

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO GUILLERMO URRELO



Facultad de Ingeniería

Carrera Profesional de Ingeniería Ambiental y

Prevención de Riesgos

**TRATAMIENTO DEL AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL DE LA
CURTIEMBRE ROLEMT, PARA EL CUMPLIMIENTO DE LOS
VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES**

Tesis presentada en cumplimiento parcial de los requerimientos para optar el

Título Profesional en Ingeniería Ambiental y Prevención de Riesgos

**Bach. Margarita del Carmen Castillo Cuzco
Bach. Jerson Omar López Mendoza**

Asesor: Ing. MCs. Fernando Camilo Joaquín Rodríguez

Cajamarca - Perú

Diciembre - 2018

COPYRIGHT © 2019 by

CASTILLO CUZCO, MARGARITA DEL CARMEN

LOPEZ MENDOZA, JERSON OMAR.

Todos los derechos reservados

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO GUILLERMO URRELO

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y

PREVENCION DE RIESGOS

APROBACIÓN DE LA TESIS PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL

TRATAMIENTO DEL AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL DE LA
CURTIEMBRE ROLEMT, PARA EL CUMPLIMIENTO DE LOS VALORES
MÁXIMOS ADMISIBLES.

Presidente: _____

Secretario: _____

Vocal: _____

Asesor: _____

Dedicatoria

A:

Mis padres, Luis Alberto Castillo Martínez y Luz María Cuzco Salcedo; por haberme dado una gran carrera para mi futuro, con su esfuerzo y dedicación, así mismo por creer en mi capacidad, y por estar conmigo brindándome siempre su comprensión, amor y cariño.

A mi primo hermano Fernando Nicolás por ser mi fuente de motivación e inspiración para poder superarme cada día más.

Margarita Castillo Cuzco

Agradecimiento

Gracias a Dios por acompañarnos en el transcurso de nuestra carrera, guiándonos para poder culminar de la mejor manera.

Nuestro más sincero agradecimiento al Ing. Fernando Joaquín por su asesoramiento en la ejecución de este proyecto de investigación

Margarita Castillo & Jerson López

Resumen

Esta investigación tuvo como propósito implementar un sistema de tratamiento de efluentes de la Curtiembre Rolemt para dar cumplimiento de los parámetros del Anexo I y II establecidos en el D.S. N° 021-2009-VIVIENDA. En este estudio se presentó la remoción que se produjo de los parámetros que excedían los VMA, obteniéndose porcentajes de remoción de S.S.T. (99,57%), DBO (99,22%), DQO (97,08%), Cr Total (96,65%), S.S. (95,22%), A y G (95,17%), Sulfuros (94,99%) y NH_3^- (86,18%), obteniéndose el mayor porcentaje de remoción en los S.S.T. y el menor porcentaje en el NH_3^- . Así mismo, al realizar la implementación de la planta las concentraciones finales se redujeron considerablemente con respecto a los obtenidos en la caracterización del efluente antes de la implementación los que excedían los VMA. Los análisis de los efluentes después del tratamiento se realizaron durante 11 días, obteniéndose que la menor concentración de DQO (709,6 mg/L) fue el día 8, de TSS (311,4 mg/L), A y G (35,2 mg/L) y SS (2,0 mg/L) fueron el día 7, de Sulfuros (3,8 mg/L) fue el día 9, DBO (355,7 mg/L), Cr Total (5,2 mg/L) y NH_3^- (15,9mg/L) fueron el día 11. Mientras que los valores obtenidos del pH durante los 11 días se encontraron entre 7,2 a 7,8, los cuales estuvieron dentro del rango establecidos en el VMA.

Palabras clave: Sistema de tratamiento, Trampa de Aceite y Grasas, Poza de Aireación, Poza de Sedimentación.

Abstract

The purpose of this research was to implement an effluent treatment system for the Rolement Tannery in order to comply with the parameters of Annex I and II established in the D.S. N ° 021-2009-HOUSING. In this study, the removal of the parameters exceeding the VMA was presented, obtaining percentages of removal of S.S.T. (99,57%), DBO (99,22%), DQO (97,08%), Total Cr (96,65%), S.S. (95,22%), A and G (95,17%), Sulfides (94,99%) and NH₃- (86,18%), obtaining the highest percentage of removal in the S.S.T. and the lowest percentage in NH₃-. Likewise, when carrying out the plant's implementation, the final concentrations were significantly reduced with respect to those obtained in the characterization of the effluent before implementation those that exceeded the VMA. The analysis of the effluents after the treatment was carried out for 11 days, obtaining that the lowest concentration of DQO (709,6 mg / L) was day 1, of TSS (311,4 mg / L), A and G (35,2 mg / L) and SS (2,0 mg / L) were on day 7, Sulfur (3,8 mg / L) was day 9, DBO (355,7 mg / L), Total Cr (5,2 mg / L) and NH₃- (15,9 mg / L)) were on day 11. While the values obtained from the pH during the 11 days were between 7,2 to 7,8, which were within the range established in the VMA.

Keywords: Treatment system, oil and grease trap, aeration well, sedimentation pond.

2.4.2.Implementación de mejora sistema de tratamiento de agua residual	19
2.4.3. Materia prima	20
2.4.4. Efluente	20
2.4.5. Aguas Residuales	20
2.4.6. Aguas Residuales Industriales	20
2.4.7. Aguas Residuales Domésticas	21
2.4.8. Aguas Residuales Municipales	21
2.4.9. Etapa de Ribera	21
2.4.10.Etapa de Pelambre.....	22
2.4.11.Etapa de Descarne.....	22
2.4.12.Etapa de Piquelado.....	23
2.4.13.Etapa de Curtido.....	24
2.4.14.Etapa de recurtido, teñido y engrase	24
2.4.15.Operaciones unitarias.....	25
2.4.16.Procesos unitarios	25
2.4.17.Pre-Tratamiento	25
2.4.18.Tratamiento primario	25
2.4.19.Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA.....	26
2.4.20.DECRETO SUPREMO 003-2002-PRODUCE	26
3. CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	28
3.1. Tipo de Investigación.....	28
3.1.1. Investigación Aplicativa	28
3.2. Diseño de investigación.....	28
3.3. Área de investigación	29
3.4. Unidad de análisis, universo y muestra	29
3.4.1. Unidad de Análisis.....	29
3.4.2. Universo.....	29
3.4.3. Muestra	30
3.5. Operacionalización de variables.....	30
3.6. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos	31
3.7. Metodología desarrollada durante la investigación	31
3.7.1. Trabajo de campo.....	31
3.7.2. Propuesta de diseño.....	35

3.8.	Técnicas de investigación	45
3.9.	Técnicas de análisis de datos.....	45
4.	CAPITULO IV: ANALISIS DE RESULTADOS	46
4.1	Análisis de resultados	46
4.2	Contrastación de hipótesis - Análisis de estadístico	59
4.2.1	Análisis estadístico central de dispersión.....	59
4.2.2	Análisis de la prueba estadística t-student.....	60
5.	CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	63
5.1	Conclusiones.....	63
5.2	Recomendaciones	64
	LISTA DE REFERENCIAS	66
	ANEXOS	73
	ANEXO A.Actividades de curtición en la Curtiembre Rolemt.	73
	ANEXO B.Toma de muestras de las aguas residuales	74
	ANEXO C.Construcción de la poza de aireación.	75
	ANEXO D.Decreto Supremo N°021-2009 - VIVIENDA	76
	ANEXO E.Decreto Supremo N°003-2002 – PRODUCE- LMP	77
	ANEXO F. Decreto Supremo N°003-2002 – PRODUCE- Valores Referenciales.....	77
	ANEXO G.Informe de ensayo de Agua Residual para su Caracterización	78
	ANEXO H.Informe de ensayo del agua tratada despues de implementar la planta.....	79

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.	Operacionalización de las variables.....	30
Tabla 2.	Variables, técnicas e instrumentos de investigación.....	31
Tabla 3.	Parámetros que exceden los VMA.....	34
Tabla 4.	Criterios de diseño para rejillas de forma manual.....	35
Tabla 5.	Volumen y tiempo de llenado.....	35
Tabla 6.	Rangos del flujo de entrada según el tiempo de retención.....	36

Tabla 7. Dimensiones de la Trampa de Grasas.....	38
Tabla 8. Parámetros del Anexo 01 y 02 que exceden los VMA-Trampa de Grasas.....	40
Tabla 9. Caudales de ingreso hacia la poza de Aireación.....	41
Tabla 10. Dimensiones de la Poza de Aireación.....	42
Tabla 11. Parámetros del Anexo 01 y 02 que exceden los VMA - P. de Aireación.....	43
Tabla 12. Dimensiones de la Poza de Sedimentación.....	44
Tabla 13. Variables, Técnicas de investigación e instrumentos.....	45
Tabla 14. Análisis de tendencia central y de dispersión.....	60
Tabla 15. T-Student para muestras relacionadas.....	61

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Contaminantes generados en cada proceso.....	17
Figura 2. Ubicación de la Curtiembre Rolemt del distrito de La Esperanza.....	29
Figura 3. Diagrama de flujo de las etapas y sistema de la eliminación de agua residual que tiene la curtiembre Rolemt.....	32
Figura 4. Diagrama de flujo de las etapas y sistema de la eliminación de agua residual con la mejora de implementación en la curtiembre Rolemt	33
Figura 5. Trampa de grasas	39
Figura 6. Tamaño de la burbuja.....	41
Figura 7. Poza de Aireación.....	42
Figura 8. Poza de Aireación.....	44
Figura 9. Implementación del sistema de tratamiento de los efluentes de la Curtiembre Rolemt.	46
Figura 10. Promedio del Porcentaje de remoción de los parámetros que exceden el D.S. N° 021 durante 11 días de tratamiento.	48
Figura 11. Concentración de DBO obtenidos a partir de la implementación de sistema de tratamiento, realizado durante 11 días.....	49

Figura 12. Concentración de DQO obtenidos a partir de la implementación de sistema de tratamiento, realizado durante 11 días...	50
Figura 13. Concentración de TSS obtenidos a partir de la implementación del sistema de tratamiento, realizado durante 11 días.....	51
Figura 14. Concentración de A y G obtenidos a partir de la implementación del sistema de tratamiento, realizado durante 11 días.	52
Figura 15. Concentración de Cr Total obtenidos a partir de la implementación del sistema de tratamiento, realizado durante 11 días.	53
Figura 16. Concentración de Sulfuros obtenidos a partir de la implementación del sistema de tratamiento, realizado durante 11 días.	54
Figura 17. Concentración de NH_3^- obtenidos a partir de la implementación del sistema de tratamiento, realizado durante 11 días.	55
Figura 18. Concentración de SS obtenidos a partir de la implementación del sistema de tratamiento, realizado durante 11 días.....	56
Figura 19. Unidades de pH obtenidos a partir de la implementación del sistema de tratamiento, realizado durante 11 días.....	57
Figura 20. Distribución de t-student para comparación de medias.....	61



TRATAMIENTO DEL AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL DE LA CURTIEMBRE ROLEMT, PARA EL CUMPLIMIENTO DE LOS VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES.

1. CAPÍTULO I: INTRODUCCION

El agua residual industrial de curtiembre se caracteriza por presentar alta contaminación orgánica y tóxica los cuales están asociada a sales, sulfuro y cromo, por lo que constituye un problema desde el punto de vista ambiental; y socioeconómico para la sobrevivencia de las curtiembres que no cumplen con las exigencias en la emisión de sus descargas de aguas residuales.

Es así que los tratamientos de aguas residuales consisten en la aplicación de tecnologías conocidas para mejorar o incrementar la calidad del agua residual, es por ello que los procesos físicos, químicos y fisicoquímicos juegan un papel importante en el tratamiento de aguas residuales, solos o en combinación con los métodos mecánicos, químicos y biológicos que existen hoy en día.

En los últimos años en Trujillo el auge de las curtiembres se ha ido incrementando, así como la contaminación, es por ello que se adecuó una planta para el tratamiento físico del agua residual de la curtiembre Rolemt, para el cumplimiento de los Valores Máximos Admisibles (VMA), según el D.S. N° 021-2009 VIVIENDA, modificado mediante el D.S. N° 001-2015.

Con referencia al mencionado problema se logró reducir las concentraciones de las aguas residuales de la curtiembre disminuyéndose

por debajo de los VMA y de ésta manera demostrar que la adecuación de la planta de tratamiento fue efectiva.

1.1.Planteamiento del problema de investigación

Las empresas dedicadas a las industrias de la curtiembre en Perú, tanto formales como informales, operan principalmente en las ciudades de Trujillo, Arequipa y Lima. El Reporte Técnico para la Industria de Curtiembres en el Perú (MITINCI, Abril 1999) indicó que aproximadamente el 50% del cuero producido a nivel nacional proviene de empresas formales (López, 1999); sin embargo la falta de documentación causada por empresas formales e informales, dificulta estimar la producción anual nacional, pero al menos se sabe que el sector curtiembre ha registrado crecimientos en su producción, ejemplificado por un crecimiento de 12,4% en el primer trimestre del 2011 (Pérez et al., 2008).

La producción de cuero probablemente sea uno de los procesos industriales que más varía de planta a planta, aun cuando se procese el mismo tipo de piel para un mismo producto en condiciones similares, es así, que para transformar la piel de un animal en un producto imputrescible y con mejores propiedades, la piel pasa por una serie de etapas que la acondicionan y transforman hasta obtener el producto final, lo que consta de cuatro etapas principales: ribera, curtido, post-curtido (recurtido, teñido y engrase) y acabado (Miller et al., 1999).

Por ello, desde el punto de vista ambiental, las dos primeras etapas son importantes por el volumen y la carga contaminante de los efluentes, y las dos últimas etapas, por la cantidad de residuos sólidos y emisiones de solventes generados en las distintas operaciones para obtener el cuero acabado (Amaya et al., 2005). Estimándose que para procesar una tonelada de piel desde el proceso de ribera hasta el proceso final de acabado, se usan entre 15 y 40 m³ de agua fresca, generando un volumen semejante de residuos líquidos (Prazad, 2009), eliminándose sin previo tratamiento lo que genera aún mayor contaminación por los altos contenidos de materia orgánica (DBO o DQO) e inorgánica (DQO), sólidos suspendidos, sulfuro, cloruro, cromo, además de grasas constituyentes de la piel en concentraciones que alcanzan niveles tóxicos. (Pinedo, 2012).

Es por ello que estos residuos han sido parametrizados por diferentes entidades ambientales, estableciéndose Valores Máximos Admisibles por rubro industrial para evitar la contaminación de las aguas naturales (Rama y Philip, 2005). En Perú, estos VMA han sido modificados en diversas ocasiones, estableciéndose los más recientes en el Decreto Supremo N°021-2009-VIVIENDA, modificado mediante el D.S. N° 001-2015, dichos valores son mostrados en los Anexos N° 01 y 02, planteándose de ésta manera la necesidad de aplicar tecnologías limpias para contrarrestar el elevado nivel de contaminación producido por las curtiembres (Valores Máximos Admisibles, 2009).

1.2. Formulación del problema

¿Cuánto disminuyen la concentración de los parámetros de los Valores Máximos Admisibles según D. S. N° 021-2015, después de adecuar la planta de tratamiento físico para aguas residuales de la curtiembre Rolemt?

1.3. Justificación de la investigación

La mayoría de curtiembres emiten sus efluentes a los colectores comunes sin un tratamiento adecuado, conteniendo concentraciones que sobrepasan los Valores Máximos Admisibles según D.S. N° 021-2009; modificado mediante el D.S. N° 001-2015, llegando a los ríos o al mar, originándose la necesidad de buscar y aplicar procesos beneficiosos para el medio ambiente como una alternativa de tecnología limpia para el tratamiento de aguas residuales.

Es por ello que el presente trabajo tiene como finalidad el tratamiento físico de aguas residuales de la curtiembre Rolemt a fin de evitar que las descargas ocasionen el deterioro de las instalaciones, infraestructura sanitaria, maquinarias, equipos y de esta manera asegurar su adecuado funcionamiento, garantizando la sostenibilidad de los sistemas de alcantarillado y tratamiento de las aguas residuales; ya que si no se cumple el usuario se verá afectado con una sanción que conlleva a una multa y posteriormente a la clausura del servicio de alcantarillado, aparte de generan

una sobrecarga de aguas residuales en las plantas de tratamiento cuya infraestructura es insuficiente.

1.4. Objetivos de la Investigación

1.4.1. Objetivo General:

Implementar mejoras en el sistema de tratamiento de efluentes de la Curtiembre Rolemt para dar cumplimiento en los valores máximos admisibles de los parámetros del D.S. N° 021-2015 VIVIENDA.

1.4.2. Objetivo Específico:

- Determinar el cumplimiento de los parámetros en la descarga de aguas residual tratada con respecto al cumplimiento de los VMAs.
- Implementar mejoras en el Sistema de Tratamiento del agua residual no doméstica.
- Evaluar la calidad del agua tratada verificando el cumplimiento de los parámetros descritos en los anexos I y II del DS-021-2009-VIVIENDA.

1.5. Hipótesis

Si se implementan mejoras en el sistema de tratamiento de efluentes de la curtiembre Rolemt se cumplirían con los valores máximos admisibles de los parámetros del D.S. N° 021-2009 VIVIENDA.

2. CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Teorías que sustentan la investigación

Aktiengesellschaft y Ludwigshafen (2000), obtuvieron que los índices de contaminación de las aguas residuales más relevantes para cromo fueron valores mayores a 2 400 mg/L en el proceso de curtido, para materia orgánica valores de DQO que superan los 10 000 mg/L de O₂ en los vertimientos provenientes del lavado de las pieles que ingresan a todo el proceso y de sulfuros generados en el proceso de pelambre niveles mayores a 2 000 mg/L.

Yagüe (2001), evaluó la oxidación de los colorantes del agua residual del proceso de teñido de cuero en bombo, comparando la efectividad de los oxidantes hipocloritos de sodio al 5% p/v alcanzando una reducción máxima del color del 70%; con peróxido de hidrógeno del 69%; con mezcla de hierro (II) y peróxido de hidrógeno de 71%; con ozono de 70,8%; de 89% para mezcla de ozono y peróxido de hidrógeno; de 66,2% con radiación UV; 93,8% con UV y peróxido de hidrógeno.

Cano et al., (2002), evaluaron la capacidad de la biomasa de desecho agroindustrial de sorgo para retener cromo presente en el agua con concentraciones de 5 a 30 ppm, encontraron que es posible descontaminar aguas con cromo hasta niveles de 0,5 mg/L.

