

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE CIENCIAS



**“MINIMIZACIÓN DE EMISIONES DE CROMO EN EL PROCESO DE
CURTIDO, POR USO DE COMPLEJANTES Y BASIFICANTES DE
CROMO Y TRATAMIENTO DE EFLUENTES”**

Presentado por:

Hansel Miguel Córdova Bravo

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE:

INGENIERO AMBIENTAL

LIMA - PERÚ

2014

Con toda mi gratitud para las personas más importantes en mi vida, que siempre estuvieron listas para brindarme todo su apoyo, que hicieron todo para que yo pudiera lograr mis sueños, por motivarme, por inspirarme y sostenerme cuando lo necesitaba, para ustedes por siempre mi cariño, amor y corazón.

Papá y mamá, los amo.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero expresar mi gratitud al Mg. Sc. Quim. Lizardo Visitación Figueroa, mi asesor de tesis, por su contante apoyo, continúa orientación, valiosas sugerencias y su motivación para hacer posible este trabajo de investigación.

También me gustaría agradecer a la Mg. Sc. Ing. Rocío Vargas Parker, a la Mg. Sc. Quim. Mary Flor Cesare, a la Ing. Quim. Lena Téllez Monzón y a la Bach. Karina Ccapa Ramírez por sus consejos y apoyo incondicional durante todo el proceso del presente trabajo de investigación.

Un sincero agradecimiento al Fondo para la Innovación, Ciencia y Tecnología por ofrecerme apoyo financiero mediante el Convenio N° 022-FINCYT-FIDECOM-PIPEI, 2012 que me permitió realizar el presente trabajo de investigación; a la empresa Helianthus S.A.C., por brindarme sus instalaciones para poder desarrollar los procesos de curtido y a mi alma mater, UNALM, por el apoyo del uso del Laboratorio de Análisis Químico del Departamento de Académico de Química.

Por último, pero no menos importante, quiero agradecer a mi familia, amigos y a todas aquellas personas que de una u otra manera mostraron su apoyo e interés en la realización del presente trabajo de investigación.

RESUMEN

La industria de curtiembre produce grandes cantidades de aguas que contiene cromo III causando serios impactos al medio ambiente. Las sales de cromo son los químicos más usados en el curtido; sin embargo, aproximadamente entre el 20 al 40% de cromo se pierde con el agua residual. El presente estudio busca reducir la emisión del cromo al ambiente proveniente del proceso de curtido mediante el uso de complejantes y basificantes de cromo en este proceso obteniendo un producto final que cumpla con los requisitos mínimos para el cuero a estado *wet blue* para parámetros establecidos en la norma técnica brasilera NBR 13525:2005. El análisis de la calidad del cuero se determinó en función al porcentaje en cuero de: óxido de cromo, sustancia dérmica, materias solubles en diclorometano, pH y la prueba de ebullición. Se determinó que el uso de agentes acomplejantes y basificantes incrementa la capacidad de absorción del cromo en el cuero desde 58,5 % hasta 98,1 %; la calidad del cuero al *wet blue* final logra cumplir con los requisitos solicitados para el producto final. Asimismo, el uso de estos productos reduce la demanda de cromo de 8 % a 5 % disminuyendo la concentración de cromo total en el efluente desde 2000 mg/L hasta 100 mg/L obteniendo un agua residual que requiere menor inversión con respecto al costo de tratamiento.

Con respecto al tratamiento de efluentes, se optó por la precipitación química como el método para la remoción de cromo usando como agente precipitante distintas concentraciones de hidróxido de sodio. Para la determinación de la concentración de cromo total, se usó el método Alkaline Hypobromite Oxidation Method (Method 8024), que es la adaptación del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Este proceso equivale al Standard Method 3500-Cr D for the wastewater (método colorimétrico). Mediante el uso de este agente precipitante, se logró eficiencias de remoción de hasta el 100%; esto depende de la concentración inicial de cromo total. Durante la precipitación química se observó que se obtienen mejores resultados en un rango de pH de 7,36 y 9,99.

ABSTRACT

The tanning industry produces large quantities of water containing chromium III causing serious environmental impacts. Chromium salts are the most used chemical tanning; however, approximately 20% to 40% chromium is lost with the residual water. The present study aims to reduce the emission of chromium to the environment from the tanning process by using chromium complexing and basifiers in this process obtaining a final product that meets the minimum requirements for *wet blue* leather for state parameters of the Brazilian Technical Standard NBR 13525. The analysis of leather quality was determined by the percentage on leather on: chromium oxide, dermal substance, soluble matters in dichloromethane, pH and boiling test. It was determined that the use of complexing and basifiers agent increases absorbency of chrome in leather from 58,5 % to 98,1 %; the quality of finish *wet blue* leather achieve meet the requirements established for the final product. Also, the use of these products reduces the chromium demand from 8 % to 5 % decreasing the concentration of total chromium in the effluent from 2 000 mg/L to 100 mg/L obtaining a wastewater which requires less investment compared to the cost of treatment.

With respect to effluent treatment, the chemical precipitation was used for removal of chromium using as a precipitating agent different concentrations of sodium hydroxide. For the determination of the concentration of total chromium was used the Alkaline Hypobromite Oxidation Method (Method 8024), which is an adaptation of Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. This process is equivalent to Standard Method 3500-Cr D for the wastewater (colorimetric method). By using this precipitating agent, removal efficiencies of up 100 % were achieved. During chemical precipitation was observed that best result are obtained in a pH rang from 7,36 to 9,99.

ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1	Objetivo general	2
1.2	Objetivos específicos.....	2
II.	REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1	Marco normativo	4
2.2	Descripción general de la actividad curtiembre en el Perú	6
2.2.1	Descripción de la actividad curtiembre en el Perú	6
2.2.2	Mercado (exportaciones e importaciones) de la actividad curtiembre	7
2.2.3	Volumen de producción y capacidad operativa.....	8
2.2.4	Problemática en el Perú	9
2.3	Estudio de la piel	10
2.3.1	Histología de la piel.....	11
2.3.2	Composición química de la piel	12
2.3.3	Aminoácidos y proteínas de la piel	12
2.4	Proceso de curtiembre	13
2.4.1	Etapa de ribera.....	16
2.4.2	Etapa de curtido.....	16
2.4.3	Etapa de post-curtido.....	22

2.4.4	Etapa de acabado	22
2.5	Química del cromo	22
2.5.1	Generalidades	22
2.5.2	Ciclo ambiental del cromo.....	23
2.5.3	Importancia del cromo.....	25
2.5.4	Reacciones de óxido-reducción del cromo	25
2.5.5	Biodisponibilidad del cromo.....	26
2.5.6	Bioacumulación del cromo	26
2.5.7	Toxicidad del cromo	26
2.5.8	Características químicas del cromo aplicadas a la curtición	29
2.6	Estudio de la calidad del cuero	32
2.7	Impacto de la actividad curtiembre al medio ambiente	32
2.8	Métodos para el control de la contaminación del proceso de curtido.....	34
2.8.1	Tecnologías para el tratamiento del cromo.....	35
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	37
3.1	Materiales y equipos empleados.....	37
3.1.1	Análisis del uso de complejantes y basificantes de cromo	37
3.1.2	Caracterización del efluente de la etapa de curtido	38
3.1.3	Análisis de la eficiencia del uso de complejantes y basificantes de cromo.....	43
3.1.4	Análisis de la calidad del cuero	43

3.1.5	Análisis del rendimiento de la aplicación del cromo en el proceso de curtido.....	47
3.1.6	Análisis del tratamiento de efluentes	47
3.2	Métodos y procedimientos.....	48
3.2.1	Análisis del uso de complejantes y basificantes de cromo	48
3.2.2	Caracterización del efluente de la etapa de curtido	51
3.2.3	Análisis de la eficiencia del uso de complejantes y basificantes de cromo.....	63
3.2.4	Análisis de la calidad del cuero	63
3.2.5	Análisis del rendimiento de la aplicación del cromo en el proceso de curtido.....	74
3.2.6	Análisis del tratamiento de efluentes	75
3.2.7	Análisis estadístico	78
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIONES	79
4.1	Área de estudio	79
4.2	Caracterización del efluente de la etapa de curtido	80
4.3	Análisis de la eficiencia del uso de complejantes y basificantes de cromo.....	83
4.4	Análisis de la calidad del cuero	84
4.4.1	Ensayos Físico-Químico.....	84
4.4.2	Ensayos Físico-Mecánico	89
4.5	Análisis del rendimiento de la aplicación del cromo en el proceso de curtiDo.....	93
4.6	Análisis del tratamiento de efluente	94
4.6.1	Proceso tradicional.....	94

4.6.2	Proceso alternativo I	98
4.6.3	Proceso alternativo II.....	102
4.6.4	Proceso alternativo III.....	106
4.6.5	Proceso alternativo IV	110
4.6.6	Caracterización del precipitado	114
4.6.7	Comportamiento de la concentración de cromo total en el efluente	115
4.6.8	Comportamiento del pH en el efluente	116
4.6.9	Análisis de la eficiencia del tratamiento de efluentes.....	117
4.7	Análisis estadístico	119
4.7.1	Uso complejantes y basificantes de cromo.....	119
4.7.2	Tratamiento de efluentes.....	121
4.8	Evaluación económica del proyecto	124
4.8.1	Uso de complejantes y basificantes de cromo en el proceso de curtido.....	124
4.8.2	Tratamiento de efluentes.....	125
4.9	Consolidado de resultados	126
4.9.1	Consolidado de materias primas utilizadas en los proceso de curtido.....	126
4.9.2	Caracterización del efluente del proceso de curtido	127
4.9.3	Uso de complejantes y basificantes de cromo	127
4.9.4	Tratamiento de efluentes.....	128

V.	CONCLUSIONES.....	129
VI.	RECOMENDACIONES	131
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	133
VIII.	ANEXOS.....	138

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Valores máximos admisibles.	5
Cuadro 2: Valores máximos admisibles.	5
Cuadro 3: Exportaciones e importaciones de la actividad curtiembre para el año 2010.	7
Cuadro 4: Índice mensual de volumen físico de la producción: 2010-2011.	8
Cuadro 5: Composición química de la piel de vacuno recién desollada.	12
Cuadro 6: Clasificación de agentes curtientes.	17
Cuadro 7: Compuestos de cromo según su estado de oxidación.	22
Cuadro 8: Formas de expresar la basicidad.	29
Cuadro 9: Relación entre la basicidad, difusión y fijación de las sales de cromo.	30
Cuadro 10: Cuantificación de insumos químicos de un proceso tradicional de producción de cuero a estado <i>wet blue</i>	33
Cuadro 11: Características de los efluentes de una curtiembre en un proceso de producción a estado <i>wet blue</i>	34
Cuadro 12: Características de los procesos a desarrollar hasta estado <i>wet blue</i>	48
Cuadro 13: Materia prima utilizada durante el proceso tradicional.	49
Cuadro 14: Materia prima utilizada durante el proceso alternativo I.	49
Cuadro 15: Materia prima utilizada durante el proceso alternativo II.	50
Cuadro 16: Materia prima utilizada durante el proceso alternativo III.	50
Cuadro 17: Materia prima utilizada durante el proceso alternativo IV.	51
Cuadro 18: Normas de referencia.	51

Cuadro 19: Ubicación geográfica del área de trabajo.....	79
Cuadro 20: Caracterización del efluente de los procesos de curtido desarrollados.....	81
Cuadro 21: Caracterización del efluente del proceso tradicional.	81
Cuadro 22: Análisis de la eficiencia del uso de complejantes y basificantes de cromo.....	83
Cuadro 23: Determinación química del contenido en óxido de cromo.	85
Cuadro 24: Determinación de materias solubles en diclorometano.	86
Cuadro 25: Determinación de sustancia dérmica.	86
Cuadro 26: Determinación de pH.....	87
Cuadro 27: Determinación de Índice diferencial.....	87
Cuadro 28: Rendimiento de la aplicación del cromo en el proceso de curtido.	93
Cuadro 29: Efluente de la etapa de curtido del proceso tradicional tratado con hidróxido de Sodio - Análisis de cromo total.	94
Cuadro 30: Efluente de la etapa de curtido del proceso tradicional tratado con hidróxido de sodio - Análisis de pH.	96
Cuadro 31: Efluente de la etapa de curtido del proceso alternativo I tratado con hidróxido de sodio - Análisis de cromo total.	98
Cuadro 32: Efluente de la etapa de curtido del proceso alternativo I tratado con hidróxido de sodio - Análisis de pH.	100
Cuadro 33: Efluente de la etapa de curtido del proceso alternativo II tratado con hidróxido de sodio - Análisis de cromo total.	102
Cuadro 34: Efluente de la etapa de curtido del proceso alternativo II tratado con hidróxido de sodio - Análisis de pH.	104

Cuadro 35: Efluente e la etapa de curtido del proceso alternativo III tratado con hidróxido de sodio - Análisis de cromo total.	106
Cuadro 36: Efluente de la etapa de curtido del proceso alternativo III tratado con hidróxido de sodio - Análisis de pH.	108
Cuadro 37: Efluente de la etapa de curtido del proceso alternativo IV tratado con hidróxido de sodio - Análisis de cromo total.	110
Cuadro 38: Efluente de la etapa de curtido del proceso alternativo IV tratado con hidróxido de sodio - Análisis de pH.	112
Cuadro 39: Caracterización del precipitado.	114
Cuadro 40: Formación del precipitado.	114
Cuadro 41: Análisis de la eficiencia del tratamiento de efluente.	117
Cuadro 42: Análisis del comportamiento del pH	118
Cuadro 43: Coeficiente de correlación de Pearson de los principales insumos químicos utilizados y de los parámetros de calidad del cuero	121
Cuadro 44: Relación de hidróxido de sodio aplicado y la concentración de cromo total en el efluente.	123
Cuadro 45: Comparativos de costos del proceso tradicional y el proceso alternativo I.....	124
Cuadro 46: Consolidado de materias primas utilizados en los procesos de curtido.....	126
Cuadro 47: Caracterización del efluente del proceso de curtido.	127
Cuadro 48: Consolidado de resultados obtenidos del uso de complejantes y basificantes de cromo en el Proceso de curtido	127
Cuadro 49: Consolidado de resultados obtenidos del tratamiento con hidróxido de sodio.....	128

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Distribución a nivel nacional de empresas dedicadas a la actividad curtiembre.	6
Figura 2: Partes de la piel.	10
Figura 3: Esquema de un corte de piel vacuna fresca.	11
Figura 4: Estructura genérica de aminoácidos y proteínas.	12
Figura 5: Diagrama de flujo típico para la producción de <i>wet blue</i> a partir de piel de vacuno.	14
Figura 6: Diagrama de flujo típico para la producción de cuero acabado.	15
Figura 7: Fijación de la sal de cromo.	18
Figura 8: Etapa de curtición al cromo.	18
Figura 9: Relación de cromo ofertado y cromo curtiendo durante 48 horas y 32 °C.	20
Figura 10: Esquema de las reacciones de la sal de cromo con la fibra proteica.	21
Figura 11: Ciclo ambiental del cromo.	24
Figura 12: Difusión celular del cromo.	28
Figura 13: Cromo trivalente hexa-hidratado	29
Figura 14: Reacción de olificación.	31
Figura 15: Reacción de oxalación.	31
Figura 16: Potenciómetro portátil HANNA.	52
Figura 17: Tanques usado para el almacenamiento del efluente	52
Figura 18: Bomba de agua y mangueras usados para el traslado del efluente	53
Figura 19: Espectrofotómetro portátil HACH.	55

Figura 20: Cuero en trozos preparado para la trituración.....	63
Figura 21: Cuero triturado listo para la realización de ensayos físico-químicos.....	64
Figura 22: Cocina eléctrica y las muestras para determinar Óxido de cromo.....	67
Figura 23: Valoración de la muestra con tiosulfato de sodio 0,1 mol/L.	67
Figura 24: Tonalidad verde claro o azul, la cual indica el final de la valoración.....	67
Figura 25: Equipo Soxhlet, utilizado para extracción de las materias solubles en diclorometano.	69
Figura 26: Digestión de las muestras con ácido sulfúrico.....	71
Figura 27: Destilación de las muestras.....	71
Figura 28: Valoración de las muestras con ácido clorhídrico.....	71
Figura 29: Agitador mecánico con las muestras.....	73
Figura 30: Esquema de la precipitación química con hidróxido de sodio (NaOH).....	75
Figura 31: Mezcla de la solución con el agitador magnético.....	77
Figura 32: Filtración de la muestra.....	77
Figura 33: Filtración de la muestra.....	77
Figura 34: Croquis de la ubicación de la empresa HELIANTHUS S.A.C.....	79
Figura 35: Determinación de pH en los efluentes de los proceso desarrollados	82
Figura 36: Determinación de cromo total en los efluentes de los procesos desarrollados	82
Figura 37: Diagramas del cajas de los parámetros de calidad del cuero al estado wet blue para los proceso desarrollados.....	88
Figura 38: Grupo de figuras correspondientes al proceso tradicional.....	90

Figura 39: Grupo de figuras correspondientes al proceso alternativo I.....	90
Figura 40: Grupo de figuras correspondientes al proceso alternativo II.	91
Figura 41: Grupo de figuras correspondientes al proceso alternativo III.....	91
Figura 42: Grupo de figuras correspondientes al proceso alternativo IV.....	92
Figura 43: Comportamiento de la concentración del cromo total tratado con hidróxido de sodio para el tratamiento del proceso tradicional.....	95
Figura 44: Determinación de la concentración de cromo total tratado con hidróxido de sodio para el tratamiento del proceso tradicional.....	95
Figura 45: Comportamiento del pH tratado con hidróxido de sodio para el tratamiento del proceso tradicional.....	97
Figura 46: Determinación del pH tratado con hidróxido de sodio para el tratamiento del proceso tradicional.....	97
Figura 47: Comportamiento de la concentración de cromo total tratado con hidróxido de sodio para el tratamiento del proceso alternativo I.	99
Figura 48: Determinación de la concentración de cromo total tratado con hidróxido de sodio para el tratamiento del proceso alternativo I.	99
Figura 49: Comportamiento del pH tratado con hidróxido de sodio para el tratamiento del proceso alternativo I.	101
Figura 50: Determinación del pH tratado con hidróxido de sodio para el tratamiento del proceso alternativo I.	101
Figura 51: Comportamiento de la concentración del cromo total tratado con hidróxido de sodio para el tratamiento del proceso alternativo II.	103
Figura 52: Determinación de la concentración de cromo total tratado con hidróxido de sodio para el tratamiento del proceso alternativo II.	103

Figura 53: Comportamiento del pH tratado con hidróxido de sodio para el tratamiento del proceso tradicional.....	105
Figura 54: Determinación del pH tratado con hidróxido de sodio para el tratamiento del proceso alternativo II.....	105
Figura 55: Comportamiento de la concentración del cromo total tratado con hidróxido de sodio para el tratamiento del proceso alternativo III.....	107
Figura 56: Determinación de la concentración de cromo total tratado con hidróxido de sodio para el tratamiento del proceso alternativo III.....	107
Figura 57: Comportamiento del pH tratado con hidróxido de sodio para el tratamiento del proceso alternativo III.....	109
Figura 58: Determinación del pH tratado con hidróxido de sodio para el tratamiento del proceso alternativo III.....	109
Figura 59: Comportamiento de la concentración del cromo total tratado con hidróxido de sodio para el tratamiento del proceso alternativo IV.....	111
Figura 60: Determinación de la concentración de cromo total tratado con hidróxido de sodio para el tratamiento del proceso alternativo IV.....	111
Figura 61: Comportamiento del pH tratado con hidróxido de sodio para el tratamiento del proceso alternativo IV.	113
Figura 62: Determinación del pH tratado con hidróxido de sodio para el tratamiento del proceso alternativo IV.	113
Figura 63: Comportamiento de la concentración del cromo total de los efluentes tratados con hidróxido de sodio de los procesos desarrollados.	116
Figura 64: Comportamiento del pH de los efluentes tratado con hidróxido de sodio de los procesos desarrollados.....	116

Figura 65: Análisis de la eficiencia del tratamiento de efluentes.	117
Figura 66: Análisis del comportamiento del pH por la adición de hidróxido de sodio.....	118
Figura 67: Relación de hidróxido de sodio óptimo aplicado en el efluente.	123
Figura 68: Comparación del costo de los insumos de tratamiento y de producción.	125

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Rendimiento de la aplicación del cromo en el proceso de curtido.	138
Anexo 2: Análisis del costo de producción por cuero	139
Anexo 3: Caracterización del efluente de los diferentes proceso de curtido.....	140
Anexo 4: Caracterización del precipitado.	142
Anexo 5: Caracterización del contenido proteico en el efluente.	144
Anexo 6: Hoja de cálculos.....	145
Anexo 7: Análisis estadístico.	157
Anexo 8: Informes de ensayo del laboratorio.....	168
Anexo 9: Ficha técnica de complejantes y basificantes de cromo.	179
Anexo 10: Hoja de seguridad de complejantes y basificantes de cromo.....	185
Anexo 11: Registro fotográfico del proceso de producción.	202

I. INTRODUCCIÓN

La industria curtiembre se dedica a la transformación de pieles de diferentes animales en un producto inalterable e imputrescible en el tiempo, llamado, cuero mediante el uso de agentes químicos. En los últimos años esta industria ha tenido grandes mejoras tecnológicas tanto en las operaciones de cada proceso, como en los insumos químicos y maquinarias utilizadas; dando como resultado cueros de mejor calidad, mayor resistencia y mejor acabado. Sin embargo, sus operaciones generan un impacto potencial al medio ambiente, pues los efluentes generados se caracterizan por presentar altos niveles de carga orgánica y tóxica asociada a sales, sulfuros y cromo. Particularmente, los efluentes de la etapa de curtido se caracterizan por contener cromo en estado trivalente y estar en medio ácido.

A nivel nacional, esta industria está afectada por fuerzas internas y externas, y es considerada como una industria en crisis. Correspondiente a la fuerzas internas, se detalla que el 89,2 % son microempresas y además prevalece la informalidad; el uso de tecnologías obsoletas, donde el rendimiento de la fijación de cromo es menor al 60 %; la ubicación de las mismas, donde no existe una zonificación destinada para esta industria; la falta de capacitación; la baja calidad del producto y déficit de pieles. Mientras que el segundo grupo se caracteriza por la importación formal e informal de cueros

El 20 de noviembre de 2009 el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento pública en el diario El Peruano el Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA. Aprueban Valores Máximos Admisibles (VMA) de las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario, el cual establece Valores Máximos Admisibles para regular las descargas residuales no domésticas en el sistema alcantarillado sanitario. Asimismo, estos 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.

Ante esta problemática y ajustándose a la normativa ambiental vigente el presente trabajo de investigación busca aplicar el uso de complejantes y basificantes de cromo como tratamiento preventivo para enfocarnos en la disminución del uso de compuestos de cromo además de mejorar el rendimiento de la aplicación de estos y así disminuir la carga contaminante del efluente de la etapa de curtido y el tratamiento de efluentes mediante la precipitación química utilizando como agente precipitante al hidróxido de sodio (NaOH), como tratamiento correctivo.

Los procesos de curtido del presente trabajo de investigación fueron desarrollados en las instalaciones de la empresa HELIANTHUS S.A.C., ubicada en la Avenida Guardia Civil N° 314, distrito Chorrillos, Provincia de Lima y Departamento de Lima. Mientras que tanto el tratamiento de efluentes como los análisis químicos elaborados fueron desarrollados en el Laboratorio de Análisis Químico del Departamento Académico de Química de la Universidad Nacional Agraria la Molina.

Los objetivos que enmarcan el presente trabajo de investigación son los siguientes:

1.1 OBJETIVO GENERAL

1. Reducir la emisión del cromo al ambiente proveniente del proceso de curtido, sin alteración de la calidad del producto final mediante el uso de complejantes y basificantes de cromo en el proceso de curtido.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Precipitar al cromo proveniente de los efluentes del proceso de curtido mediante el uso de hidróxido de sodio.
2. Evaluar la eficiencia del uso de complejantes y basificantes de cromo en términos de concentración de cromo total en los efluentes proveniente del proceso de curtido.
3. Evaluar y comparar la concentración de cromo total y cromo hexavalente de los efluentes del proceso de curtido de acuerdo a la normativa nacional aplicable.

4. Evaluar la calidad de cuero mediante análisis físico-químico y físico-mecánico en los procesos a desarrollar.
5. Evaluar la eficiencia de precipitación de cromo con hidróxido de sodio en términos de concentración de cromo total en los efluentes proveniente del proceso de curtido.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 MARCO NORMATIVO

El viernes 20 de noviembre del 2009, es publicado en el diario “El Peruano” el Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA. Aprueban Valores Máximos Admisibles (VMA) de las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario. En dicha norma menciona la finalidad de la misma, la cual es la siguiente: *“Regular mediante Valores Máximos Admisibles las descargas residuales no domésticas en el sistema alcantarillado sanitario a fin de evitar el deterioro de las instalaciones, infraestructura sanitaria, maquinarias, equipos y asegurar su adecuado funcionamiento, garantizando la sostenibilidad de los sistemas de alcantarillado y tratamiento de las aguas residuales”*. Asimismo, se menciona que los Valores Máximos Admisibles 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.

La norma en mención entró en vigencia a los treinta (30) días calendario desde la publicación en el Diario Oficial El Peruano del Decreto Supremo N° 003-2011-VIVIENDA. Aprueban Reglamento del Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA, mediante el cual se aprobaron los Valores Máximos Admisibles de las descargas de aguas residuales no domésticas en el Sistema de Alcantarillado Sanitario (Domingo 22 de mayo de 2011).

Cuadro 1: Valores máximos admisibles.

Parámetro	Unidad	Expresión	VMA
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	DBO ₅	500
Demanda química de oxígeno	mg/L	DQO	1 000
Sólidos suspendidos totales	mg/L	S.S.T.	500
Aceites y grasas	mg/L	AyG	100

Fuente: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2009. Anexo N° 1.

Cuadro 2: Valores máximos admisibles.

Parámetro	Unidad	Expresión	VMA ⁽¹⁾
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⁾	Unidad de pH	pH	6 - 9
Sólidos Sedimentables ⁽²⁾	mL/L	S.S.	8,5
Temperatura ⁽²⁾	°C	T	<35

Fuente: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2009. Anexo N° 2.

(1): La aplicación de estos parámetros a cada actividad económica por procesos productivos, será precisada en el reglamento de la presente norma tomando como referencia el código CIU. Aquellas actividades que no estén incluidas en este código, deberán cumplir con los parámetros indicados en el presente Anexo.

(2): Estos parámetros, serán tomadas de muestras puntuales. El valor de los demás parámetros, serán determinados a partir del análisis de una muestra compuesta.

2.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ACTIVIDAD CURTIEMBRE EN EL PERÚ

2.2.1 Descripción de la actividad curtiembre en el Perú

Según el Ministerio de Industria, Turismo, Integración y Negocios Comerciales Internacionales, 2002, las empresas registradas para la actividad curtiembre a nivel nacional sumaban 438. De las cuales el 89,2 % corresponden a microempresas; 5,1 % a pequeñas empresas; 4,0 % a medianas empresas y finalmente, 1,7 % corresponde a empresas grandes. En la Figura 1, se identifica la distribución de las empresas dedicadas a la actividad curtiembre a nivel nacional.

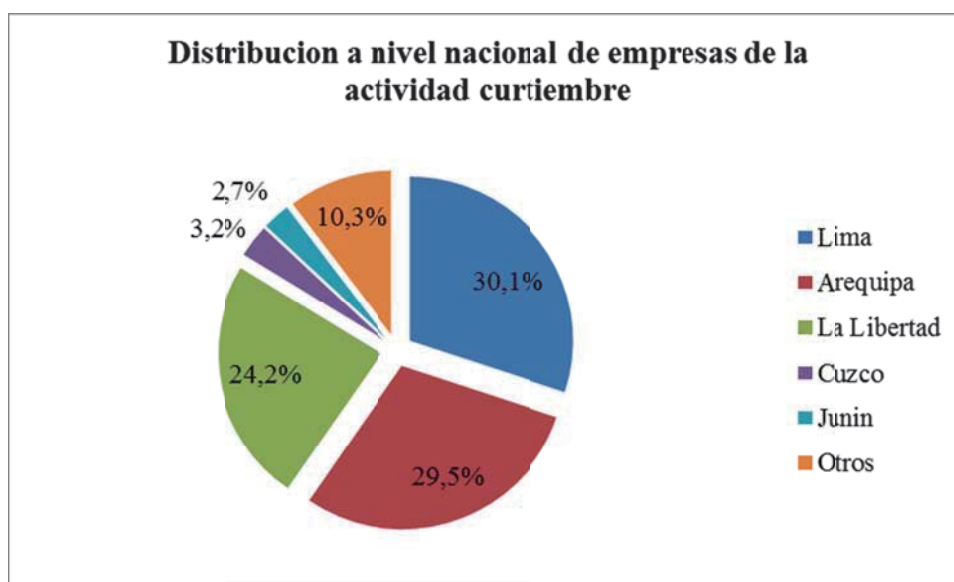


Figura 1: Distribución a nivel nacional de empresas dedicadas a la actividad curtiembre.

Fuente: Ministerio de Industria, Turismo, Integración y Negocios Comerciales Internacionales, 2002.

En la actualidad, (Bazán & Vargas, 2012), estima que el departamento de Arequipa posee el 40 % de la distribución nacional. Mientras que los departamentos de La Libertad y Lima 30 % cada una.

2.2.2 Mercado (exportaciones e importaciones) de la actividad curtiembre

La Sociedad Nacional de Industria (2005), citado por Mestanza, 2005; afirma que el Perú es deficitario en pieles de vacuno, por lo que en una situación económica normal se requeriría importar una considerable cantidad de pieles. La industria peruana de curtido, procesa en mayor volumen pieles de vacuno y en menor cantidad pieles de caprino y ovino; destinando mayor porcentaje al mercado interno. Con respecto a las exportaciones, se exporta pieles de cabra y sajino y en menor porcentaje procesos semi terminados. A continuación se muestra la relación de exportaciones e importaciones de la actividad curtiembre para el año 2010.

Cuadro 3: Exportaciones e importaciones de la actividad curtiembre para el año 2010.

Exportaciones			
Descripción	Crecimiento (%)	Suma (US \$) Millones	Destino
Calzado	15,2	16,5	Chile, Ecuador y Estados Unidos
Manufacturas de cuero	52,6	15,3	España y México
Cuero y pieles	39,7	9,3	Chile, Colombia y Venezuela
Importaciones			
Descripción	Crecimiento (%)	Suma (US \$) Millones	Origen
Calzado	30,1	175,5	Brasil, China y Vietnam
Manufacturas de cuero	41,2	55,9	China
Cuero y pieles	47,9	9,6	Argentina, Bolivia y Colombia

Fuente: Maximixe, 2011.

A partir de estos datos, *Maximixe*, proyectó que en el año 2011 las importaciones sumarían US \$ 300 millones, lo que representaría un incremento anual de 24 %. En este escenario, se menciona que las importaciones de calzado sumarían US \$ 217,7 millones (alza 24 %); las manufacturas de cuero US \$ 69,9 millones (alza de 25 %) y las de cuero y pieles US \$ 11,4 millones (alza de 18,5 %).

Con respecto a las exportaciones, *Maximixe*, estimó que las exportaciones de cuero, calzado y manufacturas de cuero sumarían US \$ 47 millones, lo que representa un incremento anual 14,3 %. Las exportaciones de calzado sumarían US \$ 17,4 millones (5 % de crecimiento); las de cueros US \$ 18,7 millones (22 % de crecimiento) y las de manufacturas de cuero US \$ 11 millones (18 % de crecimiento).

2.2.3 Volumen de producción y capacidad operativa

La producción de cueros diversos en el año 2009 fue de 7 049 103,5 pies², mientras que en el año 2010 la producción fue de 8 239 212,8 pies². Lo que significa un incremento de la producción nacional en 16,9 % (Ministerio de la Producción, 2010). A continuación se muestra el mensual de volumen físico de producción durante el año 2011:

Cuadro 4: Índice mensual de volumen físico de la producción: 2010-2011.

Industria	2010	2011											
	Dic	Ene	Feb	Mar	Abril	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
1	50,67	50,01	48,99	57,33	49,40	55,20	50,32	37,86	26,98	25,08	25,01	31,96	29,52
2	54,99	53,31	59,39	73,85	63,98	64,83	56,09	40,61	53,71	57,46	53,90	71,60	58,67

1: Curtido y adobo de cueros. Fabricación de maletas, calzado.

2: Curtido de adobo de cueros. Fabricación de maletas, bolsos de mano.

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas e Informática, 2011.

NOTA: Año base: 1994=100.

En el año 1991, la industria curtiembre mostro su mayor capacidad operativa con 41,6 %, manteniéndose en un nivel de 35 % en promedio hasta el año 1996; pero la capacidad operativa en el periodo de 1996 y 1998 registro un nivel de uso promedio anual de 33,3 %, porcentaje menor al promedio de la manufactura (53,1 %) (Ministerio de Industria, Turismo, Integración y Negocios Comerciales Internacionales, 2002).

El Instituto Nacional de Estadísticas e Informática, 2011, en su Informe Económico Trimestral de Octubre-Diciembre 2011, menciona que la industria manufacturera con respecto al valor agregado se contrajo en la industria textil y cuero (7,2 %); esto debido al comportamiento negativo de la fabricación de calzado (52,8 %), fabricación de productos textiles (16,6 %) y la preparación de cueros y productos de cuero (8 %).

2.2.4 Problemática en el Perú

Existen diversos problemas que enmarcan la actividad curtiembre a nivel nacional. Gagnet, Miller, & Worden, 1999; caracterizan a la actividad curtiembre como una industria en crisis debido a fuerzas internas e externas. El primer grupo, fuerzas internas, es caracterizado por la formación de PYMES, donde prevalece la informalidad, algunas fuentes estiman que las curtiembres formales producen hasta el 50 % del cuero que se produce en el país; el uso de tecnologías obsoletas; la ubicación de las empresas, debido a que no existe una zonificación destinada para esta industria, en muchos casos estas están ubicadas en zonas residenciales; la falta de capacitación del personal responsable de la curtición de pieles, la baja calidad del producto y déficit en el abastecimiento de pieles). Mientras que en el segundo grupo, fuerzas externas, es caracterizado por la importación formal e informal de cueros y la baja calidad del cuero que dificulta el cumplimiento de estándares internacionales para su exportación. Asimismo, se menciona que muchas curtiembres que eran formales han cerrado, y los operarios y empleados que laboraban en formalidad han reaparecido con curtiembre informales; muchas curtiembre, inclusive, alquilan sus servicios a curtidores informales como un medio para generar ingresos.

La contaminación es perjudicial, no sola a la salud humana y al ambiente sino que, además, la polución representa el producto perdido que resulta en una baja eficiencia y competitividad para el sub-sector industrial. Sin embargo, ninguna curtiembre es lo suficientemente grande para justificar la implementación de un sistema eficiente de tratamiento de efluentes líquidos, con el cual se podría alcanzar los valores máximos admisibles estipulados en la normativa nacional; además que, ninguna entidad reguladora gubernamental podría identificar, alcanzar y controlar un proceso tan fácilmente escondido como la curtiembre informal.

2.3 ESTUDIO DE LA PIEL

La piel, en general, es la estructura externa del cuerpo de los animales. Esta envoltura, ejerce una acción protectora pero al mismo tiempo, también, cumple funciones como: regular la temperatura del cuerpo, eliminar sustancias de desecho, albergar órganos sensoriales, almacenar grasas y proteger el cuerpo de la entrada de bacterias. Asimismo, ella responde a los cambios fisiológicos del animal, reflejándose sobre ella características importantes y específicas como: edad, sexo, dieta, medio ambiente y estado de salud (Menezes de Moraes, 2011; Vargas, 2005).

En la piel se identifica tres partes: Cuello, crupón y faldas. El cuello, es de mayor espesura, presenta muchas arrugas y pesa aproximadamente 25 % del total de la piel fresca. El crupón, es la parte más homogénea, compacta y valiosa; aproximadamente pesa el 45 % del total de la piel fresca. La falda o también llamados flancos, poseen textura más abierta y menor espesura; representa aproximadamente el 30 % del total de la piel fresca. Por tal motivo, las diferentes zonas de la piel presentan distinto comportamiento durante la actividad curtiembre (Gonçalves, 2007; Morera, 2002).

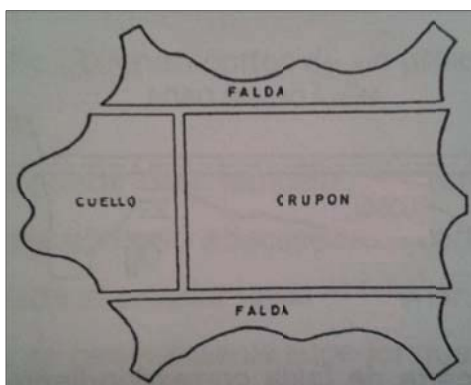


Figura 2: Partes de la piel.

Fuente: Morera, 2002.

2.3.1 Histología de la piel

Para conocer la estructura de la piel es necesario efectuar cortes transversales de la misma. En la Figura 3, se representa un corte de la piel vacuna fresca como modelo de la estructura tipo. Desde el exterior hacia el interior se distinguen tres capas: la epidermis, la dermis o corium y el tejido subcutáneo.

La epidermis, está constituida de un tejido epitelial. Es una capa delgada y estratificada que representa el 1 % del espesor total de la piel. Esta piel es eliminada en las operaciones del pelambre.

La dermis, es la parte más importante para el curtido, pues es la que se convierte en cuero. En ella se distinguen tres capas: la capa papilar con fibras elásticas, vasos sanguíneos, terminaciones nerviosas y fibras de colágeno finas; la capa reticular, con células conjuntivas y fibras de colágeno oblicuas y más gruesas que la capa anterior y la capa laminar con fibras de colágeno de la misma medida que las de la capa anterior.

El tejido subcutáneo, asegura la unión con el cuerpo animal; encontrándose en ella vasos sanguíneos muy gruesos y nervios.

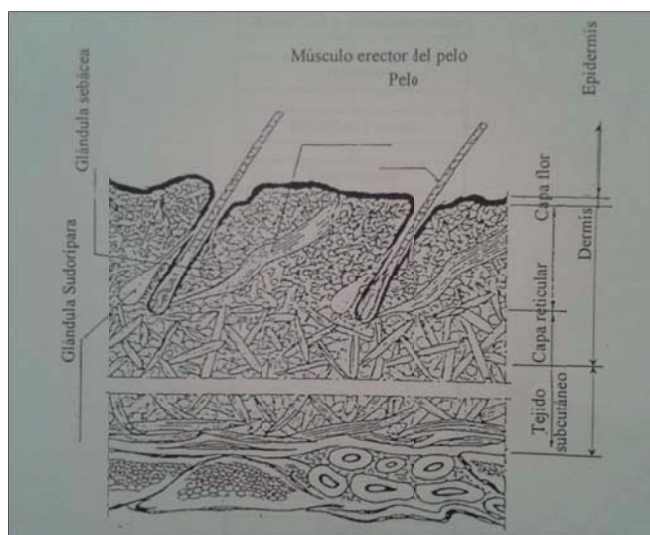


Figura 3: Esquema de un corte de piel vacuna fresca.

Fuente: Adzet et al. (1995), citado por Vargas, 2005.

2.3.2 Composición química de la piel

Morera, 2002; menciona que la composición química aproximada de una piel de vacuno recién desollada es la siguiente:

Cuadro 5: Composición química de la piel de vacuno recién desollada.

Sustancia	Porcentaje (%)
Agua	64,0
Proteínas	33,0
Grasas	2,0
Sustancias minerales	0,5
Otros	0,5

Fuente: Morera, 2002.

De las proteínas existentes en la piel, aproximadamente el 95 % es colágeno (mayormente el colágeno llamado Tipo I de los 19 que existen). Otras proteínas presentes son la elastina, la queratina, las albúminas y las globulinas.

2.3.3 Aminoácidos y proteínas de la piel

Es esencial para el desarrollo de la tecnología del cuero conocer la estructura molecular y supramolecular de las fibras de colágeno. Este, es una proteína formada por la combinación de α -aminoácidos unidos entre sí por uniones amídicas llamadas enlaces peptídicos. En la Figura 4, se representa la estructura genérica de aminoácidos y proteínas. (Trejo, 1993).

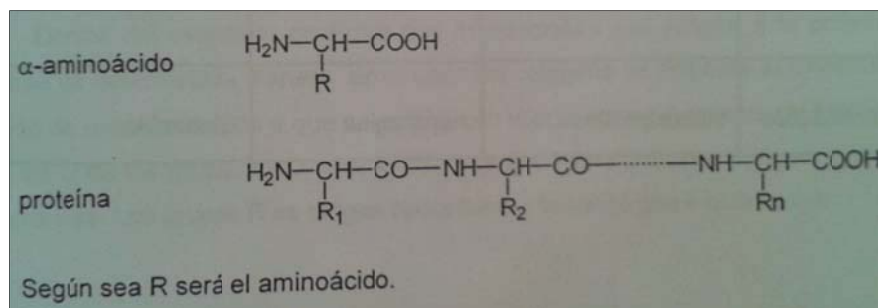


Figura 4: Estructura genérica de aminoácidos y proteínas.

Fuente: Morera, 2002.

El termino colágeno, designa una familia de proteínas insolubles, fibrosas, encontradas en animales multicelulares. Estas proteínas son encontradas en el tejido conjuntivo, en huesos, dientes, tendones, piel, músculos, vasos sanguíneos y corresponden aproximadamente al 25 % en masa de todas las proteínas en mamíferos. Se caracteriza principalmente por formar triple hélice (formada de tres cadenas polipeptídicas) y su contenido de aminoácidos, donde la cantidad de residuos de hidroxiprolina presentes es mucho mayor a la cantidad encontrada en otras proteínas en la naturaleza (Da Rosa de Souza, 2010).

El colágeno está formado por unos 20 aminoácidos, dependiendo del tipo de animal y de su juventud con cadenas laterales no polares (glicina, alanina, valina, leucina, isoleucina, prolina, fenilalanina y meionina), polares (serina, treonina, tirosina, hidroxiprolina, asparagina y glutamina), ácidos (ácido aspártico y ácido glutámico) y básicas (lisina, arginina, histidina y hidroxilisina) (Menezes de Moraes, 2011).

2.4 PROCESO DE CURTIEMBRE

El proceso de curtido se resume como los procesos en los cuales la piel de diferentes tipos de animales (vacuno, ovejas, cabras, caballo, venados, conejos, peces, avestruces, cobras caimanes, ranas, etc) son transformados en cuero (Umaña, 2004).

López et al. , 1985, citado por Vargas, 2005; menciona que el proceso de curticion consta de varios proceso, siendo cada una de ellos de igual importancia. En este proceso se inicia de una piel recién desollada en estado fresco y finaliza en cuero. La curtición se caracteriza por ser un proceso irreversible y estable a la degradación enzimática, a la temperatura, al hinchamiento y a la deformidad.

A continuación, en la Figura 5, se representa un diagrama de flujo para la producción de cuero hasta el estado *wet blue*. Mientras que en la Figura 6, se representa un diagrama de flujo para la producción de cuero acabado.

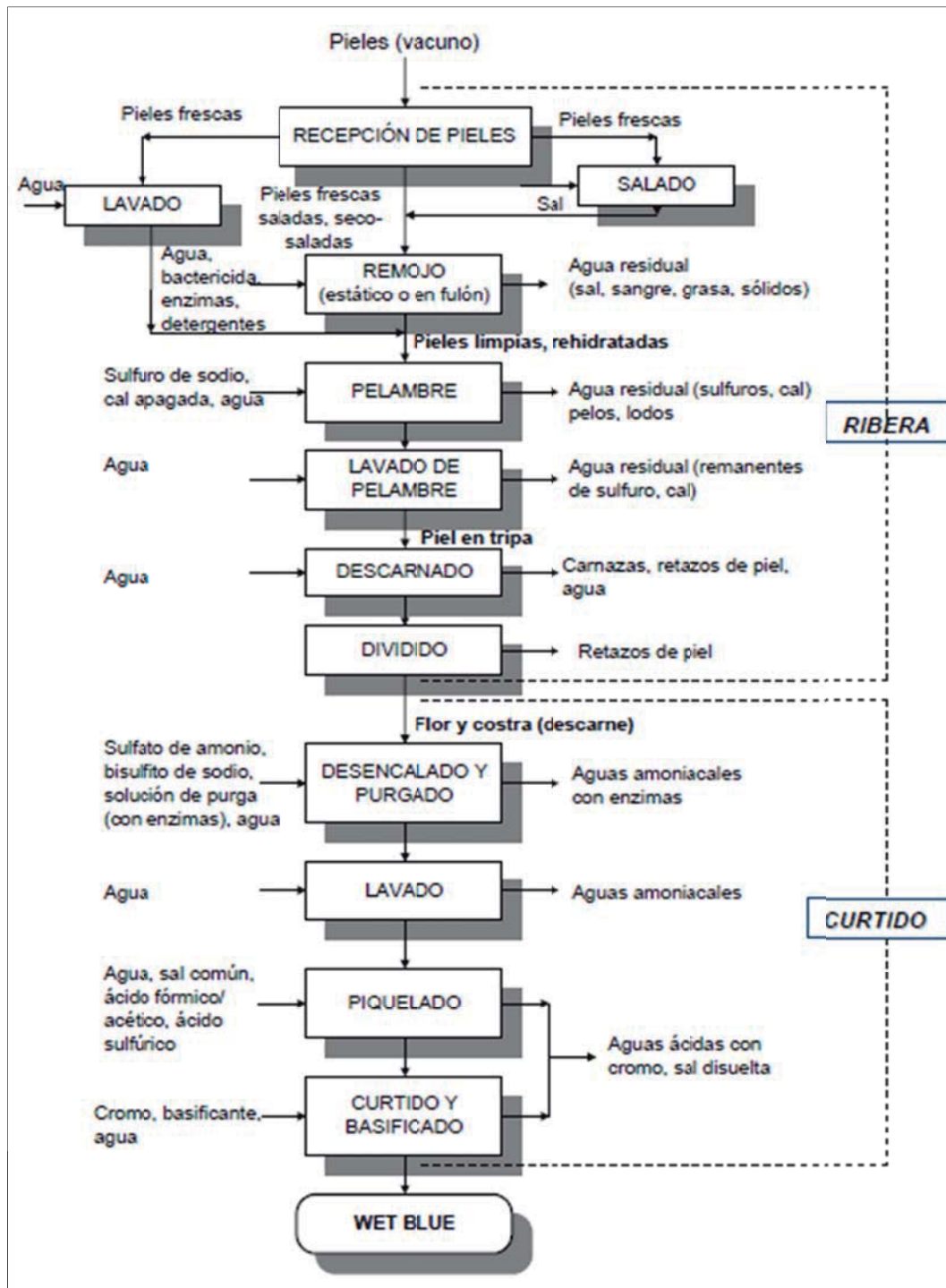


Figura 5: Diagrama de flujo típico para la producción de *wet blue* a partir de piel de vacuno.

Fuente: Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles, 2003.

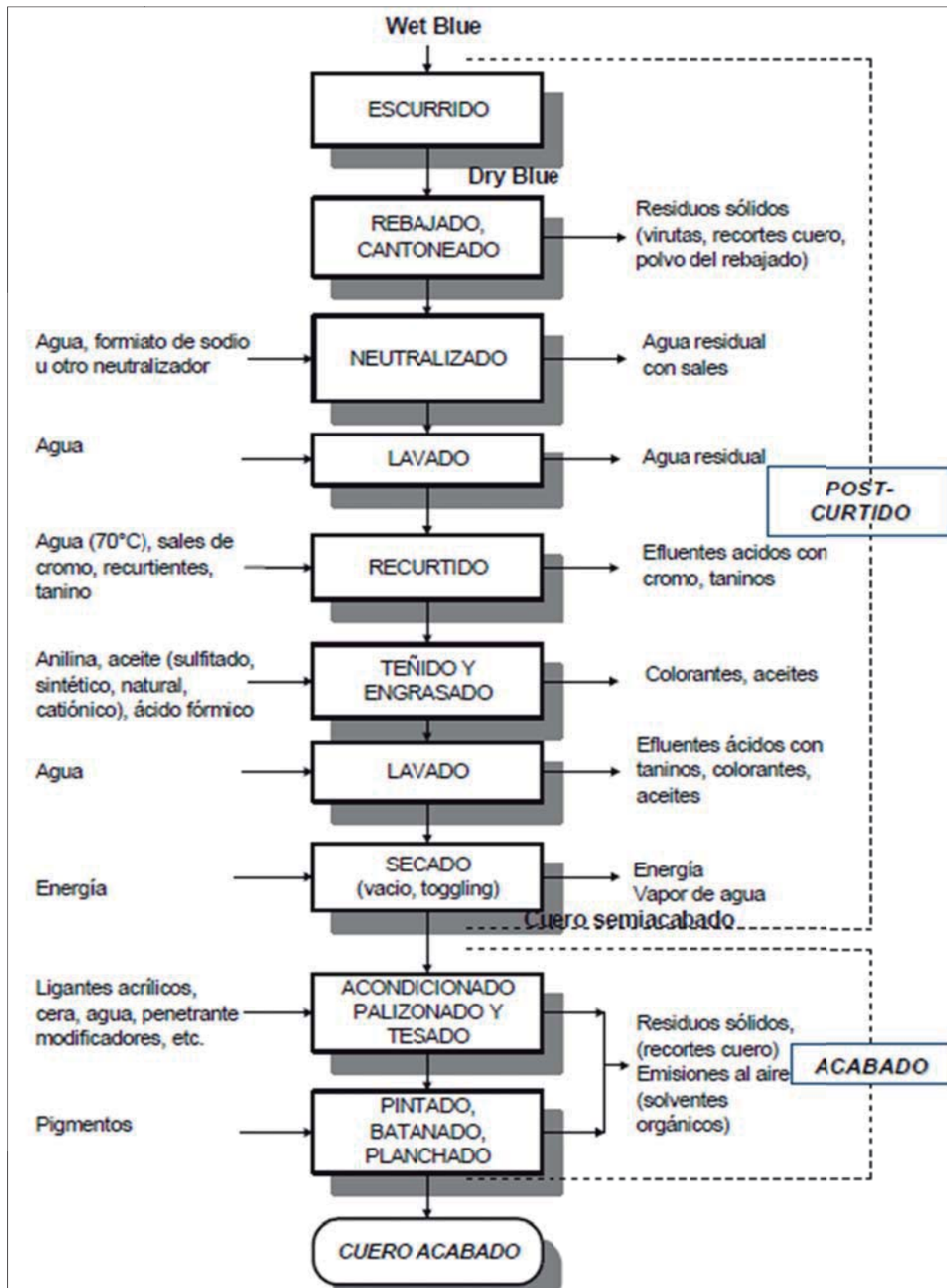


Figura 6: Diagrama de flujo típico para la producción de cuero acabado.

