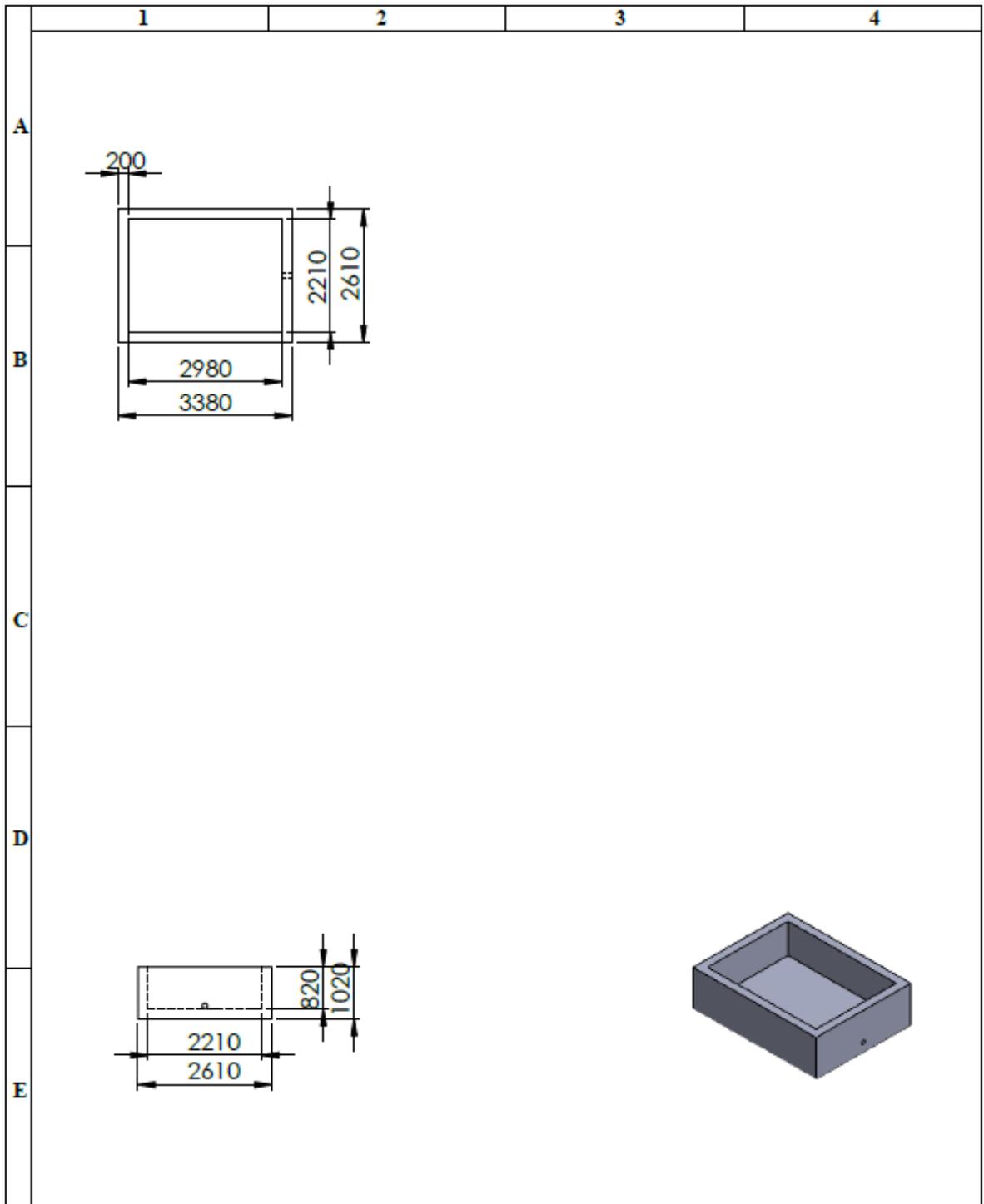


N° Láminas: 1 de 10		N° Hojas: 10		Denominación:		ESPOCH			
Sustitución:				ENSAMBLE DEL SISTEMA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO		FACULTAD DE CIENCIAS			
Datos	Nombre:	Firma:	Fecha:			Peso (Kg)	Tolerancia	ESCALA	Registro
Proyecto	Itza, Saúlhuar V.		2019/12/05		±0.5	1:00			
Dibujo	Itza, Saúlhuar V.		2019/12/05	Material:		Calificación:			
Revisó			2019/12/05						
Aprobo			2019/12/05						