Cuberos et al., (2009), realizaron un estudio sobre los niveles de cromo y alteraciones que se presentan en la salud en una población expuesta a las actividades de curtiembres en Bogotá - Colombia, encontrando que un 6,3% de la muestra (827 personas) presentó niveles de cromo >10 ug/L.

Barrera (2011), desarrolló un estudio de factibilidad en sus etapas previas para una planta de tratamiento de aguas residuales, concluyéndose que, los habitantes ya no estarán en riesgo de contraer enfermedades por el contacto y la ingesta de agua contaminada ya que el proyecto es rentable.

Suárez et al., (2012), evaluaron pH, turbiedad, oxígeno disuelto, alcalinidad, acidez, dureza, demanda química de oxígeno, demanda bioquímica de oxígeno, sulfatos, nitritos, nitratos, sólidos suspendidos totales y cromo hexavalente del río Bogotá, en puntos ubicados aguas arriba, aguas abajo y en la zona de curtiembres del municipio de Villapinzón (Cundinamarca), estableciéndose que el efecto de los vertimientos sobre los parámetros físicos y químicos del río Bogotá ha generado un aumento significativo en la carga orgánica y cromo hexavalente, y una depleción del oxígeno disuelto.

Pinedo (2012), en su tesis Impactos Ambientales generados por la curtiembre D-Leyse, en el distrito de El Porvenir, Provincia Trujillo, Región La Libertad, concluye que los impactos generados en las industrias de

curtiembre son generalmente negativos en la descarga de efluentes líquidos, residuos sólidos y emisiones gaseosas; y el impacto positivo encontrado fue la mejora en la economía por tanto más puestos de trabajos.

Portilla (2013), concluyó que un sistema de tratamiento de las aguas residuales industriales de la Curtiduría Serrano, conformado por un sistema de aireación difusa junto a un proceso de coagulación – floculación para las aguas de pH básico y ácido por separado, reduce los contaminantes en un 75% los orgánicos y 70% los inorgánicos.

Rey de Castro (2013), comprobó que es viable recuperar el cromo de los efluentes de curtido mediante el método de precipitación, teniendo eficiencias sumamente altas, en un rango de 95,6 – 98,8% cuando se utilizaron agentes precipitantes de grado de laboratorio, y de 81,9 – 84,4% con agentes precipitantes de grado industrial.

Campos (2013), determinó que en la evaluación económica el valor del VPN es positivo (S/. 134 064), y el valor de la TIR (65%), es superior al costo de oportunidad (27%). Además, el periodo de recuperación es de menos de un año, concluyendo que las propuestas de mejora, son muy rentables para la Curtiembre ubicada en la Ciudad de Trujillo.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Análisis de la situación de la industria curtiembre

Según Miller et al., (1999), los cueros y los químicos de curtido son bienes que se transan en el mercado mundial, la única ventaja comparativa que un país puede ofrecer es mano de obra barata, daño ambiental y salud de sus ciudadanos.

En EE.UU., hace veintiocho años existían más de 300 curtiembres, hoy en día existen menos de 90, ya que a medida que la Agencia Estadounidense de Protección Ambiental (EPA) y cada uno de los estados desarrollaron e impusieron de manera estricta sus estándares para los efluentes de los residuos de las curtiembres, los curtidores tuvieron tres opciones: Cumplir con los estándares en las plantas existentes; trasladar las operaciones en húmedo a nuevas plantas con controles de contaminación "al final del tubo"; o cerrar (Miller et al., 1999).

Alemania tiene una industria de curtiembres muy pequeña. Italia y los otros países europeos conducen operaciones limpias y eficientes. En la mayoría de los casos los curtidores han construido plantas grandes y eficientes cercanas a los mataderos, que re-utilizan y reciclan sus efluentes de cromo (Miller et al., 1999).

En la India, Bangladesh y Turquía, las curtiembres se localizan en grupos donde cada empresa puede tener sus flujos de residuos separados para su óptimo reciclaje y así poder recuperar un porcentaje del valor. El éxito de estos parques industriales depende en gran medida de la imposición estricta de las normas ambientales establecidas, así como de la utilización de prácticas de producción limpias (separando los flujos de residuos y removiendo los sólidos de manera efectiva) (Miller et al., 1999).

En el Perú, la industria del cuero está en estado crítico, ya que muchas curtiembres formales han cerrado; y los operadores y empleados de una curtiembre formal que cierra han reaparecido como curtiembres informales. Muchas curtiembres formales alquilan sus servicios a curtidores informales para generar ingresos u operan dentro de sus propias casas, rodeados de sus vecinos que sufren las consecuencias, no existiendo en la actualidad un ordenamiento territorial adecuado, provocando un problema socio-ambiental que trasciende toda consideración sanitaria (Lazo, 2017).

2.2.2. Aspectos problemáticos de carácter ambiental

La industria del cuero es considerada uno de los sectores más contaminantes; ya que son necesarios alrededor de 500 kg de productos químicos para el procesamiento de una tonelada de cuero

crudo; por que el 85% no se incorporan en el cuero acabado; convirtiéndose en contaminante del ambiente (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 2012).

La producción del cuero requiere la eliminación de la mayoría de los componentes de la piel cruda, de la cual se termina aprovechando únicamente el 20% del peso; el otro 80% se descarta como residuo. Como consecuencia directa, se generan importantes volúmenes de residuos sólidos, emisiones gaseosas, efluentes líquidos con una combinación extremadamente compleja de compuestos orgánicos e inorgánicos que hace que el sector sea altamente contaminante, y por esto la industria de la curtiembre tiene un enorme impacto desde el punto de vista ambiental, dadas las características de los efluentes que elimina a los cursos de agua o a la atmósfera (CEPAL/PNUMA, 2013).

2.2.2.1. Efectos sobre cuerpos de agua

Las aguas residuales cuando son descargadas directamente a un cuerpo de agua ocasionan efectos negativos en la vida acuática y en los usos posteriores de estas aguas. Un cuerpo de agua contaminado disminuye el valor de su uso como bebida o para fines agrícolas e industriales. Afecta la vida acuática, mueren los peces por

disminución del oxígeno disuelto y el agua se convierte en no apta para el consumo (Butte y Heinzow, 2002).

2.2.2.2. Efectos sobre el alcantarillado y plantas de tratamiento de aguas residuales.

Los efluentes crudos de curtiembres, lanzados a una red de alcantarillado, provocan incrustaciones de carbonato de calcio y gran deposición de sólidos en las tuberías. La presencia de sulfuros y sulfatos aceleran el deterioro de materiales de concreto o cemento. Si la carga contaminante presenta sustancias tóxicas como el cromo, y es lanzada a una planta de tratamiento, puede interferir con el proceso biológico de la planta. Los residuos industriales líquidos de curtiembre que son descargados sin tratamiento a cuerpos de agua provocan una drástica disminución del oxígeno disuelto en ella por efecto del sulfuro, y aumento de materia orgánica general, más la presencia indeseada del cromo trivalente (Comisión Ambiental del Medio Ambiente, 2009).

2.2.2.3. Efectos sobre el suelo

El suelo tiene cierta capacidad para neutralizar la carga contaminante recibida. Consecuentemente, la

descarga de un efluente tratado puede ser beneficiosa para la irrigación de un terreno agrícola. Sin embargo, los niveles de contaminación deben ser cuidadosamente controlados para evitar el daño de la estructura del suelo, y la consecuente disminución de la producción agrícola y aceleración de la erosión (Comisión Ambiental del Medio Ambiente, 2009).

Materiales particulados, gases tóxicos, compuestos orgánicos volátiles y sulfuro de hidrógeno son las descargas gaseosas potenciales significativas. Los malos olores como consecuencia de inadecuadas o inexistentes prácticas de limpieza también afectan la calidad del aire (Sistema Nacional de Información Ambiental, 1999).

2.2.3. Aspectos problemáticos de carácter social

Desde el punto de vista social se considera importante su estudio en la medida que la contaminación por efluentes industriales generados por la actividad productiva de las curtiembres, están cargados de letales contaminantes para el ser humano; generando enfermedades, entre las cuales según estudios realizados en curtiembres a nivel mundial se encuentra el cáncer. Así mismo altera la cobertura vegetal y el entorno paisajístico, llegando a los ríos,

donde altera la calidad de agua utilizada para el riego de zonas de cultivo, dichas áreas agrícolas abastecen de productos alimenticios a los habitantes, por lo que existe el riesgo potencial de una epidemia generalizada (Lazo, 2017).

2.2.4. Principales agentes de la contaminación por efluentes

Según el Centro Panamericano e Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (2012), los principales agentes de contaminación del proceso productivo de cuero son:

- a.** La utilización del metal tóxico cromo (III) con la posible oxidación a cromo (VI). El cromo y sus formas son difícilmente biodegradables, siendo una carga para el ambiente por su persistencia, acumulación en el tiempo y efectos impredecibles sobre la vida acuática. En el caso del cromo (VI) es un comprobado cancerígeno humano.

- b.** El proceso de biodegradación de materia orgánica descargada en efluentes consume el oxígeno disuelto del cuerpo de agua receptor, que junto a un alto contenido de ácidos (por ejemplo: cloruro de sodio, ácidos sulfúrico y fórmico), provocan la muerte de la vida acuática y las funciones naturales de los ríos.

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

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

- e. La inadecuada disposición de los residuos (pelo, recortes y virutas de cuero, restos de pinturas y envases) los cuales quedan inutilizables para compostaje u otros métodos de aprovechamiento y/o disposición, como consecuencia del uso intensivo de químicos se convierten en desechos que contaminan el ambiente.

- f. La etapa de terminación involucra una cantidad de sustancias químicas, como por ejemplo ciertos pigmentos que contienen metales pesados (plomo, cadmio, cromo, etc.); productos químicos fluorados y polímeros que le dan repelencia al agua y la suciedad; ambos altamente tóxicos.

- g.** El uso de solventes (Compuestos Orgánicos Volátiles - COVs) en operaciones de acabado, terminación de los cueros, limpieza en seco y desengrasado tienen efectos perjudiciales para el ambiente y la salud, contribuyendo al calentamiento global.

- h.** Uso ineficiente del agua: aproximadamente 1 000 L por cuero empleados de modo ineficiente, generan grandes volúmenes de efluentes vertidos diariamente.

2.2.5. Contaminantes generados en cada proceso

Los procesos más importantes para convertir una piel en cuero, se efectúan en medios acuosos. Así, cada etapa del proceso va generando residuos industriales líquidos con distintos grados de contaminación, siendo la más importante en términos de carga orgánica expresada en DBO₅, la etapa de ribera.

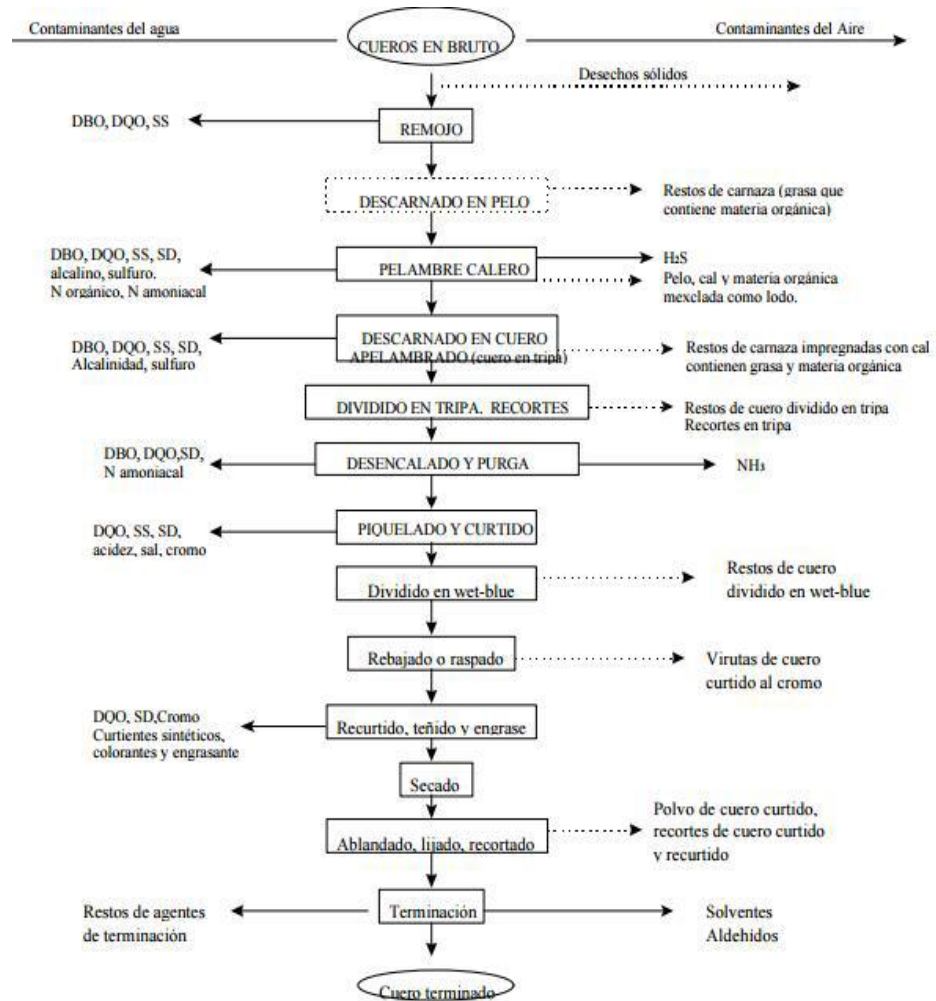


Figura 1: Contaminantes generados en cada proceso

Fuente: Comisión Nacional del Medio Ambiente (1999)

2.3. Discusión teórica

Para Amaya et al., (2005), debido a que la mayoría de curtiembres utiliza métodos y procedimientos rudimentarios en su operación; los procesos de pelambre y cromado constituyen las dos áreas de mayor preocupación por su alto nivel de DQO, alto DBO₅, alto contenido de sólidos y cromo en solución; propiciando de esta forma el aumento del deterioro del ambiente.

Según **Vankar (2008)**, los compuestos de Cr VI son oxidantes fuertes y altamente solubles, con mayor capacidad de penetrar las membranas biológicas, es por ello que poseen aproximadamente 100 veces más toxicidad y 1 000 veces más mutagenicidad, en comparación con el Cr III; además parte de Cr VI se puede reducir a Cr III por medio de donantes inorgánicos de electrones, tales como Fe^{2-} y S^{2-} en condiciones anaeróbicas, o en procesos biológicos en los que interviene la materia orgánica, esta transformación es más rápida en ambientes ácidos; mientras que los compuestos de Cr III no son oxidantes y por ello presentan menor toxicidad, y atraviesa las membranas con muy baja eficiencia debido a que forma precipitados (óxidos o hidróxidos) o compuestos insolubles relativamente inertes a pH cercanos a la neutralidad.

De acuerdo con **Pérez et al., (2008)**, en el Perú, a fines de 2007, el 63,6% de la población urbana total tuvo servicio de alcantarillado, durante ese año los sistemas de alcantarillado recolectaron aproximadamente 747,3 millones de metros cúbicos de aguas residuales, producto de las descargas de los usuarios conectados al servicio. De ese volumen, sólo 29,1% ingresaron a un sistema de tratamiento de aguas residuales, y el resto se descargó directamente a un cuerpo de agua (mar, ríos o lagos), se infiltró en el suelo o se usó clandestinamente para fines agrícolas, es decir, al menos 530 millones de m^3 de aguas residuales pasaron a contaminar los cuerpos de agua superficial que se usan para la agricultura, pesca, recreación e incluso para el abastecimiento de agua potable.

Por otro lado, **Duarte et al., (2009)** refieren que los métodos tradicionales para la recuperación o eliminación de cromo de efluentes de curtiembres, son los tratamientos químicos, que van desde la precipitación química, reacciones de oxidación-reducción, intercambio iónico, adsorción sobre carbón activado, ósmosis inversa, resinas quelantes, filtración, tecnologías de membrana hasta la recuperación por evaporación; sin embargo, las principales desventajas de estos métodos es que los agentes reductores utilizados son muy tóxicos, los costos de operación y mantenimiento son muy elevados, y generan cantidades de lodo químico que requiere ser concentrado y posteriormente dispuesto de forma adecuada; además son ineficientes cuando las concentraciones de metales pesados se encuentran en un rango de 1 – 100 mg/L.

2.4. Definición de términos básicos

2.4.1. Mejora:

Cambio o progreso de una cosa que está en condición precaria hacia un estado mejor.

2.4.2. Implementación de mejora de sistema de tratamiento de agua residual

Es llevar a cabo un conjunto de procesos en un sistema para tratar el agua residual con el fin de mejorar la condición inicial en la que esta se encontraba.

2.4.3. Materia prima

Es una sustancia heterogénea, generalmente cubierta con pelos o lanas formadas por varias capas superpuestas, siendo la estructura externa del cuerpo de los animales (Lazo, 2017).

2.4.4. Efluente

Es el líquido que procede de una planta industrial, siendo las descargas o salidas de flujos líquidos residuales, tratados o sin tratar, producto de cualquier proceso industrial (Sotomayor, 2006).

2.4.5. Aguas Residuales

Son aguas cuyas características originales han sido modificadas por actividades humanas y que por su calidad requieren un tratamiento previo, antes de ser reusadas, vertidas a un cuerpo natural de agua o descargadas al sistema de alcantarillado (OEFA, 2014).

2.4.6. Aguas Residuales Industriales

Resultan del desarrollo de un proceso productivo, incluyéndose a las provenientes de la actividad minera, agrícola, energética, agroindustrial, entre otras (OEFA, 2014).

2.4.7. Aguas Residuales Domésticas

Pueden ser de origen residencial y comercial que contienen desechos fisiológicos, entre otros, provenientes de la actividad humana, y deben ser dispuestas adecuadamente (OEFA, 2014)

2.4.8. Aguas Residuales Municipales

Pueden estar mezcladas con aguas de drenaje pluvial o con aguas residuales de origen industrial previamente tratadas, para ser admitidas en los sistemas de alcantarillado de tipo combinado.

2.4.9. Etapa de Ribera

Tiene como objetivo preparar la piel para el curtido limpiándola y acondicionándola, además para eliminar restos de sangre, suciedad y bacterias. Las pieles pasan por un proceso de remojo en piletas con agentes desengrasantes, humectantes y bactericidas, y se calcula que alrededor del 50% del consumo de agua de la curtiembre es empleado en este proceso, y adicionalmente, para ayudar en la rehumectación de la piel es común que se utilicen agentes tensoactivos (Salas, 2005).