Fuente: Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles, 2003.

2.4.1 Etapa de ribera

La etapa de ribera consiste en las operaciones mecánicas y tratamientos químicos que tiene por finalidad limpiar las pieles de componentes que no sean adecuados para el curtido, aislar la dermis y dejar dispuesta a las pieles para absorber los materiales curtientes (Carvajal, Gaitán, & Téllez, 2004). Dentro de esta etapa, encontramos las operaciones como: recepción de pieles, salado de pieles, remojo y/o lavado, pelambre, descarnado y dividido (Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles, 2003).

2.4.2 Etapa de curtido

Según BASF, 1993, citado por Vargas, 2005; el curtido tiene la función de estabilizar de forma irreversible la piel e involucra las operaciones de desencale, purgado, desengrasado, piquelado y curtido propiamente dicho. Al término de este proceso, la piel convertida en tripa es conocida como *wet blue* y posee ciertas características que se detallan a continuación:

- Estabilidad frente la degradación enzimática y aumento de la resistencia frente a productos químicos.
- Aumento de la temperatura de encogimiento y de la estabilidad en agua caliente.
- Disminución o anulación de la capacidad de hinchamiento.
- Aumento de las propiedades de resistencia.
- Disminución de la densidad por el aislamiento de las fibras.
- Disminución de la deformabilidad.
- Disminución del encogimiento en volumen, superficie y grosor.
- Aumento de la porosidad de las fibras de colágeno.

Existen diversas clasificaciones de los agentes curtientes; entre ellas, los curtientes orgánicos y curtientes inorgánicos.

Cuadro 6: Clasificación de agentes curtientes.

Agentes curtientes	
Curtiente orgánico	Curtiente inorgánico
Extractos vegetales	Sales de cromo
Sintanos (sintéticos orgánicos)	Sales de zirconio
Aldehidos	Sales de aluminio
Quinonas	Sales de silicio
Parafinas sulfocloradas	Polifosfatos
Resinas	Sales de titanio
Óleos	Sales de fierro

Fuente: Menezes de Moraes, 2011.

Las moléculas de los agentes curtientes deben ser capaces no solamente de combinarse con uno de los grupos funcionales de la proteína de la piel, sino que por lo menos a dos de ellos que pertenezcan a distintas cadenas, ya que de acuerdo al tipo de curtiente se puede pensar en enlaces electrovalentes, covalentes, coordinados, puente de hidrógeno, por uniones bipolares, etc (Huamaní, 2011). Para el caso de sales de cromo, el cromo y el colágeno forman varios tipos de enlace; sin embargo, la gran estabilidad térmica proporcionada por la curtición al cromo a la estructura del colágeno es debida a la formación de enlaces de coordinación de los átomos de cromo con los grupos carboxílicos ionizados de las cadenas laterales de dos cadenas proteicas próximas (Morera, 2002).

Thorstensen, 1985, citado por Jiménez, 1998; menciona tres etapas en cuanto a la reacción de la proteína con el curtiente:

- Solución: La solución de cromo en forma de sulfato básico de cromo se disuelve y al ionizarse como sulfato se forma un complejo catiónico de cromo.
- Enmascarante con formiato de sodio: El ión formiato forma en la solución un complejo de formiato básico de cromo con el desplazamiento de varios de los sulfatos del complejo de cromo.
- Fijación: El complejo catiónico del cromo reacciona con el grupo anión del ácido carboxílico de los aminoácidos en la reacción inicial del curtido.

Las sales de cromo son cada vez más usadas como agentes curtientes, esto debido a que brindan al cuero una gran estabilidad hidrotérmica, además, de propiedades físicas-mecánicas que los hacen utilizables en diversos productos como calzados, artefactos, ropa, etc (Menezes de Moraes, 2011). En la Figura 7, se muestra la fijación de una sal de cromo.

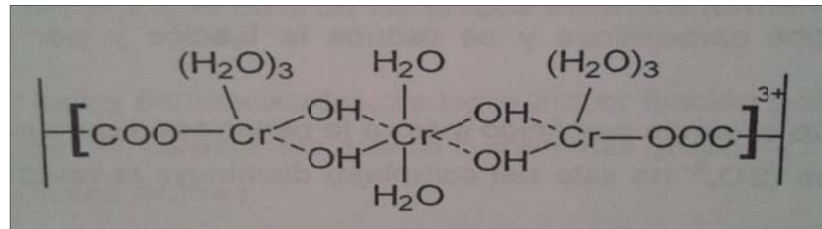


Figura 7: Fijación de la sal de cromo.

Fuente: Morera, 2002.

El curtido es dirigido de tal modo que al inicio del proceso la penetración del cromo en la piel sea rápida, es decir que el cromo y la piel no reaccionen inmediatamente (baja reactividad de las sales de cromo con la fibra del colágeno), esto se logra disminuyendo el pH al inicio del proceso. Ya durante el proceso, cuando el cromo atravesó completamente la piel, el pH puede ser aumentando para modificar la reactividad de las sales de cromo, iniciándose la basificación, provocando el curtido de la piel (Menezes, 2011; Gonçalves, 2007).

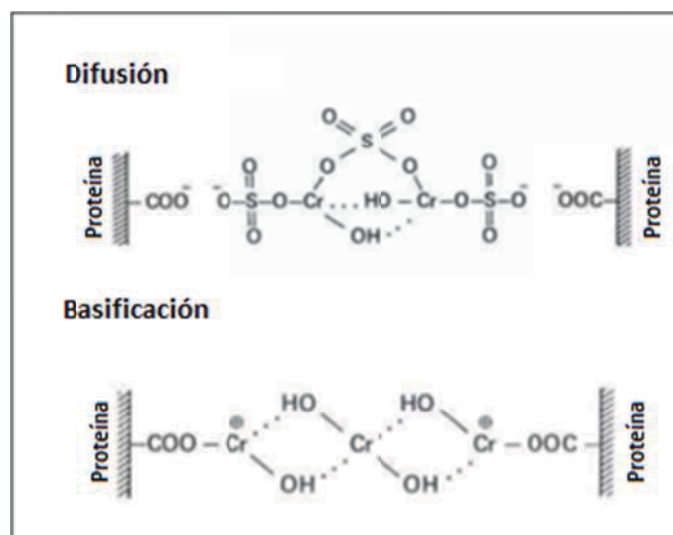


Figura 8: Etapa de curtición al cromo.

Fuente: Gonçalves, 2007.

Menezes de Moraes, 2011; indica que cuando el pH aumenta durante la curtición, un mayor número de iones OH^- penetra en el complejo y la reactividad de la proteína se incrementa y tiene lugar la reacción de curtición. Al término de la basificación, la basicidad del complejo es alta y los iones SO_4^{4-} de la sal básica de cromo son parcialmente desplazados del complejo al igual que otros iones enmascarantes presentes a medida que la proteína aumenta su afinidad por los complejos de cromo. Con el aumento de la basicidad, los compuestos de cromo pueden asociarse a través de fuerzas atractivas entre grupos OH^- de la manera esquemática que se representa en la Figura 10.

Para Morera, 2002; los principales factores que regulan la curtición al cromo son:

- Características de la piel piquelada: La penetración del cromo depende del espacio interfibrilar. Asimismo, la fijación del mismo depende del pH; a $\text{pH}=1$, los grupos carboxilos de las cadenas muy poco ionizadas y se fija poco cromo; en cambio, a $\text{pH}=3,5$ el 50 % de los grupos están en forma $-\text{COO}^-$ y hay mayor fijación. Al emplear complejantes se logra mayor fijación porque resisten valores de pH más altos, permitiendo que se formen más grupos $-\text{COO}^-$.
- Adición de sales neutras: Es necesario la adición de una concentración salina para mantener la piel deshinchada y facilitar la penetración.
- Tamaño de complejos: Depende de la basicidad, olificación, oxalación, enmascaramiento y efectos de sales neutras. A mayor sea el tamaño de los complejos de cromo peor penetración tendrán y más astringentes serán, es decir, más cantidad de cromo se fijará.
- Concentración y basicidad: El cromo fijado en la piel depende de la oferta de cromo y de su basicidad. Al aumentar la oferta de cromo va disminuyendo el pH, con lo que se desionizan los grupos carboxílicos y se reduce la fijación por eso la curva se estabiliza, como lo muestra la Figura 9.

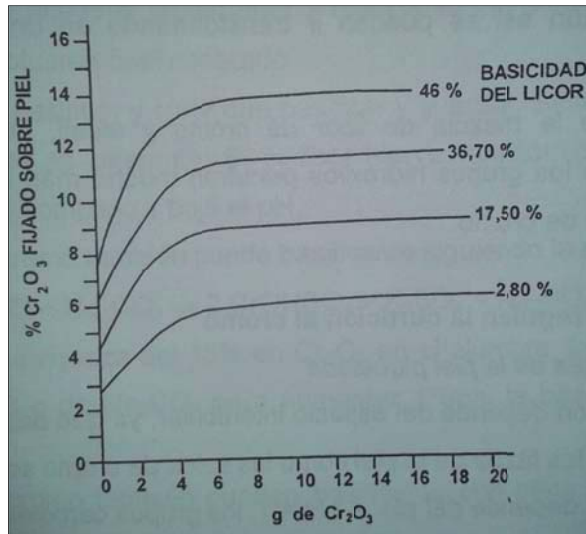


Figura 9: Relación de cromo ofertado y cromo curtiendo durante 48 horas y 32 °C.

Fuente: Morera, 2002.

- Temperatura: Al aumentar la temperatura aumenta la velocidad de difusión y también la velocidad de reacción ya que aumenta el tamaño y astringencia del cromo. Se logra mayores agotamientos y se obtiene un cuero mas lleno y mas blando.
- Enmascaramiento: Al enmascarar al complejo de cromo, se transforma es más aniónico y se pueden obtener cueros de flor más fina, más llenos, más suaves, y con menor capacidad de reacción con los compuestos aniónicos, producto de la mejor distribución del cromo y de la mejor penetración de las grasas.

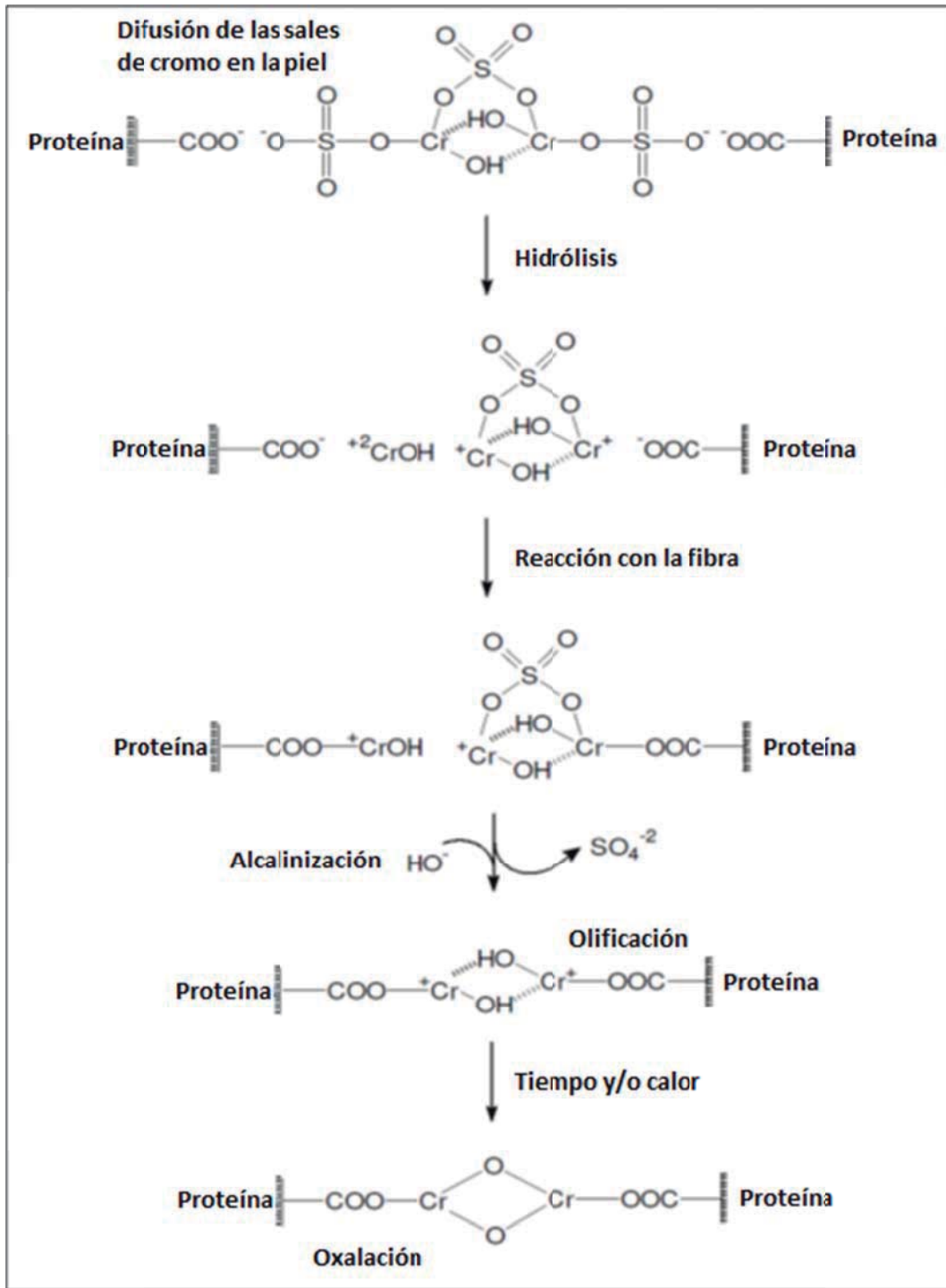


Figura 10: Esquema de las reacciones de la sal de cromo con la fibra proteica.

Fuente: Hoinacki, 1989, citado por Menezes de Moraes, 2011.

2.4.3 Etapa de post-curtido

En la etapa de post-curtido comprende las operaciones que se efectúan después del curtido, entre las cuales tenemos: escurrido, rebajado, neutralizado, recurtido, teñido, engrasado y secado. Del mismo modo, existen grandes diferencias entre cada operación, dependiendo del tipo de producto que se vaya a obtener (Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles, 2003).

2.4.4 Etapa de acabado

En la etapa de acabado se encuentran las operaciones que le otorgan brillo, color, mejora de la calidad del cuero, mediante la incorporación de ciertos aditivos como pigmentos, ligantes, acrílicos, cera y otros. Entre las operaciones relevantes se tiene: acondicionado, palizonado, batanado, pintado y planchado (Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles, 2003).

2.5 QUÍMICA DEL CROMO

2.5.1 Generalidades

El cromo (Cr) es un elemento natural que se encuentra en rocas, plantas, suelos, animales y en los humos y gases volcánicos. Puede estar presente con distintas valencias y en el ambiente se encuentra en varias formas. A continuación en el Cuadro 7 se muestra los compuestos de cromo según su estado de oxidación:

Cuadro 7: Compuestos de cromo según su estado de oxidación.

Compuesto	Fórmula	Estado de oxidación
Oxido cromoso	CrO	2 ⁺
Hidróxido cromoso	Cr(OH) ₂	2 ⁺
Tetróxido crómico	CrO ₂	4 ⁺
Pentóxido crómico	CrO ₃	5 ⁺
Oxido crómico	Cr ₂ O ₃	3 ⁺
Hidróxido crómico	Cr ₂ O ₃ xH ₂ O	3 ⁺
Cromitas	(Cr ₂ O ₄) ²⁻	3 ⁺
Anhídrido crómico	CrO ₃	6 ⁺
Cromatos	(CrO ₄) ²⁻ y (Cr ₂ O ₇) ²⁻	6 ⁺

Fuente: Carvajal, Gaitán, & Téllez, 2004.

Es un elemento común y ocupa el lugar 21 en abundancia entre los elementos de la corteza terrestre. Su símbolo químico es “Cr”; su número atómico es 24; pertenece al grupo VI B de la tabla periódica; su masa atómica es 51,996; su punto de fusión es de 1 857 °C; su punto de ebullición es de 2 672 °C y su densidad es de 7,14 g/cm³.

Los estados de oxidación más estables son el trivalente y el hexavalente. El Cromo trivalente es la forma con más estabilidad química, ya que requiere una energía considerable para convertirlo en otros estados de oxidación más bajos o más altos.

El cromo y sus compuestos por sus características químicas y por los beneficios que brinda en la elaboración de múltiples productos, son ampliamente utilizados en diversos procesos industriales, tales como: curtiembre, la industria del cemento, pintura y tintes de cromo, producción de aceros y otras aleaciones metálicas entre otros (Carvajal, Gaitán, & Téllez, 2004; Barsoum, Eid, Fahim, & Khalil, 2006).

2.5.2 Ciclo ambiental del cromo

El cromo presente en el aire, suelo o agua, resulta de procesos naturales y ciclos biológicos (absorción por las plantas e intemperización de las rocas) y de actividades antrópicas (producción minera-metalúrgica diversos usos y procesos de combustión) (Albert, 1997). En la Figura 11 se representa el ciclo ambiental del cromo.

Asimismo, se menciona las fuentes de exposición en el medio ambiente, las cuales se detallan a continuación:

- Aire: Los niveles de concentraciones de cromo en aire usualmente son bajos. Son causados por las emisiones de plantas industriales que usan o producen compuestos de cromo.
- Agua: Se deben a los efluentes industriales que contienen cromo, la forma química dependerá de la presencia de materia orgánica. Los compuestos del cromo hexavalente se disuelven con facilidad, pero en condiciones naturales y en presencia de materia orgánica oxidable, se reducen rápidamente a compuestos de cromo trivalente.

- Suelo: El uso de abonos fosfatados incrementa el ingreso de cromo al suelo. Además, el cromo hexavalente aun en concentraciones bajas, ya es tóxico.
- Plantas: No se sabe si el cromo es un nutriente para las plantas, pero todas lo contienen en concentraciones que se pueden detectar. Existen evidencias del crecimiento de plantas en suelos no contaminado y suelos con depósitos importantes de cromo; sin embargo, el cromo de origen vegetal tiene actividad biológica relativamente baja. Sin embargo, las concentraciones de cromo hexavalente, provoca lesiones en el sistema radicular.
- Cadena alimentaria: Depende de la especie química que se encuentre. Los compuestos de cromo trivalente asimilado junto con los alimentos resultan relativamente inocuos; en cambio, los compuestos de cromo hexavalente tienen efectos altamente tóxicos.

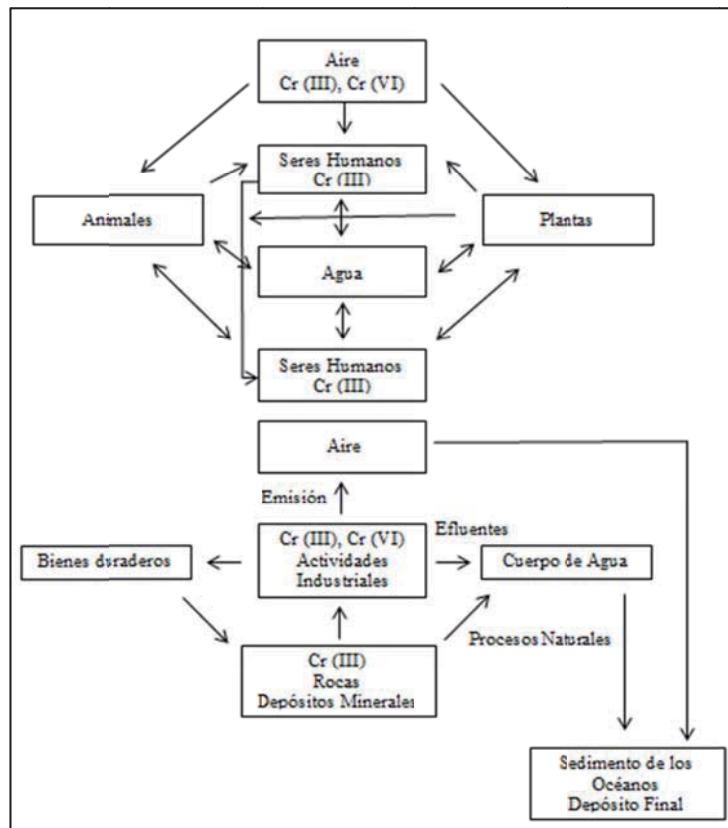


Figura 11: Ciclo ambiental del cromo.

Fuente: IPCS, 1988, citado por Albert, 1997.

2.5.3 Importancia del cromo

El cromo en su forma trivalente, es un elemento biológicamente esencial e indispensable para la vida, ya que participa en diversos procesos bioquímicos y fisiológicos del ser humano, dentro de los que se destacan su participación en el metabolismo de la glucosa, los ácidos grasos y el colesterol; está involucrado en reacciones enzimáticas tromboplásticas y betaglucoronidasa y ha sido señalado como un cofactor en la iniciación de la acción periférica de la insulina. Asimismo, se menciona que la deficiencia de este mineral en los hábitos alimenticios favorecen la aparición de enfermedades como la diabetes mellitus, alteraciones cardíacas, etc; por lo que se recomienda una dosis diaria de cromo trivalente que oscila de 0,05 mg a 0,20 mg (Carvajal, Gaitán, & Téllez, 2004; Gómez & Magaña, 2003; Huamaní, 2011).

2.5.4 Reacciones de óxido-reducción del cromo

La reacción de reducción del cromo hexavalente al cromo trivalente se da mediante especies tales como sustancias orgánicas, el ácido sulfhídrico, el azufre, el sulfuro de hierro, el amonio y el nitrito.

La reacción de oxidación de los compuestos de cromo trivalente con oxidante el oxígeno del aire (por estar en contacto), en disposición naturales, es imposible. Sin embargo, existen casos hipotéticos en los cuales se desarrolla esta reacción de oxidación (Cado, 1996; Huamaní, 2011); algunos de ellos se detallan a continuación:

- Reacción del óxido de cromo con el peróxido de sodio para la formación de cromato de sodio ($\text{Cr}_2\text{O}_3 + 3\text{Na}_2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{Na}_2\text{CrO}_4 + \text{Na}_2\text{O}$).
- Reacción del hidróxido de cromo con el peróxido de hidrogeno para la formación de ácido crómico ($\text{Cr}(\text{OH})_3 + \text{H}_2\text{O}_2 \leftrightarrow \text{H}_2\text{CrO}_4 + \text{H}_2\text{O}$).
- Reacción del compuesto trivalente con el hipoclorito de sodio, usado como desinfectante de un efluente industrial.
- Exposición del compuesto trivalente a altas temperaturas (superiores a 600 °C)

2.5.5 Biodisponibilidad del cromo

La biodisponibilidad del cromo no ha sido muy estudiada; sin embargo, influye la solubilidad de los compuestos y la capacidad de formar complejos de los derivados de cromo trivalente, los que pueden ser más o menos solubles que el compuesto original. Se conoce que, aunque la absorción de cromo hexavalente se más rápida, una vez en los organismo, el cromo se reduce a la su forma más estable, trivalente, la cual predomina (Albert, 1997).

2.5.6 Bioacumulación del cromo

En los ecosistemas acuáticos, el cromo hexavalente se encuentra principalmente en forma soluble que puede ser lo suficientemente estable como para ser transportado por el agua. Sin embargo, éste finalmente se convierte en cromo trivalente mediante la reducción de especie tales como las sustancias orgánicas, el ácido sulfhídrico, el azufre, el sulfuro de hierro, el amonio y el nitrito. Por lo general, esta forma trivalente no migra de manera significativa sino que precipita rápidamente y se absorbe en partículas en suspensión y sedimentos del fondo. Se ha comprobado que se acumulan en muchas especies acuáticas especialmente en peces que se alimentan del fondo, como el bagre (*Ictalurus nebulosus*), en los bivalvos, como la ostra (*Crassostrea virginica*), el mejillón azul (*Mytilus edulis*) y la almeja de caparazón blando (Chávez, 2010).

2.5.7 Toxicidad del cromo

Las principales vías de absorción del cromo y sus compuestos en el organismo, son la ingestión, el contacto dérmico y la inhalación. Para el caso de los trabajadores, las más importantes vías son la inhalación y el contacto dérmico; mientras que para la población en general, la vía más importa es la ingestión.

Para evaluar la toxicidad del cromo se tiene que tener en cuenta la especie química analizada. Por una parte el cromo trivalente, se comporta como un elemento esencial para la vida al intervenir en procesos bioquímicos y fisiológicos indispensables. Por otra parte, el cromo hexavalente se comporta como un elemento no esencial altamente tóxico para la salud del individuo. Según la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC), clasifica al cromo hexavalente y sus compuestos en el Grupo I de sustancias cancerígenas, es decir, que son consideradas como sustancias comprobadamente cancerígenas para el humano.

Asimismo, se menciona que una vez que el cromo sea absorbido este se distribuye a nivel de médula ósea, pulmones, ganglios, linfáticos, bazo, riñón, e hígado; la pequeña fracción de cromo que se absorbe en el intestino pasa a la sangre, de donde se distribuye a los diferentes órganos. Se conoce que la absorción del cromo trivalente es menor que la del cromo hexavalente. El cromo trivalente no atraviesa las membranas celulares, sino que se une directamente a la transferrina (proteína del plasma que transporta hierro), mientras que el cromo hexavalente es rápidamente tomado por los eritrocitos en donde se convierte en cromo trivalente y es integrado a otras células por el sistema transportador de sulfatos (Cuberos, Prieto, & Rodriguez, 2008).

El ion cromato es mutagénico en sistemas celulares de mamíferos y bacterias; esto debido a la diferencia de estados de oxidación que se explica con el modelo de ingestión-reducción, donde el cromo en estado hexavalente se reduce al estado trivalente (Ver Figura 12). El cromo trivalente es fácilmente hidrolizable a pH neutro y extremadamente insoluble; por tales motivos, el transporte del cromo trivalente en células es lento al menos que esté presente como un complejo específico. Sin embargo, el ion cromato cruza fácilmente la membrana celular y entra a la célula. Debido a su alto poder oxidante, el ion cromato se reduce dentro de los organelos para dar cromo trivalente, el cual se une a moléculas pequeñas, proteínas y DNA, dañando estos componentes celulares. (Esparza & Nadia, 2001).

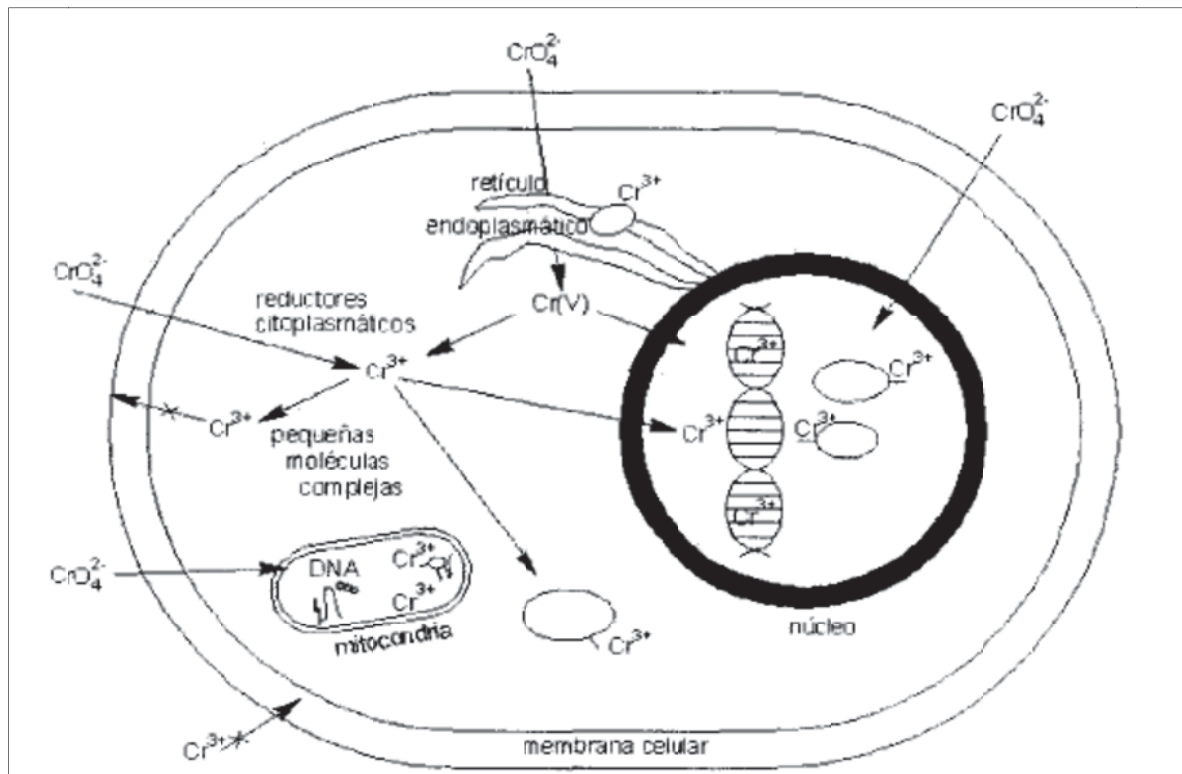


Figura 12: Difusión celular del cromo.

Fuente: Connet y Wetterhahn, citado por Esparza & Nadia, 2001.

La excreción de cromo ocurre principalmente a través de la orina y no hay una retención importante en los órganos. En los seres humanos, el riñón excreta aproximadamente el 60 % del cromo hexavalente que se haya absorbido, en las 8 horas siguientes a la absorción, en forma de cromo trivalente. Alrededor del 10 % de la dosis de cromo absorbida se elimina mediante excreción biliar y cantidades menores se eliminan con el cabello, uñas, la leche y el sudor. En cuanto al cromo que fue ingerido con el agua y los alimentos, la mayor parte nunca se absorbe y se elimina con las heces después de unos días (Albert, 1997).

2.5.8 Características químicas del cromo aplicadas a la curtición

Las características químicas fundamentales que posee el cromo son: la capacidad de formar complejos por procesos de expansión de octeto del átomo de cromo y la basicidad.

En una solución acuosa el cromo se encuentra de forma $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ (Ver Figura 13). Asimismo, se explica que las soluciones de cromo trivalente son ácidas debido a la siguiente reacción:

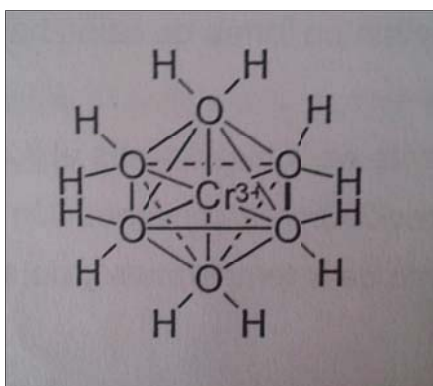
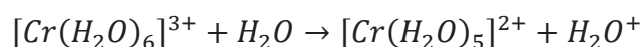


Figura 13: Cromo trivalente hexa-hidratado

Fuente: Morera, 2002.

El término basicidad es definido por Morera, 2002; como “El porcentaje del total de valencias primarias del átomo de cromo que están ocupadas por grupos hidroxilo”. Asimismo, Jiménez, 1998; menciona que la basicidad caracteriza a los compuestos de cromo, y que además, el poder curtiente de estos está en función de la basicidad.

Cuadro 8: Formas de expresar la basicidad.

Fórmula	Grados Alemanes	Basicidad en %	Grados Schorlenmeyer
$[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$	0	0	0
$[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_5\text{OH}]^{2+}$	4/12	33,33	33,33
$[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_4(\text{OH})_2]^+$	8/12	66,66	66,66
$[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_3(\text{OH})_3]^0$	12/12	100	100

Fuente: Morera, 2002.

Las sales con una basicidad de 0° Sch hasta 64-66° Sch son solubles. Mientras que las sales de 66,66° Sch precipitan en forma de sales básicas de cromo. El $\text{Cr}(\text{OH})_3$, tiene basicidad de 100 % ó 12/12 grados alemanes y posee afinidad por las fibras, pero al ser insoluble en agua le impide emplearse como agente curtiente. Por otro lado, el sulfato de cromo normal $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$, cuya basicidad es cero, es soluble en agua pero no tiene poder curtiente, por lo que es necesario llevarlo a sulfato monobásico de cromo $\text{CrOH}(\text{SO}_4)_3$, que tiene basicidad de 33,33 y 50 % y que además posee afinidad por la fibra soluble en agua (Morera, 2002).

Cuadro 9: Relación entre la basicidad, difusión y fijación de las sales de cromo.

Nombre del Compuesto	Fórmula Simplificada	Basicidad	Difusión	Fijación
Sulfato de cromo	$\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$	0,0%	Muy Buena	Difícil
Sulfato monobásico de cromo III	CrOHSO_4	33,3%	Optima	Difícil
Sulfato hexabásico de cromo III	$\text{Cr}_4(\text{OH})_6(\text{SO}_4)_3$	50,0%	Difícil	Optima
Sulfato tetrabásico de cromo III	$\text{Cr}_2(\text{OH})_4\text{SO}_4$	66,7%	Difícil	Buena
Hidróxido de cromo III	$\text{Cr}(\text{OH})_3$	100,0%	No ocurre (insoluble)	-

Fuente: SENAI - Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial, 2003.

Cuando la basicidad llega al 66 %, el complejo aumenta de tamaño, lo que disminuye su solubilidad, llegando a precipitar en medio acuoso e impidiendo su uso en el curtido. El complejo debe ser bastante soluble, a fin de penetrar y difundir dentro de la piel y esto se logra con una sal cuyo porcentaje de basificación sea del 33 %.

Durante la etapa de curtido, se puede optar por el término de basificar una sal de cromo con el objetivo de que la sal de cromo se fije mejor en la piel. Jiménez, 1998; menciona que el basificado consiste en incrementar el pH para asegurar la fijación del cromo.

En la actividad curtiente se usa una sal básica de cromo trivalente, el cromo hexavalente no forma parte de las materias del sector, siendo este el único estado en que puede aparecer en los residuos. Por lo que se debe diferenciar las determinaciones de cromo (III) y cromo (VI) y no tomarlos como una unidad, por cuanto es considerable el efecto producido tanto en la salud humana como en el medio ambiente uno y otro estado (Bazán & Vargas, 2012; Cado, 1996).

A continuación se detallan las reacciones del cromo durante el curtido:

- Hidrólisis: El producto más importante de la hidrólisis es el $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_5\text{OH}]^{2+}$.
- Olificación: Consiste en la formación de agregados moleculares de mayor tamaño. Pueden tener lugar reacciones como:

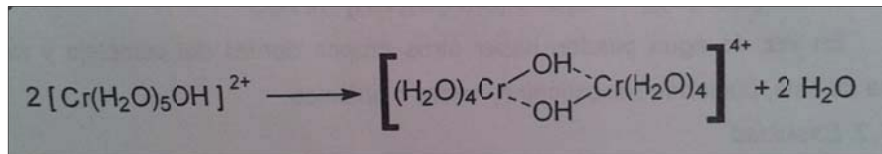


Figura 14: Reacción de olificación.

Fuente: Morera, 2002.

- Oxalación: Es la evolución de las sales de cromo olificadas. Esta reacción otorga una gran estabilidad al licor de cromo.

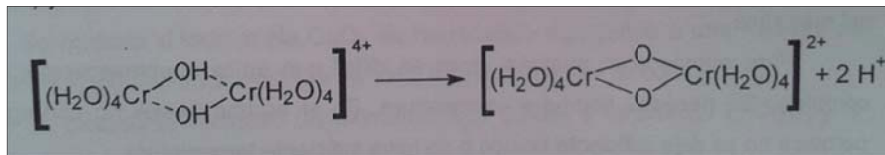


Figura 15: Reacción de oxalación.

Fuente: Morera, 2002.

- Enmarcaramiento o complejantes: Aquel compuesto, orgánico o inorgánico, que modifica o “*enmascara*” o “*acompleja*” las propiedades curtiente de las sales básicas de cromo, y aumenta la estabilidad del complejo de cromo frente a los álcalis (Covington, 1997). El propósito del uso de complejos es mejorar la tasa de penetración y permitir la basificación a pH's mas altos, subiendo el pH al cual el complejo de cromo precipita, aumentando su estabilidad frente a álcalis, tamponando la solución de complejos de cromo. El cromo acomplejado penetra mejor en la piel y hace más uniforme la distribución del cromo en su sección transversal (United Nations Industrial Development Organisations, 2000).

2.6 ESTUDIO DE LA CALIDAD DEL CUERO

En términos generales, la calidad de un producto se define como su grado de aptitud para conseguir la satisfacción de las necesidades y deseos de su consumidor. Según Baumann, citado por Font, 2002; *“Cuando hablamos de la calidad de un cuero que, en nuestra opinión, puede ser buena, mediana, o mala, establecemos, sin darnos cuenta, una comparación con un grupo de cueros similares, ya que el concepto de calidad no es absoluto, si no relativo. Comprende cuanto podemos percibir directamente con nuestros sentido, mas algunos aspectos, mas bien económicos, relativos a su empleo ulterior.”*

En particular, se tiene que la producción de cuero probablemente sea uno de los procesos industriales que más varía de una planta a otra, aún cuando se procese el mismo tipo de piel, para un mismo producto, en condiciones similares; pues, el último que define la calidad del cuero es el curtidor.

Desde los años setenta, diversos centro y entidades dedicadas a la producción de cuero, han estudiado diversas características del *wet blue*. Entre ellas se recomienda controlar la humedad, el óxido de cromo, las materias extraíbles con solventes, el pH, la temperatura de contracción, el contenido de sustancia dérmica entre otros.

2.7 IMPACTO DE LA ACTIVIDAD CURTIEMBRE AL MEDIO AMBIENTE

Los residuos de las curtiembres tienen el potencial de causar efectos negativos sobre el medio ambiente y pueden a su vez traducirse en efectos negativos en la salud de la población del lugar. Las operaciones y procesos de las curtiembres generan residuos líquidos y sólidos que se distinguen por su elevada carga orgánica y presencia de agentes químicos que pueden tener efectos tóxicos; este es el caso del sulfuro y el cromo. Las variaciones en cuanto al volumen de los residuos y a la concentración de la carga contaminante se presentan de acuerdo a la materia prima procesada y a la tecnología empleada (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 1997).

Bentín, Ramsey, & Tord, 2006; menciona que los efluentes de curtiembres descargadas 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 también acelera el deterioro de materiales de concreto y cemento.

En el Cuadro 10, se detalla la cuantificación química de los insumos utilizados en un proceso de producción tradicional, el volumen líquido utilizado y el volumen generado para la producción de cuero a estado *wet blue*. Mientras que en el Cuadro 11, se detalla las características de los efluentes de una curtiembre para la producción de cuero hasta estado *wet blue*.

Cuadro 10: Cuantificación de insumos químicos de un proceso tradicional de producción de cuero a estado *wet blue*.

Insumo químico	Unidad	Cantidad
Soda caustica	Kg	1,00
Tensoactivo	Kg	1,50
Bactericida	Kg	0,50
Cal	Kg	15,00
Sulfuro de sodio	Kg	12,50
Amina de pelambre	Kg	3,00
Sulfato de amonio	Kg	4,80
Bisulfito de sodio	Kg	1,20
Tanzyme P 10	Kg	0,30
Nonil fenol 6 M	Kg	0,20
Sal	Kg	17,00
Ácido fórmico	Kg	6,70
Cromo 33	Kg	19,20
Bicarbonato de sodio	Kg	3,38
Volumen de agua usado		
5 250 L		
Volumen de residuo liquido		
4 545 L		

Fuente: Convenio N° 022-FINCYT-FIDECOM-PIPEI, 2012.

Cuadro 11: Características de los efluentes de una curtiembre en un proceso de producción a estado *wet blue*.

Parámetro	Unidad	Remojo	Pelambre	Desencale	Curtido
Aceites y grasas	mg/L	234	...	...	...
Amonio	mg NH ₃ -N/L	...	...	...	...
Cloruros	g/L	14,7	...	...	...
Conductividad	mS/cm	39	...	...	...
Cromo hexavalente	mg/L	...	...	...	N.D.
Cromo total	mg/L	...	...	...	2000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg O ₂ /L	3800	...	...	...
Demanda química de oxígeno	mg O ₂ /L	5150	20810	...	...
Dureza	mg CaCO ₃ /L	...	...	70,4	...
Nitratos	mg NO ₃ -N/L	...	...	N.D.	...
pH	Unidad de pH	9,8	12,4	8,3	3,1
Proteína	g/100g de muestra	...	2,3	1,28	...
Sólidos totales en suspensión	mg/L	...	...	...	...
Sulfatos	mg SO ₄ ²⁻ /L	...	...	...	...
Sulfuros	mg S ₂ /L	...	3607,4	...	...

Fuente: Convenio N° 022-FINCYT-FIDECOM-PIPEI, 2012.

N.D.: No Detectado.

(...): No Analizado.

2.8 MÉTODOS PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DEL PROCESO DE CURTIDO

Diversos autores coinciden que la piel solo consume un promedio entre el 60 % a 80 % del cromo aplicado. En consecuencia, un promedio de 20 % a 40 % de este cromo, es descargado como un efluente industrial, causando problemas al sistema de alcantarillado, serios impactos ambientales y desventajas económicas para los curtidores. (Abass, Alireza, & Reza, 2005; Barsoum, Eid, Fahim, & Khalil, 2006; Boaventura & Fonseca, 1997).

Existen tecnologías como el “*enmascaramiento*” o también llamado “*complejantes*” que mejoran las propiedades curtientes de las sales básicas de cromo, pues mejora la penetración y distribución del cromo, además de una mejor basificación. Esto implica, el agotamiento de las sales del cromo en el baño, mejorando la calidad del efluente (Bazán & Vargas, 2012).

2.8.1 Tecnologías para el tratamiento del cromo

Existen numerosos métodos para la remoción de cromo de un efluente. La elección de un método en particular depende de factores de: Condiciones y cualidades del efluente, costo del tratamiento, posibilidad de remoción y recirculación (Abass, Alireza, & Reza, 2005; Chávez, 2010; Bansal, Gupta, & Preet, 2010; Landgrave, 1995). Bajo este contexto tenemos:

- Precipitación química: Es el método más común empleado para la eliminación de cromo del efluente. Los productos químicos, por lo general álcalis, son: hidróxido de calcio, hidróxido de sodio, hidróxido de magnesio, carbonato de calcio, carbonato de sodio y carbonato de magnesio. Este proceso depende de: el tipo de agente precipitante, el pH, la velocidad de reacción, el volumen del lodo y el tiempo de mezcla. Se lleva a cabo una precipitación de cromo trivalente en forma de hidróxido de cromo, en un valor de pH 9, donde el efluente tratado queda libre de cromo. La solubilidad del hidróxido de cromo en agua es $1,24 \times 10^{-8}$ M y el cromo presente puede ser recuperado hasta en un 99 % controlando la redisolución disolviéndolo con ácido sulfúrico.
- Intercambio iónico: Este método se basa en la adsorción e intercambio de cationes o aniones de resinas sintéticas con características esenciales de su regeneración después de la elución de los iones. Algunas sustancias artificiales y naturales al entrar en contacto generan un intercambio entre ellos en una solución de contacto. Entre ellas tenemos a las resinas de intercambio iónico que se encuentra constituido por un polímero orgánico al que se le incluye un grupo ionizable de modo que pueda modificarse las características de capacidad, velocidad de intercambio y la selectividad de materiales. Para el caso de remoción de cromo, el cromo trivalente es fijado en una columna de intercambio iónico con una resina básica; otra sustancia apropiada es la alúmina activada que contribuye a la retención de iones inorgánicos de soluciones acuosas, comportándose como intercambiador catiónico en medio básico y aniónico en medio ácido. Su ventaja sobre otros procesos son la recuperación del valor del metal, alta selectividad, menos volumen de lodo; sin embargo, poseen altos costos.

- Electrocoagulación: Este método implica varios fenómenos químicos y físicos, usa electrodos para proveer iones al agua residual que se desea tratar; siendo un método electroquímico eficiente para remover un amplio número de contaminantes. Las especies cargadas o metales pesados pueden ser removidos del efluente debido a la reacción entre iones con carga opuesta o a la formación de flóculos de hidróxidos metálicos. Esta tecnología la podemos separar en tres etapas: la desestabilización del contaminante, partículas en suspensión y rompimiento de emulsiones; la formación de flóculos agregando partículas desestabilizadoras y la remoción del material contaminante por flotación y sedimentación.
- Extracción por Solventes: Esta metodología posee una amplia aplicación en la purificación y extracción de metales no ferrosos de efluentes industriales. La extracción de cromo trivalente de soluciones sintéticas han sido investigadas usando cationes intercambiables como solventes. Este método permite recuperar iones de cromo pero implica un alto costo capital y operativo debido al gran uso de disolventes. Las limitaciones con respecto a esta tecnología son las siguientes: Aun no se ha demostrado su eficacia para el tratamiento de aguas residuales a gran escala y que el desarrollo del proceso requiere un mayor uso de extractantes orgánicos para que sea más viable.
- Membranas: Tiene por finalidad separar el agua de las sales inorgánicas a través de una membrana que permite el paso del agua; impidiendo el paso de las sales, trabaja a presiones entre 400 y 800 psi, generadas por bombas a fin de impulsar el agua para que pase a través de un membrana y deje tras si el líquido. El material de las membranas es acetato de celulosa y el costo puede representar más del 50 % del costo del equipo por lo que la aplicación de esta tecnología posee un alto costo; además, este procedimiento es sensible a las variaciones bruscas de temperatura.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 MATERIALES Y EQUIPOS EMPLEADOS

En este subcapítulo se presentan los materiales y equipos empleados durante la elaboración del presente trabajo de investigación. Con el fin de estudiar el uso de complejantes y basificantes de cromo en el proceso de curtido y el tratamiento de efluentes del proceso de curtido mediante precipitación química, se han realizado los siguientes análisis:

- Análisis del uso de complejantes y basificantes de cromo.
- Caracterización del efluente de la etapa de curtido.
- Análisis de la eficiencia del uso de complejantes y basificantes de cromo.
- Análisis de la calidad del cuero
- Análisis del rendimiento de la aplicación del cromo en el proceso de curtido
- Análisis del tratamiento de efluentes
- Análisis estadístico.

3.1.1 Análisis del uso de complejantes y basificantes de cromo

En los procesos de producción alternativos se usó los siguientes complejantes de cromo:

- Tanplex FLA
- Tanplex SS
- Tanplex CR

Mientras que el basificante de cromo que se usó para los procesos de producción alternativos fue:

- Neutran BMR

3.1.2 Caracterización del efluente de la etapa de curtido

Los parámetros de campo determinados fueron los siguientes: pH y volumen del efluente. Mientras que los parámetros analíticos fueron: Cromo total, cromo hexavalente y proteínas.

a. Determinación de pH

- **Material**

- Potenciómetro portátil HANNA.

b. Volumen del efluente

- **Material**

- Tanques o pozas que sirvan de almacenamiento para luego realizar el tratamiento.
- Bomba de agua.
- Manguera.

c. Determinación de cromo total

- **Material**

- Muestra de efluente.
- Tubo con tapa de 25 mL.
- Pipeta volumétrica de 25 mL.
- Equipo de Baño maría.
- Timer.

- Espectrofotómetro portátil HACH.

- **Reactivos**

- Kit de cromo HACH Method 8023.

d. Determinación de cromo hexavalente

- **Material**

- Muestra de efluente.

- Tubo con tapa de 10 mL.

- Pipeta volumétrica de 10 mL.

- Timer.

- Espectrofotómetro Portátil HACH.

- **Reactivos**

- Kit de cromo HACH Method 8023.

e. Determinación de demanda bioquímica de oxígeno

- **Material**

- 01 recipiente de capacidad de 8 L.

- Envases winklers.

- Pipeta y bomba succionadora.

- Probeta.

- Bureta y porta bureta.

- **Reactivos**

- Solución buffer fosfato. Disolver 8,5 g KH_2PO_4 ; 21,75 g K_2HPO_4 ; 33,4 g $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ y 1,7 g NH_4Cl en 500 mL de agua destilada y diluir en 1L.
- Solución de sulfato de magnesio. Disolver 22,5 $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ en agua destilada y diluir en 1L.
- Solución de cloruro de calcio. Disolver 27,5 g CaCl_2 en agua destilada y diluir en 1L.
- Solución de cloruro férrico. Disolver 0,25 g $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ en agua destilada y diluir en 1L.
- Solución de sulfato de manganeso. Disolver 480 g $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$; 400 g $\text{MnSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ o 364 g $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ en agua destilada y diluir a 1L.
- Reactivo Alkali-ioduro-azida. Disolver 500 g de NaOH (o 700 g KOH) y 135 g NaI (o 150 g KI) en agua destilada y diluir en 1 L. Adicionar 10 g de NaN_3 disuelto en 40 mL de agua destilada.
- Ácido sulfúrico concentrado.
- Solución de estándar de tiosulfato. Disolver 6,205 g $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ en agua destilada y añadir 1,5 mL 6N NaOH o 0,4 g de hidróxido de sodio sólido y diluir en 1L.
- Solución estándar de yodato de potasio. Disolver 812,4 mg $\text{KH}(\text{IO}_3)_2$ en agua destilada y diluir en 1L.

f. Determinación de demanda química de oxígeno

- **Material**

- Muestra de efluente.
- Reactor DRB 200; marca HACH
- 01 vial de reactivo de digestión para demanda química de oxígeno.