Anexo H. Tanque de Agua

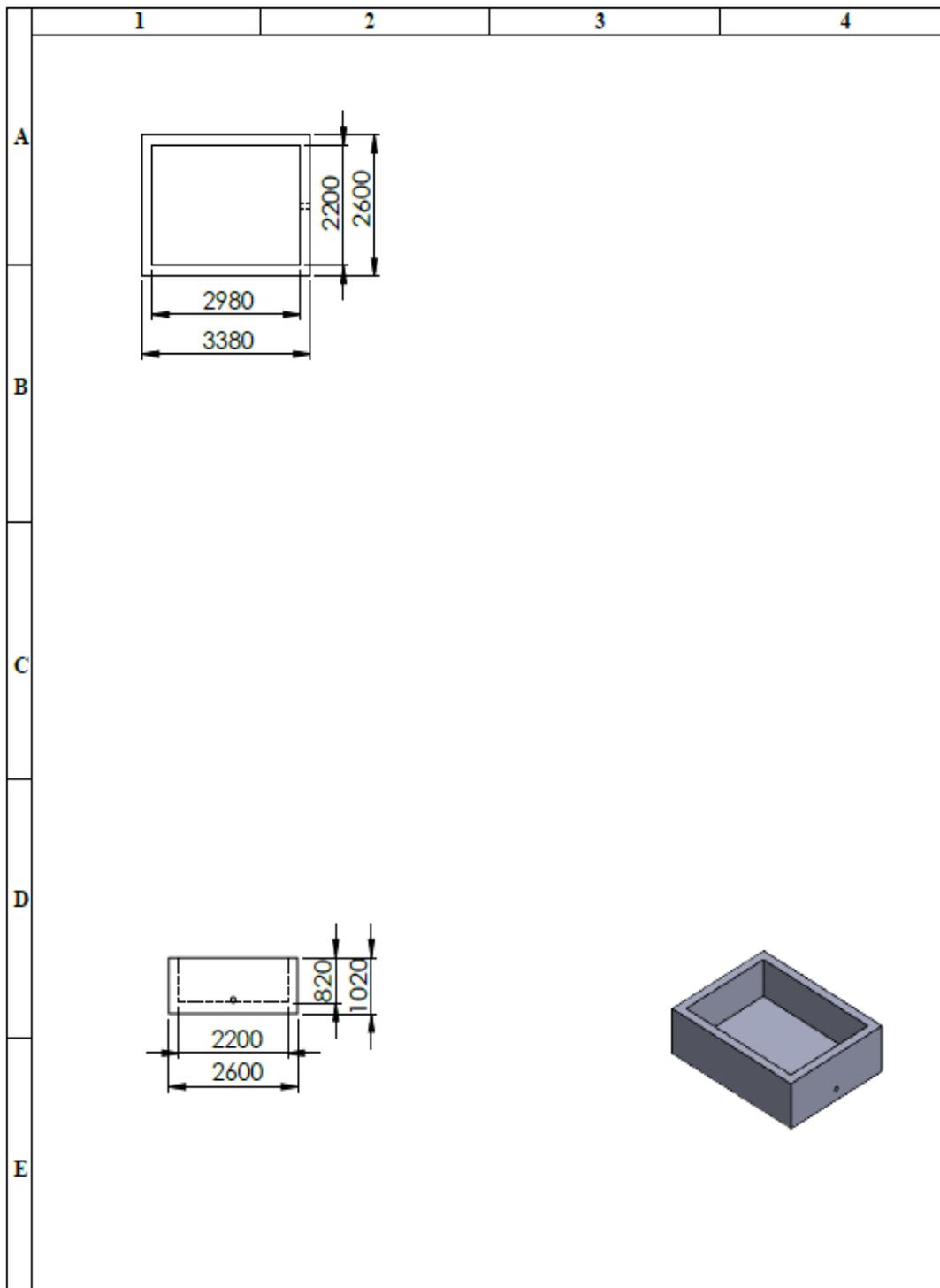


Anexo I. Tanque de Lecho



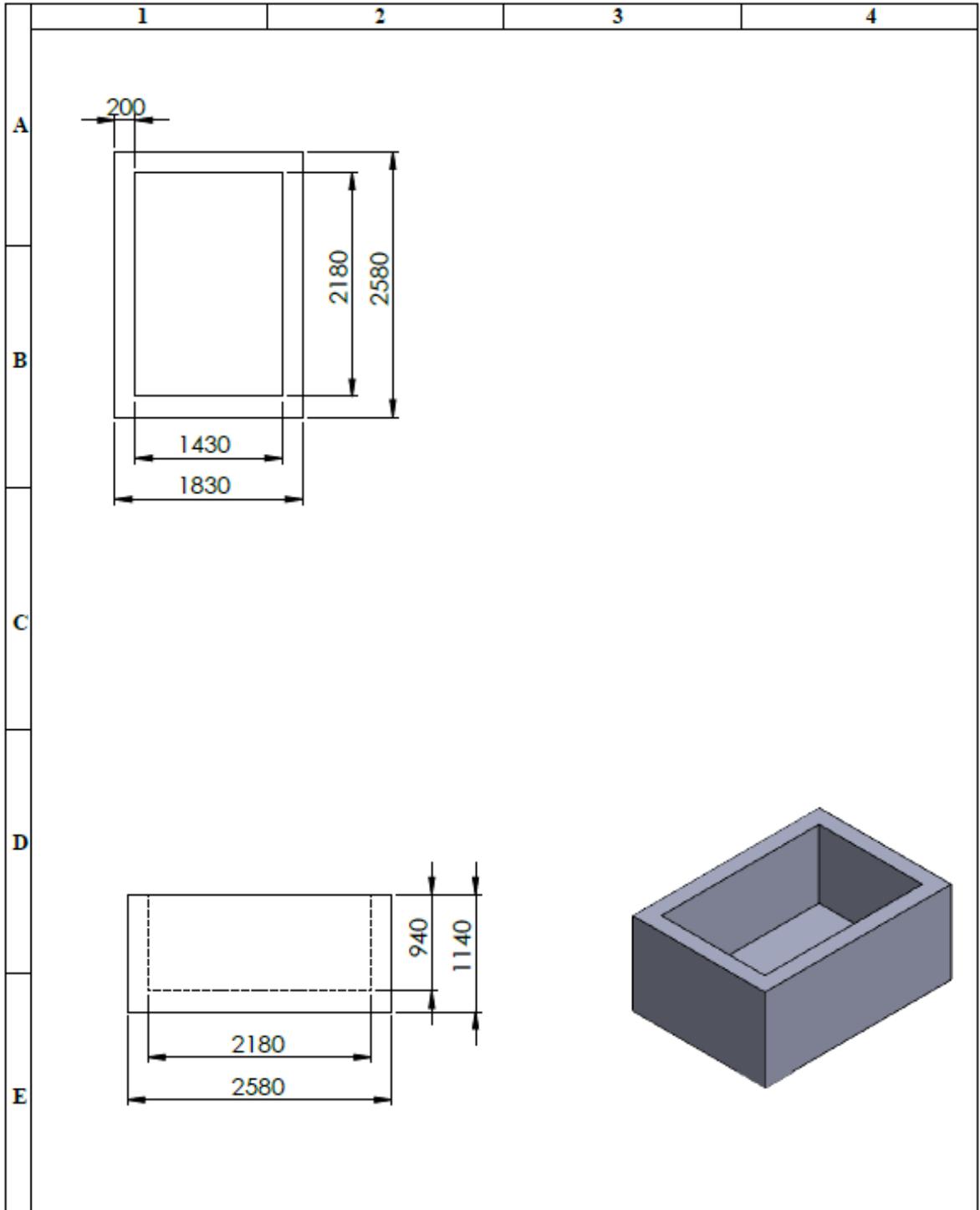
N° Láminas: 3 de 10		N° Hojas: 10		Denominación: TANQUE DE LECHO DE SECADO DE AGUA DE CURTIDO		ESPOCH			
Sustitución:						FACULTAD DE CIENCIAS			
Datos	Nombre:	Firma:	Fecha:	Materiales: CONCRETO		Peso (Kg)	Tolerancia	ESCALA	Registro
Proyectó	Seta Sánchez V.		2019/12/05				+ 0,5	1:100	
Dibujó	Seta Sánchez V.		2019/12/05						
Revisó			2019/12/05						
Aprovó			2019/12/05						
						Codificación:			