2.4.10. Etapa de Pelambre

Consta de depilar la piel eliminando el material hecho de queratina (pelo, raíces de pelo y epidermis), utilizando principalmente sulfuro de sodio (Na_2S); y, por otra parte, encalar la piel a fin de hincharla en forma homogénea y prepararla para el curtido, removiendo al mismo tiempo algunas albúminas, mucopolisacáridos y grasas por que el proceso necesita un medio básico para hidrolizar la queratina del pelo y hacer más fácil la remoción proporcionando al sistema un pH de 12, utilizándose un álcali, como cal apagada $\text{Ca}(\text{OH})_2$, proporcionando una mayor apertura a la estructura dérmica, así como más puntos de unión para los curtientes en general, representando un gran peligro pues contienen altas concentraciones de iones sulfuro (Unidad de Asistencia Técnica Ambiental para la Pequeña y Mediana Empresa, 2004). A pH ácido, estos pueden protonarse para producir el gas H_2S que, en adición a su fuerte hedor, es sumamente tóxico (LC_{50} de 600 ppm por 30 minutos) (Salas, 2005). Asimismo, las proteínas ya degradadas aumentan la carga orgánica de los efluentes, incrementando los valores de DBO_5 y DQO (IBTEN-CIN, 2014).

2.4.11. Etapa de Descarne

Consta de un esfuerzo mecánico con máquinas descarnadoras para eliminar las capas sobrantes de grasa y carne. Luego, se reduce

el pH para empezar el proceso de desencalado, donde se agrega sulfato de amonio para extraer los restos de agentes encalantes utilizados previamente (Vidal et al., 2003). Los agentes desencalantes son sales hidrolizables ácidas que reaccionan con los agentes encalantes, neutralizándolos y formando sales solubles que son arrastradas con el flujo de agua. Asimismo, se añade hidrógenosulfito de sodio para desengrasar las pieles y dar un lavado profundo, al terminar el desencalado se tiene una etapa de purga donde las pieles son rotadas junto a agentes desengrasantes y humectantes por 45 minutos para después pasar a una nueva etapa de lavado (Shupack, 1991).

2.4.12. Etapa de Piquelado

Se acidifica la piel hasta un pH aproximado de 2,8 con lo cual se la acondiciona para permitir que los agentes curtientes penetren debidamente en su estructura. Para dicha tarea se utiliza H_2SO_4 al 1,2% o en su defecto, ácido fórmico ($HCOOH$), así como una cantidad de NaCl. Este proceso suele durar entre 2 a 3 horas y es seguido por 2 horas adicionales de lavado tras lo cual se mantienen los baños del piquelado para seguir hacia la etapa del curtido. La proporción de NaCl y ácido debe ser la adecuada, pues un exceso de cualquiera de estos insumos puede afectar la calidad del cuero producido. Si el pH baja demasiado, la piel tenderá a hincharse

irreversiblemente, mientras que si se usa demasiada sal, la piel se deshidratará y producirá cueros planos y sin llenura (Muñoz, 2008).

2.4.13. Etapa de Curtido

Se utilizan diferentes agentes curtientes minerales o vegetales que penetran la estructura para estabilizar las fibras de colágeno; la producción mundial de cuero utiliza mayormente sales minerales a base de cromo (sulfato de cromo $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$, sulfato básico de cromo $\text{Cr}(\text{OH})\text{SO}_4$ u óxido de cromo Cr_2O_3) que hidrolizan en medio acuoso para producir diversas especies dependiendo del pH; por la estabilización del colágeno, las fibras ya no se adhieren tan estrechamente entre sí con lo que la piel adquiere flexibilidad y mayor suavidad; volviéndose capaz de resistir temperaturas $> 80^\circ\text{C}$ sin gelatinizarse o descomponerse (Prazad, 2009).

2.4.14. Etapa de recurtido, teñido y engrase

Se dan los últimos retoques al cuero ya curtido, para obtener el color deseado y humectarlo. El proceso global termina con el secado y acabado, donde se busca obtener la textura y propiedades deseadas del producto final (Muñoz, 1991).

2.4.15. Operaciones unitarias

Son los métodos de tratamiento en los que predomina la aplicación de principios físicos (Martínez, 2007).

2.4.16. Procesos unitarios

Son los tratamientos en los que la eliminación de contaminantes se efectúa por actividad química o biológica (Martínez, 2007).

2.4.17. Pre-Tratamiento

Se pretende eliminar la materia gruesa y arenosa así como los aceites presentes que impedirían el tratamiento total y el funcionamiento eficiente de las máquinas, equipos e instalaciones de la planta de tratamiento (Tasti, 2003).

2.4.18. Tratamiento primario

Se emplean operaciones de tipo físico, tales como desbaste y sedimentación, para eliminar los sólidos suspendidos y sedimentables que se encuentran en el agua residual, mediante tratamientos como, sedimentación, coagulación-floculación y neutralización (Higuera et al., 2005.)

2.4.19. Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA

Reglamento donde se aprueba los Valores Máximos Admisibles (VMA) de las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado, modificado mediante D.S. N° 001-2015. En el que se especifica en el Artículo 1° que los VMA son aplicables en el ámbito nacional y son de obligatorio cumplimiento para todos los usuarios que efectúen descargas de aguas residuales no domésticas en los sistemas de alcantarillado sanitario; su cumplimiento es exigible por las entidades prestadoras de servicios de saneamiento - EPS, o las entidades que hagan sus veces, así mismo en el Artículo 3° se define los VMA como aquel valor de la concentración de elementos, sustancias o parámetros físicos y/o químicos, que caracterizan a un efluente no doméstico que va a ser descargado a la red de alcantarillado sanitario, que al ser excedido causa daño inmediato o progresivo a las instalaciones, infraestructura sanitaria, maquinarias y equipos de los sistemas de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales, y tiene influencias negativas en los procesos de tratamiento de las aguas residuales (VMA, 2009).

2.4.20. DECRETO SUPREMO 003-2002-PRODUCE

El presente Decreto Supremo es aplicable a todas las empresas nacionales o extranjeras, públicas o privadas con

instalaciones existentes o por implementar, que se dediquen en el país a las actividades industriales manufactureras de producción de cemento, cerveza, curtiembre y papel.

El Artículo 5 establece que Los Valores Referenciales establecidos para el caso de las actividades industriales manufactureras de curtiembre y papel, serán evaluados con la información generada a través de informes de monitoreo, a fin de determinar su idoneidad o necesidad de efectuar ajustes y darles posteriormente el carácter de Límites Máximos Permisibles. En la revisión de los Valores Referenciales se tomará en cuenta la información proveniente de los estudios ambientales presentados ante el Ministerio de la Producción y de las correspondientes acciones de fiscalización realizadas.

3. CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de Investigación

3.1.1. Investigación Aplicativa

El tipo de investigación se enfocó en hacer uso de los métodos del pasado, los conocimientos, teorías o de investigación básica para resolver un problema existente, ya que se realizó un seguimiento a los mismos sujetos o procesos a lo largo de un periodo concreto, permitiendo ver la evolución de las características y variables observadas (Hernández et al., 2010).

3.2. Diseño de investigación

La presente investigación es de tipo descriptiva - analítica, ya que describe las características de ciertos grupo, y consiste fundamentalmente en establecer la comparación de variables entre grupos de estudio y de control. **Cuantitativo**, porque utilizó la recolección de datos para determinar si la adecuación de la planta de tratamiento físico del agua residual de la curtiembre Rolemt, disminuyen por debajo de los Valores Máximos Admisibles, según el D.S. N° 021-2015 VIVIENDA. (Hernández et al., 2010).

3.3. Área de investigación

El estudio se ejecutó en la Curtiembre Rolemt, ubicada en el distrito de La Esperanza, provincia de Trujillo- La Libertad, en la cual se realizó la adecuación de una planta de tratamiento físico para sus aguas residuales.



Figura N° 2: Ubicación de la Curtiembre Rolemnt del distrito de La Esperanza

Fuente: Elaborada por los autores

3.4. Unidad de análisis, universo y muestra

3.4.1. Unidad de Análisis

Agua residual de la Curtiembre Rolemt, ubicada en el distrito de La Esperanza, provincia de Trujillo- La Libertad.

3.4.2. Universo

Agua residual proveniente de las Curtiembres.

3.4.3. Muestra

Antes de la adecuación de la planta de tratamiento se recolectó 8 Litros de agua residual de cada etapa: descarnado, botales, remojo, caleros y el buzón general. Después de haber adecuado la planta de tratamiento físico se volvió a recolectar 8 Litros de agua residual a la salida de la trampa de grasas, salida de la poza de aireación, sedimentación y del buzón final.

3.5. Operacionalización de variables

Tabla 1: Operacionalización de las variables

Variable	Definición	Dimensiones	Indicadores
Independiente Mejora en el Sistema de Tratamiento del agua residual	Es llevar a cabo un conjunto de procesos en el sistema para para tratar el agua residual y mejorar su condición inicial.	Adecuación de la planta de tratamiento físico.	Flujo de agua residual descargada al alcantarillado en m ³
Dependiente Cumplimiento de los Valores Máximos Admisibles	Es aquel valor de la concentración de elementos, parámetros físicos y/o químicos, y caracterizan a un efluente no doméstico que va a ser descargado a la red de alcantarillado sanitario, causando daño a las instalaciones, teniendo influencias negativas en los procesos de tratamiento de las aguas residuales	Anexo N° 01 (DBO, DQO, Sólidos Suspendidos Totales, Aceites y Grasas) Anexo N° 02 Metales (Aluminio, Arsénico, Boro, Cadmio, Cobre, Cromo total, Magnesio, Mercurio, Níquel, Plomo, Zinc), Cianuro, Cromo hexavalente, Sulfatos, Sulfuros, Nitrógeno Amoniacal, pH, Sólidos Sedimentos, Temperatura	D.S. N° 021-2009 VIVIENDA (mg/L, escala de pH, escala de T°)

Fuente: Elaborado por los autores

3.6. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos

Tabla 2: Variables, técnicas e instrumentos de investigación

Variable	Técnicas	Instrumentos
Independiente Implementación de Mejora Tratamiento físico del agua residual	<ul style="list-style-type: none"> - Construcción de la planta de tratamiento físico. - Caracterización del efluente. - Análisis comparativo de la disminución de los parámetros. - Observación. 	<ul style="list-style-type: none"> - Adecuación de la planta de tratamiento físico.
Dependiente Cumplimiento de los Valores Máximos Admisibles	<ul style="list-style-type: none"> - Análisis físico químico de parámetros. - D.S. N° 021-2009 VIVIENDA. 	<ul style="list-style-type: none"> - Análisis de documentos (D.S. N° 021-2009). - Muestreo de aguas.

Fuente: Elaborado por los autores

3.7. Metodología desarrollada durante la investigación

3.7.1. Trabajo de campo

Se realizó las siguientes etapas:

A. Diagnóstico de la curtiembre (Ortiz, 2010)

Se identificaron las etapas y el sistema de eliminación del agua residual que tiene la curtiembre Rolemt, determinándose que no contaba con un sistema de tratamiento adecuado.

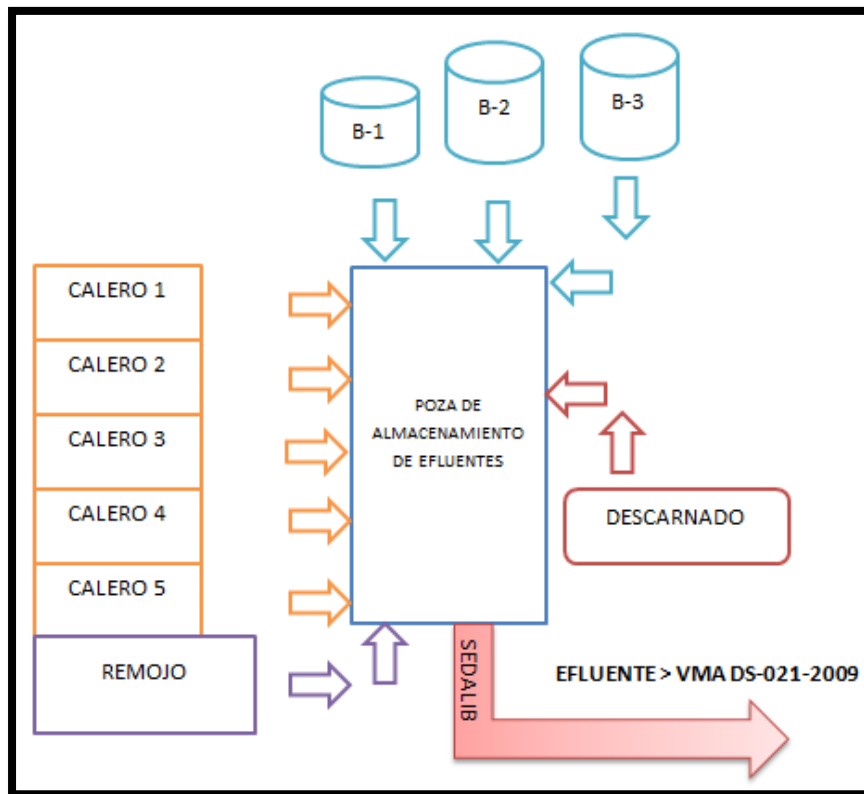


Figura 3. Diagrama de flujo de las etapas y sistema de la eliminación de agua residual que tiene la curtiembre Rolemt.

Fuente: Elaborado por los autores

B. Implementación de mejora en el sistema de tratamiento de aguas en la curtiembre

Con la implementación de mejora en el sistema de eliminación del agua residual de la curtiembre agregamos al sistema tres pozas: la poza de aireación, poza de sedimentación y la poza de aceites y grasas

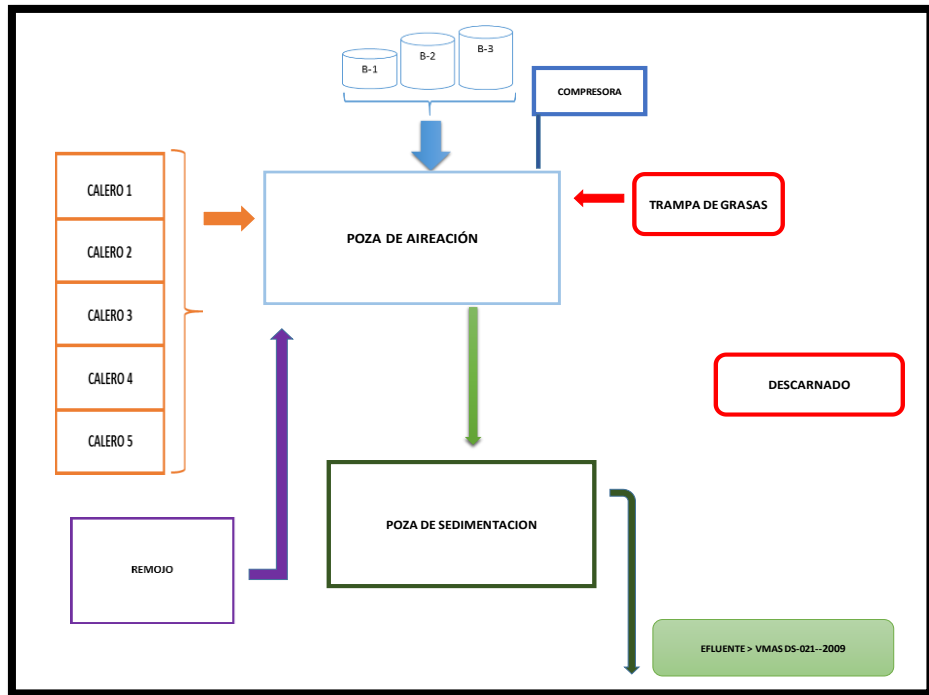


Figura 4. Diagrama de flujo de las etapas y sistema de la eliminación de agua residual con la mejora de implementación en la curtiembre Rolemt.

Fuente: Elaborado por los autores

C. Aforo de aguas residuales (Becerra-Gutiérrez et al., 2014)

Se obtuvo el caudal de cada etapa, midiéndose el tiempo transcurrido desde que se introdujo el recipiente a la descarga hasta que se retiró de ella; la relación de estos dos valores nos permitió conocer el caudal en ese instante de tiempo y el volumen que elimina la curtiembre.

D. Caracterización del agua residual (VMA, 2009 y Becerra-Gutiérrez et al., 2014).

Se realizó durante un día de trabajo; recolectándose una muestra de la Etapa de descarnado, botales, remojo, caleros y buzón general individualmente, para determinar cuáles parámetros exceden los rangos establecidos en el VMA. Las muestras se preservaron y conservaron a una temperatura de 4°C, y se llevaron al laboratorio NKAP S.R.L para la determinación de los parámetros establecidos en el D.S. N° 021-2015-VIVIENDA (Anexo 2). Obteniéndose que se sobrepasaron los rangos establecidos en los VMA.

Tabla 3. Parámetros que exceden los VMA

Parámetro	Unidad	VMA	Valores excedentes al VMA				
			Descarnado	Botales	Remojo	Caleros	Buzón General
Anexo 01							
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	mg/L	500	12 874	921,30	1 458	831,3	8 399
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	1 000	26 811	2 152	3 096	2 154	20 443
Sólidos Suspendidos Totales (S.S.T.)	mg/L	500	49 082	735,10	1 017,20	2 106	44 153
Aceites y Grasas (A y G)	mg/L	100	13 541	-	-	-	10 558
Anexo 02							
Cromo Total	mg/L	10	-	188,20	-	-	136,60
Sulfuros	mg/L	5	-	-	102,70	-	84,11
Nitrógeno Amoniacal	mg/L	80	206,40	-	159,30	-	182,90
pH	-	6 – 9	-	3,96	9,42	12,92	12,33
Sólidos Sedimentables	mg/L	8,5	120	-	-	-	100

Fuente: Elaborado por los autores

3.7.2. Propuesta de diseño

Después de realizar la caracterización del agua residual de la curtiembre Rolemt y haber identificado los parámetros de las etapas que sobrepasan los VMA, se plantearon tres niveles de tratamiento:

NIVEL 1: Separación física de grasas (Grupp, 2010)

Se tiene que tomar en cuenta los siguientes aspectos:

1° Criterios de diseño para rejillas

Tabla 4. Criterios de diseño para rejillas de forma manual

PARÁMETRO DE DISEÑO	VALOR	UNIDAD
Inclinación de las rejillas	70° a 80° con respecto a la horizontal	-
Separación libre entre barras	20 a 40	Mm
Velocidad del flujo	0,6	m/s

Fuente: Arévalo, 2015

2° Cálculo del Caudal residual (ASIA, 2015)

El caudal máximo se obtuvo a partir del promedio del volumen y tiempo de llenado obtenidos en 3 momentos diferentes.