- Espectrofotómetro Portátil HACH.

g. Determinación de sólidos suspendidos totales

- **Material**

- Muestra de efluente.
- Filtro.
- Balanza analítica
- 01 Crisol
- Aparato de filtración.
- Bomba de succión.
- 01 Probeta.
- 01 Erlenmeyer.
- Estufa.
- Desecador.

h. Determinación de nitrógeno amoniacal

- **Material**

- Muestra de efluente.
- Balanza analítica.
- Equipo de destilación Kjeldahl.
- Mechero bunsen.
- 01 Matraz Erlenmeyer de 500 mL.

- 01 Bureta y porta bureta.

- **Reactivos**

- Solución de hidróxido de sodio 6N.
- Agente neutralizante. Hidróxido de sodio NaOH 1N y ácido sulfúrico 1N.
- Solución absorbente, ácido bórico. Disolver 20 g de H_3BO_3 en 1L de agua destilada.
- Solución de indicador de ácido bórico. Se obtiene disolviendo 0,1 g de indicador en 1 de alcohol etílico de 95 % en volumen. El indicador es formado por 1 parte de rojo de metilo y 5 partes de verde de bromocresol.
- Ácido sulfúrico 0,02N.

i. Determinación de proteínas

- **Material**

- Muestra de efluente.
- Balanza analítica.
- Equipo de digestión Kjeldahl.
- Equipo de destilación Kjeldahl.
- Mechero bunsen.
- 01 Matraz Erlenmeyer de 500 mL.
- 01 Bureta y porta bureta.

- **Reactivo**

- Solución 0,2N de ácido clorhídrico o ácido sulfúrico.
- Solución de solución ácido sulfúrico (H_2SO_4) concentrado, libre de nitratos y sulfato de amonio.
- Solución de hidróxido de sodio (NaOH); que contenga 400 g de hidróxido de sodio por litro de solución. Este reactivo debe estar libre de nitratos.
- Solución de ácido bórico; que contenga 4 g de ácido bórico en 100 mL de solución.
- Mezcla catalizadora; que contenga 10 partes de Sulfato de cobre en 100 partes sulfato de potasio.
- Solución de indicador; que se obtiene disolviendo 0,1 g de indicador en 1 de alcohol etílico de 95 % en volumen. El indicador es formado por 1 parte de rojo de metilo y 5 partes de verde de bromocresol.
- Solución al 1 % de fenolftaleína en alcohol etílico de 95 % en volumen.

3.1.3 Análisis de la eficiencia del uso de complejantes y basificantes de cromo

El análisis de la eficiencia del uso de complejantes y basificantes de cromo está en función al cromo absorbido por la piel y el disponible en el efluente; es decir, en base a la reducción de la concentración del cromo total en el efluente. Para la determinación de cromo total en el efluente se utilizó los materiales y reactivos que se detallan en el *ITEM 3.1.2.c*.

3.1.4 Análisis de la calidad del cuero

Con respecto a la calidad de cuero los parámetros realizados se clasificaron en ensayos físico-químico y ensayos físico-mecánicos.

a. Ensayos Físico-Químico

• **Determinación química del contenido en óxido de cromo**

- **Materiales**

- Muestra de cuero a estado *wet blue*.

- Balanza analítica.

- Matraz erlenmeyer de 500 mL.

- Embudo.

- Rejilla.

- Cocina eléctrica.

- Perlas de ebullición.

- Pipeta de 10 mL.

- Bureta de 25 mL.

- **Reactivos**

- Solución de ácido nítrico (HNO_3) al 70 %.

- Solución de solución ácido sulfúrico (H_2SO_4) al 98 % y Solución de ácido perclórico entre el 60 al 70 %. Mezclados en una proporción de 1:3.

- Solución de ácido ortofosfórico (H_3PO_4) al 90 %.

- Solución de yoduro de potasio, 100 g/L.

- Solución de Tiosulfato de sodio 0,1 Mol/L.

- Solución indicadora de almidón, 10 g/L (o polvo de almidón soluble).

- **Determinación de materias solubles en diclorometano**

- **Materiales**

- Muestra de cuero a estado *wet ble*.
- Balanza analítica.
- Cartuchos de papel filtro.
- Equipo de extracción Soxhlet.
- Estufa.
- Desecador.

- **Reactivos**

- Diclorometano concentrado, con un punto de ebullición de 38 °C a 40 °C recién destilado y conservado en un frasco topacio, sobre óxido de calcio. El diclorometano que ha estado almacenado durante un periodo de tiempo largo se debería ensayar, del modo que se indica a continuación, para detectar la posible presencia de ácido clorhídrico.

Mezclar 10 ml de diclorometano con 1 ml de solución de nitrato de plata 0,1 mol/l. Si la solución de nitrato de plata se enturbia, se debería destilar de nuevo el diclorometano y conservar en un frasco topacio sobre óxido de calcio.

- **Determinación de sustancia dérmica**

- **Materiales**

- Muestra de cuero a estado *wet blue*.
- Los materiales son similares a los usados en el *ITEM 3.1.2.e*.

- **Reactivos**

- Los reactivos son similares a los usados en el *ITEM 3.1.2.e*.

- **Determinación de pH e Índice diferencial**

- **Materiales**

- Muestra de cuero a estado *wet blue*.
- Balanza analítica.
- Probeta graduada de 100 mL.
- Pipeta de 10 mL.
- Matraz de 100 mL.
- Frasco de boca ancha.
- Agitador mecánico.
- Potenciómetro portátil HANNA.

b. Ensayos Físico-Mecánico

- **Prueba de ebullición**

- **Materiales**

- Muestra de cuero a estado *wet blue*.
- Cuchilla.
- Cocina eléctrica.
- Vaso precipitado de 1000 mL.
- Timer.

3.1.5 Análisis del rendimiento de la aplicación del cromo en el proceso de curtido

El análisis del rendimiento de la aplicación del cromo en el proceso de curtido se realizó en términos de la cantidad de cromo en el cuero expresado como óxido de cromo (%) con respecto a la cantidad de cromo ofertado expresado como sulfato básico de cromo (%). Para la determinación química del contenido en óxido de cromo se detalló en el *ITEM 3.1.4.a*.

3.1.6 Análisis del tratamiento de efluentes

a. Materiales

- Muestra de efluente
- Balanza analítica
- Vaso precipitado de 500 mL y 50 mL
- Agitador magnético
- Magneto
- Porta embudo
- Embudo
- Papel filtro

b. Reactivos

- Agente precipitante, hidróxido sodio (NaOH).

3.2 MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

3.2.1 Análisis del uso de complejantes y basificantes de cromo

En el presente trabajo de investigación se desarrolló cinco procesos de curtido usando como curtiente al Sulfato básico de cromo. Estos procesos, se desarrollaron a base de principios físico-químicos y criterios de ingeniería además del uso de complejantes y basificantes de cromo.

El proceso tradicional, simuló las condiciones de curtido promedio de las curtiembres en Perú; mientras que los procesos alternativos, se caracterizaron por el uso de agentes complejantes y basificantes de cromo, los cuales influyen en la reducción de la oferta de cromo. A continuación se detalla las características de cada proceso desarrollado:

Cuadro 12: Características de los procesos a desarrollar hasta estado *wet blue*.

Procesos	Sulfato básico de cromo (%)
Proceso tradicional	8,0
Proceso alternativo I	5,5
Proceso alternativo II	5,5
Proceso alternativo III	5,0
Proceso alternativo IV	5,0

Fuente: Elaboración propia.

A continuación se detallan los procesos elaborados:

a. Proceso tradicional

Es el proceso que se asemeja más a la realidad nacional. Sin embargo, a diferencia de las curtiembres nacionales, en este proceso se tuvo un seguimiento exhaustivo de cada etapa desarrollada como por ejemplo: al volumen de agua, a la temperatura del agua, al peso de los insumos químicos, a los grados Baumé (°Be), al tiempo de rotación del botal, a las revoluciones por minutos del botal, al pH del efluente y al pH del cuero.

Este proceso se realizó en un botal de capacidad de 500 Kg. El proceso de curtido se desarrolló con una masa de 240 Kg de piel proveniente de la etapa del Dividido y se utilizó como material curtiente al Sulfato básico de cromo (8,00 %).

Cuadro 13: Materia prima utilizada durante el proceso tradicional.

Peso (Kg)	Porcentaje %	Materia prima
200,00	80,00	Agua
17,00	7,08	Sal
6,50	2,70	Ácido fórmico
19,20	8,00	Sulfato básico de cromo (Cromo 33)
3,38	1,40	Bicarbonato de sodio

Nota: El porcentaje de materia prima a utilizar esta en función a la masa inicial de piel y es propio de cada proceso.

Fuente: Elaboración propia.

b. Proceso alternativo I

Este proceso se caracterizó por el uso de complejantes (Tanplex FLA, Tanplex SS y Tanplex CR) y basificantes (Neutran BMR) de cromo.

El proceso en mención se llevó a cabo en un botal de 500 Kg. El proceso de curtido se llevó a cabo con una masa de 220Kg de piel proveniente de la etapa del dividido y se usó como material curtiente el Sulfato básico de cromo (5,50 %)

Cuadro 14: Materia prima utilizada durante el proceso alternativo I.

Peso (Kg)	Porcentaje %	Materia prima
220,00	40,00	Agua
8,80	4,00	Sal
2,20	1,00	Tanplex FLA
1,10	0,50	Ácido fórmico
1,21	0,55	Tanplex SS
12,10	5,50	Sulfato básico de cromo (Cromo 33)
0,88	0,40	Tanplex CR II
0,44	0,20	Neutran BMR

Nota: El porcentaje de materia prima a utilizar esta en función a la masa inicial de piel y es propio de cada proceso.

Fuente: Elaboración propia.

c. Proceso alternativo II

Este proceso se caracterizó por utilizar la misma cantidad de Sulfato básico de cromo del proceso alternativo I (5,50 %) y por ser desarrollado en un mini botal (botal a escala de laboratorio) de capacidad de 10 Kg. Se diferencia del proceso Alternativo I por tener un mayor contenido de complejantes de cromo. Este proceso se llevó a cabo con una masa de 2,1 Kg de piel proveniente de etapa de dividido.

Cuadro 15: Materia prima utilizada durante el proceso alternativo II.

Peso (g)	Porcentaje %	Materia prima
2100,00	100,00	Agua
84,00	4,00	Sal
21,00	1,00	Tanplex FLA
16,80	0,80	Ácido fórmico
11,55	0,55	Tanplex SS
115,50	5,50	Sulfato básico de cromo (Cromo 33)
12,60	0,60	Tanplex CR II
6,30	0,30	Neutran BMR

*Nota: El porcentaje de materia prima a utilizar esta en función a la masa inicial de piel y es propio de cada proceso.
Fuente: Elaboración propia.*

d. Proceso alternativo III

Este proceso se caracterizó por utilizar una cantidad de Sulfato básico de cromo menor al usado en el proceso alternativo II (5,00 %), fue desarrollado en un mini botal (botal a escala de laboratorio) de capacidad de 10 kg y finalmente por el uso de la misma cantidad de complejante de cromo utilizado en el proceso alternativo I. Este proceso se llevó a cabo con una masa de 9,70 Kg de piel proveniente de la etapa de dividido.

Cuadro 16: Materia prima utilizada durante el proceso alternativo III.

Peso (g)	Porcentaje %	Materia prima
3880,00	40,00	Agua
388,00	4,00	Sal
97,00	1,00	Tanplex FLA
29,10	0,30	Ácido fórmico
48,50	0,50	Tanplex SS
485,00	5,00	Sulfato básico de cromo (Cromo 33)
38,80	0,40	Tanplex CR II
14,55	0,15	Neutran BMR

*Nota: El porcentaje de materia prima a utilizar esta en función a la masa inicial de piel y es propio de cada proceso.
Fuente: Elaboración propia.*

e. Proceso alternativo IV

Este proceso se caracterizó por el uso de la misma cantidad de Sulfato básico de cromo del Proceso alternativo III (5,00 %) y la misma cantidad de complejantes de cromo del proceso alternativo II. Asimismo, este proceso se desarrolló en un mini botal (botal a escala de laboratorio) de capacidad de 10 Kg. Este proceso se llevó a cabo con una masa de 2,94 Kg de piel proveniente de la etapa de dividido.

Cuadro 17: Materia prima utilizada durante el proceso alternativo IV.

Peso (g)	Porcentaje %	Materia prima
2940,00	100,00	Agua
176,40	6,00	Sal
29,40	1,00	Tanplex FLA
14,70	0,50	Ácido fórmico
14,70	0,50	Tanplex SS
147,00	5,00	Sulfato básico de cromo (Cromo 33)
17,64	0,60	Tanplex CR II
4,41	0,15	Neutran BMR

Nota: El porcentaje de materia prima a utilizar esta en función a la masa inicial de piel y es propio de cada proceso.

Fuente: Elaboración propia.

3.2.2 Caracterización del efluente de la etapa de curtido

a. Determinación de pH

La medida del pH se registró con el potenciómetro de la marca “HANNA”, modelo “Combo pH & EC” y Número de serie “HI98130”.

Cuadro 18: Normas de referencia.

Parámetro	Unidad	Límite de detección	Norma de referencia
pH	Unidad de pH	0,01	SM 4500-H ⁺ -B

SIGLAS: "SM": Standard methods for the examination of Water and Wastewater APHA, AWWA, WEF 21st Ed. 2005.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 16: Potenciómetro portátil HANNA.

Fuente: Elaboración propia.

b. Determinación del volumen del efluente.

Para la determinación del volumen; el efluente es depositado en unos tanques mediante el uso de bombas de agua y mangueras. Estos tanques, presentan graduaciones simétricas para determinar el volumen. En el caso de ingreso de agua al proceso de producción; este es mediado en los tanques y mediante el uso de la bomba de agua el líquido es transportado hacia el botal.



Figura 17: Tanques usado para el almacenamiento del efluente

Fuente: Elaboración propia.

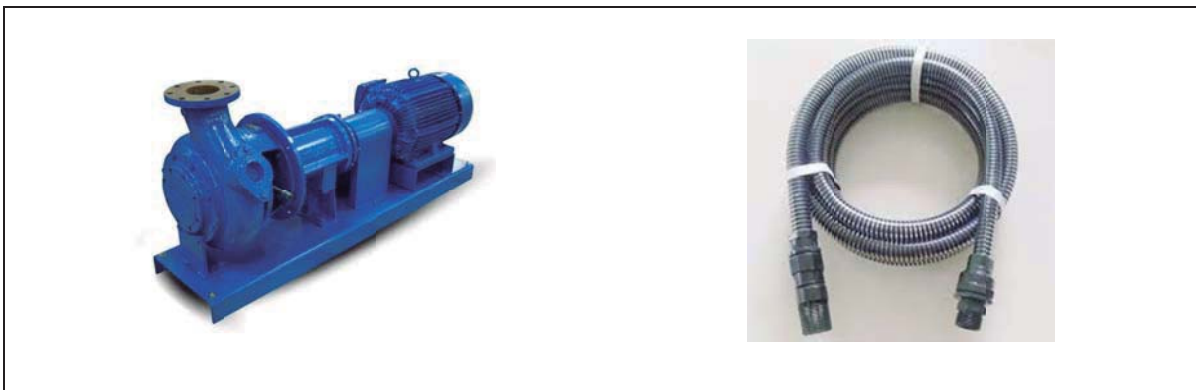


Figura 18: Bomba de agua y mangueras usados para el traslado del efluente

c. Determinación de cromo total

La determinación de cromo total se registró con el Espectrofotómetro portátil de marca HACH, modelo DR 2800. Ver Figura 18. Se usó el método Alkaline Hypobromite Oxidation Method (Method 8024), que es la adaptación del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Este proceso equivale al Standard Method 3500-Cr D for the wastewater (método colorimétrico).

• Principio del método

En este método el cromo trivalente presente en la muestra se oxida a la forma hexavalente por el ion hipobromito bajo condiciones alcalinas, luego la muestra es acidificada y finalmente, el contenido total de cromo se determina por el método 1,5 Diphenyl carbohydrazide. La lectura se realiza a 540 nm.

• Procedimiento

- Se tomó 25 mL de muestra en un tubo con tapa.
- Se adicionó el contenido del *Chromium 1 Reagent Powder Pillow* y se agitó.
- Se removió la tapa y se puso en baño maría (cinco minutos de periodo de reacción).
- Al término del periodo de reacción, se cerró el tubo con la tapa y se enfrió con agua a 25 °C.
- Se adicionó el contenido del *Chromium 2 Reagent Powder Pillow* y se agitó.

- Se adicionó el contenido de *Acid Reagent Powder Pillow* y se agitó.
- Se adicionó el contenido de *ChromaVer 3 Chromium Reagent Powder Pillow* y se agitó. Se esperó cinco minutos de reacción
- Se preparó el blanco.
- Se utilizó el blanco, y se marcó en *ZERO* el espectrofotómetro.
- Se hizo la lectura respectiva de la muestra preparada. La unidad de lectura fue mg/L.

d. Determinación de cromo hexavalente

La determinación de cromo hexavalente se registró con el Espectrofotómetro portátil de marca HACH, modelo DR 2800. Ver Figura 18. Se usó el método 1,5-Diphenylcarbohydrazide (Method 8023), que es la adaptación del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater . Este proceso equivale al Standard Method 3500-Cr B (método colorimétrico).

- **Principio del método**

El cromo hexavalente se determina por el método 1,5 Diphenyl carbohydrazide usando el reactivo ChromaVer 3. Este reactivo contiene un ácido tampón combinado con 1,5 Diphenyl carbohydrazide, que reacciona para dar un color púrpura cuando hay presencia de cromo hexavalente. La lectura se realiza a 540 nm.

- **Procedimiento**

- Se tomó 10 mL de muestra en un tubo con tapa.
- Se adicionó el contenido de *ChromaVer 3 Chromium Reagent Powder Pillow*.
- Se agitó, se esperó cinco minutos de reacción y se preparó el blanco.
- Se utilizó el blanco, y se marcó en *ZERO* el espectrofotómetro.

- Se hizo la lectura respectiva de la muestra preparada. La unidad de lectura fue mg/L Cr^{6+} .



Figura 19: Espectrofotómetro portátil HACH.

Fuente: Elaboración propia.

e. Determinación de demanda bioquímica de oxígeno

Para la determinación de demanda bioquímica de oxígeno se usó el método 5210 B del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 20th Edition 1998.

- **Principio del método**

El método consiste en llenar con muestra, hasta rebosar, una botella hermética de un específico tamaño e incubar a una temperatura específica por 5 días. El oxígeno disuelto es medido inicialmente y después e la incubación. Finalmente la demanda bioquímica de oxígeno es medido a partir de la diferencia de oxígeno disuelto inicial y final. Debido a que el oxígeno disuelto inicial se determinó poco después de que se hizo la dilución, toda la absorción de oxígeno que ocurre después de esta medición se incluye en la medición de la demanda bioquímica de oxígeno.

- **Procedimiento**

- Se preparó el agua de dilución. El cual consiste en 1 mL de solución de buffer fosfato, 1 mL de solución de sulfato de magnesio, 1 mL de cloruro de calcio y 1 mL de solución de cloruro férrico por cada litro de agua.
- Antes de su uso, se saturó el agua de dilución con oxígeno disuelto mediante aireación.
- Se preparó las diluciones con la muestra deseada y el agua de dilución. Al terminar de preparar la dilución en el winkler se cerró asegurándonos que el tapón desplazó todo el aire y sin dejar burbujas.
- Se preparó dos winklers por muestra ya que se usó el método de titulación yodométrica para la medición de oxígeno.
- Se incubo las muestras destinadas para la medición del quinto día a temperatura de $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$. Mientras que para las demás muestras se determinó el oxígeno disuelto inicial.
- Para la determinación de oxígeno disuelto; se añadió 1 mL de solución de sulfato de manganeso y 1 mL de reactivo álcali-ioduro-azida. Se tapó con cuidado para eliminar las burbujas de aire y se mezcló invirtiendo el winkler varias veces.
- Luego que el precipitado haya asentado, aproximadamente la mitad del volumen de la botella, se añadió 1 mL de ácido sulfúrico concentrado y se mezcló suavemente invirtiendo el winkler.
- Se valoró un volumen correspondiente a 201 mL de muestra con tiosulfato a un color paja pálido. Se añadió gotas de solución de almidón y se siguió con la titulación hasta la desaparición del color azul.
- Se preparó el blanco de agua de dilución.
- Se determinó luego de los 5 días de incubación el oxígeno disuelto final.

- **Cálculos**

1 mL Solución estandar de tiosulfato = 1 mg OD/L

$$DBO_5 = \frac{D_1 - D_2}{P} \text{ mg/L}$$

Dónde:

- D_1 : Oxígeno disuelto de la muestra diluida inmediatamente luego de la preparación, expresado en mg/L.
- D_2 : Oxígeno disuelto de la muestra diluida luego de los 5 días de incubación a una temperatura de 20 °C, expresado en mg/L.
- P: Fracción volumétrica de la muestra empleada.

f. Determinación de demanda química de oxígeno

La determinación de demanda química de oxígeno se registró con el espectrofotómetro portátil de marca HACH, modelo DR 2800. Ver Figura 18. Se usó el Method 8000 que es el método de reactor de digestión aprobado por la USEPA para análisis de aguas residuales.

- **Principio del método**

En este proceso, la muestra es calentada por dos horas con un agente oxidante fuerte, el dicromato de potasio. Los compuestos orgánicos oxidables reaccionan reduciendo el ion dicromato ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{-2}$) a cromo trivalente (Cr^{+3}). Para concentración de 0-1 500 mg/L o 0-15 000 mg/L es usado el método colorimétrico y la cantidad de cromo trivalente producido es determinado.

- **Procedimiento**

- Se homogenizó 500 mL de muestra por dos minutos.
- Se prendió el reactor DRB 200 y calentar las celdas a 150 °C

- Se removió la tapa del vial de digestión de DQO.
- Se adicionó 2 mL de muestra en el vial y se puso la tapa.
- Se limpió el vial con papel tissue y se invirtió el vial suavemente para mezclar los contenidos.
- Se colocó el vial en el reactor DRB 200 por un periodo de 2 horas.
- Se retiró el vial del reactor y se esperó minutos hasta que el vial tenga un temperatura de 120 ° C o menos.
- Se hizo la lectura en mg/L mediante el uso del Espectrofotómetro portátil HACH.

- **Cálculos**

$$DQO = A \times 10 \frac{mg}{L}$$

Dónde:

- A: Es el resultado obtenido del espectrofotómetro HACH.

g. Determinación de sólidos suspendidos totales

Para la determinación de sólidos suspendidos totales se usó el método 2540 D del Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater 20th Edition 1998.

- **Principio del método**

Una muestra bien mezclada es filtrada a través de un filtro de fibra de vidrio previamente pesada y el residuo retenido en el filtro se seca hasta un peso constante entre 103 °C y 105 °C. El aumento en peso del filtro representa los sólidos totales en suspensión. Si el material obstruye el filtro y se prolonga la filtración, puede ser necesario aumentar el diámetro del filtro o disminuir el volumen de la muestra. Para la estimación de sólidos suspendidos totales, se calcula la diferencia entre los filtros.

- **Procedimiento**

- Se preparó el filtro de fibra de vidrio y se pesó.
- Se insertó el disco en el aparato de filtración.
- Se aplica a vacío y se lavó el disco con tres porciones sucesivas de 20 mL.
- Se continuó la succión hasta eliminar todos los rastros de agua y se desechó el lavado.
- Se retiró el filtro del aparato de filtración y se colocó el filtro en un crisol de peso conocido.
- Se secó en la estufa entre 103 °C a 105 °C durante 1 hora.
- Se enfrió en el desecador para equilibrar la temperatura y se pesó.
- Se repitió este ciclo de secado hasta que el cambio fuera menor al 4% del peso anterior.

- **Cálculos**

$$TSS = \frac{(A - B) \times 1000 \text{ mg}}{V \text{ L}}$$

Dónde:

- A: Peso del filtro más residuo seco (mg).
- B: Peso del filtro (mg).
- V: Volumen de muestra (mL).

h. Determinación de nitrógeno amoniacal

Para la determinación de nitrógeno amoniacal se usó el método de titulación 4500-NH₃ C del Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater 20th Edition 1998.

- **Principio del método**

La muestra es llevada a pH 9,5 usando borato de buffer para disminuir la hidrolisis de cianatos y compuestos de nitrógeno orgánico. Se destila con una solución de ácido bórico cuando la destilación va a ser usada o ácido sulfúrico cuando el método de fenato será usado. La destilación del amoniaco puede ser determinado colorimétricamente por el método fenato o por titulación con solución de ácido sulfúrico y un indicador mixto o un medidor de pH. La elección entre el método colorimétrico y el de la titulación depende de la concentración de amoniaco. El amoniaco destilado también puede ser ser determinado por el método electrodo selectivo de amoniaco usando ácido sulfúrico a 0,04 N para atrapar el amoniaco.

- **Procedimiento**

- Se preparó el equipo destilador para que no presente rastros de amoniaco.
- Se añadió 25 mL de solución buffer de borato y se ajustó el pH a 9,5 con NaOH 6N.
- Se recogió el destilado en un matraz Erlenmeyer que contuvo 50 mL de solución de ácido bórico del proceso de destilación y finalmente se valoró el contenido con una solución de 0,2 N de ácido clorhídrico o ácido sulfúrico añadiendo unas gotas de solución de indicador.
- Se efectuó paralelamente un ensayo en blanco, empleando azúcar pura en lugar de la muestra.

- **Cálculos**

$$mg NH_3 - N/L = \frac{(A - B) \times 280}{G}$$

Dónde:

- A: Volumen de solución de ácido sulfúrico empleado en la valoración de la muestra (mL).
- B: Volumen de la solución de ácido sulfúrico empleado en el ensayo en blanco (mL).
- G: Peso de la muestra en gramos.

- i. Determinación de proteínas*

Para la determinación de proteína se usó el método AOAC Interational Official Methods Of Analysis 19th Edition, 2012. 973.48.

- **Principio del método**

Este método es conocido como el método Kjeldahl y consiste convertir el nitrógeno en sulfato de amonio por digestión con ácido sulfúrico concentrado en presencia de un catalizador. Se libera el amoniaco por adición de hidróxido de sodio en exceso, se destila a una solución absorbadora de ácido bórico y se valora con solución de ácido clorhídrico. El contenido de proteínas se calcula multiplicando por el factor de 6,25 el contenido de nitrógeno obtenido.

- **Procedimiento**

- Se pesó 1 gramo de muestra y se colocó en el balón Kjeldahl.
- Se añadió 20 mL de ácido sulfúrico concentrado.
- Se colocó el balón Kjeldahl en el digestor con ángulo de 45° con la horizontal.

- Se calentó con una llama pequeña a una temperatura inferior al punto de ebullición del ácido sulfúrico hasta que se desintegró la muestra.
- Se añadió 8 gramos de la mezcla catalizadora, se aumentó la temperatura y se calentó a ebullición. Se mantuvo a ebullición durante 60 minutos después que el líquido se haya vuelto claro y nítidamente incoloro.
- Luego que se terminó la digestión se dejó enfriar el balón.
- Se diluyó el contenido con 250 mL de agua, se añadió 1 o 2 fragmentos de piedra pómez, se añadió 1 mL de solución al 1% de fenolftaleína y luego un exceso de solución de hidróxido de sodio (unos 80 mL).
- Se armó el aparato destilador y se añadió al erlenmeyer, 50 mL de solución de ácido bórico.
- Se agitó cuidadosamente el balón Kjeldahl y se calentó hasta destilar completamente el amoníaco recibéndolo en la solución de ácido bórico.
- Cuando se destiló todo el amoníaco, se separó el erlenmeyer del aparato destilador y finalmente se valoró el contenido con una solución de 0,2 N de ácido clorhídrico o ácido sulfúrico añadiendo unas gotas de solución de indicador.
- Se efectuó paralelamente un ensayo en blanco, empleando azúcar pura en lugar de la muestra.

- **Cálculos**

Las proteínas se expresó en tanto por ciento sobre la masa en base seca. La fórmula con la cual se expresaron los cálculos es la siguiente:

$$\text{Proteínas} = \frac{0,014 \times N \times (V - V_b)}{G} \times 100 \times 6,25$$

Dónde:

- V: Volumen de solución de ácido clorhídrico o ácido sulfúrico empleado en la valoración de la muestra (mL) y V_b , volumen gastado en el ensayo en blanco (mL).
- N: Normalidad de la solución de ácido clorhídrico o ácido sulfúrico empleado.
- G: Peso de la muestra en gramos.

3.2.3 Análisis de la eficiencia del uso de complejantes y basificantes de cromo

La determinación de cromo total en el efluente del proceso de curtido fue medio por el Alkaline Hypobromite Oxidation Method (Method HACH 8024), Adaptado del Standard Method 3500-Cr D for wastewater. (Ver *ITEM 3.2.2.c.*)

3.2.4 Análisis de la calidad del cuero

Para realizar los ensayos físico-químicos se procedió con la preparación de muestras. Esta actividad tiene el principio de triturar el cuero en un molino de cuchillas para obtener cuero triturado o cuero en polvo; y se encuentra basada en los lineamientos de la Norma Técnica Peruana NTP ISO 4044-2008. Cuero. Ensayos químicos. Preparación de muestras para ensayos químicos (Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual, 2008).

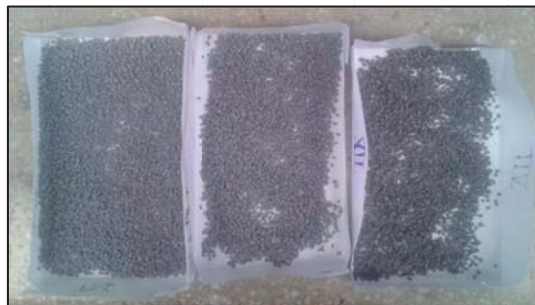


Figura 20: Cuero en trozos preparado para la trituration.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 21: Cuero triturado listo para la realización de ensayos físico-químicos.

Fuente: Elaboración propia.

Asimismo, para los ensayos físico-químicos se determinó las materias volátiles. Para la determinación de materias volátiles se usó los lineamientos de la Norma Técnica Peruana NTP-ISO 4684-2007. Cuero. Ensayos químicos. Determinación de las materias volátiles (Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual, 2008). El cual consiste en secar el cuero triturado en una estufa a $102\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta tener una masa constante. Las materias volátiles se expresan como la relación entre la variación de masa de la muestra y la masa inicial antes del secado.

El contenido de materias volátiles se expresó en tanto por ciento sobre la masa y se calculó de la siguiente forma:

$$W = \frac{100 \times (m_1 - m_2)}{m_1}$$

Dónde:

- W: Materias volátiles expresado en tanto por ciento (%).
- m_1 : es la masa de la muestra antes de secado.
- m_2 : es la masa de la muestra después del secado.

a. Ensayos Físico-Químico

• Determinación química del contenido en óxido de cromo

Para la determinación del contenido en óxido de cromo en el cuero, se usó los lineamientos de la Norma Técnica Peruana NTP ISO 5398-1:2008. Cuero. Determinación química del contenido en óxido de cromo. Parte 1: Cuantificación por valoración (Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual, 2008).

- Principio del método

El cromo presente en el cuero se solubiliza en el estado hexavalente y a continuación se analiza la solución mediante valoración yodométrica.

- Procedimiento

- Se pesó una masa de cuero (1g) en un matraz erlenmeyer.
- Se añadió 10 mL de ácido nítrico y se dejó reposar 2 minutos.
- Se añadió 15 mL de mezcla de los ácido sulfúrico/perclórico (3 partes de HClO_4 + 1 parte de H_2SO_4).
- Se colocó un embudo o una ampolla antisalpicadura en la boca del matraz y se calentó hasta ebullición sobre una tela metálica colocada sobre una llama moderada.
- Se redujo la llama cuando la mezcla de reacción comienza a adquirir una tonalidad naranja. Después de completar el cambio de color, se siguió calentando suavemente al menos durante 2 minutos.
- Se dejó enfriar al aire durante 5 minutos y se diluyó aproximadamente a 200 mL.
- Se hirvió aproximadamente 10 minutos para eliminar cualquier resto de cloro.
- Se dejó enfriar y se añadió 5 mL de ácido ortofosfórico para enmascarar la posible presencia de hierro.

- Se añadió 20 mL de solución de yoduro de potasio a la solución obtenido y se dejó reposar en un lugar oscuro por 10 minutos.
- Se llevó a cabo la valoración con tiosulfato de sodio 0,1 mol/L hasta que la solución del matraz adquirió un tono verde claro o azul, hacia el final de la valoración se añadió 5 mL de solución indicadora de almidón.
- Se anotó los mililitros utilizados de solución de tiosulfato.

- **Cálculos**

El contenido en óxido de cromo (Cr_2O_3) en el cuero se expresó en tanto por ciento (%). Asimismo, este porcentaje se refirió a la masa de muestra en base seca y se obtuvo mediante la siguiente ecuación:

$$W_{cr}(\%) = \frac{V_1 \times 0,00253 \times 100 \times F}{m_o}$$

Dónde:

- W_{cr} : Porcentaje de óxido de cromo (Cr_2O_3).
- m_o : Es la masa de muestra de cuero original, en gramos (g)
- V_1 : Volumen (mL) de solución de tiosulfato 0,1 mol/L utilizada para la valoración.
- F : Factor para corregir a 0 % de materia volátil.

Además:

$$F = \frac{100}{100 - w_w}$$

Dónde:

- W_w : Contenido en materia volátil.



Figura 22: Cocina eléctrica y las muestras para determinar Óxido de cromo.

Fuente: Elaboración propia.

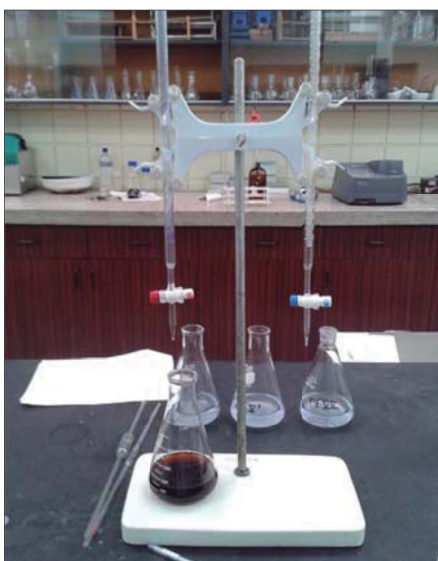


Figura 23: Valoración de la muestra con tiosulfato de sodio 0,1 mol/L.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 24: Tonalidad verde claro o azul, la cual indica el final de la valoración.

Fuente: Elaboración propia.

- **Determinación de materias solubles en diclorometano**

Para la determinación de las materias solubles en diclorometano, se usó los lineamientos de la Norma Técnica Peruana NTP ISO 4048:2008. Cuero. Ensayos químicos. Determinación de las materias solubles en diclorometano y del contenido de ácidos grasos libres (Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual, 2008).

- **Principio del método**

Las materias solubles son extraídas del cuero mediante el uso de un disolvente llamado diclorometano. En este proceso se deja evaporar el disolvente del extracto para luego ser secado a $102\text{ }^{\circ}\text{C}$.

- **Procedimiento**

- Se pesó $10 \pm 0,1$ g de muestra preparada y se presionó uniformemente dentro del cartucho de papel filtro.
- Se secó el matraz de extracción con perlas de vidrio, calentándolo durante 30 minutos a una temperatura de $102 \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Se enfrió en el desecador y después se pesó.
- Se colocó la muestra preparada en el aparato de extracción (Soxhlet) y se inició la extracción, en continuo, con diclorometano. Después de al menos treinta pasadas del disolvente se culminó la extracción.
- Se secó el extracto en la estufa durante 4 horas, a una temperatura de $(102 \pm 2)\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Se pesó el matraz luego del secado.

- **Cálculos**

Las sustancias extraíbles con diclorometano se expresó en tanto por ciento sobre la masa en base seca. La fórmula con la cual se expresaron los cálculos es la siguiente:

$$\text{Materia Soluble en Diclorometano (\%)} = \frac{m_1}{m_0} \times 100 \times F$$

Dónde:

- m_0 : Masa de la muestra de ensayo, en gramos.
- m_1 : Masa del extracto, en gramos.

Además:

$$F = \frac{100}{100 - w}$$

Dónde:

- W : Es la fracción de la masa de la materia volátil, en tanto por ciento.



Figura 25: Equipo Soxhlet, utilizado para extracción de las materias solubles en diclorometano.

Fuente: Elaboración propia.

- **Determinación de sustancia dérmica**

Para la determinación de sustancia dérmica, se usó los lineamientos de la Norma Técnica Peruana NTP 291.011:1970. CUERO. Método para determinar el contenido de sustancia dérmica (Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual, 1970).

- **Principio del método**

Este método es conocido bajo el nombre del método de Kjeldahl y consiste en convertir el nitrógeno presente en las sustancias del cuero en sulfato de amonio mediante la digestión con ácido sulfúrico concentrado en presencia de un catalizador. Se libera el amoniaco por adición de hidróxido de sodio en exceso, se destila usando una solución absorbadora de ácido bórico y se valora con solución de ácido clorhídrico o ácido sulfúrico. Finalmente, el contenido de sustancia dérmica se calcula multiplicando por el factor de 5,62 el contenido de nitrógeno obtenido.

- **Procedimiento**

- Similar al procedimiento de la determinación de proteínas. (*VER ITEM 3.2.2.e.*)

- **Cálculos**

La sustancia dérmica se expresó en tanto por ciento sobre la masa en base seca. La fórmula con la cual se expresaron los cálculos es la siguiente:

$$S = \frac{0,014 \times N \times (V - V_b)}{G} \times 100 \times 5,62$$

Dónde:

- S: Contenido de sustancia dérmica en tanto por ciento.
- V: Volumen de solución de ácido clorhídrico o ácido sulfúrico empleado en la valoración de la muestra (mL).
- V_b: Volumen de la solución de ácido clorhídrico o ácido sulfúrico empleado en el ensayo en blanco (mL).
- N: Normalidad de la solución de ácido clorhídrico o ácido sulfúrico empleado.
- G: Peso de la muestra en gramos.



Figura 26: Digestión de las muestras con ácido sulfúrico.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 27: Destilación de las muestras.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 28: Valoración de las muestras con ácido clorhídrico.

Fuente: Elaboración propia.

- **Determinación de pH e Índice diferencial**

Para la determinación de pH e Índice diferencial, se usó los lineamientos de la Norma Técnica Peruana NTP ISO 4045-2008. Cuero Ensayos químicos. Determinación del pH (Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual, 2008).

- **Principio del método**

Se prepara un extracto acuoso a partir de una muestra de cuero y se mide el pH del extracto utilizando un pH-metro. Si se obtienen valores de pH inferiores a 4,00 o superiores a 10,00 se determina también el pH del extracto acuoso diluido diez veces (Índice diferencial).

- **Procedimiento**

- Se pesó $5 \pm 0,1$ gramos de muestra en un frasco de boca ancha.
- Se añadió 100 ± 1 mL de agua a 20 ± 2 °C.
- Se agitó manualmente durante aproximadamente 30 segundos para mojar uniformemente la muestra.
- Se agitó mecánicamente por un periodo de tiempo entre 6 horas y 6,5 horas.
- Se dejó reposar el extracto antes de decantarlo.
- Se calibró el potenciómetro con dos soluciones tampón y se hace la medición respectiva.
- Si el valor de pH fue inferior a 4,00 o superior a 10,00; se determinó el índice de diferencia, diluyendo 10 veces el extracto y se mide este nuevo pH.

- Cálculos

El índice diferencial se obtuvo de la diferencia del pH obtenido al inicio y luego de la dilución.

$$\text{Índice Diferencial} = pH_1 - pH_2$$

Dónde:

- pH_1 : pH obtenido después de la decantación.
- pH_2 : pH obtenido después de la dilución.



Figura 29: Agitador mecánico con las muestras.

Fuente: Elaboración propia.

b. Ensayos Físico-Mecánico

• Prueba de ebullición

Para la prueba de ebullición o determinación de la temperatura de encogimiento, se usó las recomendaciones citadas en el Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles, 2003. En la cual se define a la temperatura de encogimiento como “*aquella temperatura a la cual el cuero inicia su contracción o encogimiento cuando es sumergido en agua a temperatura de ebullición*”.

- **Principio del método**

Se prepara pedazos de cuero con dimensiones de 20 mm x 100 mm los cuales son sumergidos en agua a temperatura de ebullición para determinar su temperatura de encogimiento y el grado de curtición. La temperatura de encogimiento del cuero curtido al cromo es directamente proporcional al contenido de cromo fijado en el colágeno.

- **Procedimiento**

- Se cortó pedazos de cuero con dimensiones de 20 mm x 100 mm.
- Se elaboró un molde en una hoja bond del pedazo de cuero.
- Se calentó agua hasta temperatura de ebullición.
- Se introdujo el pedazo de cuero en agua a temperatura de ebullición por un periodo de un minuto.
- Se superpuso el pedazo de cuero después del tiempo establecido en el molde elaborado.
- Se observó si existe encogimiento sobre la muestra.

3.2.5 Análisis del rendimiento de la aplicación del cromo en el proceso de curtido

El análisis del rendimiento de la aplicación del cromo en el proceso de curtido se realizó de la relación de la cantidad de cromo en cuero expresado como óxido de cromo con respecto a la cantidad de cromo ofertado expresado como Sulfato Básico de Cromo. Esta relación se expresó como:

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Cantidad de cromo en cuero (\%)}}{\text{Cantidad de cromo ofertado (\%)}} \times 100 \%$$

3.2.6 Análisis del tratamiento de efluentes

Para el tratamiento de efluentes provenientes de la etapa de curtido de los procesos desarrollados se optó por el método de precipitación química; y como agente precipitante se usó el compuesto hidróxido de sodio (NaOH) (Abass, Alireza, & Reza, 2005).

Esta precipitación química consistió en la adición del agente precipitante a cada efluente en distintas masas seguido de la mezcla de las soluciones. La masa a añadir se determinó mediante estequiometría. Con la masa determinada y el volumen de efluente a trabajar, se procedió a determinar la concentración del agente precipitante. La concentración de hidróxido de sodio aplicado dependerá de la concentración de cromo total en el efluente.

a. Principio del método

El cromo presente en el efluente reacciona con un álcali (hidróxido de sodio) formando un precipitado (hidróxido de cromo), llamado “lodo”. Así pues, el cromo presente en el efluente es removido como lodo vía precipitación química. A continuación se presenta la reacción química:

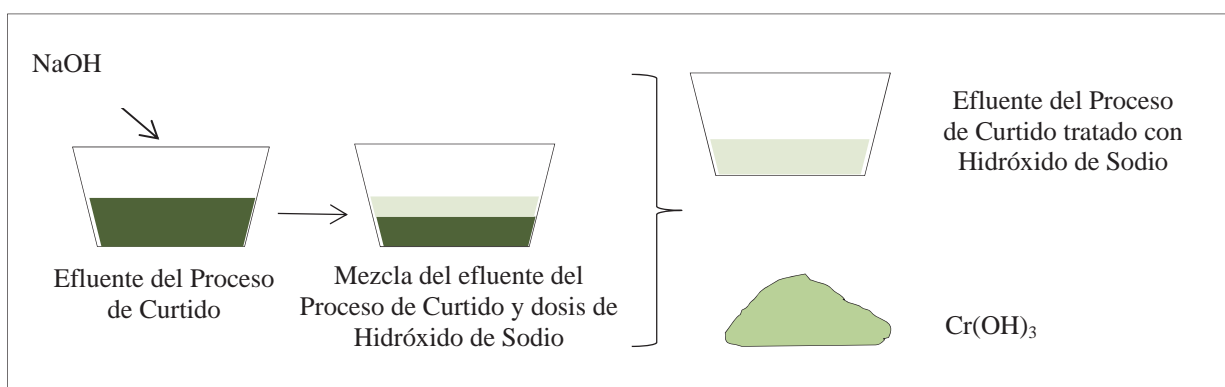
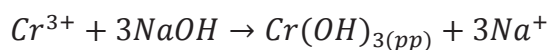


Figura 30: Esquema de la precipitación química con hidróxido de sodio (NaOH).

Fuente: Elaboración propia.

b. Procedimiento

- Se determinó la masa de hidróxido de sodio a añadir (Ver Anexo 6).
- Se preparó muestras de 500 mL (para el caso del proceso tradicional y el proceso alternativo I) y muestras de 50 mL (para el caso del proceso alternativo II, proceso alternativo III y el proceso alternativo IV).
- Se añadió la masa de hidróxido de sodio a cada muestra según sea el caso.
- Se mezcló la solución formada mediante el uso de un agitador magnético por un periodo de 10 minutos.
- Se dejó asentar la muestra por un periodo de 30 minutos y se inició la filtración.
- Al culminar la filtración, se procedió a hacer la medición de cromo total en el efluente tratado con hidróxido de sodio mediante el uso del método Alkaline Hypobromite Oxidation Method (Method 8024).
- Se hizo la lectura respectiva de la muestra preparada. La unidad de lectura fue mg/L.

c. Cálculos

La eficiencia de la remoción de cromo fue determinado mediante la siguiente ecuación:

$$Eficiencia (\%) = \frac{Cr_{inicial} - Cr_{final}}{Cr_{inicial}} \times 100$$

Dónde:

- $Cr_{inicial}$: Es la concentración de cromo total determinado antes del tratamiento con hidróxido de sodio.
- Cr_{final} : Es la concentración de cromo total determinado des pues del tratamiento con hidróxido de sodio.



Figura 31: Mezcla de la solución con el agitador magnético.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 32: Filtración de la muestra.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 33: Filtración de la muestra.

Fuente: Elaboración propia.

3.2.7 Análisis estadístico

El software que se utilizó fue el IBM SPSS Statistics 19.

a. Uso de complejantes y basificantes de cromo

Se planteó un Diseño Completo al Azar Desbalanceado (DCAb), con 5 tratamientos y 3 repeticiones para el caso del proceso tradicional y 5 tratamientos y dos repeticiones para los demás procesos desarrollados. Para el caso particular de la presente investigación, se considera como unidad experimental cada tratamiento.

Para la validación estadística de los datos se usó *ANOVA (Analysis of Variance)*, para analizar si los tratamientos influyen en los parámetros analizados; y la *Prueba de Tukey*, la cual permite evaluar la significancia entre los tratamientos. Para ambos casos el nivel de significancia fue del 5 %.

Finalmente, se determinó el coeficiente de correlación de Pearson de los principales insumos químicos utilizados y de los parámetros de calidad del cuero.

b. Tratamiento de efluentes

Se planteó un Diseño Completo al Azar (DCA) para los mejores tratamientos de los procesos desarrollados (se eligió de cada proceso un tratamiento, el cual debió cumplir con la normatividad ambiental vigente); para cada tratamiento hubo dos repeticiones, tanto para el parámetro cromo total y pH. Cada tratamiento es considerado como una unidad experimental.

Asimismo, se usó el *ANOVA (Analysis of Variance)* y la *Prueba de Tukey* para la validación de los datos estadísticos. El nivel de significación fue del 5 %; además, se determinó el coeficiente de determinación para las variables hidróxido de sodio aplicado y la concentración de cromo total en el efluente de los mejores tratamientos desarrollados.

Finalmente, se determinó la influencia del uso de agentes complejantes y basificantes sobre el tratamiento del efluente mediante el uso del coeficiente de correlación de Pearson: es decir, si el uso de estos complejantes y basificantes tiene influencia sobre la dosis de hidróxido de sodio utilizada en el tratamiento del efluente.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 ÁREA DE ESTUDIO

El área donde se desarrolló los procesos de producción de curtido fue dentro de las instalaciones de la empresa HELIANTHUS S.A.C., ubicada en la Avenida Guardia Civil N° 314, distrito Chorrillos, Provincia de Lima y Departamento de Lima. Esta empresa se dedica a la venta de insumos químicos para la industria del cuero, así como también para la producción del mismo.

Cuadro 19: Ubicación geográfica del área de trabajo.

Coordenadas geográficas UTM (m)*	
Este	0281965
Sur	8652204
Altitud	38
Zona	18

(*): Determinado con el Datum: World Geodetic System 1984.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 34: Croquis de la ubicación de la empresa HELIANTHUS S.A.C.

Fuente: Google Maps.

4.2 CARACTERIZACIÓN DEL EFLUENTE DE LA ETAPA DE CURTIDO

En el Cuadro 20, se reportan tanto los parámetros de campo medidos (pH y volumen del efluente) como los parámetros analíticos (cromo total, cromo hexavalente y proteínas), obtenidos de los efluentes de los procesos desarrollados. Mientras que el Cuadro 21 se muestra una caracterización del efluente de curtido, donde se observa que a pesar de ser una etapa netamente química, etapa principal donde se añade el cromo, el contenido de materia orgánica es alto; principalmente este contenido alto se debe al contacto de la piel con el agua presente durante el proceso. Asimismo, al ingresar cromo a la piel, la piel deja parte orgánica en forma de proteínas en el efluente y la acción mecánica del botal influye en este proceso de desprendimiento.

Se identificó que el parámetro realizado *in situ*, pH, de los efluentes correspondientes a los cinco procesos desarrollados se encontró en medio ácido; incumpliendo con lo normado en el DS N° 021-2009-VIVIENDA. Aprueban Valores Máximos Admisibles (VMA) de las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario (Ver Figura 35). En el mismo sentido, la concentración de cromo total final en los procesos desarrollados, superan el valor máximo admisible normado en la norma en mención (Ver Figura 36). Para solucionar esta concentración elevada de cromo total, se opta tratarlos mediante precipitación química mediante el uso del agente precipitante hidróxido de sodio (NaOH).

Asimismo, se identificó la no presencia de cromo hexavalente en los efluentes de los procesos desarrollados. Esto debido a que la sal utilizada como materia prima fue el sulfato básico de cromo, un compuesto de cromo trivalente de mayor uso en la actividad curtiente, y además de ello, durante el proceso de curtido no se dan las condiciones mínimas para la oxidación del cromo trivalente a cromo hexavalente.

Además, se observó que en el proceso tradicional y el proceso alternativo I el volumen final es mayor al volumen inicial, esto debido al contenido de humedad de la piel que es desprendida por acción mecánica. En los demás procesos, esto no ocurrió debido a que se trabajó a escala de laboratorio, además de trabajar con una masa de piel pequeña.

Cuadro 20: Caracterización del efluente de los procesos de curtido desarrollados.

Procesos	Volumen inicial (L)	Cromo total inicial (mg/L)	Volumen final (L)	Cromo total final (mg/L)	Cromo hexavalente (mg/L)	pH	Proteínas (%)
Proceso tradicional	200,00	6500,00	270,00	2000,00	N.D.	3,10	4,87
Proceso alternativo I	88,00	9310,00	140,00	500,00	N.D.	4,43	5,86
Proceso alternativo II	2,10	3724,00	1,50	650,00	N.D.	4,39	5,70
Proceso alternativo III	3,88	8464,00	3,00	200,00	N.D.	4,35	4,17
Proceso alternativo IV	2,94	3385,00	2,00	100,00	N.D.	4,69	6,02

NOTA 1: El volumen inicial, es el volumen de agua que ingresa a la etapa de curtido.

NOTA 2: La concentración de Cromo inicial, es la concentración determinada a base de la masa de Sulfato básico de cromo que ingresa a esta etapa (Ver Anexo 3).

NOTA 3: El volumen final, es el volumen de agua que sale de la etapa de curtido (Efluente).

NOTA 4: La concentración de Cromo final, es la concentración determinada analíticamente en el efluente de la etapa de curtido.

NOTA 5: La determinación de pH y Proteínas se realizó al efluente de la etapa de curtido

N.D.: No Detectado.

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 21: Caracterización del efluente del proceso tradicional.

Parámetro	Unidad	Concentración inicial
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	3 000
Demanda química de oxígeno	mg/L	8 890
Nitrógeno amoniacal	mg NH ₃ -N/L	662,3
Proteínas	g/L	48,75
Sólidos suspendidos totales	mg/L	1 632

Fuente: Elaboración propia.

Los procesos donde se usaron basificantes (Neutran BMR) mejoraron las condiciones para el parámetro pH; esto debido a que el uso de estos permite la basificación a pH más altos. Además, en el Proceso tradicional se usó 2,7 % del Ácido fórmico que es el que acidificó el medio; mientras que, en los Procesos alternativos desarrollados se usó el Tanplex FLA encargado del desencale, el cual nos permitió aplicar una menor cantidad de ácido fórmico.

Tras el uso de complejantes y basificantes de cromo se mejoró las condiciones del efluente con respecto al cromo total y pH en el efluente del proceso de curtido. Esto debido a que el uso de complejantes nos permite disminuir la oferta de sulfato básico de cromo; en el proceso tradicional se usó 8,0 % de sulfato básico de cromo; en el proceso alternativo I y proceso alternativo II se usó 5,5 % de sulfato básico de cromo; mientras que, en el proceso alternativo III y proceso alternativo IV se usó 5,0 %.

La disminución del porcentaje de Sulfato básico de cromo fue de la mano con el uso del Tanplex SS (el cual favoreció en la distribución estratificada del cromo y mejoró el agotamiento del baño) y del Tanplex CR II (el cual mejoró la distribución del cromo y permitió disminuir la demanda del mismo).

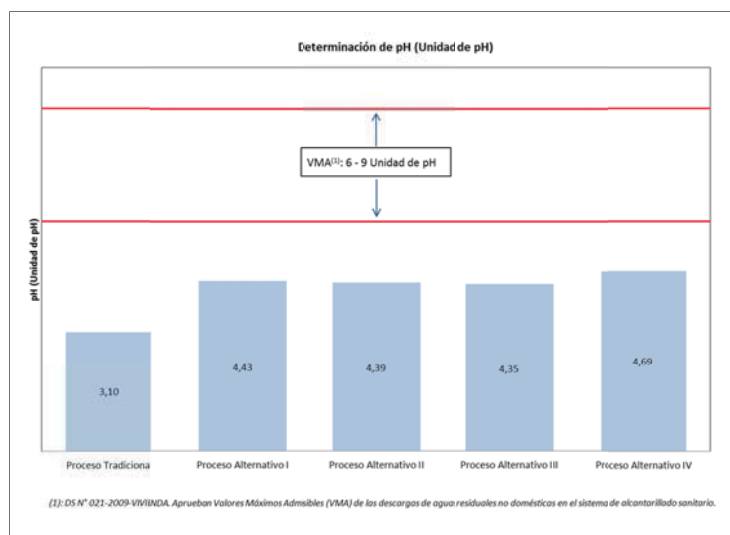


Figura 35: Determinación de pH en los efluentes de los proceso desarrollados

Fuente: Elaboración propia.

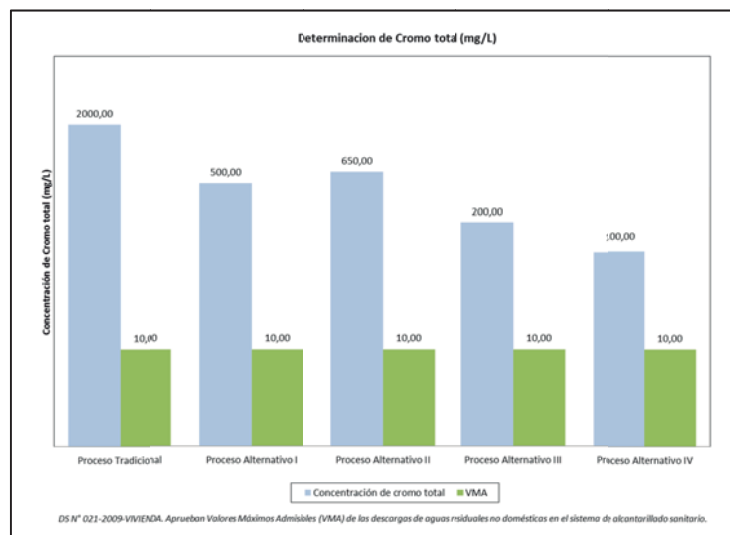


Figura 36: Determinación de cromo total en los efluentes de los procesos desarrollados

Fuente: Elaboración propia.

4.3 ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA DEL USO DE COMPLEJANTES Y BASIFICANTES DE CROMO

En el Cuadro 22, se reporta el análisis de la eficiencia del uso de complejantes y basificantes de cromo. Esta eficiencia, fue determinada en función al cromo absorbido por la piel y el cromo ofertado.

Se identifica que en un proceso tradicional la pérdida de cromo es de 41,5 % del cromo ofertado. Lo cual lo caracteriza por ser un proceso ineficiente que genera pérdidas económicas hacia el curtidor, daños a la infraestructura y daños al medio ambiente; ya que este cromo que no es absorbido por la piel se pierde en el efluente. El uso de complejantes y basificantes de cromo aumenta la eficiencia de absorción de cromo en la piel, alcanzando niveles de eficiencia de 91,5 %, 87,4 %, 98,1 % y 97,9 % al usar estos insumos.

Asimismo, se observó que el uso de complejantes y basificantes de cromo en el proceso de curtido mejoró la calidad del efluente de este proceso con respecto al parámetro cromo total. El uso de complejantes y basificantes de cromo permite una mejor distribución del cromo en la piel y mejora el agotamiento de cromo en el baño; además, mejora las características del curtiente.

Debido al aumento de la eficiencia de cromo absorbido por la piel se opta por reducir la demanda de sales de cromo durante el proceso de curtido, lo cual nos con lleva a tener un efluente más limpio.

Cuadro 22: Análisis de la eficiencia del uso de complejantes y basificantes de cromo.

Procesos	Masa de Cromo 33 25,5% (kg)	Volumen (L)	Inicial Cromo total (mg/L)	Masa de cromo total en el baño (g)	Final Cromo total (mg/L)	Volumen final del baño (L)	Masa de cromo total en el efluente final (g)	Eficiencia del uso de complejantes y basificantes de cromo (%)
Proceso tradicional	19,2	200	6500	1300,0	2000,00	270,0	540,0	58,5
Proceso alternativo I	12,1	88	9310	819,3	500,00	140,0	70,0	91,5
Proceso alternativo II	0,115	2,1	3724	7,8	650,00	1,5	0,98	87,4
Proceso alternativo III	0,485	3,88	8464	32,8	200,00	3,0	0,6	98,1
Proceso alternativo IV	0,147	2,94	3385	9,9	100,00	2,0	0,2	97,9

Fuente: Elaboración propia.

4.4 ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL CUERO

La calidad del cuero depende de diversos factores como las características fisiológicas de la piel, conservación de la piel antes del inicio del curtido, procedimientos dentro del proceso de producción, entre otros. Los dos primeros factores se escapan de las manos de los curtidors; sin embargo, el tercer factor en mención es relevante pues la calidad final del cuero la define el curtidor haciendo un seguimiento continuo a los procedimientos del proceso de producción. Bajo este contexto se obtuvo los siguientes resultados:

4.4.1 Ensayos Físico-Químico

a. Determinación química del contenido en óxido de cromo

La calidad del cuero depende principalmente de la cantidad y homogeneidad del cromo fijado en el colágeno de la piel. Según diversas recomendaciones; como la de la ABNT-NBR 13525:2005, menciona que el cuero a estado *wet blue* debería tener un mínimo del 3,50 % de óxido de cromo sobre el peso seco (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2005). Lange, 1979, citado por Font, 2002; menciona una propuesta para poder controlar la calidad del cuero en estado *wet blue*, el cual indica un contenido de óxido de cromo entre el 2 % y 5 % sobre el peso seco.

En el Cuadro 23, se reporta el contenido de óxido de cromo obtenido del cuero en estado *wet blue* de los procesos desarrollados. Se observa que el contenido de óxido de cromo de los procesos desarrollados supera el mínimo valor sugerido por la bibliografía.

Cuadro 23: Determinación química del contenido en óxido de cromo.

Procesos	Óxido de cromo (%)	Óxido de cromo* promedio (%)	Desviación estándar
Proceso tradicional	3,98	4,06	0,08000
	4,14		
	4,06		
Proceso alternativo I	3,64	3,67	0,03536
	3,69		
Proceso alternativo II	3,59	3,60	0,00707
	3,60		
Proceso alternativo III	3,54	3,52	0,03536
	3,49		
Proceso alternativo IV	3,61	3,60	0,01414
	3,59		

(*): Los análisis fueron desarrollados sobre base seca.

Fuente: Elaboración propia.

b. Determinación de materias solubles en diclorometano

Es el porcentaje de sustancias grasas que se encuentra en el cuero; al estado *wet blue*, la ABNT-NBR 13525:2005 recomienda que este parámetro tenga un máximo del 0,50 % sobre peso seco (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2005). Sin embargo, según la experiencia en trabajo de pieles, este valor va a depender de la solicitud del cliente (Bazán & Vargas, 2012). En el Cuadro 24, se reportan los valores obtenidos para este parámetro. Se identifica que el proceso tradicional y el proceso alternativo III superan el valor requerido por la norma mencionada; no obstante, esto no solo depende de la etapa de curtido, sino también de procesos anteriores a este como es la etapa de Remojo y la etapa del Pelambre. Lo demás procesos desarrollados cumplen con las recomendaciones sobre la calidad para este parámetro.

Cuadro 24: Determinación de materias solubles en diclorometano.

Procesos	Materia soluble en diclorometano (%)	Materia soluble en diclorometano* promedio (%)	Desviación estándar
Proceso tradicional	1,02	0,89	0,16258
	0,95		
	0,71		
Proceso alternativo I	0,22	0,23	0,01414
	0,24		
Proceso alternativo II	0,19	0,19	0,00000
	0,19		
Proceso alternativo III	3,23	3,44	0,28991
	3,64		
Proceso alternativo IV	0,27	0,27	0,00707
	0,26		

(*): Los análisis fueron desarrollados sobre base seca.

Fuente: Elaboración propia.

c. Determinación de sustancia dérmica

Para la ABNT-NBR 13525:2005, el contenido de sustancia dérmica, no debería ser inferior al 60,00 % sobre el peso seco (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2005). En el mismo sentido; Font, 2002, menciona que en la India el contenido de sustancia dérmica debe superar el 64 % sobre el peso seco. Como se puede observar, en el Cuadro 25, el contenido de sustancia dérmica para los procesos desarrollados cumple con las recomendaciones establecidas.

Cuadro 25: Determinación de sustancia dérmica.

Procesos	Sustancia dérmica (%)	Sustancia dérmica* promedio (%)	Desviación estándar
Proceso tradicional	76,78	77,57	2,35650
	75,71		
	80,22		
Proceso alternativo I	73,17	72,95	0,31113
	72,73		
Proceso alternativo II	72,76	71,97	1,12430
	71,17		
Proceso alternativo III	83,12	83,18	0,08485
	83,24		
Proceso alternativo IV	67,37	67,75	0,53033
	68,12		

(*): Los análisis fueron desarrollados sobre base seca.

Fuente: Elaboración propia.

d. Determinación de pH e Índice diferencial

Según bibliografía; NTP ISO 4045-2008 (Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual, 2008) y Font, 2002, el pH del extracto acuoso no debería ser inferior a 3,00; siendo su valor ideal 3,50. Se identifica en el Cuadro 26, que los valores obtenidos en los procesos desarrollados cumplen con el valor mínimo recomendado. Asimismo; la bibliografía mencionada, recomienda determinar el Índice diferencial cuando el pH es menor a 3,50 o mayores a 10,00 y sirve para detectar la presencia de una base o ácido libre fuerte (muy ionizado). Si el índice diferencial está comprendido entre 0,70 y 1,00, la solución contiene un ácido libre o base libre fuerte. Debido a esto, en el Cuadro 27, se reporta el valor de índice diferencial para el proceso tradicional, donde se identifica que no contiene un ácido o base libre fuerte.

Cuadro 26: Determinación de pH.

Procesos	pH (unidad de pH)	pH promedio (unidad de pH)	Desviación estándar
Proceso tradicional	3,37	3,45	0,06658
	3,48		
	3,49		
Proceso alternativo I	4,45	4,46	0,00707
	4,46		
Proceso alternativo II	4,58	4,58	0,00707
	4,57		
Proceso alternativo III	4,11	4,12	0,00707
	4,12		
Proceso alternativo IV	4,52	4,53	0,00707
	4,53		

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 27: Determinación de Índice diferencial.

Procesos	Índice diferencial (unidad de pH)	Índice diferencial promedio (unidad de pH)	Desviación estándar
Proceso tradicional	0,43	0,39	0,03464
	0,37		
	0,37		

Fuente: Elaboración propia.

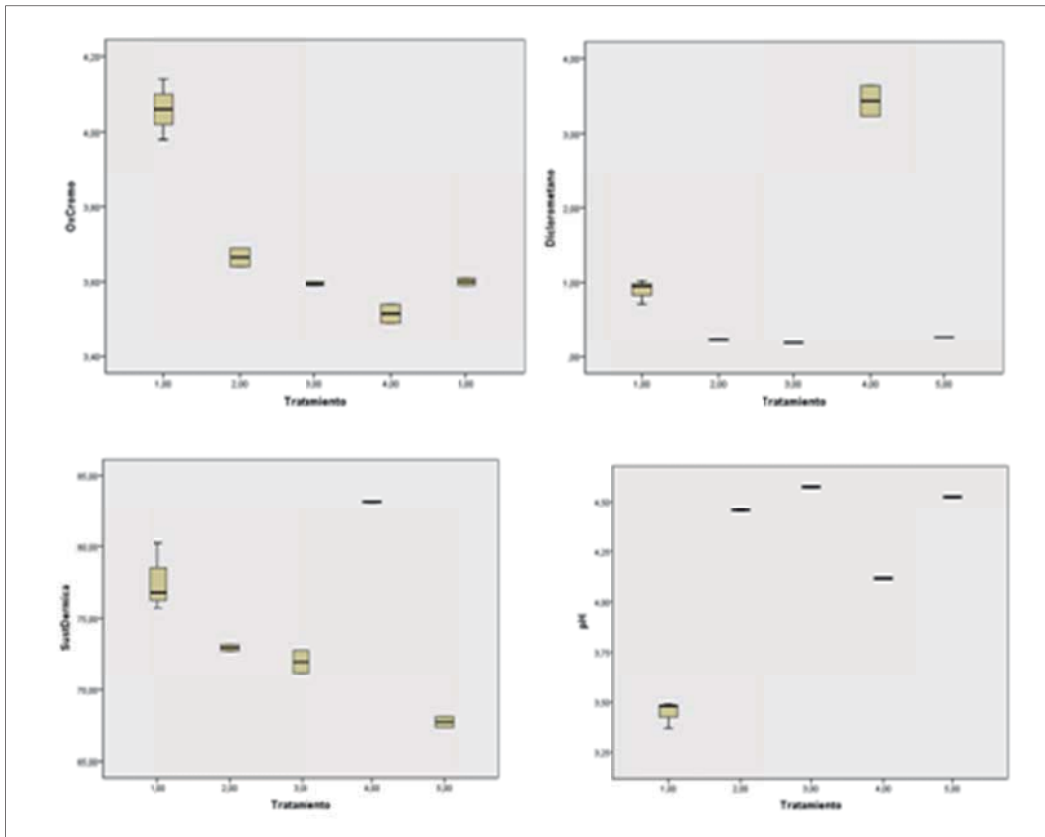


Figura 37: Diagramas del cajas de los parámetros de calidad del cuero al estado *wet blue* para los proceso desarrollados.

En la Figura 37, se representa el diagrama de cajas de los parámetros de calidad del cuero al estado *wet blue* (óxido de cromo, sustancia dérmica, materias solubles en diclorometano y pH), para el proceso tradicional (1,0); proceso alternativo I (2,0); proceso alternativo II (3,0); proceso alternativo III (4,0) y el proceso alternativo IV (5,0). En el cual se observó que el proceso tradicional presento mayores contenidos de óxido de cromo en cuero con respecto a los procesos alternativos, el proceso alternativo III por el contrario presento valores mínimos. Con respecto al contenido de sustancia dérmica, el mayor valor fue obtenido por el proceso alternativo III, siendo el proceso alternativo IV el que presento valores mínimos. El contenido de materias solubles en diclorometano, presento mayores valores para el proceso alternativo III y valores mínimos para el proceso alternativo I, proceso alternativo II y proceso alternativo IV. Finalmente, con respecto al pH; se obtuvo valores mayores para el proceso alternativo I, proceso alternativo II, proceso alternativo IV y valores mínimos para el proceso tradicional.

4.4.2 Ensayos Físico-Mecánico

a. Prueba de ebullición

En las Figuras 38, 39, 40, 41 y 42 se muestran las pruebas de ebullición que se realizaron al proceso tradicional, proceso alternativo I, proceso alternativo II, proceso alternativo III y proceso alternativo IV respectivamente. Esta prueba se desarrolló a temperatura de ebullición del agua (100 °C) por un periodo de 1 minuto.

Existen dos resultados cualitativos para esta prueba. El primero, que el cuero se contraiga o se deforma a la temperatura de ebullición del agua, lo cual indica que el contenido de óxido de cromo en el cuero está por debajo de aproximadamente 3,30 %. Las reacciones que toma el cuero se aprecian de forma visual; el cuero se retuerce sobre sí mismo y queda duro luego de la prueba. El segundo, que el cuera no sufra contracción ni deformación a la temperatura de ebullición del agua, lo que implica que su temperatura de encogimiento es mayor a la temperatura de ebullición del agua. En este caso, el cuero contiene aproximadamente valores superiores a 3,30 % del contenido de óxido de cromo (Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles, 2003).

Para cada proceso, se desarrolló 4 pruebas tomadas aleatoriamente. En las pruebas de ebullición desarrolladas se observó que el área del cuero original no es distinta al contorno dibujado sobre el papel, es decir, no hubo contracción ni deformación en ninguna prueba desarrollada. Esto implica que la temperatura de encogimiento es mayor a la temperatura de ebullición del agua y que el contenido de óxido de cromo en cuero es mayor a 3,30 %.

Es importante mencionar en esta prueba que la temperatura de encogimiento no implica que el cuero resista el calor húmedo durante periodos largos; por ejemplo, la piel en tripa a pH 5,0 se contrae a unos 60 °C al ser tratadas en un botal con agua a 50 °C durante periodos de dos horas. Por tal motivo, las temperaturas de trabajo son 20 °C por debajo de la temperatura de encogimiento. Finalmente se mención que el cuero curtido con taninos vegetales presenta una temperatura de encogimiento entre 70 °C y 80 °C (Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles, 2003).

- **Proceso tradicional**

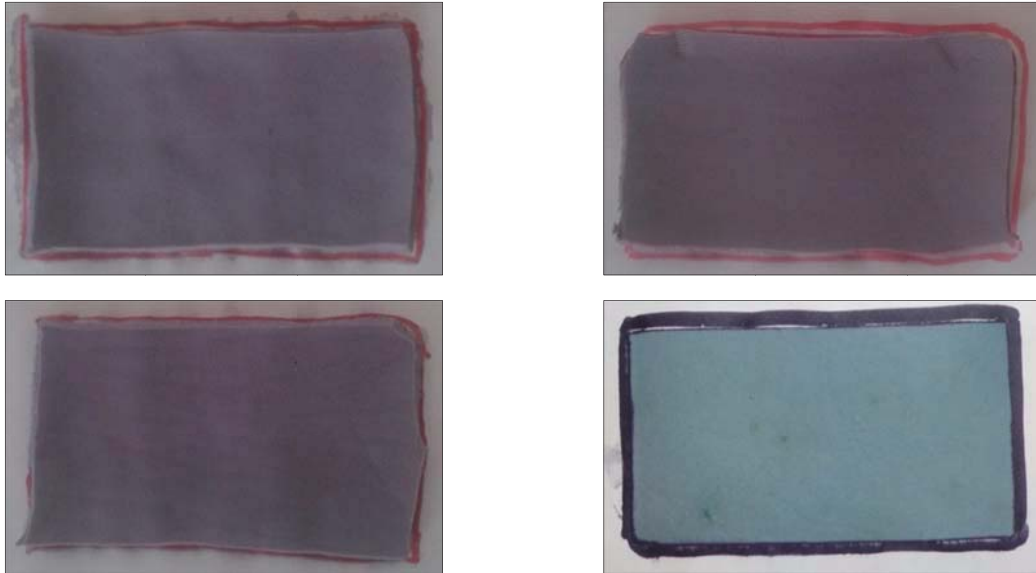


Figura 38: Grupo de figuras correspondientes al proceso tradicional.

Fuente: Elaboración propia.

- **Proceso alternativo I**

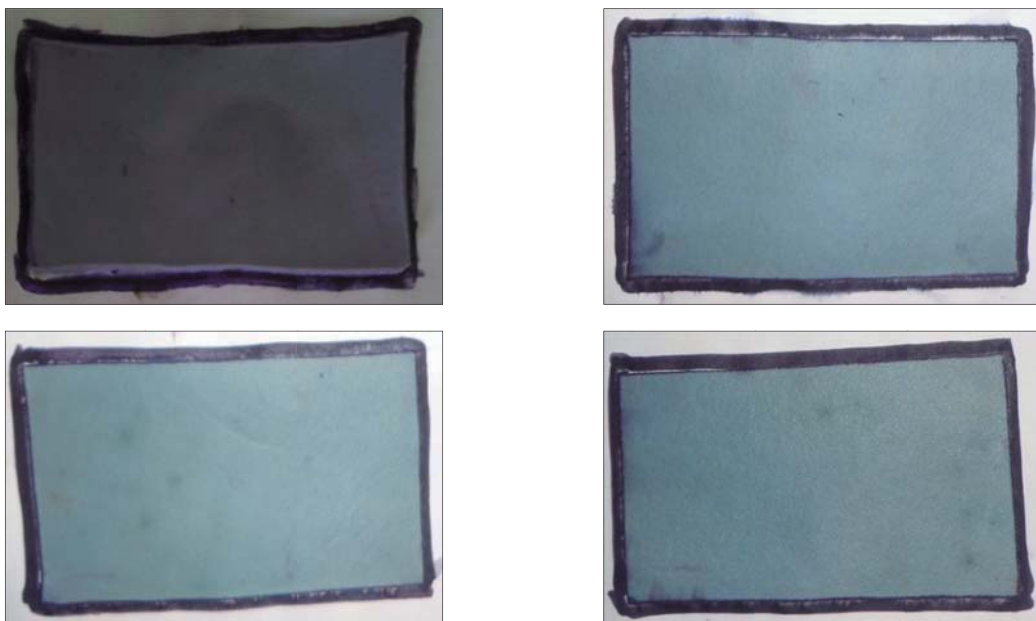


Figura 39: Grupo de figuras correspondientes al proceso alternativo I.

Fuente: Elaboración propia.

- **Proceso alternativo II**

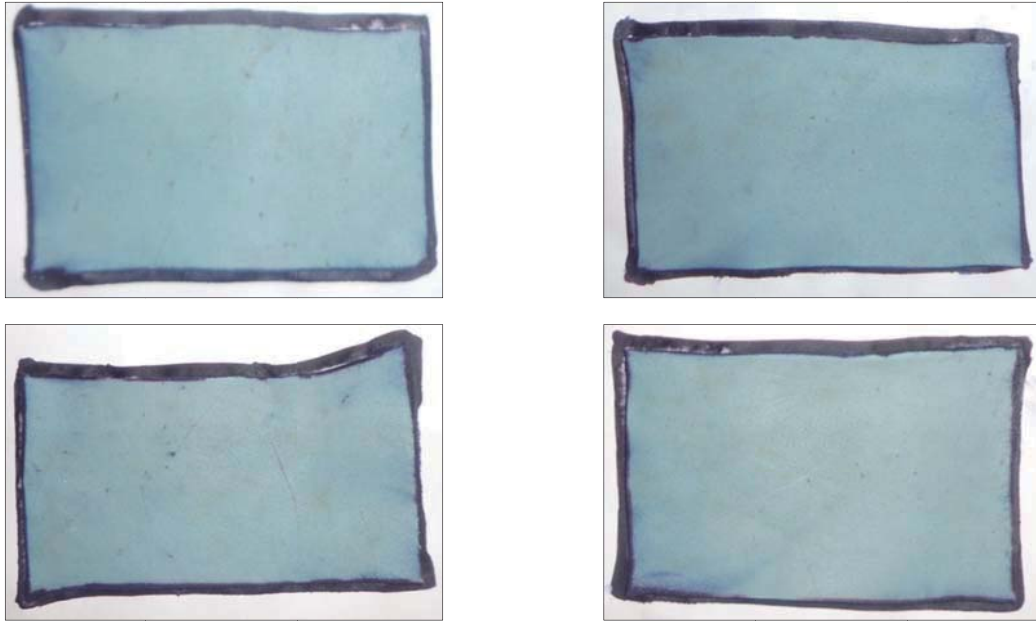


Figura 40: Grupo de figuras correspondientes al proceso alternativo II.

Fuente: Elaboración propia.

- **Proceso alternativo III**

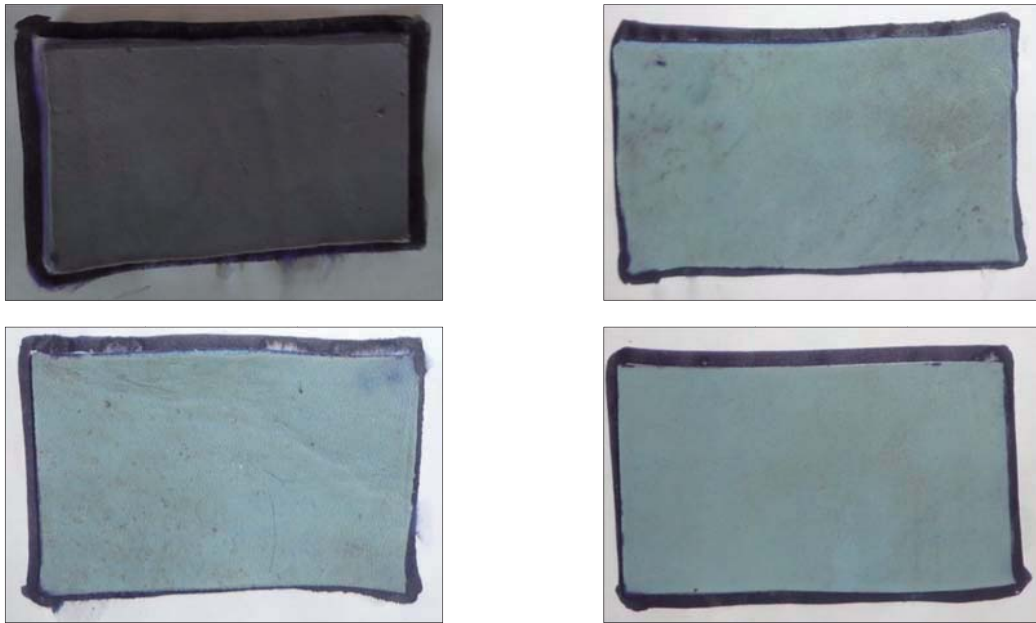


Figura 41: Grupo de figuras correspondientes al proceso alternativo III.

Fuente: Elaboración propia.

- **Proceso alternativo IV**

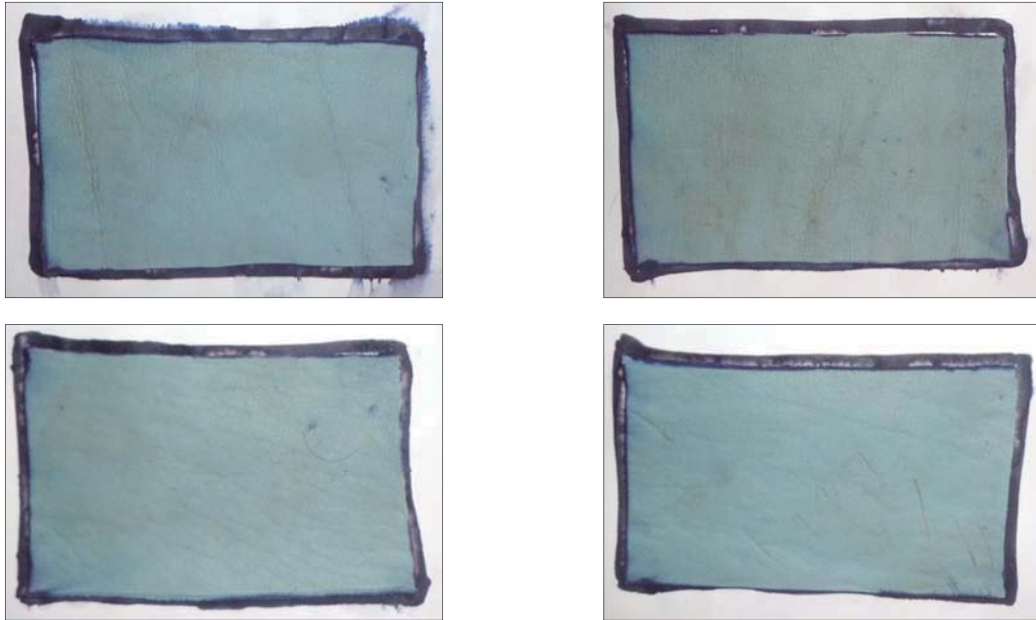


Figura 42: Grupo de figuras correspondientes al proceso alternativo IV.

Fuente: Elaboración propia.

4.5 ANÁLISIS DEL RENDIMIENTO DE LA APLICACIÓN DEL CROMO EN EL PROCESO DE CURTIDO

En el Cuadro 28, se reporta el rendimiento de los procesos con respecto a la aplicación de cromo en los procesos desarrollados (Ver el Anexo 1, para visualizar el cálculo de los mismos). Donde se observó que el proceso tradicional solo tiene un rendimiento del 50,75 %, lo cual indico que el 49,25 % del cromo ofertado como sulfato básico de cromo se pierde en el efluente siendo una reacción ineficiente. En los procesos alternativos, se usó complejantes y basificantes de cromo; debido a esto, el rendimiento aumento ya que el uso de estos logra mejorar la distribución y uniformidad del cromo en la piel, además de mejorar el agotamiento de cromo en el baño.

En el proceso tradicional se ofertó el 8,00 % de Sulfato básico de cromo, obteniendo un rendimiento de aplicación del cromo del 50,75 %. En el proceso alternativo I y proceso alternativo II, se ofertó el 5,50 % mejorando las condiciones del rendimiento por el uso de complejantes (Tanplex SS y Tanplex CR II) y basificantes (Neutran BMR). Sin embargo, se obtuvieron mejores resultados con respecto al rendimiento de la aplicación del cromo ofertando el 5,00 % en el proceso Alternativo III y el proceso alternativo IV.

A mejores rendimientos de la aplicación de cromo en el proceso de curtido se obtuvieron mejores resultados de cromo total en el efluente. El uso de complejantes y basificantes de cromo mejoró el rendimiento con respecto al proceso tradicional y se corroboró con las concentraciones de cromo total obtenidas en los efluentes de los procesos desarrollados (Ver Figura 34).

Cuadro 28: Rendimiento de la aplicación del cromo en el proceso de curtido.

Procesos	Rendimiento (%)
Proceso tradicional	50,75
Proceso alternativo I	66,54
Proceso alternativo II	65,27
Proceso alternativo III	70,40
Proceso alternativo IV	72,00

4.6 ANÁLISIS DEL TRATAMIENTO DE EFLUENTE

4.6.1 Proceso tradicional

En el Cuadro 29, se observan 10 tratamientos con distintas concentraciones de hidróxido de sodio para el tratamiento del proceso tradicional (Ver Figura 43, en la cual se representa el comportamiento del cromo total con las concentraciones de hidróxido de sodio).

El proceso inició con una concentración de cromo total de 2 000,00 mg/L y culminó con 2,50 mg/L (Ver Figura 44); teniendo una eficiencia remoción de cromo total del 99,87 %; el cual se logró con una concentración de 5,50 g/L de hidróxido de sodio. Al superar esta concentración se presentó una redisolución del cromo por la formación de complejos hidroxilados de cromo trivalente; esta redisolución por peptización de cromo hizo que la concentración de cromo total en el efluente aumente (Abass, Alireza, & Reza, 2005).

Cuadro 29: Efluente de la etapa de curtido del proceso tradicional tratado con hidróxido de Sodio - Análisis de cromo total.

Muestra	NaOH (g)	Concentración del Efluente (g NaOH/L)	Cromo total (mg/L)	Cromo total Promedio (mg/L)	Desviación Estándar	VMA ⁽¹⁾
M - 0	0,000	0,00	2000,00	2000,00	0,00000	10
			2000,00			
M - 5	0,750	1,50	1800,00	1800,00	0,00000	
			1800,00			
M - 4	1,500	3,00	500,00	500,00	0,00000	
			500,00			
M - 6	2,000	4,00	30,00	29,50	0,70711	
			29,00			
M - 7	2,250	4,50	27,00	26,50	0,70711	
			26,00			
M - 1	2,500	5,00	23,00	22,50	0,70711	
			22,00			
M - 10	2,750	5,50	3,00	2,50	0,70711	
			2,00			
M - 8	3,000	6,00	26,00	26,00	0,00000	
			26,00			
M - 9	3,500	7,00	13,00	12,50	0,70711	
			12,00			
M - 2	5,000	10,00	32,00	31,50	0,70711	
			31,00			
M - 3	10,000	20,00	250,00	250,00	0,00000	
			250,00			

(1): DS N° 021-2009-VIVIENDA. Aprueban Valores Máximos Admisibles (VMA) de las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario.

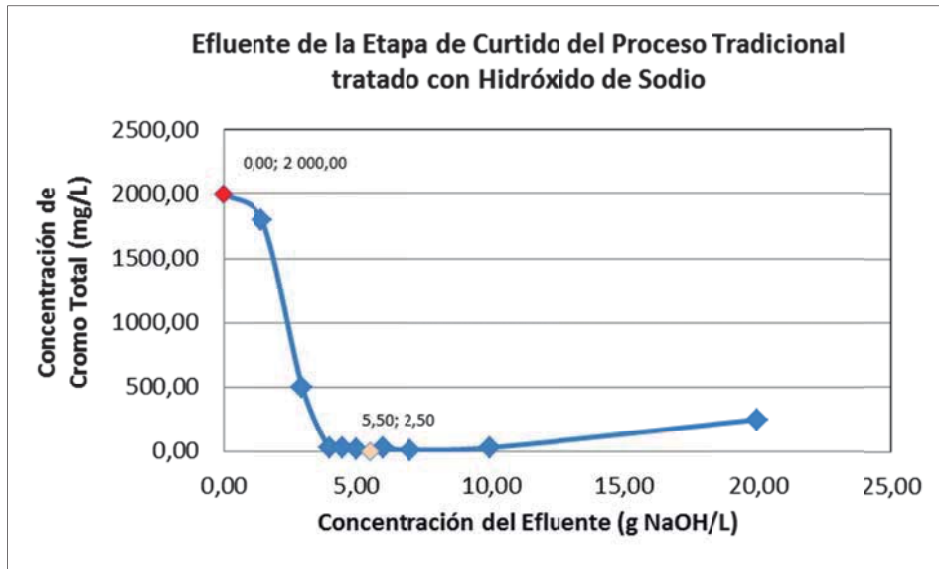


Figura 43: Comportamiento de la concentración del cromo total tratado con hidróxido de sodio para el tratamiento del proceso tradicional.

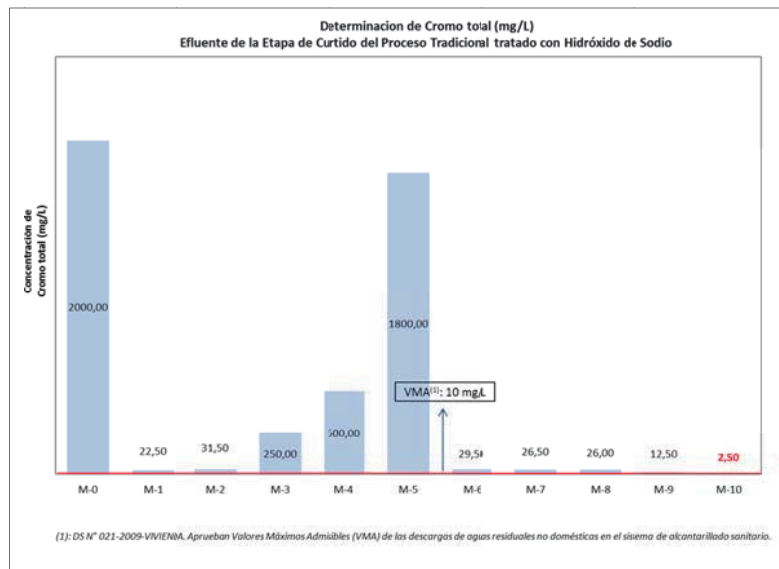


Figura 44: Determinación de la concentración de cromo total tratado con hidróxido de sodio para el tratamiento del proceso tradicional.

Con esta concentración alcanzada (2,5 mg/L), se logra cumplir con el VMA de la normativa nacional vigente con respecto al parámetro cromo total. A consecuencia de la adición de un álcali, como el hidróxido de sodio, el pH sufrió un incremento considerable. El pH inicial fue de 3,10 y para el tratamiento que logro mejores condiciones con respecto a la remoción de cromo total, culminó en 10,71 (Ver Cuadro 30 y Figura 45 para observar el comportamiento del pH). Por lo que se recomienda ajustar el pH con un ácido fuerte ya que la norma aplicable estipula un rango de 6-9 de unidad de pH (Ver Figura 46).

Cuadro 30: Efluente de la etapa de curtido del proceso tradicional tratado con hidróxido de sodio - Análisis de pH.

Muestra	NaOH (g)	Concentración del Efluente (g NaOH/L)	pH (Unidad de pH)	pH Promedio (Unidad de pH)	Desviación Estándar	VMA ⁽¹⁾
M - 0	0,000	0,00	3,10	3,10	0,00000	6 - 9
			3,10			
M - 5	0,750	1,50	4,98	4,95	0,04243	
			4,92			
M - 4	1,500	3,00	5,74	5,72	0,03536	
			5,69			
M - 6	2,000	4,00	8,42	8,46	0,04950	
			8,49			
M - 7	2,250	4,50	9,34	9,32	0,02828	
			9,30			
M - 1	2,500	5,00	9,26	9,23	0,04243	
			9,20			
M - 10	2,750	5,50	10,74	10,71	0,04243	
			10,68			
M - 8	3,000	6,00	11,78	11,81	0,04243	
			11,84			
M - 9	3,500	7,00	12,38	12,35	0,04950	
			12,31			
M - 2	5,000	10,00	12,87	12,91	0,04950	
			12,94			
M - 3	10,000	20,00	13,20	13,23	0,03536	
			13,25			

(1): DS N° 021-2009-VIVIENDA. Aprueban Valores Máximos Admisibles (VMA) de las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario.

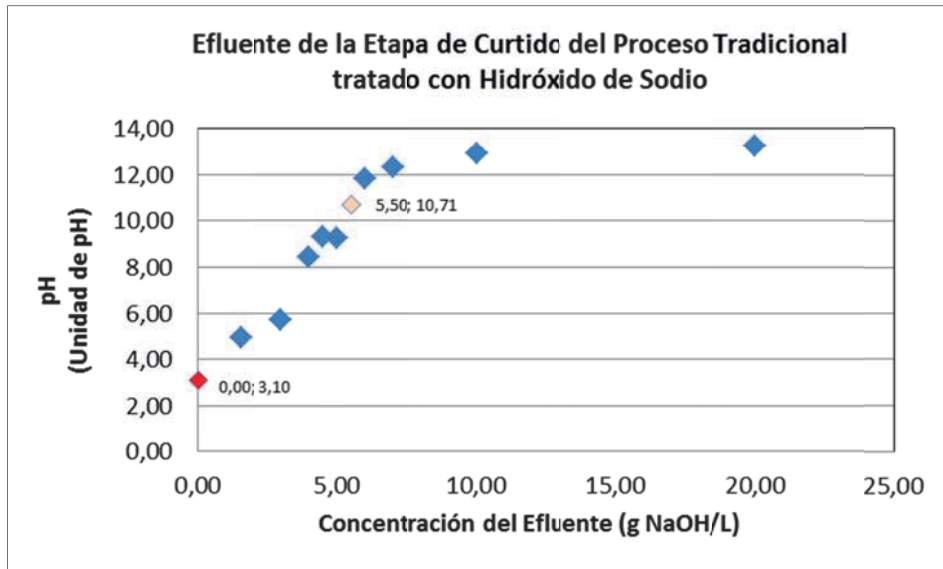


Figura 45: Comportamiento del pH tratado con hidróxido de sodio para el tratamiento del proceso tradicional.

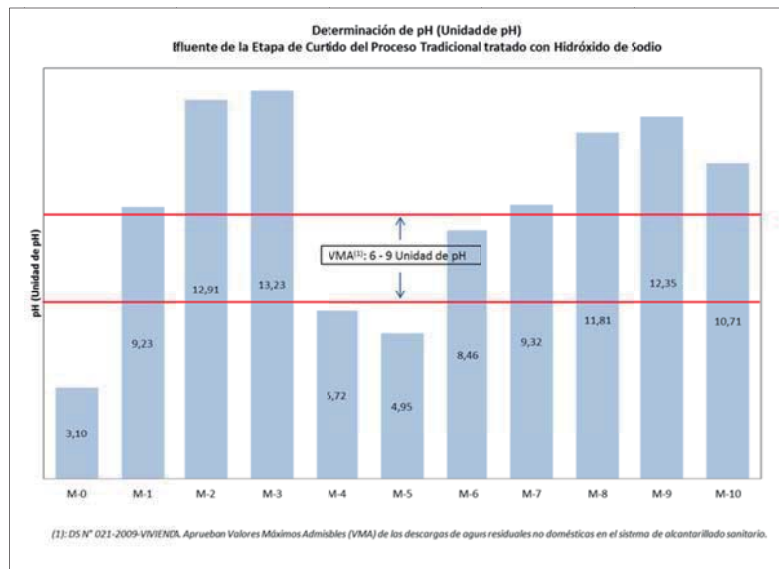


Figura 46: Determinación del pH tratado con hidróxido de sodio para el tratamiento del proceso tradicional.

4.6.2 Proceso alternativo I

En el Cuadro 31, se observan 7 tratamientos con distintas concentraciones de hidróxido de sodio para el tratamiento del Proceso alternativo I (Ver Figura 47, en la cual se representa el comportamiento del cromo total con las concentraciones de hidróxido de sodio).

El Proceso inició con una concentración de cromo total de 500,00 mg/L y culminó con 0,03 mg/L (Ver Figura 48); teniendo una eficiencia remoción de cromo total del 99,99 %; el cual se logró adicionando una concentración de 2,00 g/L de hidróxido de sodio. Además, concentraciones de 3,00 g/L, 4,00 g/L y 8,00 g/L también obtuvieron condiciones favorables con respecto al cromo total del efluente.

Cuadro 31: Efluente de la etapa de curtido del proceso alternativo I tratado con hidróxido de sodio - Análisis de cromo total.

Muestra	NaOH (g)	Concentración del Efluente (g NaOH/L)	Cromo total (mg/L)	Cromo total Promedio (mg/L)	Desviación Estándar	VMA ⁽¹⁾
M - 0	0,000	0,00	500,00	500,00	0,00000	10
			500,00			
M - 5	0,125	0,25	300,00	300,00	0,00000	
			300,00			
M - 6	0,250	0,50	200,00	200,00	0,00000	
			200,00			
M - 3	0,500	1,00	21,50	21,25	0,35355	
			21,00			
M - 2	1,000	2,00	0,03	0,03	0,00707	
			0,02			
M - 7	1,500	3,00	0,01	0,01	0,00000	
			0,01			
M - 1	2,000	4,00	0,02	0,03	0,01414	
			0,04			
M - 4	4,000	8,00	0,21	0,23	0,02121	
			0,24			

(1): DS N° 021-2009-VIVIENDA. Aprueban Valores Máximos Admisibles (VMA) de las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario.

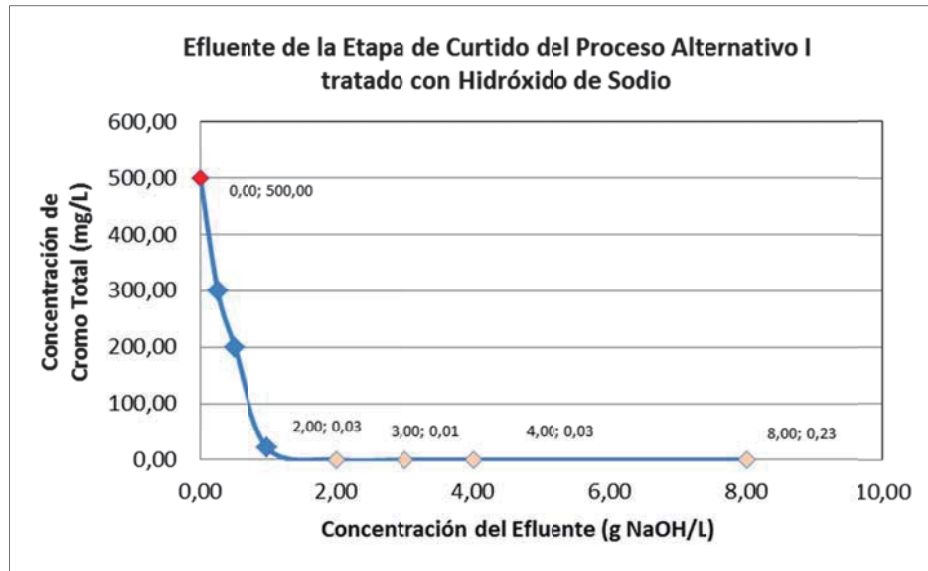


Figura 47: Comportamiento de la concentración de cromo total tratado con hidróxido de sodio para el tratamiento del proceso alternativo I.

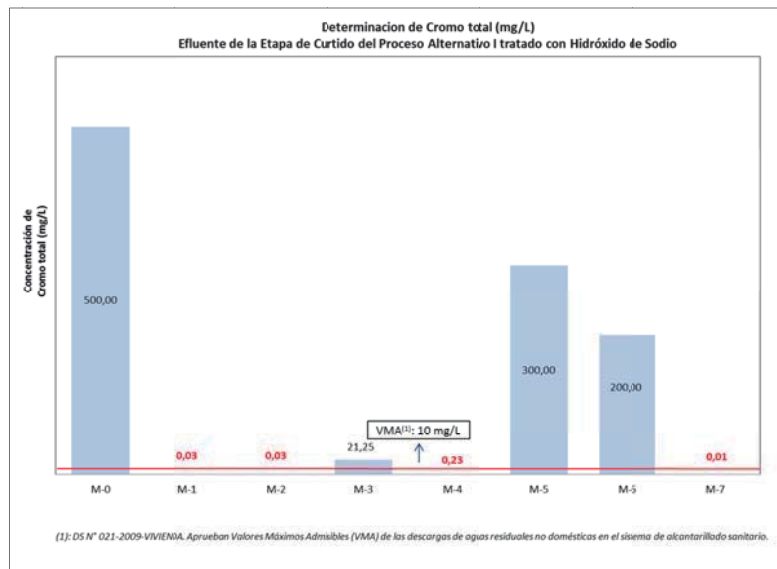


Figura 48: Determinación de la concentración de cromo total tratado con hidróxido de sodio para el tratamiento del proceso alternativo I.

Con las concentraciones mencionadas, se logró cumplir con el VMA de la normativa nacional vigente con respecto al parámetro cromo total. Sin embargo, el pH luego de estos tratamientos osciló entre 9,35 y 12,55 (Ver Cuadro 32 y Figura 49 para observar el comportamiento del pH). Es criterio del responsable de la precipitación química elegir que concentración usar. Para este caso particular, por los resultados obtenidos para ambos parámetros (cromo total y pH), se eligió la concentración de 2,00 g/L de hidróxido de sodio; pues fue el tratamiento que generó mejores condiciones del pH en el efluente. Asimismo, se recomienda ajustar el pH del efluente ya que la norma aplicable estipula un rango de 6-9 de unidad de pH (Ver Figura 50).

Cuadro 32: Efluente de la etapa de curtido del proceso alternativo I tratado con hidróxido de sodio - Análisis de pH.

Muestra	NaOH (g)	Concentración del Efluente (g NaOH/L)	pH (Unidad de pH)	pH Promedio (Unidad de pH)	Desviación Estándar	VMA ⁽¹⁾
M - 0	0,000	0,00	4,43	4,43	0,00000	6 - 9
			4,43			
M - 5	0,125	0,25	4,67	4,71	0,04950	
			4,74			
M - 6	0,250	0,50	5,14	5,11	0,04243	
			5,08			
M - 3	0,500	1,00	6,99	7,03	0,05657	
			7,07			
M - 2	1,000	2,00	9,38	9,35	0,04950	
			9,31			
M - 7	1,500	3,00	11,02	10,99	0,04950	
			10,95			
M - 1	2,000	4,00	12,05	12,08	0,04243	
			12,11			
M - 4	4,000	8,00	12,58	12,55	0,04950	
			12,51			

(1): DS N° 021-2009-VIVIENDA. Aprueban Valores Máximos Admisibles (VMA) de las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario.

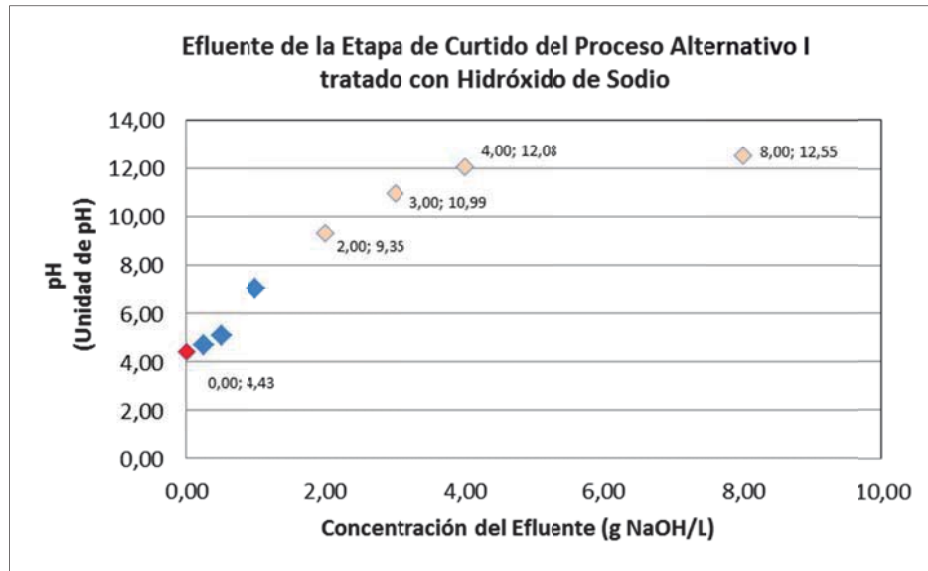


Figura 49: Comportamiento del pH tratado con hidróxido de sodio para el tratamiento del proceso alternativo I.

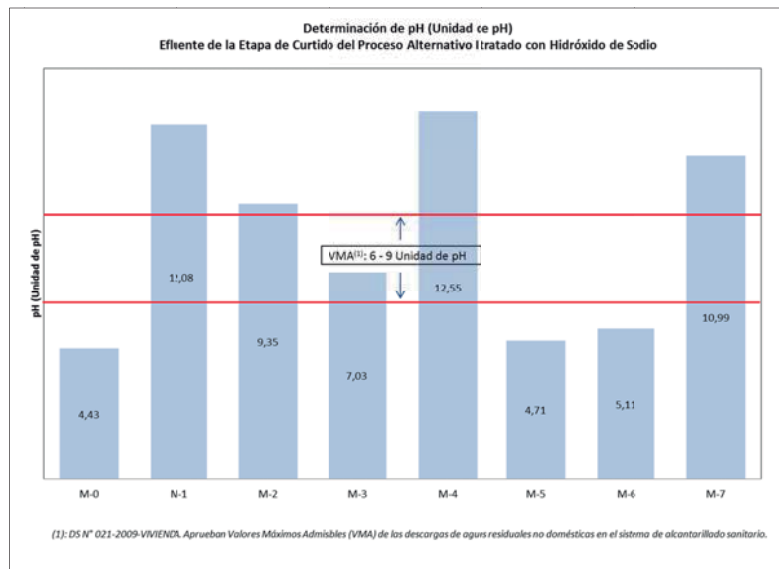


Figura 50: Determinación del pH tratado con hidróxido de sodio para el tratamiento del proceso alternativo I.

4.6.3 Proceso alternativo II

En el Cuadro 33, se observan 6 tratamientos con distintas concentraciones de hidróxido de sodio para el tratamiento del proceso alternativo II (Ver Figura 51, en la cual se representa el comportamiento del cromo total con las concentraciones de hidróxido de sodio).

El proceso inició con una concentración de cromo total de 650,00 mg/L y culminó con 0,11 mg/L (Ver Figura 52); teniendo una eficiencia remoción de cromo total del 99,98 %; el cual se logró adicionando una concentración de 2,50 g/L de hidróxido de sodio. Además, concentraciones de 5,00 g/L, 10,00 g/L, 20,00 g/L, 40,00 g/L y 80,00 g/L también obtuvieron condiciones favorables con respecto al cromo total.

Cuadro 33: Efluente de la etapa de curtido del proceso alternativo II tratado con hidróxido de sodio - Análisis de cromo total.

Muestra	NaOH (g)	Concentración del Efluente (g NaOH/L)	Cromo total (mg/L)	Cromo total Promedio (mg/L)	Desviación Estándar	VMA ⁽¹⁾
M - 0	0,000	0,00	650,00	650,00	0,00000	10
			650,00			
M - 1	0,125	2,50	0,09	0,11	0,02121	
			0,12			
M - 2	0,250	5,00	0,27	0,25	0,02828	
			0,23			
M - 3	0,500	10,00	0,48	0,47	0,02121	
			0,45			
M - 4	1,000	20,00	0,64	0,62	0,02828	
			0,60			
M - 5	2,000	40,00	0,72	0,72	0,00000	
			0,72			
M - 6	4,000	80,00	1,00	0,98	0,02828	
			0,96			

(1): DS N° 021-2009-VIVIENDA. Aprueban Valores Máximos Admisibles (VMA) de las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario.

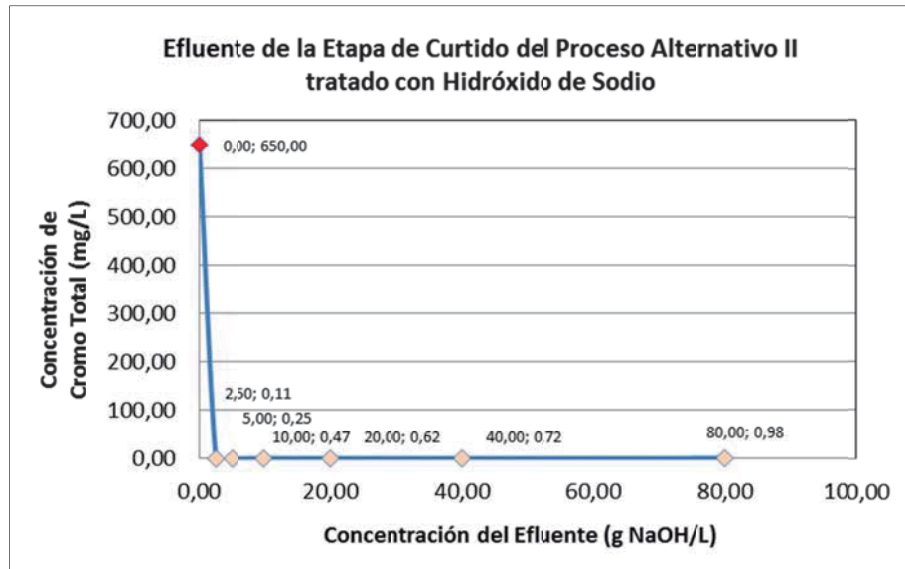


Figura 51: Comportamiento de la concentración del cromo total tratado con hidróxido de sodio para el tratamiento del proceso alternativo II.

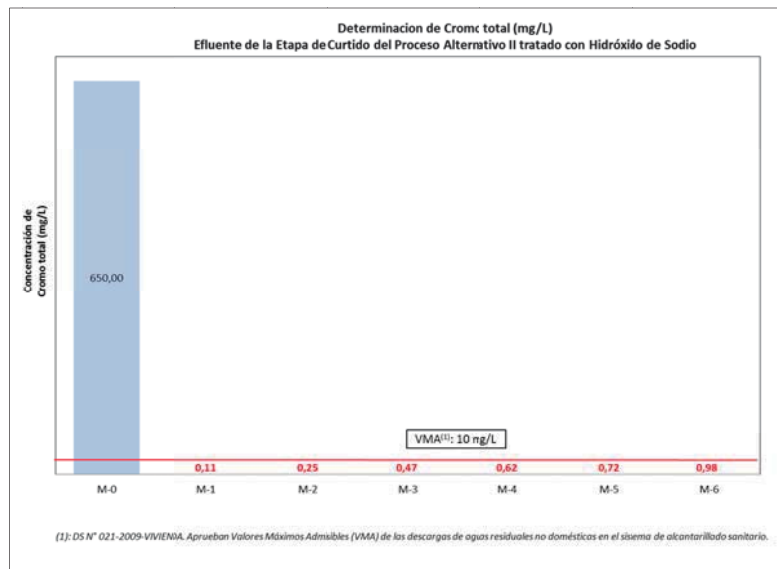


Figura 52: Determinación de la concentración de cromo total tratado con hidróxido de sodio para el tratamiento del proceso alternativo II.

Con las concentraciones mencionadas, se logró cumplir con el VMA de la normativa nacional vigente con respecto al parámetro cromo total. Sin embargo, el pH luego de estos tratamientos osciló entre 9,16 y 13,06 (Ver Cuadro 34 y Figura 53 para observar el comportamiento del pH). Es criterio del responsable de la precipitación química elegir que concentración usar. Para este caso particular, por los resultados obtenidos para ambos parámetros (cromo total y pH), se eligió la concentración de 2,50 g/L de hidróxido de sodio; pues fue el tratamiento que generó mejores condiciones del pH en el efluente. Asimismo, se recomienda ajustar el pH del efluente entre 6-9, ya que estos valores son los que estipula el VMA correspondiente (Ver Figura 54).

Cuadro 34: Efluente de la etapa de curtido del proceso alternativo II tratado con hidróxido de sodio - Análisis de pH.

Muestra	NaOH (g)	Concentración del Efluente (g NaOH/L)	pH (Unidad de pH)	pH Promedio (Unidad de pH)	Desviación Estándar	VMA ⁽¹⁾
M - 0	0,000	0,00	4,39	4,39	0,00000	6 - 9
			4,39			
M - 1	0,125	2,50	9,12	9,16	0,04950	
			9,19			
M - 2	0,250	5,00	12,13	12,16	0,04243	
			12,19			
M - 3	0,500	10,00	12,78	12,74	0,05657	
			12,70			
M - 4	1,000	20,00	12,98	12,95	0,04950	
			12,91			
M - 5	2,000	40,00	13,01	13,06	0,06364	
			13,10			
M - 6	4,000	80,00	12,81	12,78	0,04243	
			12,75			

(1): DS N° 021-2009-VIVIENDA. Aprueban Valores Máximos Admisibles (VMA) de las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario.

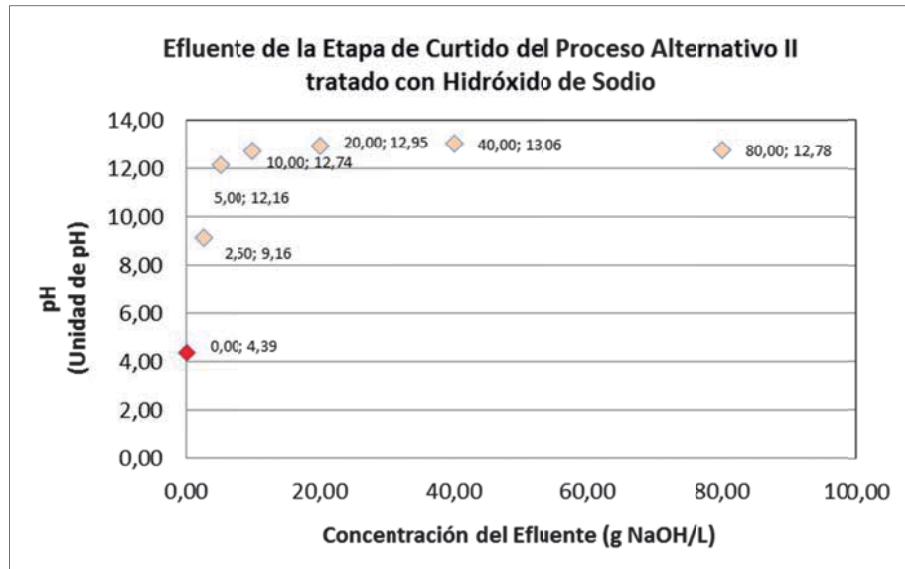


Figura 53: Comportamiento del pH tratado con hidróxido de sodio para el tratamiento del proceso tradicional.

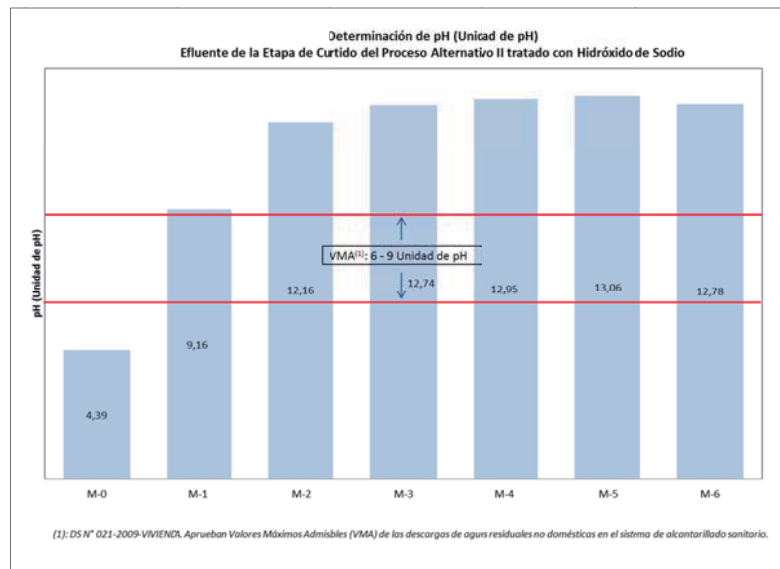


Figura 54: Determinación del pH tratado con hidróxido de sodio para el tratamiento del proceso alternativo II.

4.6.4 Proceso alternativo III

En el Cuadro 35, se observan 6 tratamientos con distintas concentraciones de hidróxido de sodio para el tratamiento del proceso alternativo III (Ver Figura 55, en la cual se representa el comportamiento del cromo total con las concentraciones de hidróxido de sodio).

El proceso inició con una concentración de cromo total de 200,00 mg/L y culminó siendo no detectado por el equipo de medición (Ver Figura 56), teniendo una eficiencia remoción de cromo del 100,00 %; el cual se logró con dos concentraciones, 0,60 g/L y 1,20 g/L de hidróxido de sodio. Además, concentraciones de 2,50 g/L, 5,00 g/L, 10,00 g/L y 20,00 g/L también obtuvieron condiciones favorables con respecto al cromo total.

Cuadro 35: Efluente e la etapa de curtido del proceso alternativo III tratado con hidróxido de sodio - Análisis de cromo total.

Muestra	NaOH (g)	Concentración del Efluente (g NaOH/L)	Cromo total (mg/L)	Cromo total Promedio (mg/L)	Desviación Estándar	VMA ⁽¹⁾
M - 0	0,000	0,00	200,00	200,00	0,00000	10
			200,00			
M - 1	0,030	0,60	0,00	N.D.	0,00000	
			0,00			
M - 2	0,060	1,20	0,00	N.D.	0,00000	
			0,00			
M - 3	0,125	2,50	0,05	0,06	0,01414	
			0,07			
M - 4	0,250	5,00	0,00	N.D.	0,00000	
			0,00			
M - 5	0,500	10,00	0,00	N.D.	0,00000	
			0,00			
M - 6	1,000	20,00	0,00	N.D.	0,00000	
			0,00			

(1): DS N° 021-2009-VIVIENDA. Aprueban Valores Máximos Admisibles (VMA) de las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario.

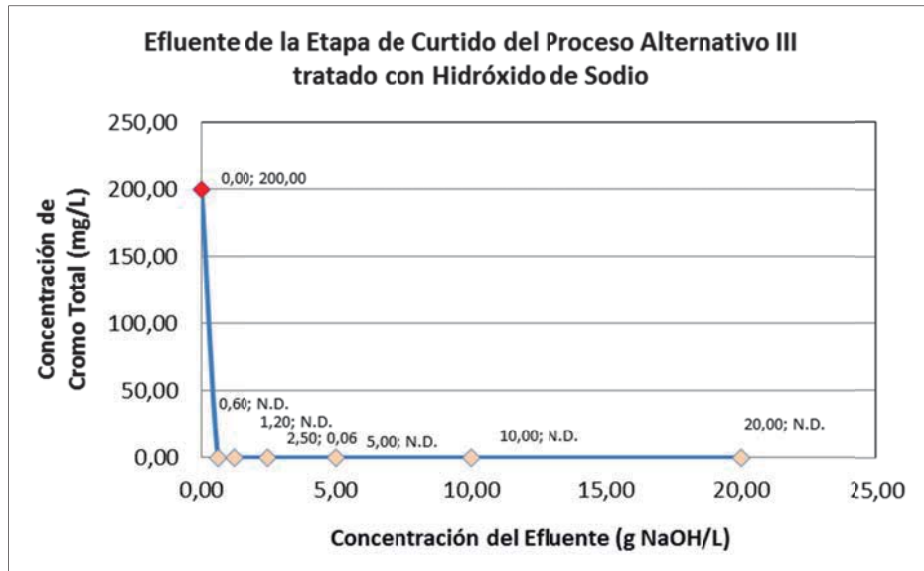


Figura 55: Comportamiento de la concentración del cromo total tratado con hidróxido de sodio para el tratamiento del proceso alternativo III.

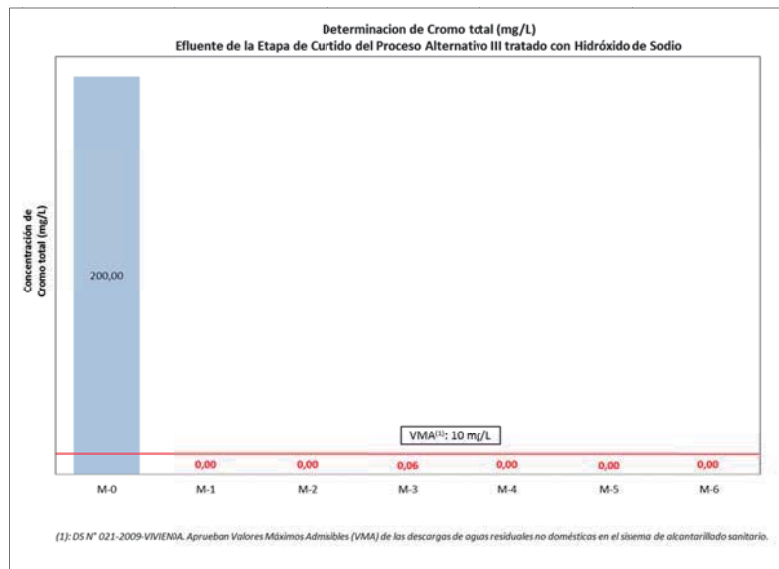


Figura 56: Determinación de la concentración de cromo total tratado con hidróxido de sodio para el tratamiento del proceso alternativo III.

Con las concentraciones mencionadas, se logró cumplir con el VMA de la normativa nacional vigente con respecto al parámetro cromo total. Sin embargo, el pH luego de estos tratamientos osciló entre 7,36 y 12,63 (Ver Cuadro 36 y Figura 57 para observar el comportamiento del pH). Es criterio del responsable de la precipitación química elegir que dosis usar. Para este caso particular, por los resultados obtenidos para ambos parámetros (cromo total y pH), se pudo elegir entre dos concentraciones; 0,60 g/L 1,20 g/L de hidróxido de sodio. Particularmente, en este tratamiento no es necesario ajustar el pH para cumplir el VMA correspondiente (Ver Figura 58).

Cuadro 36: Efluente de la etapa de curtido del proceso alternativo III tratado con hidróxido de sodio - Análisis de pH.

Muestra	NaOH (g)	Concentración del Efluente (g NaOH/L)	pH (Unidad de pH)	pH Promedio (Unidad de pH)	Desviación Estándar	VMA ⁽¹⁾
M - 0	0,000	0,00	4,39	4,35	0,06364	6 - 9
			4,30			
M - 1	0,030	0,60	7,40	7,36	0,06364	
			7,31			
M - 2	0,060	1,20	8,51	8,48	0,04243	
			8,45			
M - 3	0,125	2,50	9,10	9,14	0,04950	
			9,17			
M - 4	0,250	5,00	11,60	11,65	0,06364	
			11,69			
M - 5	0,500	10,00	12,45	12,49	0,04950	
			12,52			
M - 6	1,000	20,00	12,60	12,63	0,03536	
			12,65			

(1): DS N° 021-2009-VIVIENDA. Aprueban Valores Máximos Admisibles (VMA) de las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario.

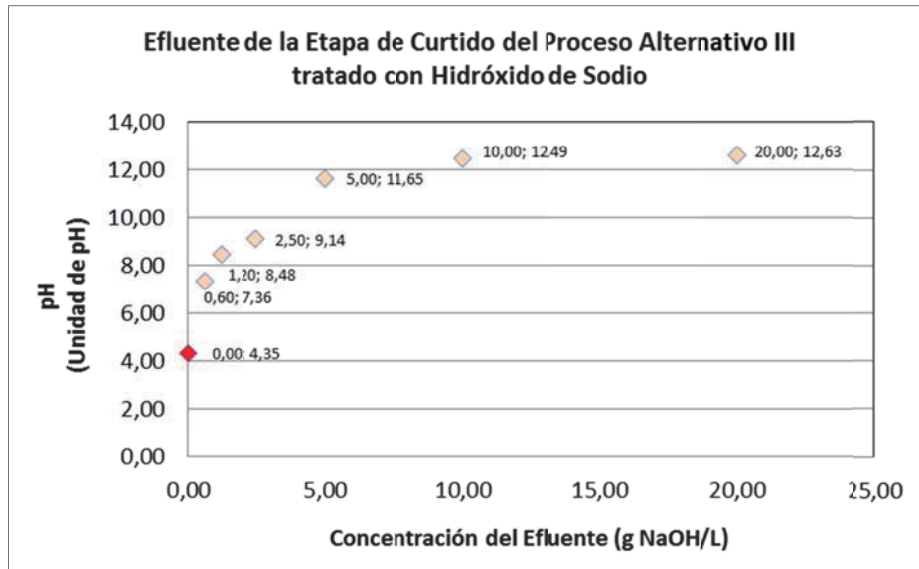


Figura 57: Comportamiento del pH tratado con hidróxido de sodio para el tratamiento del proceso alternativo III.

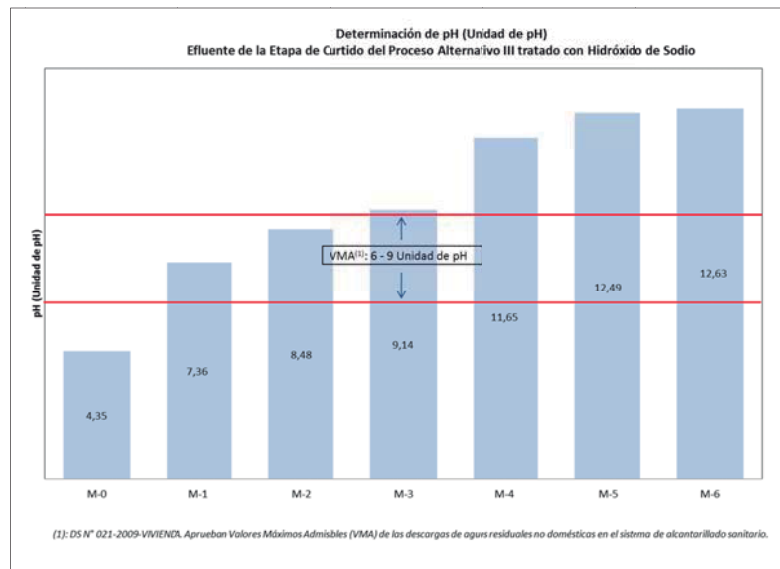


Figura 58: Determinación del pH tratado con hidróxido de sodio para el tratamiento del proceso alternativo III.

4.6.5 Proceso alternativo IV

En el Cuadro 37, se observan 6 tratamientos con distintas concentraciones de hidróxido de sodio para el tratamiento del proceso alternativo IV (Ver Figura 59, en la cual se representa el comportamiento del cromo total con las concentraciones de hidróxido de sodio).

El proceso inició con una concentración de cromo total de 100,00 mg/L y culminó con 0,04 mg/L (Ver Figura 60), teniendo una eficiencia remoción de cromo total del 99,96 %; el cual se logró con la concentración de 0,20 g/L de hidróxido de sodio. Además, concentraciones de 0,50 g/L, 1,10 g/L, 2,30 g/L, 4,60 g/L y 9,20 g/L también obtuvieron condiciones favorables con respecto al cromo total.

Cuadro 37: Efluente de la etapa de curtido del proceso alternativo IV tratado con hidróxido de sodio - Análisis de cromo total.

Muestra	NaOH (g)	Concentración del Efluente (g NaOH/L)	Cromo total (mg/L)	Cromo total Promedio (mg/L)	Desviación Estándar	VMA ⁽¹⁾
M - 0	0,000	0,00	100,00	100,00	0,00000	10
			100,00			
M - 1	0,010	0,20	0,05	0,04	0,01414	
			0,03			
M - 2	0,025	0,50	0,00	N.D.	0,00000	
			0,00			
M - 3	0,055	1,10	0,00	N.D.	0,00000	
			0,00			
M - 4	0,115	2,30	0,00	N.D.	0,00000	
			0,00			
M - 5	0,230	4,60	0,00	N.D.	0,00000	
			0,00			
M - 6	0,460	9,20	0,00	N.D.	0,00000	
			0,00			

(1): DS N° 021-2009-VIVIENDA. Aprueban Valores Máximos Admisibles (VMA) de las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario.

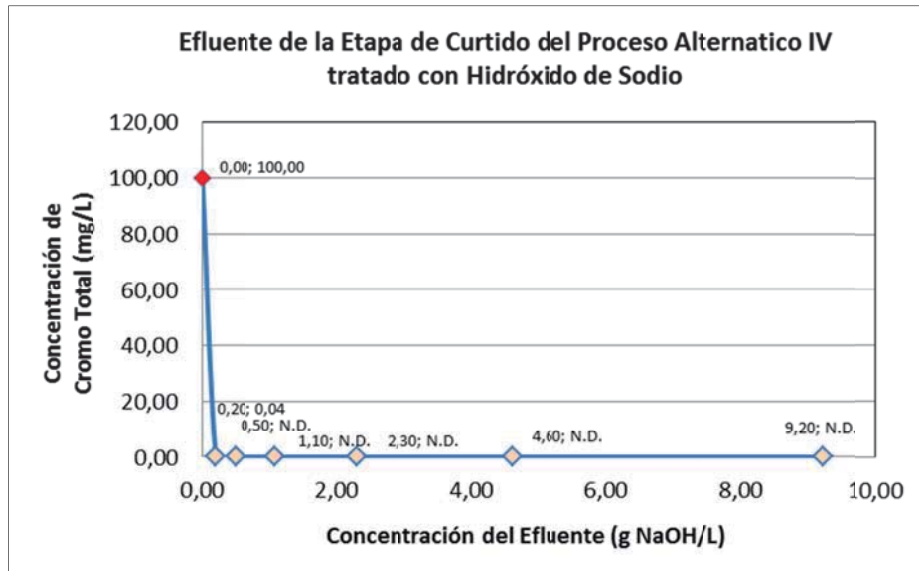


Figura 59: Comportamiento de la concentración del cromo total tratado con hidróxido de sodio para el tratamiento del proceso alternativo IV.

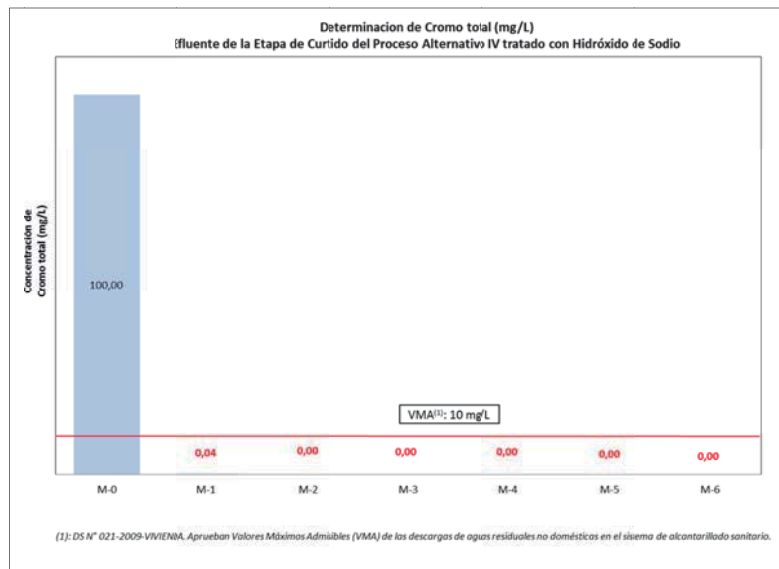


Figura 60: Determinación de la concentración de cromo total tratado con hidróxido de sodio para el tratamiento del proceso alternativo IV.

Con las concentraciones mencionadas, se logró cumplir con el VMA de la normativa nacional vigente con respecto al parámetro cromo total. Sin embargo, el pH luego de estos tratamientos oscilo entre 6,76 y 12,86 (Ver Cuadro 38 y Figura 61 para observar el comportamiento del pH). Es criterio del responsable de la precipitación química elegir que concentración usar. Para este caso particular, por los resultados obtenidos para ambos parámetros (cromo total y pH), se eligió la concentración de 0,20 g/L de hidróxido de sodio. Particularmente, en este tratamiento no es necesario ajustar el pH para cumplir con el VMA respectivo (Ver Figura 62).

Cuadro 38: Efluente de la etapa de curtido del proceso alternativo IV tratado con hidróxido de sodio - Análisis de pH.

Muestra	NaOH (g)	Concentración del Efluente (g NaOH/L)	pH (Unidad de pH)	pH Promedio (Unidad de pH)	Desviación Estándar	VMA ⁽¹⁾
M - 0	0,000	0,00	4,69	4,69	0,00000	6 - 9
			4,69			
M - 1	0,010	0,20	6,79	6,76	0,04243	
			6,73			
M - 2	0,025	0,50	9,30	9,27	0,04950	
			9,23			
M - 3	0,055	1,10	9,97	9,94	0,04243	
			9,91			
M - 4	0,115	2,30	12,13	12,17	0,05657	
			12,21			
M - 5	0,230	4,60	12,63	12,59	0,05657	
			12,55			
M - 6	0,460	9,20	12,83	12,86	0,03536	
			12,88			

(1): DS N° 021-2009-VIVIENDA. Aprueban Valores Máximos Admisibles (VMA) de las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario.

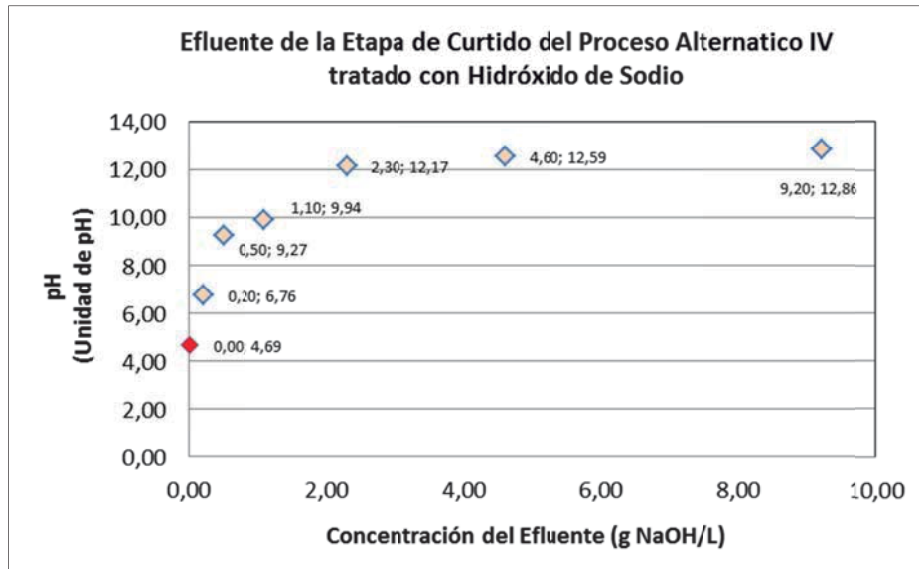


Figura 61: Comportamiento del pH tratado con hidróxido de sodio para el tratamiento del proceso alternativo IV.

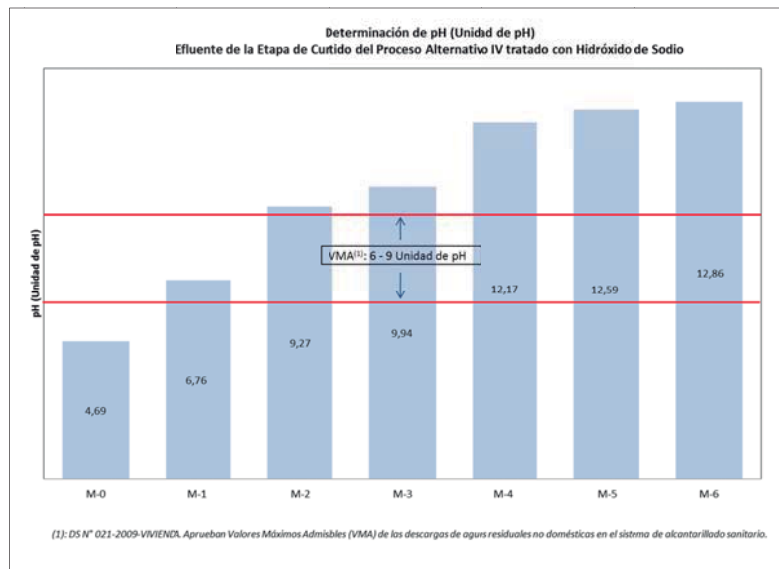


Figura 62: Determinación del pH tratado con hidróxido de sodio para el tratamiento del proceso alternativo IV.

4.6.6 Caracterización del precipitado

El precipitado formado por la reacción del cromo presente en el efluente con el agente precipitante posee cantidades de cromo en forma de hidróxido de cromo y proteínas. A continuación en el Cuadro 39 se presenta el contenido de cromo y el contenido proteico en el precipitado de los procesos desarrollados.

Cuadro 39: Caracterización del precipitado.

Proceso	Contenido de cromo (gramos/L)*	Contenido de proteína (gramos/L)*
Proceso tradicional	0,19989	29,43
Proceso alternativo I	0,05000	32,42
Proceso alternativo II	0,06500	32,36
Proceso alternativo III	0,02000	15,87
Proceso alternativo IV	0,01000	33,78

(*): Gramos/litro: gramos de cromo o proteína por litro de efluente tratado.

Fuente: Elaboración propia.

Además, en el Cuadro 40, se muestra la cuantificación en masa de los precipitados formados en los procesos desarrollados. El proceso tradicional es el proceso que genera mayor cantidad de lodo; mientras que en el proceso alternativo IV es el proceso que genera menor cantidad de lodo. Se deduce que la cantidad de precipitado formado tiene una relación directamente proporcional con el contenido de cromo total en el efluente.

Cuadro 40: Formación del precipitado.

Proceso	Precipitado (gramos/L)*
Proceso tradicional	17,5446
Proceso alternativo I	3,3234
Proceso alternativo II	4,4240
Proceso alternativo III	0,7484
Proceso alternativo IV	0,5140

(*): Gramos de precipitado por litro de efluente tratado.

Fuente: Elaboración propia.

4.6.7 Comportamiento de la concentración de cromo total en el efluente

La concentración aplicada del agente precipitante, hidróxido de sodio, depende de la concentración inicial de cromo en el efluente. Para cada proceso se evaluó distintas concentraciones de agentes precipitantes, obteniendo la concentración óptima para cumplir con los Valores Máximos Admisibles estipulados en el DS N° 021-2009-VIVIENDA.

El proceso tradicional es el que requiere mayor concentración de agente precipitante (5,5 g/L) ya que su concentración de cromo total es de 2 000 mg/L; el proceso alternativo I, requiere 2,0 g/L de agente precipitante ya que su concentración de cromo total es de 500 mg/L; el proceso alternativo II, requiere 2,5 g/L de agente precipitante ya que su contenido de cromo es de 650 mg/L; el proceso alternativo III, requiere 0,6 g/L de agente precipitante ya que su contenido de cromo es de 200 mg/L y finalmente el proceso alternativo IV es el que requiere menor concentración de agente precipitante (0,2 g/L) ya que su contenido de cromo total es de 100 mg/L.

La precipitación del cromo como hidróxido de cromo, $\text{Cr}(\text{OH})_3$, presenta una máxima remoción para concentraciones entre 0,2 g/L y 5,5 g/L de hidróxido de sodio.

Como se observa en la Figura 64, a concentraciones de agente precipitante superiores a 5,5 g/L existió una redisolución del cromo por la formación de complejos hidroxilados de cromo trivalente. Este proceso indeseable donde el precipitado vuelve a su estado inicial, se le denomina peptización. La redisolución por peptización del cromo puede volver a incrementar la concentración de cromo total en el efluente filtrado superando los Valores Máximos Admisibles como en el caso del proceso tradicional (Abass, Alireza, & Reza, 2005).

Es importante mencionar, que mediante la aplicación del método de precipitación química utilizando hidróxido de sodio (NaOH) todos los tratamientos desarrollados alcanzaron concentraciones de cromo total por debajo de los Valores Máximos Admisibles establecidos en el DS N° 021-2009-VIVIENDA.

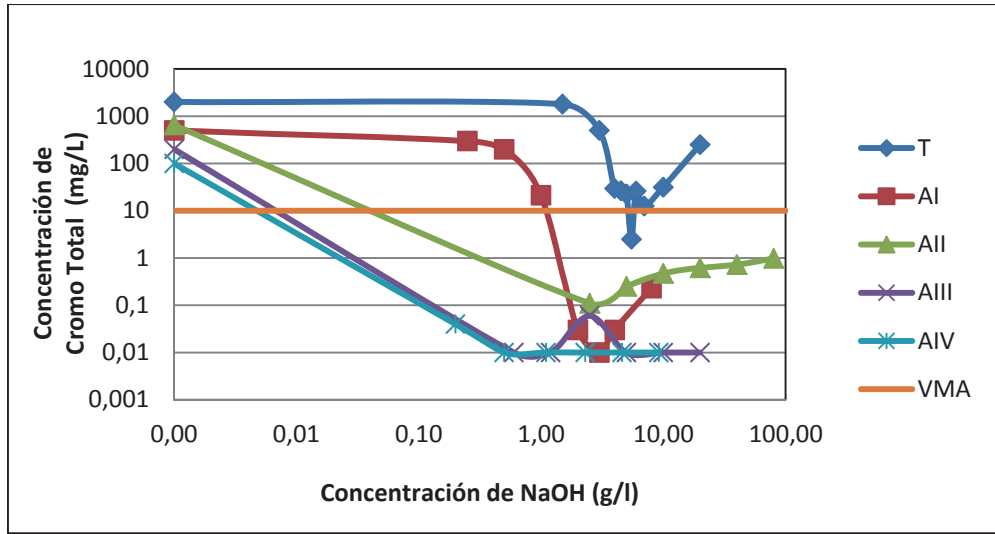


Figura 63: Comportamiento de la concentración del cromo total de los efluentes tratados con hidróxido de sodio de los procesos desarrollados.

4.6.8 Comportamiento del pH en el efluente

En la Figura 65 se observa la relación del pH en el efluente tratando con hidróxido de sodio y el cromo total en la solución de los procesos desarrollados. La precipitación química del cromo total del efluente se lleva a cabo a valores de pH entre 7,36 y 9,99; similar por lo propuesto por Abass, Alireza, & Reza, 2005; pasado estos valores de pH, se produce la redisolución por formación de complejos de cromo.

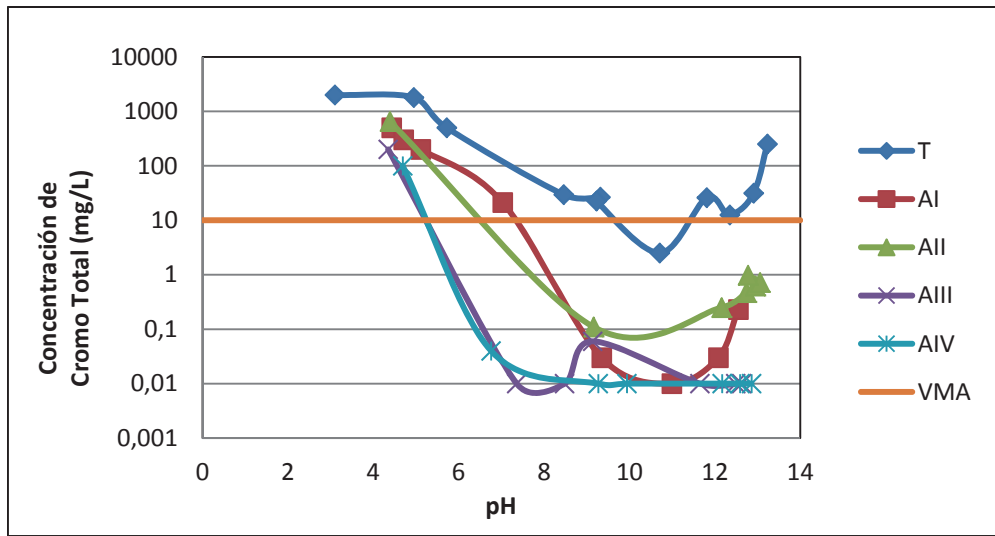


Figura 64: Comportamiento del pH de los efluentes tratado con hidróxido de sodio de los procesos desarrollados.

4.6.9 Análisis de la eficiencia del tratamiento de efluentes

Mediante el uso de la precipitación química, usando como agente precipitante el hidróxido de sodio, se logró remover entre el 99,00 % y 100,00 % del cromo total en el efluente. En el Cuadro 41, se muestran los resultados de las eficiencias de los procesos desarrollados y en la Figura 65, se representa las concentraciones iniciales y finales de dichos procesos.

Cuadro 41: Análisis de la eficiencia del tratamiento de efluente.

Proceso	Muestra		Cromo total (mg/L)	Eficiencia (%)
Proceso Tradicional	Inicial	M - 0	2 000,00	99,87
	Final	M - 10	2,50	
Proceso Alternativo I	Inicial	M - 0	500,00	99,99
	Final	M - 2	0,03	
Proceso Alternativo II	Inicial	M - 0	650,00	99,98
	Final	M - 1	0,11	
Proceso Alternativo III	Inicial	M - 0	200,00	100,00
	Final	M - 1	N.D.	
Proceso Alternativo IV	Inicial	M - 0	100,00	99,96
	Final	M - 1	0,04	

Fuente: Elaboración propia.

N.D.: No Detectado.

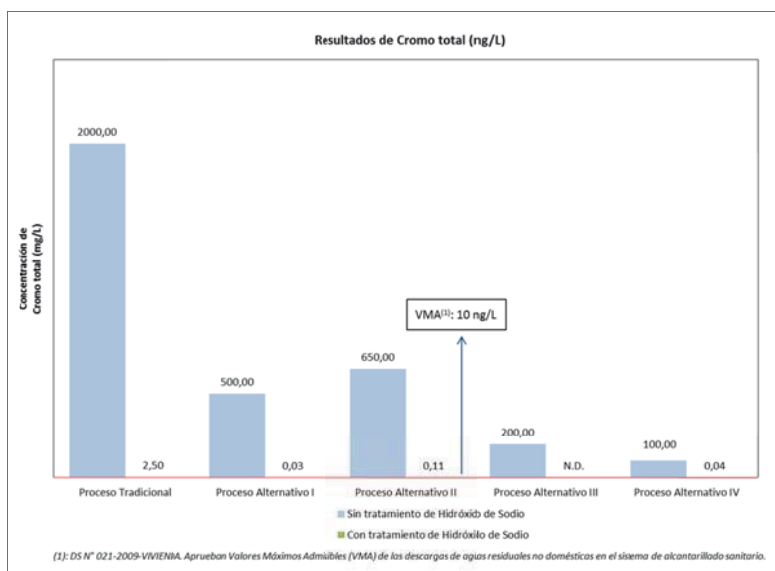


Figura 65: Análisis de la eficiencia del tratamiento de efluentes.

Con respecto al valor de pH, este sufre un incremento considerable por la adición de un álcali, en algunos casos excediendo lo estipulado en los VMA (Ver Cuadro 42 y Figura 66). Para estos casos particulares, se recomienda ajustar el pH mediante el uso de algún ácido (ácido clorhídrico, HCl; ácido nítrico, HNO₃ o ácido sulfúrico, H₂SO₄) con el fin de cumplir el VMA correspondiente para este parámetro.

Cuadro 42: Análisis del comportamiento del pH

Proceso	Muestra		pH (Unidad de pH)
	Inicial	Muestra	
Proceso Tradicional	Inicial	M - 0	3,10
	Final	M - 10	10,71
Proceso Alternativo I	Inicial	M - 0	4,43
	Final	M - 2	9,35
Proceso Alternativo II	Inicial	M - 0	4,39
	Final	M - 1	9,16
Proceso Alternativo III	Inicial	M - 0	4,35
	Final	M - 1	7,36
Proceso Alternativo IV	Inicial	M - 0	4,69
	Final	M - 1	6,76

Fuente: Elaboración propia.

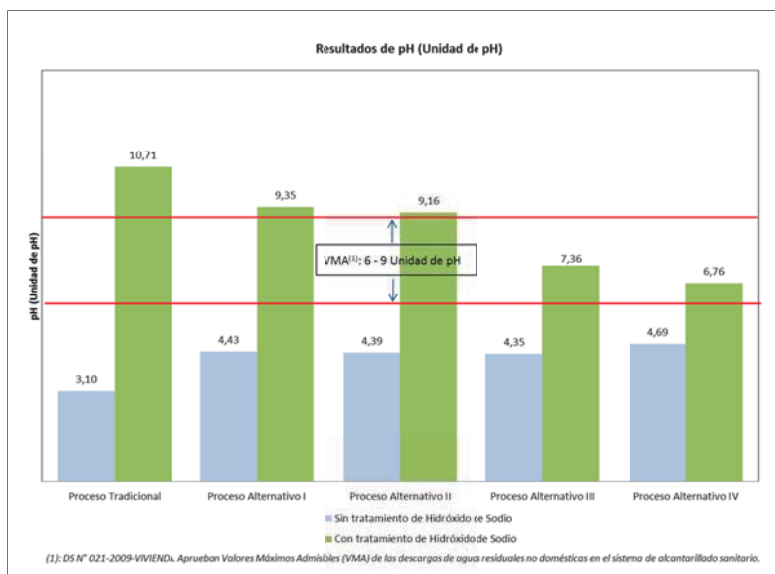


Figura 66: Análisis del comportamiento del pH por la adición de hidróxido de sodio.

4.7 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

4.7.1 Uso complejantes y basificantes de cromo

a. Determinación química del contenido en óxido de cromo

Según el análisis de *ANOVA (Analysis of Variance)*, al menos 1 tratamiento fue significativo, esto quiere decir que al menos 1 tratamiento influyó sobre el contenido de óxido de cromo.

Al evaluar el test de Tukey se determinó estadísticamente, que el proceso tradicional fue significativo con respecto a los demás procesos desarrollados ($p < 0,05$). Asimismo, se identificó que los procesos alternativo I, proceso alternativo II, proceso alternativo III y proceso alternativo IV no fueron significativos ($p > 0,05$) entre sí. Esto se debe a que la mayor oferta de Cromo en el baño influye en el contenido de cromo del cuero.

b. Determinación de materias solubles en diclorometano

El análisis de *ANOVA (Analysis of Variance)* muestra que, al menos 1 tratamiento fue significativo, esto quiere decir que al menos 1 tratamiento influyó sobre las materias solubles en diclorometano.

Según la *Prueba de Tukey*, mostro que el análisis de materias solubles en diclorometano para el proceso tradicional y el proceso alternativo III presentaron significancia ante los otros procesos desarrollados ($p < 0,05$). Asimismo, se identificó que el proceso alternativo I, proceso alternativo II y proceso alternativo IV no presentaron significancia entre sí. Esto se debe a características propias de la piel durante el proceso; como por ejemplo el proceso de remejo y el proceso de pelambre tienen influencia sobre este parámetro.

c. Determinación de sustancia dérmica

Según el análisis de *ANOVA (Analysis of Variance)*, al menos 1 tratamiento fue significativo, esto quiere decir que al menos 1 tratamiento influyó sobre la sustancia dérmica.

Al evaluar el test de Tukey se determinó, estadísticamente, que el proceso alternativo III fue significativo con respecto a los demás procesos desarrollados ($p < 0,05$). Asimismo, se identificó que los procesos tradicional, proceso alternativo I, proceso alternativo II y proceso alternativo IV no fueron significativos ($p > 0,05$) entre sí. Esto no se debe al proceso de curtido, por el contrario depende de los tratamientos preliminares a la piel, tales como el remojo y pelambre.

d. Determinación de pH

Según el análisis de *ANOVA (Analysis of Variance)*, al menos 1 tratamiento fue significativo, esto quiere decir que al menos 1 tratamiento influyó sobre la determinación del pH.

Al evaluar el test de Tukey se determinó, estadísticamente, que el proceso tradicional y el proceso alternativo III fueron significativos con respecto a los demás procesos desarrollados ($p < 0,05$); el proceso alternativo I es significativo con el proceso alternativo III, el proceso alternativo II es significativo con el Proceso alternativo III. El uso del ácido fórmico en el proceso tradicional y del basificante Neutram BMR permite una basificación a pH más altos.

e. Correlación de Pearson

Como se observa en la Cuadro 43 las correlaciones entre los insumos químicos utilizados en el proceso de curtido, evaluados por el coeficientes de correlación de Pearson, existe buena correlación entre el porcentaje de Cromo absorbido por la piel, los agentes acomplexantes y basificantes Tanplex FLA, SS, CRII, Neutran BMR ($p = 0.96, 0.93, 0.85, 0.64, 1.00, 0.20$). Por el contrario el uso de estos insumos químicos no tiene correlación con la calidad del cuero medido como cantidad de materia soluble y sustancia dérmica.

Cuadro 43: Coeficiente de correlación de Pearson de los principales insumos químicos utilizados y de los parámetros de calidad del cuero

Correlaciones	Tanplex FLA	Tanplex SS	Tanplex CRII	Neutran BMR	% Cr absorbido	Materia Soluble diclorometano	Sustancia Dérmica
Tanplex FLA	1,00	0,99	0,91	0,83	0,96	0,05	-0,27
Tanplex SS	0,99	1,00	0,91	0,87	0,93	-0,02	-0,30
Tanplex CRII	0,91	0,91	1,00	0,85	0,85	-0,19	-0,19
Neutran BMR	0,83	0,87	0,85	1,00	0,64	-0,24	-0,36
% Cr absorbido	0,96	0,93	0,85	0,64	1,00	0,20	-0,19
Materia soluble diclorometano	0,05	-0,02	-0,19	-0,24	0,20	1,00	0,88
Sustancia dérmica	-0,27	-0,30	-0,53	-0,36	-0,24	0,88	1,00

Fuente: Elaboración propia.

4.7.2 Tratamiento de efluentes

a. Análisis de cromo total

Según el análisis de ANOVA (*Analysis of Variance*), al menos 1 tratamiento fue significativo, esto quiere decir que al menos un proceso influyó sobre la concentración de cromo total ($p < 0,05$); por lo que se rechaza la hipótesis de igualdad de varianzas.

Al evaluar el test de Tukey se determinó estadísticamente que el proceso alternativo I, proceso alternativo II, proceso alternativo III y proceso alternativo IV no tienen diferencia significativa ($p < 0,05$), por lo que se acepta la hipótesis de igualdad de varianzas. A diferencia de los procesos mencionados; el proceso tradicional presenta diferencia significativa ante los demás procesos desarrollados. Esto debido a la concentración inicial de cromo total.

b. Análisis de pH

Según el análisis de ANOVA (*Analysis of Variance*), al menos 1 tratamiento fue significativo, esto quiere decir que al menos un proceso influyó sobre el pH del efluente ($p < 0,05$); por lo que se rechaza la hipótesis de igualdad de varianzas.

Al evaluar el test de Tukey se determinó estadísticamente que el proceso tradicional presenta diferencia significativa ante los demás procesos desarrollados ($p < 0,05$). El proceso alternativo I y el proceso alternativo II no presentaron diferencia significativa ($p > 0,05$); por lo cual se acepta la hipótesis de igualdad de varianzas.

c. Coeficiente de determinación

Se determinó el coeficiente de determinación entre las variables hidróxido de sodio aplicado y la concentración de cromo total en el efluente; donde se identificó que el coeficiente de determinación, el R^2 , es 0,9684 esto se expresa como el 96,84 % de las variables de hidróxido de sodio aplicado es explicado por la concentración de cromo en el efluente. En el Cuadro 44, se muestran las concentraciones de hidróxido de sodio óptimas que se aplicaron para remover la concentración de cromo total en el efluente y cumplir con la normativa nacional aplicable. En la Figura 67, se representaron estas concentraciones.

La concentración de hidróxido de sodio utilizada en el tratamiento de los efluentes de los diferentes procesos evaluados tiene una muy buena correlación positiva con la concentración inicial de Cromo total en el efluente ($p = 0.98$); con los agentes acomplejantes Tamplex FLA, Tamplex SS y el Tamplex CRII tiene una muy buena correlación negativa ($p = -0.89, -0.84, -0.81$), finalmente con el agente basificante Neutran BMR no tiene buena correlación ($p = -0.5$).

Cuadro 44: Relación de hidróxido de sodio aplicado y la concentración de cromo total en el efluente.

Procesos	Concentración de hidróxido de sodio aplicado (g/L)	Concentración de cromo total inicial en el efluente (mg/L)
Proceso tradicional	5,50	2000,00
Proceso alternativo I	2,00	500,00
Proceso alternativo II	2,50	650,00
Proceso alternativo III	0,60	200,00
Proceso alternativo IV	0,20	100,00

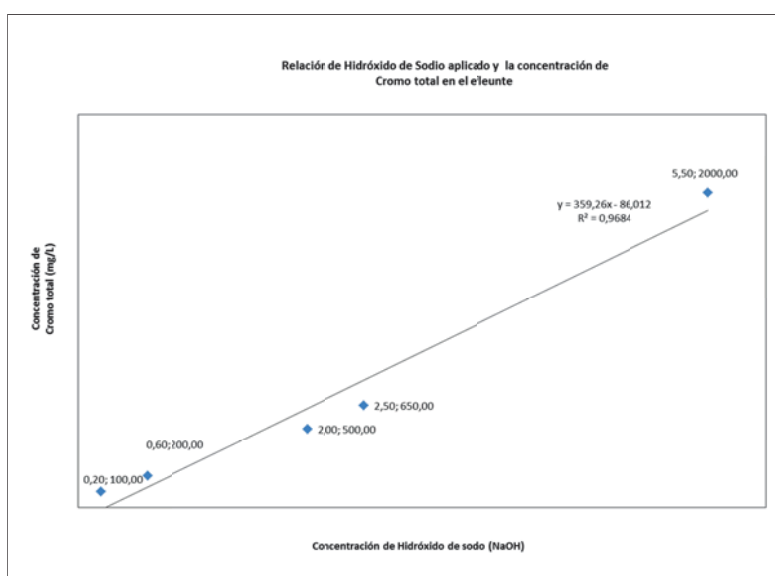


Figura 67: Relación de hidróxido de sodio óptimo aplicado en el efluente.

4.8 EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO

4.8.1 Uso de complejantes y basificantes de cromo en el proceso de curtido

Debido a que el proceso alternativo II, III y IV se desarrollaron a escala de laboratorio; la evaluación económica del uso de complejantes y basificantes de cromo en el proceso de curtido se realizó en comparación al proceso tradicional y el proceso alternativo I que se desarrollaron a escala industrial. Es importante mencionar que el costo del proceso de curtido es aproximadamente el 95% del costo total de producción.

En el Cuadro 45, se visualizan los costos del proceso tradicional y del proceso alternativo I; cabe indicar que el proceso tradicional se utilizó una masa de 240 Kg; mientras que para el proceso alternativo I se usó 220 Kg. Por diferencia de masas iniciales es necesario comparar el costo para producir el cuero a estado wet blue por pie²; donde se identifica que el proceso alternativo I es más económico que el proceso tradicional.

En el Anexo 2 se representa un caso hipotético de producción de cuero a estado *wet blue* con una base de 250 kg; mostrando el precio total, el precio unitario del cuero y el precio en nuevos soles por pie² de la producción para los cinco procesos desarrollados. De este caso hipotético se identifica que los costos de los procesos donde se utilizan complejantes y basificantes de cromo son menores a los de un proceso tradicional.

Por los resultados obtenidos en los análisis de calidad del cuero y el comparativo de costos podemos sostener que el uso de complejantes y basificantes de cromo es un proyecto que puede ser sostenible y rentable económicamente.

Cuadro 45: Comparativos de costos del proceso tradicional y el proceso alternativo I

Insumo químico	Proceso tradicional			Proceso alternativo I		
	Cantidad (Kg)	Precio (\$)	Costo (\$)	Cantidad (Kg)	Precio (\$)	Costo (\$)
Sal	17,00	0,09	1,530	8,80	0,09	0,792
Tanples FLA	...	...	...	2,20	1,20	2,640
Ácido fórmico	6,50	1,37	8,905	1,10	1,37	1,507
Tanplex SS	...	...	...	1,21	2,70	3,267
Cromo 33	19,20	1,78	34,176	12,10	1,78	21,538
Bicarbonato de sodio	3,38	0,72	2,433	...	...	...
Tanplex CR	...	...	...	0,88	2,50	2,200
Neutran BMR	...	...	...	0,44	1,60	0,704
Costo de producción	Precio total		47,044	Precio total		32,648
	Precio (Nuevos soles/pie ²)		0,183	Precio (Nuevos soles/pie ²)		0,127

NOTA: (...): No utilizado; 1 cuero posee 36 pie²; en ambos procesos se produjeron 20 cueros.
Fuente: Convenio N° 022-FINCYT-FIDECOM-PIPEI, 2012.

4.8.2 Tratamiento de efluentes

Como ya se ha mencionado, el uso de complejantes y basicantes de cromo optimiza el uso de sales de cromo, permitiendo usar menos sales, esto a su vez permite disminuir significativamente los costos de tratamiento de efluentes.

Según los ensayos realizados; se observó que para efluentes con concentraciones menores a 650 mg/L de cromo total, el costo de los insumos empleados en la producción del cuero a estado *wet blue* es mayor al costo de insumos empleados en el tratamiento. De lo contrario, para efluentes con valores mayores a 650 mg/L de cromo total, el costo de los insumos utilizados en el tratamiento es mayor que los costos en los insumos utilizados en el proceso de producción. Se debe considerar las externalidades del tratamiento en el costo del producto final del cuero a estado *wet blue*.

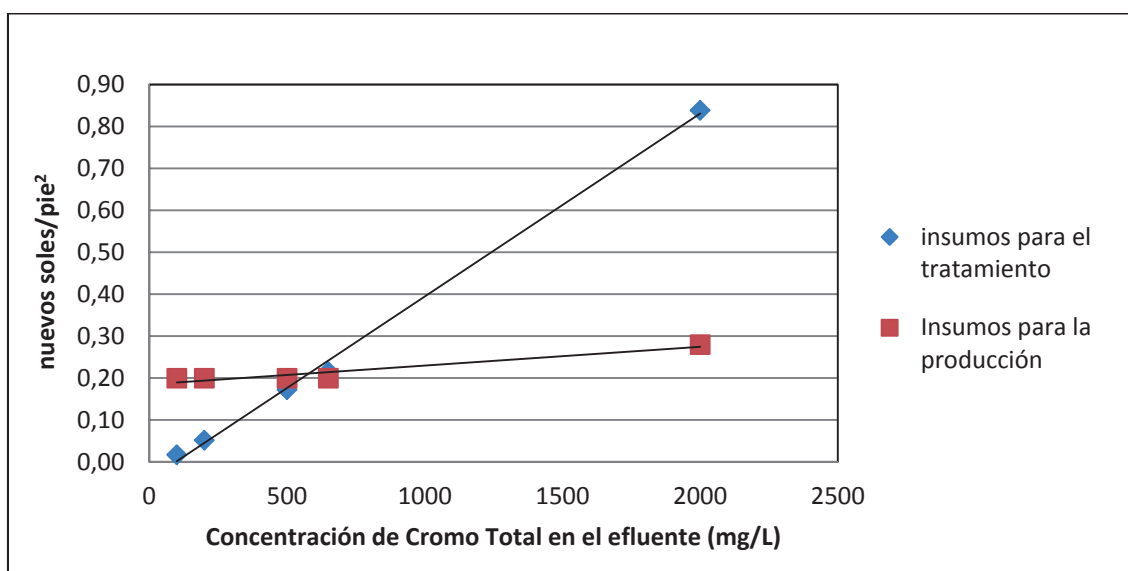


Figura 68: Comparación del costo de los insumos de tratamiento y de producción.

4.9 CONSOLIDADO DE RESULTADOS

4.9.1 Consolidado de materias primas utilizadas en los proceso de curtido

A continuación en el Cuadro 46 se muestra el consolidado de las materias primas utilizadas durante los diferentes procesos desarrollados:

Cuadro 46: Consolidado de materias primas utilizados en los procesos de curtido

Materia prima	Unidad	Proceso tradicional	Proceso alternativo I	Proceso alternativo II	Proceso alternativo III	Proceso alternativo IV
Masa	kg	240	220	2,1	9,70	2,94
Agua	%	80,00	40,00	100,00	40,00	100,00
	g	200000,00	88000,00	2100,00	3880,00	2940,00
Sal	%	7,08	4,00	4,00	4,00	6,00
	g	17000,00	8800,00	84,00	388,00	176,40
Tanplex FLA	%	...	1,00	1,00	1,00	1,00
	g		2200,00	21,00	97,00	29,40
Ácido fórmico	%	2,70	0,50	0,80	0,30	0,50
	g	6500,00	1100,00	16,80	29,10	14,70
Tanplex SS	%	...	0,55	0,55	0,50	0,50
	g		1210,00	11,55	48,50	14,70
Cromo 33	%	4,00	3,00	3,00	2,50	2,50
	g	9600	6600,00	63,00	242,5	73,5
Cromo 33	%	4,00	2,50	2,50	2,50	2,50
	g	9600	5500,00	52,50	242,5	73,5
Bicarbonato de sodio	%	1,40	...	...	...	...
	g	3380				
Tanplex CR II	%	...	0,40	0,60	0,40	0,60
	g		880,00	12,60	38,80	17,64
Neutran BMR	%	...	0,20	0,30	0,15	0,15
	g		440,00	6,30	14,55	4,41

(...): No utilizado.

4.9.2 Caracterización del efluente del proceso de curtido

En el Cuadro 47, se reportan los resultados obtenidos en la caracterización del efluente de los procesos de curtido desarrollados.

Cuadro 47: Caracterización del efluente del proceso de curtido.

Parámetro	Volumen inicial (L)	Cromo total inicial (mg/L)	Volumen final (L)	Cromo total final (mg/L)	Cromo hexavalente (mg/L)	pH	Proteínas (%)
Proceso tradicional	200,00	6500,00	270,00	2000,00	N.D.	3,10	4,87
Proceso alternativo I	88,00	9310,00	140,00	500,00	N.D.	4,43	5,86
Proceso alternativo II	2,10	3724,00	1,50	650,00	N.D.	4,39	5,70
Proceso alternativo III	3,88	8464,00	3,00	200,00	N.D.	4,35	4,17
Proceso alternativo IV	2,94	3385,00	2,00	100,00	N.D.	4,69	6,02

NOTA 1: El volumen inicial, es el volumen de agua que ingresa a la etapa de curtido.

NOTA 2: La concentración de Cromo inicial, es la concentración determinada a base de la masa de Sulfato básico de cromo que ingresa a esta etapa (Ver Anexo 3).

NOTA 3: El volumen final, es el volumen de agua que sale de la etapa de curtido (Efluente).

NOTA 4: La concentración de Cromo final, es la concentración determinada analíticamente en el efluente de la etapa de curtido.

NOTA 5: La determinación de pH y Proteínas se realizó al efluente de la etapa de curtido

N.D.: No Detectado.

Fuente: Elaboración propia.

4.9.3 Uso de complejantes y basificantes de cromo

En el Cuadro 48, se reportan el consolidado de los resultados obtenidos de los ensayos físicos-químicos realizados a los cueros producidos hasta estado *wet blue*.

Cuadro 48: Consolidado de resultados obtenidos del uso de complejantes y basificantes de cromo en el Proceso de curtido

Procesos	Óxido de cromo (%)	Materias solubles en diclorometano (%)	Sustancia dérmica (%)	pH (Unidad de pH)	Índice diferencial (Unidad de pH)
Proceso tradicional	4,06	0,89	77,57	3,45	0,39
Proceso alternativo I	3,67	0,23	72,95	4,46	N.A.
Proceso alternativo II	3,60	0,19	71,97	4,58	N.A.
Proceso alternativo III	3,52	3,44	83,18	4,12	N.A.
Proceso alternativo IV	3,60	0,27	67,75	4,53	N.A.

N.A.: No Analizado.

Fuente: Elaboración propia.

4.9.4 Tratamiento de efluentes

En el Cuadro 49, se reporta el consolidado de los resultados obtenidos del tratamiento con hidróxido de sodio de los procesos desarrollados.

Cuadro 49: Consolidado de resultados obtenidos del tratamiento con hidróxido de sodio.

Muestra	Proceso tradicional		Proceso alternativo I		Proceso alternativo II		Proceso alternativo III		Proceso alternativo IV		VMA ⁽¹⁾	
	Cromo (mg/L)	pH (pH)	Cromo (mg/L)	pH (pH)	Cromo (mg/L)	pH (pH)	Cromo (mg/L)	pH (pH)	Cromo (mg/L)	pH (pH)	Cromo (mg/L)	pH (pH)
M - 0	2000,00	3,10	500,00	4,43	650,00	4,39	200,00	4,35	100,00	4,69	10	6 - 9
M - 1	22,50	9,23	0,03	12,08	0,11	9,16	N.D.	7,36	0,04	6,76		
M - 2	31,50	12,91	0,03	9,35	0,25	12,16	N.D.	8,48	N.D.	9,27		
M - 3	250,00	13,23	21,25	7,03	0,47	12,74	0,06	9,14	N.D.	9,94		
M - 4	500,00	5,72	0,23	12,55	0,62	12,95	N.D.	11,65	N.D.	12,17		
M - 5	1800,00	4,95	300,00	4,71	0,72	13,06	N.D.	12,49	N.D.	12,59		
M - 6	29,50	8,46	200,00	5,11	0,98	12,78	N.D.	12,63	N.D.	12,86		
M - 7	26,50	9,32	0,01	10,99	...	...	...	...	...	...
M - 8	26,00	11,81	...	...	...	...	...	...	...	...
M - 9	12,50	12,35	...	...	...	...	...	...	...	...
M - 10	2,50	10,71	...	...	...	...	...	...	...	...

(1): DS N° 021-2009-VIVIENDA. Aprueban Valores Máximos Admisibles (VMA) de las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario.

(...): No se realizó análisis.

Fuente: Elaboración propia.

V. CONCLUSIONES

- El efluente del proceso de curtido presenta altas concentraciones de cromo total y presenta un pH ácido (entre 3,10 y 4,69), excediendo estos parámetros estipulados en la norma DS N° 021-2009-VIVIENDA. Aprueban Valores Máximos Admisibles (VMA) de las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario. Además se identifica la no presencia de cromo hexavalente en los procesos de curtido desarrollados.
- El uso de complejantes (Tanplex FLA, Tanplex SS y Tanplex CR II) y basificantes (Neutran BMR) de cromo reduce la emisión del cromo al ambiente proveniente del proceso de curtido desde 2 000 mg/L hasta 100 mg/L.
- La eficiencia del uso de complejantes y basificantes de cromo en término de concentración de cromo total en el efluente proveniente del proceso de curtido incrementa del 58,5 % obtenido en el proceso tradicional hasta en 98,1 % obtenido en el proceso alternativo III. Asimismo, el uso de estos productos aumenta el rendimiento de aplicación del cromo; desde el 50,75 % de proceso tradicional hasta un 72,00% del proceso alternativo IV; por ende, se mejora las condiciones del efluente del proceso de curtido con respecto al parámetro cromo total.
- Según los resultados de los ensayos físico-químicos desarrollados (determinación química del contenido en óxido de cromo, determinación de materias solubles en diclorometano, determinación de sustancia dérmica y determinación de pH), los cinco procesos presentan buena calidad, cumpliendo estándares internacionales mínimos de la calidad del cuero a estado *wet blue*.
- Según los resultados del ensayo físico-mecánico desarrollado (prueba de ebullición), los cinco procesos presentan grado de curtición aceptable.

- Según la estadística, la calidad del cuero producido en el proceso tradicional difiere significativamente con el proceso alternativo I, proceso alternativo II, proceso alternativo III y proceso alternativo IV; sin embargo, estos cumplen con los requisitos mínimos de calidad de cuero sugeridos. Estadísticamente, las características químicas del cuero (contenido en óxido de cromo, materias solubles en diclorometano y sustancia dérmica); del proceso alternativo I y proceso alternativo II no tienen diferencia significativa. Con respecto al tratamiento de efluentes, los cuatro procesos alternativos no tienen diferencia significativa.
- Para efluentes con concentraciones de 2 000 mg/L, 500 mg/L, 650 mg/L, 200 mg/L y 100 mg/L de cromo total, se logra una máxima precipitación de cromo como hidróxido de cromo con concentraciones de 5,50 g/L, 2,00 g/L, 2,50 g/L, 0,60 g/L y 0,20 g/L de hidróxido de sodio respectivamente.
- La precipitación química mediante uso del agente precipitante, hidróxido de sodio, fue una técnica eficiente para la remoción de cromo total en el efluente; logrando eficiencias de 99,87 %, 99,99 %, 99,98 %, 100,00 % y 99,96 % con respecto al proceso alternativo I, proceso alternativo II, proceso alternativo III y proceso alternativo IV respectivamente.

VI. RECOMENDACIONES

- A fin de evitar el deterioro de las instalaciones, infraestructura sanitaria y asegurar el funcionamiento del sistema de alcantarillado sanitario; se recomienda a la industria curtidora desarrollar actividades preventivas y/o correctivas a fin de cumplir con la normativa aplicable.
- En general, independientemente del proceso que se desarrolle durante la curtición, todos los efluentes se caracterizan por presentar elevada carga orgánica e inorgánica. El proceso de curtido, a pesar de ser un proceso netamente químico, presenta elevadas concentraciones de demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, nitrógeno amoniacal y proteínas. La piel al estar en contacto con el agua, desprende estas proteínas; inclusive por la acción del cromo y la acción mecánica del botal incrementa el desprendimiento de estas. Las concentraciones de demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno y nitrógeno amoniacal, están en función del contenido proteico por lo que se recomienda en una futura investigación remover estas proteínas del efluente del proceso de curtido mediante aislamiento proteico y determinación de su punto isoeléctrico para cumplir con los valores máximos admisibles respectivos.
- Desarrollar los procesos de curtición con un seguimiento exhaustivo de cada etapa. Es importante mencionar que la calidad del cuero final la define el curtidor y es responsabilidad del mismo el producto final.
- Realizar ensayos físico-químicos y físico-mecánicos a los cueros a estado *wet blue* producidos para compararlos con las recomendaciones internacionales y definir la calidad del cuero. Particularmente, interactuando características del cuero a estado *wet blue*, facilidad de tratamiento de sus efluentes y costos de producción; recomendaría desarrollar el proceso alternativo III y el proceso alternativo IV.

- Realizar el seguimiento del pH luego de la precipitación química. A consecuencia de la adición de un álcali, como lo es el hidróxido de sodio, en algunos casos el pH se incrementará a nivel que supera el VMA de la normativa vigente, por lo que se recomienda ajustar el pH con un ácido fuerte, llámese ácido sulfúrico, ácido nítrico o ácido clorhídrico que son productos que la industria curtiembre maneja.
- El lodo formado posee cantidades de cromo en forma de $\text{Cr}(\text{OH})_3$ y proteínas. Para el caso del $\text{Cr}(\text{OH})_3$, este puede ser tratado con ácido sulfúrico (H_2SO_4) y recuperar el cromo trivalente que se puede reutilizar en un próximo proceso de curtido ($2\text{Cr}(\text{OH})_3 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 \leftrightarrow 2\text{Cr}^{+3} + 3\text{SO}_4^{-2}$). Otra opción para el lodo formado es disponerlo como residuo peligroso en un relleno de seguridad. A pesar de su riqueza en proteínas este lodo no puede ser utilizado como abono orgánico por su alto contenido de cromo (La *Unión Europea* establece una concentración 750 mg/Kg de cromo trivalente del lodo para ser utilizado como abonos agrícola).
- Se determinó la presencia de proteínas en los efluentes del proceso de curtido y en el efluente del tratamiento con el agente precipitante (Ver Anexo 5). Con respecto al efluente del proceso curtido, el contenido proteico oscilo entre 48,76 g/L y 60,2 g/L para los procesos desarrollados. Por su alto contenido proteico y el contenido de cromo total obtenido en los respectivos efluentes; estos pueden ser mezclados con otros productos para obtener nutrientes que requieren las plantas y ser utilizados como abono entre ellas tenemos: avenas, cebada, maíz y plantas ornamentales; a excepción del proceso tradicional que por su alto contenido de cromo no es recomendable para esta actividad. En el mismo sentido, se puede realizar ensayos del uso de los efluentes del tratamiento con hidróxido de sodio como abono, esto debido al contenido proteico (entre 19,32 g/L y 26,43 g/L) y su concentración de cromo total.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abass, A., Alireza, M., & Reza, V. (2005). *Chromium (III) removal and recovery from tannery wastewater by precipitatio process*. Iran: University of Medical Sciences.
- Adzet, J., & Bunyol, X. (1995). *Tecnología del cuero (Vol. IV). Estudio Cicero S.L.* Barcelona.
- Albert, L. (1997). En *Introducción a la toxicología ambiental*. México.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2005). *ABNT - NBR 13525:2005. Requisitos para aceitação do couro quanto à análise química*. Brasil.
- Bansal, A., Gupta, R., & Preet, R. (2010). Chromium (III) removal from wate water - A review. *2nd International conference on production and industrial engineering*. India.
- Barsoum, B., Eid, A., Fahim, N., & Khalil, M. (2006). *Removal of chromium (III) from tannery wastewater using activated carbon from sugar industrial waste*. Egypt.
- Bazán, G., & Vargas, R. (2012). *Seminario: Consultoría en procesos de curtición y adaptación a la realidad peruana*. Lima: Universidad Nacional Agraria la Molina.
- Bentín, J., Ramsey, R., & Tord, P. (2006). *Propuesta de un programa de producción mas limpia para la curtiembre EP*. Lima: Universidad Nacional Agraria la Molina.
- Boaventura, R., & Fonseca, A. (1997). *Chromium precipitation from tanning: Spent liquors using industrial alkaline residues: A compatative study*. Portugal: University of Porto.
- Cado, O. (1996). Sales de cromo: Su relacion con el medio ambiente. *Gerencia ambiental*.
- Carvajal, R., Gaitán, A., & Téllez, J. (2004). *Aspectos toxicológicos relacionados con la utilización del cromo en el proceso productivo de curtiembre*. Colombia.
- Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles. (2003). *Guía técnica de producción más limpia para curtiembre*. Bolivia.

Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. (1997). *Informe técnico sobre minimización de residuos de una curtiembre*.

Chávez, A. (2010). *Descripción de la nocividad del cromo proveniente de la industria curtiembre y de las posibles formas de removerlo*. Colombia: Revista Ingenierías Universidad de Medellín.

Convenio N° 022-FINCYT-FIDECOM-PIPEI. (2012). *Mejorar el proceso de curtido en pequeños productores de cuero, a través de la modificación del proceso productivo tradicional con el uso de nuevos insumos (enzimas específicas para degradación de grasas y agentes acomplejantes)*.

Covington, A. (1997). *Modern Tanning Chemistry*. Chemical Society Reviews.

Cuberos, E., Prieto, E., & Rodriguez, A. (2008). *Niveles de cromo y alteraciones de salud en una población expuesta a las actividades de curtiembre en Bogotá*. Colombia.

Da Rosa de Souza, F. (2010). *Aplicação de enzimas no processamento de couros: Comparação entre processos químicos e coenzimáticos*. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Esparza, E., & Nadia, G. (2001). *Contaminación debida a la industria curtiembre*. Lima: Instituto de Estudios Ambientales (IDEA-PUCP).

Font, J. (2002). *Análisis y ensayos en la industria del curtido*. Catalunya.

Gagnet, A., Miller, S., & Worden, R. (1999). *Reporte técnico para la industria de curtiembre en el Perú*. Lima.

Gómez, A., & Magaña, P. (2003). *Papel del cromo y del cinc en el metabolismo de la insulina*. México.

Gonçalves, E. (2007). *Efeito de diferentes curtentes sobre as propriedades de couros isentos de cromo*. Novo Hamburgo: Centro Universitário Feevale.

Huamaní, G. (2011). *Estudio técnico para la recuperación del sulfato de cromo III en la industria curtiembre del Perú*. Callao: Universidad Nacional del Callao.

Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual. (1970). *NTP 291.011:1970. CUERO. Método para determinar el contenido de sustancia dérmica*. Perú.

Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual. (2007). *NTP-ISO 4684-2007. Cuero. Ensayos químicos. Determinación de las materias volátiles*. Perú.

Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual. (2008). *NTP ISO 4045-2008. Cuero Ensayos químicos. Determinación del pH*. Perú.

Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual. (2008). *NTP ISO 4048:2008. Cuero. Ensayos químicos. Determinación de las materias solubles en diclorometano y del contenido de ácidos grasos libres*. Perú.

Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual. (2008). *NTP ISO 5398-1:2008. Cuero. Determinación química del contenido en óxido de cromo. Parte 1: Cuantificación por valoración*. Perú.

Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual. (2008). *NTP-ISO 4044-2008. Cuero. Ensayos químicos. Preparación de muestras para ensayos químicos*. Perú.

Instituto Nacional de Estadísticas e Informática. (2011). *Informe económico trimestral. Octubre - Diciembre 2011*. Lima.

Jiménez, J. (1998). *Evualuación de dos niveles de sulfatos básico de cromo en el curtido de cuero de llama y vacuno al estado "wet blue" (semideterminado)*. Lima: Universidad Nacional Agraria la Molina.

Landgrave, J. (1995). *A pilot plant for removing chromium from residual water of tanneries*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.

Maximixe. (2011). *Perú: Mercado de cuero, calzado y manufacturera de cuero*.

Menezes de Moraes, R. (2011). *Aplicação de cálculos químicos no estudo de espécies de cromo relacionadas ao processo de curtimento de peles*. Novo Hamburgo: Universidade Feevale.

Mestanza, C. (2005). *Eliminacion de sulfuros por oxidación en efluentes del proceso de peblambre de una curtiembre*. Lima: Universidad Nacional Agraria la Molina.

Ministerio de Industria, Turismo, Integración y Negocios Comerciales Internacionales. (2002). *Sub Sector Curtiembre. Propuesta de LMP*. Lima.

Ministerio de la Producción. (2010). *Anuario estadístico 2010*. Lima.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2009). *Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA. Aprueban Valores Máximos Admisibles (VMA) de las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado*. Lima.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2011). *Mediante el cual se aprobaron los Valores Máximos Admisibles de las descargas de aguas residuales no domésticas al sistema de alcantarillado sanitario*. Lima.

Morera, J. (2002). *Química de técnica de curtición*. Consorci Escola Técnica d'Igualada.

Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial. (2003). *Estado da Arte tecnológico em processamento do couro: Revisão bibliográfica no âmbito internacional*. Porto Alegre.

Trejo, W. (1993). *Tecnología del cuero II*. Lima: Departamento de producción animal. POCA - Universidad Nacional Agraria la Molina.

Umaña, R. (2004). *Tratamiento de aguas residuales de la industria de curtiembre mediante un sistema de lodos activados a escala piloto*. Temuco: Universidad de la Frontera.

United Nations Industrial Development Organisations. (2000). *Chrome management in the tanyard*.

Vargas, R. (2005). *Estudio de la elaboracion de cuero a partir de la piel seca de Lisa (Mugil cephalus)*. Lima: Universidad Nacional Agraria la Molina.

VIII. ANEXOS

Anexo 1: Rendimiento de la aplicación del cromo en el proceso de curtido.

El rendimiento de la aplicación de cromo en el proceso de curtido se expresó con la siguiente relación:

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Cantidad de cromo en cuero (\%)}}{\text{Cantidad de cromo ofertado (\%)}} \times 100 \%$$

$$\text{Rendimiento del Proceso tradicional} = \frac{4,06 (\%)}{8,00 (\%)} \times 100 \% = 50,75 \%$$

$$\text{Rendimiento del Proceso alternativo I} = \frac{3,66 (\%)}{5,50 (\%)} \times 100 \% = 66,54 \%$$

$$\text{Rendimiento del Proceso alternativo II} = \frac{3,59 (\%)}{5,50 (\%)} \times 100 \% = 65,27 \%$$

$$\text{Rendimiento del Proceso alternativo III} = \frac{3,52 (\%)}{5,00 (\%)} \times 100 \% = 70,40 \%$$

$$\text{Rendimiento del Proceso alternativo IV} = \frac{3,60 (\%)}{5,00 (\%)} \times 100 \% = 72,00 \%$$

Anexo 2: Análisis del costo de producción por cuero

Insumo químico	Proceso tradicional				Proceso alternativo I				Proceso alternativo II			
	Porcentaje (%)	Cantidad (Kg)	Precio (\$)	Costo (\$)	Porcentaje (%)	Cantidad (Kg)	Precio (\$)	Costo (\$)	Porcentaje (%)	Cantidad (Kg)	Precio (\$)	Costo (\$)
Sal	7,08	17,70	0,09	1,593	4,00	10,00	0,09	0,900	4,00	10,0	0,09	0,900
Tanples FLA	...	...	...	...	1,00	2,50	1,20	3,000	1,00	2,5	1,20	3,000
Ácido fórmico	2,70	6,75	1,37	9,248	0,50	1,25	1,37	1,713	0,80	2,0	1,37	2,740
Tanplex SS	...	...	...	...	0,55	1,38	2,70	3,713	0,55	1,4	2,70	3,713
Cromo 33	8,00	20,00	1,78	35,600	5,50	13,75	1,78	24,475	5,50	13,8	1,78	24,475
Bicarbonato de sodio	1,40	3,50	0,72	2,520	...	...	...	...	...	...	...	...
Tanplex CR	...	...	...	...	0,40	1,00	2,50	2,500	0,60	1,5	2,50	3,750
Neutran BMR	...	...	...	...	0,20	0,50	1,60	0,800	0,30	0,8	1,60	1,200
20 Piel = 250 Kg				48,961				37,100				39,778
1 Piel = 12,5 Kg				2,448				1,855				1,989
				0,190				0,144				0,155

Fuente: Convenio N° 022-FINCYT-FIDECOM-PIPEI, 2012.

(...): No utilizado.

NOTA: Caso hipotético para la producción de cuero a estado wet blue determinado a una base de 250 Kg; Icuero posee 36 pies².

Insumo químico	Proceso alternativo III				Proceso alternativo IV			
	Porcentaje (%)	Cantidad (Kg)	Precio (\$)	Costo (\$)	Porcentaje (%)	Cantidad (Kg)	Precio (\$)	Costo (\$)
Sal	4,00	10,00	0,09	0,900	6,00	15,00	0,09	1,350
Tanples FLA	1,00	2,50	1,20	3,000	1,00	2,50	1,20	3,000
Ácido fórmico	0,30	0,75	1,37	1,028	0,50	1,25	1,37	1,713
Tanplex SS	0,50	1,25	2,70	3,375	0,50	1,25	2,70	3,375
Cromo 33	5,00	12,50	1,78	22,250	5,00	12,50	1,78	22,250
Bicarbonato de sodio	...	...	...	...	...	...	...	...
Tanplex CR	0,40	1,00	2,50	2,500	0,60	1,50	2,50	3,750
Neutran BMR	0,15	0,38	1,60	0,600	0,15	0,38	1,60	0,600
10 Piel = 250 Kg				33,653				36,038
1 Piel = 25 Kg				1,683				1,802
				0,131				0,140

Fuente: Convenio N° 022-FINCYT-FIDECOM-PIPEI, 2012.

(...): No utilizado.

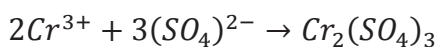
NOTA: Caso hipotético para la producción de cuero a estado wet blue determinado a una base de 250 Kg; Icuero posee 36 pies².

Anexo 3: Caracterización del efluente de los diferentes proceso de curtido

Tanto la determinación de los volúmenes iniciales y finales como la determinación del pH se determinó in situ en los proceso de producción desarrollados. La determinación de la concentración de cromo final, cromo hexavalente y la determinación de proteínas se realizó analíticamente en el Laboratorio de Análisis Químico del Departamento Académico de Químico de la UNALM.

Finalmente, la determinación de la concentración del Cromo total inicial (mg/L) se determinó de la siguiente manera:

Como Producto se utilizó el Sulfato básico de Cromo $Cr_2(SO_4)_3$ con pureza del 25,5%; el cual se basa en la siguiente ecuación:



Peso Molecular del $Cr_2(SO_4)_3$ es de 392 gramos.

Proceso tradicional

$$\frac{19,2 \text{ Kg de Producto}}{200 \text{ L}} = 96 \frac{\text{g de Producto}}{\text{L}}$$

$$25,5 \% 96 \frac{\text{g de Producto}}{\text{L}} = 24,48 \frac{\text{g de Producto}}{\text{L}}$$

$$\text{Cromo inicial} = \frac{2 \times 52 \times 24,48}{392} \times 1000 = 6500,00 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

Proceso alternativo I

$$\frac{12,1 \text{ Kg de Producto}}{88 \text{ L}} = 137,5 \frac{\text{g de Producto}}{\text{L}}$$

$$25,5 \% 137,5 \frac{\text{g de Producto}}{\text{L}} = 35,06 \frac{\text{g de Producto}}{\text{L}}$$

$$\text{Cromo inicial} = \frac{2 \times 52 \times 35,06}{392} \times 1000 = 9310,00 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

Proceso alternativo II

$$\frac{0,115 \text{ Kg de Producto}}{2,1 \text{ L}} = 55 \frac{\text{g de Producto}}{\text{L}}$$

$$25,5 \% 55 \frac{\text{g de Producto}}{\text{L}} = 14,02 \frac{\text{g de Producto}}{\text{L}}$$

$$\text{Cromo inicial} = \frac{2 \times 52 \times 14,02}{392} \times 1000 = 3724,00 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

Proceso alternativo III

$$\frac{0,485 \text{ Kg de Producto}}{3,88 \text{ L}} = 125 \frac{\text{g de Producto}}{\text{L}}$$

$$25,5 \% 125 \frac{\text{g de Producto}}{\text{L}} = 31,87 \frac{\text{g de Producto}}{\text{L}}$$

$$\text{Cromo inicial} = \frac{2 \times 52 \times 31,87}{392} \times 1000 = 8464,00 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

Proceso alternativo IV

$$\frac{0,147 \text{ Kg de Producto}}{2,94 \text{ L}} = 50 \frac{\text{g de Producto}}{\text{L}}$$

$$25,5 \% 50 \frac{\text{g de Producto}}{\text{L}} = 12,75 \frac{\text{g de Producto}}{\text{L}}$$

$$\text{Cromo inicial} = \frac{2 \times 52 \times 12,75}{392} \times 1000 = 3385,00 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

Anexo 4: Caracterización del precipitado.

Se realizó la caracterización del precipitado generado por el tratamiento de precipitación química con hidróxido de sodio para los mejores tratamientos desarrollados. A continuación se presenta el contenido de cromo y el contenido proteico en el lodo generado:

- Contenido de cromo.

Contenido de cromo en los lodos.

Procesos	Cromo inicial (mg/L)	Volumen inicial (L)	Cromo inicial (mg)	Cromo final (mg/L)	Volumen final (L)	Cromo final (mg)	Contenido de cromo (mg)	Contenido de cromo (g)	Contenido de cromo (g/L)*
Proceso tradicional	2000,00	0,50	1000,00	2,50	0,227	0,56814	999,432	0,09994	0,19989
Proceso alternativo I	500,00	0,50	250,00	0,03	0,179	0,00536	249,995	0,02500	0,05000
Proceso alternativo II	650,00	0,05	32,50	0,11	0,018	0,00195	32,498	0,00325	0,06500
Proceso alternativo III	200,00	0,05	10,00	0,00	0,010	0,00000	10,000	0,00100	0,02000
Proceso alternativo IV	100,00	0,05	5,00	0,04	0,013	0,00053	4,999	0,00050	0,01000

(*): Gramos/litro: gramos de cromo por litro de efluente tratado.

Fuente: Elaboración propia.

- Contenido de proteínas.

Contenido proteico en los lodos.

Proceso	Muestra	Proteínas (%)	Proteínas Promedio (%)	Volumen de análisis (L)	Volumen del precipitado (g)	Proteínas (g)	Proteínas (g/L)*
Proceso tradicional	M - 10	6,48	6,47	0,50	227	14,72	29,43
		6,47					
Proceso alternativo I	M - 2	9,02	9,06	0,50	179	16,21	32,42
		9,11					
Proceso alternativo II	M - 1	8,94	9,10	0,05	18	1,62	32,36
		9,26					
Proceso alternativo III	M - 2	8,22	8,27	0,05	10	0,79	15,87
		8,31					
Proceso alternativo IV	M - 1	12,38	12,64	0,05	13	1,69	33,78
		12,90					

(*): Gramos/litro: gramos de proteínas por litro de efluente tratado.

Fuente: Elaboración propia.

- Cuantificación del precipitado

Procesos	Peso de la placa (g)	Peso del filtro (g)	Peso (placa + filtro) (g)	Peso final (placa + filtro + lodo) (g)	Peso lodo (g)	Peso lodo total (g lodo/0,5L)	Peso lodo total (g lodo/L)
Proceso tradicional	93,4379	0,9600	94,3979	96,8299	2,4320	8,7723	17,5446
	74,2323	0,9714	75,2037	77,6028	2,3991		
	36,4311	0,9797	37,4108	39,4639	2,0531		
	92,1613	0,9829	93,1442	95,0323	1,8881		
Proceso alternativo I	36,6654	0,9600	37,6254	37,6799	0,0545	1,6617	3,3234
	74,4321	0,9498	75,3819	75,4798	0,0979		
	42,1192	0,9334	43,0526	43,0918	0,0392		
	36,5640	0,9479	37,5119	37,5972	0,0853		
	92,3369	0,9455	93,2824	93,5931	0,3107		
	75,5798	0,9544	76,5342	77,1522	0,6180		
	91,4782	0,9697	92,4479	92,9040	0,4561		
Proceso alternativo II	94,2753	0,9600	95,2353	95,3368	0,1015	2,2120	4,4240
	43,5551	0,9456	44,5007	44,6429	0,1422		
	95,8065	0,9457	96,7522	96,9825	0,2303		
	91,6057	0,9405	92,5462	92,6488	0,1026		
	119,2979	0,9699	120,2678	121,0381	0,7703		
	117,5436	0,9718	118,5154	119,3805	0,8651		
Proceso alternativo III	47,9824	0,9600	48,9424	48,9605	0,0181	0,3742	0,7484
	75,4053	0,9930	76,3983	76,4476	0,0493		
	91,3198	0,9720	92,2918	92,2971	0,0053		
	92,2506	0,9916	93,2422	93,3130	0,0708		
	52,4587	0,9281	53,3868	53,4419	0,0551		
	92,2164	0,9464	93,1628	93,3384	0,1756		
Proceso alternativo IV	36,3891	0,9600	37,3491	37,6061	0,2570	0,2570	0,5140

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 5: Caracterización del contenido proteico en el efluente.

- Análisis proteico del efluente de curtido.

Contenido proteico del efluente de los procesos desarrollados.

Procesos	Muestra	Proteínas (%)	Proteínas Promedio (%)	Volumen de análisis (L)	Volumen de análisis expresado en masa* (g)	Proteínas (g)	Proteínas (g/L)**
Proceso tradicional	M - 10	4,64	4,87	0,50	500	24,38	48,75
		5,11					
Proceso alternativo I	M - 2	5,97	5,86	0,50	500	29,30	58,60
		5,75					
Proceso alternativo II	M - 1	5,88	5,70	0,05	50	2,85	57,00
		5,52					
Proceso alternativo III	M - 2	4,22	4,17	0,05	50	2,09	41,70
		4,12					
Proceso alternativo IV	M - 1	6,02	6,02	0,05	50	3,01	60,20
		6,02					

(*): Densidad del líquido: 1 g/ml.

(**): Gramos/litro: gramos de proteínas por litro de efluente tratado.

Fuente: Elaboración propia.

- Análisis proteico del efluente del tratamiento con hidróxido de sodio (NaOH).

Contenido proteico del efluente tratado con hidróxido de sodio de los procesos desarrollados.

Procesos	Muestra	Proteínas (%)	Proteínas Promedio (%)	Volumen de análisis (L)	Volumen de análisis expresado en masa* (g)	Proteínas (g)	Proteínas (g/L)**
Proceso tradicional	M - 10	2,76	2,76	0,350	350	9,66	19,32
		2,76					
Proceso alternativo I	M - 2	3,84	3,74	0,350	350	13,09	26,18
		3,64					
Proceso alternativo II	M - 1	3,58	3,52	0,035	35	1,23	24,64
		3,46					
Proceso alternativo III	M - 2	3,74	3,69	0,035	35	1,29	25,83
		3,64					
Proceso alternativo IV	M - 1	3,67	3,78	0,035	35	1,32	26,43
		3,88					

(*): Densidad del líquido: 1 g/ml.

(**): Gramos/litro: gramos de proteínas por litro de efluente tratado.

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 6: Hoja de cálculos.

- Análisis de la calidad del cuero.
- Determinación química del contenido en óxido de cromo.

Humedad y determinación química del contenido en óxido de cromo.

Muestra	Peso Placa	gr. de Muestra M1	Placa + Muestra	Peso final	M2	% Humedad	Promedio
Determinación de Humedad (Muestra Húmeda)							
PA - I	41,7780	2,0094	43,7874	42,4763	0,6983	65,25	64,79
	42,4819	2,0112	44,4931	43,1994	0,7175	64,32	
PA - II	40,7350	2,0353	42,7703	41,4503	0,7153	64,86	64,96
	42,6438	2,0113	44,6551	43,3465	0,7027	65,06	
PA - IV	48,6190	2,0005	50,6195	49,2562	0,6372	68,15	67,84
	41,7694	2,0421	43,8115	42,4324	0,6630	67,53	
Determinación de Humedad (Muestra Seca)							
PA - I	41,7736	2,0670	43,8406	43,7670	1,9934	3,56	3,86
	41,7936	2,0586	43,8522	43,7666	1,9730	4,16	
PA - II	51,2610	2,1470	53,408	53,3242	2,0632	3,90	4,11
	48,6165	2,0023	50,6188	50,5324	1,9159	4,32	
PA - III	48,1817	2,0061	50,1878	49,7279	1,5462	22,93	22,82
	41,9379	2,0082	43,9461	43,4901	1,5522	22,71	
PA - IV	42,6404	2,4255	45,0659	44,9705	2,3301	3,93	3,75
	42,4786	2,0239	44,5025	44,4305	1,9519	3,56	

Tratamiento	Volumen de Tiosulfato 0,1 N (mL)	Peso del cuero (g)	Factor	Óxido de Cromo - Cr ₂ O ₃ (%)	Humedad (%)	Materia seca (%)	Óxido de Cromo - Cr ₂ O ₃ BS (%)
PA I	5,1	1,0087	0,2534	1,28	64,79	35,21	3,64
	14,4	1,0296	0,2534	3,54	3,86	96,14	3,69
PA II	5,0	1,0072	0,2534	1,26	64,96	35,04	3,59
	15,4	1,1311	0,2534	3,45	4,11	95,89	3,60
PA III	10,8	1,0026	0,2534	2,73	22,82	77,18	3,54
	10,7	1,0055	0,2534	2,70	22,82	77,18	3,49
PA IV	4,6	1,0034	0,2534	1,16	67,84	32,16	3,61
	14,4	1,0560	0,2534	3,46	3,75	96,25	3,59

NOTA 1: El ensayo para el Proceso tradicional fue realizado por: TANQUÍMICA INDÚSTRIA E COMÉRCIO Ltda.

NOTA 2: Todos los ensayos, a excepción del correspondiente al Proceso tradicional, fueron realizados en Laboratorio de Análisis Químico del Departamento Académico de Química de la UNALM.

NOTA 3: BS = Base Seca.

- Determinación de materias solubles en diclorometano (MSD).

Humedad y determinación de materias solubles en diclorometano.

Muestra	Peso Placa	gr. de Muestra M1	Placa + Muestra	Peso final	M2	% Humedad	Promedio
Determinación de Humedad (Muestra Seca)							
PA - I	48,6258	1,0010	49,6268	49,5108	0,8850	11,5884	11,22
	41,9936	1,0098	43,0034	42,8939	0,9003	10,8437	
PA - II	51,2610	2,1470	53,408	53,3242	2,0632	3,90	4,11
	48,6165	2,0023	50,6188	50,5324	1,9159	4,32	
	46,5224	1,0189	47,5413	47,4150	0,8926	12,3957	12,29
41,7288	1,0106	42,7394	42,6162	0,8874	12,1908		
PA - III	48,1817	2,0061	50,1878	49,7279	1,5462	22,93	22,82
	41,9379	2,0082	43,9461	43,4901	1,5522	22,71	
PA - IV	42,6404	2,4255	45,0659	44,9705	2,3301	3,93	3,75
	42,4786	2,0239	44,5025	44,4305	1,9519	3,56	

Tratamiento	Peso de muestra M0 (g)	Peso del balón inicial (g)	Peso balón final (g)	M1	Humedad (%)	Materia Seca (%)	F	MSD (%)	MSD (BS) (%)
PA I	10,0001	103,0861	103,1032	0,0171	11,22	88,78	1,13	0,19	0,22
	10,0532	103,5334	103,5526	0,0192	11,22	88,78	1,13	0,22	0,24
PA II	10,0370	103,0804	103,0982	0,0178	4,11	95,89	1,04	0,18	0,19
	10,0087	103,5720	103,5863	0,0143	12,29	87,71	1,14	0,16	0,19
PA III	10,0046	89,7115	89,9037	0,1922	22,82	77,18	1,30	2,49	3,23
	10,0141	103,5310	103,7480	0,2170	22,82	77,18	1,30	2,81	3,64
PA IV	10,1383	89,7120	89,7369	0,0249	3,75	96,25	1,04	0,26	0,27
	10,0688	99,1542	99,1780	0,0238	3,75	96,25	1,04	0,25	0,26

NOTA 1: El ensayo para el Proceso tradicional fue realizado por: TANQUÍMICA INDÚSTRIA E COMÉRCIO Ltda.

NOTA 2: Todos los ensayos, a excepción del correspondiente al Proceso tradicional, fueron realizados en Laboratorio de Análisis Químico del Departamento Académico de Química de la UNALM.

NOTA 3: BS = Base Seca.

- Determinación de sustancia dérmica (SD).

Humedad y determinación de sustancia dérmica.

Muestra	Peso Placa	gr. de Muestra M1	Placa + Muestra	Peso final	M2	% Humedad	Promedio
Determinación de Humedad (Muestra Seca)							
PA - I	41,7736	2,0670	43,8406	43,7670	1,9934	3,56	3,86
	41,7936	2,0586	43,8522	43,7666	1,9730	4,16	
PA - II	51,2610	2,1470	53,408	53,3242	2,0632	3,90	4,11
	48,6165	2,0023	50,6188	50,5324	1,9159	4,32	
PA - III	48,1817	2,0061	50,1878	49,7279	1,5462	22,93	22,82
	41,9379	2,0082	43,9461	43,4901	1,5522	22,71	
PA - IV	42,6404	2,4255	45,0659	44,9705	2,3301	3,93	3,75
	42,4786	2,0239	44,5025	44,4305	1,9519	3,56	

Tratamiento	Peso muestra (g)	Volumen gastado (mL)	Normalidad HCl	Humedad (%)	Materia Seca (%)	Nitrógeno (%)	Nitrógeno BS (%)	Cte	SD (%)
PA - I	0,4050	71,0	0,051000	3,86	96,14	12,5170	13,02	5,62	73,17
	0,4069	70,9	0,051000	3,86	96,14	12,4410	12,94	5,62	72,73
PA - II	0,4029	70,0	0,051039	4,11	95,89	12,4145	12,95	5,62	72,76
	0,2042	34,7	0,051039	4,11	95,89	12,1424	12,66	5,62	71,17
PA - III	0,2012	31,1	0,0527504	22,82	77,18	11,4153	14,79	5,62	83,12
	0,2048	31,7	0,0527504	22,82	77,18	11,4310	14,81	5,62	83,24
PA - IV	0,4019	64,9	0,051039	3,75	96,25	11,5387	11,99	5,62	67,37
	0,2015	32,9	0,051039	3,75	96,25	11,6668	12,12	5,62	68,12

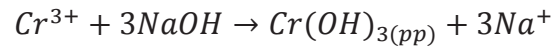
NOTA 1: El ensayo para el Proceso tradicional fue realizado por: TANQUÍMICA INDÚSTRIA E COMÉRCIO Ltda.

NOTA 2: Todos los ensayos, a excepción del correspondiente al Proceso tradicional, fueron realizados en Laboratorio de Análisis Químico del Departamento Académico de Química de la UNALM.

NOTA 3: BS = Base Seca.

- Análisis del tratamiento de efluentes.

La cantidad de hidróxido de sodio que se necesita aplicar para remover el cromo del efluente se determinó por estequiometria. A continuación se detallan las formulas:



$$Cantidad\ de\ NaOH = \frac{[Concentración\ Inicial\ de\ Cromo] \times 3 \times 40}{Peso\ molecular\ del\ Cromo}$$

- Proceso tradicional.

$$Cantidad\ de\ NaOH = \left[\frac{2000 \times 3 \times 40}{51,996} \right] \times 10^{-3} = 4,615 \approx 5\ g\ NaOH$$

Efluente de la etapa de curtido del proceso tradicional tratado con hidróxido de sodio.

Código	Volumen de Efluente (L)	NaOH (g)	NaOH (g/L)	Dilución	Lectura	Cromo total (mg/L)	pH (Unidad de pH)		
M - 0	0,50	0,00	0,00	10000	0,2	2000,00	2000,00	3,10	3,10
				10000	0,2	2000,00		3,10	
M - 1	0,50	2,50	5,00	100	0,23	23,00	22,50	9,26	9,23
				100	0,22	22,00		9,20	
M - 2	0,50	5,00	10,00	100	0,32	32,00	31,50	12,87	12,91
				100	0,31	31,00		12,94	
M - 3	0,50	10,00	20,00	5000	0,05	250,00	250,00	13,20	13,23
				5000	0,05	250,00		13,25	
M - 4	0,50	1,50	3,00	5000	0,10	500,00	500,00	5,74	5,72
				5000	0,10	500,00		5,69	
M - 5	0,50	0,75	1,50	5000	0,36	1800,00	1800,00	4,98	4,95
				5000	0,36	1800,00		4,92	
M - 6	0,50	2,00	4,00	100	0,30	30,00	29,50	8,42	8,46
				100	0,29	29,00		8,49	
M - 7	0,50	2,25	4,50	100	0,27	27,00	26,50	9,34	9,32
				100	0,26	26,00		9,30	
M - 8	0,50	3,00	6,00	100	0,26	26,00	26,00	11,78	11,81
				100	0,26	26,00		11,84	
M - 9	0,50	3,50	7,00	100	0,13	13,00	12,50	12,38	12,35
				100	0,12	12,00		12,31	
M - 10	0,50	2,75	5,50	100	0,03	3,00	2,50	10,74	10,71
				100	0,02	2,00		10,68	

- Proceso alternativo I.

$$\text{Cantidad de NaOH} = \left[\frac{500 \times 3 \times 40}{51,996} \right] \times 10^{-3} = 1,153 \approx 2 \text{ g NaOH}$$

Efluente de la etapa de curtido del proceso alternativo I tratado con hidróxido de sodio.

Código	Volumen de Efluente (L)	NaOH (g)	NaOH (g/L)	Dilución	Lectura	Cromo total (mg/L)		pH (Unidad de pH)	
M - 0	0,50	0,00	0,00	5000	0,1	500,00	500,00	4,43	4,43
				5000	0,10	500,00		4,43	
M - 1	0,50	2,000	4,00	1	0,02	0,02	0,03	12,05	12,08
				1	0,04	0,04		12,11	
M - 2	0,50	1,000	2,00	1	0,03	0,03	0,03	9,38	9,35
				1	0,02	0,02		9,31	
M - 3	0,50	0,500	1,00	50	0,43	21,50	21,25	6,99	7,03
				50	0,42	21,00		7,07	
M - 4	0,50	4,000	8,00	1	0,21	0,21	0,23	12,58	12,55
				1	0,24	0,24		12,51	
M - 5	0,50	0,125	0,25	5000	0,06	300,00	300,00	4,67	4,71
				5000	0,06	300,00		4,74	
M - 6	0,50	0,250	0,50	5000	0,04	200,00	200,00	5,14	5,11
				5000	0,04	200,00		5,08	
M - 7	0,50	1,500	3,00	1	0,01	0,01	0,01	11,02	10,99
				1	0,01	0,01		10,95	

- Proceso alternativo II.

$$\text{Cantidad de NaOH} = \left[\frac{650 \times 3 \times 40}{51,996} \right] \times 10^{-3} = 1,500 \approx 2 \text{ g NaOH}$$

Efluente de la etapa de curtido del proceso alternativo II tratado con hidróxido de sodio.

Código	Volumen de Efluente (mL)	NaOH (g)	NaOH (g/L)	Dilución	Lectura	Cromo total (mg/L)		pH (Unidad de pH)	
M - 0	50	0,000	0,00	5000	0,13	650,00	650,00	4,39	4,39
				5000	0,13	650,00		4,39	
M - 1	50	0,125	2,50	1	0,09	0,09	0,11	9,12	9,16
				1	0,12	0,12		9,19	
M - 2	50	0,250	5,00	1	0,27	0,27	0,25	12,13	12,16
				1	0,23	0,23		12,19	
M - 3	50	0,500	10,00	1	0,48	0,48	0,47	12,78	12,74
				1	0,45	0,45		12,70	
M - 4	50	1,000	20,00	4	0,16	0,64	0,62	12,98	12,95
				4	0,15	0,60		12,91	
M - 5	50	2,000	40,00	4	0,18	0,72	0,72	13,01	13,06
				4	0,18	0,72		13,10	
M - 6	50	4,000	80,00	4	0,25	1,00	0,98	12,81	12,78
				4	0,24	0,96		12,75	

- Proceso alternativo III.

$$\text{Cantidad de NaOH} = \left[\frac{200 \times 3 \times 40}{51,996} \right] \times 10^{-3} = 0,461 \approx 0,5 \text{ g NaOH}$$

Efluente de la etapa de curtido del proceso alternativo III tratado con hidróxido de sodio.

Código	Volumen de Efluente (mL)	NaOH (g)	NaOH (g/L)	Dilución	Lectura	Cromo total (mg/L)		pH (Unidad de pH)	
M - 0	50	0,000	0,00	5000	0,04	200,00	200,00	4,39	4,35
				5000	0,04	200,00		4,30	
M - 1	50	0,030	0,60	1	0,00	0,00	N.D.	7,40	7,36
				1	0,00	0,00		7,31	
M - 2	50	0,060	1,20	1	0,00	0,00	N.D.	8,51	8,48
				1	0,00	0,00		8,45	
M - 3	50	0,125	2,50	1	0,05	0,05	0,06	9,10	9,14
				1	0,07	0,07		9,17	
M - 4	50	0,250	5,00	1	0,00	0,00	N.D.	11,60	11,65
				1	0,00	0,00		11,69	
M - 5	50	0,500	10,00	1	0,00	0,00	N.D.	12,45	12,49
				1	0,00	0,00		12,52	
M - 6	50	1,000	20,00	1	0,00	0,00	N.D.	12,60	12,63
				1	0,00	0,00		12,65	

N.D.: No detectado.

- Proceso alternativo IV.

$$\text{Cantidad de NaOH} = \left[\frac{100 \times 3 \times 40}{51,996} \right] \times 10^{-3} = 0,230 \text{ g NaOH}$$

Efluente de la etapa de curtido del proceso alternativo IV tratado con hidróxido de sodio.

Código	Volumen de Efluente (mL)	NaOH (g)	NaOH (g/L)	Dilución	Lectura	Cromo total (mg/L)		pH (Unidad de pH)	
M - 0	50	0,000	0,00	5000	0,02	100,00	100,00	4,69	4,69
				5000	0,02	100,00		4,69	
M - 1	50	0,010	0,20	1	0,05	0,05	0,04	6,79	6,76
				1	0,03	0,03		6,73	
M - 2	50	0,025	0,50	1	0,00	0,00	N.D.	9,30	9,27
				1	0,00	0,00		9,23	
M - 3	50	0,055	1,10	1	0,00	0,00	N.D.	9,97	9,94
				1	0,00	0,00		9,91	
M - 4	50	0,115	2,30	1	0,00	0,00	N.D.	12,13	12,17
				1	0,00	0,00		12,21	
M - 5	50	0,230	4,60	1	0,00	0,00	N.D.	12,63	12,59
				1	0,00	0,00		12,55	
M - 6	50	0,460	9,20	1	0,00	0,00	N.D.	12,83	12,86
				1	0,00	0,00		12,88	

N.D.: No detectado.

- Caracterización de efluentes.

- Contenido de cromo.

En primer lugar se tiene que:

$$\text{Cromo total} = \text{Cr}^{3+} + \text{Cr}^{6+}$$

Como ya se demostró, el cromo hexavalente no se llega a formar pues no existen las condiciones óptimas para su formación, por lo que se tiene que:

$$\text{Cr}^{6+} \approx 0,00 \frac{\text{mg}}{\text{L}}; \text{Cromo total} = \text{Cr}^{3+}$$

Determinación de la concentración de cromo en el lodo

Procesos	Cromo total inicial (mg)	Cromo total Final (mg/L)	Contenido de cromo (mg)	Cromo total (g)	Cr(OH) ₃ (g)
Proceso tradicional	1000,00	0,56814	999,432	0,09994	0,19797
Proceso alternativo I	250,00	0,00536	249,995	0,02500	0,04952
Proceso alternativo II	32,50	0,00195	32,498	0,00325	0,00644
Proceso alternativo III	10,00	0,00000	10,000	0,00100	0,00198
Proceso alternativo IV	5,00	0,00053	4,999	0,00050	0,00099

Peso molecular del Cromo: 51,996 g

Peso molecular del Cr(OH)₃: 102,996 g

$$\text{Cantidad de Cr(OH)}_3 = \frac{\text{Peso del cromo} \times \text{Peso molecular del Cr(OH)}_3}{\text{Peso Molecular del Cromo}}$$

- Contenido de proteínas.

Humedad y contenido proteico del lodo formado por el tratamiento con hidróxido de sodio

Tratamiento	Peso placa (g)	Muestra M1 (g)	Placa + Muestra (g)	Peso final (g)	M2	Humedad (%)	Promedio Humedad (%)
Proceso tradicional	48,1814	1,0074	49,1888	48,3381	0,1567	84,45	84,29
	41,8655	1,0060	42,8715	42,0252	0,1597	84,13	
Proceso alternativo I	41,7328	1,0067	42,7395	41,8321	0,0993	90,14	90,17
	40,6234	1,0061	41,6295	40,7220	0,0986	90,20	
Proceso alternativo II	43,1395	1,0054	44,1449	43,2467	0,1072	89,34	89,20
	39,4116	1,0053	40,4169	39,5216	0,1100	89,06	
Proceso alternativo III	42,4098	1,1136	43,5234	42,5545	0,1447	87,01	86,97
	41,2744	1,0424	42,3168	41,4105	0,1361	86,94	
Proceso alternativo IV	42,0086	0,9972	43,0058	42,0966	0,0880	91,18	91,41
	40,7360	1,0014	41,7374	40,8196	0,0836	91,65	

Tratamiento	Peso muestra (g)	Volumen gastado (mL)	Normalidad HCl	Humedad (%)	Materia Seca (%)	Nitrógeno (%)	Nitrógeno BS (%)	Cte	Proteínas (%)	Proteínas Promedio (%)	Desviación estándar	Volumen del precipitado (g)	Proteínas (g)
Proceso tradicional	0,4533	1,0	0,0527504	84,29	15,71	0,1629	1,04	6,25	6,48	6,47	0,00707	227	14,72
	0,5448	1,2	0,0527504	84,29	15,71	0,1627	1,04	6,25	6,47				
Proceso alternativo I	0,4686	0,9	0,0527504	90,17	9,83	0,1418	1,44	6,25	9,02	9,06	0,06364	179	16,21
	0,4636	0,9	0,0527504	90,17	9,83	0,1434	1,46	6,25	9,11				
Proceso alternativo II	0,5737	1,2	0,0527504	89,20	10,80	0,1545	1,43	6,25	8,94	9,10	0,22627	18	1,62
	0,5075	1,1	0,0527504	89,20	10,80	0,1601	1,48	6,25	9,26				
Proceso alternativo III	0,5601	1,3	0,0527504	86,97	13,03	0,1714	1,32	6,25	8,22	8,27	0,06364	10	0,79
	0,4690	1,1	0,0527504	86,97	13,03	0,1732	1,33	6,25	8,31				
Proceso alternativo IV	0,5212	1,2	0,0527504	91,41	8,59	0,1700	1,98	6,25	12,38	12,64	0,36770	13	1,69
	0,2916	0,7	0,0527504	91,41	8,59	0,1773	2,06	6,25	12,90				

NOTA 1: BS = Base Seca.

Fuente: Elaboración propia.

Humedad y contenido proteico del efluente de curtido de los procesos desarrollados.

Tratamiento	Peso placa (g)	Muestra MI (g)	Placa + Muestra (g)	Peso final (g)	M2	Humedad (%)	Promedio Humedad (%)
Proceso tradicional	41,7289	12,9015	54,6304	42,6876	0,9587	92,57	92,55
	43,1373	10,8539	53,9912	43,9473	0,8100	92,54	
Proceso alternativo I	39,5849	11,8419	51,4268	40,2450	0,6601	94,43	94,43
	39,4105	10,4172	49,8277	39,9908	0,5803	94,43	
Proceso alternativo II	41,8625	10,4189	52,2814	42,5510	0,6885	93,39	93,39
	42,2945	12,8125	55,1070	43,1424	0,8479	93,38	
Proceso alternativo III	40,6237	10,1272	50,7509	41,3952	0,7715	92,38	92,38
	41,7963	10,5473	52,3436	42,5995	0,8032	92,38	
Proceso alternativo IV	47,5329	10,7958	58,3287	47,9792	0,4463	95,87	95,86
	51,2270	12,4501	63,6771	51,7422	0,5152	95,86	

Tratamiento	Peso muestra (g)	Volumen gastado (mL)	Normalidad HCl	Humedad (%)	Materia Seca (%)	Nitrógeno (%)	Nitrógeno BS (%)	Cte	Proteínas (%)	Proteínas Promedio (%)	Desviación estándar	Volumen de análisis (L)	Volumen expresado en masa (g)	Proteínas (g)
PT	9,0867	6,8	0,0527504	92,55	7,45	0,0553	0,74	6,25	4,64	4,87	0,33234	0,5	500	24,38
	8,2557	6,8	0,0527504	92,55	7,45	0,0608	0,82	6,25	5,11					
PA I	9,1518	6,6	0,0527504	94,43	5,57	0,0533	0,96	6,25	5,97	5,86	0,15556	0,5	500	29,30
	9,5145	6,6	0,0527504	94,43	5,57	0,0512	0,92	6,25	5,75					
PA II	7,4810	6,3	0,0527504	93,39	6,61	0,0622	0,94	6,25	5,88	5,70	0,25456	0,05	50	2,85
	8,8530	7,0	0,0527504	93,39	6,61	0,0584	0,88	6,25	5,52					
PA III	8,1768	5,7	0,0527504	92,38	7,62	0,0515	0,68	6,25	4,22	4,17	0,07071	0,05	50	2,09
	8,8350	6,0	0,0527504	92,38	7,62	0,0502	0,66	6,25	4,12					
PA IV	9,8306	5,3	0,0527504	95,86	4,14	0,0398	0,96	6,25	6,02	6,02	0,00000	0,05	50	3,01
	9,8306	5,3	0,0527504	95,86	4,14	0,0398	0,96	6,25	6,02					

NOTA I: BS = Base Seca.
 (*): Densidad del líquido: 1 g/mL.
 Fuente: Elaboración propia.

Humedad y contenido proteico del efluente del tratamiento con hidróxido de sodio.

Tratamiento	Peso placa (g)	Muestra M1 (g)	Placa + Muestra (g)	Peso final (g)	M2	Humedad (%)	Promedio Humedad (%)
Proceso tradicional	40,4282	12,9200	53,3482	41,3932	0,9650	92,53	92,53
	42,9666	12,8377	55,8043	43,9268	0,9602	92,52	
Proceso alternativo I	48,1801	12,0550	60,2351	48,8378	0,6577	94,54	94,54
	52,9045	10,1671	63,0716	53,4599	0,5554	94,54	
Proceso alternativo II	51,2456	10,2221	61,4677	51,8932	0,6476	93,66	93,68
	43,1481	10,2612	53,4093	43,7960	0,6479	93,69	
Proceso alternativo III	42,9803	16,1828	59,1631	44,1575	1,1772	92,73	92,72
	42,0317	12,3724	54,4041	42,9325	0,9008	92,72	
Proceso alternativo IV	39,6602	14,5282	54,1884	40,2508	0,5906	95,93	95,93
	42,0080	10,0776	52,0856	42,4195	0,4115	95,92	

Tratamiento	Peso muestra (g)	Volumen gastado (mL)	Normalidad HCl	Humedad (%)	Materia Seca (%)	Nitrógeno (%)	Nitrógeno BS (%)	Cte	Proteínas (%)	Proteínas Promedio (%)	Desviación estándar	Volumen de análisis (L)	Volumen expresado en masa (g)	Proteínas (g)
PT	9,1679	4,1	0,0527504	92,53	7,47	0,0330	0,44	6,25	2,76	2,76	0,00000	0,350	350	9,66
	8,9434	4,0	0,0527504	92,53	7,47	0,0330	0,44	6,25	2,76					
PA I	9,9171	4,5	0,0527504	94,54	5,46	0,0335	0,61	6,25	3,84	3,74	0,14142	0,350	350	13,09
	10,4603	4,5	0,0527504	94,54	5,46	0,0318	0,58	6,25	3,64					
PA II	11,0190	5,4	0,0527504	93,68	6,32	0,0362	0,57	6,25	3,58	3,52	0,08485	0,035	35	1,23
	9,4829	4,5	0,0527504	93,68	6,32	0,0350	0,55	6,25	3,46					
PA III	10,1732	6,0	0,0527504	92,72	7,28	0,0436	0,60	6,25	3,74	3,69	0,07071	0,035	35	1,29
	10,2821	5,9	0,0527504	92,72	7,28	0,0424	0,58	6,25	3,64					
PA IV	10,7956	3,5	0,0527504	95,93	4,07	0,0239	0,59	6,25	3,67	3,78	0,14849	0,035	35	1,32
	9,6379	3,3	0,0527504	95,93	4,07	0,0253	0,62	6,25	3,88					

NOTA I: BS = Base Seca.

(*): Densidad del líquido: 1 g/ml.

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 7: Análisis estadístico.

- Análisis de la calidad del cuero.
- Determinación química del contenido en óxido de cromo.

Relación de tratamiento y Procesos de la etapa de curtido.

Tratamiento	Proceso	Óxido de cromo (%)
1,00	Proceso tradicional	3,98
		4,14
		4,06
2,00	Proceso alternativo I	3,64
		3,69
3,00	Proceso alternativo II	3,59
		3,60
4,00	Proceso alternativo III	3,54
		3,49
5,00	Proceso alternativo IV	3,61
		3,59

Análisis descriptivo de la Determinación química del contenido en óxido de cromo.

Tratamiento	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
1,00	3	4,0600	,08000	,04619	3,8613	4,2587	3,98	4,14
2,00	2	3,6650	,03536	,02500	3,3473	3,9827	3,64	3,69
3,00	2	3,5950	,00707	,00500	3,5315	3,6585	3,59	3,60
4,00	2	3,5150	,03536	,02500	3,1973	3,8327	3,49	3,54
5,00	2	3,6000	,01414	,01000	3,4729	3,7271	3,59	3,61
Total	11	3,7209	,22638	,06826	3,5688	3,8730	3,49	4,14

Análisis de variancia de la Determinación química del contenido en óxido de cromo

ANOVA (ANALYSIS OF VARIENCE)					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Significancia
Inter-grupos	,497	4	,124	47,936	,000
Intra-grupos	,016	6	,003		
Total	,512	10			

Análisis de la Prueba de Tukey para la Determinación química del contenido en óxido de cromo.

Comparaciones múltiples							
Variable dependiente: Óxido de Cromo							
Análisis	(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Significancia	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
HSD de Tukey	1,00	2,00	,39500*	,04647	,001	,2207	,5693
		3,00	,46500*	,04647	,000	,2907	,6393
		4,00	,54500*	,04647	,000	,3707	,7193
		5,00	,46000*	,04647	,000	,2857	,6343
	2,00	1,00	-,39500*	,04647	,001	-,5693	-,2207
		3,00	,07000	,05091	,662	-,1210	,2610
		4,00	,15000	,05091	,124	-,0410	,3410
		5,00	,06500	,05091	,713	-,1260	,2560
	3,00	1,00	-,46500*	,04647	,000	-,6393	-,2907
		2,00	-,07000	,05091	,662	-,2610	,1210
		4,00	,08000	,05091	,560	-,1110	,2710
		5,00	-,00500	,05091	1,000	-,1960	,1860
	4,00	1,00	-,54500*	,04647	,000	-,7193	-,3707
		2,00	-,15000	,05091	,124	-,3410	,0410
		3,00	-,08000	,05091	,560	-,2710	,1110
		5,00	-,08500	,05091	,511	-,2760	,1060
	5,00	1,00	-,46000*	,04647	,000	-,6343	-,2857
		2,00	-,06500	,05091	,713	-,2560	,1260
		3,00	,00500	,05091	1,000	-,1860	,1960
		4,00	,08500	,05091	,511	-,1060	,2760

(*): La diferencia de medias es significativa al 0,05.

- Determinación de materias solubles en diclorometano.

Relación de tratamiento y Procesos de la etapa de curtido.

Tratamiento	Proceso	Materia soluble en diclorometano (%)
1,00	Proceso tradicional	1,02
		0,95
		0,71
2,00	Proceso alternativo I	0,22
		0,24
3,00	Proceso alternativo II	0,19
		0,19
4,00	Proceso alternativo III	3,23
		3,64
5,00	Proceso alternativo IV	0,27
		0,26

Análisis descriptivo de la Determinación de materias solubles en diclorometano.

Tratamiento	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
1,00	3	,8933	,16258	,09387	,4895	1,2972	,71	1,02
2,00	2	,2300	,01414	,01000	,1029	,3571	,22	,24
3,00	2	,1900	,00000	,00000	,1900	,1900	,19	,19
4,00	2	3,4350	,28991	,20500	,8302	6,0398	3,23	3,64
5,00	2	,2650	,00707	,00500	,2015	,3285	,26	,27
Total	11	,9927	1,24930	,37668	,1534	1,8320	,19	3,64

Análisis de variancia de la Determinación de materias solubles en diclorometano.

ANOVA (ANALYSIS OF VARIENCE)					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Significancia
Inter-grupos	15,470	4	3,868	169,179	,000
Intra-grupos	,137	6	,023		
Total	15,608	10			

Análisis de la Prueba de Tukey para la Determinación de materias solubles en diclorometano.

Comparaciones múltiples							
Variable dependiente: Materias Solubles en Diclorometano							
Análisis	(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Significancia	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
HSD de Tukey	1,00	2,00	,66333*	,13803	,017	,1456	1,1811
		3,00	,70333*	,13803	,013	,1856	1,2211
		4,00	-2,54167*	,13803	,000	-3,0594	-2,0239
		5,00	,62833*	,13803	,021	,1106	1,1461
	2,00	1,00	-,66333*	,13803	,017	-1,1811	-,1456
		3,00	,04000	,15120	,999	-,5272	,6072
		4,00	-3,20500*	,15120	,000	-3,7722	-2,6378
		5,00	-,03500	,15120	,999	-,6022	,5322
	3,00	1,00	-,70333*	,13803	,013	-1,2211	-,1856
		2,00	-,04000	,15120	,999	-,6072	,5272
		4,00	-3,24500*	,15120	,000	-3,8122	-2,6778
		5,00	-,07500	,15120	,985	-,6422	,4922
	4,00	1,00	2,54167*	,13803	,000	2,0239	3,0594
		2,00	3,20500*	,15120	,000	2,6378	3,7722
		3,00	3,24500*	,15120	,000	2,6778	3,8122
		5,00	3,17000*	,15120	,000	2,6028	3,7372
	5,00	1,00	-,62833*	,13803	,021	-1,1461	-,1106
		2,00	,03500	,15120	,999	-,5322	,6022
		3,00	,07500	,15120	,985	-,4922	,6422
		4,00	-3,17000*	,15120	,000	-3,7372	-2,6028

(*): La diferencia de medias es significativa al 0,05.

- Determinación de sustancia dérmica.

Relación de tratamiento y Procesos de la etapa de curtido.

Tratamiento	Proceso	Sustancia dérmica (%)
1,00	Proceso tradicional	76,78
		75,71
		80,22
2,00	Proceso alternativo I	73,17
		72,73
3,00	Proceso alternativo II	72,76
		71,17
4,00	Proceso alternativo III	83,12
		83,24
5,00	Proceso alternativo IV	67,37
		68,12

Análisis descriptivo de la Determinación de sustancia dérmica.

Tratamiento	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
1,00	3	77,5700	2,35650	1,36053	71,7161	83,4239	75,71	80,22
2,00	2	72,9500	,31113	,22000	70,1546	75,7454	72,73	73,17
3,00	2	71,9650	1,12430	,79500	61,8636	82,0664	71,17	72,76
4,00	2	83,1800	,08485	,06000	82,4176	83,9424	83,12	83,24
5,00	2	67,7450	,53033	,37500	62,9802	72,5098	67,37	68,12
Total	11	74,9445	5,46314	1,64720	71,2744	78,6147	67,37	83,24

Análisis de variancia de la Determinación de sustancia dérmica.

ANOVA (ANALYSIS OF VARIENCE)					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Significancia
Inter-grupos	285,703	4	71,426	33,598	,000
Intra-grupos	12,755	6	2,126		
Total	298,459	10			

Análisis de la Prueba de Tukey para la Determinación de sustancia dérmica.

Comparaciones múltiples							
Variable dependiente: Sustancia Dérmica							
Análisis	(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Significancia	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
HSD de Tukey	1,00	2,00	4,62000	1,33101	,068	-,3728	9,6128
		3,00	5,60500*	1,33101	,030	,6122	10,5978
		4,00	-5,61000*	1,33101	,030	-10,6028	-,6172
		5,00	9,82500*	1,33101	,002	4,8322	14,8178
	2,00	1,00	-4,62000	1,33101	,068	-9,6128	,3728
		3,00	,98500	1,45805	,955	-4,4843	6,4543
		4,00	-10,23000*	1,45805	,002	-15,6993	-4,7607
		5,00	5,20500	1,45805	,061	-,2643	10,6743
	3,00	1,00	-5,60500*	1,33101	,030	-10,5978	-,6122
		2,00	-,98500	1,45805	,955	-6,4543	4,4843
		4,00	-11,21500*	1,45805	,002	-16,6843	-5,7457
		5,00	4,22000	1,45805	,132	-1,2493	9,6893
	4,00	1,00	5,61000*	1,33101	,030	,6172	10,6028
		2,00	10,23000*	1,45805	,002	4,7607	15,6993
		3,00	11,21500*	1,45805	,002	5,7457	16,6843
		5,00	15,43500*	1,45805	,000	9,9657	20,9043
	5,00	1,00	-9,82500*	1,33101	,002	-14,8178	-4,8322
		2,00	-5,20500	1,45805	,061	-10,6743	,2643
		3,00	-4,22000	1,45805	,132	-9,6893	1,2493
		4,00	-15,43500*	1,45805	,000	-20,9043	-9,9657

(*): La diferencia de medias es significativa al 0,05.

- Determinación de pH.

Relación de tratamiento y Procesos de la etapa de curtido.

Tratamiento	Proceso	pH (Unidad de pH)
1,00	Proceso Tradicional	3,37
		3,48
		3,49
2,00	Proceso Alternativo I	4,45
		4,46
3,00	Proceso Alternativo II	4,58
		4,57
4,00	Proceso Alternativo III	4,11
		4,12
5,00	Proceso Alternativo IV	4,52
		4,53

Análisis descriptivo de la Determinación de pH.

Tratamiento	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
1,00	3	3,4467	,06658	,03844	3,2813	3,6121	3,37	3,49
2,00	2	4,4550	,00707	,00500	4,3915	4,5185	4,45	4,46
3,00	2	4,5750	,00707	,00500	4,5115	4,6385	4,57	4,58
4,00	2	4,1150	,00707	,00500	4,0515	4,1785	4,11	4,12
5,00	2	4,5250	,00707	,00500	4,4615	4,5885	4,52	4,53
Total	11	4,1527	,48208	,14535	3,8289	4,4766	3,37	4,58

Análisis de variancia de la Determinación de pH.

ANOVA (ANALYSIS OF VARIENCE)					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Significancia
Inter-grupos	2,315	4	,579	382,988	,000
Intra-grupos	,009	6	,002		
Total	2,324	10			

Análisis de la Prueba de Tukey para la Determinación pH.

Comparaciones múltiples							
Variable dependiente: pH							
Análisis	(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Significancia	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
HSD de Tukey	1,00	2,00	-1,00833*	,03549	,000	-1,1414	-,8752
		3,00	-1,12833*	,03549	,000	-1,2614	-,9952
		4,00	-,66833*	,03549	,000	-,8014	-,5352
		5,00	-1,07833*	,03549	,000	-1,2114	-,9452
	2,00	1,00	1,00833*	,03549	,000	,8752	1,1414
		3,00	-,12000	,03887	,106	-,2658	,0258
		4,00	,34000*	,03887	,001	,1942	,4858
		5,00	-,07000	,03887	,450	-,2158	,0758
	3,00	1,00	1,12833*	,03549	,000	,9952	1,2614
		2,00	,12000	,03887	,106	-,0258	,2658
		4,00	,46000*	,03887	,000	,3142	,6058
		5,00	,05000	,03887	,709	-,0958	,1958
	4,00	1,00	,66833*	,03549	,000	,5352	,8014
		2,00	-,34000*	,03887	,001	-,4858	-,1942
		3,00	-,46000*	,03887	,000	-,6058	-,3142
		5,00	-,41000*	,03887	,000	-,5558	-,2642
	5,00	1,00	1,07833*	,03549	,000	,9452	1,2114
		2,00	,07000	,03887	,450	-,0758	,2158
		3,00	-,05000	,03887	,709	-,1958	,0958
		4,00	,41000*	,03887	,000	,2642	,5558

(*): La diferencia de medias es significativa al 0,05.

- Análisis del tratamiento de efluentes.

Relación de procesos desarrollados, tratamientos con respecto al cromo total y pH.

Proceso	Tratamiento	Codificación	Cromo total (mg/L)		pH (Unidad de pH)	
Proceso tradicional	1	M - 10	3,00	2,50	10,74	10,71
	1		2,00		10,68	
Proceso alternativo I	2	M - 2	0,03	0,03	9,38	9,35
	2		0,02		9,31	
Proceso alternativo II	3	M - 1	0,09	0,11	9,12	9,16
	3		0,12		9,19	
Proceso alternativo III	4	M - 2	0,00	0,00	7,31	7,36
	4		0,00		7,40	
Proceso alternativo IV	5	M - 1	0,05	0,04	6,79	6,76
	5		0,03		6,73	

Análisis descriptivo de la concentración de cromo total.

Tratamiento	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
1,00	2	2,5000	,70711	,50000	-3,8531	8,8531	2,00	3,00
2,00	2	,0250	,00707	,00500	-,0385	,0885	,02	,03
3,00	2	,1050	,02121	,01500	-,0856	,2956	,09	,12
4,00	2	,0000	,00000	,00000	,0000	,0000	,00	,00
5,00	2	,0400	,01414	,01000	-,0871	,1671	,03	,05
Total	10	,5340	1,06331	,33625	-,2266	1,2946	,00	3,00

Análisis de variancia de la concentración de cromo

ANOVA (ANALYSIS OF VARIENCE)					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Significancia
Inter-grupos	9,675	4	2,419	24,154	,002
Intra-grupos	,501	5	,100		
Total	10,176	9			

Análisis de la Prueba de Tukey para la concentración de cromo

Comparaciones múltiples							
Variable dependiente: Cromo							
Análisis	(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Significancia	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
HSD de Tukey	1,00	2,00	2,47500*	,31645	,003	1,2056	3,7444
		3,00	2,39500*	,31645	,003	1,1256	3,6644
		4,00	2,50000*	,31645	,003	1,2306	3,7694
		5,00	2,46000*	,31645	,003	1,1906	3,7294
	2,00	1,00	-2,47500*	,31645	,003	-3,7444	-1,2056
		3,00	-,08000	,31645	,999	-1,3494	1,1894
		4,00	,02500	,31645	1,000	-1,2444	1,2944
		5,00	-,01500	,31645	1,000	-1,2844	1,2544
	3,00	1,00	-2,39500*	,31645	,003	-3,6644	-1,1256
		2,00	,08000	,31645	,999	-1,1894	1,3494
		4,00	,10500	,31645	,996	-1,1644	1,3744
		5,00	,06500	,31645	,999	-1,2044	1,3344
	4,00	1,00	-2,50000*	,31645	,003	-3,7694	-1,2306
		2,00	-,02500	,31645	1,000	-1,2944	1,2444
		3,00	-,10500	,31645	,996	-1,3744	1,1644
		5,00	-,04000	,31645	1,000	-1,3094	1,2294
	5,00	1,00	-2,46000*	,31645	,003	-3,7294	-1,1906
		2,00	,01500	,31645	1,000	-1,2544	1,2844
		3,00	-,06500	,31645	,999	-1,3344	1,2044
		4,00	,04000	,31645	1,000	-1,2294	1,3094

(*): La diferencia de medias es significativa al 0,05.

Análisis descriptivo de la concentración de pH.

Tratamiento	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
1,00	2	10,7100	,04243	,03000	10,3288	11,0912	10,68	10,74
2,00	2	9,3450	,04950	,03500	8,9003	9,7897	9,31	9,38
3,00	2	9,1550	,04950	,03500	8,7103	9,5997	9,12	9,19
4,00	2	7,3550	,06364	,04500	6,7832	7,9268	7,31	7,40
5,00	2	6,7600	,04243	,03000	6,3788	7,1412	6,73	6,79
Total	10	8,6650	1,50819	,47693	7,5861	9,7439	6,73	10,74

Análisis de variancia de la concentración de pH.

ANOVA (ANALYSIS OF VARIENCE)					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Significancia
Inter-grupos	20,459	4	5,115	2037,779	,000
Intra-grupos	,013	5	,003		
Total	20,472	9			

Análisis de la Prueba de Tukey para la concentración de pH.

Comparaciones múltiples							
Variable dependiente: pH							
Análisis	(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Significancia	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
HSD de Tukey	1,00	2,00	1,36500*	,05010	,000	1,1640	1,5660
		3,00	1,55500*	,05010	,000	1,3540	1,7560
		4,00	3,35500*	,05010	,000	3,1540	3,5560
		5,00	3,95000*	,05010	,000	3,7490	4,1510
	2,00	1,00	-1,36500*	,05010	,000	-1,5660	-1,1640
		3,00	,19000	,05010	,062	-,0110	,3910
		4,00	1,99000*	,05010	,000	1,7890	2,1910
		5,00	2,58500*	,05010	,000	2,3840	2,7860
	3,00	1,00	-1,55500*	,05010	,000	-1,7560	-1,3540
		2,00	-,19000	,05010	,062	-,3910	,0110
		4,00	1,80000*	,05010	,000	1,5990	2,0010
		5,00	2,39500*	,05010	,000	2,1940	2,5960
	4,00	1,00	-3,35500*	,05010	,000	-3,5560	-3,1540
		2,00	-1,99000*	,05010	,000	-2,1910	-1,7890
		3,00	-1,80000*	,05010	,000	-2,0010	-1,5990
		5,00	,59500*	,05010	,000	,3940	,7960
	5,00	1,00	-3,95000*	,05010	,000	-4,1510	-3,7490
		2,00	-2,58500*	,05010	,000	-2,7860	-2,3840
		3,00	-2,39500*	,05010	,000	-2,5960	-2,1940
		4,00	-,59500*	,05010	,000	-,7960	-,3940

(*): La diferencia de medias es significativa al 0,05.

Anexo 8: Informes de ensayo del laboratorio.

LAUDO QUÍMICO N.º 1339/2012

AMOSTRA: COURO WET BLUE

IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA: "HELIANTHUS FALDA"

TOMADA DO PEDAÇO-DE-PROVA: DE RESPONSABILIDADE DO REQUISITANTE

DATA DE RECEBIMENTO DA AMOSTRA: 10/08/2012

EMPRESA: TANQUÍMICA INDÚSTRIA E COMÉRCIO Ltda.

Rua Genebra, n.º 344, Bairro Canudos

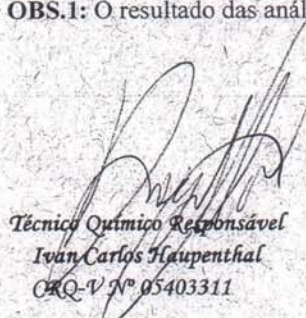
Novo Hamburgo - RS

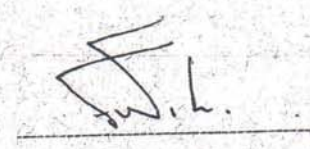
CEP 93 542 - 290

REQUISITANTE: Sr. RICARDO

ANÁLISES:	RESULTADOS:	MÉTODOS:
Determinação do Teor de Cromo	3,98 % Cr ₂ O ₃	NBR 11054/99
Determinação de Substâncias Solúveis em Diclorometano	1,02 %	NBR 11030/97
Determinação de Cálcio	0,15 % Ca ⁺²	NBR13732/96
Determinação de pH	3,37	NBR 11057/99
Determinação de Cifra Diferencial	0,43	NBR 11057/99
Determinação de Substância Dérmica	76,78 %	NBR 11065/99

OBS.1: O resultado das análises é expresso em base seca, exceto o de retração, pH e cifra.


Técnico Químico Responsável
Ivan Carlos Hauptenthal
CRQ-V N.º 05403311


Químico Responsável
Frederico Afonso Diefenthaler Weber
CRQ-V N.º 05200099

Estância Velha, 17 de Agosto de 2012.

Os resultados descritos neste laudo técnico têm significação restrita e correspondem *exclusivamente* à amostra recebida. Sua reprodução somente é permitida na íntegra; qualquer alteração só será válida com a autorização do laboratório emiteente.

LAUDO QUÍMICO N.º 1338/2012

AMOSTRA: COURO WET BLUE

IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA: "HELIANTHUS CUELO"

TOMADA DO PEDAÇO-DE-PROVA: DE RESPONSABILIDADE DO REQUISITANTE

DATA DE RECEBIMENTO DA AMOSTRA: 10/08/2012

EMPRESA: TANQUÍMICA INDÚSTRIA E COMÉRCIO Ltda.

Rua Genebra, n.º 344, Bairro Canudos.

Novo Hamburgo – RS

CEP 93 542 - 290

REQUISITANTE: Sr. RICARDO

ANÁLISES:	RESULTADOS:	MÉTODOS:
Determinação do Teor de Cromo	4,14 % Cr ₂ O ₃	NBR 11054/99
Determinação de Substâncias Solúveis em Diclorometano	0,95 %	NBR 11030/97
Determinação de Cálcio	0,27 % Ca ⁺²	NBR13732/96
Determinação de pH	3,48	NBR 11057/99
Determinação de Cifra Diferencial	0,37	NBR 11057/99
Determinação de Substância Dêrmica	75,71 %	NBR 11065/99

OBS.1: O resultado das análises é expresso em base seca, exceto o de retração, pH e cifra.


Técnico Químico Responsável
Ivan Carlos Hauptenthal
CRQ-V N.º 05403311


Químico Responsável
Frederico Afonso Diefenthaler Weber
CRQ-V N.º 05200099

Estância Velha, 17 de Agosto de 2012.

Os resultados descritos neste laudo técnico têm significação restrita e correspondem *exclusivamente à amostra recebida*. Sua reprodução somente é permitida na íntegra; qualquer alteração só será válida com a autorização do laboratório emitente.

LAUDO QUÍMICO N.º 1340/2012

AMOSTRA: COURO WET BLUE

IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA: "HELIANTHUS CULATA"

TOMADA DO PEDAÇO-DE-PROVA: DE RESPONSABILIDADE DO REQUISITANTE

DATA DE RECEBIMENTO DA AMOSTRA: 10/08/2012

EMPRESA: TANQUÍMICA INDÚSTRIA E COMÉRCIO Ltda.

Rua Genebra, n.º 344, Bairro Canudos

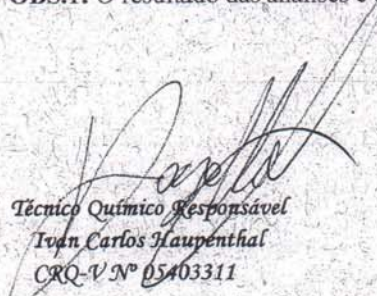
Novo Hamburgo - RS

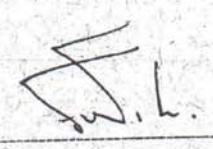
CEP 93 542 - 290

REQUISITANTE: Sr. RICARDO

ANÁLISES:	RESULTADOS:	MÉTODOS:
Determinação do Teor de Cromo	4,06 % Cr ₂ O ₃	NBR 11054/99
Determinação de Substâncias Solúveis em Diclorometano	0,71 %	NBR 11030/97
Determinação de Cálcio	0,28 % Ca ⁺²	NBR13732/96
Determinação de pH	3,49	NBR 11057/99
Determinação de Cifra Diferencial	0,37	NBR 11057/99
Determinação de Substância Dérmica	80,22 %	NBR 11065/99

OBS.1: O resultado das análises é expresso em base seca, exceto o de retração, pH e cifra.


Técnico Químico Responsável
Ivan Carlos Hauptenthal
CRQ-V N.º 05403311


Químico Responsável
Frederico Afonso Diefenthaler Weber
CRQ-V N.º 05200099

Estância Velha, 17 de Agosto de 2012.

Os resultados descritos neste laudo técnico têm significação restrita e correspondem exclusivamente à amostra recebida. Sua reprodução somente é permitida na íntegra; qualquer alteração só será válida com a autorização do laboratório emissor.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA



INFORME DE ENSAYOS
N° 034-2013-DQ

SOLICITANTE : HELIANTHUS S.A.C.
PRODUCTO DECLARADO : Wet blue (Tesis)
CANTIDAD RECIBIDA : 1 kg c/u
MARCA : S/M
FORMA DE PRESENTACIÓN : A granel.
MUESTREO POR : Muestra proporcionada por el representante del solicitante.
FECHA DE RECEPCIÓN : 21 de Setiembre 2012
ENSAYOS SOLICITADOS : FÍSICO/QUÍMICO.

ENSAYOS FÍSICO/QUÍMICOS:

ENSAYO	RESULTADOS			
	CÓDIGO DE MUESTRA			
	Proceso Alternativo I	Proceso Alternativo II	Proceso Alternativo III	Proceso Alternativo IV
1.- Oxido de Cromo, %	3,67	3,60	3,52	3,60
2.- Sustancia Dérmica, %	72,95	71,97	83,18	67,75
3.- Materia Soluble en Diclorometano, %	0,23	0,19	3,44	0,27
4.- Ph	4,46	4,58	4,12	4,53

Nota 1: El resultado de los análisis se expresa sobre una base seca, excepto para el pH

MÉTODOS UTILIZADOS EN EL LABORATORIO:

- 1.- NORMA TÉCNICA PERUANA NTP-ISO 5398-1 2008
- 2.- NORMA TÉCNICA PERUANA NTP-ISO 291.011:1970
- 3.- NORMA TÉCNICA PERUANA NTP-ISO 4048:2008
- 4.- NORMA TÉCNICA PERUANA NTP-ISO 4045:2008

Atentamente:

Mg. Sc. Juan Carlos Palma
JEFÉ DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO



Mg. Sc. Elva M. Ríos Ríos
JEF(E) DEL DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA



INFORME DE ENSAYOS
N° 035-2013-DQ

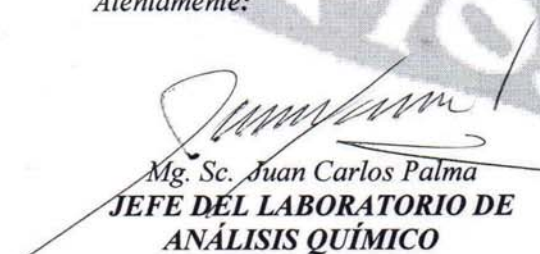
SOLICITANTE : HELLANTHUS S.A.C.
PRODUCTO DECLARADO : Efluente Varios (Tesis)
CANTIDAD RECIBIDA : 1 L c/u
MARCA : S/M
FORMA DE PRESENTACIÓN : A granel.
MUESTREADO POR : Muestra proporcionada por el representante del solicitante.
FECHA DE RECEPCIÓN : 19 de Julio 2012
ENSAYOS SOLICITADOS : FÍSICO/QUÍMICO.

ENSAYOS FÍSICO/QUÍMICOS:


Efluente de la Etapa de Curtido del Proceso Tradicional tratado con Hidróxido de Sodio		
Código	Cromo Total (mg/L)	pH
M-0	2 000,00	3,10
M-1	22,50	9,23
M-2	31,50	12,91
M-3	250,00	13,23
M-4	500,00	5,72
M-5	1 800,00	4,95
M-6	29,50	8,46
M-7	26,50	9,32
M-8	26,00	11,81
M-9	12,50	12,35
M-10	2,50	10,71

MÉTODO UTILIZADO EN EL LABORATORIO:
1.- HACH Method 8024
2.- Standard Methods 20th Edition 4500-H'

Atentamente:


Mg. Sc. Juan Carlos Palma
JEFE DEL LABORATORIO DE
ANÁLISIS QUÍMICO




Mg. Sc. Elva M. Ríos Ríos
JEFE (E) DEL DEPARTAMENTO
ACADÉMICO DE QUÍMICA



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA



INFORME DE ENSAYOS
N° 036-2013-DQ

SOLICITANTE : HELIANTHUS S.A.C.
PRODUCTO DECLARADO : Efluente Varios (Tesis)
CANTIDAD RECIBIDA : 1 L c/u
MARCA : S/M
FORMA DE PRESENTACIÓN : A granel.
MUESTREADO POR : Muestra proporcionada por el representante del solicitante.
FECHA DE RECEPCIÓN : 21 de Setiembre 2012
ENSAYOS SOLICITADOS : FÍSICO/QUÍMICO.