Anexo J. Tanque de Lecho y Secado



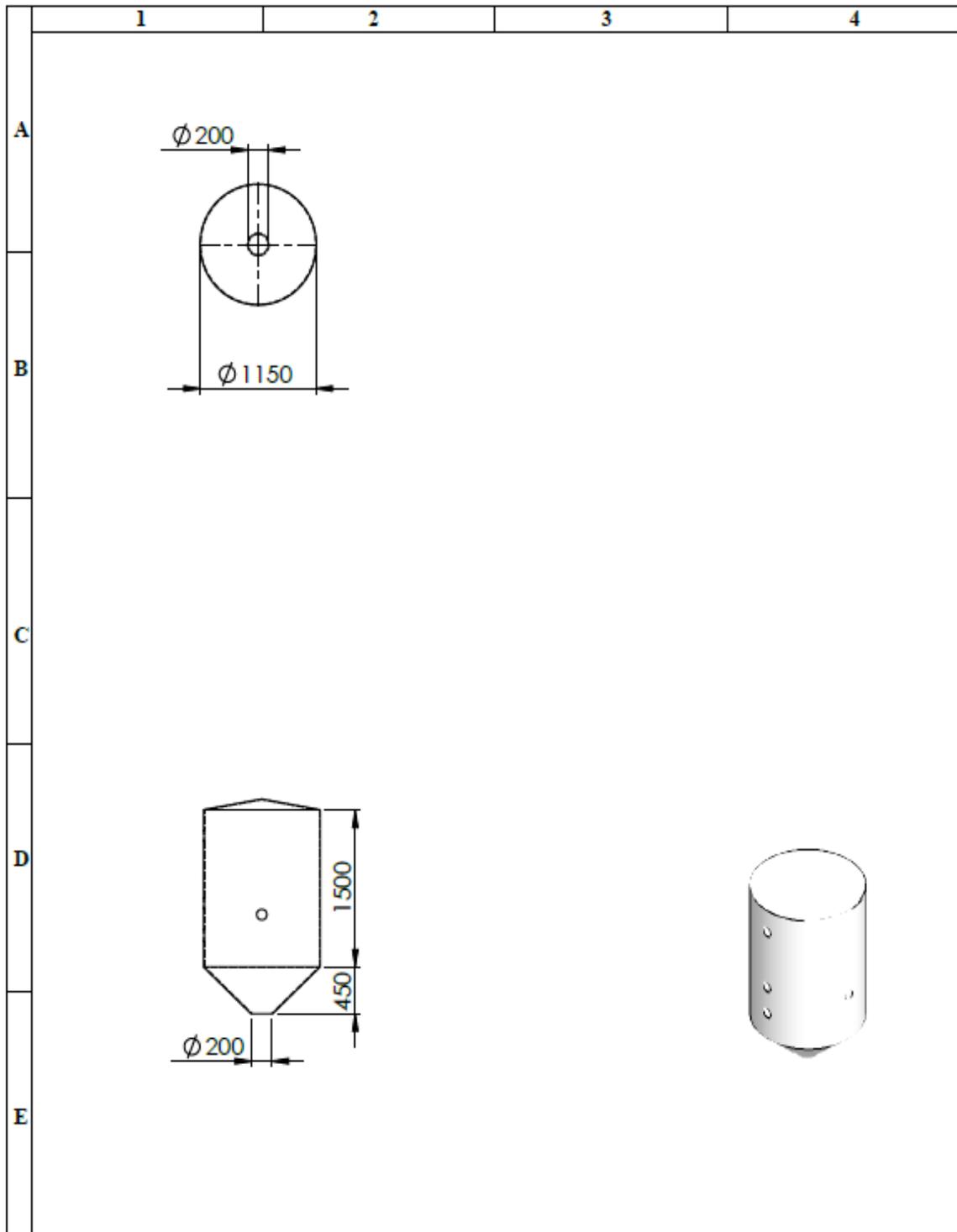
N° Lámina: 4 de 10		N° Hojas: 10		Denominación: TANQUE DE LECHO DE SECADO DE AGUA DE PELAMBRE	ESPOCH			
Sustitución:					FACULTAD DE CIENCIAS			
Datos	Nombre:	Firma:	Fecha:		Peso (Kg)	Tolerancia	ESCALA	Registro
Proyectó	Sra. Sánchez V.		2019/1205		+ - 0,5	1:100		
Dibujó	Sra. Sánchez V.		2019/1205	Materiales:		Codificación:		
Revisó			2019/1205	CONCRETO				
Aprovó			2019/1205					