Tabla 5. Volumen y tiempo de llenado

Variables	I	II	III	Promedio
Volumen llenado	20 L	20 L	20 L	20 L
Tiempo llenado	8 seg.	8 seg.	9 seg.	8,33 seg.

Fuente: Elaborado por los autores

Luego se procedió a reemplazar en la fórmula:

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

Donde:

Q = Caudal máximo en L/seg.

V = Volumen de llenado.

T= Tiempo de llenado.

Obteniéndose un caudal máximo de:

$$Q = \frac{20 L}{8,33 \text{ seg.}} = 2,4 L/seg$$

3° Tiempo de retención hidráulica 30(ASIA, 2015)

Tabla 6. Rangos del flujo de entrada según el tiempo de retención.

Tiempo de retención	Flujo de entrada
3 minutos	2 a 9 L/seg.
4 minutos	10 a 19 L/seg.
5 minutos	> a 20 L/seg.

Fuente: Asia, 2015

Según el caudal obtenido, el tiempo de retención hidráulica debe ser de 3 minutos ó 180 segundos.

4° Cálculo de volumen de la trampa de grasa (ASIA, 2015)

$$V = Q * t_{ret}$$

Donde:

V = Volumen de trampa de grasa en m³.

Q = Caudal residual en L/seg.

t_{ret} = Tiempo de retención hidráulica en seg.

Reemplazando:

$$V = 2,4 L * 180 seg. = 432 L = 0,432 m^3$$

5° Cálculo de altura útil de agua (ASIA, 2015)

Para obtener la altura útil se tuvo en cuenta el espacio para construir la trampa (Largo y Ancho), en las que las medidas tuvieron relación 3:1 y se procedió a realizar la siguiente fórmula:

$$h = \frac{V}{As} = \frac{V}{LARGO * ANCHO}$$

Donde:

h = Altura útil de agua en metros (m).

V = Volumen de trampa de grasa en m³

As = Área superficial en m²

Por lo tanto la Altura útil fue:

$$h = \frac{0,432 m^3}{1,2 m * 0,4 m} = 0,9 m$$

Entonces las medidas fueron las siguientes:

Tabla 7. Dimensiones de la Trampa de Grasas

Dimensiones	Medidas	Volumen de Trabajo	Volumen Total
Largo	1,2 m		
Ancho	0,4 m		
Profundidad útil	0,9 m	0,432 m ³	0,576 m ³
Profundidad Total	1,2 m		
Profundidad Libre	0,3 m		

Fuente: Elaborado por los autores

6° Construcción de la trampa de grasas (Unidad de Apoyo Técnico para el Saneamiento Básico del Área Rural, 2003)

A partir de los datos obtenidos se construyó la trampa de grasas, con una capacidad de 1/3 mayor al volumen de trabajo (0,432 m³), ésta trampa es alimentada por el agua del descarnado.

Constó de una rejilla ubicada transversalmente a la mitad de la poza, la cual removió los constituyentes del agua tales como objetos flotantes. Además el diámetro de la tubería de entrada y de salida fue de 4 pulgadas y está conformado por codos y tee de PVC; el extremo final del tubo de entrada está sumergido por 0,15m, y el tubo de salida que en donde se hace la recolección se localizó a 0,5m del fondo del tanque.

La trampa de grasa construida constó del siguiente diseño:

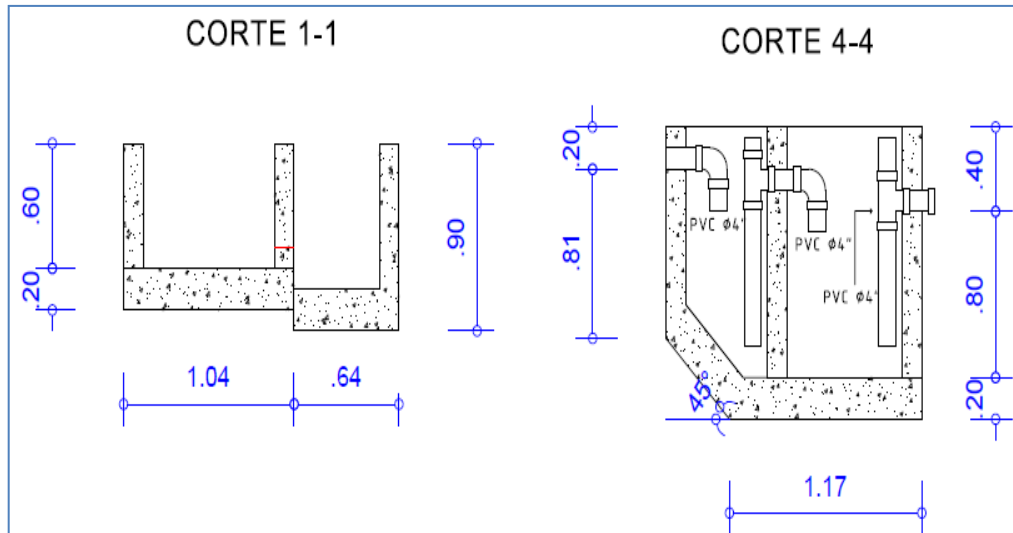


Figura 5: Trampa de grasas

Fuente: Elaborado por los autores

Así mismo, la trampa de grasas recibirá un mantenimiento regular, que se hará cada vez que alcance el 75% de la capacidad de retención como mínimo o cuando las grasas tengan un espesor del 25% del volumen útil.

Luego de haber adaptado la planta de tratamiento se realizó un muestreo de las aguas residuales a la salida de la trampa de grasas, obteniéndose que de todos los parámetros analizados del Anexo 01 y 02, sólo DBO, DQO y Sólidos Sedimentables fueron los que sobrepasaron los VMA.

Tabla 8. Parámetros del Anexo 01 y 02 que exceden los VMA-Trampa de Grasas

Parámetro	VMA	Valores excedentes al VMA		
		Descarnado (Salida de la trampa de grasas)		
		0 días	2 días	4 días
Anexo 01				
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	500 mg/L	2 017	2 211	2 198
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	1 000 mg/L	3 648	3 498	3 221
Anexo 02				
Sólidos Sedimentables	8,5 mg/L	20,0	18,0	25,0

Fuente: Elaborado por los autores

NIVEL 2: Aireación (Ortiz, 2013)

A la poza de aireación ingresará a través de canales con rejillas y tuberías, agua de la trampa de grasas, de los botales, del remojo y de los caleros. El volumen total usado por todas las etapas de proceso en la curtiembre, es de 5 a 6 m³ según los datos proporcionados por el personal. Es por ello que fue construida con una capacidad superior al volumen de trabajo estimado para el proceso por día de producción, y fue diseñada para amortiguar las variaciones de caudal, debido al flujo inconstante de los efluentes de las distintas etapas, lográndose de esta manera un efluente lo suficientemente uniforme en cuanto a características y caudal.

Tabla 9. Caudales de Ingreso hacia la poza de aireación

	Caudal
Trampa de Aceites y Grasas	2,0 L/seg
Botales	2,5 L/seg
Caleros	2,8 L/seg
Remojo	4,6 L/seg

Fuente: Elaborado por los autores

Además esta poza constó de codos y tees de PVC de 4, 5 y 6 pulgadas y tuberías de 2 pulgadas con agujeros debidamente distribuidos, lo que hizo que el aire inyectado desde la compresora permita una buena homogenización y a su vez una neutralización de pH, ya que el aire inyectado tubo un tamaño de burbuja uniforme.

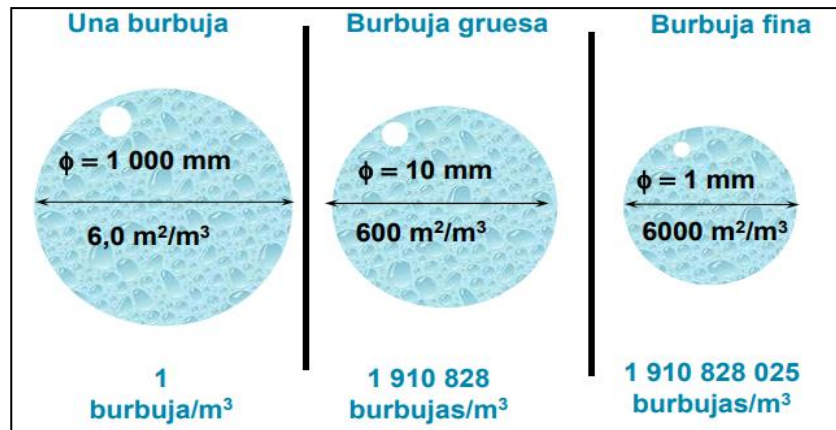


Figura 6: Tamaño de la burbuja

Fuente: Ortiz, 2013

Es por ello, que de acuerdo al espacio que contaba la curtiembre se construyó la poza de aireación.

Tabla 10. Dimensiones de la Poza de Aireación

Dimensiones	Medidas	Volumen de Trabajo	Volumen Total
Largo	2,5 m		
Ancho	1,8 m		
Profundidad útil	1,3 m	5,85 m ³	6,75 m ³
Profundidad Total	1,5 m		
Profundidad Libre	0,2 m		

Fuente: Elaborado por los autores

La poza de aireación construida constó del siguiente diseño:

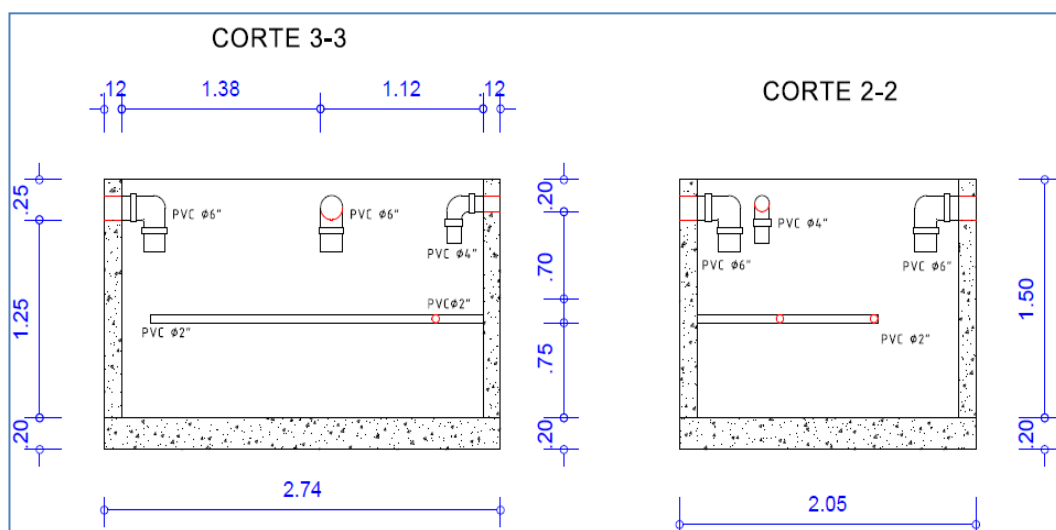


Figura 7: Poza de Aireación

Fuente: Elaborado por los autores

Luego de haber adaptado la planta de tratamiento se volvió a muestrear las aguas residuales pero a la salida de la poza de aireación, obteniéndose que de todos los parámetros analizados del Anexo 01 y 02, sólo DBO, DQO, Sólidos Suspendidos Totales, Sólidos Sedimentables y Sulfuros fueron los que sobrepasaron los VMA. Además se determinó que el tiempo de aireación debe ser de 3 horas para que los parámetros estén dentro del rango establecido, a excepción de los Sólidos Sedimentables

que si bien es cierto sus valores se redujeron no se pudo disminuir a valores menor al rango señalado.

Tabla 11. Parámetros del Anexo 01 y 02 que exceden los VMA - P. de Aireación

Parámetro	VMA	Valores excedentes al VMA								
		Salida de la poza de aireación								
		1 hora			2 horas			3 horas		
		0 días	2 días	4 días	0 días	2 días	4 días	0 días	2 días	4 días
Anexo 01										
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	500 mg/L	1 024	1 156	1 283	519,6	1 156	711,2	409,3	434,7	396,7
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	1000 mg/L	1 866	2 009	2 559	1 129	2 009	1 505	783,3	824,8	725,8
Sólidos Suspendidos Totales (S.S.T.)	500 mg/L	792,7	753,3	788,1	775,6	753,3	740,3	782,6	755,9	766,3
Anexo 02										
Sólidos Sedimentables	8.5 mg/L	32,0	18,0	22,0	35,0	26,0	25,0	35,0	25,0	28,0
Sulfuros	5 mg/L	22,07	17,63	15,93	8,65	17,63	9,02	3,96	4,63	3,88

Fuente: Elaborado por los autores

NIVEL 3: Sedimentación

El volumen total usado por todas las etapas de proceso en la curtiembre es de 5 a 6 m³, por lo tanto ésta fue diseñada en base al volumen diario que se utiliza en la curtiembre, considerando una retención de agua de 2 a 6 horas para luego ser evacuada al sistema de alcantarillado. Se diferenció de las otras pozas por su diseño trapezoide, lo que permitió una mejor sedimentación de los sólidos, A la poza de sedimentación ingresará el agua residual proveniente

de la poza de aireación, y de acuerdo al espacio que contaba la curtiembre se construyó la poza de sedimentación.

Tabla 12. Dimensiones de la Poza de Sedimentación

Dimensiones	Medidas	Volumen de Total
Largo de la superficie	2,60 m	3,77 m ³
Largo de la base	1,78 m	
Profundidad Total	1,72 m	
Angulo de inclinación	60°	

Fuente: Elaborado por los autores

La poza de sedimentación construida constó del siguiente diseño:

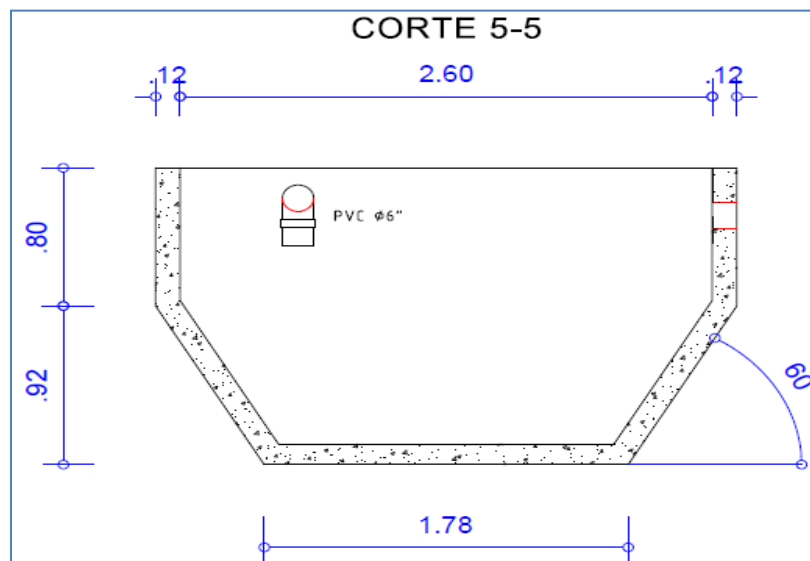


Figura 8: Poza de Aireación

Fuente: Elaborado por los autores

Luego de haber adaptado la planta de tratamiento se volvió a muestrear las aguas residuales, pero ésta vez a la salida de la poza de sedimentación, encontrándose que todos los parámetros analizados del Anexo 01 y 02, no exceden la concentraciones de los VMA.

3.8. Técnicas de investigación

Tabla 13. Variables, Técnicas de investigación e instrumentos

Variable	Técnicas de investigación	Instrumentos
Independiente Mejora en el sistema de Tratamiento físico del agua residual	- Efectividad de la planta de tratamiento físico del agua residual de la curtiembre Rolemt. - Cuantificación de las concentraciones iniciales y finales obtenidas de las aguas residuales de la curtiembre Rolemt.	- Etapas de la planta de tratamiento físico
Dependiente Cumplimiento de los Valores Máximos Admisibles	- Análisis físico-químico de: DBO, DQO, SST, Aceites y Grasas, Metales (Aluminio, Arsénico, Boro, Cadmio, Cobre, Cromo total, Magnesio, Mercurio, Níquel, Plomo, Zinc), Cianuro, Cromo hexavalente, Sulfatos, Sulfuros, Nitrógeno Amoniacal, pH, Sólidos Sedimentos, Temperatura. - D.S. N° 021-2009 VIVIENDA.	- Muestreo de aguas residuales. - Multiparámetro. - Análisis de cada parámetro.

Fuente: Elaborado por los autores

3.9. Técnicas de análisis de datos

- Se comparó las concentraciones de los parámetros después de la planta de tratamiento con los valores dados en el Decreto Supremo.
- Los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza con un nivel de significancia de 95% con un margen de error de +/- 0.05, y fueron analizados mediante la prueba “t” comparándose los promedios mediante el programa estadístico SPSS.