ENSAYOS FÍSICO/QUÍMICOS:

Efluente de la Etapa de Curtido del Proceso Alternativo I tratado con Hidróxido de Sodio

Código	Cromo Total (mg/L)	pH
M-0	500,00	4,43
M-1	0,03	12,08
M-2	0,03	9,35
M-3	21,25	7,03
M-4	0,23	12,55
M-5	300,00	4,71
M-6	200,00	5,11
M-7	0,01	10,99

MÉTODO UTILIZADO EN EL LABORATORIO:
1.- HACH Method 8024
2.- Standard Methods 20th Edition 4500-H⁺

Atentamente:

Mg. Sc. Juan Carlos Palma
**JEFE DEL LABORATORIO DE
ANÁLISIS QUÍMICO**



Mg. Sc. Silvia M. Ríos Ríos
**JEFE (a) DEL DEPARTAMENTO
ACADÉMICO DE QUÍMICA**



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA



INFORME DE ENSAYOS

N° 037-2013-DQ

SOLICITANTE : HELIANTHUS S.A.C.
PRODUCTO DECLARADO : Efluente Varios (Tesis)
CANTIDAD RECIBIDA : 1 L c/u
MARCA : S/M
FORMA DE PRESENTACIÓN : A granel.
MUESTREO POR : Muestra proporcionada por el representante del solicitante.
FECHA DE RECEPCIÓN : 11 de Octubre 2012
ENSAYOS SOLICITADOS : FÍSICO/QUÍMICO.

ENSAYOS FÍSICO/QUÍMICOS:

Efluente de la Etapa de Curtido del Proceso Alternativo II tratado con Hidróxido de Sodio

Código	Cromo Total (mg/L)	pH
M-0	650,00	4,39
M-1	0,11	9,16
M-2	0,25	12,16
M-3	0,47	12,74
M-4	0,62	12,95
M-5	0,72	13,06
M-6	0,98	12,78

MÉTODO UTILIZADO EN EL LABORATORIO:

- 1.- HACH Method 8024
- 2.- Standard Methods 20th Edition 4500-H'

Atentamente:

Mg. Sc. Juan Carlos Palma
**JEFE DEL LABORATORIO DE
ANÁLISIS QUÍMICO**



Mg. Elva M. Rios Rios
**(E) DEL DEPARTAMENTO
ACADÉMICO DE QUÍMICA**



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA



INFORME DE ENSAYOS
N° 038-2013-DQ

SOLICITANTE : HELIANTHUS S.A.C.
PRODUCTO DECLARADO : Efluente Varios (Tesis)
CANTIDAD RECIBIDA : 1 L c/u
MARCA : S/M
FORMA DE PRESENTACIÓN : A granel.
MUESTREO POR : Muestra proporcionada por el representante del solicitante.
FECHA DE RECEPCIÓN : 18 de Diciembre 2012
ENSAYOS SOLICITADOS : FÍSICO/QUÍMICO.

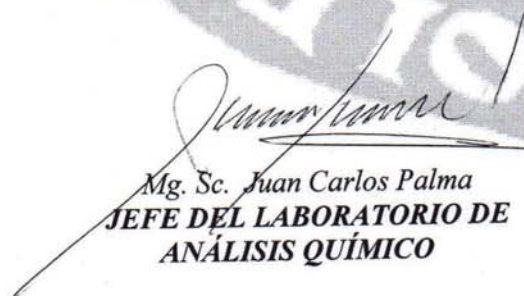
ENSAYOS FÍSICO/QUÍMICOS:

Efluente de la Etapa de Curtido del Proceso Alternativo III tratado con Hidróxido de Sodio


Código	Cromo Total (mg/L)	pH
M-0	200,00	4,35
M-1	0,00	7,36
M-2	0,00	8,48
M-3	0,06	9,14
M-4	0,00	11,65
M-5	0,00	12,49
M-6	0,00	12,63

MÉTODO UTILIZADO EN EL LABORATORIO:
1.- HACH Method 8024
2.- Standard Methods 20th Edition 4500-H⁺

Atentamente:


Mg. Sc. Juan Carlos Palma
JEFE DEL LABORATORIO DE
ANÁLISIS QUÍMICO




Mg. Sc. Elva M. Ríos Ríos
JEFE (E) DEL DEPARTAMENTO
ACADÉMICO DE QUÍMICA



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA



INFORME DE ENSAYOS
LASAQ N°488/ K-2012-DQ

SOLICITANTE : HELIANTHUS S.A.C.
PRODUCTO DECLARADO : Efluente Varios (Tesis)
CANTIDAD RECIBIDA : 1 L c/u
MARCA : S/M
FORMA DE PRESENTACIÓN : A granel.
MUESTREO POR : Muestra proporcionada por el representante del solicitante.
FECHA DE RECEPCIÓN : 10 de Enero 2013
ENSAYOS SOLICITADOS : FÍSICO/QUÍMICO.

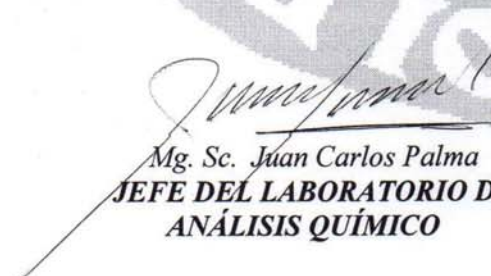
ENSAYOS FÍSICO/QUÍMICOS:


Efluente de la Etapa de Curtido del Proceso Alternativo IV tratado con Hidróxido de Sodio

Código	Cromo Total (mg/L)	pH
M-0	100,00	4,69
M-1	0,04	6,76
M-2	0,00	9,27
M-3	0,00	9,94
M-4	0,00	12,17
M-5	0,00	12,59
M-6	0,00	12,86

MÉTODO UTILIZADO EN EL LABORATORIO:
1.- HACH Method 8024
2.- Standard Methods 20th Edition 4500-H⁻

Atentamente:


Mg. Sc. Juan Carlos Palma
JEFE DEL LABORATORIO DE
ANÁLISIS QUÍMICO


Mg.Sc. Cecilia Nieto Aravena
JEFE DEL DEPARTAMENTO
ACADÉMICO DE QUÍMICA

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
DPTO. ACADÉMICO DE QUÍMICA
JEFATURA



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA



INFORME DE ENSAYOS
N°488/L-2012-DQ

SOLICITANTE : HELLANTHUS S.A.C.
 PRODUCTO DECLARADO : Efluente Varios (Tesis)
 CANTIDAD RECIBIDA : 1 L c/u
 MARCA : S/M
 FORMA DE PRESENTACIÓN : A granel.
 MUESTREADO POR : Muestra proporcionada por el representante del solicitante.
 FECHA DE RECEPCIÓN : 10 de Enero 2013
 ENSAYOS SOLICITADOS : FÍSICO/QUÍMICO.

ENSAYOS FÍSICO/QUÍMICOS:

Determinación de Proteínas a Escala de Laboratorio (Efluente de la Etapa de Curtido)		Determinación de Proteínas a Escala de Laboratorio (A la salida del tratamiento con NaOH)		Determinación de Proteínas a Escala de Laboratorio (Del precipitado formado por el tratamiento con NaOH)	
Código	Proteína (% MS)	Código	Proteína (% MS)	Código	Proteína (% MS)
PT	4,87	PT	2,76	PT	6,47
PA I	5,86	PA I	3,74	PA I	9,06
PA II	5,70	PA II	3,52	PA II	9,10
PA III	4,17	PA III	3,69	PA III	8,27
PA IV	6,02	PA IV	3,78	PA IV	12,64

MÉTODO UTILIZADO EN EL LABORATORIO:
 1.- AOAC International Official Methods Of Analysis 19th Edition, 2012. 973.48

Atentamente:

Juan Carlos Palma
 Mg. Sc. Juan Carlos Palma
JEFE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO

Cecilia Nieto Aravena
 Mg.Sc. Cecilia Nieto Aravena
JEFE DEL DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA

Anexo 9: Ficha técnica de complejantes y basificantes de cromo.

TANPLEX® FLA
Complexante de cálcio isento de nitrogênio

Denominação Química	Complexante de cálcio isento de nitrogênio.
Aspecto	Líquido amarelado.
pH (1:10)	Aprox. 1,5
Campo de Aplicação	Na desengalagem e complexação de cromo em curtimentos.
Propriedades	

Tanplex® FLA é um complexante de cálcio. Indicado para a desengalagem, onde se faz necessário desengalagem com baixo teor de nitrogênio, em função de odor e ou tratamento de efluente.

A combinação de distintos complexantes de cálcio do **Tanplex® FLA** permite uma desengalagem profunda e rápida.

Aplicação

Aplica-se diluído 1:3 em água, dividido em 2 ou 3 adições.

Recomenda-se o uso nas seguintes proporções:

- Na desengalagem de 2,0 – 3,5% sobre o peso tripa, dependendo da combinação de desengalantes e da espessura dos couros.
- No curtimento de 1,5 – 2,5% sobre o peso tripa como complexante de cromo em curtimentos sem píquel.
- Em aplicações com baixo teor de nitrogênio se faz necessário o uso de no mínimo 0,5% de Sulfato de Amônio.

Estabilidade de estocagem

Evite-se a umidade e exposição excessiva ao sol. O ideal é armazenar em local limpo e arejado com temperatura entre 20 – 35° C.

Precauções

Recomenda-se o uso de luvas e óculos de segurança durante o seu manuseio. Ocorrendo contato acidental com a epiderme ou mucosas, enxaguar as partes afetadas com bastante água.

As informações e recomendações dos nossos produtos são meramente orientativas. Compreendem o nosso atual estágio de conhecimento das características dos mesmos. Não são, portanto, uma garantia formal, visto que os resultados obtidos serão dependentes das condições técnicas, bem como dos sistemas de aplicação. Sugerimos caso por caso, testes prévios em laboratório.

Denominación Química	Sales y ácidos orgánicos complejantes de cromo.
Aspecto	Polvo blanco.
pH (1:10)	Aprox. 2,0
Campo de Aplicación	En el piquel y en el curtido de todo tipo de pieles.
Propiedades	

Tanplex® SS es un complejante de cromo, indicado para procesos de curtido al cromo, sea con sistema tradicional, misto o sin piquel.

Tanplex® SS es un complejante de acción diferenciada que hace posible su efecto durante todo el proceso de curtidos, pues los compuestos más solubles actúan en el comienzo y los demás compuestos comienzan a ser activados con el tiempo y con la temperatura. Eso garantiza una acción complejante prolongada y efectiva.

Curtido tradicional

Indicado como complejante, favorece la distribución estratificada del cromo y mejora el agotamiento del baño.

Una gran ventaja en el uso de Tanplex® SS en los curtidos tradicionales es la posibilidad de adición del cromo aún antes del atravesamiento completo del piquel, economizando tiempo, protegiendo la flor y evitando el nobucamiento debido al calentamiento y a la prolongada acción de los ácidos, principalmente en regiones muy calientes.

Curtido sin piquel

Debido a los problemas de compra y manipulación del ácido sulfúrico, así como de su peligrosidad, ha sido desarrollado un proceso alternativo en el cual el uso del ácido sulfúrico está eximido. Además de estas ventajas, también hay una considerable disminución de la demanda de sal y de ácido fórmico, favoreciendo aun más el tratamiento de las aguas.

Entre otras ventajas, también existe la reducción del tiempo del proceso, mejorando la eficiencia y la productividad del equipamiento.

- Reducción de la necesidad del control y aberturas de fulón.
- Eliminación del ácido sulfúrico, con reducción del peligro de manchas por falta de energía y quema de ácido.

Revisão:	01	Data:	13/06/2007	Página:	1 de 2
-----------------	----	--------------	------------	----------------	--------

Las informaciones y recomendaciones de nuestros productos son meramente orientativas. Comprenden nuestro actual nivel de conocimiento de las características de los mismos. Por lo tanto no son una garantía formal, visto que los resultados obtenidos dependerán de las condiciones técnicas, así como de los sistemas de aplicación. Sugerimos, en cada caso, test previos en laboratorio.

Aplicación

Se aplica en polvo directamente por la puerta del fulón.

Se recomienda su uso en las siguientes proporciones:

- Procesos Tradicionales - 0,4 – 0,6% sobre el peso tripa, dependiendo del porcentaje de cromo y del espesor del cuero.
- Procesos exentos de Ácido Sulfúrico – 0,8 – 1,2% sobre el peso tripa.

Almacenaje

Evítese la humedad y la excesiva exposición al sol. Es ideal almacenarlo en un local limpio y aireado con temperatura entre 20 – 35^o C.

Precauciones

Se recomienda el uso de guantes y gafas/lentes de seguridad durante su manipulación. Si accidentalmente ocurre contacto con la epidermis o mucosas, lavar abundantemente con agua las partes afectadas.

Revisão:	01	Data:	13/06/2007	Página:	2 de 2
-----------------	----	--------------	------------	----------------	--------

Las informaciones y recomendaciones de nuestros productos son meramente orientativas. Comprenden nuestro actual nivel de conocimiento de las características de los mismos. Por lo tanto no son una garantía formal, visto que los resultados obtenidos dependerán de las condiciones técnicas, así como de los sistemas de aplicación. Sugerimos, en cada caso, test previos en laboratorio.

Denominación Química	Mescla sinérgica de sustancias complejantes del cromo.
Aspecto	Polvo blanco.
pH (1:10)	Aprox. 5,5
Campo de Aplicación	En el curtido y en el recromado de cueros al cromo.
Propiedades	<p>Tanplex® CR es un complejante de cromo especialmente balanceado que mejora la distribución del cromo y la uniformidad del relleno del wet blue.</p> <p>Su composición, cuidadosamente desarrollada con sales y ácidos complejantes de cromo, se propone reducir diferencias de cromo fijado entre la cabeza, el grupón y la barriga de los cueros.</p> <p>La presencia de compuestos que retardan la olificación del cromo da como resultado una basificación más lenta y uniforme, que resulta en una mejora en la velocidad de penetración del cromo, ocasionando inclusive una nítida elevación de las resistencias físico – mecánicas del cuero en crust.</p> <p>Utilizando Tanplex® CR en el curtido, se puede reducir la demanda de cromo. Cuando se usa en el recromado, uniformiza teñido aun en pieles de diferente procedencia. Además de haber una substancial reducción (\pm 10%) de la demanda de engrasantes, ventaja obtenida gracias a la distribución estratificada y uniforme del cromo.</p>
Aplicación	<p>Se aplica en polvo directamente por la puerta del fulón.</p> <p>Se recomienda su uso en las siguientes proporciones:</p> <ul style="list-style-type: none">• En el piquel de 0,4 – 0,6% sobre el peso tripa.• En el lavado y recromado de 0,5 – 1,0 % sobre el wet blue rebajado.
Almacenaje	Evítese la humedad y la excesiva exposición al sol. Es ideal almacenarlo en un local limpio y aireado con temperatura entre 20 – 35 ⁰ C.
Precauciones	Se recomienda el uso de guantes y gafas/lentes de seguridad durante su manipulación. Si accidentalmente ocurre contacto con la epidermis o mucosas, lavar abundantemente con agua las partes afectadas.

Las informaciones y recomendaciones de nuestros productos son meramente orientativas. Comprenden nuestro actual nivel de conocimiento de las características de los mismos. Por lo tanto no son una garantía formal, visto que los resultados obtenidos dependerán de las condiciones técnicas, así como de los sistemas de aplicación. Sugerimos, en cada caso, test previos en laboratorio.

Denominação Química	Oxido de magnésio.
Aspecto	Pó fino castanho claro
Campo de Aplicação	Na basificação de curtimentos ao cromo
Propriedades	

Neutran[®] BMR é um óxido de magnésio indicado para a basificação de curtimento ao cromo. Devido a sua baixa solubilidade em água, proporciona basificação lenta e segura evitando picos de pH.

Sua granulometria balanceada, além de favorecer uma basificação gradativa, permite uma fixação lenta do cromo evitando variações significativas de concentração de cromo entre flor, meio carnal.

A granulometria do **Neutran[®] BMR** assegura também a não formação de pontos verdes, principalmente nas pilhas de Wet Blue.

Aplicação

Recomenda-se o uso de 0,4 – 0,7%, dependendo do pH do píquel, do tipo de cromo e da espessura do couro.

Estabilidade de estocagem

Evite-se a umidade e exposição excessiva ao sol. O ideal é armazenar em local limpo e arejado com temperatura entre 20 – 35^o C.

Precauções

Recomenda-se o uso de luvas e óculos de segurança durante o seu manuseio. Ocorrendo contato acidental com a epiderme ou mucosas, enxaguar as partes afetadas com bastante água.

As informações e recomendações dos nossos produtos são meramente orientativas. Compreendem o nosso atual estágio de conhecimento das características dos mesmos. Não são, portanto, uma garantia formal, visto que os resultados obtidos serão dependentes das condições técnicas, bem como dos sistemas de aplicação. Sugerimos caso por caso, testes prévios em laboratório.

Anexo 10: Hoja de seguridad de complejantes y basificantes de cromo.

FISPQ – FICHA DE INFORMAÇÃO DE SEGURANÇA DE PRODUTO QUÍMICO



TANPLEX FLA EXP

1. IDENTIFICAÇÃO DO PRODUTO E DA EMPRESA

- **Nome comercial do Produto:** Tanplex FLA EXP
- **Nome da Empresa:** Tanquímica Indústria e Comércio Ltda.
- **Endereço:** Avenida Fagundes de Oliveira 1,200 Diadema, SP.
- **Telefone:** (011) 4071-3011
- **Fax:** (011) 4071-1780
- **E-mail:** Tanquimica@uol.com.br

2. COMPOSIÇÃO E INFORMAÇÕES SOBRE OS INGREDIENTES

- **Preparado**
- **Natureza Química:** Complexantes orgânicos e inorgânicos.
- **Ingredientes ou impurezas que contribuam para o perigo:** N.A.

3. IDENTIFICAÇÃO DE PERIGOS

- **Perigos mais importantes:** Este produto foi avaliado e não requer advertência de produto perigoso.
- **Efeitos adversos a saúde humana:**
 - ◊ **Efeitos Locais:** Irritante para as mucosas, pele, vias respiratórias e olhos. Tóxico para ingestão.
 - ◊ **Principais sintomas:** A inalação de vapores podem causar irritação das vias respiratórias, com tosse, espirros e falta de ar. Contato prolongado com a pele pode provocar ressecamento. Com os olhos provoca vermelhidão, lacrimejamento e sensação de corpo estranho (conjuntivite).
- **Classificação do produto químico:** Irritante
- **Perigos específicos:** Pode reagir violentamente com bases e materiais altamente oxidantes.
- **Efeitos Ambientais:** Não apresenta um risco particular ao meio ambiente se respeitadas as disposições da seção 13

4. MEDIDAS DE PRIMEIROS SOCORROS

- **Medidas de primeiros socorros:**
 - ◊ **Inalação:** Remover a vítima para local arejado. Se a vítima não estiver respirando, aplicar respiração artificial. Se a vítima estiver respirando, mas com dificuldades, administrar oxigênio a uma vazão de 10 a 15 litros por minuto. Procurar assistência médica.
 - ◊ **Ingestão:** Não provocar vômito. Não utilizar soluções de Bicromato de sódio para neutralização. Manter a permeabilidade das vias respiratórias pois a agressão da faringe pode dificultar a respiração. Procurar assistência médica imediatamente.

Revisão:	03	Data:	29/09/2009	Página	1 de 4
----------	----	-------	------------	--------	--------



TANPLEX FLA EXP

- ◇ **Pele:** Retirar imediatamente roupas e sapatos contaminados. Lavar a pele com água em abundância, por pelo menos 20 minutos, preferencialmente sob chuveiro de emergência. Procurar logo assistência médica.
- ◇ **Olhos:** Lavar os olhos com água em abundância, por pelo menos 20 minutos de preferência em um lavador de olhos e procurar ajuda médica rápido.
- **Notas para o médico:** O tratamento emergencial assim como o tratamento médico após, superexposição devem ser direcionados ao controle do quadro completo dos sintomas e as condições clínicas do paciente. Tratamento sintomático. Não há antídotos específicos.

5. MEDIDAS DE COMBATE AO INCÊNDIO

- **Meios de extinção apropriados:** CO₂, Pó químico seco, espuma polivalente e neblina d'água
- **Perigos específicos:** A poeira se dispersa no ar podem sob condições especiais formar misturas combustíveis. A decomposição térmica emana gases tóxicos.
- **Equipamentos especiais de proteção aos bombeiros:** Proteção completa para fogo e aparelho de proteção respiratória autônoma.
- **Produtos de decomposição:** Óxidos de carbono, ácido valérico, Ciclopentanona.

6. MEDIDAS DE CONTROLE PARA DERRAMAMENTO OU VAZAMENTO

- **Precauções pessoais:** Usar botas, luvas e aventais de PVC impermeáveis, óculos de segurança herméticos para produtos químicos e proteção respiratória adequada.
- **Precauções ambientais:** Se possível impedir o derramamento evitando o contato com a pele e roupas. Se indicado posicionar as embalagens danificadas com o lado vazando para cima. Impedir que o produto atinja cursos de água, canaletas, galerias de esgotos ou bueiros. Circular as poças de produto com areia ou terra.
- **Métodos de limpeza:** Não utilizar água sem orientação específica. Não molhar as embalagens danificadas, recolher mecanicamente o máximo possível do produto em recipiente independente e etiquetado. Águas de atendimento devem ser armazenadas, bem como sole e materiais contaminados em recipiente fechados. Não dispar em lixo comum.

7. MANUSEIO E ARMAZENAMENTO

- **Manuseio:** Utilizar (EPI) Equipamento de proteção individual, para evitar o contato com a pele, mucosas e trato respiratório. Assegurar boa ventilação no local de trabalho. Limpar com frequência o local de trabalho. Manipular respeitando as regras gerais de segurança e Higiene Industrial.
- **Armazenamento:** Cuidar das instalações elétricas do local, manter o local isolado e bem ventilado ao abrigo de umidade e intempéries, afastado de fontes de calor, ignição

Revisão:	03	Data:	29/09/2009	Página	2 de 4
----------	----	-------	------------	--------	--------

FISPQ – FICHA DE INFORMAÇÃO DE SEGURANÇA DE PRODUTO QUÍMICO



TANPLEX FLA EXP

e materiais incompatíveis. Embalagem apropriada de polietileno contenedores com filme plástico interno.

8. CONTROLE DE EXPOSIÇÃO E PROTEÇÃO INDIVIDUAL

- **Equipamento de proteção individual apropriado**
 - ◊ **Proteção respiratória:** O uso de máscara é recomendado. Use aparelho autônomo ou suprimento de ar se a deficiência de oxigênio for muito grande
 - ◊ **Proteção dos olhos:** óculos de segurança herméticos.
 - ◊ **Proteção da pele e do corpo:** O contato com a pele deve ser minimizado pelo uso de luvas de PVC, roupas e botas protetoras.
- **Controle de engenharia:** Assegurar boa ventilação no local de trabalho e captar os resíduos gerados no local.

9. PROPRIEDADES FÍSICO QUÍMICAS

- **Estado físico:** Líquido
- **Cor:** Líquido levemente esverdeado.
- **Odor:** Ínfimo (característico)
- **pH:** Aprox. 1,5
- **Temperaturas específicas ou faixas de temperatura nas quais ocorrem mudanças de estado físico**
 - ◊ **Ponto de Ebulição:** N.D.
 - ◊ **Ponto de Fulgor:**
 - ◊ **Densidade:** 1,15 g/ml
- **Densidade do vapor:** N.D.
- **Pressão do vapor:** N.D.
- **Solubilidade:** Totalmente solúvel.

10. ESTABILIDADE E REATIVIDADE

- **Condições específicas:**
 - ◊ **Instabilidade:**
 - ◊ Produto estável em condições normais de estocagem..
- **Produtos perigosos da decomposição:** Acima de 300°C emite vapores de óxido de carbono, ácido valérico e ciclopentanona.
- **Incompatibilidades:** Bases fortes e materiais altamente oxidantes.

Revisão:	03	Data:	29/09/2009	Página	3 de 4
----------	----	-------	------------	--------	--------



TANPLEX FLA EXP

11. INFORMAÇÕES TOXICOLÓGICAS

- **Informações de acordo com as diferentes vias de exposição**
 - ◊ **Efeitos locais agudos:** A inalação é irritante e provoca tosse, espirros e falta de ar. O contato com a pele irrita e pode queimar em contato muito prolongado causando vermelhidão e dor. Apresenta baixa toxicidade para ingestão. Em casos crônicos pode causar conjuntivite, ressecamento da pele e agravamento de doenças como asma, bronquite ou rinite.

12. INFORMAÇÕES ECOLÓGICAS

- **Efeitos ambientais, comportamento e impactos do produto:** Produto não bioacumulativo de fácil biodegradabilidade e de baixa mobilidade no solo.

13. CONSIDERAÇÕES SOBRE TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO

- **Métodos de tratamento e disposição:** Dispor o material contaminado e proceder de acordo com a legislação local. Vasos, tanques ou outros recipientes que tiverem contato com o produto devem ser lavados com água. Não dispor em lixo comum. Não descartar resíduos em sistemas de esgotos. Não reutilizar embalagens para outros fins.

14. INFORMAÇÕES SOBRE TRANSPORTE

- **Regulamentações nacionais e internacionais:** Produto não classificado pela ONU. Não são necessárias precauções especiais para transporte. Manter os mesmos protegidos das intempéries.

15. REGULAMENTAÇÕES

- **Frases de Segurança:** Manter longe do alcance de crianças. Em caso de contato com os olhos lavar imediatamente e abundantemente com água e consultar especialista.

16. OUTRAS INFORMAÇÕES

As informações aqui disponibilizadas foram obtidas na literatura especializada e informações de institutos especializados.

Siglas:

N.D. Não disponível.

N.A. Não se aplica

FISPQ – FICHA DE INFORMAÇÃO DE SEGURANÇA DE PRODUTO QUÍMICO



TANPLEX SS EXP

1. IDENTIFICAÇÃO DO PRODUTO E DA EMPRESA

- **Nome comercial do Produto:** Tanplex SS EXP
- **Nome da Empresa:** Tanquímica Indústria e Comércio Ltda.
- **Endereço:** Av. Fagundes de Oliveira 1.200 Diadema, SP
- **Telefone:** (011) 4071-3011
- **Fax:** (011) 4071-1780
- **E-mail:** Tanquímica@uol.com.br

2. COMPOSIÇÃO E INFORMAÇÕES SOBRE OS INGREDIENTES

- **Preparado**
- **Natureza química:** Misturas de sais de ácidos.
- **Ingredientes que contribuem para o Perigo:** N.A.

3. IDENTIFICAÇÃO DE PERIGOS

- **Perigos mais importantes:** Este produto foi avaliado e não requer advertência de produto perigoso.
- **Efeitos adversos a saúde humana:** Material se inalado pode causar cefaléias, náuseas, irritações no nariz, garganta e pulmões. Em contato com o olho pode ser irritante e nunca deve ser ingerido.
- **Classificação do produto químico:** Produto não classificado como perigoso

4. MEDIDAS DE PRIMEIROS SOCORROS

- **Medidas de primeiros socorros:**
 - ◇ **Inalação:** Remova a vítima para local arejado imediatamente e procure ajuda médica.
 - ◇ **Ingestão:** Procure imediatamente um médico e nunca de nada via oral para uma pessoa inconsciente. Não provoque o vômito.
 - ◇ **Pele:** Remova a roupa contaminada e lave bem a pele com água e sabonete.
 - ◇ **Olhos:** Lave com água abundante por no mínimo 15 minutos e consulte um médico se houver irritação.
- **Notas para o médico:** Informar o produto que contaminou a pessoa e o grau de exposição.

5. MEDIDAS DE COMBATE AO INCÊNDIO

- **Meios de extinção apropriados:** CO₂, Pó químico seco, espuma e neblina d'água
- **Métodos específicos:** Produto não inflamável

Revisão:	02	Data:	22/10/2009	Página	1 de 4
----------	----	-------	------------	--------	--------

FISPQ – FICHA DE INFORMAÇÃO DE SEGURANÇA DE PRODUTO QUÍMICO



TANPLEX SS EXP

- **Equipamentos especiais de proteção aos bombeiros:** Roupas apropriadas para a proteção do corpo e máscaras autônomas para proteção contra gases.
- **Produtos de decomposição:** Nenhum conhecido.

6. MEDIDAS DE CONTROLE PARA DERRAMAMENTO OU VAZAMENTO

- **Precauções pessoais:** Apesar de o produto não ser perigoso deve-se evitar o contato prolongado com o corpo. Nunca deve ser ingerido conforme já mencionado, e usar sempre máscara de proteção respiratória.
- **Precauções ambientais:** Deve-se evitar sempre que atinja rios, esgotos e mananciais.
- **Métodos de limpeza:** Remover o excesso para um recipiente e lavar o local com água. Não dispor a água usada para lavagem em esgoto comum.

7. MANUSEIO E ARMAZENAMENTO

- **Manuseio:** Embora não apresente riscos para a saúde, este produto deve ser manuseado com os mesmos cuidados com que são manuseados outros produtos químicos. O uso de equipamento de proteção individual é indispensável.
- **Armazenamento:** A armazenagem deste produto não requer cuidados especiais. Como qualquer outro produto químico, deverá ficar abrigado das intempéries e em lugar seco e arejado. Manter a temperatura do local em no máximo 50°C e boas condições de higiene e instalações elétricas no local.

8. CONTROLE DE EXPOSIÇÃO E PROTEÇÃO INDIVIDUAL

- **Equipamento de proteção individual apropriado**
 - ◊ **Proteção respiratória:** respirador com filtro combinado gases/ pó.
 - ◊ **Proteção dos olhos:** Deve-se usar o óculos de proteção contra jatos de poeira.
 - ◊ **Proteção da pele e do corpo:** O contato com a pele deve ser minimizado pelo uso de luvas de PVC e roupas protetoras.
- **Controle de engenharia:** É recomendado sistema de exaustão local, para evitar demasiada exposição dos empregados. De preferência para o manuseio em locais ventilados caso não seja possível promover ventilação.

9. PROPRIEDADES FÍSICO QUÍMICAS

- **Estado físico:** sólido (pó)
- **Cor:** branco
- **Odor:** característico
- **pH:** aprox. 1,0 (solução a 10%)

Revisão:	02	Data:	22/10/2009	Página	2 de 4
----------	----	-------	------------	--------	--------



TANPLEX SS EXP

- Temperaturas específicas ou faixas de temperatura nas quais ocorrem mudanças de estado físico
 - ◇ Ponto de Ebulição: N.D.
 - ◇ Ponto de Fulgor: Não combustível
- Densidade: 0,3 g/cm³
- Viscosidade: N.A.
- Densidade do vapor: N.D.
- Pressão do vapor: N.D.
- Solubilidade: Solúvel em água

10. ESTABILIDADE E REATIVIDADE

- Condições específicas:
 - ◇ Instabilidade: Produto estável em condições normais de estocagem.
 - ◇ Reações perigosas: Não ocorre polimerização espontânea ou descontrolada deste produto. Não é esperado reações violentas.
- Produtos perigosos da decomposição: Não conhecidos.
- Incompatibilidades: N.A.

11. INFORMAÇÕES TOXICOLÓGICAS

- Informações de acordo com as diferentes vias de exposição
 - ◇ Toxicidade aguda: Produto não tóxico.
 - ◇ Efeitos específicos: Produto não deve ser ingerido. Se for não provocar vômito ou dar algo á vítima, ela pode sentir-se mal e desmaiar. Procurar rápido ajuda médica.

12. INFORMAÇÕES ECOLÓGICAS

- Efeitos ambientais, comportamento e impactos do produto: Não é esperado qualquer dano ao meio ambiente por derramamento deste produto ou por liberação do mesmo para a atmosfera. O produto não deve atingir águas de abastecimento. Se isso acontecer avisar defesa civil. Se contaminar o solo basta remove-lo. Produto não possui grande mobilidade no solo.

13. CONSIDERAÇÕES SOBRE TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO

- Métodos de tratamento e disposição: Dispor o material contaminado e proceder de acordo com a legislação local. Vasos, tanques ou outros recipientes que tiverem contato com o produto devem ser lavados com água. O produto não deve ser descartado como lixo comum.

Revisão:	02	Data:	22/10/2009	Página	3 de 4
----------	----	-------	------------	--------	--------



TANPLEX SS EXP

14. INFORMAÇÕES SOBRE TRANSPORTE

- **Regulamentações nacionais e internacionais:** Produto não classificado pela ONU. Não são necessárias precauções especiais para transporte de sacarias. Manter os mesmos protegidos das intempéries.

15. REGULAMENTAÇÕES

- **Descrição Química:** Misturas de sais de ácidos.
- **Símbolos:** Não é requerido nenhum símbolo.
- **Frases de Segurança:** N.A.

16. OUTRAS INFORMAÇÕES

As informações aqui disponibilizadas foram obtidas na literatura especializada e informações de institutos especializados.

O uso do referido produto e responsabilidade do consumidor, o qual devera acatar as normas e observações previstas nas leis. As informações aqui contidas são embasadas em nossos atuais conhecimentos e não se caracterizam como especificação do produto.

Siglas:

N.D. Não disponível.

N.A. Não se aplica

ONU Organização das Nações Unidas

Revisão:	02	Data:	22/10/2009	Página	4 de 4
----------	----	-------	------------	--------	--------

FISPQ – FICHA DE INFORMAÇÃO DE SEGURANÇA DE PRODUTO QUÍMICO



TANPLEX CR II EXP

1. IDENTIFICAÇÃO DO PRODUTO E DA EMPRESA

- **Nome comercial do Produto:** Tanplex CR II EXP
- **Nome da Empresa:** Tanquímica Indústria e Comércio Ltda.
- **Endereço:** Avenida Fagundes de Oliveira 1.200 Diadema, SP.
- **Telefone:** (011) 4071-3011
- **Fax:** (011) 4071-1780
- **E-mail:** Tanquímica@uol.com.br

2. COMPOSIÇÃO E INFORMAÇÕES SOBRE OS INGREDIENTES

- **Preparado**
- **Natureza química:** Misturas de sais de ácido dicarboxílico.
- **Ingredientes que contribuem para o Perigo:** N.A.

3. IDENTIFICAÇÃO DE PERIGOS

- **Perigos mais importantes:** Este produto foi avaliado e não requer advertência de produto perigoso.
- **Efeitos adversos a saúde humana:** Material se inalado pode causar cefaléias, náuseas, irritações no nariz, garganta e pulmões. Em contato com o olho pode ser irritante e nunca deve ser ingerido.
- **Classificação do produto químico:** Produto não classificado como perigoso

4. MEDIDAS DE PRIMEIROS SOCORROS

- **Medidas de primeiros socorros:**
 - ◇ **Inalação:** Remova a vítima para local arejado imediatamente e procure ajuda médica.
 - ◇ **Ingestão:** Procure imediatamente um médico e nunca de nada via oral para uma pessoa inconsciente. Não provoque o vômito.
 - ◇ **Pele:** Remova a roupa contaminada e lave bem a pele com água e sabonete.
 - ◇ **Olhos:** Lava com água abundante por no mínimo 15 minutos e consulte um médico se houver irritação.
- **Notas para o médico:** Informar o produto que contaminou a pessoa e o grau de exposição.

5. MEDIDAS DE COMBATE AO INCÊNDIO

- **Meios de extinção apropriados:** CO₂, Pó químico seco, espuma e neblina d'água
- **Métodos específicos:** Produto não inflamável

Revisão:	01	Data:	02/01/2008	Página	1 de 4
----------	----	-------	------------	--------	--------

Cópia Não Controlada

FISPQ – FICHA DE INFORMAÇÃO DE SEGURANÇA DE PRODUTO QUÍMICO



TANPLEX CR II EXP

- **Equipamentos especiais de proteção aos bombeiros:** Roupas apropriadas para a proteção do corpo e máscaras autônomas para proteção contra gases.
- **Produtos de decomposição:** Nenhum conhecido.

6. MEDIDAS DE CONTROLE PARA DERRAMAMENTO OU VAZAMENTO

- **Precauções pessoais:** Apesar de o produto não ser perigoso deve-se evitar o contato prolongado com o corpo. Nunca deve ser ingerido conforme já mencionado, e usar sempre máscara de proteção respiratória.
- **Precauções ambientais:** Deve-se evitar sempre que atinja rios, esgotos e mananciais.
- **Métodos de limpeza:** Remover o excesso para um recipiente e lavar o local com água. Não dispor a água usada para lavagem em esgoto comum.

7. MANUSEIO E ARMAZENAMENTO

- **Manuseio:** Embora não apresente riscos para a saúde, este produto deve ser manuseado com os mesmos cuidados com que são manuseados outros produtos químicos. O uso de equipamento de proteção individual é indispensável.
- **Armazenamento:** A armazenagem deste produto não requer cuidados especiais. Como qualquer outro produto químico, deverá ficar abrigado das intempéries e em lugar seco e arejado. Manter a temperatura do local em no máximo 50°C e boas condições de higiene e instalações elétricas no local.

8. CONTROLE DE EXPOSIÇÃO E PROTEÇÃO INDIVIDUAL

- **Equipamento de proteção individual apropriado**
 - ◊ **Proteção respiratória:** respirador com filtro combinado gases/ pó.
 - ◊ **Proteção dos olhos:** Deve-se usar óculos de proteção contra jatos de poeira.
 - ◊ **Proteção da pele e do corpo:** O contato com a pele deve ser minimizado pelo uso de luvas de PVC e roupas protetoras.
- **Controle de engenharia:** É recomendado sistema de exaustão local, para evitar demasiada exposição dos empregados. De preferência para o manuseio em locais ventilados caso não seja possível promover ventilação.

9. PROPRIEDADES FÍSICO QUÍMICAS

- **Estado físico:** sólido (pó)
- **Cor:** branco
- **Odor:** Inodoro
- **pH:** aprox. 5,5 (solução a 10%)

Revisão:	01	Data:	02/01/2008	Página	2 de 4
----------	----	-------	------------	--------	--------

Cópia Não Controlada

FISPQ – FICHA DE INFORMAÇÃO DE SEGURANÇA DE PRODUTO QUÍMICO



TANPLEX CR II EXP

- **Temperaturas específicas ou faixas de temperatura nas quais ocorrem mudanças de estado físico**
 - ◇ **Ponto de Ebulição:** N.D.
 - ◇ **Ponto de Fulgor:** Não combustível
- **Densidade:** 300 Kg/m³
- **Viscosidade:** N.A.
- **Densidade do vapor:** N.D.
- **Pressão do vapor:** N.D.
- **Solubilidade:** Solúvel em água

10. ESTABILIDADE E REATIVIDADE

- **Condições específicas:**
 - ◇ **Instabilidade:** Produto estável em condições normais de estocagem.
 - ◇ **Reações perigosas:** Não ocorre polimerização espontânea ou descontrolada deste produto. Não é esperada reações violentas.
- **Produtos perigosos da decomposição:** Não conhecidos.
- **Incompatibilidades:** N.A.

11. INFORMAÇÕES TOXICOLÓGICAS

- **Informações de acordo com as diferentes vias de exposição**
 - ◇ **Toxicidade aguda:** Produto não tóxico.
 - ◇ **Efeitos específicos:** Produto não deve ser ingerido. Se for não provocar vômito ou dar algo á vítima, ela pode sentir-se mal e desmaiar. Procurar rápido ajuda médica.

12. INFORMAÇÕES ECOLÓGICAS

- **Efeitos ambientais, comportamento e impactos do produto:** Não é esperado qualquer dano ao meio ambiente por derramamento deste produto ou por liberação do mesmo para a atmosfera. O produto não deve atingir águas de abastecimento. Se isso acontecer avisar defesa civil. Se contaminar o solo basta remove-lo. Produto não possui grande mobilidade no solo.

13. CONSIDERAÇÕES SOBRE TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO

- **Métodos de tratamento e disposição:** Dispor o material contaminado e proceder de acordo com a legislação local. Vasos, tanques ou outros recipientes que tiverem contato com o produto devem ser lavados com água. O produto não deve ser descartado como lixo comum.

Revisão:	01	Data:	02/01/2008	Página	3 de 4
----------	----	-------	------------	--------	--------

Cópia Não Controlada

FISPQ – FICHA DE INFORMAÇÃO DE SEGURANÇA DE PRODUTO QUÍMICO



TANPLEX CR II EXP

14. INFORMAÇÕES SOBRE TRANSPORTE

- **Regulamentações nacionais e internacionais:** Produto não classificado pela ONU. Não são necessárias precauções especiais para transporte de sacarias. Manter os mesmos protegidos das intempéries.

15. REGULAMENTAÇÕES

- **Descrição Química:** Misturas de sais do ácido dicarboxílico.
- **Símbolos:** Não é requerido nenhum símbolo.
- **Frases de Segurança:** N.A.

16. OUTRAS INFORMAÇÕES

As informações aqui disponibilizadas foram obtidas na literatura especializada e informações de institutos especializados.

O uso do referido produto e responsabilidade do consumidor, o qual devera acatar as normas e observações previstas nas leis. As informações aqui contidas são embasadas em nossos atuais conhecimentos e não se caracterizam como especificação do produto.

Siglas:

N.D. Não disponível.

N.A. Não se aplica

ONU Organização das Nações Unidas

Revisão:	01	Data:	02/01/2008	Página	4 de 4
----------	----	-------	------------	--------	--------

Cópia Não Controlada

FISPO – FICHA DE INFORMAÇÃO DE SEGURANÇA DE PRODUTO QUÍMICO



NEUTRAN BMR EXP

1. IDENTIFICAÇÃO DO PRODUTO E DA EMPRESA

- **Nome comercial do Produto:** Neutran BMR EXP
- **Nome da Empresa:** Tanquímica Indústria e Comércio Ltda.
- **Endereço:** Av. Fagundes de Oliveira 1,200 Diadema,SP
- **Telefone:** (011) 4071-3011
- **Fax:** (011) 4071-1780
- **E-mail:** Tanquímica@uol.com.br

2. COMPOSIÇÃO E INFORMAÇÕES SOBRE OS INGREDIENTES

- **Substância**
- **Nome químico:** Óxido de Magnésio
- **Descrição química:** Magnesita Calcinação
- **Número CAS:** 1309-48-4

3. IDENTIFICAÇÃO DE PERIGOS

- **Perigos mais importantes:** Este produto foi avaliado e não requer advertência de produto perigoso.
- **Efeitos adversos a saúde humana:** Material não oferece riscos a saúde humana, mas a inalação do pó é incomoda e pode causar mau estar.
- **Classificação do produto químico:** Produto não classificado como perigoso

4. MEDIDAS DE PRIMEIROS SOCORROS

- **Medidas de primeiros socorros:**
 - ◇ **Inalação:** O pó é incomodo e pode causar irritação nas passagens nasais e tratos respiratórios.
 - ◇ **Ingestão:** Óxido de magnésio é facilmente absorvido e sua ingestão causa diarreia
 - ◇ **Pele:** Não são esperados efeitos adversos.
 - ◇ **Olhos:** Pode causar leve irritação.
- **Notas para o médico:** Informar o produto que contaminou a pessoa e o grau de exposição.

5. MEDIDAS DE COMBATE AO INCÊNDIO

- **Meios de extinção apropriados:** CO₂, Pó químico seco, espuma e neblina d'água
- **Métodos específicos:** Produto não inflamável

Revisão:	01	Data:	28/12/2007	Página	1 de 4
----------	----	-------	------------	--------	--------

Cópia Não Controlada

FISPQ – FICHA DE INFORMAÇÃO DE SEGURANÇA DE PRODUTO QUÍMICO



NEUTRAN BMR EXP

- **Equipamentos especiais de proteção aos bombeiros:** Roupas apropriadas para a proteção do corpo e máscaras autônomas para proteção contra os efeitos perigosos dos produtos da decomposição.
- **Produtos de decomposição:** Nenhum conhecido.

6. MEDIDAS DE CONTROLE PARA DERRAMAMENTO OU VAZAMENTO

- **Precauções pessoais:** Apesar de o produto não ser perigoso deve-se evitar o contato prolongado com o corpo.
- **Precauções ambientais:** Este produto não apresenta riscos ao meio ambiente, mas pode-se evitar que atinja rios, esgotos e mananciais.
- **Métodos de limpeza:** Remover o excesso para um recipiente e lavar o local com água.

7. MANUSEIO E ARMAZENAMENTO

- **Manuseio:** Embora não apresente riscos para a saúde, este produto deve ser manuseado com os mesmos cuidados com que são manuseados outros produtos químicos. O uso de equipamento de proteção individual é aconselhável.
- **Armazenamento:** A armazenagem deste produto não requer cuidados especiais. Como qualquer outro produto químico, a sacaria deverá ficar abrigados das intempéries e em lugar seco e arejado. A armazenagem a granel também não requer cuidados especiais.

8. CONTROLE DE EXPOSIÇÃO E PROTEÇÃO INDIVIDUAL

- **Equipamento de proteção individual apropriado**
 - ◊ **Proteção respiratória:** O uso de máscara é recomendado
 - ◊ **Proteção dos olhos:** As boas normas de manuseio de produtos químicos recomendam o uso de óculos de proteção.
 - ◊ **Proteção da pele e do corpo:** O contato com a pele deve ser minimizado pelo uso de luvas de PVC e roupas protetoras.
- **Controle de engenharia:** É recomendado sistema de exaustão local, para evitar demasiada exposição dos empregados. De preferência para o manuseio em locais ventilados caso não seja possível promover ventilação. Mais detalhes no documento ACGIH (Manual de recomendações e práticas de ventilação Industrial).

9. PROPRIEDADES FÍSICO QUÍMICAS

- **Estado físico:** Sólido (pó)
- **Cor:** Castanho Claro
- **Odor:** Inodoro
- **pH:** N.D.

Revisão:	01	Data:	28/12/2007	Página	2 de 4
----------	----	-------	------------	--------	--------

Cópia Não Controlada

FISPQ – FICHA DE INFORMAÇÃO DE SEGURANÇA DE PRODUTO QUÍMICO



NEUTRAN BMR EXP

- **Temperaturas específicas ou faixas de temperatura nas quais ocorrem mudanças de estado físico**
 - ◊ **Ponto de Ebulição:** N.D.
 - ◊ **Ponto de Fusão:** 3600°C (6512°F)
- **Densidade:** 3,6 g/ml
- **Densidade do vapor:** N.D.
- **Pressão do vapor:** N.D.
- **Solubilidade:** Ínfima

10. ESTABILIDADE E REATIVIDADE

- **Condições específicas:**
 - ◊ **Instabilidade:** Produto estável em condições normais de estocagem absorvendo apenas dióxido de carbono e água do ar
 - ◊ **Reações perigosas:** Não ocorre polimerização espontânea ou descontrolada deste produto. Pode reagir com ácidos fortes ou substâncias fortemente oxidantes.
- **Produtos perigosos da decomposição:** Não conhecidos.
- **Incompatibilidades:** Pentacloro de fósforo.

11. INFORMAÇÕES TOXICOLÓGICAS

- **Informações de acordo com as diferentes vias de exposição**
 - ◊ **Toxicidade aguda:** Produto não tóxico.
 - ◊ **Sensibilização:** LD50/LC50 não encontrada nenhuma informação relativa a quantidades normais de exposição ocupacional.

12. INFORMAÇÕES ECOLÓGICAS

- **Efeitos ambientais, comportamento e impactos do produto:** Não é esperado qualquer dano ao meio ambiente por derramamento deste produto ou por liberação do mesmo para a atmosfera.

13. CONSIDERAÇÕES SOBRE TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO

- **Métodos de tratamento e disposição:** Dispor o material contaminado e proceder de acordo com a legislação local. Vasos, tanques ou outros recipientes que tiverem contato com o produto devem ser lavados com água.

Revisão:	01	Data:	28/12/2007	Página	3 de 4
----------	----	-------	------------	--------	--------

Cópia Não Controlada

FISPQ – FICHA DE INFORMAÇÃO DE SEGURANÇA DE PRODUTO QUÍMICO



NEUTRAN BMR EXP

14. INFORMAÇÕES SOBRE TRANSPORTE

- **Regulamentações nacionais e internacionais:** Produto não classificado pela ONU. Não são necessárias precauções especiais para transporte de sacarias. Manter os mesmos protegidos das intempéries.

15. REGULAMENTAÇÕES

- **Descrição Química:** Óxido de magnésio.
- **Símbolos:** Não é requerido nenhum símbolo.
- **Frases de Segurança:** N.A.

16. OUTRAS INFORMAÇÕES

As informações aqui disponibilizadas foram obtidas na literatura especializada e informações de institutos especializados. O uso do referido produto é responsabilidade do consumidor, o qual deverá acatar as normas e observações previstas nas leis. As informações aqui obtidas são embasadas em nossos atuais conhecimentos e não caracterizam-se como especificação do nosso produto.

Siglas:

N.D. Não Disponível.

N.A. Não Aplicável

N.R. Não Relevante

Revisão:	01	Data:	28/12/2007	Página	4 de 4
----------	----	-------	------------	--------	--------

Cópia Não Controlada

Anexo 11: Registro fotográfico del proceso de producción.



Recepción y pesado de pieles



Salado de la pieles para su conservación



Efluente de la etapa de curtido



Cuero a estado *wet blue*



Cuero a estado *wet blue*



Cuero a estado *wet blue*