Anexo K. Tanque de Aireación



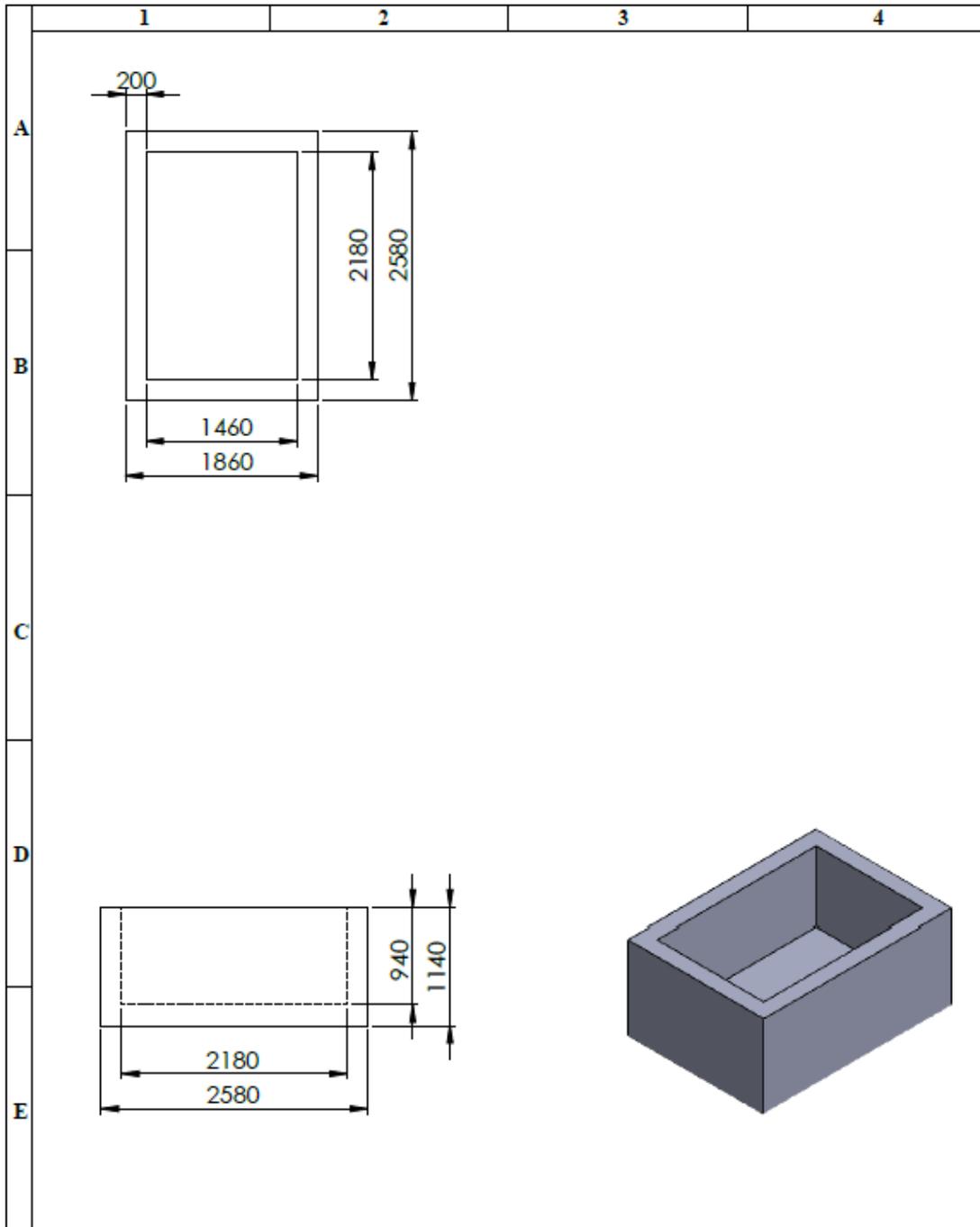
N° Lámina: 5 de 10		N° Hojas: 10		Denominación: TANQUE DE AIREACION	ESPOCH			
Sustitución:					FACULTAD DE CIENCIAS			
Datos:	Nombre:	Firma:	Fecha:	Peso (Kg)	Tolerancia	ESCALA	Registro	
Proyectó	Seta Sánchez V.		2019/1205		+ - 0,5	1:50		
Dibujó	Seta Sánchez V.		2019/1205	Materiales:		Codificación:		
Revisó			2019/1205	CONCRETO				
Aprovo			2019/1205					

Anexo L. Tanque de Floculador.