4. CAPITULO IV: ANALISIS DE RESULTADOS

4.1 Análisis de resultados

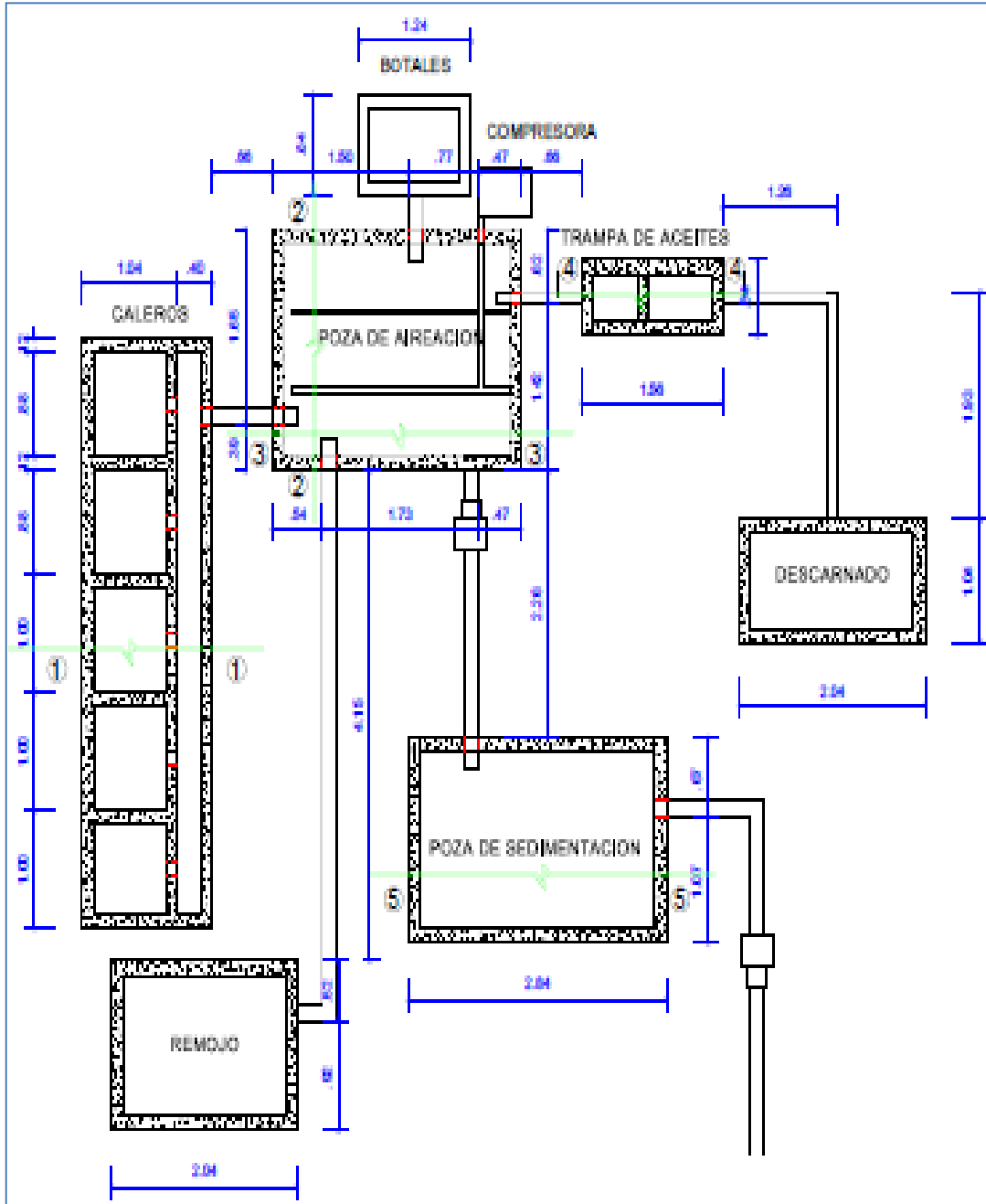


Figura 9. Implementación del sistema de tratamiento de los efluentes de la Curtiembre Rolemt.

Fuente: Elaborado por los autores

En la figura 9 se observa la implementación de una planta de tratamiento a fin de dar cumplimiento con la normativa ambiental vigente relacionada con descargas al sistema de alcantarillado, para la cual se evaluó la disponibilidad del lugar, el caudal del agua de la curtiembre y los resultados obtenidos luego de la caracterización del efluente donde se aprecia que los parámetros Sólidos Suspendidos Totales, Sólidos Sedimentables, Aceites y Grasas, DBO, DQO, Sulfuros, Nitrógeno Amoniacal, Cromo total y pH; son los que superan la norma.

El diseño inicia con el ingreso del agua residual a través de las rejillas que fueron adaptadas en la curtiembre, reteniendo impureza de mayor tamaño, posteriormente se empleó un tratamiento primario (operaciones físicas) para la separación de sólidos totales, sólidos suspendidos y flotantes, grasas y compuestos orgánicos; construyéndose una Trampa de Grasas, Poza de Aireación y Poza de Sedimentación, las cuales lograron que la curtiembre Rolemt cumpla con el D.S. N° 021-2009- VIVIENDA. Así mismo, este sistema de tratamiento es el más factible en la curtiembre en estudio debido al espacio reducido que se necesita para su implementación además de la facilidad de operación y mantenimiento de estos sistemas de tratamiento.

Según Lazo (2017), los efluentes crudos de curtiembres, lanzados a una red de alcantarillado, provocan incrustaciones de carbonato de calcio y gran deposición de sólidos en las tuberías. La presencia de sulfuros también acelera el deterioro de materiales de concreto o cemento y si la carga contaminante presenta sustancias tóxicas como el cromo, puede interferir con el proceso biológico de la planta. En

lugares donde no existen plantas de tratamiento, estos contaminantes afectan la calidad del cuerpo receptor causando su deterioro. Los residuos industriales líquidos de curtiembre que son descargados sin tratamiento a cuerpos de agua provocan una drástica disminución del oxígeno disuelto en ella por efecto del sulfuro, además del aumento de materia orgánica general.

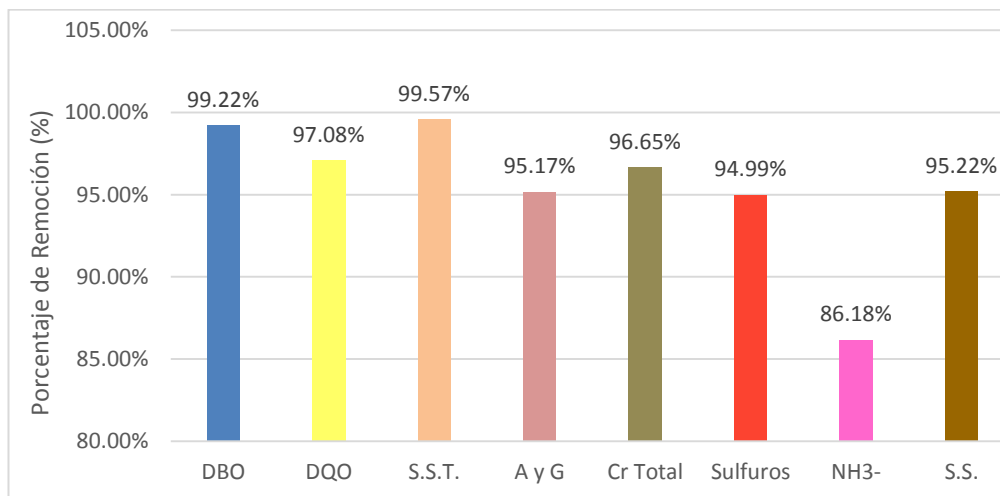


Figura 10. Promedio del Porcentaje de remoción de los parámetros que exceden el D.S. 021, durante 11 días de tratamiento.

En la Figura 10 se observa que luego de realizar el tratamiento físico de las aguas residuales de la curtiembre Rolemt, se obtuvo que los dos parámetros con mayor porcentaje de remoción fueron los S.S.T (99,57%), DBO (99,22%); mientras que los dos parámetros con menor porcentaje de remoción fueron Sulfuros (94,99%) y NH₃⁻ (85,18%); los cuales fueron obtenidos a partir de la caracterización inicial que se realizó del efluente, con los resultados obtenidos en el buzón final durante los 11 días de tratamiento.

Según Latorre (2012), tanques de sedimentación dimensionados y operados de manera eficiente pueden eliminar entre el 50% y 70% de los sólidos suspendidos y entre el 25% y 40% de la DBO₅, concordando con los resultados obtenidos, ya que estos parámetros fueron los que obtuvieron mayor porcentaje de remoción con respecto a los otros, sin embargo nosotros no sólo empleamos la poza de sedimentación si no también la trampa de Grasas y la Poza de Aireación lo que provocó que la remoción sea casi del 100%.

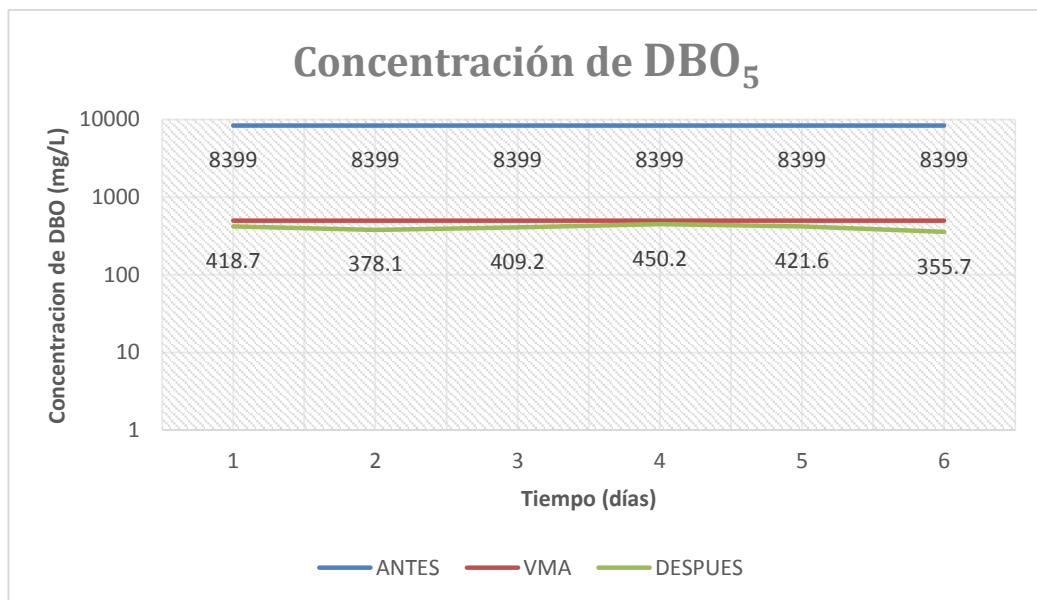


Figura 11. Concentración de DBO obtenidos a partir de la implementación del sistema de tratamiento, realizado durante 11 días.

Al analizar la figura 11 se observa que los VMA para DBO, presentan un valor de 500 mg/L, y que al realizar la implementación de la planta las concentraciones finales se redujeron considerablemente con respecto a los obtenidos en la caracterización del efluente antes de la implementación los que excedían los VMA. Al realizar el análisis de los efluentes después del tratamiento

las concentraciones obtenidas durante los 11 días estaban por debajo de los VMA, y la menor concentración de DBO se obtuvo en el día 11 que fue de 355,7 mg/L.

Según Lecca y Ruiz (2014), el DBO se usa como una medida de la cantidad de oxígeno requerido para la oxidación de la materia orgánica biodegradable, presente en la muestra de agua, mediante la acción de bacterias en condiciones aeróbicas, por lo que los reactores de aireación ayudan a conseguir una mejor oxidación como complemento de sus procesos disminuyendo el DBO. Lo que concuerda con los resultados obtenidos, ya que dentro del tratamiento empleado en la curtiembre se encuentra una Poza de aireación.

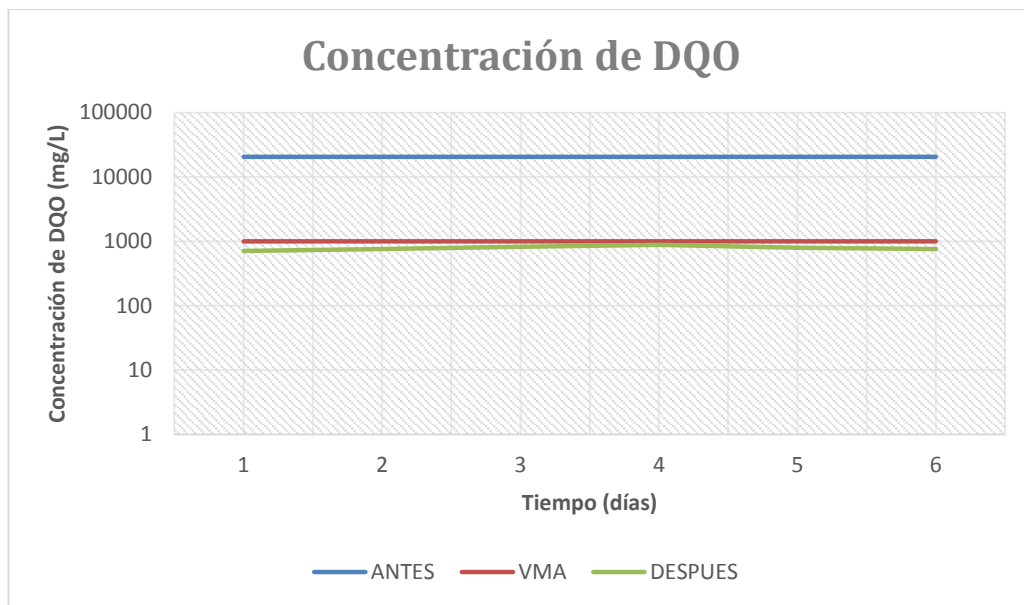


Figura 12. Concentración de DQO obtenidos a partir de la implementación del sistema de tratamiento, realizado durante 11 días.

Al analizar la figura 12 se observa que los VMA para DQO, presentan un valor de 1 000 mg/L, y al realizar la implementación de la planta las concentraciones finales se redujeron considerablemente con respecto a los

obtenidos en la caracterización del efluente antes de la implementación los que excedían los VMA. Al realizar el análisis de los efluentes después del tratamiento las concentraciones obtenidas durante los 11 días estaban por debajo de los VMA, y la menor concentración de DQO se obtuvo en el día 0 que fue de 709,6 mg/L.

Según Arévalo (2015), el DQO será mayor que el DBO en muestras donde predominan material químicamente oxidable pero no oxidable biológicamente, Así mismo, la relación entre DBO_5 y DQO en una muestra de agua residual indica la posible biodegradabilidad de la materia orgánica y el contenido de sustancias tóxicas presentes en la muestra, concordando con los resultados obtenidos al compararlos con la Figura 10.

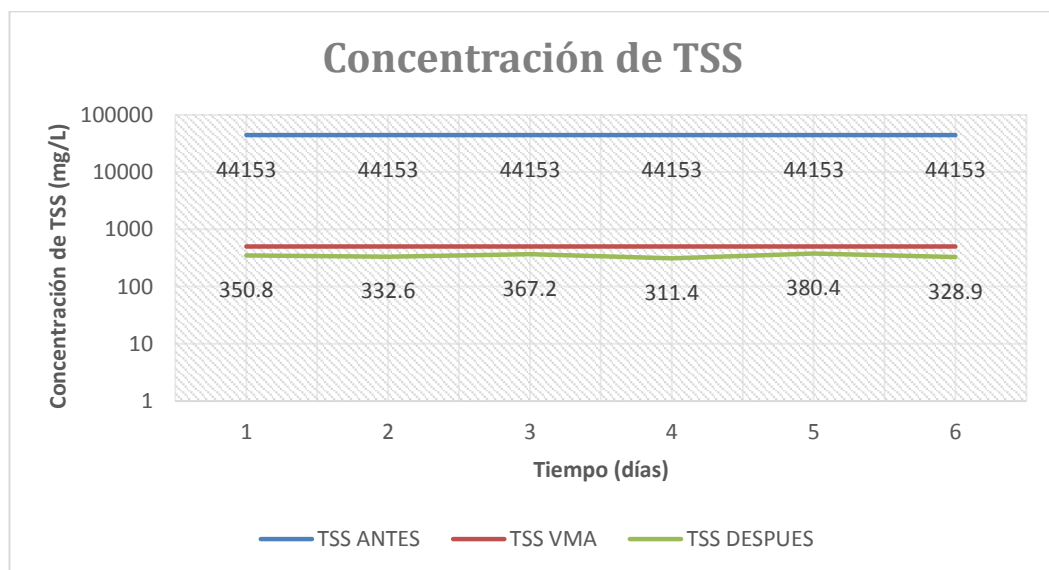


Figura 13. Concentración de TSS obtenidos a partir de la implementación del sistema de tratamiento, realizado durante 11 días.

Al analizar la figura 13 se observa que los VMA para Sólidos Suspendedos totales (TSS), presentan un valor de 500 mg/L, y al realizar la implementación de

la planta las concentraciones finales se redujeron considerablemente con respecto a lo obtenido en la caracterización del efluente antes de la implementación los que excedían los VMA. Al realizar el análisis de los efluentes después del tratamiento las concentraciones obtenidas durante los 11 días estaban por debajo de los VMA, encontrándose la menor concentración de TSS en el día 7 siendo de 311,4 mg/L.

Según Arévalo (2015), el descarnado de los cueros genera efluentes con una elevada concentración de sólidos que al ser vertidos dan como resultado el incremento en la concentración de sólidos en el cuerpo de agua receptor, y como la cantidad de sólidos presentes en suspensión pueden ser separados por medios físicos o mecánicos, el tratamiento constó de una Poza de Sedimentación lo que hizo posible que las concentraciones de TSS se redujeran.

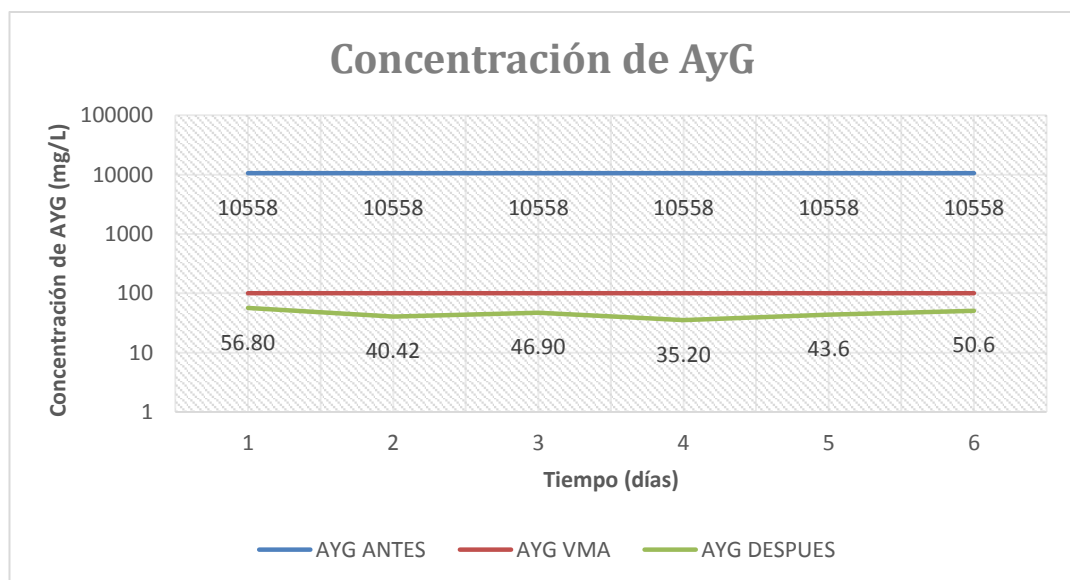


Figura 14. Concentración de A y G obtenidos a partir de la implementación del sistema de tratamiento, realizado durante 11 días.

En la figura 14 se observa que los VMA para Aceites y Grasas (A y G), presentan un valor de 100 mg/L, y al realizar la implementación de la planta las concentraciones finales se redujeron considerablemente con respecto a los obtenidos en la caracterización del efluente antes de la implementación los que excedían los VMA. Al analizar los efluentes después del tratamiento las concentraciones obtenidas durante los 11 días estaban por debajo de los VMA, encontrándose la menor concentración de A y G en el día 7 siendo de 35,2 mg/L.

Romero (2009) menciona que a nivel doméstico el aporte de A y G en el agua residual puede ser de 30 a 50 mg/L y componer alrededor del 20% de DBO, estas pueden acumularse en el sistema de alcantarillado, bombas, tuberías provocando obstrucción en los sistemas de tratamiento causando problemas de flujo, por su baja o nula biodegradabilidad, baja densidad y poca solubilidad; por lo que el tratamiento constó de una Trampa de A y G haciendo posible que las concentraciones de A y G disminuyeran.

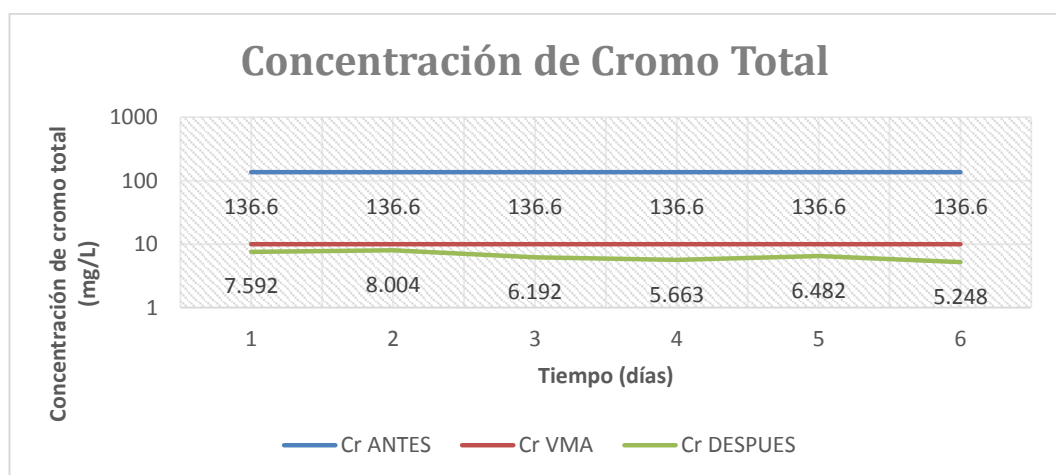


Figura 15. Concentración de Cr Total obtenidos a partir de la implementación del sistema de tratamiento, realizado durante 11 días.

En la figura 15 se observa que los VMA para Cr Total, presentan un valor de 10 mg/L, y al realizar la implementación de la planta las concentraciones finales se redujeron considerablemente con respecto a los obtenidos en la caracterización del efluente antes de la implementación los que excedían los VMA. Al analizar los efluentes después del tratamiento las concentraciones obtenidas durante los 11 días estaban por debajo de los VMA, encontrándose la menor concentración de Cr Total en el día 11 siendo de 5,2 mg/L.

Borda (2014), hace hincapié en que los altos niveles de Cr en las aguas residuales generadas en curtiembres que implementan procedimientos de curtido al cromo representan una amenaza para los organismos vivos ya que causa efectos nocivos de orden genético, mutagénico y carcinogénico y su ingreso puede ser por contacto, inhalación o ingesta. Al implementar la planta de tratamiento se logró buenos resultados ya que se disminuyó las concentraciones de Cr Total.

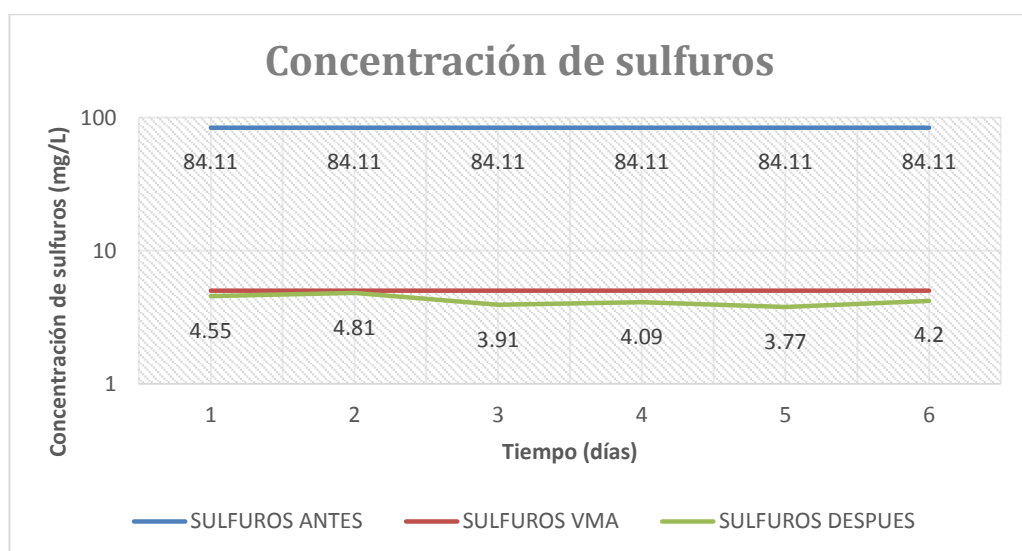


Figura 16. Concentración de Sulfuros obtenidos a partir de la implementación del sistema de tratamiento, realizado durante 11 días.

Al analizar la figura 16 se observa que los VMA para Sulfuros, presentan un valor de 5 mg/L, y al realizar la implementación de la planta las concentraciones se redujeron considerablemente con respecto al obtenido en la caracterización del efluente de la etapa de remojo antes de la implementación el cual excedía los VMA. Al realizar el análisis de los efluentes después del tratamiento las concentraciones obtenidas durante los 11 días estaban por debajo de los VMA, encontrándose la menor concentración de Sulfuros en el día 9 siendo de 3,8 mg/L.

Según Gómez y Echeverry (2010) los compuestos sulfurados son ampliamente utilizados en la industria de curtido, utilizándose en promedio aproximadamente entre 1 – 5% de sulfuros en relación al peso de las pieles, provocando que en una curtiembre el uso de sulfuro de sodio (Na_2S) presente riesgo de formación a sulfuro de hidrogeno por la mezcla de los efluentes de distintos procesos, el que en baja concentración genera olor desagradable y en alta concentración puede ser muy tóxico.

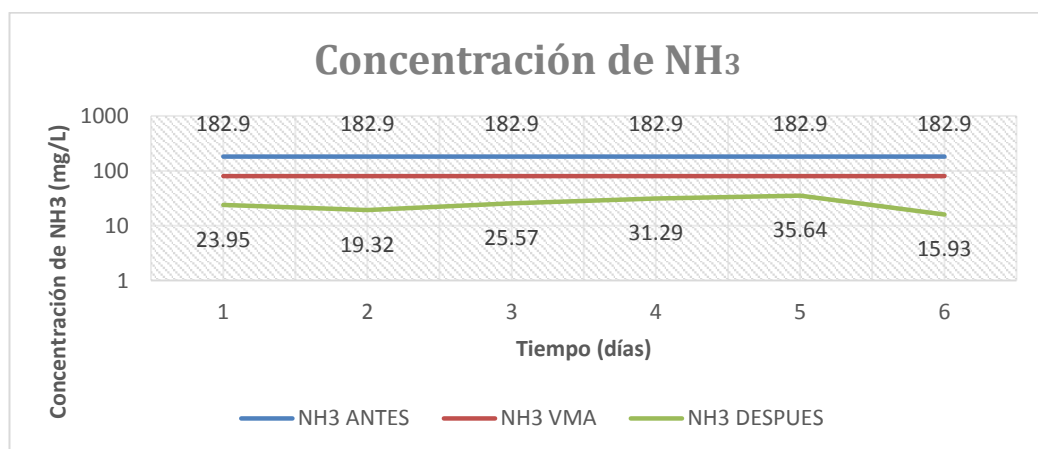


Figura 17. Concentración de NH_3^- obtenidos a partir de la implementación del sistema de tratamiento, realizado durante 11 días.

Al analizar la figura 17 se observa que los VMA para NH_3^- , presentan un valor de 80 mg/L, y al realizar la implementación de la planta las concentraciones finales se redujeron considerablemente con respecto al obtenido en la caracterización del efluente antes de la implementación el cual excedía los VMA. Al realizar el análisis de los efluentes después del tratamiento las concentraciones obtenidas durante los 11 días estaban por debajo de los VMA, encontrándose la menor concentración de NH_3^- en el día 11 siendo de 15,9 mg/L.

Según Sawyer et al., (1994), las descargas de las aguas residuales incrementan las concentraciones de nitrógeno amoniacal en las aguas superficiales y subterráneas afectando la calidad de las mismas, produciendo la alteración perjudicial del medio al cual son vertidos, provocando la disminución de los niveles de oxígeno disuelto provocando un ambiente anóxico.

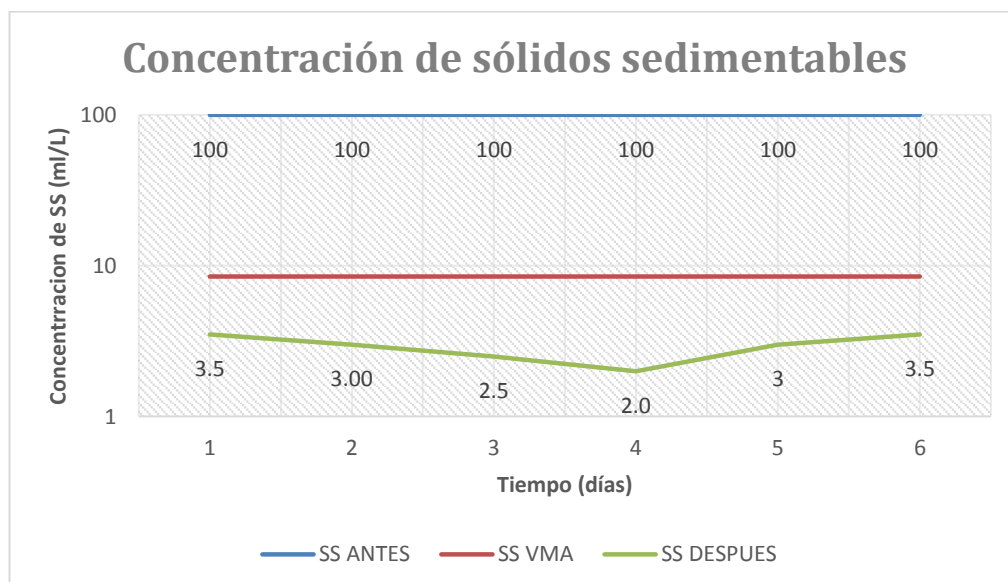


Figura 18. Concentración de SS obtenidos a partir de la implementación del sistema de tratamiento, realizado durante 11 días.

Al analizar la figura 18 se observa que los VMA para NH_3^- , presentan un valor de 8,5 mg/L, y al realizar la implementación de la planta las concentraciones finales se redujeron considerablemente con respecto al obtenido en la caracterización del efluente antes de la implementación el cual excedía los VMA. Al realizar el análisis de los efluentes después del tratamiento las concentraciones obtenidas durante los 11 días estaban por debajo de los VMA, encontrándose la menor concentración de S.S en el día 7 siendo de 2 mg/L.

Los Sólidos Sedimentables son aquellos sólidos suspendidos que se encuentran en las aguas residuales y se depositan después de un cierto periodo de tiempo; es por eso las aguas del efluente de la curtiembre tuvieron un tiempo de retención en la Poza de sedimentación antes de ir al Buzón final.

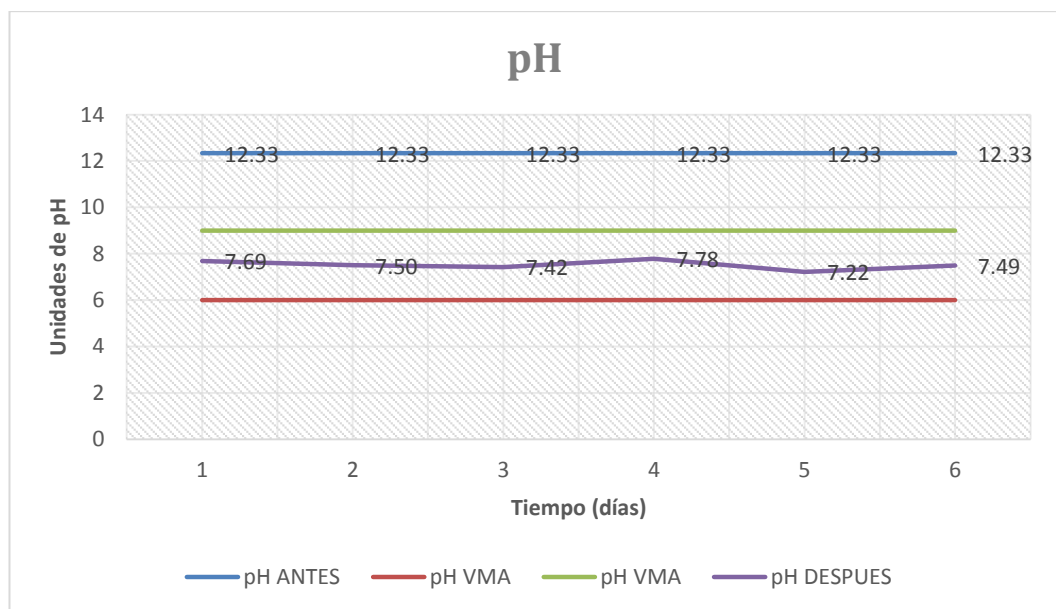


Figura 19. Unidades de pH obtenidos a partir de la implementación del sistema de tratamiento, realizado durante 11 días.

En la figura 19 se observa que los VMA, presentan valores de 6 a 9 para el parámetro del "pH"; y al realizar la implementación de la planta los valores finales se mantuvieron en el rango con respecto a los obtenidos en la caracterización del efluente antes de la implementación los cual excedía los VMA, obteniéndose valores muy ácidos o muy alcalinos en cada una de las etapas de curtido manteniéndose fuera del rango establecido. Al realizar el análisis de los efluentes después del tratamiento los valores obtenidos durante los 11 días cumplían los VMA, encontrándose pH casi neutros que oscilaban entre 7,2 a 7,8.

Vásquez (2012) dice que el pH es un parámetro de importancia que indica la intensidad de la acidez o alcalinidad del efluente, y que generalmente los efluentes de las curtiembres presentan variaciones entre 2,5 y 12,0, cuyas variaciones de pH afectan considerablemente la vida acuática de las corrientes receptoras, así mismo se produce corrosión de ductos al tener líquidos ácidos, por lo que es muy importante que el pH se mantenga dentro de los rangos establecidos.

Al realizar una comparación con el decreto supremo N°003-2002-PRODUCE, se verificó que los siguientes parámetros están dentro de valores referenciales de efluentes para alcantarillado y aguas superficiales de las actividades en curso de los subsectores curtiembre y papel : pH 7,52 (V: 6-9); TSS 345,22 mg/L (V: 1 000 mg/L); DBO 405,58 mg/L(VMA: 1 000 mg/L); DQO 786,20 mg/L(V: 2 500 mg/L); Sulfuros 4,22 mg/L (V: 10 mg/L), Nitrógeno Amoniacal 25,28mg/L(V: 50 mg/L). Sin embargo el siguiente parámetro, se encuentra superior al valor referencial: Cromo 6,53 mg/L (V: 5 mg/L).

Al realizar una comparación con el decreto supremo N°003-2002-PRODUCE, se verificó que los siguientes parámetros están dentro los límites máximos permisibles de efluentes para alcantarillado de las actividades de cemento, cerveza, papel y curtiembre: Temperatura 25°C (35 °C), Aceites y Grasas 45,59 mg/L (V: 100 mg/L).

4.2 Contrastación de hipótesis - Análisis de estadístico

Para la contrastar la hipótesis usamos la comparación de la medición de los parámetros antes y después de la implementación de la mejora en el sistema de tratamiento de agua residual de la curtiembre Rolemt.

Para determinar que la implementación de la mejora en el sistema de tratamiento de aguas de la curtiembre Rolemt es consistente se evaluó mediante la herramientas estadística de la prueba t de student.

4.2.1 Análisis estadístico central de dispersión

Este análisis se realizó en base a la Figura 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 y 18 sobre los parámetros que excedieron los VMA, desde el día 0 al 11 después de implementada la planta de tratamiento en la curtiembre.

Tabla 14. Análisis de tendencia central y de dispersión

Parámetro	n	μ	\bar{x}	S
DBO	6	8 399	405,58	33,7
DQO	6	20 443	786,20	59,0
TSS	6	44 153	345,22	25,8
A y G	6	10 558	45,59	7,6
Cr Total	6	136,6	6,53	1,1
Sulfuros	6	84,11	4,22	0,4
NH ₃ ⁻	6	182,9	25,28	7,3
SS	6	100	2,92	0,6
pH	6	12,33	7,52	0,2

Fuente: Elaborado por los autores

4.2.2 Análisis de la prueba estadística t-student

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{S}{\sqrt{n}}}$$

Donde:

\bar{x} = Media muestral

μ = Media de la población

S= Desviación estándar de la muestra

n= Tamaño de la muestra; **Grados de Libertad**= 6-1= 5

Tabla 15. t-student para muestras relacionadas

Variables	Grupo	Valor calculado (tc)	Valor tabular (t tabular)	Significancia
DBO	Pre-Post Control-Experimental	581,129	2,571	Significativo
DQO	Pre-Post Control-Experimental	815,940	2,571	Significativo
TSS	Pre-Post Control-Experimental	4163,500	2,571	Significativo
A y G	Pre-Post Control-Experimental	3374,629	2,571	Significativo
Cr Total	Pre-Post Control-Experimental	295,504	2,571	Significativo
Sulfuros	Pre-Post Control-Experimental	497,722	2,571	Significativo
NH ₃ ⁻	Pre-Post Control-Experimental	52,710	2,571	Significativo
SS	Pre-Post Control-Experimental	406,836	2,571	Significativo
pH	Pre-Post Control-Experimental	59,288	2,571	Significativo

Fuente: Elaborado por los autores

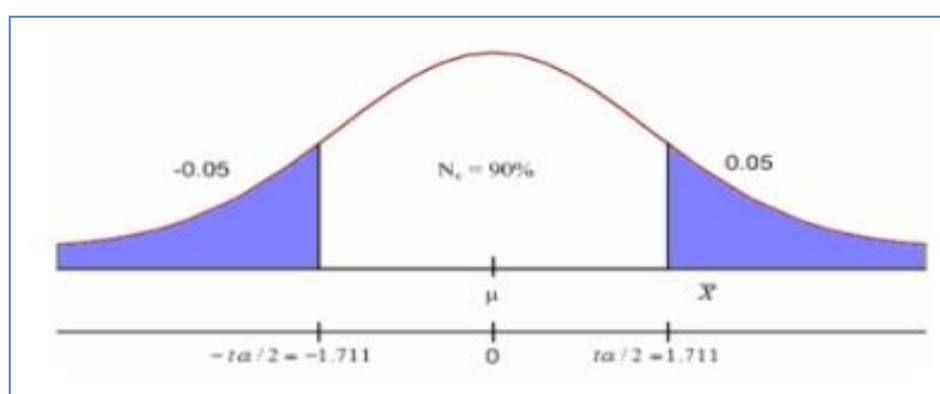


Figura 20. Distribución de t-student para comparación de medias

Fuente: Elaborado por los autores

Interpretación: Como el valor de todos los t-student calculados son superiores al t-sudent tabulado ($t= 2,571$), siendo altamente significativo entre las medias, entonces se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alternativa (H_a) con un nivel de significancia $\alpha=0,05$ ó 95% de confianza, se afirma que la implementación de una planta de tratamiento si ha reducido la concentración de VMA de los parámetros establecidos en el D.S. 021-2009, procedente de la curtiembre Rolemt.

5. CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Según la evaluación de la calidad del agua residual tratada antes de la implementación de la mejora, se pudo determinar que no se cumplían con los valores máximos admisibles en los siguientes parámetros: pH 12,33 (VMA: 6-9); TSS 44 153 mg/L (VMA: 500 mg/L); SS 100 mg/L (VMA: 8,5 mg/L); Aceites y grasas 10 558 mg/L(VMA: 100 mg/L); DBO 8 399 mg/L(VMA: 500 mg/L); DQO 20 443 mg/L(VMA: 1 000 mg/L); DBO 8 399 mg/L(VMA: 500 mg/L); Sulfuros 84,11 mg/L (VMA: 5 mg/L), Nitrógeno Amoniacal 182,9 mg/L(VMA: 80 mg/L); Cromo 136 mg/L(VMA: 10 mg/L); Otros parámetros evaluados si se cumplían, tales como Temperatura 23.4°C (VMA < 35 °C), Cianuro Total <0,010 mg/L (VMA: 1 mg/L); Sulfatos 387,2 mg/L(VMA: 500 mg/L); Cromo Hexavalente <0,024 mg/L (VMA 0,5 mg/L); Aluminio 1,547 mg/L (VMA: 10 mg/L); Arsénico <0,0065 (VMA: 0,5 mg/L); Boro 1,245 mg/L(VMA 4,0 mg/L); Cadmio <0,0027 mg/L (VMA 0,2 mg/L); Cobre 0,906 mg/L(VMA: 3 mg/L); Manganeso 1,554 mg/L(VMA:4 mg/L); Mercurio <0,0050 (VMA: 4 mg/L); Plomo <0,0047(VMA: 0,5 mg/L); Zinc 0,873 mg/L(VMA: 10 mg/L).
- De acuerdo a los parámetros que no cumplan los VMAs se logró implementara mejoras en el sistema de tratamiento de aguas residuales, mediante el diseño y construcción de los procesos de aireación,

sedimentación y descarnado para mejorar la remoción de los parámetros que no cumplían los VMAs.

- Al poner en funcionamiento las mejoras al sistema de tratamiento se verificó que los parámetros que no cumplían inicialmente disminuyeron a las siguientes concentraciones : pH 7,52 (VMA: 6-9); TSS 345,22 mg/L (VMA: 500 mg/L); SS 2,92 mg/L (VMA: 8,5 mg/L); Aceites y grasas 45,59 mg/L(VMA: 100 mg/L); DBO 405,58 mg/L(VMA: 500 mg/L); DQO 786,20 mg/L(VMA: 1 000 mg/L); Sulfuros 4,22 mg/L (VMA: 5 mg/L), Nitrógeno Amoniacal 25,28mg/L(VMA: 80 mg/L); Cromo 6,53 mg/L(VMA: 10 mg/L).
- De acuerdo a las conclusiones anteriores podemos afirmar que con la implementación de las mejoras en el sistema de tratamiento de efluentes de la curtiembre Rolemt se cumplen con los VMAs en su totalidad.

5.2 Recomendaciones

- Se recomienda que se haga la limpieza de la planta de tratamiento semanalmente o dependiendo de la producción diaria que se realice en la curtiembre.

- Los monitoreos se deben realizar periódicamente para ir evaluando la eficiencia del sistema de tratamiento, y así tener un control del funcionamiento de la planta.

- Para aprovechar y reducir la emisión de efluentes se recomienda reusar las aguas que se utilizando en los diferentes procesos de curtido para no contaminar el medio ambiente.

- Se recomienda posteriormente cambiar a un sistema de aireación de burbuja gruesa ya que estas unidades emplean grandes orificios, o bien, equipos de agitación hidráulica (efecto cortante del líquido). Estas unidades tienen rendimientos de transferencia de oxígeno inferiores a las de burbuja fina, ya que el área interfacial para transferencia es considerablemente inferior. El tamaño de la burbuja llega hasta 25 mm de diámetro. Tiene, sin embargo, la ventaja de no requerir filtros de aire, exigiendo menos gastos de mantenimiento y menor potencia de los compresores de aire.

LISTA DE REFERENCIAS

- Akitiengeselleschat, D., Ludwigshafan, A. (2000). La influencia de los modernos procedimientos de apelmbrado y curtición sobre los problemas de aguas residuales. BASF. Pág 5-36.
- Amaya, J., Tristancho, A., Sánchez, F. (2005). Utilización de ceniza volante y catalizador FCC gastado en la recuperación de cromo (III) de los efluentes líquidos de las curtiembres. *Ingeniería e Investigación*. 25: 39-48.
- Arévalo, P. (2015). Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales para la empresa Nuvinat S.A. ubicada en el Cantón Riobamba Parroquia San Juan, año 2014. [Tesis de Titulación]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Escuela de Ciencias Químicas, Ecuador.
- Asociación Salvadoreña de Ingenieros y Arquitectos-ASIA. (2015). Propuesta de reglamento técnico salvadoreño para el diseño y construcción de sistemas de tratamiento de aguas residuales de tipo ordinario para la zona rural. Ministerio de Salud, El Salvador.
- Barrera, R. (2011). Estudio de prefactibilidad para el diseño, planificación y construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales en la colonia El Maestro, municipio de Chiquimula. [Tesis de Licenciatura]. Guatemala.
- Becerra-Gutiérrez, L., Horna-Acevedo, M., Barrionuevo-Albújar, K. (2014). Nivel de contaminación en los efluentes provenientes de

curtiembres de la región la Libertad. *Cuerpo Médico. HNAAA*. 7(3):23-26.

- Borda, O. (2014). Evaluación y reducción de los niveles de cromo en muestras de aguas residuales provenientes de curtiembres.[Tesis de Título]. Universidad La Gran Colombia. Facultad de Ingeniería Civil. Colombia.
- Butte, W, Heinzow, B. (2002) Pollutants in house dust as indicators of indoor contamination. *Reviews in Environmental Contamination and Toxicology* 175: 1-46.
- Campos, V. (2013). Análisis y Mejora de Procesos de una Curtiembre Ubicada en la Ciudad de Trujillo. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Cano, I., Pérez, J., Gutiérrez, M., Gardea, J. (2002). Remoción y Recuperación de Cromo (III) de Soluciones Acuosas por Biomasa de Sorgo. *Mexicana de Ingeniería Química*, 1: 97-103.
- Cuberos, E., Rodríguez, A., Prieto, E. (2009). Niveles de Cromo y Alteraciones de Salud en una Población Expuesta a las Actividades de Curtiembres en Bogotá, Colombia. *Salud pública*, 11 (2): 278-289.
- Duarte, E., Olivero, J., Jaramillo, B. (2009). Remoción de cromo de aguas residuales de curtiembres usando quitosan obtenido de desecho de camarón. *Scientia Et Technica*, 15 (42): 290-295.
- Gómez, J., Echeverry, A. (2010). Análisis técnico y económico en la recirculación de aguas residuales de pelambre y curtido en una curtiembre.

[Tesis de Título]. Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de Ciencias Ambientales. Colombia.

- Grupp, A. (2010). Diseño de un modelo de planta para tratamiento de aguas residuales domésticas con tanque Fibratank. [Tesis de Licenciatura]. Universidad Simón Bolívar, Venezuela.
- Hernández, R. Fernández, C., Baptista, P. (2010). Metodología de la investigación. México DF, México: Editorial McGraw Hill.
- Higuera O., Escalante, H., y Laverde, D. (2005). Reducción del cromo contenido en efluentes líquidos de la Industria del cuero, mediante un proceso adsorción – desorción con algas marinas. *Scientia et Technica*. 11 (29): 115-120.
- Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear – IBTEN y Centro de Investigaciones nucleares – CIN -Viacha. (2004). Recuperación de cromo y su Reuso en Curtiembres. Bolivia.
- Latorre, S. (2012). Diseño de un sistema de tratamiento y reutilización del agua residual del proceso de hemodiálisis de la clínica de los riñones Menydia - Riobamba. [Tesis de Título]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Escuela de Ingeniería Química., Ecuador.
- Lazo, E. (2017). Evaluación de la contaminación ambiental generada por efluentes industriales en el proceso productivo de una curtiembre de mediana capacidad del Parque Industrial de Río Seco, Arequipa. [Tesis de Título]. Universidad Nacional de San Agustín Arequipa, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, Perú.

- Lecca, R., Ruiz, E. (2014). Caracterización de las aguas residuales y demanda química de oxígeno. *Industrial Data*. 17: 71-80.
- López, M. (1999). Minimización de cromo en los efluentes de la etapa de curtido en las curtiembres de Trujillo – Perú. [Tesis Magistral]. Universidad Nacional de Trujillo, Escuela de Postgrado, Perú.
- Martínez, F. Tratamiento de aguas residuales mediante electrocoagulación y coagulación convencional. [Tesis Doctoral]. Universidad de Castilla La Mancha, Facultad de Ciencias Químicas, España.
- Miller, S., Gagnet, A., Worden, R. (1999). Reporte Técnico para la Industria de Curtiembres en el Perú: Informe para el Ministerio de Industria, Turismo, Integración y Comercio Internacional (MIITINCI). *Technical Assistance Provider*. 1: 1-43.
- Muñoz A. (2008). Caracterización y tratamiento de aguas residuales [Tesis de licenciatura]. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería, México.
- OEFA (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental): Fiscalización Ambiental en Aguas Residuales. 2014. Lima, Perú. Recuperado de http://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827.
- Ortiz N. (2010). Diagnóstico y formulación de alternativas de mejoramiento para el tratamiento de efluentes de la empresa curtiembres del Valle LTDA., del Municipio Valle de San José, Santander.
- Ortiz, N. (2013). Recuperación y reutilización de cromo de las aguas residuales del proceso de curtido de curtiembres de Sn Benito (BOGOTÁ),

mediante un proceso sostenible y viable tecnológicamente. [Tesis de Maestría]. Universidad de Manizales. Colombia.

- Pérez, C., Mendoza, J., Carranza, S., y Ritchie, D. (2008). El cluster de calzado de El Porvenir, La Libertad. *Internacional de Investigación y Aplicación del Método de Casos*. 20: 45-61.
- Pinedo, R. (2012). Impactos ambientales generados por la curtiembre D-Leyse, en el distrito del Porvenir, provincia Trujillo, región La Libertad [Informe de Práctica Pre-profesional]. Universidad Nacional Agraria de la Selva, Facultad de Recursos Naturales Renovables, Departamento Académico de Ciencias Ambientales, Perú.
- Portilla, A. (2013). Análisis técnico ambiental del proceso de la Curtiduría Serrano de la ciudad Ambato y diseño de la planta de tratamiento de las aguas residuales. [Tesis de Licenciatura]. Universidad Central del Ecuador. Quito.
- Prazad, A. (2009). Bioreduction based bioremediation of hexavalent chromium Cr (VI) through potential indigenous microbes [Tesis Magistral]. Department of Chemical Engineering National Institute of Technology, India.
- Rama, K., Philip, L. (2005). Bioremediation of Cr (VI) in contaminated soils. *Journal of Hazardous Materials*. 121: 109-117.
- Rey de Castro, A. (2013). Recuperación del cromo de efluentes de curtido para control ambiental y optimización del proceso productivo. [Tesis de Licenciatura]. Pontificia Universidad Católica del Perú. Perú.

- Romero, J. (2009). Calidad del agua. 3° ed., Escuela Colombiana de Ingeniería. Colombia.
- Ramalho Rubens (2003) Tratamiento de Aguas Residuales, Faculty of Science and Engineering. Laval University. Quebec. Canada.)
- Salas, G. (2005). Eliminación de sulfuros por oxidación en el tratamiento del agua residual de una curtiembre. *Per. Quím. Ing. Quím.* 8: 49-54.
- Sawyer, C., McCarty, P., Parkin, G. (1994). Química para Ambiental. 4° ed. McGraw Hill. Estados Unidos.
- Shupack, S. (1991). The chemistry of chromium and some resulting analytical problems. *Environ Health Perspect.* 99: 7-11.
- SMEWW-APHA-AWWA WEF. (2012). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Washington, DC: 22va Edition. American Public Health Association.
- Sotomayor, M. (2006). Tratamiento de los efluentes de la industria del cuero en la ciudad de Arequipa. *Cien Des.* 7 (4): 31-26.
- Suárez, A. Garcia, C., Vaca, M. (2012). Identificación y evaluación de la contaminación del agua por curtiembres en el municipio de Villapinzón. *Tecnura* . 16: 185-194.
- Tasti, A. (2003). Coagulation-Flocculation Pretreatment of sanitary Landfill Leachates. *Chemosphere.* 53 (7): 737-748.
- U.S. EPA. (2001). Method 220.7: Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by inductively coupled Plasma-Atomic

Emission Spectrometry. Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency.

- Unidad de Apoyo Técnico para el Saneamiento Básico del Área Rural. (2003). Especificaciones Técnicas para el Diseño de Trampa de Grasa. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, Perú.
- Unidad de Asistencia Técnica Ambiental para la Pequeña y Mediana Empresa-Acercar Industria. (2004). Guía Ambiental para el Sector Curtiembres. Cámara de Comercio de Bogotá, Bogotá.
- Valores Máximos Admisibles. Decreto Supremo D.S. N°021-2009-VIVIENDA, modificado por el D.S. N° 001 -2015, Diario El Peruano.
- Vankar, P., Bajpai, D. (2008). Phyto-remediation of chrome-VI of tannery effluent by *Trichoderma* species. *Desalination*. 222: 255-262.
- Vásquez, L. (2012). Las curtiembres en el Barrio San Benito de Bogotá- Un análisis bioético en la perspectiva de Hans Jonas [Tesis Magistral]. Pontificia Universidad Javeriana. Instituto de Bioética, Colombia.
- Vidal, G., Nieto, J., Márquez, F., Mansilla, H., Bornhardt, C. (2003). Combinación de Procesos Biológicos y de Oxidación Avanzada para el Tratamiento de una Corriente de Proceso de la Industria de Curtiembre. AIDIS – Agua Latinoamérica. 10-13.
- Yagüe, C. (2001). Eliminación de color en aguas de industrias de acabado de piel mediante tecnologías de oxidación [Tesis Doctoral]. Universidad de Alicante, Facultad de Ciencias, España.

ANEXOS

ANEXO A.

Actividades de curtición en la curtiembre Rolett.



ANEXO B.

Toma de muestra de las aguas residuales.



ANEXO C.

Construcción de la poza de aireación



ANEXO D.

Decreto Supremo N° 021-2009 -VIVIENDA, modificado en el D.S. N°001 -2015.

ANEXO N° 01			
PARÁMETRO	UNIDAD	EXPRESIÓN	VMA PARA DESCARGAS AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	mg/L	DBO5	500
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	DQO	1000
Sólidos Suspendidos Totales (S.S.T)	mg/L	S.S.T.	500
Aceites y Grasas (A y G)	mg/L	A y G	100

ANEXO N° 02			
Valores Máximos Admisibles ⁽¹⁾			
PARÁMETRO	UNIDAD	EXPRESIÓN	VMA PARA DESCARGAS AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO
Aluminio	mg/L	Al	10
Arsénico	mg/L	As	0.5
Boro	mg/L	B	4
Cadmio	mg/L	Cd	0.2
Cianuro	mg/L	CN	1
Cobre	mg/L	Cu	3
Cromo hexavalente	mg/L	Cr ⁺⁶	0.5
Cromo total	mg/L	Cr	10
Manganeso	mg/L	Mn	4
Mercurio	mg/L	Hg	0.02
Níquel	mg/L	Ni	4
Plomo	mg/L	Pb	0.5
Sulfatos	mg/L	SO ₄ ⁻²	500
Sulfuros	mg/L	S ⁻²	5
Zinc	mg/L	Zn	10
Nitrógeno Amoniacal	mg/L	NH ⁺⁴	80
pH ⁽²⁾		pH	6-9
Sólidos Sedimentables ⁽²⁾	mL/L/h	S.S.	8.5
Temperatura ⁽²⁾	°C	T	<35

ANEXO E.

Decreto Supremo 003-2002- PRODUCE - Límite Máximo Permissible de efluentes para alcantarillado de las actividades de cemento, cerveza, papel y curtiembre

ANEXO 1

LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE DE EFLUENTES PARA ALCANTARILLADO DE LAS ACTIVIDADES DE CEMENTO, CERVEZA, PAPEL Y CURTIEMBRE

PARAMETROS	CEMENTO		CERVEZA		PAPEL		CURTIEMBRE	
	EN CURSO	NUEVA	EN CURSO	NUEVA	EN CURSO	NUEVA	EN CURSO	NUEVA
PH	6 - 9	6 - 9	6 - 9	6 - 9	6 - 9	6 - 9	6.0 - 9.0	
Temperatura (°C)	35	35	35	35	35	35	35	35
Sólidos Susp. Tot. (mg/l)	100	50	500	350	1000	500		500
Aceites y Grasas (mg/l)			20	15	100	50	100	50
DBO ₅ (mg/l)			1000	500		500		500
DQO (mg/l)			1500	1000		1000		1500
Sulfuros (mg/l)	-							3
Cromo VI (mg/l)								0.4
Cromo Total (mg/l)								2
N - NH ₄ (mg/l)								30
Coliformes Fecales, NMP/100ml							*	*

* En el caso del Subsector Curtiembre, no se ha fijado valores para el parámetro Coliformes fecales, dado que la data recopilada no era representativa, ni confiable. Asimismo, no ha sido posible identificar data a nivel nacional, ni en los países analizados sobre LMP específicos para éste parámetro en curtiembres, por lo que se ha desestimado la definición de éste LMP.

ANEXO F.

Decreto Supremo 003-2002- PRODUCE – Valores Referenciales para alcantarillado y aguas superficiales de las actividades en curso de los subsectores curtiembre y papel.



VALORES REFERENCIALES DE EFLUENTES PARA ALCANTARILLADO Y AGUAS SUPERFICIALES DE LAS ACTIVIDADES EN CURSO DE LOS SUB SECTORES CURTIEMBRE Y PAPEL



PARAMETROS	CURTIEMBRE (Alcantarillado)	PAPEL	
		Aguas Superficiales	Alcantarillado
Grado de Acidez o Alcalinidad (pH)	6.5 – 9.5		
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅), mg/l	1000	250	1000
Demanda Química de Oxígeno (DQO), mg/l	2500	1000	3000
Sólidos Suspendidos Totales (SST), mg/l	1000		
Sulfuros, mg/l	10		
Cromo +6, mg/l	0,5		
Cromo Total, mg/l	5		
Nitrógeno Amoniacal (N - NH ₄), mg/l	50		

* En curso: Se refiere a las actividades de las empresas de los subsectores curtiembre y papel que a la fecha de vigencia del presente Decreto Supremo se encuentran operando.

ANEXO G.



Informe de ensayo de Agua Residual para su caracterización.

 							
INFORME DE ENSAYO							
T-120-B217-MRGS							
Pag. 03 de 03							
Código de Laboratorio	T-120-01	T-120-02	T-120-03	T-120-04	T-120-05		
Código de Cliente	Descamado	Botales	Remojo	Caleros	Buzón General		
Item de Ensayo	Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual		
Fecha de Muestreo	15/05/2017	15/05/2017	16/05/2017	17/05/2017	18/05/2017		
Hora de Muestreo	10:35	10:52	11:39	12:00	12:38		
Parámetro	Simbolo	Unidad					
pH		Units pH	8.33	3.96	9.42	12.92	12.33
Temperatura	T	oC	NBC	NBC	NBC	NBC	23.4
Sólidos Suspendidos Totales	TSS	mg/L	49082	735.1	1017.2	2106	44153
Sólidos Sedimentables	SS	ml/L	120	3.00	1.2	2.50	100
Aceites y Grasas	HEM	mg/L	13541	84.30	12.90	77.23	10558
Cianuro Total	CN-	mg/L	NBC	NBC	NBC	NBC	<0.010
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO ₅	mg/L	12874	921.3	1458	831.3	8399
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/L	26811	2152	3096	2154	20443
Sulfatos	SO ₄ ²⁻	mg/L	NBC	NBC	NBC	NBC	387.2
Sulfuros	S ²⁻	mg/L	NBC	NBC	102.7	NBC	84.11
Cromo Hexavalente	Cr ⁶⁺	mg/L	NBC	NBC	NBC	NBC	<0.024
Nitrógeno Amoniacal	NH ₄ ⁺	mg/L	206.4	NBC	159.30	NBC	182.9
Aluminio	Al	mg/L	NBC	NBC	NBC	NBC	1.547
Arsénico	As	mg/L	NBC	NBC	NBC	NBC	<0.0065
Boro	B	mg/L	NBC	NBC	NBC	NBC	1.245
Cadmio	Cd	mg/L	NBC	NBC	NBC	NBC	<0.0027
Cobre	Cu	mg/L	NBC	NBC	NBC	NBC	0.906
Cromo	Cr	mg/L	NBC	188.2	NBC	NBC	136.6
Manganeso	Mn	mg/L	NBC	NBC	NBC	NBC	1.554
Mercurio	Hg	mg/L	NBC	NBC	NBC	NBC	<0.0008
Níquel	Ni	mg/L	NBC	NBC	NBC	NBC	<0.0050
Plomo	Pb	mg/L	NBC	NBC	NBC	NBC	<0.0047
Zinc	Zn	mg/L	NBC	NBC	NBC	NBC	0.873

ANEXO H.

Informe de ensayo del agua tratada después de implementar la planta de tratamiento.

					
INFORME DE ENSAYO					
T-209-D218-MRGS					
Pág. 03 de 04					
Código de Laboratorio			T-209-01	T-209-02	T-209-03
Código de Cliente			Descarnado (salida de la trampa de grasas)	Salida de la poza de aireación de 1 hora (inicio 9.52 a.m)	Salida de la poza de aireación de 2 horas (inicio 9.52 a.m)
Item de Ensayo			Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual
Fecha de Muestreo			09/04/2018	09/04/2018	09/04/2018
Hora de Muestreo			09:36	11:08	12:29
Parámetro	Símbolo	Unidad			
pH		Units pH	NSC	6.39	7.11
Temperatura	T	oC	NSC	24.6	25.0
Solidos Suspendidos Totales	TSS	mg/L	388.1	792.7	775.6
Solidos Sedimentables	SS	ml/L	20.0	32.0	35.0
Aceites y Grasas	HEM	mg/L	41.62	58.33	52.20
Cianuro Total	CN-	mg/L	NSC	NSC	NSC
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO ₅	mg/L	2017	1024	519.8
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/L	3648	1866	1129
Sulfatos	SO ₄ ²⁻	mg/L	NSC	NSC	NSC
Sulfuros	S ²⁻	mg/L	NSC	22.07	8.65
Cromo Hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/L	NSC	<0.024	<0.024
Nitrógeno Amoniacal	NH ₃ ⁻	mg/L	36.90	64.35	29.52
Aluminio	Al	mg/L	NSC	NSC	NSC
Arsénico	As	mg/L	NSC	NSC	NSC
Boro	B	mg/L	NSC	NSC	NSC
Cadmio	Cd	mg/L	NSC	NSC	NSC
Cobre	Cu	mg/L	NSC	NSC	NSC
Cromo	Cr	mg/L	NSC	8.277	8.587
Manganeso	Mn	mg/L	NSC	NSC	NSC
Mercurio	Hg	mg/L	NSC	NSC	NSC
Niquel	Ni	mg/L	NSC	NSC	NSC
Plomo	Pb	mg/L	NSC	NSC	NSC
Zinc	Zn	mg/L	NSC	NSC	NSC



INFORME DE ENSAYO

T-209-D218-MRGS

Pág. 04 de 04

Código de Laboratorio			T-209-04	T-209-05	T-209-06
Código de Cliente			Salida de la poza de aireación de 3 horas (Inicio 9.52 a.m)	Salida de la poza del sedimentador	Buzón final
Item de Ensayo			Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual
Fecha de Muestreo			09/04/2018	09/04/2018	09/04/2018
Hora de Muestreo			13:42	15:01	15:36
Parámetro	Símbolo	Unidad			
pH		Units pH	7.55	7.48	7.69
Temperatura	T	oC	24.3	24.0	24.6
Sólidos Suspendidos Totales	TSS	mg/L	782.6	321.6	350.8
Sólidos Sedimentables	SS	ml/L	35.0	3.0	3.5
Aceites y Grasas	HEM	mg/L	55.1	47.24	56.80
Cianuro Total	CN-	mg/L	NSC	NSC	<0.01
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO ₅	mg/L	409.4	428.9	418.7
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/L	783.3	754.4	709.6
Sulfatos	SO ₄ ²⁻	mg/L	NSC	NSC	296.8
Sulfuros	S ²⁻	mg/L	3.96	4.48	4.55
Cromo Hexavalente	Cr ⁶⁺	mg/L	<0.024	<0.024	<0.024
Nitrógeno Amoniacal	NH ₃	mg/L	20.85	16.60	23.95
Aluminio	Al	mg/L	NSC	NSC	1.923
Arsénico	As	mg/L	NSC	NSC	<0.0065
Boro	B	mg/L	NSC	NSC	1.506
Cadmio	Cd	mg/L	NSC	NSC	<0.0027
Cobre	Cu	mg/L	NSC	NSC	0.909
Cromo	Cr	mg/L	8.029	7.244	7.592
Manganeso	Mn	mg/L	NSC	NSC	0.906
Mercurio	Hg	mg/L	NSC	NSC	<0.0008
Níquel	Ni	mg/L	NSC	NSC	<0.0050
Plomo	Pb	mg/L	NSC	NSC	<0.0047
Zinc	Zn	mg/L	NSC	NSC	0.724



INFORME DE ENSAYO

T-222-D218-MRGS

Pág. 03 de 04

Código de Laboratorio			T-222-01	T-222-02	T-222-03
Código de Cliente			Descarnado (salida de la trampa de grasas)	Salida de la poza de aireación de 1 hora (inicio 8.06 a.m)	Salida de la poza de aireación de 2 horas (inicio 8.06 a.m)
Item de Ensayo			Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual
Fecha de Muestreo			11/04/2018	11/04/2018	11/04/2018
Hora de Muestreo			07:38	09:15	10:26
Parámetro	Símbolo	Unidad			
pH		Units pH	NSC	6.77	7.04
Temperatura	T	oC	NSC	25.2	25.3
Sólidos Suspendidos Totales	TSS	mg/L	402.4	753.3	739.5
Sólidos Sedimentables	SS	ml/L	18.0	26.0	30
Aceites y Grasas	HEM	mg/L	36.77	49.80	42.77
Cianuro Total	CN-	mg/L	NSC	NSC	NSC
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO ₅	mg/L	2211	1156	600.4
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/L	3498	2009	1362
Sulfatos	SO ₄ ²⁻	mg/L	NSC	NSC	NSC
Sulfuros	S ²⁻	mg/L	NSC	17.63	7.93
Cromo Hexavalente	Cr ⁶⁺	mg/L	NSC	-0.024	-0.024
Nitrógeno Amoniacal	NH ₃ ⁺	mg/L	30.85	58.05	25.33
Aluminio	Al	mg/L	NSC	NSC	NSC
Arsénico	As	mg/L	NSC	NSC	NSC
Boro	B	mg/L	NSC	NSC	1.633
Cadmio	Cd	mg/L	NSC	NSC	NSC
Cobre	Cu	mg/L	NSC	NSC	NSC
Cromo	Cr	mg/L	NSC	7.907	7.445
Manganeso	Mn	mg/L	NSC	NSC	NSC
Mercurio	Hg	mg/L	NSC	NSC	NSC
Niquel	Ni	mg/L	NSC	NSC	NSC
Plomo	Pb	mg/L	NSC	NSC	NSC
Zinc	Zn	mg/L	NSC	NSC	NSC



INFORME DE ENSAYO

T-249-D218-MRGS

Pág. 03 de 04

Código de Laboratorio			T-249-01	T-249-01	T-249-01
Código de Cliente			Descarnado (salida de la trampa de grasas)	Salida de la poza de aireación de 1 hora (Inicio 8.25 a.m)	Salida de la poza de aireación de 2 horas (Inicio 8.25 a.m)
Item de Ensayo			Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual
Fecha de Muestreo			13/04/2018	13/04/2018	13/04/2018
Hora de Muestreo			08:11	09:40	10:57
Parámetro	Símbolo	Unidad			
pH		Units pH	NSC	6.29	6.93
Temperatura	T	oC	NSC	24.2	24.9
Sólidos Suspendidos Totales	TSS	mg/L	364.4	788.1	740.3
Sólidos Sedimentables	SS	ml/L	25.0	22.0	25.0
Aceites y Grasas	HEM	mg/L	54.88	60.28	55.20
Cianuro Total	CN-	mg/L	NSC	NSC	NSC
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO ₅	mg/L	2198	1283	711.2
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/L	3221	2559	1505
Sulfatos	SO ₄ ²⁻	mg/L	NSC	NSC	NSC
Sulfuros	S ²⁻	mg/L	NSC	15.93	9.02
Cromo Hexavalente	Cr ⁶⁺	mg/L	NSC	<0.024	<0.024
Nitrógeno Amoniacal	NH ₃	mg/L	41.20	50.10	30.29
Aluminio	Al	mg/L	NSC	NSC	NSC
Arsénico	As	mg/L	NSC	NSC	NSC
Boro	B	mg/L	NSC	NSC	NSC
Cadmio	Cd	mg/L	NSC	NSC	NSC
Cobre	Cu	mg/L	NSC	NSC	NSC
Cromo	Cr	mg/L	NSC	6.874	7.119
Manganeso	Mn	mg/L	NSC	NSC	NSC
Mercurio	Hg	mg/L	NSC	NSC	NSC
Níquel	Ni	mg/L	NSC	NSC	NSC
Plomo	Pb	mg/L	NSC	NSC	NSC
Zinc	Zn	mg/L	NSC	NSC	NSC



INFORME DE ENSAYO

T-249-D218-MRGS

Pág. 04 de 04

Código de Laboratorio	T-249-01		T-249-01	T-249-01
Código de Cliente	Salida de la poza de aireación de 3 horas (Inicio 8.25 a.m)		Salida de la poza del sedimentador	Buzón final
Item de Ensayo	Agua Residual		Agua Residual	Agua Residual
Fecha de Muestreo	13/04/2018		13/04/2018	13/04/2018
Hora de Muestreo	12:10		12:42	13:17
Parámetro	Símbolo	Unidad		
pH		Units pH	7.29	7.55
Temperatura	T	oC	24.6	24.9
Sólidos Suspendedos Totales	TSS	mg/L	766.3	350.3
Sólidos Sedimentables	SS	ml/L	28.0	2.2
Aceites y Grasas	HEM	mg/L	62.70	41.00
Cianuro Total	CN ⁻	mg/L	NSC	NSC
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO ₅	mg/L	396.7	422.5
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/L	725.8	805.5
Sulfatos	SO ₄ ²⁻	mg/L	NSC	NSC
Sulfuros	S ²⁻	mg/L	3.88	3.25
Cromo Hexavalente	Cr ⁶⁺	mg/L	<0.024	<0.024
Nitrógeno Amomiacal	NH ₃	mg/L	20.82	28.33
Aluminio	Al	mg/L	NSC	NSC
Arsénico	As	mg/L	NSC	NSC
Boro	B	mg/L	NSC	NSC
Cadmio	Cd	mg/L	NSC	NSC
Cobre	Cu	mg/L	NSC	NSC
Cromo	Cr	mg/L	7.542	6.476
Manganeso	Mn	mg/L	NSC	NSC
Mercurio	Hg	mg/L	NSC	NSC
Níquel	Ni	mg/L	NSC	NSC
Plomo	Pb	mg/L	NSC	NSC
Zinc	Zn	mg/L	NSC	NSC



INFORME DE ENSAYO

T-276-D218-MRGS

Pág. 03 de 03

Código de Laboratorio			T-276-01
Código de Cliente			Buzón final
Item de Ensayo			Agua Residual
Fecha de Muestreo			18/04/2018
Hora de Muestreo			12:14
Parámetro	Símbolo	Unidad	
pH		Units pH	7.22
Temperatura	T	°C	24.0
Sólidos Suspendidos Totales	TSS	mg/L	380.4
Sólidos Sedimentables	SS	ml/L	3.0
Aceites y Grasas	HEM	mg/L	43.60
Cianuro Total	CN ⁻	mg/L	<0.01
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO ₅	mg/L	421.6
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/L	795.4
Sulfatos	SO ₄ ²⁻	mg/L	259.4
Sulfuros	S ²⁻	mg/L	3.77
Cromo Hexavalente	Cr ⁶⁺	mg/L	<0.024
Nitrógeno Amoniacal	NH ₃ ⁺	mg/L	35.64
Aluminio	Al	mg/L	1.407
Arsénico	As	mg/L	<0.0065
Boro	B	mg/L	1.105
Cadmio	Cd	mg/L	<0.0027
Cobre	Cu	mg/L	0.754
Cromo	Cr	mg/L	6.482
Manganeso	Mn	mg/L	2.341
Mercurio	Hg	mg/L	<0.0008
Níquel	Ni	mg/L	<0.0050
Plomo	Pb	mg/L	<0.0047
Zinc	Zn	mg/L	1.544



INFORME DE ENSAYO

T-292-D218-MRGS

Pág. 03 de 03

Código de Laboratorio			T-292-01
Código de Cliente			Descamado (salida de la trampa de grasas)
Item de Ensayo			Agua Residual
Fecha de Muestreo			20/04/2018
Hora de Muestreo			13:18
Parámetro	Símbolo	Unidad	
pH		Units pH	7.49
Temperatura	T	oC	25.6
Sólidos Suspendidos Totales	TSS	mg/L	328.9
Sólidos Sedimentables	SS	ml/L	3.5
Aceites y Grasas	HEM	mg/L	50.60
Cianuro Total	CN ⁻	mg/L	<0.01
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO ₅	mg/L	355.7
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/L	758.3
Sulfatos	SO ₄ ²⁻	mg/L	300.8
Sulfuros	S ²⁻	mg/L	4.20
Cromo Hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/L	<0.024
Nitrógeno Amoniacal	NH ₃	mg/L	15.93
Aluminio	Al	mg/L	0.877
Arsénico	As	mg/L	<0.0065
Boro	B	mg/L	1.923
Cadmio	Cd	mg/L	<0.0027
Cobre	Cu	mg/L	0.822
Cromo	Cr	mg/L	5.248
Manganeso	Mn	mg/L	1.550
Mercurio	Hg	mg/L	<0.0008
Níquel	Ni	mg/L	<0.0050
Plomo	Pb	mg/L	<0.0047
Zinc	Zn	mg/L	0.754