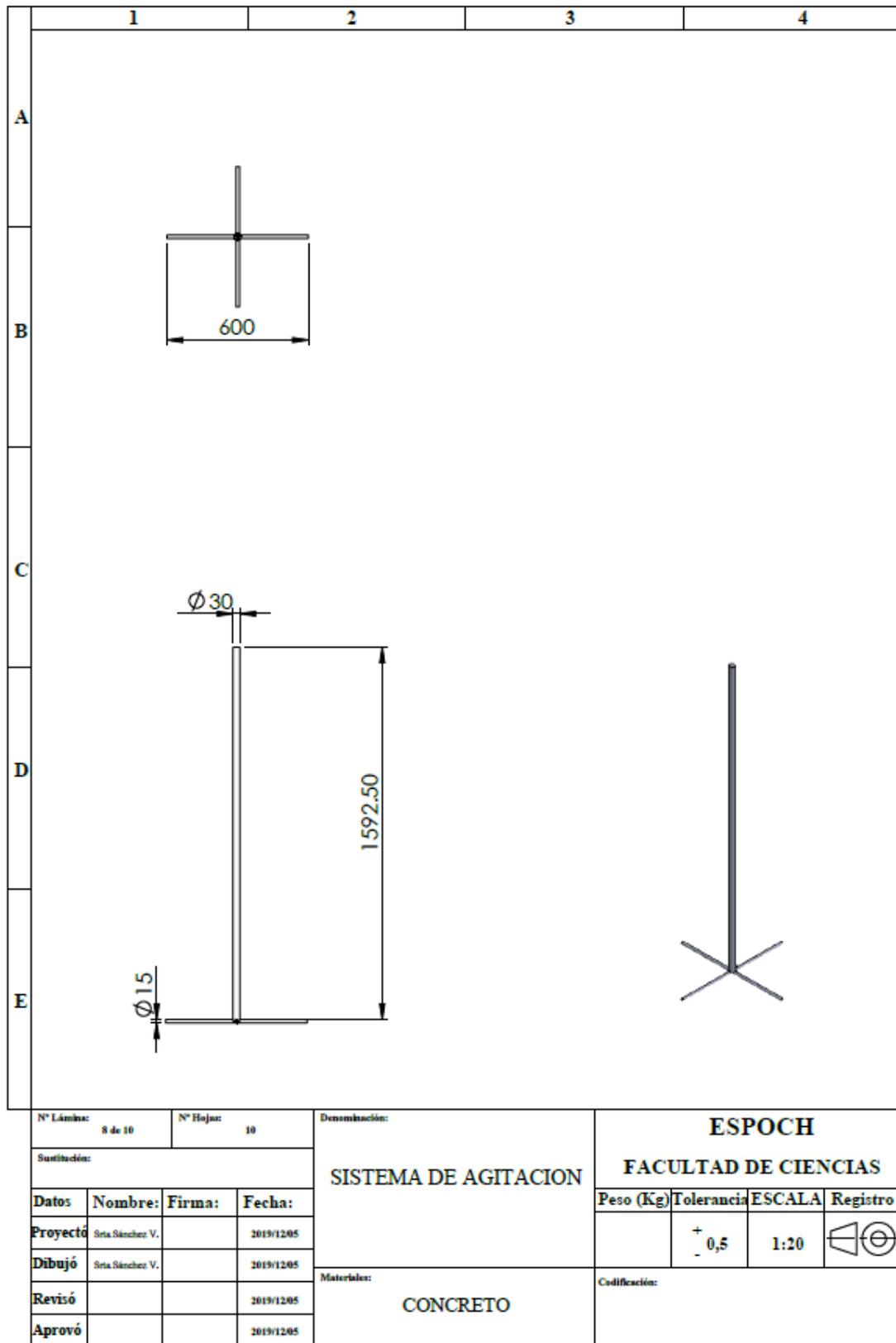
N° Lámina: 7 de 10		N° Hojas: 10		Denominación:		ESPOCH	
Sustitución:				TANQUE FLOCULADOR		FACULTAD DE CIENCIAS	
Datos	Nombre:	Firma:	Fecha:			Peso (Kg)	Tolerancia
Proyectó	Sra. Sánchez V.		2019/12/05		+ - 0,5	1:50	
Dibujó	Sra. Sánchez V.		2019/12/05	Materiales:		Codificación:	
Revisó			2019/12/05	CONCRETO			
Aprovó			2019/12/05				

Anexo M. Tanque de Homogenización.

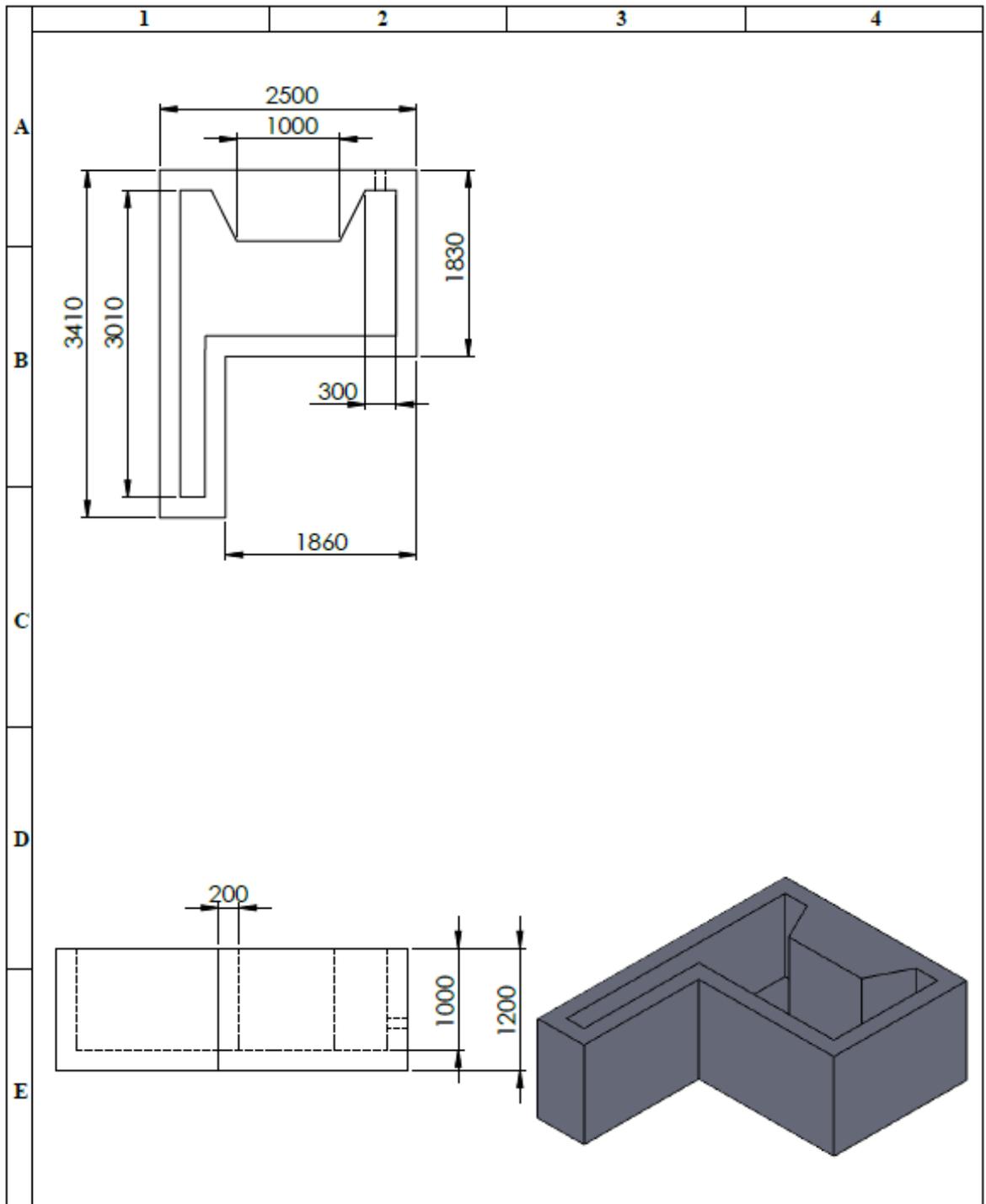


N° Lámina: 6 de 10		N° Hojas: 10		Denominación:		ESPOCH			
Sustitución:				TANQUE DE HOMOGENIZACION		FACULTAD DE CIENCIAS			
Datos	Nombre:	Firma:	Fecha:			Peso (Kg)	Tolerancia	ESCALA	Registro
Proyectó	Seta Sánchez V.		2019/12/05	CONCRETO					
Dibujó	Seta Sánchez V.		2019/12/05				+ 0,5		1:50
Revisó			2019/12/05			Codificación:			
Aprovó			2019/12/05						

Anexo N. Sistema de Agitación.



Anexo O. Vertedero.



N° Lámina: 9 de 10		N° Hojas: 10		Denominación:		ESPOCH			
Sustitución:				VERTEDERO		FACULTAD DE CIENCIAS			
Datos	Nombre:	Firma:	Fecha:			Peso (Kg)	Tolerancia	ESCALA	Registro
Proyectó	Seta Sánchez V.		2019/12/05	CONCRETO			+ - 0,5	1:50	
Dibujó	Seta Sánchez V.		2019/12/05			Codificación:			
Revisó			2019/12/05						
Aprovó			2019/12/05						

Anexo P. Rediseño De Un Sistema De Tratamiento De Aguas Residuales Para La Curtiduría San Vicente De La Ciudad De Ambato.

A	B	C	
<p>NOTAS</p> <p>A. Test de Jarras</p> <p>B. Agua de curtido antes y después del tratamiento.</p> <p>C. Muestras tratadas.</p>	<p>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:</p> <p>CERTIFICADO POR ELIMINAR</p> <p>APROBADO POR CALIFICAR</p> <p>POR APROBAR <u>INFORMACIÓN</u></p>	<p>ESPOCH</p> <p>FACULTAD DE CIENCIAS</p> <p>INGENIERÍA QUÍMICA</p> <p>VERÓNICA SÁNCHEZ</p>	<p>REDISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA CURTIDURÍA SAN VICENTE DE LA CIUDAD DE AMBATO.</p>



A



B



C



NOTAS

- A. Bombos de curtiembre
- B. Actual sistema de tratamiento.
- C. Toma de muestras.

CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:

CERTIFICADO POR ELIMINAR
APROBADO POR CALIFICAR
POR APROBAR INFORMACIÓN

ESPOCH

**FACULTAD DE CIENCIAS
INGENIERÍA QUÍMICA**

VERÓNICA SÁNCHEZ

REDISEÑO DE UN SISTEMA DE
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
PARA LA CURTIDURÍA SAN VICENTE DE
LA CIUDAD DE AMBATO.

Anexo Q. Documentos de la Curtiduría San Vicente



ESPOCH

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

CARRERA INGENIERIA QUIMICA

*Recibido,
2 Julio 2019.*

Oficio No. 792 IQ.FC.2019
Julio 1 de 2019



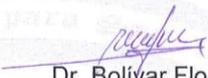
Señor
Ángel Efraín Llambo
GERENTE PROPIETARIO DE LA CURTIDURÍA "SAN VICENTE"
Ciudad.-

De mi consideración:

Luego de expresarle un cordial saludo, por la presente me permito solicitar a usted comedidamente se conceda el aval para la realización del Trabajo de Titulación "REDISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA CURTIDURÍA SAN VICENTE DE LA CIUDAD DE AMBATO" dirigido a la Srta. Verónica Paulina Sánchez Casco con C. I. 060501898-5 estudiante de la carrera de Ingeniería Química, quien culminó la Malla Curricular vigente en dicha carrera.

Por la atención que se digne dar a la presente, le reitero mis sentimientos de alta consideración y estima.

Atentamente,
"Saber para Ser"


Dr. Bolívar Flores H.
Director carrera Ingeniería Química (E)

Adriana V.

CURTIDURÍA SAN VICENTE

AMBATO-TUNGURAHUA – ECUADOR

Ambato, 16 de Diciembre de 2019

Doctor
Bolívar Flores
DIRECTOR- CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA
Presente

De mi consideración:

Yo, Ángel Efraín Llambo, Gerente Propietario de la Curtiduría “San Vicente” me remito informar mi no asistencia a la defensa del trabajo de titulación **“REDISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA CURTIDURÍA SAN VICENTE DE LA CIUDAD DE AMBATO”**, dirigido por la Srta. Verónica Paulina Sánchez Casco, estudiante de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ingeniería Química, debido a problemas personales.

Por la favorable acogida, dejo en constancia mis sentimientos de alta consideración y estima.

Atentamente,

Sr. Ángel Efraín Llambo
I.D. 180157339-3

GERENTE PROPIETARIO DE LA CURTIDURÍA SAN VICENTE

CURTIDURÍA SAN VICENTE

AMBATO-TUNGURAHUA – ECUADOR

Ambato, 09 de Enero de 2020

Yo, Ángel Efraín Llambo, Gerente Propietario de la Curtiduría “San Vicente”, Certifico que la Srta. Verónica Paulina Sánchez Casco con I.D. 180503199-2, ha realizado la entrega del trabajo de Titulación y su correspondiente capacitación para el tratamiento de las aguas residuales provenientes de la etapa de pelambre y la etapa de curtido, así como el manejo e implementación de los equipos de seguridad personal y disposición final de los residuos.

Atentamente,

Sr. Ángel Efraín Llambo

I.D. 180157339-3

GERENTE PROPIETARIO DE LA CURTIDURÍA SAN VICENTE

CURTIDURÍA SAN VICENTE

AMBATO-TUNGURAHUA – ECUADOR

Capacitación del manejo adecuado de la Planta de Tratamiento de aguas residuales de la Curtiduría “San Vicente” de la ciudad de Ambato

Nº	NOMBRE	CARGO	FECHA	FIRMA
1				
2				
3				
4				
5				

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS PARA
EL APRENDIZAJE Y LA INVESTIGACIÓN
UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS
REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 01/15/2020

INFORMACIÓN DEL AUTOR:
Nombres-Apellidos: Verónica Paulina Sánchez Casco
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL:
Facultad: Ciencias
Carrera: Ingeniería Química
Título a optar: Ingeniera Química
f. Documentalista responsable: