

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**PRODUCCIÓN LIMPIA: SU APLICABILIDAD EN LA ADECUACIÓN
AMBIENTAL DE LA INDUSTRIA CURTIEMBRE VENEZOLANA**

**Trabajo Especial de Grado
Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
Para optar al Título de
Magíster Scientiarum en
Ingeniería Química
Por: Ing. José F. Fernández D.**

Caracas, Julio de 2005

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**PRODUCCIÓN LIMPIA: SU APLICABILIDAD EN LA ADECUACIÓN
AMBIENTAL DE LA INDUSTRIA CURTIEMBRE VENEZOLANA**

TUTOR ACADÉMICO: Msc. María Esperanza Rincones Celis

**Trabajo Especial de Grado
Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
Para optar al Título de
Magíster Scientiarum en
Ingeniería Química
Por: Ing. José F. Fernández D.**

Caracas, Julio de 2005



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE INGENIERIA
COMISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

VEREDICTO

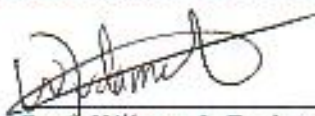
Quienes suscriben, Miembros del Jurado designado por el Consejo de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Central de Venezuela, para examinar el Trabajo de Grado de Maestría presentado por el Ingeniero **JOSÉ FRANCISCO FERNÁNDEZ DÁMASO**, portador de la Cédula de Identidad V.12.073.432 bajo el título "**Producción Limpia: Su Aplicabilidad en la Adecuación Ambiental de la Industria Curtiembre Venezolana**" a los fines de cumplir con el requisito legal para optar al Grado de Magister Scientiarum en Ingeniería Química, dejan constancia de lo siguiente:

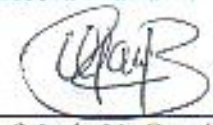
1. Leído como fue dicho trabajo por cada uno de los Miembros del Jurado, éste fijó el día 18 de Julio de 2005, para que el autor lo defendiera en forma pública, lo que éste hizo en la Sala de Conferencias de la Planta Experimental de Tratamiento de Aguas, Facultad de Ingeniería, mediante un resumen oral de su contenido, luego de lo cual respondió satisfactoriamente a las preguntas que le fueron formuladas por el Jurado; todo conforme a lo dispuesto en los Artículos 44, 49, 50, 51 y 52 del Reglamento de Estudios de Postgrado.
2. Finalizada la defensa pública del trabajo, el Jurado decidió aprobarlo por considerar, sin hacerse solidario de las ideas expuestas por el autor, que se ajusta a lo dispuesto y exigido en el Reglamento de Estudios de Postgrado.

Para dar este veredicto, el Jurado estimó que la obra examinada es un valioso aporte técnico científico a la solución de un problema de manejo de contaminantes en la industria del procesamiento de pieles, metodología que puede hacerse extensible a otros procesos instalados en Venezuela.

Asimismo, por unanimidad, decide otorgarle **MENCIÓN HONORÍFICA** por la excelencia y contribución del trabajo a la puesta en marcha de la Tecnología Limpia en la industria curtiembre, así como su **PUBLICACIÓN** a fin de divulgar la aplicación de dicha tecnología en el sector industrial de la nación.

En fe de lo cual se levanta la presente Acta a los dieciocho días del mes de Julio de dos mil cinco, dejándose también constancia de que, conforme a lo dispuesto en la normativa jurídica vigente, actuó como Coordinadora del Jurado la Profesora María E. Rincones Celis


Prof. Wilmer J. Dudamel D.
C.I. 9.620.961


Prof. Luis V. Garcia B.
C.I. 3.979.409


Prof. María E. Rincones C.
Coordinadora del Jurado
C.I. 4.018.063

Dedico este Trabajo de Grado, punto final de mis estudios de Maestría, a dos seres maravillosos que me acompañaron durante esta etapa de mi carrera, pero que hoy se encuentran lejos de mí...

María Conchita y Carlos Alfonso:
este triunfo se lo debo a ustedes...

*“Sólo desde que amo es bella mi vida,
sólo desde que amo sé que vivo”*

Theodor Körner

AGRADECIMIENTOS

A la Profesora María Esperanza Rincones, tutora de este trabajo, por ser un ejemplo a seguir, por su integridad como ser humano y como profesional, por ser una excelente amiga, y por enseñarme que la diplomacia y la negociación también son parte del ejercicio de la ingeniería y de la docencia.

Al Profesor José Ángel Sorrentino, mi jefe, por creer en mí y en mis proyectos, por darme el impulso necesario para alcanzar mis sueños, por enseñarme que es preferible bordear el camino que detenerse, por ser una de las pocas personas que sabe llevar mi ritmo de trabajo y por lograr en conjunto una sinergia impresionante cuando, intelectualmente hablando, de producir se trata.

Al Profesor Eudoro López, por ser ejemplo vivo de lo que quiero llegar a ser como profesor universitario, por ser tan firme en sus valores y creencias, sin perder flexibilidad a la hora de tomar posición. Profe: ¡lo admiro y respeto muchísimo!

Al Profesor Luis García, tutor de mi plan de formación y gran amigo, por enseñarme tantas cosas desde mi ingreso a la Universidad Central de Venezuela, por defender sus creencias en este mundo universitario que tanto agota y desgasta, por su elevada capacidad como investigador y docente, por aconsejarme y escucharme en las buenas y en las malas.

A la Profesora María Itriago, por su calidad docente y humana, y por haberme enseñado que lo más importante a la hora de realizar una investigación es meditar muchísimo antes de ir a la acción, pues de esta manera se ahorra tiempo, esfuerzo, recursos y sobre todo, muchísimos dolores de cabeza!!!

A la Licenciada Leudith Figuera, por ser una amiga incondicional, por su calidez humana, por haber aceptado mi petición para que leyera y relejera este trabajo, por haberlo hecho de una forma tan objetiva y por sus acertados y oportunos comentarios.

A los Ingenieros Jenny Orfao, Eylon Contreras, María Alejandra Casanova, Yvette Mejías, Leonardo Trujillo e Ivonne Veneziano, por haber participado en este proyecto, con todo lo bueno y lo malo, con las frustraciones y la desesperación cuando las cosas no marchaban bien, pero también con los triunfos, logros y éxitos alcanzados... creo que todo crecimos un poco luego de esta experiencia.

Al personal del Laboratorio de Aguas de la Planta Experimental de Tratamiento de Aguas (PETA), Lic. Rosario Alberdi y TSU Alejandro Mata, por toda la colaboración que prestaron en la realización de los Trabajos Especiales de Pregrado y de la Pasantía de Investigación. Debo hacer un especial reconocimiento a la mística con la

que trabajan y felicitarlos por formar un equipo de trabajo formidable, en lo que para mí es y seguirá siendo el mejor laboratorio de su tipo a nivel nacional.

Al personal del Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales (MARN), Lic. Norberto Rebolledo (Director General de Calidad Ambiental), Lic. Jannin Mendoza (Directora de Calidad de Aguas) y a los integrantes de las Direcciones Estadales Ambientales, por la ayuda prestada y la información suministrada para la identificación de las curtiembres existentes en el país.

Al personal del Instituto Nacional de Estadística (INE), que a pesar que desconozco sus nombres, se portaron de manera excelente y me ahorraron muchísimo tiempo, dinero y esfuerzos en la localización de la información requerida.

Al personal de las tenerías venezolanas que mostró interés en esta investigación y/o contribuyó a facilitar la información solicitada en el cuestionario que se les hizo llegar para definir el sector productivo y alcanzar los objetivos planteados en este trabajo: Jorge Daboín (Tenería 1° de Octubre), Edgar Araujo (Tenerías Unidas), Milton Ferrari (Propiel), William Torres (Tenería Curtiandes), José Agustín Peña (Tenería Rubio), Manuelita Hernández (Empresa Curtan), Nelson Graterol (Tenerco) y Paolo Sirizzotti (Promotora Auropiel).

En especial, deseo agradecer al personal de Tenería El Puma (Antonio Giliberti y Rosalba Carazzi), por habernos permitido inventar tanto dentro de sus instalaciones y por toda la colaboración prestada para la realización de los trabajos involucrados con este proyecto.

A la Ingeniero Silvia Acuña, compañera de estudio en las asignaturas Metodología de la Investigación y Normativa y Gestión Ambiental, por su desinteresado apoyo y sus pacientes explicaciones en todo lo relacionado con el análisis financiero del sector curtiembre. Amiguis: lo logramos!

A mi colega, la Profa. Anubis Pérez, y a mis super preparadores: Francisco Da Silva y Ronald Suárez, por las suplencias que me dieron en los momentos finales de la tesis, cuando el estrés estaba a millón y la presión del tiempo se incrementaba exponencialmente... Les debo una, pero bien grande!!!

Finalmente, deseo agradecer a todas aquellas personas que de una u otra forma colaboraron con el desarrollo y culminación de este Trabajo de Grado, punto de partida de las operaciones de mi línea de investigación "Producción Limpia" y piedra angular de un proyecto mucho más ambicioso: la creación del Centro Venezolano de Producción Limpia, bajo el auspicio del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUUDI).

Fernández D., José F.

**PRODUCCIÓN LIMPIA: SU APLICABILIDAD EN LA
ADECUACIÓN AMBIENTAL DE LA INDUSTRIA
CURTIEMBRE VENEZOLANA**

**Tutor Académico: Profa. María Esperanza Rincones. Tesis. Caracas. UCV.
Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Química. Año 2005. 270 p.**

Palabras claves: Producción Limpia, curtido de pieles, contaminación industrial
política ambiental.

Resumen. El procesamiento de pieles para la producción de cuero es considerado como una actividad altamente contaminante, debido a la agresividad de los productos que utiliza en las diferentes etapas que conforman su proceso productivo. Esta investigación se propuso determinar la aplicabilidad del concepto de Producción Limpia en la adecuación ambiental del sector curtiembre venezolano, con el fin de definir una política ambiental apropiada para este sector productivo en particular.

Para ello, fue necesario realizar un diagnóstico al sector curtiembre con base en tres dimensiones: la socio-económica, la ambiental y la técnica; para definir las características de una curtiembre típica, objeto de estudio de esta investigación. De esta manera fue posible establecer que el sector curtiembre se encuentra mermado ante la crisis de la industria del calzado y cuenta con personal pobremente capacitado en la operación del proceso productivo. Así mismo, la normativa ambiental vigente no promueve la aplicación de medidas preventivas para reducir la contaminación. Finalmente, se pudo determinar que bajo un esquema tradicional de producción, por cada tonelada de pieles saladas procesada se generan 41 toneladas de efluentes líquidos, 639 kilo gramos de residuos sólidos y 89 kilogramos de emisiones gaseosas.

En función de esto, se revisó el estado del arte de las medidas de Producción Limpia aplicables a las curtiembres, seleccionando aquellas que resultaran de fácil aplicación

en la industria nacional. De esta manera fue posible reducir en un 46% la generación de residuos líquidos, con una disminución considerable de los aportes máxicos de los principales contaminantes. Además, a pesar que la generación de residuos sólidos se incrementó en un 42%, se debe destacar que el 96% de los mismos son aprovechables como insumos de otros procesos productivos. Así mismo, se determinó que para una producción anual de 18.000 pieles, los ahorros obtenidos al aplicar las medidas permiten recuperar la inversión necesaria en 22 meses, razones por las cuales es posible concluir que la Producción Limpia es una alternativa válida para la adecuación ambiental del sector curtiembre.

Así mismo, se determinó que los actores involucrados (Estado, empresarios, comunidades y otros) deben modificar las actitudes que han mantenido frente al tema ambiental. Para lograr una propuesta técnico-financiera, se calcularon las descargas máxicas logradas al aplicar medidas de Producción Limpia, las cuales son perfectamente alcanzables con el financiamiento adecuado. Por último, se requiere un viraje en la formulación de la normativa ambiental, incorporando características tales como la necesidad de concertación, promoción al estímulo y de las acciones preventivas, dinamismo, implementación gradual, entre otras.

Finalmente, dadas las características particulares del proceso productivo, se requiere de investigaciones enfocadas a generar información sobre las tasas de generación de residuos en cada empresa en particular, así como evaluaciones técnicas de las alternativas no seleccionadas para identificar su potencial aplicación. Así mismo, es fundamental proceder a la difusión de este tipo de experiencias, de manera que sirvan de incentivos para que los actores involucrados identifiquen lugares comunes y manifiesten su disposición a formular y ejecutar una política ambiental específica para este sector.

ÍNDICE GENERAL

Contenido	Página
ÍNDICE DE TABLAS.....	XIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XVII
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	4
I.1.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	5
I.2.- ANTECEDENTES.....	7
I.3.- OBJETIVOS.....	16
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	17
II.1.- PRODUCCIÓN LIMPIA.....	18
II.1.1.- DEFINICIONES Y CARACTERÍSTICAS.....	20
II.1.2.- PRÁCTICAS DE PRODUCCIÓN LIMPIA.....	22
II.1.3.- BARRERAS A LA PRODUCCIÓN LIMPIA.....	25
II.2.- PROCESO PRODUCTIVO DEL CUERO.....	31
II.2.1.- ETAPA DE RIBERA.....	32
II.2.2.- ETAPA DE CURTIDO.....	36
II.2.3.- ETAPA DE POST-CURTIDO.....	39
II.2.4.- ETAPA DE ACABADO.....	41
II.3.- RESIDUOS GENERADOS EN UNA CURTIEMBRE.....	43
II.3.1.- ETAPA DE RIBERA.....	45
II.3.2.- ETAPA DE CURTIDO.....	46

II.3.3.- ETAPA DE POST-CURTIDO.....	47
II.3.4.- ETAPA DE ACABADO.....	47
II.4.- PRODUCCIÓN LIMPIA EN CURTIEMBRES.....	51
II.4.1.- CAMBIOS EN EL PRODUCTO.....	51
II.4.2.- CAMBIOS EN INSUMOS.....	52
II.4.3.- CAMBIO TECNOLÓGICO.....	56
II.4.4.- REUTILIZACIÓN EN SITIO.....	60
II.4.5.- VALORACIÓN DE RESIDUOS.....	62
II.4.6.- MANTENIMIENTO ADECUADO.....	67
II.4.7.- TRATAMIENTO FINAL.....	70
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO.....	72
III.1.- EXPLORACIÓN Y DEFINICIÓN DE ALCANCES.....	73
III.2.- EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS.....	82
III.3.- PROYECCIÓN DE RESULTADOS.....	84
CAPÍTULO IV: CARACTERÍSTICAS DEL SECTOR CURTIEMBRE...	88
IV.1.- COMPONENTE SOCIOECONÓMICO.....	89
IV.1.1.- ESTABLECIMIENTOS Y PERSONAL OCUPADO.....	89
IV.1.2.- CARACTERÍSTICAS DE LA PRODUCCIÓN.....	98
IV.2.- COMPONENTE AMBIENTAL.....	109
IV.2.1.- NORMATIVA AMBIENTAL APLICABLE.....	109
IV.2.2.- RELACIONES CON EL ENTORNO.....	114
IV.2.3.- PROCESO DE ADECUACIÓN AMBIENTAL.....	116
IV.3.- COMPONENTE TÉCNICO.....	117
IV.3.1.- DEFINICIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO.....	117
IV.3.2.- BALANCE DE MATERIALES.....	123

IV.3.3.- GENERACIÓN DE RESIDUOS.....	132
IV.3.4.- TRATAMIENTO DE LOS RESIDUOS GENERADOS.....	141
IV.3.5.- CONSUMO DE SERVICIOS INDUSTRIALES.-.....	146
CAPÍTULO V: EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS.....	149
V.1- EVALUACIÓN TÉCNICO-AMBIENTAL.....	150
V.1.1.- CONSIDERACIONES PRELIMINARES	151
V.1.2.- ETAPA DE RIBERA.....	154
V.1.3.- ETAPA DE CURTIDO.....	162
V.1.4.- ETAPA DE POST-CURTIDO.....	166
V.1.5.- VALORACIÓN DE RESIDUOS LÍQUIDOS.....	168
V.1.7.- TRATAMIENTO DE LOS EFLUENTES LÍQUIDOS.....	176
V.1.6.- VALORACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS.....	180
V.2- EVALUACIÓN ECONÓMICA.....	185
V.2.1.- FACTIBILIDAD ECONÓMICA DE LAS MEDIDAS DE PRODUCCIÓN LIMPIA.....	186
V.2.2.- SITUACIÓN FINANCIERA DEL SECTOR.....	190
CAPÍTULO VI: POLÍTICA DE ADECUACIÓN AMBIENTAL.....	195
VI.1- PAPEL DE LOS ACTORES INVOLUCRADOS.....	197
VI.1.1.- EL ESTADO.....	197
VI.1.2.- LOS EMPRESARIOS.....	204
VI.1.3.- LA COMUNIDAD.....	206
VI.1.4.- OTROS ACTORES.....	207
VI.2- PROPUESTA TÉCNICA Y FINANCIERA.....	209
VI.3- NORMATIVA AMBIENTAL ESPECÍFICA.....	214

CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES.....	220
CAPÍTULO VIII: RECOMENDACIONES.....	229
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	232
ANEXOS.....	245
ANEXO I: CUESTIONARIO TÉCNICO.....	246
ANEXO II: BALANCE DE MATERIALES.....	256
ANEXO III: BALANCES FINANCIEROS.....	266

ÍNDICE DE TABLAS

Contenido	Página
Tabla N° 1: Resumen de opciones de minimización en el sector de curtidos.....	8
Tabla N° 2: Medidas aplicadas en una curtiembre en Ambato, Ecuador.....	10
Tabla N° 3: Tipos de barrera a la Producción Limpia.	30
Tabla N° 4: Etapas del proceso productivo de una curtiembre.	32
Tabla N° 5: Aporte a los parámetros de contaminación de ciertas operaciones.	44
Tabla N° 6: Tipo de cambio de referencia	77
Tabla N° 7: Empresas curtiembres inscritas en el RASDA.	90
Tabla N° 8: Número de establecimientos según nivel de ocupación.	94
Tabla N° 9: Personal ocupado por la industria curtiembre venezolana.	95
Tabla N° 10: Personal ocupado por categoría en la industria curtiembre venezolana.	96
Tabla N° 11: Niveles de producción de la industria curtiembre.	99
Tabla N° 12: Volúmenes de compras y ventas de la industria curtiembre.	100
Tabla N° 13: Comercio exterior de cueros y pieles en bruto (Miles de US\$)	101
Tabla N° 14: Comercio exterior de cueros y pieles procesadas (Miles de US\$)	103
Tabla N° 15: Comercio exterior en términos del tipo de piel utilizada.	105
Tabla N° 16: Normativa aplicable en materia de Calidad Ambiental.....	110
Tabla N° 17: Cantidad de piel procesada en cada etapa del proceso productivo.	118
Tabla N° 18: Formulación utilizada en las etapas de ribera y curtido.	119
Tabla N° 19: Formulación utilizada en la etapa de post-curtido.....	120
Tabla N° 20: Formulación utilizada en la etapa de acabado: lado carnaza.....	120
Tabla N° 21: Formulación utilizada en la etapa de acabado: lado flor.	121
Tabla N° 22: Consumo de agua para todas las etapas del proceso productivo.	122
Tabla N° 23: Pérdidas y subproductos del proceso productivo.	123

Tabla N° 24: Contabilización de entradas en la etapa de ribera.	124
Tabla N° 25: Contabilización de salidas de la etapa de ribera.	125
Tabla N° 26: Contabilización de entradas de la etapa de curtido.	126
Tabla N° 27: Contabilización de salidas de la etapa de curtido.	127
Tabla N° 28: Contabilización de entradas de la etapa de post-curtido.	128
Tabla N° 29: Contabilización de salidas de la etapa de post-curtido.	129
Tabla N° 30: Contabilización de entradas de la etapa de acabado.	130
Tabla N° 31: Contabilización de salidas de la etapa de acabado.	131
Tabla N° 32: Generación de residuos para un proceso tradicional de curtido de cueros.	132
Tabla N° 33: Caracterización de los efluentes de la etapa de ribera.	133
Tabla N° 34: Caracterización de los efluentes de la etapas de curtido y post-curtido.	134
Tabla N° 35: Aportes máxicos de contaminantes para la etapa de ribera.	136
Tabla N° 36: Aportes máxicos de contaminantes para la etapa de curtido.	137
Tabla N° 37: Aportes máxicos de contaminantes para la etapa de post-curtido.	138
Tabla N° 38: Aportes máxicos de contaminantes para la etapa de acabado.	139
Tabla N° 39: Características del efluente combinado de una curtiembre.	140
Tabla N° 40: Consideraciones del balance de materiales de la planta de tratamiento.	143
Tabla N° 41: Balance de materiales en la planta de tratamiento.	144
Tabla N° 42: Características del efluente final del sistema de tratamiento.	145
Tabla N° 43: Consumo de energía en el sector curtiembre venezolano.	147
Tabla N° 44: Consumo de agua en el sector curtiembre venezolano.	148
Tabla N° 45: Entrada de materiales en la etapa de ribera con Producción Limpia. ...	159
Tabla N° 46: Salida de materiales de la etapa de ribera con Producción Limpia.	160
Tabla N° 47: Aportes máxicos de contaminantes para la etapa de ribera con Producción Limpia.	161
Tabla N° 48: Entrada de materiales de la etapa de curtido con Producción Limpia.	164

Tabla N° 49: Salida de materiales de la etapa de curtido con Producción Limpia. ..	165
Tabla N° 50: Aportes básicos de contaminantes para la etapa de curtido con Producción Limpia.	166
Tabla N° 51: Entrada de materiales de la etapa de post-curtido con Producción Limpia.	167
Tabla N° 52: Salida de materiales de la etapa de post-curtido con Producción Limpia.	168
Tabla N° 53: Balance de materiales para la valoración del efluente de pelambre....	171
Tabla N° 54: Aportes básicos del efluente valorado de pelambre.	172
Tabla N° 55: Balance de materiales para la valoración de los efluentes de curtido y post-curtido.....	175
Tabla N° 56: Aportes básicos del efluente valorado de curtido y post-curtido (flor).	176
Tabla N° 57: Características del efluente combinado que ingresa al sistema de tratamiento con Producción Limpia.	177
Tabla N° 58: Balance de materiales en la planta de tratamiento luego de aplicar las medidas de Producción Limpia.	179
Tabla N° 59: Aportes básicos de contaminantes a la salida del sistema de tratamiento.....	180
Tabla N° 60: Generación de residuos sólidos (kg/TM) en la industria curtiembre. .	181
Tabla N° 61: Evaluación de las alternativas externas de valoración de residuos sólidos.....	183
Tabla N° 62: Reducción en el consumo lograda con las medidas de Producción Limpia.	186
Tabla N° 63: Precio del agua industrial suministrada por entes públicos (US\$/m ³). 187	
Tabla N° 64: Ahorros generados al aplicar medidas de Producción Limpia.	188
Tabla N° 65: Inversión necesaria para la aplicación de las medidas de Producción Limpia.	190
Tabla N° 66: Balance de ganancias y pérdidas del sector curtiembre.	191

Tabla N° 67: Estructura media de costos del sector curtiembre.	192
Tabla N° 68: Papel de las instituciones del Estado en la Política Ambiental	199
Tabla N° 69: Descargas másicas de una curtiembre que opere bajo el concepto de Producción Limpia (kg/día).	210
Tabla N° 70: Porcentaje del beneficio bruto destinado a cancelar el financiamiento.	213
Tabla N° 71: Contabilización detallada de entradas en la etapa de ribera.	256
Tabla N° 72: Contabilización detallada de salidas de la etapa de ribera.	257
Tabla N° 73: Contabilización detallada de entradas de la etapa de curtido.	258
Tabla N° 74: Contabilización detallada de salidas de la etapa de curtido.	259
Tabla N° 75: Contabilización detallada de entradas de la etapa de post-curtido.	260
Tabla N° 76: Contabilización detallada de salidas de la etapa de post-curtido.	261
Tabla N° 77: Contabilización detallada de entradas de la etapa de acabado.	262
Tabla N° 78: Contabilización detallada de salidas de la etapa de acabado.....	263
Tabla N° 79: Contabilización detallada de entradas a la planta de tratamiento.	264
Tabla N° 80: Contabilización detallada de salidas de la planta de tratamiento.	265
Tabla N° 81: Balance detallado de ganancias y pérdidas.	266
Tabla N° 82: Estructura de costos detallada del sector curtiembre.....	267
Tabla N° 83: Estructura detallada de costos en términos porcentuales.	268
Tabla N° 84: Financiamiento necesario para la adecuación ambiental: estructura de costos promedio.....	269
Tabla N° 85: Financiamiento necesario para la adecuación ambiental: estructura de costos ajustada.	270

ÍNDICE DE FIGURAS

Contenido	Página
Figura N° 1: Desarrollo Integrado de Procesos para la Industria Química.....	19
Figura N° 2: Técnicas de minimización de residuos.....	23
Figura N° 3: Diagrama de Flujo para la etapa de Ribera	48
Figura N° 4: Diagrama de Flujo para la etapa de Curtido.....	49
Figura N° 5: Diagrama de Flujo para las etapas de Post-curtido y Acabado	50
Figura N° 6: Esquema de una instalación elevada de una máquina de descarnar.....	57
Figura N° 7: Esquema de las alternativas para el reciclado directo del cromo.	63
Figura N° 8: Diagrama esquemático de la metodología empleada.	87
Figura N° 9: Distribución del personal en la industria curtiembre.	97
Figura N° 10: Participación en el comercio exterior de la industria curtiembre.....	106
Figura N° 11: Diagrama simplificado del sistema de tratamiento de efluentes.	141
Figura N° 12: Esquema de remojo en contracorriente.	155
Figura N° 13: Diagrama de Flujo modificado para la etapa de Ribera.	158
Figura N° 14: Diagrama de Flujo modificado para la etapa de Curtido	163
Figura N° 15: Valoración del efluente de pelambre.....	169
Figura N° 16: Valoración de los efluentes de curtido y post-curtido lado flor.	173
Figura N° 17: Definición de la política ambiental para el sector curtiembre.....	196

INTRODUCCIÓN

El procesamiento de pieles para la producción de cuero siempre se ha considerado como una actividad altamente contaminante, debido a la agresividad de los productos que utiliza en las diferentes etapas que conforman su proceso productivo.

Como parte de la evolución que ha sufrido el mundo con respecto al tema ambiental, la respuesta a la contaminación y la consecuente degradación de los ecosistemas, ha pasado por cuatro grandes etapas: primero, ignorando el problema; luego, diluyendo o dispersando la contaminación de modo que los efectos aparentes fueran menos perjudiciales; después, tratando de controlar la contaminación de los residuos (enfoque “end of pipe”) y más recientemente, mediante el concepto de Producción Limpia, previniendo la contaminación y la generación de residuos en el origen.

En nuestro país, la mayor parte de las empresas que se dedican a la transformación de piel en cuero han adoptado el control de los residuos al final del proceso como respuesta a la problemática ambiental asociada a su quehacer diario, sin considerar lo ineficiente que esto resulta desde el punto de vista económico y ambiental.

Es por esta razón que con la realización de este trabajo se pretende establecer las bases para la aplicación del concepto de Producción Limpia en el sector curtiembre venezolano, lo cual implica una visión integral del problema, que considere los aspectos políticos, económicos, sociales, técnicos y ambientales involucrados, obteniendo como producto principal los lineamientos que deben seguirse para definir una política ambiental específica para la industria curtiembre nacional.

Para ello, esta investigación se ha apoyado en la información disponible respecto al tema en diversas fuentes bibliográficas, producto de variadas experiencias a nivel

mundial, de los datos suministrados por las empresas que aceptaron colaborar con este proyecto y de los resultados obtenidos de varios estudios de la aplicación de medidas de Producción Limpia en una industria venezolana, Tenería El Puma C.A., lo cual permitió estructurar la información recopilada y los productos generados en nueve capítulos.

En el Capítulo I se profundiza en el planteamiento del problema, se muestra buena parte de la experiencia que a nivel mundial se ha acumulado en relación al tema tratado, para finalmente establecer los objetivos perseguidos en este estudio.

El Capítulo II introduce al lector en el concepto de Producción Limpia, punto de partida para el desarrollo de este estudio, para posteriormente concentrarse en el proceso productivo del cuero y los residuos que se generan como consecuencia del mismo. Así mismo, en él se resume el estado del arte de las medidas de Producción Limpia para las curtiembres, las cuales fueron clasificadas de acuerdo al sistema establecido por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), con el fin de darle al lector las herramientas necesarias para valorar la aplicabilidad de dichas medidas en el sector que posteriormente será definido y analizado.

Por su parte, el Capítulo III comprende la metodología empleada, la cual contempló la exploración y definición de los alcances de la investigación, seguida de la definición y posterior análisis de las alternativas de Producción Limpia, para finalmente proyectar los resultados obtenidos para la consecución de los objetivos planteados inicialmente.

En el Capítulo IV se procede a la definición del sector curtiembre venezolano y al análisis de su situación actual con base a tres dimensiones: la socio-económica, la ambiental y la técnica; obteniéndose como producto el diagnóstico del sector y las

características de una curtiembre típica, resultados que serán utilizados en los capítulos siguientes.

El Capítulo V abarca la selección de aquellas medidas de Producción Limpia que pueden adoptarse con relativa facilidad en la industria curtiembre nacional, con su respectiva evaluación, haciendo especial énfasis en la reducción que puede lograrse en cuanto a volumen de residuos y carga contaminante de éstos se refiere, así como la relación costo – beneficio producto de la implementación de dichas medidas.

Una vez establecida la viabilidad técnica y económica del concepto de Producción Limpia en el sector curtiembre, el Capítulo VI contiene los lineamientos necesarios para definir una política ambiental específica para esta industria, con las implicaciones que esto conlleva y las acciones que deberán tomarse para su efectiva aplicación.

Finalmente, los capítulos VII y VIII compilan las conclusiones y recomendaciones más importantes producto de este estudio, las cuales permitirán sentar las bases necesarias para la realización de futuras investigaciones que acerquen cada vez más la materialización de la normativa delineada en el capítulo anterior.

Es importante destacar que además de la normativa específica obtenida para el sector curtiembre, el desarrollo de este Trabajo de Grado permitió estructurar una metodología técnica de análisis y evaluación que puede ser aplicada a cualquier sector productivo, con el fin de identificar las oportunidades que tiene la Producción Limpia en el proceso de adecuación ambiental de las industrias que lo conforman.

CAPÍTULO I:
FUNDAMENTOS
DE LA INVESTIGACIÓN

I.1.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La industria del curtido de pieles es una industria de recuperación de un residuo, la piel, y está ligada a dos sectores productivos del país: el sacrificio de animales, especialmente bovinos, y la industria manufacturera del calzado y demás artículos de cuero, que elabora productos apreciados por la sociedad, cumpliendo con ello una función socioeconómica importante. Sin embargo, la industria curtiembre es considerada en todas partes como una industria sucia y contaminante, sin tener en cuenta que aprovecha un subproducto altamente putrescible y de biodegradación lenta (CONAMA, 1999; Vila, 2002).

Las etapas más contaminantes de la producción de cuero son las de ribera y curtido, las cuales culminan con la elaboración de wet blue (cuero curtido al cromo). Cada vez más estrictas, las normas ambientales han hecho disminuir el número de curtiembres en la mayor parte de los países industrializados. En consecuencia, son cada vez más numerosas las pieles de Estados Unidos, Oceanía y Europa que se exportan para su transformación a los países en desarrollo, los cuales encuentran en este negocio una fuente apreciada de divisas, sin considerar los problemas ecológicos causados por el procesamiento de la piel y sus graves consecuencias sociales y económicas. En Alemania, Italia y la India, muchas curtiembres de gran tamaño compran ya el producto semiacabado para evitar las etapas contaminantes (EFTA, 1996).

Aunque la normativa ambiental de los países en desarrollo suele parecerse a la de los países industrializados, es mucho menos probable de que se aplique. Por desgracia, la mayor parte de los productores de wet blue son pequeñas empresas que tienen menores posibilidades de construir una planta de tratamiento para sus efluentes, razón por la cual las actividades preventivas pueden ayudar a contrarrestar adecuadamente la carga contaminante generada a un menor costo.

Existen tres tipos de contaminación en la piel: la evitable (sal en exceso, estiércol, tierra, grasa), la inevitable (pelo, queratina, carnaza, recortes, proteínas disueltas) y la añadida (productos no fijados durante el proceso de curtido). A la vista de esta clasificación, se debe procurar adquirir pieles con el mínimo de contaminación evitable, aplicar tecnologías que minimicen la contaminación inevitable y seleccionar productos y estudiar procesos que generen la mínima contaminación añadida.

Ésta es la esencia del concepto de Producción Limpia, que consiste básicamente en solucionar un problema ambiental a través de una estrategia ambiental preventiva, que al ser aplicada a los productos, procesos y organización en el trabajo, permite usar con mayor eficiencia los recursos materiales y energéticos, y con ello incrementar la productividad y competitividad de la empresa. En forma simultánea, se minimizan las emisiones y/o descargas en la fuente, reduciendo el impacto negativo para el medio ambiente (Rodríguez, 2001).

Por otra parte, el proceso de adecuación ambiental, como se concibió en Venezuela, fue una respuesta a una situación estructural del parque industrial nacional, el cual, debido a su antigüedad promedio, no cumplía con los estándares de vertidos y emisiones que se estaban imponiendo en la normativa ambiental, inspirados en los de países desarrollados que los establecieron con base en la eficiencia de la mejor tecnología disponible al momento de su aprobación. Este rezago tecnológico del parque industrial venezolano, determinaba en la práctica una situación generalizada de incumplimiento que sólo podía ser superada a través de mecanismos como el de adecuación, y en el caso de sectores con baja rentabilidad o altos costos de reconversión o adecuación tecnológica, ni siquiera a través del mismo.

En el caso específico del sector curtiembre venezolano, no se han realizado avances importantes en esta materia, bien sea a nivel gubernamental o empresarial, por lo que esta investigación permitirá establecer los lineamientos que permitan la adecuación

ambiental de los procesos productivos de la industria curtiembre venezolana, basados en el enfoque de la minimización, reutilización y aprovechamiento de los residuos generados, haciendo especial énfasis en la relación costo-beneficio que se derive de la aplicación de estas medidas.

La importancia de este proyecto radica en que la adopción del concepto de Producción Limpia permitirá a las curtiembres mejorar su imagen ante la comunidad, cumplir con la normativa ambiental, seguir apoyando a otros sectores productivos, y en síntesis, retomar un desarrollo de la actividad en forma ambientalmente sustentable.

I.2.- ANTECEDENTES

El Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS), mediante un convenio con la Agencia de Cooperación Técnica de la República Federal Alemana (GTZ), realizó un estudio de caso aplicando el principio de minimización de residuos en una curtiembre ubicada en Lima, Perú, la cual procesaba pieles de ganado ovino y caprino. Las experiencias realizadas con pieles de caprino, a escala piloto y semi-industrial, facilitaron la aplicación de la tecnología diseñada para la recuperación del sulfuro de los baños de pelambre y del cromo de los baños de curtido. La evaluación económica, realizada para determinar la rentabilidad de las propuestas de reuso de las soluciones de pelambre y curtido, permitió obtener una tasa interna de retorno del 30% y un tiempo de recuperación de la inversión cercano a los cuatro años, para una producción de 216.000 pieles al año (CEPIS, 1993).

De acuerdo a un estudio realizado por el Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente en el año 1993, el sector de los curtidos contaba en España con más de 300 empresas que emplean a más de 12.500 trabajadores, las cuales se caracterizan

por su fuerte concentración geográfica en algunas regiones (60% en Cataluña, 35% entre Valencia, Murcia y Madrid). Sólo una quinta parte de la materia prima se transforma en cuero terminado, el resto son subproductos y residuos que pueden ser revalorizados de alguna forma y que, en último término, hay que eliminarlos. Dicho estudio indica que los problemas principales de las industrias de curtidos son los residuos sólidos y las aguas residuales. Así mismo, presenta una serie de opciones de minimización, las cuales se muestran en la Tabla N° 1.

Tabla N° 1: Resumen de opciones de minimización en el sector de curtidos.

TIPO DE OPCIÓN	OPCIÓN DE MINIMIZACIÓN	REDUCCIÓN (%)	PRIORIDAD AMBIENTAL
Reducción en la fuente	Recuperación de taninos vegetales	65% (agua)	Alta
	Sustitución de amoníaco y sales amónicas	100%	Media
	Reducción de la salinidad de las aguas residuales	75%	Muy alta
	Buenas prácticas para reducir la contaminación	---	Muy alta
Reciclaje interno y reducción en la fuente	Reducción de residuos de cromo	Hasta 90%	Muy alta
	Reciclaje de los baños de pelambre	75% (sulfuros)	Muy alta
	Reducción del consumo de agua	50%	Alta
Reciclaje externo	Recuperación y aplicación industrial de subproductos sólidos	Hasta 100%	Alta
	Reciclaje de disolventes	Hasta 95%	Muy alta

FUENTE: MOPTMA, 1993.

Dicho estudio concluye que es posible reducir el impacto ambiental de las operaciones de curtido, empezando por llevar a cabo medidas sencillas y de tan bajo

costo como las buenas prácticas de almacenamiento y manipulación de materiales, la prevención de fugas y accidentes, y la segregación de subproductos. Así mismo, se debe promover la concienciación del empresario y la inclusión de los costos ambientales en la cuenta de resultados de las empresas, para poder rentabilizar las acciones de reducción de residuos. También es importante la colaboración de la administración pública (central, regional y local). Por último, sería deseable promocionar la investigación y el desarrollo de nuevas tecnologías limpias (MOPTMA, 1993).

La empresa Curtigran Ltda., Colombia, inició un programa piloto en 1994, en conjunto con la Asociación de Empresas Curtiembres de San Benito (ASOCUR) y la Corporación Promoción de la Pequeña y Mediana Empresa Eco-eficiente Latinoamericana (PROPEL). Mediante este programa se implementó un sistema de costos y se realizó un estudio de impacto ambiental, los cuales combinados con el desarrollo de tecnologías limpias y un programa de entrenamiento, lograron una reducción en la contaminación del 50%, mejorando la calidad de sus productos e incrementando el rendimiento de sus procesos. Así mismo, se logró reducir el consumo de energía (23%) y de agua (30%), respecto a la situación inicial, elevándose el ingreso mensual a US\$ 2.000 (INEM, 2004).

En 1995, una curtiembre con una capacidad instalada de 3.200 pieles mensuales de la ciudad de Ambato, Ecuador, recibió asesoría del Programa de Prevención de la Contaminación Ambiental en el Ecuador, proyecto ejecutado conjuntamente por la Corporación OIKOS y la firma Hagler Bailly Inc., contratista internacional de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID). La evaluación reveló que había varias oportunidades para disminuir la generación de residuos en la fuente, formulándose varias recomendaciones, las cuales se resumen en la Tabla N° 2 (OIKOS, 1998):

Tabla N° 2: Medidas aplicadas en una curtiembre en Ambato, Ecuador.

MEDIDA	BENEFICIOS	COSTO (US\$)	AHORROS (US\$/AÑO)
Reciclaje en el lavado y remojo	Se reduce el consumo de agua (66%)	15.000	31
Reciclaje en el pelambre	Se reduce el consumo de agua (94%) y de químicos	15.000	3.927
Reciclaje en la purga	Se reduce el consumo de agua (96%)	15.000	31
Reciclaje en el piquelado y curtido	Se reduce el consumo de agua (94%) y de químicos	7.500	1.273
Oxidación de sulfuros	Se reduce la carga contaminante al ambiente	12.000	No aplica

FUENTE: OIKOS, 1998.

En septiembre de 1997, la Corporación OIKOS firmó un contrato con la Agencia alemana de Cooperación Técnica (GTZ), para ejecutar un proyecto de prevención de la contaminación ambiental y eficiencia energética en un conjunto de curtiembres en Ambato, Ecuador. Como conclusiones de este estudio, se logró identificar que los principales factores externos que frenan la intención de los empresarios de mejorar la situación ambiental de sus industrias son: la falta de recursos económicos, el desconocimiento de la legislación y normativas vigentes en cuanto a límites de concentración de contaminantes, la falta de conocimiento de las opciones técnicas que existen para prevenir la contaminación y la falta de especialistas en temas ambientales.

Así mismo, se identificó que las industrias visitadas consumían altos volúmenes de agua en sus procesos productivos, lo cual representaba una oportunidad de aplicar medidas para reducir el consumo de agua. Además, las empresas participantes en el proyecto no disponían de datos sobre consumos de agua, productos químicos,

energía, caracterización de sus efluentes, etc., y presentaban deficiencias en la implementación de medidas de seguridad industrial (CEPIS, 2004a).

En 1998, en el marco del Programa de Tecnología Ambiental para la Industria (ETPI), se realizó un estudio sobre el sector curtiembre en Pakistán, en el cual existían para la época alrededor de 600 tenerías en el sector formal y un número similar en el sector informal. Entre las recomendaciones realizadas en dicho estudio se encuentran la implementación de tecnologías limpias, tales como la conservación del agua, el empleo de químicos ambientalmente amigables, descarnado de pieles en tripa, la aplicación de métodos de recuperación de pelo, el reciclaje del licor de pelambre y la recuperación y reuso de los baños de cromo. Dichas medidas, además de proveer beneficios económicos, pueden ayudar a las empresas locales a combatir los problemas ambientales. Finalmente, indica lo inevitable del tratamiento final y sugiere realizarlo en dos etapas: un tratamiento físico – químico y un tratamiento biológico (FPCCI, 2004).

La Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA) de la República de Chile, ha venido desarrollando una serie de instrumentos, entre ellos se encuentran las “Guías Técnicas para el Control y Prevención de la Contaminación Industrial”. Una vez analizado el rubro curtiembres, a mediados del año 1999, se pudo concluir que se trata de un sector que presenta graves dificultades económicas, y que por la importante contaminación que genera durante su proceso, se encuentra enfrentado al cumplimiento de normativas ambientales con un pronóstico de altos costos de tratamiento y sin que ellos signifiquen en un balance total neto, ningún ahorro.

También señala que a pesar que las tecnologías asociadas a la prevención de la contaminación en curtiembres son de bajo costo de implementación y aplicación, llama la atención que con estas características, este tipo de tecnologías tenga a la fecha una bajísima difusión al interior de las curtiembres, no siendo una excepción

los casos en que el industrial esté dispuesto a hacer mayores inversiones en el sector “end of pipe” a condición de no tocar el proceso productivo, debido a que generalmente se teme que la calidad del producto final pueda verse afectada. Finalmente, indica que los altos costos de tratamiento “end of pipe” serían mucho mejor absorbidos por el rubro, si se realizaran tratamientos conjuntos, lo que por factor de economías de escala, resulta mucho más adecuado. Esta última posibilidad implica una abierta forma de asociatividad, lo que no es usual entre los curtidores, donde el individualismo es la tónica imperante (CONAMA, 1999).

En una publicación de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (UNIDO) se señala que desde el año 1988 alrededor de 30 tannerías ubicadas en Etiopía, Kenia, Malawi, Namibia, Sudán, Uganda, Tanzania, Zambia y Zimbabwe, han recibido asistencia técnica en el control de la contaminación. A través de un proyecto financiado por el gobierno suizo, se buscó reducir las cantidades de los mayores contaminantes presentes en los efluentes de estas industrias, tales como: sales de cromo, sulfuros y compuestos nitrogenados; mediante la introducción de cinco tecnologías limpias: curtido al cromo de alto agotamiento, pelambre con bajos contenidos de sulfuro, recurtido compacto, desescalado con dióxido de carbono y producción de wet-white. En términos de beneficios potenciales, el curtido al cromo de alto agotamiento fue considerado como la opción tecnológica más atractiva (UNIDO, 2001).

En mayo de 2002, la Confederación de Industrias Curtiembres de la Unión Europea (COTANCE), elaboró un reporte de la industria curtiembre para comunicar sobre sus progresos, objetivos y estrategias en la búsqueda de la sustentabilidad en sus tres dimensiones: económica, social y ambiental. De acuerdo a la información presentada, para el año 2000, alrededor de 3.030 compañías operaban en la industria del cuero dentro de la Unión Europea, siendo Italia el país con mayor participación en términos de establecimientos, empleados, producción y volumen de ventas.

Los resultados del estudio señalan como principales características de la industria, la típica operación familiar en empresas pequeñas y medianas, con alta concentración regional, lo cual juega un papel fundamental en la economía local. Puesto que la gran mayoría de las empresas pertenecen a la pequeña y mediana industria, es necesario contar con el apoyo gubernamental; el cual, debe facilitar el acceso a créditos destinados a inversiones ambientales, con condiciones favorables (períodos de pago a largo plazo), preferiblemente a nivel multilateral (COTANCE, 2004).

En Bolivia, el Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles (CPTS) ha elaborado una “Guía Técnica de Producción Más Limpia para Curtiembres”, proyecto que se inició en el año 2001 y culminó a comienzos del año 2003. La guía incluye la filosofía y los lineamientos base de la Producción Limpia, para que las industrias puedan con su capacidad analítica y experiencia, introducir prácticas para mejorar su eficiencia productiva y su desempeño ambiental. Tres de los casos de estudio presentados en esta guía se describen a continuación:

1) La Curtiembre y Manufactura CURMA SRL (Cochabamba), es una empresa dedicada al curtido de pieles de ganado vacuno, procesando un promedio de 2.500 pieles mensuales, equivalentes a 64 toneladas de piel al mes. Entre las recomendaciones implementadas se encuentran controlar el pH y reducir el contenido de sólidos en los efluentes, reciclaje de las aguas de pre-remojo y lavado de pelambre, control de inventario y buenas prácticas operativas, así como el reciclaje de la solución de piquelado y curtido. Se obtuvo un ahorro en agua del 25%, una reducción en el consumo de las sales de cromo del 30%, en sal común del 47% y en sulfuro de sodio del 18%, con una inversión de US\$ 9.000 y una tasa de retorno del 180%.

2) Curtiembre Hércules SRL (Cochabamba) es una empresa que se dedica al procesamiento de pieles vacunas (95%), caprinas (3%) y ovinas (2%). Tiene una

capacidad instalada para el procesamiento de cuero, desde la conservación de la piel hasta la obtención de cuero elaborado de 200 cueros diarios.

En una presentación durante el XV Congreso Latinoamericano de Químicos y Técnicos de la Industria del Cuero, sus representantes concluyen que los conceptos comunes de minimización, reciclado, ahorro de agua, menor contaminación, cambios de tecnologías, transformación y valoración de residuos han sido sus herramientas constantes de trabajo. Creen que si existe un convencimiento en la empresa que deben cambiar las formas de hacer las cosas, existen buenas posibilidades de entrar en el mundo creativo. Sin embargo, reconocen que es necesario tener en el equipo de trabajo gente amplia y capaz de tratar los diferentes impactos ambientales y conocer mucho sobre la tecnología del procesamiento de cuero.

Finalmente, señalan que los conceptos establecidos demuestran que la teoría no es una utopía, esto es, que se puede conseguir la reducción en el consumo de agua, se pueden reciclar licores y se puede reducir considerablemente el grado de contaminación, cuando se tienen los medios y la voluntad política para realizar los cambios en los procesos de producción, para alcanzar los objetivos que establecen las regulaciones ambientales; las cuales habrán de permitir o no la supervivencia de las diferentes industrias en un futuro inmediato.

3) La Curtiembre San Lorenzo (Tarija), se dedica al curtido de pieles de vacuno (90%), oveja (5%) y de cabra (5%); procesando, en total, una cantidad aproximada de 145 toneladas de piel fresca al año. Entre las recomendaciones implementadas se encuentran la reducción en el consumo de sal común, descarnar antes del pelambre, optimizar el funcionamiento de la divididora y emplear cal de buena calidad para incrementar el rendimiento en las operaciones de dividido, reciclar los licores agotados del curtido, reducir el consumo de energía térmica y otras medidas menores.

Mediante la ejecución de las medidas de producción más limpia, la Curtiembre San Lorenzo ha conseguido reducir el consumo de agua (14%), insumos químicos (44% en sal común, 24% en sulfuro de sodio y cal, 15% en sales de cromo y 20% en taninos) y energía térmica (72% en gas natural), así como disminuir la cantidad de descargas contaminantes; además, ha logrado el mejoramiento de la calidad del cuero acabado y el incremento de los rendimientos de producción. A su vez, estas medidas han generado ahorros económicos significativos (retorno de la inversión del 900%) y un mejor desempeño ambiental de la empresa (CPTS, 2003).

El Centro Nacional de Producción Más Limpia y Tecnologías Ambientales (CNPMLTA) de Colombia desarrolló en el año 2003, el diagnóstico e implementación de alternativas de producción más limpia en la empresa Curtiembres Itagüí S.A., ubicada en Medellín (Antioquia), con una producción promedio mensual de 35.000 cueros. Entre las alternativas presentadas se destaca la implementación de la tecnología de recuperación de pelo, con la cual se obtienen ahorros de productos químicos, reducción del impacto ambiental y utilización del pelo. Entre los beneficios económicos se tuvo un 30% de ahorro de insumos en la etapa de pelambre, un ahorro anual de US\$ 46.000 al año, con una inversión aproximada de US\$ 50.000 y un período de recuperación de la inversión de 13 meses (CNPMLTA, 2004).

En el marco de la Quinta Mesa Redonda sobre Producción Limpia en Asia y el Pacífico, realizada en Malasia en el año 2004, se presentó la problemática presentada en la ciudad de Erode (Tamilnadu), la cual constituye uno de los centros productivos de wet blue más importantes de la India. Alrededor de 45 curtiembres, entre pequeñas y medianas, procesan pieles frescas para obtener cuero semiacabado mediante curtido al cromo, aunque algunas emplean curtido vegetal o se dedican al acabado del cuero.

Las regulaciones ambientales existentes son bastantes estrictas, lo cual, hace que las empresas tengan dificultades a la hora de cumplir con la normativa y corren el riesgo

del cierre o de la relocalización de las empresas en zonas con legislaciones menos restrictivas. Bajo estas circunstancias, se iniciaron estudios entre las empresas involucradas y el Instituto Central de Investigación del Cuero (CLRI), para mitigar los problemas de contaminación existentes, en los cuales se analizan las prácticas prevalecientes en la operación y el manejo de efluentes de cada una de las empresas, con recomendaciones que incluyen la segregación de residuos, la reducción en el origen y el reciclaje cuando sea posible (Srinivasan et al, 2004).

Es evidente que en ninguna de las investigaciones previas recopiladas se ha considerado la posibilidad de introducir las mejoras obtenidas en cuanto a la reducción de la carga contaminante en un mecanismo de política ambiental que fomente la cultura del mejoramiento continuo, a través de la implementación de tecnologías y prácticas operacionales sustentadas en el concepto de Producción Limpia, meta que se persigue con la realización de este Trabajo de Grado.

I.3.- OBJETIVOS

En función de la problemática planteada y las experiencias descritas, el presente trabajo tiene como objetivo general aplicar el concepto de Producción Limpia en el proceso de adecuación ambiental de la industria curtiembre venezolana. Para ello, se pretenden alcanzar los siguientes objetivos específicos:

- 1) Establecer las características de una curtiembre venezolana típica.
- 2) Establecer las alternativas de Producción Limpia aplicables a cada uno de los residuos generados.
- 3) Evaluar las alternativas planteadas desde el punto de vista técnico, económico y ambiental.
- 4) Delinear la política de adecuación ambiental para el sector curtiembre en Venezuela.

CAPÍTULO II:
MARCO TEÓRICO

II.1.- PRODUCCIÓN LIMPIA

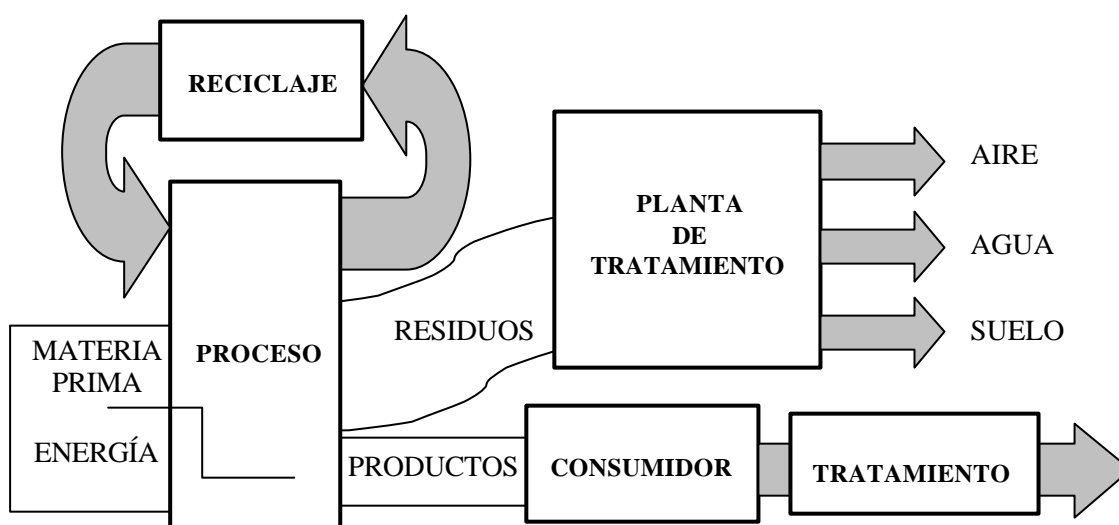
El ser humano a través de la historia, ha alterado el equilibrio natural del medio ambiente. Este fenómeno se aceleró considerablemente después del advenimiento de la revolución industrial en el siglo XIX, pero no fue hasta la década de los 50, que los cambios en la naturaleza empezaron a ser de importancia a nivel mundial y regional, motivo por el cual se empezó un análisis y seguimiento continuo de los cambios que las actividades humanas estaban generando.

Dentro de las principales causas del aceleramiento de la problemática ambiental, se encuentran el aumento de la población, los niveles de pobreza, el proceso de urbanización y el incremento de los patrones de consumo. Este último genera un aumento de la producción industrial, la cual, requiere de recursos naturales y procesos de transformación que demandan energía y genera contaminantes; lo cual, a su vez contribuye a un nuevo aumento del consumo, creándose así una espiral negativa que influye en la creciente presión sobre los recursos naturales (Saer y Monroy, 2002).

La industria se preocupó por mejorar su eficiencia productiva, requiriendo para ello de grandes inversiones tecnológicas con elevados costos. Sin embargo, los métodos tradicionales para manejar el volumen de residuos generados por la creciente producción industrial no siempre tuvieron éxito, y la consecuente contaminación del agua, aire y suelos ha contribuido para que se presione más a la industria y se mejore esta situación, puesto que solamente se logra transferir los contaminantes de un medio a otro sin resolver el problema de fondo (Yapijakis, 1992).

Puesto que los estándares ambientales se vuelven cada vez más estrictos y los costos de disposición aumentan, se hace necesario encontrar una manera de evitar totalmente la producción de residuos, revisión que sucede en un momento en que el crecimiento

de la competencia, exige a las empresas aumentar su productividad y reducir sus costos. Por tal razón, surgen nuevos conceptos en el manejo de los residuos, dándole mayor importancia a la prevención de la contaminación y el reciclaje, tal como se muestra en la Figura N° 1:



FUENTE: Gujer, 1991.

Figura N° 1: Desarrollo Integrado de Procesos para la Industria Química.

El esquema presentado, conocido como Desarrollo Integrado de Procesos y postulado por Ciba-Geigy en 1978, considera que durante la etapa de desarrollo de un proceso productivo, se debe considerar como un todo el tipo y calidad de los materiales de partida, la evaluación óptima de las opciones de reciclaje, el empleo de tratamiento o la eliminación de corrientes de residuos. Esto se traduce en la búsqueda del mejor proceso, el cual deberá obtener el producto deseado con la mínima generación de residuos y el uso óptimo de los recursos, aspectos en los que el rol ejercido por el Ingeniero Químico es fundamental (Gujer, 1991).

No es de extrañar que durante los últimos treinta años, las estrategias empresariales frente a la variable ambiental hayan sido implementadas bajo diferentes perspectivas, generalmente desde un punto de vista puramente ambientalista y cortoplacista. Recientemente se ha comenzado a relacionar su importancia sobre el desarrollo económico y social, a mediano y largo plazo. Este cambio de actitud se volvió más evidente durante la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, celebrada en Río de Janeiro (Brasil) en 1992. En el marco de esta cumbre, la creación de la Agenda 21 fue un factor de gran importancia, porque prestó particular atención sobre la actividad industrial, recalando a los Estados su deber de reducir y eliminar las modalidades de producción y consumo insostenibles, promoviendo así ciertos mecanismos para impulsar el desarrollo de una Producción Limpia (PNUMA, 1999; Ramos y Saer, 2002).

II.1.1.- DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS

La sostenibilidad empresarial, que se basa en su nivel de competitividad, depende del equilibrio de las tres variables contempladas en el concepto del desarrollo sostenible: manejo adecuado de los recursos (incluidos los ambientales), bienestar social de los empleados y la comunidad, y el desarrollo económico de la empresa. El manejo de estas tres variables se logrará a través de un proceso de mejoramiento continuo, buscando garantizar un mayor valor agregado para las partes interesadas, presentes y futuras.

La Producción Limpia es una estrategia empresarial para alcanzar el objetivo general planteado por el desarrollo sostenible. La Producción Limpia se define como una estrategia empresarial a largo plazo, preventiva, integrada, enfocada hacia la optimización de los procesos productivos, los productos y los servicios, con el fin reducir costos, incentivar innovaciones, mejorando la competitividad de las empresas,

y reduciendo los riesgos al ser humano y al medio ambiente (EPA, 2001; Monroy, 2002a). Conviene resaltar algunos términos de la definición anterior:

- Es una estrategia en cuanto a que no se trata de acciones aisladas a un aspecto puntual, o a un espacio de tiempo, sino que implica políticas a largo plazo y en todas las áreas.
- Es una estrategia preventiva, en cuanto acepta que las soluciones “end of pipe”, aunque pudiendo mejorar el medio ambiente (de modo parcial o relativo), representan un costo que disminuye la competitividad de la empresas.
- Es una estrategia integral, en la cual con el aporte y participación de todas las áreas de la empresa, se debe analizar y trabajar sobre todo el entorno competitivo. También es integral en cuanto busca mejorar los productos, los procesos y el servicio analizando costos e impactos a lo largo del ciclo de vida.
- Es una estrategia de largo plazo y como tal debe ser planeada y valorada. Ello implica tener claro, que aunque los costos iniciales pueden ser mayores que los beneficios a corto plazo, los resultados a largo plazo, deben ser positivos para la competitividad de la empresa.
- Para los procesos, la Producción Limpia incluye la conservación de la materia prima y la energía, la disposición de materiales tóxicos o peligrosos y la reducción de las emisiones y los desechos en la fuente. Para los productos, la estrategia se enfoca a reducir los impactos a lo largo del ciclo de vida de los artículos producidos, desde su creación, pasando por su utilización y hasta su disposición final.

Igualmente, como estrategia, la Producción Limpia puede y debe tener aplicación en diferentes niveles de una misma empresa, involucrando desde su misión hasta sus

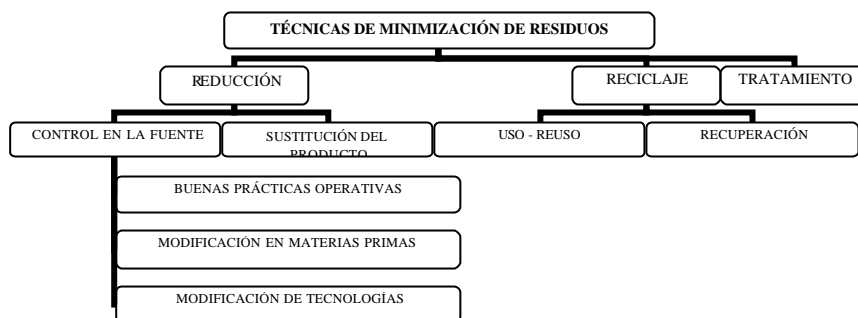
diferentes metas, globales y parciales. Sus alcances abarcan aspectos internos de la industria como los materiales, los procesos, la calidad del producto, las tecnologías, hasta la disponibilidad de capital; aspectos culturales y aspectos externos, como las políticas macroeconómicas y ambientales; aspectos financieros, la presión de la comunidad, la demanda en el mercado por productos sostenibles y el acceso a tecnologías alternativas.

Desde el punto de vista ambiental la Producción Limpia ataca en la fuente el problema de los desechos y emisiones, contrario a los sistemas convencionales de tratamiento “end of pipe”, los cuales terminan en muchos casos, trasladando los contaminantes de un medio a otro. Debido a que la Producción Limpia es una estrategia preventiva e integral, este traslado de contaminación de un medio a otro se elimina o se minimiza (PNUMA, 1999).

II.1.2.- PRÁCTICAS DE PRODUCCIÓN LIMPIA

Los términos de prevención de la contaminación, reducción en la fuente y minimización de residuos se utilizan con frecuencia para referirse a la Producción Limpia. Según el Banco Mundial se destacan tres grupos de actividades en la minimización de residuos (SEPL, 2000), tal como se aprecia en la Figura N° 2:

- 1) **Reducción en la fuente:** Cualquier actividad que reduzca la generación de residuos dentro del proceso productivo.
- 2) **Reciclaje:** Cualquier actividad que reduzca el volumen y la carga contaminante de los residuos, a través del uso posterior de aquéllos que tienen un valor económico.
- 3) **Tratamiento:** Cualquier actividad que reduzca el volumen y la carga de los residuos después de su generación y antes de su disposición final.



FUENTE: Yapijakis, 1992.

Figura N° 2: Técnicas de minimización de residuos.

El componente más prominente según este concepto es la reducción en la fuente, que comprende la sustitución de insumos químicos, el control del proceso productivo y la adaptación de nuevas tecnologías. El marco conceptual de esta definición lo constituye la planta industrial y lo que ésta pueda enviar al ambiente como residuo.

Aunque el uso de los insumos y el manejo de residuos difiere en todos los procesos industriales y depende fuertemente del nivel tecnológico de la maquinaria instalada, se pueden identificar técnicas comunes desde cambios en los procedimientos de trabajo, hasta modificaciones o cambios de la tecnología instalada para aumentar la eficiencia del proceso, las cuales se resumen a continuación (PNUMA, 1994; PNUMA, 1999; WPCF, 1989):

➤ **Cambios en el producto:** Los cambios en el producto se realizan por el fabricante del mismo, con la intención de reducir los desechos que se den como resultado de la utilización de un producto. Estos cambios incluyen la sustitución o conservación del producto y cambios en su composición.

- **Cambios en los insumos:** La Producción Limpia se logra realizando cambios en los insumos, reduciendo o eliminando los materiales peligrosos que ingresan en el proceso de producción. Además, pueden realizarse los cambios de insumos para evitar la generación de desechos peligrosos dentro de los procesos de producción. Estos cambios incluyen la purificación o sustitución del material.

- **Cambio tecnológico:** Los cambios tecnológicos están orientados hacia las modificaciones del proceso y equipos para reducir desechos. Pueden variar desde las modificaciones menores, las cuales pueden instalarse en cuestión de días y a un bajo costo, hasta la sustitución de procesos, lo cual requiere de una inversión mayor.

- **Reutilización en sitio:** El reciclaje y/o la reutilización involucran el regreso de material de desecho, ya sea al proceso de origen como insumo sustituto o para otro proceso como insumo.

- **Mantenimiento adecuado:** El buen mantenimiento incluye medidas de procedimiento, administrativas o institucionales que puede utilizar una compañía para minimizar desechos. Muchas de éstas se utilizan en la industria, en gran parte, para mejorar la eficiencia y como buenas prácticas de manejo.

Según el Banco Mundial, una reducción de la contaminación del 20 al 30% puede conseguirse sin necesidad de inversiones de capital, mediante la implementación de Buenas Prácticas de Manufactura, y una reducción adicional del 20% o más puede alcanzarse con inversiones con período de recuperación de meses, si se implementan mecanismos de Producción Limpia. Hay que tener en cuenta que la importancia de estos beneficios para la competitividad empresarial, para el medio ambiente y las sensibilidades, son específicas por tipo de sector y hasta por tipo de empresa. Esto significa que la aplicación de estas prácticas de Producción Limpia no producirá el

mismo impacto en la totalidad de las empresas, sino que está condicionado al tipo de empresa y cantidad de recursos que utiliza.

La eficiencia en la aplicación de la Producción Limpia está en la manera óptima de encontrar estos beneficios y prioridades específicas, que forman la base para la justificación de la aplicación de las Buenas Prácticas de Manufactura como procedimientos de trabajo específicos, y para la implementación de las tecnologías más limpias y eficientes (Van Hoof, 2002).

II.1.3.- BARRERAS A LA PRODUCCIÓN LIMPIA

Dadas las ventajas de ofrece la Producción Limpia es fácil suponer que su promoción y aplicación deberían encontrarse en un estadio de desarrollo acelerado, pero los resultados muestran que no ha sido así. Existen variables que de alguna manera afectan el desarrollo de la Producción Limpia, las cuales al no ser manejadas adecuadamente se convierten en barreras; éstas pueden ser agrupadas de la siguiente manera (Monroy, 2002b):

- a) Barreras del mercado.
- b) Barreras financieras.
- c) Barreras tecnológicas.
- d) Barreras legislativas.
- e) Barreras organizacionales.
- f) Otras barreras.

BARRERAS DEL MERCADO: En esencia, no existe suficiente demanda para productos o procesos de mejor desempeño ambiental. Aunque las necesidades “verdes” han ido en aumento, su porcentaje aún es pequeño y está restringido a unos pocos sectores y pequeños nichos del mercado. Buena parte de estas barreras están

ligadas a una falta de conocimientos e información confiable y especializada sobre las tendencias de los mercados, las exigencias de los mercados internacionales y, los aspectos y características de los productos verdes. Estas fallas son mayores en los países en desarrollo, cuyo impacto sobre el medio ambiente es muy grande.

BARRERAS FINANCIERAS: Se pueden definir como todos aquellos obstáculos que enfrenta un empresario para obtener, soportar, retornar y aprovechar posibles recursos para el desarrollo de su estrategia empresarial o la supervivencia del negocio. Estas barreras se dividen de acuerdo a los aspectos a tener en cuenta para el desarrollo de un análisis financiero, tales como:

- a) **Fondos – Costos:** La disponibilidad y viabilidad de los fondos a tasas de interés atractivas para el empresario.
- b) **Retorno – Riesgo:** La relación resultante de los posibles beneficios que teóricamente se adquieren con la consecución de un mecanismo de financiación y el riesgo asociado a no alcanzar esos beneficios.
- c) **Rentabilidad:** Los dividendos que resultan de las acciones adelantadas por medio de los fondos adquiridos.

BARRERAS TECNOLÓGICAS: Aunque los primeros pasos de la aplicación de la Producción Limpia sólo requieren de un cambio en las prácticas culturales o la implementación de Buenas Prácticas de Manufactura, llega un momento donde se agotan esta clase de opciones y se requiere pasar a etapas superiores que normalmente exigen mejoras o nuevas tecnologías. El problema asociado a las tecnologías se puede presentar bajo diferentes facetas:

- a) Por la inexistencia de la misma.
- b) Por ser inasequible (falta de conocimiento o imposibilidad de asimilarla).
- c) Por su costo para el productor.
- d) Por su aparente incompatibilidad con otras etapas del proceso.
- e) Por problemas de economía de escala.

BARRERAS LEGISLATIVAS: La legislación ambiental comenzó a desarrollarse por presión de las comunidades ante problemas que normalmente atacaban la salud y el modo de vida de las personas. Como dichos problemas requerían de acciones a corto plazo, la legislación ambiental buscó medidas rápidas a dichos problemas, las cuales generalmente se corresponden con soluciones “end of pipe”, las cuales, aparte de ser costosas, no atacan las causas principales de los problemas.

Más recientemente, y ante las fallas de las soluciones “end of pipe”, la legislación ha comenzado a considerar la motivación de soluciones preventivas que mediante un beneficio al productor consigan una acción continua, integral y profunda sobre los problemas ambientales. Sin embargo, la legislación ambiental tiene otros peligros, entre los cuales están las presiones políticas o por problemas sociales, que la pueden alejar de soluciones ambientales de tipo productivo. Dentro de estos peligros, que igualmente pueden convertirse en barreras, también se tiene:

- a) La legislación ambiental tiende a dar prioridad, en tiempo e importancia, a las normas de comando y control, las cuales inducen a soluciones “end of pipe” de corto plazo y localizadas.
- b) Las normas ambientales normalmente se enfocan en un solo factor, sin evaluar el impacto global, lo cual desestimula la aplicación de una tecnología integral.
- c) Las normas ambientales sólo evalúan los resultados o impactos finales de la contaminación, sin examinar el gasto de recursos no renovables o escasos.
- d) En ocasiones, la aplicación de la ley no se hace de manera equitativa a todos los emisores de contaminantes.
- e) La falta de certeza sobre el mantenimiento de las normas a lo largo del tiempo y la dispersión de las mismas, hace que haya poca claridad jurídica.

- f) Muchas normas tienden a exigir un resultado final determinado, sin ninguna exigencia sobre el cómo conseguir estos resultados finales.
- g) Las autoridades ambientales tienen una baja capacidad para hacer cumplir la reglamentación, en cuanto a penalizaciones y acciones en empresas, especialmente en aquellos casos que impliquen conflictos sociales, presiones políticas, problemas de desempleo, etc.
- h) Los castigos a la producción “sucia” son reconocidos por los empresarios, e identifican a las autoridades ambientales como castigadoras de la producción contaminante, pero no como entidades de apoyo o fomento de la Producción Limpia.
- i) No hay suficiente conocimiento de la legislación ambiental.

BARRERAS ORGANIZACIONALES: La aplicación de la estrategia de Producción Limpia depende mucho de la implementación de un sistema de gestión que permita a la organización tener un objetivo y unas estructuras claras para alcanzar dicha estrategia. Sin embargo, pueden existir deficiencias internas en cada una de las partes y procesos de la empresa que pueden convertirse en barreras a la hora de implementar la Producción Limpia.

OTRAS BARRERAS: Existen barreras que pudieran ser clasificadas a nivel micro (empresas) y macro (Estado y sus instituciones), entre las que vale la pena mencionar:

- a) Escasa o nula valoración de los recursos naturales, lo cual conlleva a que su uso ineficiente o excesivo no se refleje en un costo real para la empresa.
- b) Poca valoración real de los costos de la contaminación, lo cual impide internalizar dichos costos a nivel empresarial.
- c) No hay reconocimiento o apoyo por parte del Estado a resultados efectivos de acciones dirigidas a mejorar el medio ambiente.
- d) Poco apoyo a grupos pilotos de investigación que permitan desarrollar e implementar tecnologías limpias.

- e) Falta una mayor capacidad en recursos para asesorías y asistencia técnica en Producción Limpia. Tampoco se han promovido a nivel formal e institucional dentro de los programas de educación.
- f) No se ha introducido el tema de riesgo ambiental dentro de la actividad de las entidades financieras y de seguros.
- g) Faltan certificaciones o acreditaciones ambientales serias.
- h) Falta divulgación de la normativa ambiental y sus tendencias a nivel mundial.
- i) Falta cooperación entre las cadenas productivas que aumenten esfuerzos hacia el fortalecimiento integral de aspectos ambientales.
- j) Los indicadores de gestión están más dirigidos hacia el cumplimiento de la política y no el impacto sobre la disminución de la contaminación.

Una vez identificadas las principales barreras para la implementación de la Producción Limpia, tal como se muestra en la Tabla N° 3, es posible ubicar el panorama de solución, ya que ello permite identificar los actores que deben intervenir en su solución y el objetivo a conseguir. Lo que no queda claro es cómo hacerlo, ya que los problemas son muy complejos y afectan a diferentes entes. Incluso puede haber alternativas de solución que choquen con intereses sociales o culturales cuya relevancia sea más importante en el momento o en el país, y que por tanto se encuentren por encima de las alternativas ambientales.

Lo anterior, agregado a los recursos escasos por los cuales hay que competir, puede hacer que alternativas excelentes bajo el punto de vista ambiental sean desechadas, postergadas o modificadas. Además, cada barrera tiene diferente énfasis según los escenarios y diferentes posibilidades de solución, sin considerar que existe mucha incertidumbre tanto en la gravedad de los impactos como en su incidencia sobre los aspectos económicos y sociales.

Tabla N° 3: Tipos de barrera a la Producción Limpia.

TIPO DE BARRERA	CARACTERÍSTICAS
Financieras	<ul style="list-style-type: none"> • Necesidades elevadas de capital externo para inversiones. • Carencia de mecanismos de financiamiento para inversiones en Producción Limpia. • Percepción de un elevado riesgo en las inversiones debido a la naturaleza innovativa de la Producción Limpia. • Valoración no adecuada de la Producción Limpia por parte de los entes que otorgan créditos.
Económicas	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de atractivo de las inversiones en Producción Limpia frente a otro tipo de inversiones. • Inmadurez a nivel de la empresa para el cálculo y distribución de costos y presupuestos.
Políticas	<ul style="list-style-type: none"> • Enfoque limitado en términos de estrategias ambientales, tecnológicas, comerciales y de desarrollo industrial. • Inmadurez a nivel de política ambiental.
Organizacionales	<ul style="list-style-type: none"> • Ausencia de liderazgo en temas ambientales. • Ausencia de incentivos a nivel gerencial para la aplicación de la Producción Limpia. • Inmadurez del componente gerencial ambiental. • Estructura organizativa limitada e inmadurez de los sistemas gerenciales e informativos. • Experiencia limitada en el manejo de proyectos.
Tecnológicas	<ul style="list-style-type: none"> • Ausencia de base operacional sólida: prácticas de producción, esquemas de mantenimiento, etc. • Complejidad de la Producción Limpia en términos de identificación de oportunidades. • Acceso limitado a equipos de soporte para la Producción Limpia. • Acceso limitado a información técnica particular para cada empresa.
Conceptuales	<ul style="list-style-type: none"> • Indiferencia ante el mejoramiento ambiental. • Interpretación errónea o limitada del concepto de Producción Limpia. • Resistencia al cambio.

FUENTE: Monroy, 2002b.

Por esta razón, deben realizarse esfuerzos para el estudio integral de los problemas de contaminación de sectores específicos, en el contexto temporal, geográfico, político, socioeconómico y cultural que prevalezca, minimizando la influencia de las barreras identificadas a través de mecanismos económicos, operativos y de apoyo, en términos de información, promoción, reconocimiento, capacitación y asesoría; así como de la existencia de una legislación proactiva que busque resultados a largo plazo.

II.2.- PROCESO PRODUCTIVO DEL CUERO

La cadena productiva del cuero se inicia en la actividad agropecuaria, donde desde los diferentes sistemas de crianza hasta el mismo abatimiento o matanza puede resultar en pieles de distintas calidades, imponiendo por lo tanto, restricciones al procesamiento del cuero (CUERONET, 2004a).

Los cueros y pieles difieren en su estructura según sean los hábitos de vida del animal, la estación del año, la edad y el sexo. La constitución de la piel, en cualquier estado de conservación en que se encuentre, pero sin alteraciones, es de gran importancia en el resultado final del cuero luego del curtido. Un buen cuero proviene de pieles de espesor uniforme, sanas y de buena resistencia; una piel delgada, de conformación débil y quebradiza da un producto que una vez industrializado posee características que lo relegan a destinos inferiores (CUERONET, 2004b).

En la industria de la tenería se utilizan principalmente las pieles vacunas, las de cordero y las de cabra; en una proporción menor las pieles de caballo y de cerdo; y aún en cantidades menores, las pieles de reptil y pescado. Independientemente del tipo de piel empleada, el proceso productivo en una industria curtiembre tiene como objetivo principal, la transformación de la piel del animal en un cuero estable y duradero.

Una curtiembre se puede dividir en cuatro grandes etapas, cada una de las cuales involucra operaciones o procesos diferentes, tal como se muestra y describe a continuación en la Tabla N° 4 (CPTS, 2003).

Tabla N° 4: Etapas del proceso productivo de una curtiembre.

RIBERA	CURTIDO
Conservación y recepción	Piquelado
Remojo	Curtido
Pelambre y calero	Escurrido
Depilado y descarnado	Dividido
Desencalado	Clasificación
Rendido o purga	Rebajado
Desengrasado	Neutralizado
POST-CURTIDO	ACABADO
Recurtido	Impregnación
Teñido	Aplicación de fondo
Engrase	Aplicación de efectos
Secado	Medición
Acondicionado	
Ablandado	
Esmerilado y desempolvado	

FUENTE: CPTS, 2003.

II.2.1.- ETAPA DE RIBERA

Los trabajos de ribera se caracterizan por emplearse en ellos grandes cantidades de agua, de allí deriva su nombre. Junto a estos procesos químicos, físico-químicos y enzimáticos, transcurren un conjunto de operaciones mecánicas, cuyo objetivo es quitar de la piel todos los componentes no adecuados para la correcta elaboración del

cuero, preparando la compleja estructura fibrosa del colágeno para la siguiente etapa de curtido (CEPIS, 1993). Las operaciones que comprende esta etapa se describen a continuación:

CONSERVACIÓN Y RECEPCIÓN: El objetivo de la conservación es detener o reducir al máximo, el proceso natural de degradación de la piel y mantenerla en buenas condiciones, hasta que se inicie su elaboración en las fábricas curtiembres. La conservación de las pieles consiste en un proceso de deshidratación más o menos importante, e incluye la incorporación de sal común u otros productos que anulen o reduzcan la descomposición de la piel (Adzet, 1965).

Puesto que las pieles y los cueros llegan a la tenería en distintos estados de conservación, los almacenes deben estar preparados para el tipo de pieles que deben recibir. A la recepción de un lote de pieles debe controlarse el peso, la calidad de las pieles recibidas y las mermas que presentan (CUERONET, 2004c).

REMOJO: El remojo es la primera operación a que se someten las pieles en la fabricación, y consiste en tratarlas con agua dentro de una tina, molineta, fulón o botal. El objetivo del remojo es limpiar las pieles de todas las materias extrañas y devolverlas al estado de hidratación que tenían cuando eran pieles frescas (CUERONET, 2004d).

La complejidad de la operación de remojo depende fundamentalmente del método de conservación. Las pieles frescas necesitan un lavado a fondo para limpiar la piel, eliminando la sangre, linfa y excrementos. En el caso de pieles saladas, además de limpiarlas, se debe eliminar la mayor parte de la sal común y devolver a la piel su estado original de hidratación. El remojo de pieles secas es más difícil y largo que el de las pieles saladas (Adzet, 1965).

PELAMBRE Y CALERO: La piel debidamente hidratada, limpia y con parte de sus proteínas eliminadas en el remojo, pasa a las operaciones de apelmbrado, cuya doble misión radica en eliminar del corium, la epidermis con el pelo o la lana y producir un aflojamiento de la estructura fibrosa del colágeno, con el fin de prepararla adecuadamente para los procesos de curtido (CUERONET, 2004e).

Los métodos empleados para lograr el aflojamiento del pelo son de tipo químico o enzimático, y en la mayoría de ellos se aprovecha la escasa resistencia de las proteínas de la epidermis frente a las enzimas, álcalis o sulfuros. Por degradación hidrolítica de estas proteínas protoplasmáticas se destruye la unión natural entre el corium y la epidermis, al mismo tiempo que se ablanda la raíz del pelo; con ello se produce el aflojamiento de la inserción del pelo en la piel, y puede separarse fácilmente en el depilado mecánico.

Simultáneamente con el aflojamiento capilar tienen lugar en el apelmbrado otros procesos cuyo grado de intensidad determina, en parte, las características del cuero a obtener. Estos procesos son la hidrólisis del colágeno, los fenómenos de hinchamiento, la saponificación parcial de la grasa natural de la piel y los efectos de aflojamiento de la estructura fibrosa de la piel, con desdoblamiento de las fibras en fibrillas (CUERONET, 2004f).

DEPILADO Y DESCARNADO: La separación de la epidermis con el pelo o lana y del tejido conjuntivo subcutáneo con los tejidos adiposos que le acompañan tiene lugar en estas operaciones. El depilado sobra, en general, en aquellos casos en que la piel se ha apelmbrado en baños con elevada concentración de sulfuro; en cambio, es indispensable cuando se trabaja por embadurnado, por resudado, por procedimiento enzimático o por apelmbrado en tina sin acción mecánica y empleo de soluciones de moderada concentración. En estos casos se beneficia el pelo o lana como subproducto de los trabajos de ribera (Adzet, 1965).

El principal objetivo de la operación de descarnado, es la limpieza de la piel eliminando el tejido subcutáneo y adiposo. Dichos tejidos deben retirarse en las primeras etapas de la fabricación, con el fin de facilitar la penetración de productos químicos, aplicados en fases posteriores y tener un espesor lo más regular posible para la adecuada realización de las operaciones que le siguen. El estado de la piel más adecuado para la realización del descarnado, es con la piel en tripa, debido al grosor y consistencia que posee esta piel (CUERONET, 2004g).

DESENCALADO: El desencalado es la operación que sirve para eliminar la cal y productos alcalinos del interior del cuero, y por tanto la eliminación del hinchamiento alcalino de la piel apelambrada. Esto se logra por la acción conjunta de la neutralización, aumento de temperatura y efecto mecánico (CUERONET, 2004h).

La cal durante el apelambrado y calero se encuentra combinada con la piel de distintas formas. Para eliminar esta cal, una parte se hace con los lavados previos al desencalado de la piel en tripa y para el resto es necesario el empleo de agentes desencalantes, que suelen ser ácidos o bien sales amónicas. Es muy conveniente usar un agente desencalante que al combinarse con los productos alcalinos dé productos insolubles en agua; ya que de esta manera, se podrán eliminar por simple lavado, y que no contengan efecto de hinchamiento sobre el colágeno (Adzet, 1965).

RENDIDO O PURGA: El objetivo del rendido es lograr por medio de enzimas proteolíticas un aflojamiento y ligera peptización de la estructura del colágeno, al mismo tiempo que se produce una limpieza de restos de epidermis, pelo y grasa, que no han sido eliminados en las operaciones precedentes (CUERONET, 2004i).

Con el empleo de productos artificiales es posible una exacta dosificación de los preparados enzimáticos y con ello un control racional del proceso de rendido. Son de interés las enzimas proteasas que poseen capacidad para degradar proteínas y las

lipasas que hidrolizan las grasas. Estos productos artificiales se elaboran principalmente con proteasas de páncreas, de bacterias y hongos (Adzet, 1965).

DESENGRASADO: La necesidad del desengrase viene dada por los inconvenientes que reporta la presencia de la grasa durante el proceso de fabricación, y sobre todo por la calidad deficiente que se obtiene en el cuero terminado. Se aplica sobre todo a aquellas pieles con alto contenido de grasas (pieles de ganado ovino y porcino). La misma se elimina mediante un proceso que se efectúa a base de emulsionantes basados en disolventes orgánicos con gran efecto desengrasante y tensoactivos (Adzet, 1965, CUERONET, 2004i).

II.2.2.- ETAPA DE CURTIDO

La etapa de curtido comprende las operaciones y procesos que preparan la piel para ser curtida y las que la transforman en cuero (CEPIS, 1993). Dichas operaciones se describen a continuación:

PIQUELADO: Puede considerarse como un complemento del desengrase e interrupción definitiva del efecto enzimático del rendido; además, se prepara la piel para la posterior operación de curtido mineral. En ella se trata la piel desengrasada y rendida con productos ácidos que incorporan a la piel una importante cantidad de ácido y al mismo tiempo al bajar el pH, se logra eliminar totalmente el álcali de la piel, incluso el combinado. Los ácidos más empleados son el ácido fórmico y el sulfúrico (CUERONET, 2004i).

Esta operación es muy importante en lo que respecta a la operación posterior de curtido, ya que si la piel no estuviera piquelada, el pH sería elevado y las sales del agente curtiente mineral adquirirían una elevada basicidad, reaccionando rápidamente

con las fibras del colágeno, lo que produciría una sobrecurtición en las capas más exteriores, que dificultaría la difusión del curtiente en las capas internas, produciendo una contracción de la capa de flor y una precipitación sobre la flor del agente mineral hidrolizado (Adzet, 1965).

CURTIDO: Las pieles procesadas en la etapa de ribera son susceptibles de ser atacadas por las enzimas segregadas por los microorganismos y aunque esa putrescibilidad puede eliminarse por secado, no se consigue llegar a un material utilizable, por cuanto las fibras se adhieren entre sí y dan un material córneo y frágil, además de carecer de resistencia hidrotérmica, por lo que calentándola en medio acuoso se gelatiniza. Por lo expuesto anteriormente, queda claro que salvo excepciones no encuentra aplicación, si no se modifican algunas de sus propiedades, lo que implica que el producto a obtener no se cornifique al secar, sea resistente a la acción enzimática microbiana en húmedo y sea estable a la acción del agua caliente. Esta modificación de la piel para dar un producto que reúna estas propiedades se llama curtido, y al producto logrado se le llama cuero (CUERONET, 2004j).

Este proceso de curtido involucra el tratamiento de la piel en tripa con un agente curtiente que, por lo menos en parte, se combine irreversiblemente con el colágeno. La estabilidad de la proteína está dada por la formación de enlaces transversales en los que participa el agente curtiente, dando lugar a una reticulación de la estructura. Los agentes curtientes pueden dividirse en tres categorías: sales metálicas, compuestos polifenólicos y compuestos orgánicos sintéticos (Adzet, 1965).

Los tipos de curtido más practicados son al cromo y al tanino, dependiendo del producto a obtener. De modo general, se emplea el curtido con cromo para cueros destinados principalmente a artículos de vestir. El cuero para suelas de calzado es obtenido mediante el curtido vegetal con tanino sintético o natural. El curtido de pieles con sales de cromo representa el 80 – 90% de la producción total de cueros en

el mundo. El cromo es preferido debido a sus propiedades deseables para producir diferentes tipos de cueros (alta estabilidad hidrotérmica, suavidad y buena fijación del color durante el teñido), alta versatilidad de aplicación de éstos y por la reducida oferta requerida para un mismo producto, en comparación al curtido realizado con curtientes vegetales o sintéticos. Todas estas ventajas hacen que difícilmente se modifique su liderazgo en un futuro inmediato.

ESCURRIDO: El cuero curtido al cromo contiene entre un 70-75% de agua y para poderlo trabajar bien en la operación del rebajado o dividido, es necesario reducir su humedad a un 50-55%. Esto significa la eliminación de la mayor parte del agua interfibrilar que se halla entre las fibras del cuero. Para reducir el contenido de humedad de la piel en la cantidad indicada, es necesario utilizar una máquina hidráulica (CUERONET, 2004k).

DIVIDIDO: Esta operación tiene como misión la de obtener una piel con un espesor regular y proporcional al que debe tener el cuero terminado. En la misma, las pieles son divididas en flor (parte externa) y carnaza (parte interna). El estado de la piel para ser dividida es tradicionalmente en estado de tripa descarnada, pero también empleando máquinas más modernas se puede dividir después de curtir al cromo y, aunque menos frecuentemente, en pieles piqueladas, pieles en bruto y pieles secas (CUERONET, 2004l).

CLASIFICACIÓN: Los clientes exigen que cada pedido tenga el máximo de uniformidad de aspecto y características, indicando en el mismo el artículo, número de pieles o el peso, el grosor y su tolerancia, la longitud máxima y mínima de cada piel, así como el tacto y las características físicas que deben tener las pieles. Es difícil, por no decir imposible, que el curtidor encuentre un lote de pieles en bruto que se ajuste en cantidad, calidad y clasificado a lo solicitado por el cliente. Por ello, es de

máxima importancia económica para una tenería, clasificar las pieles para obtener el mayor aprovechamiento de ellas (Adzet, 1965).

REBAJADO: En esta operación se ajusta el espesor del cuero al valor deseado, bien sea el lado flor como la carnaza. El objetivo principal es conseguir cueros de espesor uniforme, tanto en un cuero específico como en un lote de cueros. Además de producir un cuero con el espesor deseado y parejo, el proceso de rebajado hace que se abran las fibras, facilitando la introducción de productos químicos en el cuero en las operaciones siguientes. Esta operación se realiza sobre el cuero curtido al cromo o vegetal húmedo, escurrido, dividido en tripa o en azul (CUERONET, 2004m).

NEUTRALIZADO: La principal acción del neutralizado es eliminar parte del exceso de ácido sulfúrico, que procede del piquelado o bien se ha producido en el cuero al cromo al fijarse la sal de cromo, transformándolo en una sal neutra o bien sustituyéndolo por un ácido más débil que tenga menos acción sobre las fibras. Esta operación eleva el pH del cuero y con ello disminuye la carga positiva y facilita la penetración de los productos aniónicos en las operaciones de recurtición, tintura y engrase (CUERONET, 2004n).

II.2.3.- ETAPA DE POST-CURTIDO

Desde hace muchos años predomina el criterio de unificar los trabajos de ribera de la curtiembre para todos los tipos de cuero, hasta el curtido y diferenciar los diversos tipos de artículos con el post-curtido y el acabado. Esto no sólo favorece en una cierta racionalización de los procesos, sino que también permite clasificar óptimamente la piel para los distintos tipos de artículos (CUERONET, 2004o). Por esta razón, se presentan a continuación las operaciones que constituyen esta etapa:

RECURTIDO: El recurtido de cuero al cromo es el tratamiento de dicho cuero con uno o más productos, en determinadas fases de la fabricación, con el objeto de obtener unas cualidades del cuero terminado que no son fácilmente obtenibles con la sola curtición al cromo. La variedad de productos existentes para la recurtición hace casi imposible estudiarlos uno a uno (Adzet, 1965).

TEÑIDO: La tintura o teñido del cuero comprende el conjunto de operaciones cuyo objeto es conferirle a la piel curtida una coloración determinada, sea superficial, parcial o totalmente atravesada, para mejorar su apariencia, adaptarlo a la moda e incrementar su valor (CUERONET, 2004p).

ENGRASE: La operación de engrase se realiza con la finalidad de obtener un cuero de tacto más suave y flexible, lo cual se logra por la incorporación de materias grasas solubles o no en agua. La función de las materias grasas sobre el cuero es la de mantener las fibras separadas, y lubricarlas para que se puedan deslizar fácilmente unas en relación a las otras (CUERONET, 2004q).

SECADO: El secado consiste en evaporar gran parte del agua que contiene el cuero hasta reducir su contenido al 14% aproximadamente, y es algo más que la simple eliminación de humedad, pues también contribuye a la producción de las reacciones químicas que intervienen en la fabricación del cuero, por lo que constituye uno de los pasos más importantes en la calidad del cuero (CUERONET, 2004r).

ACONDICIONADO: Durante el secado, las fibras del cuero se unen entre sí dando un cuero duro y compacto. El cuero secado a fondo no puede ablandarse directamente, ya que se produciría la rotura de sus fibras. Para evitar este inconveniente es necesario proceder a un acondicionamiento hasta lograr una humedad homogénea del 20-22% en todo el espesor del cuero. El acondicionamiento de los cueros tiene por finalidad rehumedecer uniformemente las superficies y regiones del

cuero con un determinado grado de humedad, siendo una operación de gran importancia porque influye en la ejecución eficiente de las operaciones siguientes (CUERONET, 2004s).

ABLANDADO: Durante el proceso de secado, con el retiro del agua superficial y de los capilares, se da una compactación y una retracción de las fibras, resultando en un cuero rígido en ciertas áreas. El ablandamiento es una operación que consiste en romper mecánicamente la adhesión entre las fibras, confiriéndole al cuero flexibilidad y blandura, además promueve una acción lubricante de los aceites ubicados en la estructura fibrosa (CUERONET, 2004t).

ESMERILADO Y DESEMPOLVADO: El esmerilado consiste en someter a la superficie del cuero a una acción mecánica de un cilindro revestido de papel de esmerilar formado por granos de materias abrasivas, mientras que el desempolvado consiste en retirar el polvo de la lija de las superficies del cuero, a través de un sistema de cepillos o de aire comprimido. Estas operaciones garantizan una buena adherencia y uniformidad en la formación de la película del acabado, disminuyendo algunos problemas durante la fabricación de calzados, tales como quiebres o rupturas del acabado (CUERONET, 2004u).

II.2.4.- ETAPA DE ACABADO

Se entiende por acabado el conjunto de operaciones y tratamientos, esencialmente de superficie, que se aplican a las pieles como parte de todo el proceso de fabricación. Las principales características que dan vida, personalidad y calidad a un artículo terminado y sobre las que el acabado tiene una incidencia fundamental son el aspecto y clasificado, el toque y las propiedades físicas (Adzet, 1965, CUERONET, 2004v).

El término impregnación se refiere al tratamiento previo al proceso de acabado de pieles con flor corregida, consistente en introducir un polímero termoplástico en la capa de flor y la zona más inmediata de la capa reticular. Los profundos tienen como objetivo el preparar las pieles para el acabado propiamente dicho.

El fondo es la capa fundamental del acabado: color, flexibilidad, cobertura y relleno, resistencia y solidez, estarán condicionados inevitablemente por el fondo. Cepillo, felpa, pistola, air-less, cortina y rodillos, todos son sistemas aptos para la aplicación de un fondo, siendo frecuente la combinación de dos de ellos. Avivados, contrastes, bicolor, manchados, todos son efectos que se consiguen con la aplicación de formulaciones conteniendo colorante. Sin embargo, tanto la aplicación como la formulación deberán adaptarse al efecto requerido (CUERONET, 2004w).

Finalmente, los curtidores venden sus cueros por superficie, excepto en el caso del cuero para suela, que se vende por peso. A su vez compran los cueros wet blue y las pieles piqueladas por la superficie que tiene. La medición de una piel depende del estado en que se encuentra y la mayoría de las veces es un problema de tipo comercial, más que un problema realmente técnico.

Como cualquier otra actividad industrial, las técnicas del acabado en curtidos han experimentado y siguen experimentando una notable evolución, obligadas por las mayores exigencias en la manipulación y uso de las pieles, al amparo de la evolución de la química, la mecánica y la electrónica, y en función de los fenómenos sociales. De cualquier forma, casi nunca lo nuevo ha tenido poder excluyente sobre lo antiguo. Al margen de cualquier innovación tecnológica, no se puede dejar de contemplar el acabado como producto de tres factores fundamentales: las pieles, los productos y los sistemas operativos (Adzet, 1965).

II.3.- RESIDUOS GENERADOS EN UNA CURTIEMBRE

La industria curtidora produce cuero a partir de piel fresca y, como consecuencia directa de ello, genera una variedad de desechos. De acuerdo a la literatura, el porcentaje típico de reactivos químicos retenido en el cuero es 15%. El resto, no es retenido en el cuero y se elimina en los efluentes. Este gran porcentaje de reactivos no retenidos, produce un impacto ambiental considerable y está asociado a pérdidas económicas, producto de un uso ineficiente de estos insumos (Buljan et al, 2000).

Debido a que los procesos de producción se realizan en medios acuosos, los principales contaminantes se encuentran en las aguas residuales. Estos son materia orgánica (DBO y DQO) e inorgánica, sólidos suspendidos, sulfuro y cromo. Las descargas o emisiones a la atmósfera no son tan importantes como las descargas líquidas, y provienen generalmente de las operaciones de pelambre (sulfuro de hidrógeno), desencalado (amoníaco), acabado (solventes y polvos) y uso de energía (dióxido de carbono). Finalmente, en el proceso de curtición, el producto final representa menos del 50% del producto inicial, por lo que parte importante del mismo queda en el camino como residuos sólidos (CONAMA, 1999; CPTS, 2003).

Es difícil, si no imposible, intentar definir detalladamente las aguas residuales de las tenerías, pues si bien, tienen en general una serie de características comunes, que permiten diferenciarlas de las aguas residuales urbanas y de algunos tipos de aguas residuales industriales, son entre ellas suficientemente diferentes según sean los tipos de pieles manejadas. Dependen del método de conservación de las pieles en bruto, de los artículos a fabricar y de la tecnología aplicada (Adzet, 1965). Una división global de la distribución de la carga contaminante en las diferentes fases de la fabricación, viene dada en la Tabla N° 5, publicada por el Centro Técnico del Cuero de Lyon (Francia):

Tabla N° 5: Aporte a los parámetros de contaminación de ciertas operaciones.

PARÁMETRO	OPERACIÓN				
	REMOJO	PELAMBRE Y CALERO	DESENCALADO Y RENDIDO	PIQUELADO Y CURTIDO	RESTO
Demanda Bioquímica de Oxígeno, DBO	10,0%	70,0%	3,8%	1,2%	15,0%
Demanda Química de Oxígeno, DQO	15,0%	56,0%	3,0%	1,0%	25,0%
Sólidos Suspendidos	5,0%	55,0%	---	---	40,0%
Salinidad	60,0%	---	8,0%	25,0%	7,0%
Toxicidad	---	76,0%	---	24,0%	---

FUENTE: CONAMA, 1999.

Después de todo lo expuesto, queda clara la imposibilidad de conocer a priori, sin un estudio previo, las características del agua residual de una determinada tenería, pues aparte de la diversidad de características de los efluentes de las diferentes operaciones de fabricación presentes o no en dicha tenería, habría que tener en cuenta las interacciones entre ellos al ser mezclados, neutralizándose unos con otros y precipitando, lo cual produce un aumento de la materia en suspensión y una disminución de la carga contaminante soluble.

Dadas las características del proceso de curtido de pieles, para hacer un adecuado análisis de los residuos generados, es conveniente realizarlo de acuerdo a las cuatro etapas de fabricación: ribera, curtido, post-curtido y acabado, lo cual se presenta a continuación:

II.3.1.- ETAPA DE RIBERA

La contaminación más importante generada por la operación de remojo, se encuentra en las aguas residuales. Existen variaciones en la composición de las descargas que dependen únicamente del estado en que se encuentra la piel que se remoja (salada, fresca, congelada, seca o predescarnada), pero en general, contienen tierra, sangre, estiércol, grasas y otros componentes orgánicos de la piel, los cuales contribuyen a una alta carga de DBO y sólidos suspendidos. Si las pieles fueron preservadas, aportarán además sal, biocidas y químicos empleados para mejorar el remojo.

En la operación de pelambre y calero, si bien los volúmenes de aguas residuales generados son menores que en el proceso de remojo, su carga contaminante es tan elevada que en muchos casos llega a representar más de un 50% del total de la carga contaminante producida por la tenería. Se caracterizan por su fuerte basicidad, pH entre 12 y 14, elevados contenidos en restos de pelo y proteínas, cal, sulfuro, tensoactivos, nitrógeno amoniacal, así como pequeñas cantidades de grasas.

En la operación de descarte se obtienen como residuos sólidos carnaza, grasas y recortes de piel, los cuales se venden en muchos casos para preparar cola para carpintería y/o gelatina. Si los subproductos no están contaminados con químicos, pueden emplearse para alimento de animales. Los volúmenes de aguas residuales vertidos en las operaciones de desencalado y rendido pueden llegar a ser importantes. Estos vertidos se caracterizan por su contenido en sales cálcicas solubles, sustancias pigmentarias, proteínas solubles y muy frecuentemente, elevados contenidos en nitrógeno debido a sales amoniacales. Tienden a ser aguas ligeramente alcalinas, con un pH ubicado entre 7 y 8.

El desengrasado genera importantes volúmenes de aguas residuales, con elevadas concentraciones salinas, fuerte acidez, pH entre 3 y 4 e importantes contenidos en disolventes, emulsionantes y grasas, si no se aplican técnicas de recuperación (Adzet, 1965, CONAMA, 1999; CPTS, 2003).

II.3.2.- ETAPA DE CURTIDO

Cuando la operación de piquelado se realiza independientemente de la operación de curtido, produce aguas residuales que, si bien no son muy importantes en cuanto al volumen, poseen una alta carga contaminante por sus elevadas concentraciones en cloruro sódico y ácidos, que les confieren elevada acidez, con un pH entre 1 y 3.

Los vertidos del curtido son poco importantes desde el punto de vista de los volúmenes manipulados, pero son, sin embargo, muchas veces concentrados en productos químicos, se caracterizan por un pH ácido entre 3 y 4, elevada salinidad, abundancia de sales de cromo y fibras de cuero en suspensión, así como en algunos casos, grasas emulsionadas. El contaminante principal es el cromo, el cual mayormente está bajo la forma de Cr(III), cuya toxicidad es baja.

El neutralizado produce aguas residuales más o menos abundantes, según las características de lavado aplicadas, con una carga contaminante relativamente baja. Son aguas ligeramente ácidas, con pH entre 5 y 6, con contenidos variables de sales neutras y sales de cromo.

El aporte en cuanto a los residuos sólidos es significativo, principalmente por las virutas provenientes de la operación de rebajado, las que en muchos casos se eliminan con el efluente líquido y constituyen un aporte en sólidos suspendidos. La mayor parte de los residuos sólidos, tienen un contenido de cromo tan elevado que son

considerados tóxicos y deben disponerse únicamente en sitios destinados a tales efectos. En este punto se pueden incluir los polvos de esmerilado y los recortes de cuero sin acabado (Adzet, 1965, CONAMA, 1999; CPTS, 2003).

II.3.3.- ETAPA DE POST-CURTIDO

Las operaciones del proceso de post-curtido tienen una importancia relativamente menor, en relación a su aporte a la contaminación del efluente líquido total de la curtiembre. La toxicidad es despreciable y la DBO baja (CPTS, 2003). Estos vertidos son los más difíciles de caracterizar, debido a las diferentes tecnologías aplicadas en las diferentes curtiembres. Acostumbran, en general, a ser aguas débilmente ácidas, con pH entre 4 y 5, que contienen algo de grasas emulsionadas, colorantes, sales neutras y recurtientes. Es frecuente encontrar en ellas restos de curtientes vegetales, sintéticos, sales de aluminio, cromo, circonio, resinas y aldehídos (Adzet, 1965).

II.3.4.- ETAPA DE ACABADO

La influencia de la etapa de acabado en los efluentes líquidos sobre el total es mínima (CUERONET, 2004x). Principalmente la fuente de contaminación proviene de condensados de operaciones de planchado, sistemas de lavado, succión de bombas de vacío, pérdidas de producto durante los procesos de aplicación y operaciones generales de limpieza. Así mismo, se producen solventes orgánicos, provenientes de las pinturas, bien sea en forma gaseosa o mezclados con los efluentes (CPTS, 2003).

El proceso productivo típico de una tenería, se presenta en los diagramas de flujo mostrados en las Figuras N° 3, 4 y 5, los cuales además de las operaciones descritas anteriormente, incluyen las descargas más importantes producidas en ellas.

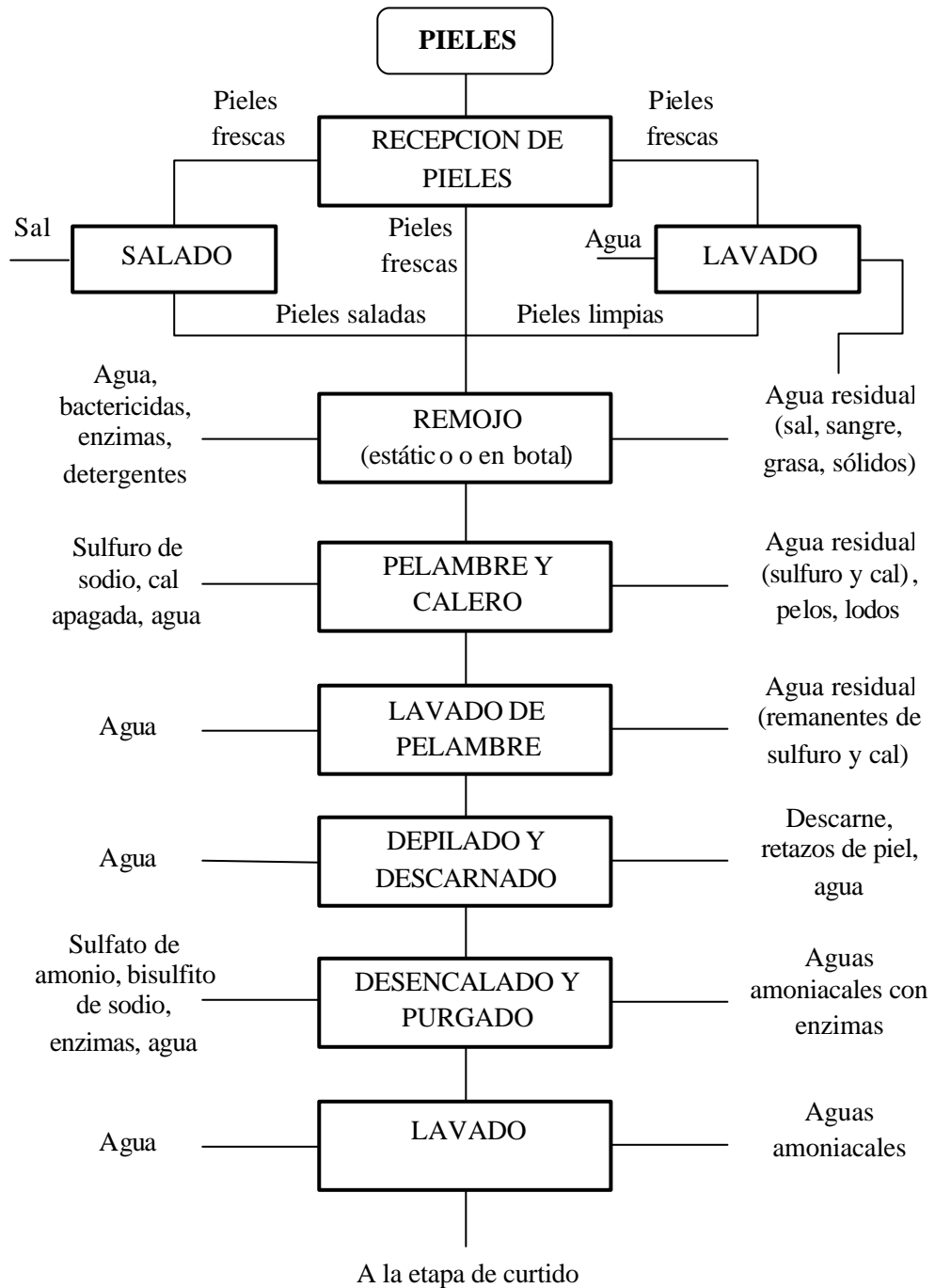


Figura N° 3: Diagrama de Flujo para la etapa de Ribera

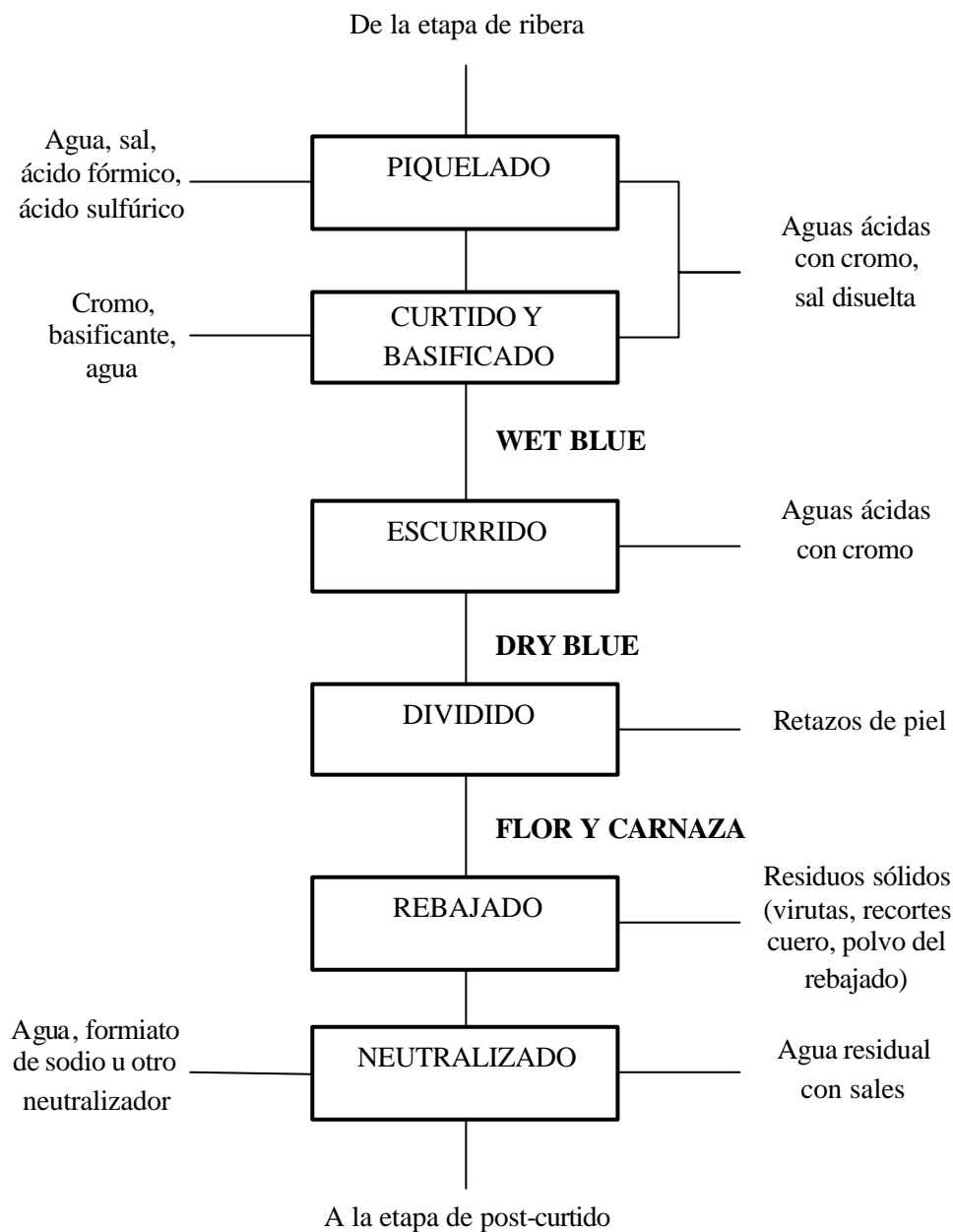


Figura N° 4: Diagrama de Flujo para la etapa de Curtido

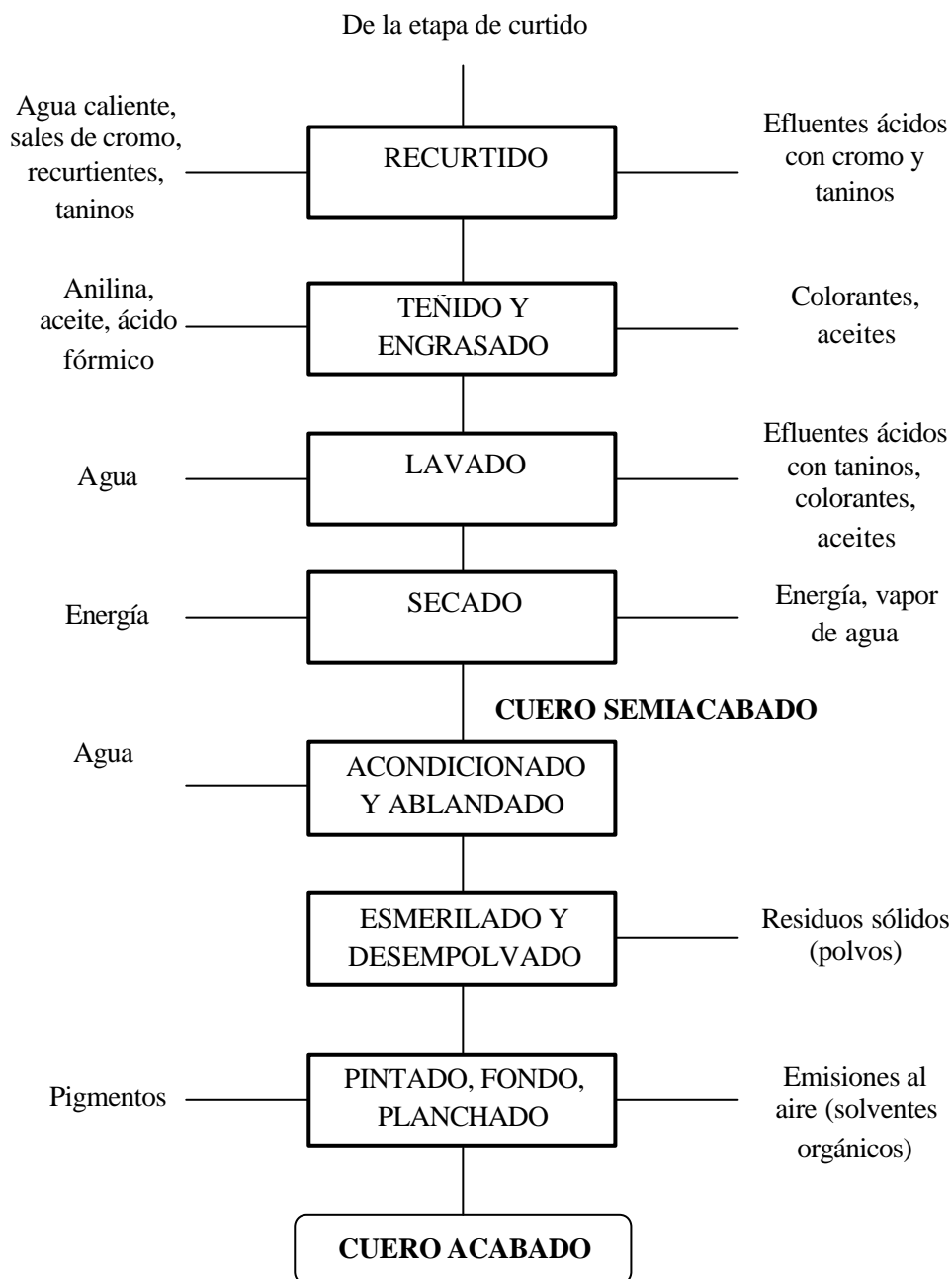


Figura N° 5: Diagrama de Flujo para las etapas de Post-curtido y Acabado

II.4.- PRODUCCIÓN LIMPIA EN CURTIEMBRES

Esta sección contiene descripciones y explicaciones técnicas de medidas de Producción Limpia que se pueden implementar en el proceso de producción de cuero a partir de pieles de vacuno, y que pueden adaptarse a los procesos de otros tipos de pieles. Gran parte de las medidas que se describen han sido implementadas en varias curtiembres a nivel mundial, sin embargo, no todas las medidas son aplicables en cualquier curtiembre, ya que dependen de varios factores, como el tipo de material procesado, el tipo de producto final, la situación geográfica y climática y la normativa ambiental aplicada en cada región (CPTS, 2003).

De acuerdo a esto, las prácticas de Producción Limpia se presentarán siguiendo la clasificación establecida por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), el cual abarca cinco aspectos fundamentales: cambios en el producto, cambios en los insumos, cambio tecnológico, reutilización en sitio y mantenimiento adecuado. Una vez agotadas las posibilidades de reducción de la contaminación en el origen, se deben considerar las alternativas de tratamiento final (PNUMA, 1999).

II.4.1.- CAMBIOS EN EL PRODUCTO

Este aspecto implica sustituir el producto final por otro de características similares, que requiera de insumos menos peligrosos en los procesos de producción, o cuyo uso y/o disposición final sea más benigno para el medio ambiente y/o para la salud. En la actualidad, muchas sustancias artificiales se producen y venden como cuero sintético. Estos materiales carecen de la porosidad, flexibilidad y resistencia del cuero. Sin embargo, su producción resulta más barata, por lo que se han hecho con una cuota de mercado importante, sobre todo en la industria del calzado (ENCARTA, 2004).

El poliuretano y el PVC son los materiales más usados en la producción de cuero sintético. Como el cuero sintético de PVC se usa solamente para hacer productos con una baja tolerancia de extensión; el cuero sintético de poliuretano, más flexible y con alta resistencia a la extensión, es usado para hacer una gran variedad de productos, tales como: botas, bolsas para calzados, equipajes, correas, guantes y, tapizados para muebles y asientos de carros (TAIWANTRADE, 2004).

En consecuencia, de las experiencias comerciales más conocidas en la producción de cuero sintético, vale la pena destacar las siguientes:

- a) En los años 60, DuPont gastó 80 millones de dólares para desarrollar el Corfam® como un posible sustituto del cuero, pero fracasó. Sus inventos no tenían siquiera la adaptabilidad del cuero natural (DUPONT, 2004).
- b) La compañía brasileña CITECO, que inició sus actividades en 1999, fabrica sustratos de poliuretano coagulado que ofrece innumerables beneficios con mayor resistencia y durabilidad, suavidad y mejor toque. Con esas características, los coagulados son excelentes sustitutos del cuero natural y proporcionan acabados con máxima calidad (CITECO, 2004).
- c) Más recientemente, la empresa japonesa Kurakay introdujo un nuevo producto, denominado “Parcassio”, que es un cuero sintético que no daña al medio ambiente. Pesa 30% menos que el cuero natural, es más uniforme, posee más fuerza y una consistencia superior en cuanto a la estabilidad dimensional (KURARAY, 2004).

II.4.2.- CAMBIOS EN INSUMOS

Comprende las opciones que corresponden al uso de materias primas e insumos que no generen o que disminuyan la generación de residuos indeseables o peligrosos. El resultado de estos cambios es una minimización de los residuos y una menor

exposición de los trabajadores a contaminantes producidos en el proceso de manufactura del cuero.

ETAPA DE RIBERA: El cloruro de sodio es un elemento muy difícil de separar cuando ha ingresado al efluente líquido, debido a su alta solubilidad en agua. Por lo tanto, el consumo de sal debe ser reducido y una parte de ésta debe ser recuperada en estado sólido antes de que las pieles ingresen a los baños de remojo y lavado. Para disminuir las descargas de sal común al efluente, se recomienda (CPTS, 2003):

- a) Evitar, cuando sea posible, el salado de pieles frescas.
- b) Si es necesario conservar las pieles, primero descarnar y luego salar.
- c) Bajar la dosificación de sal común para salar.
- d) Sacudir la sal de las mismas antes de introducirlas a los baños de remojo.

Los tensoactivos fenólicos no iónicos son usados en la ribera por dos motivos: humectación y limpieza de cueros. Los tensoactivos más usados son los alquilfenoles etoxilados, los cuales dan altos valores de DQO y toxicidad en los efluentes. Si se suprime el uso de estos tensoactivos se conseguirán dos objetivos, sin alterar la calidad final del producto: reducir los valores de DQO y toxicidad, y reducir los costos de producción (CONAMA, 1999).

Diferentes procedimientos de depilado, apoyados enzimáticamente a efectos de ahorrar productos químicos de apelmbrado agresivos y/o tóxicos (sobre todo sulfuros) han sido patentados y aplicados por temporadas, pero nunca han estado exentos de riesgos e incluso los ahorros han sido limitados. A este grupo pertenecen también los procedimientos que se basan en el empleo conjunto con productos químicos exentos de sulfuro (Frendrup, 2000; Heidemann, 2004). Sin embargo, estos sustitutos tienen mayores costos, son más difíciles de remover y es posible que dañen al medio ambiente. Afortunadamente, el sulfuro se elimina fácilmente a través del tratamiento (CEPIS, 2004b).

En el desenchalado con dióxido de carbono se prescinde de las sales amónicas, por lo tanto se disminuye el nitrógeno amoniacal del efluente. Como los pelambres llevan cantidades importantes de sulfuro de sodio, se desprende sulfuro de hidrógeno, que debe ser destruido mediante hipoclorito de sodio, lo que incrementa los costos y también la salinidad en los vertidos. Una desventaja del desenchalado con dióxido de carbono es que requiere de un mayor tiempo de penetración que el que se requiere con sulfato de amonio (CONAMA, 1999).

El ácido bórico, el lactato de magnesio y los ácidos orgánicos, tales como el ácido láctico, el ácido fórmico y el ácido acético o los ésteres de ácidos orgánicos, pueden usarse para sustituir las sales de amonio en el desenchalado. Se han encontrado efectos positivos en la calidad de los productos obtenidos, sin embargo, los compuestos mencionados pueden incrementar la carga de DQO en el efluente (CPTS, 2003).

ETAPA DE CURTIDO: Aunque cada vez se están proponiendo más curticiones alternativas, ninguna ha conseguido imponerse hasta ahora en la práctica, ya que por una parte se pierde la posibilidad de producir cueros estables al agua hirviendo, pero por otra se modifica fuertemente el carácter del cuero. Esto ocurre con todas las sales metálicas curtientes y/o sus combinaciones con otros curtientes.

Una sustitución parcial del cromo parece ser la salida, realizando el curtido con unas pocas combinaciones seleccionadas del cromo con productos de la reacción de Mannich del ácido pirúvico o de la resorcina, o por medio de ácido glicólico, pero en ningún caso mediante la aplicación de otras sales metálicas. Con ello no se modifica el carácter del cuero, a pesar de la reducción de la cantidad de cromo hasta un 1,5% de óxido de cromo. Por consiguiente, con ello se consigue reducir drásticamente la carga de metales pesados de todos los productos de cuero.

Así mismo, el concepto de “wet white”, es decir, cuero blanco húmedo curtido, sirve para disminuir los desperdicios curtidos al cromo mediante la aplicación de una precurtición con compuestos de aluminio, titanio o zirconio. Las rebajaduras resultantes están exentas de cromo y pueden ser fácilmente descurtidas hasta el punto de que pueden ser empleadas como materia prima para la fabricación de gelatina (Heidemann, 2004).

ETAPA DE POST-CURTIDO: Debido a la amplia gama de reactivos químicos usados en las diferentes operaciones del post-curtido, gran parte de las recomendaciones relacionadas con esta etapa se basan en la sustitución de reactivos químicos. En este caso, se debe consultar con proveedores, otras curtiembres, consultores, etc. sobre las consecuencias de utilizar nuevos insumos.

Grandes cantidades de licores engrasantes, como las que se emplean en la producción de cueros blandos, causan contaminación de los efluentes. Para reducir el impacto generado por los mismos, se deben sustituir los engrasantes solubles en solventes orgánicos, clorados como no clorados, debido a que ambos incrementan los niveles de compuestos orgánicos halogenados adsorbibles (CONAMA, 1999; CPTS, 2003).

ETAPA DE ACABADO: Si bien la influencia de las aguas residuales del proceso de acabado no es muy elevada, las emisiones a la atmósfera merecen un tratamiento propio. Estas emisiones se concentran en compuestos orgánicos volátiles (COV), principalmente disolventes.

Los agentes de película utilizados desde hace años (tops), están basados en lacas de nitrocelulosa, lacas de acetobutiratos de celulosa, lacas de poliuretano, lacas vinílicas, todas en disoluciones orgánicas, o sea con altos contenidos de COV. El reto lo constituye evitar en lo posible estas emisiones, lo cual es una misión de fabricantes de productos químicos y maquinaria, en combinación con el técnico curtidor. A pesar

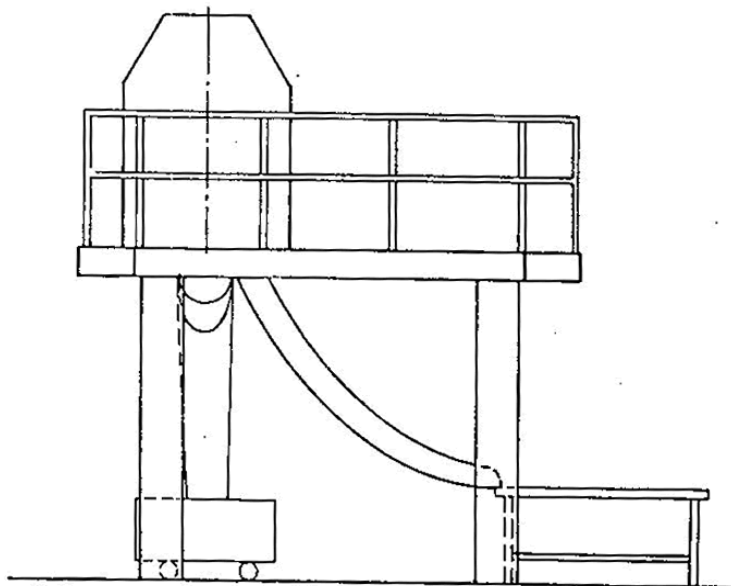
que una eliminación total es una utopía, se puede decir que el proceso de optimización comenzó con las primeras lacas en emulsión acuosa, basadas principalmente en polímeros acrílicos, polímeros butadiénicos y poliuretanos, en emulsión acuosa. En la actualidad, se están ofreciendo productos 100% sólidos, en los que no hay nada que evaporar, o sea, no contaminantes (CUERONET, 2004x).

Así mismo, en los tintes de acabado aún se emplea cromato de plomo, molibdato de plomo y sulfuro de cadmio, entre otros, que deberían ser sustituidos con tintes orgánicos. Estos compuestos orgánicos son menos peligrosos por no contener metales pesados, pero son más costosos (CPTS, 2003).

II.4.3.- CAMBIO TECNOLÓGICO

Estas opciones incluyen la alteración de un proceso existente para incluir nuevos equipos, implementar nuevas tecnologías para reemplazar operaciones antiguas, cambios en las condiciones de operación y mantenimiento del proceso, todas para reducir la generación de residuos en la industria curtiembre (CEPIS, 2004b).

ETAPA DE RIBERA: El descarnado antes del pelambre, es una práctica realizada con éxito en varias curtiembres. El descarnado de pieles frescas debe realizarse inmediatamente después de que se reciben del matadero o de los proveedores, previamente a cualquier operación, ya que permite la eliminación completa de las carnazas. La forma más racional de instalar una máquina de descarnar es situarla en una plataforma elevada del suelo tal como se muestra en la Figura N° 6, a unos 2,5 o 3 metros, con el fin de obtener ciertas ventajas en relación a instalarla a nivel del suelo (Adzet, 1965).



FUENTE: ADZET, 1965.

Figura N° 6: Esquema de una instalación elevada de una máquina de descarnar.

La cantidad de insumos requerida para tratar las pieles que no han sido descarnadas es mucho mayor que para las pieles que sí lo han sido, debido a que el carniccio absorbe agua y reactivos químicos durante el pelambre. Así mismo, las grasas y proteínas obtenidas del descarnado, no contaminadas con productos químicos, pueden ser utilizadas como alimento de animales o en algún otro uso (CPTS, 2003).

Como se ha mencionado anteriormente, el pelambre constituye la operación que genera la mayor parte de la contaminación de una curtiembre. La carga contaminante depende mucho del método empleado para el pelambre y de si las pieles han sido o no descarnadas antes de esta operación. Las técnicas más conocidas para reducir la carga contaminante de los efluentes generados en el pelambre son:

➤ **Control óptimo de las variables del pelambre:** Las variables más importantes del pelambre son el tiempo, la temperatura, el pH y la concentración de sulfuro, las cuales, además de la acción mecánica, son críticas para la calidad del cuero e influyen en el grado de destrucción del pelo, en el consumo de reactivos químicos, de agua y de energía, así como la carga contaminante que se genera (CPTS, 2003). Para ello, se debe:

- a) Asegurar que cada baño sea preparado en base a una receta optimizada.
- b) Controlar que las cantidades añadidas de los insumos sean las prescritas.
- c) Controlar y optimizar el tiempo del pelambre.

➤ **Pelambre sin destrucción de pelo y reducción del consumo de sulfuro:** A nivel mundial, se han desarrollado varios métodos de pelambre destinados a reducir el consumo de sulfuro. Por otra parte, se han desarrollado metodologías para evitar la destrucción del pelo durante el pelambre, logrando al mismo tiempo, una reducción en el consumo de sulfuro. De esta manera se recupera gran parte del pelo y se obtiene un efluente con menor carga orgánica, con lodos mucho más fáciles de manejar.

El objetivo central de los métodos de pelambre sin destrucción del pelo (hair-save) es lograr el acondicionamiento de la piel para disolver la raíz del pelo. La tecnología moderna para pelambre sin destrucción de pelo, consiste en utilizar botaes que tienen sistemas de recirculación de baños, separación simultánea de pelo conforme éste ha sido extraído, y control de pH, temperatura y flujo de agua. También puede realizarse en combinación con otros métodos, como el pelambre enzimático o amínico, pero también es posible realizarlo a partir de un pelambre tradicional (Fendrup, 2000).

ETAPA DE CURTIDO: Estas medidas tienen el propósito de mejorar la eficiencia del curtido al cromo y, por consiguiente, reducir la carga contaminante contenida en los efluentes líquidos generados por esta operación. Las descargas de cromo pueden disminuirse a través de las siguientes medidas (CEPIS, 2004c; Ludvik, 2000a,b):

➤ **Optimización de los parámetros de curtido al cromo:** Para lograr eficiencias de curtido mayores al 80%, se requiere minimizar el exceso de oferta de cromo y lograr el mayor agotamiento posible del cromo disuelto en el baño; así mismo, se requiere evitar que el cromo fijado en el colágeno se lixivie durante operaciones posteriores. Para lograr estos objetivos, se deben optimizar los siguientes parámetros: concentración del cromo en solución, pH, temperatura, tiempo de curtido y acción mecánica.

➤ **Métodos de alto agotamiento:** Los métodos de alto agotamiento están basados no sólo en el control de los parámetros de curtido – pH, temperatura, tiempo, volumen del baño de curtido y acción mecánica – sino también en otros factores, tales como:

- a) El uso de agentes enmascarantes (ciertos ácidos dicarboxílicos) que previenen la precipitación del hidróxido de cromo a pH un poco superior a 4,2;
- b) La utilización de sales de cromo de diferentes basicidades, y
- c) El incremento de la reactividad del colágeno mediante la adición de ácido glioxílico en el piquelado, a fin de incrementar el número de grupos carboxílicos que pueden reaccionar con el cromo.

ETAPA DE POST-CURTIDO: El post-curtido del cuero curtido al cromo, consiste en operaciones de recurtido, teñido y engrasado, las cuales si bien pueden llevarse a cabo por separado, en la práctica se realizan dos o más en forma simultánea. En general, las altas temperaturas (60°C), la más baja oferta posible de reactivos y la más alta concentración de los mismos (mediante el uso de baños cortos), contribuyen a un alto agotamiento de los reactivos utilizados en las operaciones de post-curtido.

Por otra parte, si bien un pH bajo al final de las operaciones de post-curtido es un factor muy importante para lograr un alto grado de fijación de los agentes de teñido y de engrasado, por debajo de pH 4 se corre el riesgo de lixiviar cantidades apreciables

del cromo fijado en el cuero. En operaciones típicas tradicionales, llevadas a cabo por separado, aproximadamente el 50% del cromo lixiviado ocurre en la operación de recurtido, 20% en la de teñido y 30% en la de engrasado.

ETAPA DE ACABADO: La justificación para invertir en una maquinaria moderna para el acabado no es otra sino saber que dicha inversión conducirá a ahorros a través de una técnica de producción mejorada. La manera en que se aborda la disposición para llevar a cabo la producción, acelera el tiempo de proceso y reduce drásticamente la manipulación de la piel en el área de producción.

Esta nueva maquinaria está equipada con sistemas de control electrónicos o computarizados que minimizan los desperdicios de los productos acabados. Esto se consigue planificando el área concreta de cada trozo de piel que pasa a través de la máquina para hacer posible que el acabado se aplique exactamente sobre la superficie de la piel y con un mínimo de rociada extra en los bordes. El ahorro de los costos está asociado con el ahorro en la cantidad de recubrimiento que es utilizado por la máquina, así como la reducción de tiempo para el mantenimiento y limpieza de ésta (CUERONET, 2004y).

II.4.4.- REUTILIZACIÓN EN SITIO

En este punto y en el siguiente, se presentan las opciones correspondientes a las tres R's: reciclar, reusar y/o recuperar residuos, bien sea dentro del mismo proceso o en un proceso diferente, con el fin de minimizar los desechos generados en la industria curtiembre.

ETAPA DE RIBERA: Un baño de remojo, después de ser utilizado para procesar una partida de pieles, todavía contiene una gran parte de la carga inicial de agua, sal,

humectante, bactericida, etc., por lo que su reciclaje es factible y ventajoso. El reciclaje de baños de remojo debe realizarse con mucho cuidado debido a que podría presentarse un ataque enzimático no controlado durante el remojo. También debe cuidarse el aumento de sales en el reciclaje, más aún sabiendo que su objetivo es el de eliminar la sal de las pieles. Finalmente, los baños residuales de remojo pueden utilizarse para la preparación de la solución del pelambre (CPTS, 2003).

Los baños residuales del pelambre son ricos en sulfuro y cal, por lo que son aptos para su reuso en un nuevo ciclo. Sin embargo, los sólidos suspendidos y parte de los sólidos disueltos pueden crear problemas en el reciclaje. Si bien los sólidos disueltos no son fáciles de eliminar, los sólidos suspendidos pueden separarse con mayor facilidad. La reutilización de los baños de pelambre de piel vacuna puede efectuarse por dos caminos: el de la recirculación total, o aquel de la recirculación parcial de dichos licores (CEPIS, 2004d).

La recirculación total involucra el reuso directo del licor sin separación de lodos (pelos sin degradar, cal, etc.) y grasas, con un reajuste de la cantidad de sulfuro de sodio y cal, y reposición del agua consumida. En cuanto a la recirculación parcial, en la que se repone también sulfuro, cal y agua, se distinguen dos variantes. La primera involucra la separación total de los lodos del licor, previo a su reuso en cada ciclo. La segunda alternativa es separar proteínas y eliminar sulfuro residual, con recuperación o no de ambos productos en forma previa a cada ciclo. Estas dos variantes pueden realizarse independientemente o combinarse.

El reciclaje del pelambre es una técnica empleada en Europa desde hace más de 10 años, obteniéndose hasta 10 reciclos en forma rutinaria. La aplicación de esta medida requiere de análisis de laboratorio, control de las operaciones y un buen entrenamiento del personal. La calidad del cuero puede verse afectada si la operación

no está controlada, debido a que la eficiencia del pelambre se reduce por la presencia de sustancias orgánicas y sales disueltas en las aguas recicladas (CPTS, 2003).

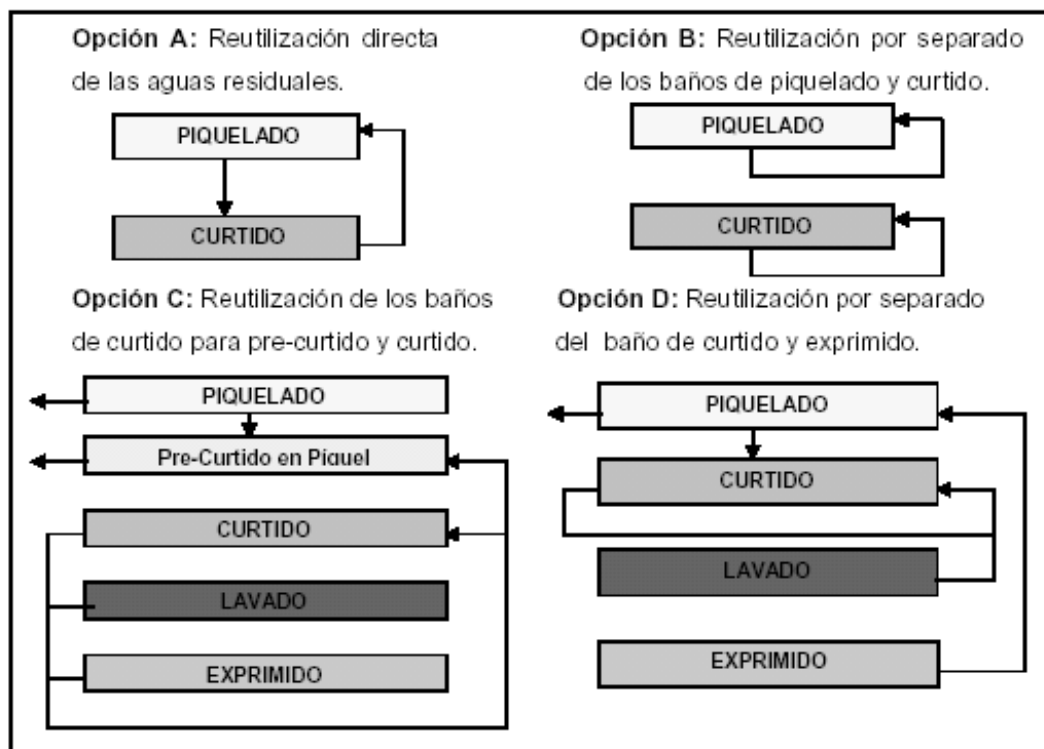
ETAPA DE CURTIDO: El reciclaje de los baños residuales de curtido al cromo es una práctica que ha adquirido importancia en los últimos tiempos, por las reducciones que se logra en el consumo y en la descarga de cromo. La capacidad de poder asimilar el cromo contenido en el baño sin afectar la calidad del cuero, dependerá de la eficiencia del curtido, de la técnica de reciclaje empleada, de la calidad de la filtración, del volumen residual del baño recolectado, de la oferta de cromo y de la cantidad de materia orgánica y sales acumuladas.

Estos parámetros obviamente hacen que el número de baños a reciclar sea variable y debe ser establecido por el curtidor en base a criterios técnico – económicos. De acuerdo a la literatura, es posible reciclar estos baños hasta 10 veces antes de la descarga. El reciclaje de baños residuales de curtido puede tener muchas variantes, tal como se muestra en la Figura N° 7. Para mantener la calidad del producto, se debe efectuar un control minucioso que evite la acumulación de impurezas, surfactantes y otros. Por cuestiones de volumen y de instalaciones, no es aconsejable incluir en la recirculación los baños de escurrido y los de la posible recurtición al cromo (Adzet, 1965; CONAMA, 1999; CPTS, 2003).

II.4.5.- VALORACIÓN DE RESIDUOS

Si bien las medidas de Producción Limpia descritas anteriormente disminuyen el consumo de insumos (agua, energía, materia prima y reactivos químicos), la cantidad de residuos que inevitablemente se genera, exige aplicar medidas que permitan valorar o recuperar dichos residuos. Queda claro que cuanto menos compleja sea una mezcla, más fácil será la recuperación de los insumos de menor valor y, por lo tanto,

se debe tomar la precaución de no mezclar los residuos entre sí, a fin de que su recuperación o reciclaje sea atractivo en términos económicos.



FUENTE: LUDVIK, 2000a.

Figura N° 7: Esquema de las alternativas para el reciclo directo del cromo.

RESIDUOS LÍQUIDOS: En las curtiembres se generan dos tipos principales de efluentes líquidos: los ácidos y los básicos. Éstos deben mantenerse segregados para su procesamiento, antes de ser mezclados en el efluente final.

Los efluentes ácidos provienen del piquelado, curtido y recurtido, además de escurrimientos de las operaciones de post-curtido. Estos efluentes tienen un pH relativamente bajo (2,8 a 4,0), contienen cromo, además de sales y agentes recurtientes.

El método más empleado a nivel mundial para la recuperación de cromo y su posterior reuso, consiste en precipitar el cromo de los baños residuales de curtido, en medio alcalino controlado. Una vez separado y lavado el precipitado, éste puede ser redissuelto con ácido sulfúrico para su reuso en un nuevo ciclo de curtido, o darle el tratamiento necesario según el tipo de uso que se le quiera dar en otra actividad.

Los agentes químicos que presentan mayores ventajas para recuperar el cromo son: óxido de magnesio (MgO), hidróxidos de sodio (NaOH) y calcio (Ca(OH)₂) y carbonato de sodio (Na₂CO₃). El primero de ellos destaca como el más adecuado por lograr en tiempos relativamente cortos volúmenes reducidos de precipitado, con la desventaja de tener un costo superior al de los otros reactivos mencionados (CYTED, 2001).

Desde el punto de vista de la curtiembre, presenta la ventaja de que prácticamente no es necesario modificar los procesos de producción, ya que el cromo recuperado ingresa al ciclo en la misma forma que el cromo fresco. La única modificación consiste en que la curtiembre debe adaptarse a manejar la sal de cromo en forma líquida, lo cual no representa mayores dificultades (CEPIS, 2004e).

Debido a su complejidad técnica, este método es generalmente aplicado en plantas de gran capacidad de producción y con alto nivel tecnológico o especializadas, mientras que empresas medianas y pequeñas no suelen implementarlo. Sin embargo, podría resultar atractivo si varias curtiembres se asocian y comparten un único sistema de recuperación de cromo (CPTS, 2003).

Los efluentes básicos provienen del pelambre y contienen cantidades relativamente altas de materia orgánica (proteínas y grasas suspendidas) e inorgánica (sulfuro de sodio, cloruro de sodio e hidróxido de calcio). Una vez que los efluentes de pelambre se han filtrado para remover buena parte de los sólidos suspendidos, el sulfuro contenido en estos líquidos debe ser oxidado. La oxidación puede llevarse a cabo de diferentes maneras; dependiendo del tipo de oxidante y el pH de la solución, el sulfuro puede ser oxidado a sulfato, tiosulfato o azufre elemental.

El método más común empleado es la aeración, donde se emplea el oxígeno del aire como agente oxidante, aunque existen métodos químicos y biológicos sofisticados, pero que no son muy usuales en las curtiembres. El tiempo de oxidación se reduce considerablemente agregando un catalizador, generalmente sulfato de manganeso, en cantidades que fluctúan entre 0.5 y 1 kg por cada m³ de agua residual a tratar.

Una vez oxidado el sulfuro de los líquidos de pelambre, se procede a precipitar las proteínas disueltas que provienen de las pieles, lo que se logra al alcanzar su punto isoelectrico (punto donde ocurre el equilibrio entre las cargas de los grupos amino y carboxílico) a un pH determinado. La mayoría de estas proteínas alcanzan este punto a un pH de 5,5, por lo que el pH debe bajarse a este valor, usando soluciones de ácido sulfúrico. La precipitación de proteínas y su posterior remoción por filtración puede reducir en un 50% la carga de DBO en el efluente. Más aún, la proteína recuperada puede ser utilizada como abono o en la preparación de alimento balanceado para animales (CEPIS, 2004d; CPTS, 2003).

RESIDUOS SÓLIDOS: En general, los residuos sólidos en las curtiembres se clasifican de acuerdo a su composición en: orgánicos, provenientes de la piel o los materiales empleados en el curtido vegetal; e inorgánicos, como las sales insolubles de calcio, cromo y otros.

Los recortes y las carnazas son un claro ejemplo de lo que constituye un insumo de menor valor, ya que por su contenido en proteínas y grasas pueden utilizarse en diferentes procesos industriales, como en la elaboración de alimentos para animales, jabones, barnices, etc. Para ello, sin embargo, es necesario que las carnazas sean obtenidas antes del pelambre, a fin de que se encuentren libres de sulfuro y cal.

Los lodos de pelambre pueden ser utilizados como abono, mediante compostaje con el pelo y con otros materiales que pueden contribuir con nitrógeno y carbono. No obstante, se debe controlar la cantidad de sulfuro que puede ser incorporado al suelo. El pelo recuperado puede ser utilizado en agricultura como abono, ya que constituye una fuente de nitrógeno y materia orgánica de descomposición lenta, con o sin previo tratamiento para compost. Las proteínas del pelo también pueden ser usadas en la producción de alimento para animales.

Los residuos de la piel en tripa son recortes de piel, descarnes inservibles y residuos del dividido, entre otros, que se obtienen después del pelambre. Estos residuos pueden usarse para la producción de cola para carpintería. Así mismo, eliminando previamente el contenido de sulfuro y otros químicos, pueden emplearse como alimentos para animales, gelatina, cosméticos y para preparar colágeno hidrolizado.

Las virutas y el polvo de lijado se usan en la producción de cuero reconstituido, paneles o tableros de cuero. Algunas curtiembres destinan las virutas a la fabricación de ladrillos. Ambos residuos pueden usarse en la obtención de proteína hidrolizada para usos varios, tales como en la producción de cosméticos, papel, bloqueadores solares, fertilizantes y alimento para animales (CONAMA, 1999; CPTS, 2003).

II.4.6.- MANTENIMIENTO ADECUADO

Abarca una descripción de medidas generales de Producción Limpia que, si bien hacen referencia a curtiembres, pueden ser aplicadas a cualquier empresa. Las siguientes recomendaciones abarcan la implementación de programas de ahorro de agua, buenas prácticas operativas, administrativas y de seguridad industrial; y eficiencia energética (CEPIS, 2004b; CONAMA, 1999; CPTS, 2003; Vila, 2002).

PROGRAMA DE AHORRO DE AGUA: En general, las curtiembres no hacen un uso adecuado del agua. Debe notarse que la disminución del consumo de agua reduce el volumen de los efluentes y por consiguiente, incrementa la concentración de los contaminantes en dichos efluentes. Sin embargo, esto no implica que se esté generando una mayor carga contaminante. Algunas medidas específicas para optimizar el consumo de agua en las curtiembres son:

- **Baños cortos:** Se entiende por “baño corto” a un baño preparado con un volumen de agua reducido. Esta medida permite reducir el consumo de reactivos y el tiempo de operación, ya que con soluciones más concentradas se obtienen mayores agotamientos y se acelera la penetración de los reactivos químicos en la piel. No obstante, éstos pueden incrementar el desgaste de la estructura de los botales y disminuir su vida útil, incrementar la fricción y el esfuerzo mecánico sobre las pieles e incrementar la temperatura del baño.

- **Lavados a puerta cerrada:** El lavado de pieles a “puerta abierta” es una práctica que consume un exceso de agua, debido a que el agua de alimentación ingresa por el eje del botal y es eliminada constantemente por la puerta del botal u otro orificio. Para realizar el lavado con porciones de agua a puerta cerrada, se recomienda agregar agua hasta lograr el recubrimiento total de las pieles, cortar el flujo de agua y hacer

girar el botal a “puerta cerrada” durante 5 – 10 minutos y drenar el agua de lavado. Esta operación se repite una o más veces, hasta satisfacer los requerimientos de lavado. Esta práctica utiliza 50% menos del agua que se emplea durante el lavado a puerta abierta y reduce el esfuerzo mecánico sobre las pieles y de éstas con las paredes del botal.

Mediante una combinación de baños cortos y lavados con porciones de agua a puerta cerrada, se puede ahorrar hasta un 70% de agua respecto al uso de baños convencionales y operaciones de lavado a puerta abierta.

➤ **Operación en la descarnadora:** Las máquinas descarnadoras, en general, emplean agua en su operación. En este caso, se puede reducir el consumo de agua instalando una válvula de cierre automático para cortar el flujo de agua cuando la máquina no esté descarnando pieles.

Otras medidas que pueden ser incluidas en un programa de ahorro de agua son:

- a) Concienciar y capacitar al personal sobre la importancia de conservar el recurso agua y de la necesidad de hacer un uso racional del mismo.
- b) Instalar medidores de agua donde se consume gran cantidad de agua.
- c) Desarrollar un programa de monitoreo del uso del agua.
- d) Realizar balances de agua para evaluar la distribución del consumo de agua y para comparar el consumo teórico con el consumo actual.
- e) Identificar y reparar o evitar pérdidas de agua por fugas y derrames.
- f) Instalar equipos ahorradores de agua en toda la planta.

PROGRAMA DE BUENAS PRÁCTICAS OPERATIVAS: Algunas de las medidas importantes con buenas prácticas operativas son:

- a) Establecer un programa de mantenimiento preventivo de la maquinaria.

- b) Establecer un control de inventarios de insumos, residuos, productos semiacabados y productos acabados.
- c) Establecer un control de consumos específicos (insumo/piel fresca).
- d) Establecer un sistema de recolección de derrames y su disposición adecuada.
- e) Instalar balanzas y medidores de agua.
- f) Contar con pisos planos y lisos en todos los ambientes de la planta, para facilitar la limpieza del piso con escobas o raspadores de goma.
- g) Colectar aceites y grasas provenientes de la lubricación de los engranajes de los botaes para reutilizarlos.
- h) Almacenar los productos líquidos en contenedores reciclables.
- i) Guardar los subproductos en recipientes adecuados.
- j) Mantener limpio el lugar de trabajo, mediante la limpieza del piso, rejillas y la remoción y disposición de los residuos sólidos.

PROGRAMA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA: En el contexto del sector productivo, la eficiencia energética se define como la habilidad de lograr objetivos de producción, empleando la menor cantidad de energía posible. Una mayor eficiencia en el uso de los recursos energéticos, además de reducir los costos de producción, contribuye a disminuir los niveles de contaminación ambiental, desde la fuente primaria de energía hasta el punto final de consumo.

Entre las medidas relativas al uso eficiente de la energía eléctrica se encuentran:

- a) Negociar una correcta asignación de la categoría de consumo.
- b) Gestionar la máxima demanda para evitar picos elevados de potencia.
- c) Planificar la producción con respecto al consumo de energía eléctrica, evitando la producción de lotes pequeños en forma continua.
- d) Instalar medidores de energía eléctrica en secciones específicas de la planta.
- e) Registrar lecturas diarias de todos los medidores instalados.

Medidas menores incluyen el mantenimiento periódico de las instalaciones eléctricas, el reemplazo o adecuación de motores y equipos sobredimensionados, el balanceo de cargas de cada fase, el redimensionamiento y adecuación de las instalaciones eléctricas, entre otras.

En las curtiembres, la energía térmica es generalmente suministrada mediante vapor de agua o agua caliente, generado en calderas de distintos tipos. Entre las medidas relativas al uso eficiente de la energía térmica se encuentran:

- a) Optimizar el funcionamiento de la caldera.
- b) Eliminar fugas en las tuberías de vapor y retorno de condensado.
- c) Reducir las pérdidas de energía térmica por falta de aislamiento.
- d) Sustitución de combustibles.
- e) Planificar la producción para reducir el consumo de energía térmica.

Entre otras medidas, se sugiere efectuar un mantenimiento continuo a las trampas de vapor, recuperar los condensados de las operaciones de planchado y prensado a vapor, y considerar el uso de energía solar para calentar agua.

II.4.7.- TRATAMIENTO FINAL

Una vez eliminados del efluente el sulfuro y el cromo, el residuo resultante tiene características asimilables al agua residual de origen doméstico, debido a la ausencia de tóxicos, por lo que pueden ser tratados en forma similar, y más aún, en forma conjunta. Partiendo de la base que hay que realizar un estudio previo antes de tomar la decisión, los puntos claves del estudio que podrán dar luz sobre las posibles técnicas a aplicar son:

- a) Los volúmenes a tratar, que dependerán del establecimiento, de la cantidad y tipo de pieles, y de la tecnología aplicada.

- b) Los objetivos perseguidos, que dependen del destino final de los vertidos y de la legislación a cumplir.
- c) El entorno de la curtiembre, es decir, su localización, disponibilidad de espacio y climatología.

Todo tratamiento deberá iniciarse y constar de una separación de la materia en suspensión gruesa y de una posterior homogeneización de los vertidos. A partir de aquí ya pueden ser diferentes los caminos a seguir. Generalmente, el problema más difícil de resolver, por lo cuestionable, acostumbra a ser si recurrir a un tratamiento químico, biológico o mixto. La decisión a tomar estará entre un tratamiento químico o un tratamiento químico seguido del tratamiento biológico (Adzet, 1965).

En tal sentido, el tratamiento seguido comúnmente tiene como base una depuración biológica directa con tratamientos previos de desulfuración y homogeneización, y en algún caso un tratamiento terciario de afinado de la DQO total y rectificación del color, debido siempre a la baja biodegradabilidad de algún colorante o producto curtiembre. De todos los contaminantes presentes en la piel y añadidos durante el proceso, sólo las sales (cloruros y sulfatos) permanecen inalteradas después de los procedimientos propuestos. La única solución económicamente viable es el tratamiento de las aguas industriales y urbanas, lo que por un lado mejorará el rendimiento del tratamiento, y por otro, gracias a la dilución, permitirá alcanzar los límites de vertido en cada zona.

Los lodos obtenidos en las plantas de tratamiento pueden tener un contenido de materia orgánica de 60 – 70% en base seca y 3 – 5% de nitrógeno. Si se ha hecho una buena recuperación del cromo, pueden utilizarse como abono agrícola, ajustando previamente los nutrientes. En el caso de que el contenido de cromo sea elevado, las salidas posibles son el vertedero controlado, la combustión para aprovechar su poder calorífico o la fabricación de materiales de relleno (Vila, 2002).

CAPÍTULO III:
MARCO METODOLÓGICO

Empleando la tipología desarrollada por Torres (1996), que permite identificar formas en el aporte original al conocimiento, esta investigación se puede clasificar como una investigación de demarcación. En este tipo de investigación se estudia, tanto en el plano lógico como en la aplicabilidad, el rango de validez o aplicación de una teoría dada, que para este caso en particular se denomina Producción Limpia.

También es válida la búsqueda de soluciones a problemas específicos siempre y cuando las mismas puedan ser generalizadas por un proceso de abstracción para delimitar el rango de aplicación de dicha(s) solución(es) a problemas idénticos o análogos, lo cual se refleja en el estudio de la aplicabilidad del concepto de Producción Limpia a una curtiembre típica y su posterior generalización en el proceso de adecuación ambiental de todo el sector productivo.

En tal sentido, para el logro de los objetivos planteados se ha propuesto dividir este estudio en tres etapas, las cuales se presentan a continuación y seguidamente se procede a su desarrollo:

- **Primera Etapa:** Exploración y definición de alcances.
- **Segunda Etapa:** Evaluación de alternativas.
- **Tercera Etapa:** Proyección de los resultados.

III.1.- EXPLORACIÓN Y DEFINICIÓN DE ALCANCES

La primera parte de esta etapa abarcó la revisión del estado del arte en materia de prevención y control de la contaminación en la industria curtiembre. Esto incluyó la búsqueda de información, en la literatura especializada y en internet, de todo lo relacionado con medidas de Producción Limpia en la industria curtiembre, así como del tratamiento de los efluentes líquidos, manejo de los residuos sólidos y control de emisiones atmosféricas relacionados con esta actividad industrial.

Una vez recopilada toda la información señalada anteriormente, se procedió a agrupar la misma en función de la clasificación de las alternativas de Producción Limpia sugerida en la literatura (PNUMA, 1999), es decir: cambios en el producto, cambios en insumos, cambio tecnológico, reutilización en el sitio y mantenimiento adecuado. Finalmente, como el concepto de Producción Limpia reconoce que un proceso no puede ser absolutamente limpio, se incluyeron las alternativas de tratamiento final más comunes para los residuos generados en este tipo de industria, aspectos que se desarrollan en el Marco Teórico de esta investigación.

Debido a que en nuestro país se han documentado pocas investigaciones previas sobre medidas de Producción Limpia en curtiembres, contándose básicamente con iniciativas individuales enfocadas hacia el tratamiento de efluentes al final del proceso, fue necesario realizar un estudio que permitiera describir y caracterizar al sector curtiembre, lo que constituyó la segunda parte de esta etapa.

Este estudio abarcó la localización de todas las industrias curtiembres que existen en el país y su ubicación geográfica, lo cual se logró a través del apoyo brindado por la Dirección General de Calidad Ambiental del Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARN). Puesto que son las Direcciones Estadales Ambientales las que realizan, controlan y supervisan las actividades productivas susceptibles de degradar el ambiente, fue necesario establecer contacto y solicitar, para cada curtiembre establecida en dicho estado, los siguientes datos: nombre de la empresa, dirección completa, teléfonos y fax, así como la persona contacto de la empresa ante el MARN.

Es importante resaltar, que en función de los objetivos perseguidos en esta investigación, no pueden considerarse en este estudio las empresas que funcionen ilegalmente, puesto que además de estar al margen de la ley, no han cumplido con los procedimientos administrativos contemplados en la normativa ambiental vigente, lo cual implica inscribirse en el Registro de Actividades Susceptibles de Degradar el

Ambiente (RASDA) y lograr la Autorización de Funcionamiento, para posteriormente iniciar el proceso de adecuación ambiental correspondiente, en el caso de no cumplir con lo establecido en los decretos aplicables.

Una vez obtenida esta información, se procedió a contactar vía telefónica a cada empresa en particular para ponerla al tanto del estudio a realizar e informarle de la necesidad de recopilar datos cualitativos y cuantitativos de dicha curtiembre. La herramienta empleada para la recopilación de dichos datos fue un cuestionario técnico, diseñado para que fuera lo más explícito posible y sencillo de llenar, para su envío en forma electrónica o a través de correo postal, debido a la dificultad que representaba visitar personalmente cada una de las empresas y permanecer en cada localidad mientras se recopilaba la información solicitada.

Dicho cuestionario, incluido en el Anexo I, presenta una breve introducción donde se le explica al personal de la empresa los alcances del estudio, el objetivo perseguido con dicha herramienta, la necesidad de contar con datos confiables y la información de contacto necesaria para el envío del cuestionario lleno o cualquier aclaratoria respecto a su contenido. Posteriormente, se solicitan los datos generales de la empresa, así como del personal directivo (Gerente General, Gerente de Planta y Responsable ante el MARN). Así mismo, se incluyó una sección de aspectos ambientales, conformada por siete (7) preguntas, con miras a establecer la situación actual de la empresa, en términos de sus procesos, en materia ambiental y las condiciones (legales, gerenciales y económicas) que permitirían la aplicación o no de los resultados obtenidos en este estudio.

Desde el punto de vista técnico, se incluyeron catorce (14) preguntas que abarcaron datos tales como tipo de piel procesada, actividad económica en los actuales momentos, niveles de producción, capacidad instalada y expectativas de crecimiento, descripción del proceso empleado y de los servicios existentes, consumo de materias

primas e insumos utilizados, existencia o no de una planta de tratamiento e información referida a las descargas líquidas y los desechos sólidos generados, calendario de la empresa y características del personal empleado. Finalmente, se solicitaron los datos de la persona que respondió el cuestionario para cualquier aclaratoria ante la información suministrada.

En principio se tenía previsto que una vez recopilados los cuestionarios, se procediera al manejo de la información para clasificarla en los tres componentes considerados a la hora de establecer las características del sector curtiembre venezolano, relacionando los aspectos a tratar con una o varias preguntas del cuestionario. Sin embargo, debido a la baja participación de las empresas, fue necesario identificar y emplear fuentes alternativas de información, que permitieran la caracterización del sector curtiembre y la definición de la curtiembre típica en Venezuela, para el logro de los objetivos planteados en este estudio.

De esta manera, la estrategia utilizada se describe a continuación para cada uno de los componentes seleccionados:

➤ **Componente socio-económico:** Abarca los aspectos relacionados con el número de establecimientos (información suministrada por las Direcciones Ambientales Estadales del MARN), niveles de empleo y distribución del mismo (pregunta III.14), tipo de pieles procesadas (pregunta III.1), productos y volúmenes de producción (preguntas III.2 y III.3). Así mismo, se procedió a la búsqueda de información electrónica relacionada con la situación actual de los sectores curtiembres y del calzado, este último estrechamente relacionado con la producción de cueros.

Dicha información se complementó con los datos existentes en los archivos del Instituto Nacional de Estadística, plasmados en la Encuesta Industrial Nacional de los años 1996 al 2002, bajo la clase 1911, denominada “Curtido y Adobo de Cueros”, de

acuerdo a la nomenclatura de la Clasificación Internacional Industrial Uniforme (CIIU) de las Naciones Unidas. Sin embargo, este estudio carece de los datos estadísticos asociados con el año 1998, puesto que en dicho año se presentaron problemas a nivel de recolección de la información y en el reporte la industria curtiembre fue incluida dentro de la categoría Industrias Textiles y de Prendas de Vestir, siendo imposible discriminar la información en forma similar a otros años.

Para la determinación de la producción estimada, se consideró un precio de venta promedio del cuero de US\$ 50 por unidad, y que el peso promedio del producto acabado rondaba los 7 kg. Así mismo, se convirtieron los montos presentados en las estadísticas (generalmente en miles de bolívares) al equivalente en dólares para ese año, cambio que se realizó a través de la tasa oficial promedio para el año respectivo, según cifras del Banco Central de Venezuela, mostradas en la Tabla N° 6.

Tabla N° 6: Tipo de cambio de referencia

AÑO	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Bs/US\$	417,34	488,59	547,55	605,70	679,93	723,67	1.160,95	1.608,63	1.885,49

FUENTE: BCV, 2005.

Finalmente, los datos correspondientes al comercio exterior de cuero y artículos asociados, fueron tomados de las Estadísticas de Comercio Exterior (1996-2004) disponibles en formato electrónico en el Sistema de Informaciones de Comercio Exterior de la Asociación Latinoamericana de Integración (ALADI), los cuales permiten obtener los montos de las exportaciones e importaciones, así como los países copartícipes de la operación comercial, ingresando el código del ítem arancelario 41 asociado a “Pieles (excepto la peletería) y cueros” (ALADI, 2005).

➤ **Componente ambiental:** Abarca la revisión de la normativa ambiental vigente aplicable a este sector industrial, mediante la revisión de las leyes y decretos asociados con el tema disponibles en el Índice Legislativo Ambiental del Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales (MARN, 2005); la relación de la industria con el entorno (preguntas II.1, II.2 y II.3), el estado actual del proceso de adecuación ambiental (preguntas II.4 y II.5) y la disposición a la adecuación bajo el concepto de Producción Limpia (preguntas II.6 y II.7).

➤ **Componente técnico:** Abarca los aspectos relacionados con el proceso productivo (preguntas III.4, III.5, III.7, III.8), los servicios industriales (preguntas III.6 y III.9), el estado actual de los sistemas de manejo de efluentes líquidos y residuos sólidos (preguntas III.10, III.11 y III.12) y el calendario de la empresa (pregunta III.13), necesarios para la realización del balance de materiales correspondiente a una empresa curtiembre típica, con el fin de establecer las cantidades y características de los residuos generados.

Puesto que sólo un grupo reducido de empresas suministraron la información solicitada en el cuestionario, fue imposible asociar la curtiembre típica a una empresa existente o combinación de algunas de ellas, de manera de garantizar la representatividad del sector productivo. En tal sentido, se decidió que dicha empresa típica estaría constituida por una curtiembre hipotética poseedora en buena parte de las características particulares de Tenería El Puma C.A., única empresa procesadora de pieles de bovino que respondió el cuestionario y porque la mayoría de las empresas curtiembres venezolanas procesan este tipo de pieles; apoyándose el resto de la definición de esta empresa hipotética en la información presentada en la literatura especializada sobre estudios realizados en diferentes partes del mundo.

Esto trajo como consecuencia la necesidad de establecer las bases necesarias para la realización del balance de materiales en dicha curtiembre hipotética, lo cual implicó la definición y el desarrollo de los siguientes aspectos:

- a) Proceso productivo empleado, materia prima utilizada y productos obtenidos.
- b) Cantidad de insumos utilizados por etapa y consumo de los mismos en cada una de las operaciones.
- c) Subproductos y pérdidas de material generados a lo largo del proceso.
- d) Consumo de agua de proceso para cada operación.

Para el desarrollo de estos aspectos se utilizó como información base la presentada en los estudios realizados por la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (UNIDO), la cual fue complementada con los resultados presentados en otras investigaciones, así como valores típicos reportados en la bibliografía especializada en la producción de cuero y, finalmente, validada con la aportada por Tenería El Puma C.A. y las demás empresas a través del cuestionario técnico. Así mismo, se utilizó parte de la información generada en tres (3) Trabajos Especiales de Grado que se realizaron en las instalaciones de Tenería El Puma C.A. y que se listan a continuación:

- a) “Estudio de alternativas para el manejo de los residuos líquidos generados en la etapa de ribera de una curtiembre”, a cargo de Ivonne Veneziano y Leonardo Trujillo.
- b) “Estudio de alternativas para el manejo de los residuos líquidos generados en la etapa de curtido de una curtiembre”, a cargo de Jenny Orfao y Eyllen Contreras.
- c) “Estudio de alternativas para el manejo de los residuos sólidos producidos en una curtiembre”, a cargo de María Alejandra Casanova e Yvette Mejías.

La información correspondiente al consumo de los servicios industriales obtenida a partir de los cuestionarios recibidos se completó con los datos extraídos de la Encuesta Nacional Industrial 1996 – 2002.

Posteriormente, fue necesario cuantificar la generación de residuos bajo un esquema tradicional de procesamiento. Dicha información se obtuvo a partir del balance de materiales, pero en el caso específico de los residuos líquidos, para definir los aportes máxicos de cada contaminante en las descargas se recopiló información correspondiente a las caracterizaciones de los efluentes generados en las diversas etapas del proceso productivo, en términos de concentración de cada uno de los parámetros más importantes en la industria curtiembre: Aceites y grasas, Cloruros, Cromo Total, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Nitrógeno Total, Nitrógeno Amoniacal, pH, Sólidos Sedimentables, Sólidos Suspendedos, Sulfatos y Sulfuros (Bosnic et al, 2000).

Algunos valores fueron determinados a partir de la información proveniente del balance de masa, mientras que el resto de los valores seleccionados fueron tomados luego de revisar la literatura especializada (FPCCI, 1998; Kashiwaya y Yoshimoto, 1980; Mijaylova et al, 2004; Tünay et al, 1994). Además, se utilizaron los resultados obtenidos a partir del Convenio de Servicio, suscrito en el año 1982 entre la Asociación para Cooperar con la Defensa del Ambiente de Cagua y la Planta Experimental de Tratamiento de Aguas (PETA) de la Universidad Central de Venezuela, para la identificación, caracterización de efluentes y posible ubicación de la(s) planta(s) de tratamiento para quince (15) industrias ubicadas en la Zona Industrial de Cagua, Estado Aragua. Este estudio comprendió el análisis de los efluentes líquidos de cinco (5) tenerías ubicadas en la zona, a saber: Tenería El Águila, VIPAQ, Curtición Bresciana, Tenerías Unidas y Tenería 1° de Octubre.

A partir de esta información, fue posible determinar los aportes máxicos de cada uno de los contaminantes para cada etapa del proceso, utilizando para ello la cantidad de efluente generado en cada operación o etapa y la concentración de cada parámetro en particular. Para el caso del pH, se realiza el proceso de mezclado correspondiente en términos de la concentración del ion hidrógeno y el resultado final fue expresado como un valor de pH.

Una vez recopilada toda la información disponible, la misma fue analizada y sopesada, comparados los valores reportados en diversas fuentes, seleccionados aquéllos que se consideraron como representativos de lo que sucede en una empresa curtiembre típica y procesados de manera tal de realizar el balance de materiales en cada etapa del proceso productivo. Finalmente, se estableció el esquema de tratamiento final utilizado y las consideraciones necesarias en términos de remoción de contaminantes, para realizar el balance de materiales en el mismo, dando así por culminada esta etapa de la investigación. La estructura detallada del balance de materiales se presenta en el Anexo II.

En este punto conviene resaltar que, independientemente de la baja participación de las empresas en la devolución del cuestionario lleno, buena parte de las decisiones tomadas en este punto eran inevitables, pues de los sondeos e investigaciones previas realizadas se desprende que las empresas de este sector no disponen de información tan específica respecto a sus procesos productivos, resultando poco probable encontrar alguna empresa que posea en la actualidad toda la información necesaria para realizar el balance de materiales en todas y cada una de sus operaciones.

III.2.- EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

Las técnicas más utilizadas y las tecnologías disponibles para la prevención de la contaminación, debieron ser consideradas en función de las características del sector curtiembre venezolano, proponiéndose para su evaluación aquellas que resultaron compatibles con la realidad existente en la actualidad.

En primer lugar, de los resultados obtenidos en la primera parte de la etapa anterior, se procedió a seleccionar aquellas de fácil aplicación y que no requiriesen de inversiones importantes en términos de infraestructura. Cabe destacar que en función de la revisión realizada, se estimó conveniente realizar la aplicación de dichas medidas fundamentalmente en las etapas de ribera y curtido, ya que son las que generan las cantidades más importantes de residuos, que a la vez son los que tienen mayor impacto ambiental.

Una vez seleccionadas, se revisó en la literatura especializada para estimar las mejoras en términos de la generación de contaminantes que tienen dichas medidas. Así mismo, se utilizaron los resultados obtenidos en los Trabajos Especiales de Grado que fueron realizados en Tenería El Puma C.A., puesto que los mismos fueron concebidos con la intención de contar con información básica para la evaluación de alternativas simples aplicables en una empresa venezolana.

Establecidas las consideraciones necesarias a nivel del proceso productivo, se ajustó el diagrama de flujo del mismo para incluir las modificaciones realizadas y posteriormente realizar nuevamente el balance de materiales, con el fin de establecer el impacto de dichas medidas en términos de las cantidades y características de los contaminantes generados.

Para ello, se determinaron los nuevos consumos en términos de agua de proceso e insumos químicos, recalculando el balance de materiales bajo la suposición que las características de los productos principales no se veía afectada por estas modificaciones. De esta manera, fue posible calcular las cantidades de efluentes líquidos y residuos sólidos que se generan a partir de la adopción de las medidas de Producción Limpia. Para el caso de las alternativas de valoración de los residuos líquidos fue necesario proponer un diagrama de flujo del proceso seleccionado, lo cual permitió determinar las necesidades en insumos y los residuos generados a su vez por estos esquemas de valoración.

Para determinar las variaciones en los aportes másicos se establecieron una serie de consideraciones en función de la alternativa aplicada, partiendo de la información recopilada en la literatura especializada o en los Trabajos Especiales de Grado, lo que permitió determinar los cambios en los mismos como consecuencia de las medidas aplicadas. Esto permitió establecer las características del efluente combinado que se envía al tratamiento final y realizar el balance de materiales en la planta de tratamiento, bajo las mismas consideraciones empleadas para el proceso tradicional de curtido de cueros.

Esto permitió comparar entonces la generación de residuos, tanto líquidos como sólidos, en los dos escenarios planteados: tradicional y con aplicación de Producción Limpia, culminando así la evaluación técnico-ambiental de las alternativas.

Posteriormente, para realizar la evaluación económica fue necesario recopilar los costos de cada uno de los insumos empleados y el agua de proceso, lo cual fue posible a partir de la información suministrada por las tres empresas que respondieron el cuestionario, montos que fueron convertidos a dólares americanos empleando la tasa cambiaria vigente para el año 2003. Con dichos precios y la reducción presentada en cada uno de los residuos, fue posible calcular los ahorros asociados a cada rubro.

Así mismo, se incluyeron los costos adicionales generados con la aplicación de estas medidas, para determinar el ahorro neto.

Por otra parte, se estimaron los montos de las inversiones necesarias para la aplicación de las medidas seleccionadas, lo cual se basó fundamentalmente en los resultados obtenidos en los Trabajos Especiales de Grado de Contreras, Orfao, Trujillo y Veneziano (2004), así como en la literatura especializada (CEPIS, 1993; Sundar et al, 2002). Para ello fue necesario establecer una producción anual típica, con el fin de estimar las capacidades necesarias. Finalmente, se estimó el tiempo de recuperación de la inversión.

El análisis de la situación financiera del sector curtiembre venezolano, realizado a partir de la información recopilada en los archivos del Instituto Nacional de Estadística, se inició con la elaboración de un balance de ganancias y pérdidas, el cual permite estimar la rentabilidad del mismo. Este balance engloba todas las cuentas que generan ingresos y egresos para el sector, tanto en la parte operativa como gerencial, obteniéndose el beneficio neto disponible. La segunda parte del análisis consistió en el cálculo del balance general, el cual engloba datos de producción, capital, producto interno bruto, activos y pasivos. A través de este balance se puede estimar la capacidad de inversión y financiamiento del sector. El cálculo detallado de dichos balances se presenta en el Anexo III.

III.3.- PROYECCIÓN DE LOS RESULTADOS

En primer lugar, fue necesario identificar a los actores involucrados en el proceso de diseño e implementación de la política ambiental del sector, para posteriormente definir cuál debe ser su participación para el logro de los objetivos planteados en este estudio. El establecimiento de los roles fue producto de las necesidades detectadas a través del desarrollo de la investigación para la definición de las características del

sector curtiembre, así como de los estudios realizados a nivel nacional y mundial relacionados con la formulación de políticas ambientales.

Una vez establecido el marco de cooperación necesario para lograr una política efectiva, fue necesario proceder a la generación de una propuesta que abarcara los aspectos técnicos y financieros del proceso de adecuación ambiental. El primero involucra el establecimiento de las descargas máxicas que es posible obtener con la aplicación de la tecnología seleccionada, mientras que el segundo implica la viabilidad o no del proceso de adecuación ambiental en función de la capacidad de pago de las inversiones requeridas. Finalmente, se debe proponer un cronograma de adecuación que permita establecer el desarrollo de las acciones a tomar en el tiempo para reducir la generación de contaminantes.

Para la determinación de las cargas máxicas permisibles fue necesario asociar los aportes máxicos calculados a partir de la adopción de las medidas seleccionadas y evaluadas, con una producción típica de una empresa curtiembre. Para ello se establecieron dos situaciones posibles: la capacidad actual de producción y la capacidad máxima instalada, de manera de conocer las variaciones en las descargas por efecto del aumento de la producción. Una vez establecida la producción a evaluar, simplemente se obtienen las cargas máxicas (kg/día) a partir del producto de los aportes máxicos (kg/TM) calculados al aplicar la metodología descrita en las etapas anteriores por el nivel de producción seleccionado (TM/día).

Para definir el componente financiero de la propuesta, fue necesario realizar el análisis para dos escenarios con características particulares: el primero de ellos partiendo de la estructura de costos promedio del sector, mientras que el segundo se basa en una estructura de costos ajustada considerando que las medidas de Producción Limpia pueden reducir los costos asociados a la materia prima consumida

y aumentar los ingresos productivos no característicos, a través de la venta de residuos valorados como subproductos.

Se establecieron una serie de consideraciones para ambos escenarios, tales como período de estudio, incremento anual de la producción, determinación de la inversión total, tasa de interés del financiamiento y forma de pago. Este análisis permitió determinar la magnitud de las inversiones a realizar para adecuar ambientalmente al sector curtiembre según el concepto de Producción Limpia y la factibilidad financiera de las mismas, mediante el cálculo de los balances correspondientes a cada año y la determinación del porcentaje del beneficio bruto que se debe destinar al pago de la deuda contraída (contemplado bajo la figura de “Egresos financieros de la industria”), para cancelar totalmente el financiamiento otorgado al final del período seleccionado. Los resultados detallados de estos análisis se presentan también en el Anexo III.

Por último, en función de estos análisis fue posible establecer los lineamientos que deberían incluirse en la normativa ambiental específica, que permitan lograr la participación deseada de los actores involucrados.

Con el fin de lograr una mayor comprensión de los resultados presentados, en la Figura N° 8 se presenta un diagrama que esquematiza la relación existente entre las diversas etapas en que se estructuró la metodología de esta investigación y los productos obtenidos de cada una de ellas.

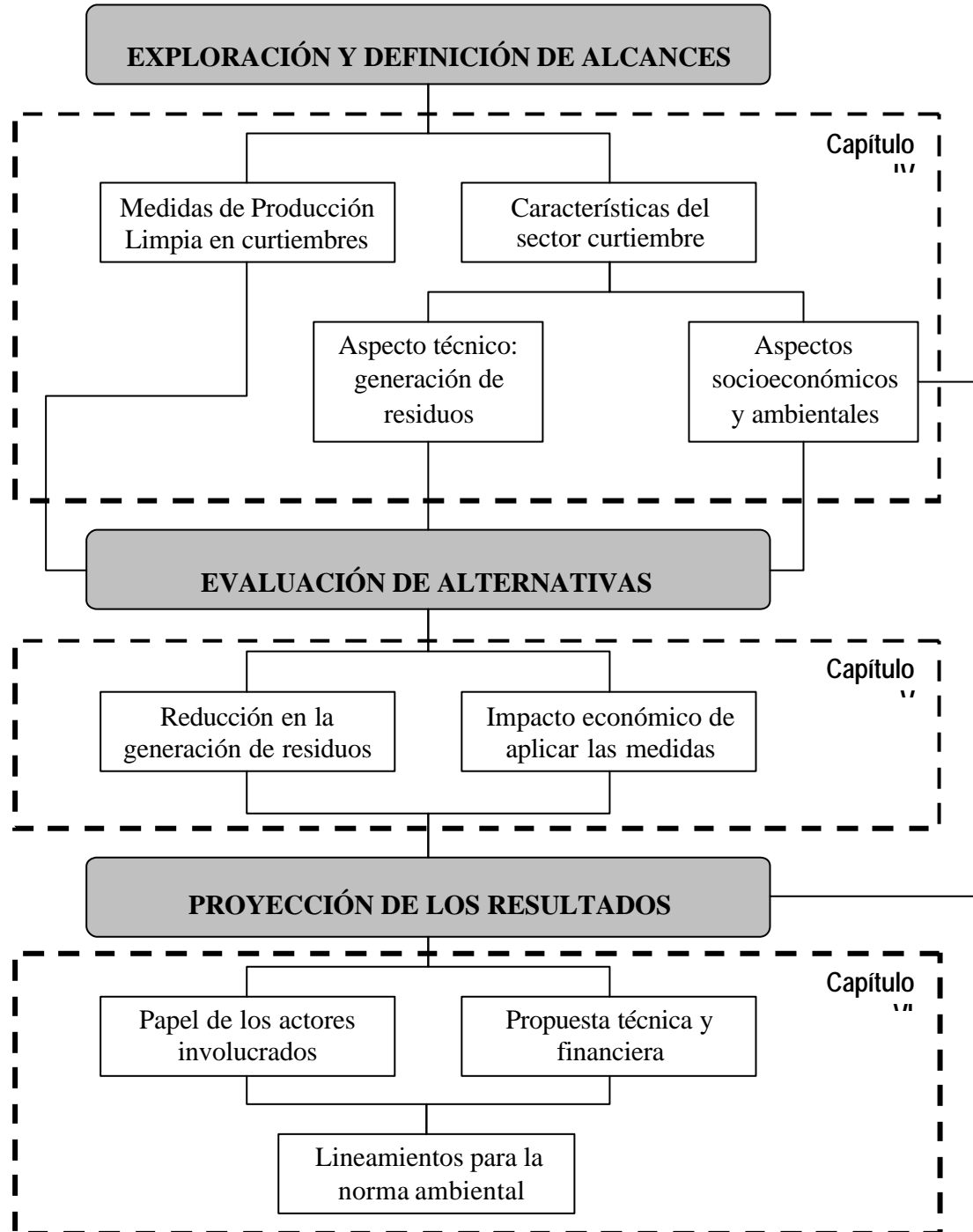


Figura N° 8: Diagrama esquemático de la metodología empleada.

CAPÍTULO IV:
CARACTERÍSTICAS
DEL SECTOR CURTIEMBRE

En este capítulo se presenta la situación del sector curtiembre en el país, con miras a la definición de las características de una curtiembre venezolana típica, basándose en tres componentes fundamentales: el socioeconómico, el ambiental y el técnico.

Es importante señalar las carencias y la elevada dispersión de información específica sobre el sector curtiembre, por lo que buena parte de lo presentado en este capítulo depende exclusivamente de la información suministrada por las empresas contactadas y que aceptaron facilitar los datos solicitados en el cuestionario técnico aplicado a cada una de ellas, razón por la cual sólo se pretende dar una idea global de la magnitud y características generales de este sector productivo.

IV.1.- COMPONENTE SOCIOECONÓMICO

En esta sección, el estudio comprende los aspectos relacionados con el número de establecimientos existentes, así como los niveles de empleo asociados; el tipo de pieles procesadas, los productos obtenidos, los volúmenes de producción y las implicaciones económicas y sociales derivadas de la actividad, es decir, volúmenes de compras, ventas, importaciones y exportaciones.

IV.1.1.- ESTABLECIMIENTOS Y PERSONAL OCUPADO

A partir de la información suministrada por las Direcciones Estadales Ambientales del Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARN), se pudo establecer que el número de curtiembres legalmente inscritas en el Registro de Actividades Susceptibles de Degradar el Ambiente (RASDA) asciende a treinta y seis (36), distribuidas según se muestra en la Tabla N° 7:

Capítulo IV: Características del Sector Curtiembre

Tabla N° 7: Empresas curtiembres inscritas en el RASDA.

ESTADO		EMPRESAS REGISTRADAS
Aragua	Cuatro (4)	Curtición Bresciana Tenería 1° de Octubre Tenerías Unidas VIPAQ
Barinas	Una (1)	Pieles El Venado
Carabobo	Dos (2)	Tenería El Puma Curtiembres Carabobo
Distrito Capital	Dos (2)	Tenería Dos Leones Tenería Lucelanda
Guárico	Una (1)	Tenería San Juan
Lara	Cinco (5)	Curtiembre Venezolana Curtilara Curtipieles Tenería San Miguel Tenería Toscaza
Mérida	Una (1)	Tenería Mérida
Miranda	Tres (3)	Grupo Manufacturero Unido Tenería Unión Concordia Siterpex
Táchira	Diez (10)	Empresa Curtan Invenguantes Tenería 4 de Mayo Tenería Curtiandes Tenería Curticueros El Cebú Tenería El Playón Tenería Estación Santa Ana Tenería Independencia Tenería Los Tanques Tenería Rubio
Trujillo	Una (1)	Tenería Valera
Yaracuy	Cinco (5)	Asociación Cooperativa La Curtiembre de Lara Auropiel Promotora Tenería Atlas Occidente Tenerco Tenería Venecueros
Zulia	Una (1)	Tenería y Pieles Santa Rita

Capítulo IV: Características del Sector Curtiembre

Según la Dirección Estatal Ambiental del Estado Miranda, las tres tenerías ubicadas dicho estado (Grupo Manufacturero Unido, Unión Concordia y Siterpex) paralizaron sus operaciones en el transcurso de los últimos dos años. Así mismo, de las diez empresas existentes en el Estado Táchira, cuatro de ellas tienen orden de clausura definitiva por parte del MARN, al no haber tramitado el RASDA y la Autorización de Funcionamiento (Curticueros El Cebú, El Playón, Independencia y Los Tanques), mientras que a la Tenería 4 de Mayo se le negó la Autorización de Funcionamiento puesto que no se establecieron las garantías necesarias para la corrección de las actividades contaminantes presentes en su proceso productivo.

Esto reduce el número de empresas existentes a veintiocho (28), sobre las cuales se centraron los esfuerzos para su localización, planteamiento de las necesidades de esta investigación y aplicación del cuestionario técnico.

Durante la realización de estas actividades se detectó que tres tenerías dejaron de funcionar bajo la denominación con la cual aparecen inscritas en el RASDA y realizan actualmente sus actividades comerciales bajo un nombre diferente. Dichas tenerías son Tenería Lucelanda (Distrito Capital), que funciona como Tenería Bisonte; Tenería San Lorenzo (Carabobo) que se denomina actualmente Curtiembres Carabobo S.A. y Tenería San Juan (Guárico), que cambió su denominación comercial a Procesadora de Piel, Propiel.

Adicionalmente, para el momento en que se culminó esta investigación fue imposible establecer contacto con cinco (5) empresas: Piel El Verado (Barinas), Curtiembres Carabobo (Carabobo), Curtilara (Lara), Tenería Estación Santa Ana (Táchira) y Tenería y Piel Santa Rita (Zulia), por no disponer de información de contacto válida y/o haber agotado los canales existentes para conseguir dicha información. Se desconoce la situación actual de dichas empresas y esto impidió su inclusión dentro

Capítulo IV: Características del Sector Curtiembre

de la caracterización del sector curtiembre venezolano, basándose el estudio solamente en el 82% de las empresas registradas en el MARN.

Una vez contactadas las empresas restantes y suministrada la información correspondiente al estudio a realizar, algunas empresas no mostraron interés alguno en la investigación, otras eludieron el suministro de la información a pesar de haber mostrado algún interés inicial y las demás manifestaron explícitamente no estar interesadas en participar en el estudio por diversas razones (empresa pequeña, información confidencial y difícil de conseguir, falta de tiempo, entre las más señaladas), lo cual limitó aún más el campo de trabajo para desarrollar este proyecto.

Dichas empresas fueron: Curtición Bresciana y VIPAQ (Aragua), Tenería Bisonte y Tenería Dos Leones (Distrito Capital), Curtipieles, Tenería San Miguel, Curtiembre Venezolana y Tenería Toscana (Lara), Tenería Mérida (Mérida), Tenería Curtiandes e Invenguantes (Táchira), Tenería Valera (Trujillo), Tenería Venecueros, Tenería Atlas Occidente y Asociación Cooperativa La Curtiembre de Lara (Yaracuy), alcanzando un total de quince (15) empresas.

Esto redujo considerablemente la muestra en estudio, quedando solamente ocho (8) empresas para suministrar información acerca del sector productivo: Tenería 1° de Octubre y Tenerías Unidas (Aragua), Tenería El Puma (Carabobo), Propiel (Guárico), Tenería Rubio y Empresa Curtan (Táchira), Tenerco y Promotora Auropiel (Yaracuy); de las cuales solamente tres (3) cumplieron con enviar el cuestionario respondido en su mayoría, mientras que el resto, a pesar de mostrar amplio interés por la investigación y haber sido contactadas en innumerables oportunidades, no materializaron la entrega del cuestionario técnico, por razones hasta el momento desconocidas.

Capítulo IV: Características del Sector Curtiembre

Estas empresas (Tenería El Puma, Propiel y Tenerco), representan tan sólo el 13% de las empresas contactadas, además de constituir una muestra heterogénea, ya que Tenería El Puma procesa pieles de bovino, Propiel procesa pieles de ovino y caprino, y Tenerco procesa actualmente pieles de reptil (baba).

A este nivel de la investigación, no se cuenta con información suficiente para seleccionar, a partir de estos resultados preliminares, una empresa existente como representativa del sector productivo, razón por la cual se hace necesario el desarrollo de la información recopilada a través de otras fuentes para disponer de criterios suficientes para seleccionar una curtiembre típica sobre la cual efectuar el balance de materiales.

En este sentido, de acuerdo a los datos recopilados a partir de las estadísticas realizadas por el Instituto Nacional de Estadística, se puede apreciar que en el período 1996 – 2002, el número de empresas curtiembres ha ido disminuyendo con el correr de los años, destacándose que la mayor parte de las industrias que desaparecieron correspondían a empresas que empleaban a más de 50 trabajadores, aunado a la desaparición de aproximadamente el 80% de las empresas que empleaban menos de 50 trabajadores para el año 1996; de acuerdo con la información extraída de la Encuesta Industrial Nacional que se presenta en la Tabla N° 8.

Es importante señalar que dicha tendencia está relacionada con la crisis de la industria de calzado nacional, sector que enfrenta serios problemas desde 1995, debido al fuerte ingreso de calzado del sureste de Asia, tanto en forma legal como de contrabando, lo que ha provocado el cierre de un 60% de las fábricas de calzado, especialmente medianas y pequeñas.

Tabla N° 8: Número de establecimientos según nivel de ocupación.

AÑO	TIPO DE INDUSTRIA (*)				TOTAL
	GRAN INDUSTRIA	MEDIANA INDUSTRIA SUPERIOR	MEDIANA INDUSTRIA INFERIOR	PEQUENA INDUSTRIA	
1996	6	5	29	68	108
1997	7	3	21	68	99
1999	4	4	22	45	75
2000	1	2	2	44	49
2001	1	---	6	20	27
2002	---	---	6	16	24

FUENTE: OCEI, 2002; INE, 2005.

(*) **Gran Industria:** emplea más de 100 trabajadores - **Mediana Industria Superior:** emplea entre 51 y 100 trabajadores - **Mediana Industria Inferior:** emplea entre 21 y 50 trabajadores - **Pequeña Industria:** emplea entre 5 y 20 trabajadores.

La Asociación Venezolana de Curtidores fue víctima de esta crisis a finales del año 1999, cuando muchos curtidores dejaron de pagar su cuota de asociados y varias curtiembres del centro del país formaron otras agrupaciones. La consecuencia directa de su desaparición fue que se silenció la única voz que representaba a las tenerías a nivel nacional (CUEROAMERICA, 2005a).

Por otra parte, el nivel de empleo en la industria curtiembre se ha ido reduciendo paulatinamente, asociado con la reducción experimentada en el número de establecimientos, lo cual se aprecia en la Tabla N° 9, junto con los sueldos y salarios pagados correspondientes:

Tabla N° 9: Personal ocupado por la industria curtiembre venezolana.

AÑO	PERSONAL OCUPADO	SUELDOS Y SALARIOS PAGADOS (Miles US\$)	INGRESO MENSUAL PROMEDIO (US\$)	SALARIO MÍNIMO (US\$)
1996	3.591	4.337,54	100,67	35,94
1997	3.516	5.338,75	126,50	153,50
1999	2.971	7.123,82	199,83	198,11
2000	735	1.852,45	210,00	211,79
2001	513	2.095,37	340,33	218,88
2002	510	1.447,16	236,50	163,72

FUENTE: OCEI, 2002; INE, 2005; PROVEA, 2005.

De la información presentada, se observa que el ingreso mensual promedio devengado por trabajador es relativamente bajo, si se compara con el salario mínimo decretado para cada año, el cual ha sido siempre superior a éste último a excepción de los años 1997 y 2000. Sin embargo, la situación no resulta tan favorable si se aprecia que la relación entre uno y otro ha ido disminuyendo desde un valor de 2.80 para el año 1996 hasta un valor de 1.50 para los años 2001 y 2002.

De esta información se desprende que los sueldos y salarios en la industria curtiembre son bajos, lo cual se confirma al estudiar la distribución del personal que labora en este sector productivo, en la que se observa que más del 50% de los empleados son obreros con una remuneración equivalente al salario mínimo, tal como se presenta en la Tabla N° 10.

Así mismo, se desprende de los datos presentados en la mencionada tabla, que la reducción en el número de establecimientos ha mermado en forma importante el número de puestos de trabajo del sector productivo, siendo más afectados, en términos de reducción con respecto al año 1996, las categorías de obreros no

Capítulo IV: Características del Sector Curtiembre

calificados (92%), profesionales y técnicos (86%), obreros calificados (82%) y personal administrativo (81%).

Tabla N° 10: Personal ocupado por categoría en la industria curtiembre venezolana.

NIVEL GERENCIAL				
AÑO	PROPIETARIOS Y SOCIOS	GERENTES Y DIRECTIVOS	PERSONAL ADMINISTRATIVO	VENDEDORES
1996	38	140	423	62
1997	32	140	297	51
1999	24	178	358	13
2000	27	72	119	11
2001	28	35	88	8
2002	10	37	79	12

NIVEL OPERATIVO				
AÑO	PROFESIONALES Y TÉCNICOS	OBREROS CALIFICADOS	OBREROS NO CALIFICADOS	TRABAJADORES A DESTAJO
1996	73	953	1881	21
1997	29	789	1978	200
1999	45	943	1305	105
2000	6	302	125	73
2001	11	112	165	66
2002	10	176	151	35

De esta información, preocupa enormemente el elevado porcentaje de reducción en el caso de los profesionales y técnicos, al ser éstos los que poseen el mayor conocimiento sobre las operaciones del proceso productivo, y las consecuencias de

los cambios que en él se realicen sobre la calidad del producto acabado y la generación de residuos.

Como complemento de esta información, en la Figura N° 9 se puede observar la distribución porcentual del personal que labora en la industria curtiembre, agrupados por categorías.

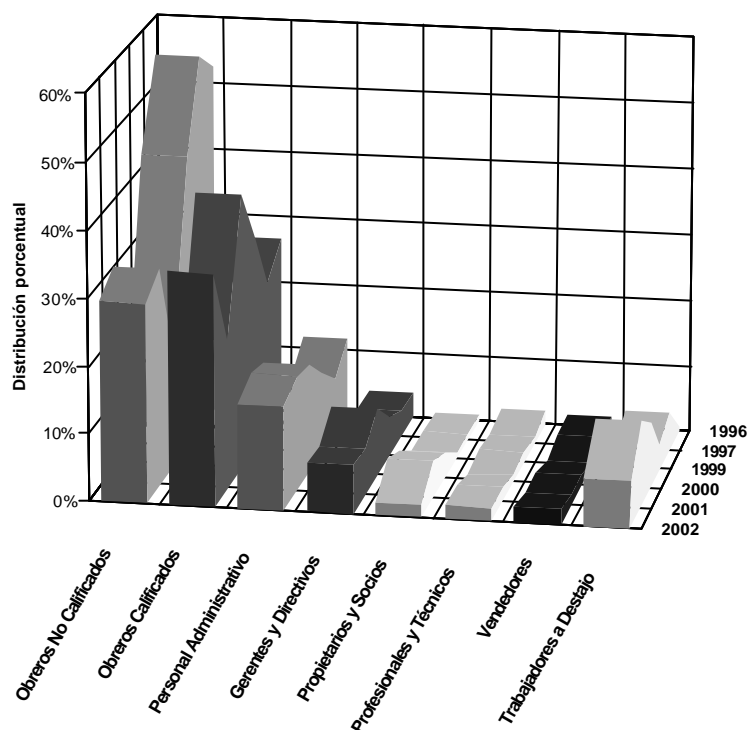


Figura N° 9: Distribución del personal en la industria curtiembre.

De la misma se desprende que, históricamente, la mayor cantidad de empleados del sector curtiembre ha estado constituida por obreros (calificados o no), los cuales para el año 2002 representaban el 62% del total de empleados. Esto constituye una

debilidad importante, ya que el nivel educativo del personal que está directamente involucrado con las operaciones del proceso productivo es reducido o inexistente, lo cual dificulta la prevención y el control de la contaminación generada en el mismo.

Así mismo, vale la pena destacar que el personal profesional y técnico tiene una participación bastante limitada (aproximadamente un 2% del total para el año 2002), lo cual es aún más llamativo si se considera que para este mismo año sólo existen 10 profesionales y técnicos distribuidos en 24 establecimientos, lo que indica que más de la mitad de los establecimientos carecen de personal capacitado formalmente para la operación de los procesos productivos asociados.

Esta situación debe ser atendida en el corto plazo, pues es necesaria la capacitación de todos los empleados, especialmente los de bajo nivel educativo, para que pueda establecerse una cultura que permita la aplicación del concepto de Producción Limpia, pues de lo contrario se estaría obviando una barrera natural fundamentada en la ignorancia, la falta de información y la resistencia al cambio.

IV.1.2- CARACTERÍSTICAS DE LA PRODUCCIÓN

La mayor parte de las tenerías se dedican a pieles bovinas y sólo algunas se especializan en pieles de caprinos, ovinos y en pieles exóticas de baba (cocodrilo venezolano). Los cueros bovinos disponibles tienden a ser más pequeños, de tamaño similar al de las pieles argentinas, pero de calidad más baja. Además presentan la joroba característica del cebú y muchas marcas de garrapatas, típicas del clima tropical de los llanos venezolanos (CUEROAMERICA, 2005a).

Capítulo IV: Características del Sector Curtiembre

Los productos elaborados abarcan desde el wet blue (dirigido fundamentalmente a la exportación), cueros acabados, carnaza, así como suela vegetal y vaqueta vegetal para la fabricación de correas y artículos de talabartería.

Los niveles de producción de la industria curtiembre se presentan en la Tabla N° 11, en la cual se puede apreciar un descenso en la cantidad de cueros elaborados, debido a la reducción continua en el número de establecimientos, a excepción del año 1997 en el cual se obtuvo un ligero incremento de la producción con respecto al año 1996.

Tabla N° 11: Niveles de producción de la industria curtiembre.

AÑO	VALOR BRUTO DE LA PRODUCCIÓN (Miles de US\$)	PRODUCCIÓN ESTIMADA	
		Cueros	Toneladas
1996	85.167,88	1.670.845	11.696
1997	89.629,83	1.928.559	13.500
1999	69.769,51	1.350.510	9.454
2000	15.106,99	301.009	2.107
2001	15.934,52	319.649	2.238
2002	9.191,30	184.379	1.291

FUENTE: OCEI, 2002; INE, 2005.

De igual manera, en la Tabla N° 12 se muestran los volúmenes de compras, en términos de materia prima y servicios (combustibles, lubricantes, energía eléctrica y agua) y las ventas internas correspondientes, de acuerdo a la información extraída de los reportes industriales elaborados por el Instituto Nacional de Estadística, los cuales presentan un comportamiento análogo al de la producción del sector en dicho período.

Tabla N° 12: Volúmenes de compras y ventas de la industria curtiembre.

AÑO	COMPRAS (miles de US\$)		VENTAS (miles de US\$)
	Materia Prima	Servicios	
1996	44.413,06	1.529,34	66.779,37
1997	49.343,11	600,48	77.207,08
1999	33.978,63	90,31	54.047,16
2000	7.757,18	297,48	12.041,58
2001	7.483,67	240,93	10.205,49
2002	3.098,75	121,54	5.060,71

FUENTE: OCEI, 2002; INE, 2005.

En la Tabla N° 13 se presenta la información recopilada con respecto al comercio exterior de cueros y pieles en bruto, entendiéndose como aquellas pieles (bovino, equino, ovino, caprino, reptil, porcino y demás) que se comercializan ya sean frescas o saladas, secas, encaladas, piqueladas o conservadas de otro modo, pero sin curtir, apergaminar ni preparar de otra forma. Los países copartícipes en el comercio exterior de cueros y pieles en bruto, en el período 1996 – 2004, se identifican a continuación:

➤ **Exportaciones:** Veinticinco (25) destinos diferentes, distribuidos de la siguiente manera:

- a) Mercados grandes: Italia (81,7%)
- b) Mercados intermedios: Colombia (6,9%), China (4,0%), Hong Kong (1,8%) y España (1,6%).
- c) Mercados pequeños: Brasil, Croacia, Japón, Marruecos, México, Paraguay, Portugal, Tailandia y Turquía (3,7% entre todos).
- d) Mercados ocasionales: Alemania, Argentina, Aruba, Chile, Estados Unidos, Granada, Guadalupe, Haití, Países Bajos, Pakistán y Trinidad y Tobago (0,3% entre todos).

Capítulo IV: Características del Sector Curtiembre

Tabla N° 13: Comercio exterior de cueros y pieles en bruto (Miles de US\$)

AÑO	TIPO DE PIEL	EXPORTACIONES	IMPORTACIONES
1996	Bovinos y equinos	1.927,0	0,0
	Ovinos y caprinos	12,0	1,0
	Demás pieles	0,0	0,0
1997	Bovinos y equinos	3.036,5	1,0
	Ovinos y caprinos	49,0	26,0
	Demás pieles	22,0	0,5
1998	Bovinos y equinos	5.044,5	2,0
	Ovinos y caprinos	155,0	6,0
	Demás pieles	349,0	0,0
1999	Bovinos y equinos	8.293,0	100,0
	Ovinos y caprinos	59,0	19,0
	Demás pieles	119,0	1,0
2000	Bovinos y equinos	15.789,0	92,0
	Ovinos y caprinos	151,0	16,0
	Demás pieles	669,0	21,0
2001	Bovinos y equinos	13.245,0	23,5
	Ovinos y caprinos	225,0	5,0
	Demás pieles	94,0	10,0
2002	Bovinos y equinos	4.928,0	67,5
	Ovinos y caprinos	45,0	3,5
	Demás pieles	0,0	0,5
2003	Bovinos y equinos	3.316,0	3,0
	Ovinos y caprinos	0,0	4,0
	Demás pieles	0,0	0,0
2004	Bovinos y equinos	1.844,0	0,0
	Ovinos y caprinos	42,0	0,0
	Demás pieles	0,0	0,0

FUENTE: ALADI, 2005.

➤ **Importaciones:** Quince (15) proveedores diferentes, distribuidos de la siguiente manera:

- a) Proveedores grandes: Estados Unidos (25,8%), Uruguay (23,8%) y Colombia (14,6%).
- b) Proveedores intermedios: Ucrania (8,2%), Italia (6,7%), España (6,1%), Burkina Faso (6,0%), Pakistán (2,5%), Francia (1,7%), Perú (1,5%), Antillas Holandesas (1,2%) y Panamá (1,1%).
- c) Proveedores pequeños: Alemania, Suiza y Taiwán (0,9% entre todos).

Por su parte, en la Tabla N° 14 se presenta la información correspondiente al comercio exterior de cueros y pieles procesadas, que abarca todos los tipos de piel curtidos, depilados, incluso divididos pero sin otra preparación. En esta denominación se presentan los cueros en estado húmedo (incluido el wet blue) y en estado seco (crust o cuero al cromo seco). Los países copartícipes en el comercio exterior de cueros y pieles procesadas, en el período 1996 – 2004, se identifican a continuación:

➤ **Exportaciones:** Treinta y cuatro (34) destinos diferentes, distribuidos de la siguiente manera:

- a) Mercados grandes: Italia (87,9%)
- b) Mercados intermedios: Alemania (2,6%), México (2,1%), España (1,6%) y Colombia (1,4%).
- c) Mercados pequeños: Burkina Faso, China, Estados Unidos, Francia, Hng Kong, Japón, Panamá, Sudáfrica, Suiza y Taiwán (3,7% entre todos).
- d) Mercados ocasionales: Antillas Holandesas, Argentina, Brasil, Corea del Sur, Cuba, Ecuador, Grecia, India, Pakistán, Perú, Portugal, Puerto Rico, Reino Unido, República Dominicana, Singapur, Tailandia, Trinidad y Tobago, Turquía y Uruguay (0,7% entre todos).

Capítulo IV: Características del Sector Curtiembre

Tabla N° 14: Comercio exterior de cueros y pieles procesadas (Miles de US\$)

AÑO	TIPO DE PIEL	EXPORTACIONES	IMPORTACIONES
1996	Bovinos y equinos	0,0	0,0
	Ovinos y caprinos	0,0	49,0
	Demás pieles	975,0	199,0
1997	Bovinos y equinos	10.307,0	7.826,0
	Ovinos y caprinos	405,0	4.778,0
	Demás pieles	1.889,0	663,5
1998	Bovinos y equinos	9.945,0	8.856,5
	Ovinos y caprinos	481,0	4.947,0
	Demás pieles	1.797,0	398,0
1999	Bovinos y equinos	6.480,0	9.046,0
	Ovinos y caprinos	126,0	2.643,5
	Demás pieles	691,0	620,5
2000	Bovinos y equinos	14.519,0	8.446,5
	Ovinos y caprinos	176,0	2.132,5
	Demás pieles	1.550,0	949,5
2001	Bovinos y equinos	20.724,5	14.691,0
	Ovinos y caprinos	207,0	3.736,5
	Demás pieles	1.006,0	1.632,0
2002	Bovinos y equinos	29.981,0	5.302,0
	Ovinos y caprinos	243,0	1.220,0
	Demás pieles	1.082,0	995,0
2003	Bovinos y equinos	22.891,0	1.441,0
	Ovinos y caprinos	138,5	215,0
	Demás pieles	1.284,5	233,5
2004	Bovinos y equinos	16.194,0	4.747,5
	Ovinos y caprinos	167,0	707,0
	Demás pieles	2.031,5	386,0

FUENTE: ALADI, 2005.

➤ **Importaciones:** Cuarenta y dos (42) proveedores diferentes, distribuidos de la siguiente manera:

- a) Proveedores grandes: Colombia (34,9%) e Italia (28,0).
- b) Proveedores intermedios: México (6,8%), Estados Unidos (6,8%), Brasil (6,5%), Uruguay (4,5%), Pakistán (2,5%), España (2,3%), China (1,6%), Taiwán (1,1%) y Ecuador (1,0%).
- c) Proveedores pequeños: Alemania, Argentina, Francia, Hong Kong, India, Jamaica, Japón, Países Bajos, Portugal, Reino Unido, Singapur y Ucrania (3,4% entre todos).
- d) Proveedores ocasionales: Albania, Antillas Holandesas, Bélgica, Canadá, Chile, Costa Rica, Dinamarca, Georgia, Guatemala, Irlanda, Panamá, Paraguay, Perú, Puerto Rico, Siria, Sudáfrica, Suiza, Trinidad y Tobago y Vietnam (0,6% entre todos).

En términos del tipo de piel que se intercambia con otros países, la Tabla N° 15 reúne los valores correspondientes a las operaciones realizadas entre los años 1996 y 2004, presentados en las dos tablas anteriores, en la cual se aprecia claramente la importancia que tienen las pieles de bovino en la producción de cuero nacional, ya que constituyen el principal tipo de piel comercializada, tanto para las exportaciones como para las importaciones.

Cabe resaltar los porcentajes de pieles de caprino, reptiles y demás pieles que se importan, en bruto y procesadas, presumiblemente debido a una baja producción de dichas pieles en nuestro país o al control existente en la caza de algunos animales, como es el caso de la baba.

Capítulo IV: Características del Sector Curtiembre

Tabla N° 15: Comercio exterior en términos del tipo de piel utilizada.

TIPO DE PIEL	PIELES EN BRUTO (%)		PIELES PROCESADAS (%)	
	EXPORTACIÓN	IMPORTACIÓN	EXPORTACIÓN	IMPORTACIÓN
Bovinos y equinos	96,7	71,8	90,2	69,6
Ovinos y caprinos	1,2	20,0	1,3	23,4
Reptiles y demás pieles	2,2	8,2	8,5	7,0

FUENTE: ALADI, 2005.

En la Figura N° 10 se resume el movimiento del comercio exterior de la industria curtiembre en los últimos años, presentándose las exportaciones, tanto de pieles en bruto como procesadas, mientras que de las importaciones sólo se incluyeron las de pieles procesadas, puesto que las correspondientes a las pieles en bruto sólo representan un porcentaje muy pequeño (menor al 1%) del total de importaciones de este rubro. Seguidamente, se explican algunas de las razones de los comportamientos que se pueden apreciar en dicho gráfico.

En primer lugar, debe considerarse que el aumento de las exportaciones en bruto es producto del aumento de pieles saladas que se exportaron tanto legal como ilegalmente, siendo esta última forma de comercio muy difícil de cuantificar. En el año 1999 se estima que un millón de pieles salieron del país con tan sólo un poco de sal, mientras que en los años 2002 y 2003, fueron de 720.000 y 800.000 pieles, respectivamente; con alrededor de un 50% de las exportaciones realizadas de forma ilegal. Esta situación se agravó con el establecimiento del cambio oficial, puesto que los frigoríficos utilizaron el cambio paralelo como referencia para sus productos, por

lo que las curtiembres locales no pudieron competir con los compradores colombianos que pagaban a los frigoríficos en dólares, los cuales cambiaban esas divisas en el mercado paralelo obteniendo márgenes elevados para la venta de sus productos.

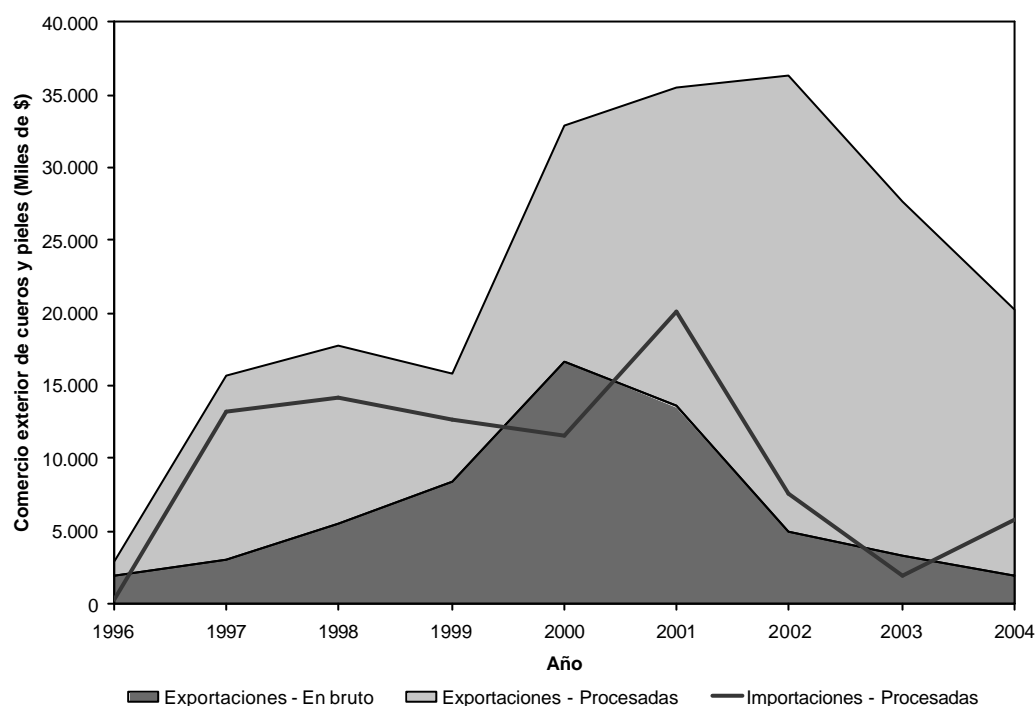


Figura N° 10: Participación en el comercio exterior de la industria curtiembre.

Ante esta situación, la respuesta de las curtiembres locales fue importar wet blue de Colombia utilizando el cambio paralelo, lo que permitía ahorrar inversión considerable en términos de materia prima. El hecho de que la Comisión de Administración de Divisas (CADIVI) haya relajado las reglas para obtener dólares al cambio oficial debe obligar a los frigoríficos a bajar los precios que piden a las curtiembres locales, lo cual, en caso de no ocurrir, provocará el crecimiento del

ingreso de pieles colombianas, lo cual representa una amenaza real para los frigoríficos venezolanos.

Por otra parte, antes de los acontecimientos del año 2002, muchas curtiembres venezolanas exportaban wet blue, principalmente a Italia, pero con la situación atípica del control de cambios, un mercado de divisas paralelo y precios artificialmente altos para la materia prima, no era negocio seguir exportando wet blue desde Venezuela. Resultó que las curtiembres comenzaron a suplir al mercado local de calzado con cueros terminados – productos de mayor valor agregado que el wet blue – y aún con el cambio paralelo, era un buen negocio. El motivo es que los importadores, y sobre todo los contrabandistas de calzados, no podían ganar dinero comprando en el exterior con un dólar paralelo.

En la actualidad, el futuro no está claro todavía para el sector curtiembres. La situación depende del comportamiento del dólar paralelo, si baja demasiado impulsará las operaciones de los contrabandistas de calzados, lo que es peligroso tanto para las curtiembres como para los fabricantes de calzado. Por otra parte, la aduana venezolana está siendo modernizada rápidamente, hecho que debería frenar la cantidad de contrabando y prestar ayuda importante al sector. La otra alternativa para las curtiembres es continuar fabricando cueros terminados, los cuales se pueden exportar y así ganar divisas operativas para el negocio, pero todo depende del acceso a pieles crudas y saladas a precios reales y no inflados, lo cual depende de los frigoríficos locales (CUEROAMERICA, 2005b).

Por todo lo anteriormente expresado, la difícil situación que atraviesa la industria curtiembre lleva a plantear diferentes alternativas de solución, entre las que destacan (CUEROAMERICA, 2005a):

- a) La intervención directa del gobierno para mantener muchas curtiembres a flote (muy poco probable en Venezuela), dando un giro hacia una política de proteccionismo a la industria, que hoy tiene muchos detractores.
- b) La reactivación del sector zapatero nacional, que lucha por combatir las importaciones de calzado asiático a bajo precio y está proponiendo iniciativas innovadoras para consolidar lo que queda de este sector económico.
- c) La posibilidad de bajar sus exportaciones de wet blue, con baja rentabilidad, y concentrarse en exportar cuero acabado con mayor valor agregado, como hacen Argentina o Brasil. Esto, esencialmente, porque la reactivación de la industria venezolana de calzado demandará largo tiempo.

De estas tres alternativas, la solución a más largo plazo, es que los curtidores venezolanos se adapten al incesante proceso de globalización presente en todos los sectores de la industria.

En resumen, de la evaluación del componente socioeconómico del sector curtiembre se desprenden las siguientes observaciones, en términos de lo que esta investigación persigue:

- a) La industria típica que represente al universo de empresas que constituye el sector, deberá ser una pequeña empresa que procese pieles de ganado bovino.
- b) El sector es extremadamente sensible a variables externas, de corte político y económico. En tal sentido, es necesario que se reduzca la vulnerabilidad de las empresas nacionales en términos ambientales y económicos, consolidándose como empresas capaces de reaccionar a tiempo ante las amenazas externas y permanecer operativas. Uno de los instrumentos posibles para lograr este cambio lo cual constituye la Producción Limpia, postulado que se pretende demostrar al final de esta investigación.

IV.2.- COMPONENTE AMBIENTAL

En esta sección se considerará la revisión de la normativa ambiental vigente aplicable a la industria, los sistemas existentes de manejo de residuos líquidos y sólidos, la relación de la industria con el entorno (comunidad y autoridad ambiental), el proceso de adecuación ambiental llevado a cabo por la industria (en caso de que exista) y las causas que han impedido el establecimiento de un cronograma de adecuación ambiental, para finalmente evaluar la disposición de las empresas para adecuar sus procesos productivos bajo un esquema de Producción Limpia.

IV.2.1- NORMATIVA AMBIENTAL APLICABLE

La Ley Orgánica del Ambiente, publicada en la Gaceta Oficial de la República de Venezuela N° 31.004 del 16 de Junio de 1976, tiene por objeto establecer dentro de la política del desarrollo integral de la Nación, los principios rectores para la conservación, defensa y mejoramiento del ambiente en beneficio de la calidad de vida.

Dicha ley no contiene artículos diseñados para promover la Producción Limpia, puesto que en ella se contempla la prohibición o corrección de actividades susceptibles de degradar el ambiente, indicando en su Artículo 23 que “quienes realicen actividades sometidas al control de la presente Ley deberán contar con los equipos y el personal técnico apropiados para el control de la contaminación”.

Sin embargo, el aspecto ambiental se desarrolla a profundidad en la normativa complementaria. Producto de la revisión realizada, existen nueve (9) Decretos relativos a la Calidad Ambiental que pueden ser aplicados al sector curtiembre, los cuales se agruparon de acuerdo a cada componente en particular en la Tabla N° 16.

Capítulo IV: Características del Sector Curtiembre

Tabla N° 16: Normativa aplicable en materia de Calidad Ambiental.

COMPONENTE	NORMATIVA APLICABLE
AIRE	Decreto N° 638: <i>Normas sobre Calidad de Aire y Control de la Contaminación Atmosférica</i> (Gaceta Oficial N° 4.899 Extraordinario - 19/05/95).
AGUA	<p>Decreto N° 883: <i>Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de los Cuerpos de Agua y Vertidos o Efluentes Líquidos</i> (Gaceta Oficial N° 5.021 Extraordinario – 18/12/95)</p> <p>Decreto N° 2.181: <i>Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de las Aguas de la Cuenca del Río Yaracuy</i> (Gaceta Oficial N° 36.344 – 28/11/98).</p> <p>Decreto N° 3.219: <i>Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de las Aguas de la Cuenca del Lago de Valencia</i> (Gaceta Oficial N° 5.305 Extraordinaria – 01/02/99).</p>
MATERIALES Y DESECHOS PELIGROSOS	<p>Decreto N° 2.289: <i>Normas para el Control de la Recuperación de Materiales Peligrosos y el Manejo de los Desechos Peligrosos</i> (Gaceta Oficial N° 5.212 Extraordinario – 12/02/98).</p> <p>Decreto N° 2.635: <i>Reforma Parcial del Decreto N° 2.289</i> (Gaceta Oficial N° 5.245 – 03/08/98).</p>
DESECHOS NO PELIGROSOS	<p>Decreto N° 2.216: <i>Normas para el Manejo de los Desechos Sólidos de Origen Doméstico, Comercial, Industrial o de cualquier otra naturaleza que no sean peligrosos</i> (Gaceta Oficial N° 4.418 Extraordinario – 27/04/92).</p> <p>Decreto N° 2.961: <i>Sistema Nacional de Reciclaje, Tratamiento y Disposición Final de Residuos Industriales</i> (Gaceta Oficial N° 35.229 – 09/06/93).</p>
RUIDO	Decreto N° 2.217: <i>Normas sobre el Control de la Contaminación Generada por Ruido</i> (Gaceta Oficial N° 4.418 Extraordinario – 27/04/92).

En términos de esta investigación, el aspecto más importante que incluyen estos decretos es aquél que indica que las actividades en funcionamiento que para la fecha de publicación de los mismos no hayan alcanzado los límites de descarga establecidos deberán iniciar un proceso de adecuación a la normativa ambiental, presentando una propuesta de términos de referencia que constituye sólo una proposición sobre el alcance y contenido de la propuesta de adecuación, en función de las características de la actividad y del ambiente potencialmente afectado por los residuos que la actividad pueda generar (MARNR, 1997a).

Al tener aprobada la propuesta de términos de referencia es que ha de desarrollarse a plenitud la propuesta de adecuación la cual habrá de contener lo siguiente (MARNR, 1997b):

- a) La descripción de la actividad, incluyendo la localización, insumos, tecnologías, procesos productivos, recursos humanos y servicios.
- b) La descripción de los equipos y procesos generadores de los efluentes, emisiones, materiales peligrosos recuperables y desechos peligrosos.
- c) La caracterización cuantitativa y cualitativa de los efluentes, emisiones, materiales peligrosos recuperables y desechos peligrosos generados, o en su defecto los cálculos teóricos sobre los mismos basados en las características del proceso generador y las materias primas utilizadas.
- d) La información disponible sobre las características cualitativas y cuantitativas del cuerpo de agua en el área de descarga, de la atmósfera en el área de emisión y sobre el área destinada al manejo de los desechos peligrosos recuperables y desechos peligrosos, de estar disponible.
- e) La descripción de las acciones de adecuación a la normativa ambiental en proceso de ejecución.
- f) Los datos disponibles sobre la rentabilidad de la empresa o sector, que se estimen necesarios para la toma de decisiones sobre el proceso de adecuación.

- g) La propuesta de un paso definido para el traslado o clausura de la actividad ante la imposibilidad técnica o financiera para la adecuación a la normativa ambiental, de ser el caso.
- h) La propuesta sobre acciones a desarrollar presentadas de un modo cronológico con la indicación de sus fechas de ejecución y resultados esperados del proceso de adecuación.

De esto se desprende que la principal fortaleza de la normativa vigente radica en el hecho de que promueve el levantamiento de información importante y necesaria, como requisito para iniciar el proceso de adecuación ambiental, la cual serviría para establecer la situación actual de la empresa en términos ambientales.

Sin embargo, la debilidad de la misma está en que los límites de descarga establecidos no son valores representativos que consideren el estado del arte en materia tecnológica para cada uno de los procesos productivos existentes y mucho menos la capacidad de asimilación de contaminantes y autodepuración del medio en el que se encuentra localizada la empresa, es decir, carecen de una base técnica para su utilización como referencia válida. Así mismo, esta concepción de la normativa carece de una visión integral del problema de la contaminación, al establecer límites de descarga por componente de la calidad ambiental y no por proceso productivo.

A pesar que la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela, promulgada en Gaceta Oficial N° 36.860 del 30 de Diciembre de 1999, se encuentra entre las más avanzadas de América Latina en materia ambiental, promoviendo el principio de sostenibilidad como modelo de desarrollo y promoviendo sólidos derechos ambientales (Artículos 127, 128 y 129), el marco legal establecido por la Ley Orgánica del Ambiente (1976), todavía vigente, es controlador, restrictivo, prohibitivo y no hay respeto de las leyes por falta de jurisprudencia y debido a que las sanciones son casi inexistentes (ARP, 2005).

Capítulo IV: Características del Sector Curtiembre

La Constitución, como norma fundamental para la República Bolivariana de Venezuela, se limita a contener los principios básicos que sirven de fundamento al ordenamiento jurídico venezolano. Por lo tanto, no contiene el desarrollo exhaustivo de normas de carácter legal e incluso reglamentario, lo cual debe ser materia de las leyes y reglamentos que deben dictarse en aplicación de las disposiciones constitucionales (Fergusson, 2001).

En tal sentido, en dos leyes recientemente aprobadas, la Ley sobre Sustancias, Materiales y Desechos Peligrosos (Gaceta Oficial N° 5.554 Extraordinario – 13/11/01) y la Ley de Residuos y Desechos Sólidos (Gaceta Oficial N° 38.068 del 18/11/04), se incluyen conceptos asociados con gestión integral, minimización de residuos, reciclaje, recuperación, reuso y tecnologías limpias. En ambas leyes destacan, en relación al tema desarrollado en esta investigación, los siguientes aspectos:

- a) El desarrollo y la utilización de tecnologías limpias o ambientalmente seguras, aplicadas bajo principios de prevención que minimicen la generación de desechos.
- b) La promoción de la reutilización, reciclaje, recuperación o cualquier otra acción dirigida a obtener materiales reutilizables o energía.
- c) El apoyo, por parte del Estado, a las acciones señaladas en los puntos anteriores, mediante incentivos económicos o fiscales, siempre que se mejoren los parámetros de calidad ambiental establecidos en la reglamentación técnica, a fin de minimizar los riesgos a la salud y el ambiente.

Estas Leyes constituyen iniciativas de un proceso que puede concretarse en una nueva normativa ambiental, con un proyecto de ley aprobado en primera discusión en la Asamblea Nacional y conocida como Ley Orgánica para la Conservación Ambiental, la cual constituye un marco jurídico novísimo y de avanzada, ajustada a las nuevas tendencias del desarrollo ambiental internacional, al avance e innovaciones

tecnológicas y conforme a los preceptos de la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (Asamblea Nacional, 2005).

Sin embargo, no es suficiente incluir en la normativa ambiental los principios filosóficos que comprende la Producción Limpia, por lo que se hace imprescindible la inclusión de los aspectos técnicos relacionados con la mejor tecnología disponible para un proceso en particular, puesto que la misma determina los niveles de generación de residuos y sus características, a partir de los cuales es posible establecer límites realistas de control al final del proceso. Así mismo, debe resaltarse que bajo esta premisa, dicha normativa no puede ser general en términos de los componentes agua, aire y suelo, sino que deberá conceptualizarse bajo una visión integral del proceso productivo.

Por esta razón, debe pensarse en el diseño de políticas ambientales específicas basadas en un estudio exhaustivo de cada sector productivo, las cuales deberán contemplar los mecanismos necesarios para su continua revisión y adaptación a las nuevas tecnologías, sin menospreciar la importancia que los aspectos políticos, económicos y sociales tienen en las etapas de diseño e implementación de políticas, lo cual constituye el fin último de este estudio.

IV.2.2- RELACIONES CON EL ENTORNO

Debido a la baja participación de las empresas en el suministro de información, esta sección estará limitada a los aportes realizados por las tres empresas que contestaron el cuestionario técnico. De dichas respuestas se desprende que el problema más importante de contaminación, y al parecer el único, se refiere a la generación de grandes cantidades de lodos con altos contenidos de cromo y clasificados como

desechos peligrosos, producto de la operación de esquemas de tratamiento inadecuados para las características de los efluentes generados.

La empresa procesadora de pieles de baba señala que, adicionalmente, presenta fluctuaciones en la concentración de cloruros en el efluente tratado, como consecuencia de la sal con la que se reciben las pieles crudas, además de la que se usa en el proceso productivo. Así mismo, se debe resaltar que una de las empresas, a pesar de no poseer una planta de tratamiento, indica que no enfrenta problemas de contaminación en la actualidad.

Por otra parte, sólo una de las empresas ha recibido quejas de los vecinos debido a la presencia de malos olores, mientras que las dos restantes no han recibido quejas por no tener vecinos que sean receptores directos de los problemas ambientales. En este orden de ideas, todas las empresas destacaron haber recibido inspecciones del Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales, pero no aclararon si las mismas correspondieron a operaciones de rutina o producto de alguna denuncia por parte de la comunidad.

Lamentablemente, no es posible dar más detalles sobre las relaciones de las empresas que integran este sector con su entorno, por no disponer de información adicional a la suministrada y por la ausencia de la información correspondiente a las demás empresas del sector que se encuentran operativas. Deben realizarse esfuerzos para complementar esta información, con el fin de comprender el papel que deberán cumplir ambos actores (comunidad y autoridad ambiental) en el diseño e implementación de una política ambiental específica para el sector.

IV.2.3- PROCESOS DE ADECUACIÓN AMBIENTAL

Un proceso de adecuación ambiental es el conjunto de acciones e inversiones que se proponen realizar en un plazo determinado para evitar, corregir, atenuar y/o componer los daños ambientales causados por una actividad, obra o proyecto, en proceso de construcción, funcionamiento o cierre de operaciones (MARN, 2003).

En tal sentido, el aspecto más importante de la información recopilada es que para dos de las empresas que señalan poseer cronograma de adecuación aprobado, el mismo se fundamenta en la construcción de una planta de tratamiento o en mejorar el funcionamiento de la planta de tratamiento existente. Esta información se complementa al observar que la empresa que posee planta de tratamiento no tiene un cronograma de adecuación aprobado.

Al parecer, las medidas aplicadas a todo lo largo del proceso productivo con el objeto de prevenir y/o minimizar la contaminación generada tienen poca cabida dentro de los procesos de adecuación ambiental, aunque la empresa con problemas de cloruros en el efluente final señala que se encuentra desarrollando un proceso de reingeniería para reducir al mínimo el uso de sal y su impacto en la calidad final del efluente.

Por otra parte, la principal limitante para la elaboración y ejecución de los procesos de adecuación ambiental está constituida por la carencia de recursos económicos y la falta de asesoría especializada, aspectos que deberán ser considerados en el diseño de la política ambiental, para que la misma pueda ser efectiva.

Así mismo, a pesar de que existe disposición para realizar la adecuación bajo el concepto de Producción Limpia en dos de las empresas consultadas, la tercera de ellas indica no manejar información sobre este concepto, lo que implica un proceso

previo de difusión y capacitación para minimizar la resistencia al cambio y, en consecuencia, el rechazo producto del desconocimiento de las nuevas tendencias en materia ambiental.

IV.3.- COMPONENTE TÉCNICO

En esta sección se presenta la definición de un proceso hipotético, sobre el cual se realizó un balance de materiales con el fin de establecer los consumos de materias primas, insumos y servicios; así como las cantidades de residuos generadas bajo un esquema tradicional de producción de cuero, culminando así esta primera parte de este estudio.

En tal sentido, se presentará en primer lugar el desarrollo de las bases necesarias para la definición del proceso, para posteriormente realizar el balance de materiales por etapa del proceso productivo, culminando con la determinación de los residuos generados por etapa, el esquema de tratamiento final comúnmente utilizado por las empresas curtiembres y las tasas de utilización de los principales servicios industriales.

IV.3.1.- DEFINICIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO

La curtiembre hipotética procesará pieles saladas de bovino siguiendo el proceso convencional de producción de cuero presentado en el marco teórico de esta investigación. Para efectos prácticos, esta empresa está en capacidad de vender toda su producción como wet blue, pero también puede continuar con los procesos de post-curtido y acabado para producir productos terminados para proveer a la industria del calzado.

Capítulo IV: Características del Sector Curtiembre

Para realizar los balances de masa en cada etapa del proceso es necesario conocer el peso de piel que ingresa a dicha etapa, pues el consumo de los insumos y de agua están definidos como un porcentaje en peso de ese valor, a excepción de la formulación empleada en el acabado, la cual se determina en función del área ocupada por cada uno de los productos semiacabados. En la Tabla N° 17 se presentan los valores empleados en este trabajo (Buljan et al, 2000).

Tabla N° 17: Cantidad de piel procesada en cada etapa del proceso productivo.

ETAPA	BASE UTILIZADA
Ribera	1100 kg. de pieles frescas
	1000 kg. de pieles saladas
Curtido (hasta el dividido)	1100 kg. de pieles en tripa
Resto del Curtido y Post-curtido	262 kg. de lado flor
	88 kg. de lado carnaza
Acabado	190 kg. de lado flor (141 m ²)
	59 kg. de lado carnaza (61 m ²)

FUENTE: Buljan et al, 2000.

En el caso de la etapa de ribera, se incluye el peso de las pieles frescas provenientes del matadero, las cuales se salan para retrasar su descomposición hasta el momento que ingrese al proceso productivo. Esto se hace con la intención de poder comparar posteriormente los resultados obtenidos con los reportados en la bibliografía, los cuales normalmente están reportados como alícuotas referidas a una tonelada de piel fresca.

Por otra parte, el consumo de los insumos empleados en las etapas de ribera y curtido se presentan en la Tabla N° 18, utilizando porcentajes representativos de los comúnmente reportados en la literatura y suministrados por las empresas consultadas.

Tabla N° 18: Formulación utilizada en las etapas de ribera y curtido.

ETAPA	OPERACIÓN	INSUMO	% EMPLEADO
RIBERA	Pre-remojo y Remojo	Tensoactivo	0,15
		Sulfuro de sodio	2,50
	Pelambre - Calero	Sulfuro ácido de sodio	1,50
		Hidróxido de calcio	4,00
	Desencalado - Purga	Sales de amonio	3,50
		Ácido débil	0,80
Enzimas		0,5	
CURTIDO	Piquelado	Cloruro de sodio	5,00
		Ácidos	2,00
	Curtido	Sulfato de cromo	8,00
		Basificante	0,70
	Neutralización	Bicarbonato	1,50
		Formiato	1,50

El sulfato de cromo empleado contiene un 25% de óxido de cromo (Cr_2O_3) y alrededor de 40% de sulfato de sodio (Na_2SO_4), con un grado de agotamiento del 75% aproximadamente (Ludvik, 2000a). Así mismo, se considerará que los químicos añadidos no permanecerán en las pieles. Se desprecian las cantidades de amoníaco y sulfuro de hidrógeno que se desprenden al ambiente, por ser extremadamente pequeñas (Buljan et al, 2000).

El consumo de insumos para la etapa de post-curtido se presenta en la Tabla N° 19, considerando que el lado flor será sometido a un proceso de recurtido con cromo y curtientes vegetales, mientras que el lado carnaza solamente será sometido a un proceso de recurtido vegetal. La cantidad de sustancia activa en los curtientes vegetales, pigmentos y engrasantes se supuso cercana al 75%, con un agotamiento de aproximadamente 80 – 90% (Buljan et al, 2000).

Capítulo IV: Características del Sector Curtiembre

Tabla N° 19: Formulación utilizada en la etapa de post-curtido.

LADO	OPERACIÓN	INSUM O	% EMPLEADO
FLOR	Recurtido	Sulfato de cromo	5,0
		Curtiente vegetal	10,0
	Teñido y Engrasado	Aceites	8,0
		Pigmentos	2,0
		Ácidos	1,5
CARNAZA	Recurtido	Sulfato de cromo	---
		Curtiente vegetal	8,0
	Teñido y Engrasado	Aceites	10,0
		Pigmentos	2,0
		Ácidos	1,5

Los acabados se seleccionaron parcialmente libres de solventes y para ser aplicados mediante una combinación de máquinas de cortina, rodillos y pulverización aerográfica (spray). El ingrediente activo se expresa en términos de materia seca y se emplearon las formulaciones comunes presentadas en la literatura (Adzet, 1965), las cuales se resumen en la Tabla N° 20 para el lado carnaza y en la Tabla N° 21 para el lado flor.

Tabla N° 20: Formulación utilizada en la etapa de acabado : lado carnaza .

OPERACIÓN	COMPONENTE	% EMPLEADO
Base coat (250 g/m ²)	Materia seca	10
	Solvente	20
	Agua	70
Base coat (80 g/m ²)	Materia seca	10
	Solvente	88
	Agua	2
Top spray (100 g/m ²)	Materia seca	20
	Solvente	78
	Agua	2

FUENTE: Adzet, 1965.

Tabla N° 21: Formulación utilizada en la etapa de acabado: lado flor.

OPERACIÓN	COMPONENTE	% EMPLEADO
Impregnación (250 g/m ²)	Materia seca	10
	Solvente	---
	Agua	90
Base coat (100 g/m ²)	Materia seca	25
	Solvente	67
	Agua	8
Base coat (80 g/m ²)	Materia seca	25
	Solvente	67
	Agua	8
Top spray (100 g/m ²)	Materia seca	6
	Solvente	84
	Agua	10

FUENTE: Adzet, 1965.

El consumo de agua para cada una de las operaciones se tomó de los valores reportados en la literatura para el procesamiento convencional de pieles de bovino (Tünay et al, 1999). Dichos valores se reportan como un porcentaje con respecto al peso de piel que ingresa a la operación, tal como se aprecia en la Tabla N° 22.

Los porcentajes presentes en la etapa de post-curtido, que en un principio parecieran ser elevados, corresponden a la conversión obtenida a partir de la información suministrada en la literatura (cantidad de agua por peso de piel que ingresa al proceso productivo), pues en este estudio se necesitan en función del peso de piel que ingresa a cada etapa en particular.

Así mismo, a efectos de este trabajo no se consideran las variaciones en la densidad del agua empleada por efecto de los componentes presentes en ella, usando como valor de referencia 1 kg/l, lo cual constituye una simplificación importante para la

realización del balance de materiales, ya que no se dispone de información tan específica con respecto a la densidad de cada uno de los efluentes líquidos generados.

Tabla N° 22: Consumo de agua para todas las etapas del proceso productivo.

ETAPA	OPERACIÓN	% EMPLEADO
RIBERA	Pre-remojo	300
	Remojo	450
	Pelambre – Calero	300
	Lavado	600
	Descarnado	400
	Desencalado – Purga	400
	Lavado	300
CURTIDO	Piquelado	100
	Curtido	120
	Neutralización	100
	Lavado	150
POST-CURTIDO	Recurtido	570
	Teñido y engrasado	215
	Lavado	1710
ACABADO	Total (sobre 1000 pieles saladas)	150
	Lado flor	76,3
	Lado carnaza	23,7

FUENTE: Tünay et al, 1999.

Adicionalmente, deben establecerse las salidas de materiales que se producen a través del proceso productivo, las cuales corresponden a subproductos (aprovechables o no) de algunas operaciones de las etapas de ribera, curtido y post-curtido, así como a las pérdidas provenientes de la utilización incompleta de los productos empleados en la etapa de acabado por limitaciones en la operación de los equipos utilizados. Dichas cantidades se resumen en la Tabla N° 23.

Tabla N° 23: Pérdidas y subproductos del proceso productivo.

ETAPA	OPERACIÓN	PÉRDIDA O SUBPRODUCTO	% EMPLEADO
RIBERA	Descarnado	Descarne	30
		Recortes	10
CURTIDO	Ecurrido	Agua	20
	Dividido	Recortes	11,5
	Rebajado	Virutas	9
POST-CURTIDO	Secado	Agua	5,5
		Recortes	1,5
ACABADO	Acabado	Polvo – Lado flor	0,5
		Materia seca - Base coat	15
		Materia seca - Top spray	40
		Solvente	100
		Agua	100

Para que la contabilización de entradas y salidas fuera equivalente, se decidió ajustar los valores correspondientes a los efluentes líquidos una vez establecidas todas las entradas y las salidas cuantificables para cada etapa del proceso productivo, ya que éstas corrientes son las más difíciles de cuantificar, puesto que la piel cambia continuamente de humedad en las diferentes etapas, así como a las interacciones que pueden suscitarse entre los diversos componentes que pasan a dichos efluentes.

IV.3.2.- BALANCE DE MATERIALES EN EL PROCESO

Una vez establecidas las bases necesarias para la realización de los balances de materiales, se procederá en esta sección a la presentación de los mismos por etapa, teniendo como objetivo la identificación de los principales problemas de contaminación que puedan ser minimizados o resueltos con la aplicación de las medidas de Producción Limpia.

Capítulo IV: Características del Sector Curtiembre

ETAPA DE RIBERA: En esta etapa la materia prima está constituida por las pieles saladas que ingresan al proceso y por las inmensas cantidades de agua requeridas para preparar la piel para la etapa de curtido, 27.5 m³ de agua por tonelada de piel salada que equivalen a unos 25 m³ de agua por tonelada de piel fresca, valor que se ubica en el rango reportado por la literatura especializada para las tecnologías convencionales de curtido de cuero, el cual es de 23 a 35 m³ de agua por tonelada de piel fresca (Ludvik, 2000b), tal como se presenta en la Tabla N° 24.

Tabla N° 24: Contabilización de entradas en la etapa de ribera.

CONCEPTO		CANTIDAD (kg)
MATERIA PRIMA	Pieles saladas	1.000,00
	Agua de proceso	27.500,00
	Subtotal	28.500,00
INSUMOS	Tensoactivos	3,00
	Sulfuro de sodio	25,50
	Hidróxido de calcio	40,00
	Sales de amonio	35,00
	Ácidos débiles	8,00
	Enzimas	5,00
	Subtotal	116,50
TOTAL ENTRADAS		28.616,50

De los insumos utilizados destacan las cantidades de sulfuro de sodio e hidróxido de calcio, empleadas en las operaciones de pelambre y calero, las cuales representan el 56% del total de insumos empleados en esta etapa. Así mismo, las sales de amonio y los ácidos débiles, añadidos en la operación de desencalado, constituyen el 37% de

Capítulo IV: Características del Sector Curtiembre

los insumos consumidos. Finalmente, se encuentran los tensoactivos utilizados en las operaciones de remojo y las enzimas, componente fundamental de la operación de purgado. Por otra parte, en la Tabla N° 25 se presentan los productos y descargas de esta etapa.

Tabla N° 25: Contabilización de salidas de la etapa de ribera.

CONCEPTO		CANTIDAD (kg)
PRODUCTOS	Pieles en tripa	1.100,00
	Subtotal	1.100,00
RESIDUOS SÓLIDOS	Carniccio	300,00
	Recortes	100,00
	Subtotal	400,00
RESIDUOS LÍQUIDOS	Efluente Remojo	7.708,00
	Efluente Pelambre-Calero	12.360,50
	Efluente Desencalado	7.048,00
	Subtotal	27.116,50
TOTAL SALIDAS		28.616,50

Las pieles presentan un incremento del 10% en su peso original debido al hinchamiento de las mismas y al incremento de la humedad debido a su paso por cada una de las operaciones que constituyen esta etapa, a pesar de haber perdido materia sólida constituida por el carniccio, los recortes y en menor proporción, la sal que acompañaba a las pieles que ingresaron a esta etapa, que, en su mayoría, se encuentra disuelta en el efluente líquido gracias a su elevada solubilidad en agua. La tasa de generación de residuos sólidos orgánicos (carniccio y recortes) se estima en 364 kg por tonelada de piel fresca.

Sin embargo, el principal problema de contaminación de esta etapa está representado por los elevados volúmenes de efluente que se producen en la misma, los cuales están inevitablemente ligados a las altas cantidades de agua consumidas por las operaciones que la conforman.

ETAPA DE CURTIDO: En esta etapa del proceso, las pieles en tripa producto de la etapa de ribera son sometidas a una serie de operaciones que permiten su transformación en cuero. Como se puede observar en la Tabla N° 26, el consumo de agua se ubica en unos 3 m³ por tonelada de piel fresca, el cual se encuentra en el rango reportado por la literatura especializada, ubicado entre 3 y 5 m³ por tonelada de piel fresca (Ludvik, 2000b).

Tabla N° 26: Contabilización de entradas de la etapa de curtido.

	CONCEPTO	CANTIDAD (kg)
MATERIA PRIMA	Piel en tripa	1.100,00
	Agua de proceso	3.295,00
	Subtotal	4.395,00
INSUMOS	Sal	55,00
	Ácidos	22,00
	Sulfato de cromo	88,00
	Basificante	7,70
	Bicarbonato	5,25
	Formiato	5,25
	Subtotal	183,20
TOTAL ENTRADAS		4.578,20

Capítulo IV: Características del Sector Curtiembre

Adicionalmente, conviene señalar el elevado consumo de sulfato de cromo, producto fundamental en la conversión de la piel a cuero, seguido de los productos añadidos en la operación de piquelado (sal y ácidos). En menor proporción se encuentran los compuestos necesarios para detener la reacción de curtido y proceder a la neutralización de la piel.

Por otra parte, puesto que en esta etapa se encuentra la operación de dividido, se tienen dos productos principales de la piel: lado flor y lado carnaza, éste último en menor proporción, y un subproducto constituido por los recortes de piel. Aunado al dividido se encuentra la operación de rebajado, en la cual se produce una cantidad importante de residuo sólido denominado virutas. Las cantidades producidas por cada uno de estos conceptos se presentan en la Tabla N° 27:

Tabla N° 27: Contabilización de salidas de la etapa de curtido.

CONCEPTO		CANTIDAD (kg)
PRODUCTOS	Flor	262,00
	Carnaza	88,00
	Subtotal	350,00
RESIDUOS SÓLIDOS	Recortes	126,50
	Virutas	99,00
	Subtotal	225,50
RESIDUOS LÍQUIDOS	Efluente combinado	3.782,70
	Agua de escurrido	220,00
	Subtotal	4.002,70
TOTAL SALIDAS		4.578,20

Capítulo IV: Características del Sector Curtiembre

En el caso de los efluentes líquidos de esta operación, el 95% del volumen total está constituido por el baño agotado de las operaciones de piquelado, curtido y neutralización; mientras que el 5% restante corresponde al agua que se separa de la piel en estado wet blue, cuando ésta es sometida a una separación mecánica mediante la operación de escurrido.

ETAPA DE POST-CURTIDO: Los dos productos generados en la etapa siguen caminos separados, pero similares entre sí. Los consumos de químicos son mucho menores, debido a los menores pesos de piel que se manejan, entre los que resaltan los agentes recurtientes (cromo y taninos) y los aceites usados en el engrase, tal como se aprecia en la Tabla N° 28:

Tabla N° 28: Contabilización de entradas de la etapa de post-curtido.

CONCEPTO	CANTIDAD (kg)		
	FLOR	CARNAZA	
MATERIA PRIMA	Flor wet blue	262,00	---
	Carnaza wet blue	---	88,00
	Agua de proceso	6.536,90	2.195,60
	Subtotal	6.798,90	2.283,60
INSUMOS	Sulfato de cromo	13,00	---
	Curtiente vegetal	20,00	5,30
	Aceites	15,00	6,20
	Pigmentos	4,00	1,30
	Ácidos	4,00	1,30
	Subtotal	56,00	14,10
TOTAL ENTRADAS		6.854,90	2.297,70

Capítulo IV: Características del Sector Curtiembre

El consumo de agua en esta etapa se incrementa en comparación con la etapa anterior debido básicamente a las elevadas cantidades de agua que se utilizan en la operación de lavado, ubicándose el consumo en unos 9 m³ por tonelada de piel fresca, valor que se encuentra en el rango (7 a 13 m³ de agua por tonelada de piel fresca) reportado por la literatura especializada (Ludvik, 2000b).

Una vez procesados ambos lados del cuero, se obtienen sendos productos semiacabados, los cuales han reducido su peso producto de la operación de secado, en la que se retira una cantidad importante de agua (entre 1.8 y 2.0 veces el peso del producto final de esta etapa), lo cual permite su acondicionamiento para las operaciones de la etapa de acabado, tal como se puede observar en la Tabla N° 29:

Tabla N° 29: Contabilización de salidas de la etapa de post-curtido.

CONCEPTO		CANTIDAD (kg)	
		FLOR	CARNAZA
PRODUCTO	Flor semiacabada	190,00	---
	Carnaza semiacabada	---	59,00
	Subtotal	190,00	59,00
RESIDUOS SÓLIDOS	Fibras de cuero	5,00	3,40
	Subtotal	5,00	3,40
RESIDUOS LÍQUIDOS	Efluente combinado	6.300,60	2.094,10
	Subtotal	6.300,60	2.094,10
PÉRDIDAS AL AMBIENTE	Agua evaporada	359,30	141,20
	Subtotal	359,30	141,20
TOTAL SALIDAS		6.854,90	2.297,70

Capítulo IV: Características del Sector Curtiembre

En términos de generación de contaminantes, el efluente líquido constituye el aporte más importante de esta etapa, puesto que la cantidad de residuos sólidos generados es bastante baja. El agua evaporada no constituye, por sí misma, un problema de contaminación importante, puesto que pasa directamente a la atmósfera circundante.

ETAPA DE ACABADO: En esta última etapa del proceso productivo, el consumo de agua de proceso es el más bajo de todo el proceso productivo, ubicándose en 1,4 m³ por tonelada de piel fresca, valor ubicado entre los límites comunes para esta etapa, que según la literatura especializada se encuentran entre 1 y 3 m³ de agua por tonelada de piel fresca (Ludvik, 2000b). En la Tabla N° 30 se puede observar que el consumo de los insumos es reducido, pues están compuestos por pigmentos dispersos en una base constituida por agua y solventes, vehículos para su aplicación en la piel.

Tabla N° 30: Contabilización de entradas de la etapa de acabado.

CONCEPTO		CANTIDAD (kg)	
		FLOR	CARNAZA
MATERIA PRIMA	Flor semiacabada	190,00	---
	Carnaza semiacabada	---	59,00
	Agua de proceso	1.144,60	355,40
	Subtotal	1.334,60	414,40
INSUMOS	Impregnación	35,26	---
	Base coat 250 g/m ²	---	15,26
	Base coat 100 g/m ²	14,11	---
	Base coat 80 g/m ²	11,28	4,88
	Top spray	14,10	6,10
	Subtotal	74,75	26,24
TOTAL ENTRADAS		1.409,35	440,64

Capítulo IV: Características del Sector Curtiembre

Como resultado de las operaciones realizadas en esta etapa, en la Tabla N° 31 se confirma que los residuos sólidos están constituidos por los recortes y el polvo proveniente del lijado del cuero, que representan alrededor del 2% en peso del producto final.

Tabla N° 31: Contabilización de salidas de la etapa de acabado.

CONCEPTO		CANTIDAD (kg)	
		FLOR	CARNAZA
PRODUCTO	Flor acabada	195,00	---
	Carnaza acabada	---	61,00
	Subtotal	195,00	61,00
RESIDUOS SÓLIDOS	Recortes	3,00	0,88
	Polvo	1,00	0,00
	Subtotal	4,00	0,88
RESIDUOS LÍQUIDOS	Efluente combinado	1.145,04	351,97
Subtotal	1.145,04	354,97	
PÉRDIDAS AL AMBIENTE	Acabado	65,31	23,79
Subtotal	65,31	23,79	
TOTAL SALIDAS		1.409,35	440,64

Así mismo, el efluente líquido proviene del funcionamiento de algunos equipos (condensados de operaciones de planchado, sistemas de lavado, succión en bombas de vacío), así como de operaciones generales de limpieza y lavado de equipos. Por último, se producen pérdidas importantes al ambiente, entre el 30 y 40% del peso del producto acabado, constituidas por solventes orgánicos provenientes de las pinturas, que se evaporan luego de su aplicación sobre la superficie del cuero.

IV.3.3.- GENERACIÓN DE RESIDUOS

Una vez realizado el balance de materiales en cada una de las etapas, es posible resumir en la las cantidades generadas por etapa de los residuos líquidos y sólidos, así como de las emisiones gaseosas al ambiente. Esto con la intención de establecer una base de comparación para el momento de comparar los efectos de la implementación de las medidas de Producción Limpia y establecer las necesidades, en caso de haberlas, de manejo de cada uno de los residuos generados.

Tabla N° 32: Generación de residuos para un proceso tradicional de curtido de cueros.

ETAPA	RESIDUOS (kg)		EMISIONES GASEOSAS (kg)
	LÍQUIDOS	SÓLIDOS	
Ribera	27.116,50	400,00	---
Curtido	4.002,70	225,50	---
Post-curtido	8.394,70	8,40	---
Acabado	1.500,01	4,88	89,1
TOTAL	41.013,91	638,78	89,1

Para la determinación de los aportes máxicos de cada uno de los efluentes líquidos producidos por una curtiembre bajo un esquema convencional de procesamiento, se debe determinar en primer lugar, las concentraciones típicas de dichos efluentes. Dichos valores se encuentran resumidos en las Tablas N° 33 y 34, en los cuales cada operación o etapa incluye los aportes correspondientes a los lavados asociados a la misma. A partir de dicha información y de las cantidades de efluentes líquidos de cada una de las operaciones, se pueden estimar los aportes máxicos de cada uno de los contaminantes considerados en este estudio, los cuales se presentan a continuación:

Tabla N° 33: Caracterización de los efluentes de la etapa de ribera.

PARÁMETRO	REMOJO	PELAMBRE CALERO	DESENCALADO PURGA
Aceites y grasas, AyG, (mg/l)	250	830	200
Cloruros, Cl ⁻ , (mg/l)	15.800	---	---
Demanda Bioquímica de Oxígeno, DBO, (mg/l)	1.620	3.820	1.270
Demanda Química de Oxígeno, DQO, (mg/l)	4.500	14.350	2.780
Nitrógeno Total, TKN, (mg/l)	490	560	1500
Nitrógeno Amoniacal, N-NH ₃ , (mg/l)	175	35	1350
Sólidos Sedimentables, SS, (ml/l)	3	240	2
Sólidos Suspendidos, SSusp, (mg/l)	3.500	7.000	565
Sulfatos, SO ₄ ⁼ , (mg/l)	---	---	3.600
Sulfuros, S ⁼ , (mg/l)	---	850	---
pH	7,1	12,7	8,4

Tabla N° 34: Caracterización de los efluentes de la etapas de curtido y post-curtido.

PARÁMETRO	CURTIDO	POST-CURTIDO	POST-CURTIDO
		FLOR	CARNAZA
Aceites y grasas, AyG, (mg/l)	320	635	620
Cloruros, Cl ⁻ , (mg/l)	8.900	2.500	1.300
Cromo Total, Cr, (mg/l)	4.350	380	---
Demanda Bioquímica de Oxígeno, DBO, (mg/l)	720	1.300	6.500
Demanda Química de Oxígeno, DQO, (mg/l)	1.970	3.750	19.000
Nitrógeno Total, TKN, (mg/l)	820	275	220
Nitrógeno Amoniacal, N-NH ₃ , (mg/l)	720	140	190
Sólidos Sedimentables, SS, (ml/l)	5	140	110
Sólidos Suspendidos, SSusp, (mg/l)	150	1.700	750
Sulfatos, SO ₄ ⁼ , (mg/l)	12.000	1.050	---
pH	3,6	4,5	3,1

ETAPA DE RIBERA: Sabiendo que el descarnado se produce luego de las operaciones de pelambre y calero, se considerará que el efluente de dicha operación tendrá las mismas características que el lavado de la operación previa de pelambre y calero, puesto que normalmente las máquinas de descarnado tienen una entrada de agua que, además de evitar el recalentamiento de las partes móviles de la misma, permite arrastrar el carniccio hacia la salida del equipo para evitar obstrucciones y, en consecuencia, arrastra buena parte de los químicos presentes en la piel.

En la Tabla N° 35 se establecen los aportes máxicos de los parámetros de contaminación más importantes para el efluente de cada operación por separado, así como para el efluente combinado. De dicha información se verifica que los problemas más importantes de la operación de remojo están dados por los altos contenidos de materia orgánica y sólidos suspendidos, así como las elevadas cantidades de cloruros, provenientes del salado. Por su parte, el efluente de la operación de pelambre – calero aporta cantidades importantes de materia orgánica, expresada como DBO y nitrógeno, así como sólidos suspendidos y sulfuros. Por último, el efluente de la operación de desencalado – purga contiene un elevado contenido de nitrógeno amoniacal y sulfatos.

Finalmente, se observa que el efluente combinado es rico en materia orgánica, cloruros y sólidos suspendidos, además de contener cantidades importantes de aceites y grasas, nitrógeno, sulfatos y sulfuros.

ETAPA DE CURTIDO: Puesto que el aporte más importante en términos de contaminación se debe a los baños agotados de las operaciones húmedas realizadas, se desprecia el efecto que las características del efluente de escurrido (prácticamente idénticas a las del efluente combinado de piquelado y curtido) tiene sobre el efluente final de esta etapa. Teniendo en cuenta esta consideración, en la Tabla N° 36 se presentan los aportes máxicos de los contaminantes más representativos de esta etapa.

Capítulo IV: Características del Sector Curtiembre

Tabla N° 35: Aportes máxicos de contaminantes para la etapa de ribera.

PARÁMETRO	REMOJO	PELAMBRE CALERO	DESENCALADO PURGA	EFLUENTE COMBINADO
Aceites y grasas, AyG, (kg/TM)	1,8	9,3	1,3	12,4
Cloruros, Cl , (kg/ TM)	110,7	---	---	110,7
Demanda Bioquímica de Oxígeno, DBO, (kg/ TM)	11,4	42,9	8,1	62,4
Demanda Química de Oxígeno, DQO, (kg/TM)	31,5	161,2	17,8	210,5
Nitrógeno Total, TKN, (kg/TM)	3,4	6,3	9,6	19,3
Nitrógeno Amoniacal, N-NH ₃ , (kg/TM)	1,2	0,4	8,6	10,2
Sólidos Sedimentables, SS, (kg/TM)	Despreciable	2,7	Despreciable	2,7
Sólidos Suspendidos, SSusp, (kg/TM)	24,5	78,7	3,6	106,8
Sulfatos, SO ₄ ⁼ , (kg/TM)	---	---	23,1	23,1
Sulfuros, S ⁼ , (kg/TM)	---	9,6	---	9,6
pH	7,1	12,7	8,4	7,6

Tabla N° 36: Aportes máxicos de contaminantes para la etapa de curtido.

PARÁMETRO	EFLUENTE COMBINADO
Aceites y grasas, AyG, (kg/TM)	1,2
Cloruros, Cl, (kg/ TM)	32,4
Cromo Total, Cr, (kg/ TM)	15,8
Demanda Bioquímica de Oxígeno, DBO, (kg/ TM)	2,6
Demanda Química de Oxígeno, DQO, (kg/ TM)	7,2
Nitrógeno Total, TKN, (kg/ TM)	3,0
Nitrógeno Amoniacal, N-NH ₃ , (kg/ TM)	2,6
Sólidos Sedimentables, SS, (kg/ TM)	Despreciable
Sólidos Suspendedos, SSusp, (kg/ TM)	0,6
Sulfatos, SO ₄ ⁻ , (kg/ TM)	43,7
pH	3,6

Como se puede apreciar, en esta operación se produce un efluente con altas cantidades de cromo en forma trivalente, cloruros y sulfatos, producto de la cantidad de ácido sulfúrico añadido, lo cual se ve reflejado en el bajo pH de esta corriente.

ETAPA DE POST-CURTIDO: Debido a las diferencias inherentes al proceso de recurtido, en esta etapa se generan dos efluentes líquidos con características diferentes, cuyos aportes máxicos en términos de contaminantes se presentan en la Tabla N° 37, la cual contiene, además de las descargas correspondientes a cada efluente por separado, los aportes asociados al efluente combinado de esta etapa.

Tabla N° 37: Aportes máxicos de contaminantes para la etapa de post-curtido.

PARÁMETRO	EFLUENTE LADO FLOR	EFLUENTE LADO CARNAZA	EFLUENTE COMBINADO
Aceites y grasas, AyG, (kg/ TM)	3,6	1,2	4,8
Cloruros, Cl , (kg/ TM)	14,3	2,5	16,8
Cromo Total, Cr, (kg/ TM)	2,2	---	2,2
Demanda Bioquímica de Oxígeno, DBO, (kg/ TM)	7,4	12,4	19,8
Demanda Química de Oxígeno, DQO, (kg/ TM)	21,5	36,2	57,7
Nitrógeno Total, TKN, (kg/ TM)	1,6	0,4	2,0
Nitrógeno Amoniacal, N-NH ₃ , (kg/ TM)	0,8	0,4	1,2
Sólidos Sedimentables, SS, (kg/ TM)	0,8	0,2	1,0
Sólidos Suspendidos, SSusp, (kg/ TM)	9,8	1,4	11,2
Sulfatos, SO ₄ ⁻ , (kg/ TM)	6,0	---	6,0
pH	4,5	3,1	3,6

De dicha tabla se desprende que los contenidos más importantes en el efluente combinado son los correspondientes a la materia orgánica y sólidos suspendidos, normalmente producto de las fibras de cuero que se eliminan en forma conjunta con el efluente. Así mismo, existen cantidades considerables de cromo, sulfatos y compuestos nitrogenados, así como presencia de aceites y grasas producto de la aplicación de compuestos engrasantes.

ETAPA DE ACABADO: Puesto que la carga contaminante de los efluentes líquidos de esta etapa no es significativa en términos del aporte al efluente final de una curtiembre, además que depende de los procedimientos operativos utilizados y de la variedad de formulaciones de acabado disponibles en el mercado, se presentan en la Tabla N° 38 los valores típicos reportados en la literatura especializada (Ludvik, 2000b), los cuales serán utilizados en este estudio para cuantificar el aporte másico de los efluentes líquidos de la etapa de acabado.

Tabla N° 38: Aportes másicos de contaminantes para la etapa de acabado.

PARÁMETRO	EFLUENTE COMBINADO
Demanda Bioquímica de Oxígeno, DBO, (kg/ TM)	1,0
Demanda Química de Oxígeno, DQO, (kg/ TM)	2,5
Sólidos Suspendidos, SSusp, (kg/ TM)	1,0

Partiendo de la premisa que no existe segregación de los efluentes, se cuenta con un efluente combinado cuyas características se presentan en la Tabla N° 39, donde se comparan los resultados obtenidos con los reportados en la literatura especializada en términos de valores típicos para el efluente final de una curtiembre (CPTS, 2003).

Tabla N° 39: Características del efluente combinado de una curtiembre.

PARÁMETRO	EFLUENTE COMBINADO	
	CALCULADO	LITERATURA
Aceites y grasas, AyG, (kg/TM)	18,3	17,0
Cloruros, Cl ⁻ , (kg/ TM)	159,9	188,0
Cromo Total, Cr, (kg/ TM)	18,0	10,0
Demanda Bioquímica de Oxígeno, DBO, (kg/ TM)	85,8	86,0
Demanda Química de Oxígeno, DQO, (kg/ TM)	277,9	223,0
Nitrógeno Total, TKN, (kg/ TM)	24,3	19,0
Nitrógeno Amoniacal, N-NH ₃ , (kg/ TM)	14,0	---
Sólidos Sedimentables, SS, (kg/ TM)	3,8	---
Sólidos Suspendidos, SSusp, (kg/ TM)	119,5	143,0
Sulfatos, SO ₄ ⁻ , (kg/ TM)	72,8	79,0
Sulfuros, S ⁻ , (kg/ TM)	9,6	9,0
pH	4,1	---

La mayor parte de los valores calculados coinciden razonablemente con lo que se presenta en la literatura, especialmente los correspondientes a contenido de aceites y grasas y cromo. Los valores de cloruros y sólidos suspendidos se encuentran por debajo de lo reportado, pero coinciden en orden de magnitud.

Por otra parte, las desviaciones más importantes se presentan en términos de materia orgánica, nitrógeno, sulfatos y sulfuros; lo cual está asociado a la dificultad de asociar en una concentración puntual todo lo que sucede en una operación del proceso productivo. Sin embargo, estos valores siguen siendo representativos en términos de los objetivos que persigue esta investigación.

IV.3.4.- TRATAMIENTO DE LOS RESIDUOS GENERADOS

Puesto que el efluente líquido combinado es altamente agresivo, en función de los considerables aportes de los diversos contaminantes, es necesario establecer una secuencia de tratamiento para lograr un efluente final con unas características tales que permitan su adecuada disposición, tal como se muestra en la Figura N° 11.

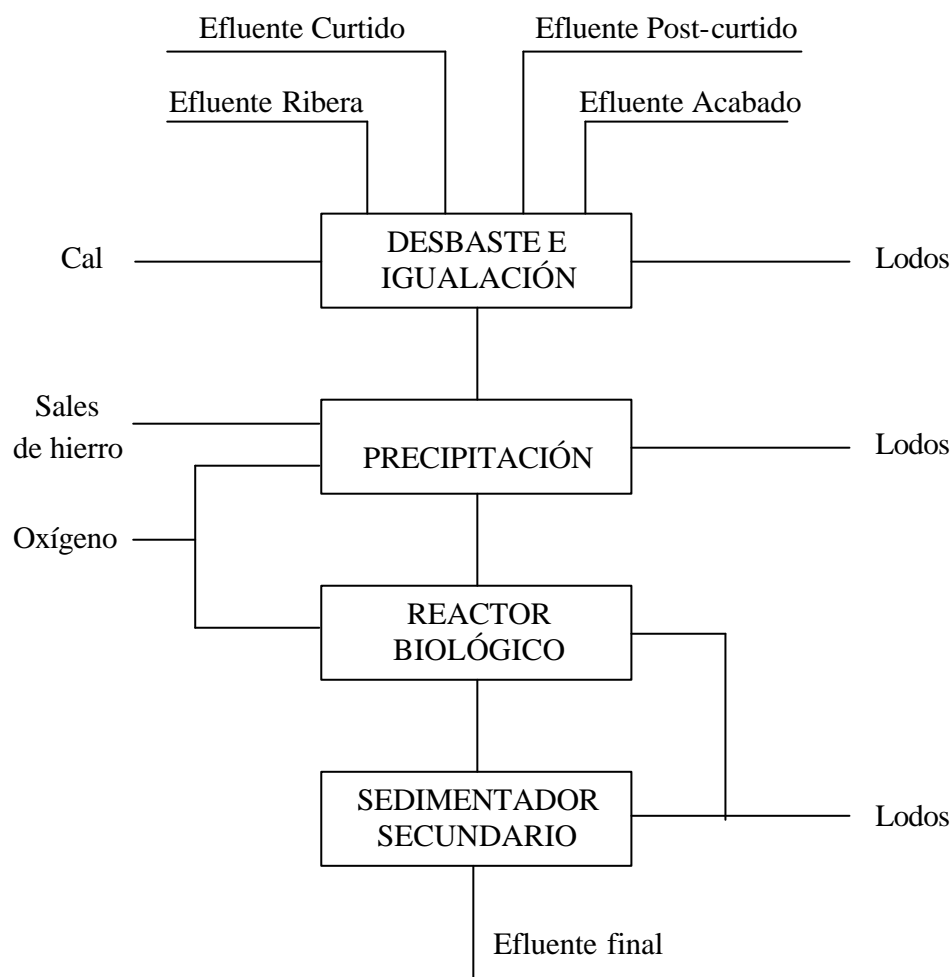


Figura N° 11: Diagrama simplificado del sistema de tratamiento de efluentes.

Se sabe que el tratamiento convencional está constituido por un sistema de separación de sólidos (desbaste), seguido de un tanque de homogeneización, encargado de regular el caudal alimentado a los equipos que conforman la planta de tratamiento, además de igualar las características del efluente final, entre ellas el pH, a través de la adición de cal.

Posteriormente, el efluente pasa a una primera etapa de tratamiento en la que se precipita la totalidad de los contaminantes presentes en los efluentes utilizando sales de hierro. En este proceso, el sulfuro se precipita como sulfuro de hierro. Al mismo tiempo, se precipita el cromo y las proteínas. El agua que sale de la sedimentación queda clarificada, mientras que los sólidos que precipitan en forma de lodo, pasan a un proceso de filtrado para eliminar la mayor cantidad de agua, antes de ser dispuestos.

El agua clarificada (libre de proteínas, sulfuro y cromo) es enviada a los reactores de tratamiento biológico, generalmente bajo el esquema de lodos activados, para completar la remoción de materia orgánica. En el mismo, se produce cierta cantidad de lodos que deben ser estabilizados, antes de proceder a su disposición final.

En función de esto, se realizaron las estimaciones pertinentes en términos de remoción de contaminantes para un esquema de tratamiento presentado, de acuerdo a la información que se presenta en la Tabla N° 40. La cantidad de cal añadida es la necesaria para neutralizar los iones H^+ presentes en el efluente combinado. De esta manera, los lodos formados en la etapa de desbaste – igualación están formados por los sólidos sedimentables y la cal añadida.

Así mismo, para la etapa de precipitación se estableció que la dosificación de la sales de hierro, bajo la forma de sulfato, se realizaría en un 50% adicional a la necesaria según la estequiometría para la remoción de sulfuros, mientras que el suministro de

Capítulo IV: Características del Sector Curtiembre

oxígeno sería de 0,93 kg. por kg. de DBO removida. Los lodos de esta etapa están constituidos por los aceites y grasas removidos, el cromo presente, la DQO y sólidos suspendidos removidos, el sulfuro de hierro formado y el exceso de sulfato de hierro añadido.

Tabla N° 40: Consideraciones del balance de materiales de la planta de tratamiento .

ETAPA	PARÁMETRO	% DE REMOCIÓN
Desbaste	Sólidos Sedimentables	100%
	Aceites y grasas	90%
Precipitación	Cromo total	100%
	DBO	50%
	DQO	60%
	Nitrógeno	80%
	Sólidos Suspendidos	60%
	Sulfuros	100%
Tratamiento biológico	Aceites y grasas	80%
	DBO	96%
	DQO	87%
	Nitrógeno total	36%
	Sólidos Suspendidos	92%

Por otra parte, en el tratamiento biológico, se suministran 1,20 kg. de oxígeno por cada kg. de DBO removida, con una producción estimada de lodos de 0,73 kg. por kg. de DBO removida (Kashiwaya y Yoshimoto, 1980). Se considera que en estos lodos se encuentra presente, además, los aceites y grasas removidos en esta etapa.

Capítulo IV: Características del Sector Curtiembre

Toda esta información, permite condensar en la Tabla N° 41 el balance de materiales para un sistema convencional de tratamiento de efluentes. Como se puede observar, este proceso genera una gran cantidad de lodos que son muy propensos a la putrefacción y están altamente contaminados por compuestos de cromo, lo que significa que únicamente pueden depositarse en un rellevo de seguridad. Además, la experiencia ha demostrado que no se puede lograr su deshidratación eficaz, lo que encarece su eliminación y causa problemas en su disposición (AUQTIC, 2004).

Tabla N° 41: Balance de materiales en la planta de tratamiento.

CONCEPTO	CANTIDAD (kg)		
	ENTRADAS	SALIDAS	
MATERIA PRIMA	Efluente ribera	27.116,50	---
	Efluente curtido	4.002,70	---
	Efluente post-curtido	8.394,70	---
	Efluente acabado	1.500,01	---
	Subtotal	41.013,91	---
INSUMOS	Cal	92,00	---
	Sales de hierro	68,40	---
	Oxígeno	89,32	---
	Subtotal	249,72	---
PRODUCTO	Efluente final	---	40.814,17
	Subtotal	---	40.814,17
RESIDUOS SÓLIDOS	Lodo desbete-igualación	---	95,80
	Lodo precipitación	---	322,14
	Lodo biológico	---	31,52
	Subtotal	---	449,46
TOTAL		41.263,63	41.263,63

Capítulo IV: Características del Sector Curtiembre

Por último, antes de culminar esta parte del estudio, se presentan en la Tabla N° 42 las características del efluente final que sale del sistema de tratamiento, el cual se compara con los valores límites de descarga establecidos en el Decreto 883 para las descargas a cuerpos de agua, normativa que es aplicable a todas las cuencas hidrográficas del país, a excepción de las cuencas del Lago de Valencia y del Río Yaracuy.

Tabla N° 42: Características del efluente final del sistema de tratamiento.

PARÁMETRO	CONCENTRACIÓN (mg/l)	
	CALCULADA	DECRETO 883
Aceites y grasas, A y G	9	20
Cloruros, Cl ⁻	3.918	1.000
Cromo total, Cr	0	2
Demanda Bioquímica de Oxígeno, DBO	42	60
Demanda Química de Oxígeno, DQO	354	350
Nitrógeno Total, TKN	76	40
Sólidos Sedimentables, SS	0	1
Sólidos Suspendedos, SSusp	94	80
Sulfatos, SO ₄ ⁼	2.488	1.000
Sulfuros, S ⁼	0	0,5
pH	7,0	6 – 9

De esta tabla se desprende que todos los parámetros se encuentran cercanos a los valores establecidos, a excepción de los cloruros y sulfatos, altamente solubles en agua y que no son removidos en ninguna etapa del tratamiento, razón por la cual debe reducirse su generación para disminuir su concentración en el efluente final.

En cuanto a los residuos sólidos, los únicos que pueden ser aprovechados son los residuos provenientes de las etapas de curtido y post-curtido, ya que los provenientes de ribera quedan descartados para cualquier uso posterior por sus altos contenidos de cal y sulfuro. Adicionalmente, producto del tratamiento final aplicado al efluente líquido se generan cantidades importantes de residuos sólidos no aprovechables, quedando solo la opción de utilizar el lodo biológico como abono orgánico. Finalmente, las emisiones gaseosas no representan un problema de contaminación importante, aunque debe evaluarse su impacto sobre la salud de los trabajadores que laboran en el área de acabado.

IV.3.5.- CONSUMO DE SERVICIOS INDUSTRIALES

En general, la energía representa un consumo importante en la industria y el gasto que representa puede influir, dependiendo del tipo de industria, de manera significativa en la estructura de costos de la empresa. En esta sección se presentarán los consumos de energía, en sus dos formas: térmica o eléctrica.

La energía térmica utilizada en el proceso productivo proviene de la combustión de uno o más combustibles. Por lo general, se utiliza para la producción de vapor, el cual es usado en diversos equipos o de manera directa. Por otra parte, la energía eléctrica es utilizada, por lo general, en las diferentes operaciones unitarias, para impulsar motores eléctricos de los equipos y producir movimiento mecánico. En la Tabla N° 43 se reportan los consumos de los principales combustibles y de electricidad para el período 1996 – 2002, a excepción de los años 1999 y 2000, para los cuales la información presentada en la Encuesta Industrial Nacional está referida a montos en Bolívares y no a consumos por cada concepto.

Tabla N° 43: Consumo de energía en el sector curtiembre venezolano.

AÑO	METANO (m ³)	GASOIL (litros)	GASOLINA (litros)	ELECTRICIDAD (kWh)
1996	48.399	3.162	67.652	30.486
1997	46.688	1.303	61.376	37.494
1999	---	---	---	20.789
2000	---	---	---	---
2001	---	618.711	156.435	2.698.049
2002	29.815	335.924	57.259	3.065.835

FUENTE: OCEI , 2002; INE, 2005.

Como se observa, estos valores no son confiables, debido a las variaciones tan bruscas presentadas entre un año y otro. Por otra parte, de los cuestionarios recibidos se pudo determinar que el consumo de gasoil en dos de las empresas es equivalente a 140.000 litros al año, mientras que la tercera de ellas consume en la actualidad alrededor de 192.960 m³/año, los cuales no coinciden con la tendencia esperada de los valores que se encuentran en la tabla. Adicionalmente, en términos del consumo de energía eléctrica, una de las empresas señaló un consumo anual de 646.218 kWh, mientras que otra reportó un consumo anual de 192.000 kWh, valores que parecieran coincidir con los órdenes de magnitud reportados en las estadísticas. Sin embargo, estas dos empresas consumen alrededor del 25% de la energía para el año 2002, lo que pone en duda la veracidad de la información presentada.

En otro orden de ideas, el agua es un insumo que se utiliza como materia prima y como un medio para diversos tipos de uso. El consumo de agua, provenga ésta del acueducto, pozo u otro origen, debe ser medido y registrado con el fin de llevar una adecuada contabilidad sobre su consumo. En la Tabla N° 44 se presentan los consumos promedio de agua y el costo asociado, de acuerdo a los datos registrados en la Encuesta Industrial Nacional:

Tabla N° 44: Consumo de agua en el sector curtiembre venezolano.

AÑO	CONSUMO DE AGUA (miles m ³)			COSTO PROMEDIO (Bs/mil m ³)
	FUENTE PROPIA	ACUEDUCTO	CISTERNA	
1996	11.441.319	703	564	2,29
1997	6.881.993	1.140.862	585.259	3,88
1999	7.173.049	671.854	650.121	6,33
2000	284.228	67.106	0	50,65
2001	438.719	67.556	0	32,70
2002	522.176	115.654	0	29,90

FUENTE: OCEI, 2002; INE, 2005.

De la información presentada por las empresas consultadas, se pudieron determinar los siguientes consumos anuales de agua: 270 m³, 2.600 m³ y 7.800 m³; valores muy por debajo de lo presentado en las estadísticas nacionales, razón por la cual tampoco se dispone de información confiable para establecer los consumos de agua en el sector curtiembre. A pesar de esto, como se puede apreciar en la información presentada, el consumo de agua obtenida a partir de fuentes propias (pozos) ha sido superior al 80% durante el período 1996 – 2002, lo cual aunado a un bajo costo a cancelar por concepto de agua ha permitido su uso indiscriminado a nivel del proceso productivo (operaciones de remojo y lavados), así como en operaciones de limpieza. Sin embargo, esta situación normalmente representa una buena oportunidad para optimizar y reducir su consumo específico, frecuentemente mediante prácticas y medidas sencillas que conllevan ahorros económicos significativos.

Finalmente, se debe destacar que el primer paso a dar antes de la aplicación de cualquier medida de Producción Limpia consiste en iniciar actividades conducentes a la medición y registro de los consumos de servicios industriales, pues de esta manera es posible establecer la verdadera situación actual de la empresa y contar con valores confiables a partir de los cuales evaluar los beneficios de aplicar dichas medidas.

CAPÍTULO V:
EVALUACIÓN
DE LAS ALTERNATIVAS

En principio, la capacidad de producción de una curtiembre, así como sus posibilidades económicas, no son factores que determinan la aplicabilidad de las medidas de Producción Limpia. Industrias grandes, medianas, pequeñas y, sobre todo, microempresas, pueden introducir prácticas de Producción Limpia que a menudo requieren de muy poca o de ninguna inversión, con beneficios económicos y ambientales muy significativos.

Antes de implementar cualquier medida a escala industrial, la empresa está en la obligación de realizar pruebas para determinar las condiciones técnicas bajo las cuales se va a trabajar y los beneficios económicos y ambientales que se puedan generar. El empresario que requiera introducir innovaciones en sus procesos de producción debe, en primera instancia, buscar métodos y prácticas sencillas, antes de comprometer recursos en tecnologías sofisticadas, las cuales pueden crear una dependencia tecnológica innecesaria (CPTS, 2003).

Considerando lo anteriormente mencionado, en este capítulo se presenta la evaluación técnico-ambiental y económica de las alternativas de Producción Limpia que pueden ser aplicadas sin ningún tipo de limitante a la realidad venezolana, de acuerdo a los resultados presentados en los capítulos precedentes, a fin de establecer los efectos que las mismas tienen sobre la cantidad y calidad de los residuos generados en cada etapa del proceso productivo.

V.1.- EVALUACIÓN TÉCNICO-AMBIENTAL

El objetivo de esta evaluación es verificar la viabilidad técnica de implementar las modificaciones o cambios propuestos a través de las alternativas de Producción Limpia, para proyectar sus respectivos balances de materiales y energía. Así mismo, se debe cuantificar la reducción en cantidad absoluta, concentración y toxicidad de

los insumos utilizados, como de los residuos asociados a las salidas de las operaciones unitarias modificadas.

De esta manera, las opciones ambientalmente viables pueden ser calificadas como técnicamente viables y pueden pasar a ser evaluadas en términos económicos. Por esta razón, en esta sección se realizará la evaluación de las alternativas seleccionadas a partir de la revisión del estado del arte realizada en el capítulo anterior.

V.1.1- CONSIDERACIONES PRELIMINARES

Es importante resaltar que debido a los objetivos perseguidos, la alternativa de reemplazar el cuero genuino por cuero sintético no será considerada en el estudio, debido a que esto implica la sustitución de la industria curtiembre por industrias químicas, con los correspondientes impactos políticos y socio-económicos asociados; así como la generación de un problema ambiental adicional, relativo al manejo y disposición de pieles frescas de elevada putrescibilidad, amén de considerar que el mundo de la moda demanda anualmente una cuota importante del mercado de cuero genuino que debe satisfacerse.

Así mismo, no están contempladas sustituciones de insumos químicos en ninguna de las etapas del proceso productivo, ya que se considera que este cambio en la forma de operar de las curtiembres no sería incorporado en los actuales momentos, puesto que esta industria tiene un componente tradicional muy marcado, que se constituye como una resistencia al cambio que impediría su efectiva aplicación. A pesar de esto, esta medida debe descartarse en forma temporal, pues si se lograra iniciar un proceso de capacitación bajo la filosofía de la Producción Limpia estos cambios pudieran promoverse con una menor resistencia por parte del productor e incluso, pudieran ser alentados por ellos mismos.

Una consideración importante que, a pesar de no estar evaluada en este estudio, debe implementarse en un futuro no muy lejano, es la sustitución de la mayor parte de los recipientes empleados comúnmente en las curtiembres (botales, tinas, hormigoneras, etc.), por fulones comerciales. Estos equipos cuentan con sistemas de descarga que permiten el vaciado de los mismos sin necesidad de retirar las pieles, además de estar dotados de sistemas de recirculación, lo cual favorecería el agotamiento de los insumos químicos, al incrementar la homogeneidad de los mismos dentro del baño. Esta observación se hace en virtud de que Tenería El Puma C.A. dispone de dichos equipos, lo que permite realizar varias operaciones diferentes sin movilizar las pieles y abre oportunidades interesantes para el reciclaje de los baños agotados y para realizar lavados por cargas.

En la etapa de acabado no se presentarán alternativas de Producción Limpia, puesto que existen pocas oportunidades para la reducción de los residuos líquidos generados, mientras que para disminuir las pérdidas al ambiente en forma importante sería necesario realizar inversiones importantes en términos de maquinaria de avanzada, lo cual no constituye una prioridad, por ser estas emisiones a la atmósfera menos representativas que los residuos líquidos y sólidos generados a lo largo del proceso productivo.

En términos del programa de ahorro de agua, una forma general de conservar agua es reemplazar los lavados que normalmente emplean agua corriente con lavados por cargas. La experiencia muestra que en promedio, los lavados por cargas utilizan un 50% menos de agua que los lavados con agua corriente, valor que será utilizado en este estudio (OIKOS, 1998).

En otro orden de ideas, esta evaluación no incluye el efecto de aplicar buenas prácticas operativas, pues es extremadamente difícil cuantificar el impacto que las mismas tienen en la generación de residuos, pues dependen de muchos factores y los

resultados obtenidos pueden variar en forma notable de una empresa a otra. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que la aplicación de dichas medidas traerá beneficios adicionales a los presentados en este estudio, los cuales pueden ser logrados con una baja inversión de recursos económicos.

Por último, dada la incertidumbre asociada a la información específica sobre el uso y los consumos de combustibles y energía eléctrica, tampoco serán consideradas las posibles mejoras que tienen como objetivo alcanzar la eficiencia energética de una curtiembre, lo cual no constituye una limitante en la realización de este trabajo, pues en términos generales, el proceso productivo no genera una demanda importante en términos energéticos. Adicionalmente, como se presentó en el componente técnico de la caracterización del sector productivo, este estudio no contempla la realización de un balance de energía en el proceso productivo, información base para poder evaluar el impacto de las medidas que se tomen con el fin de optimizar la generación y el uso de la energía en la empresa curtiembre típica.

De esta manera, bajo la premisa de que las medidas de Producción Limpia contempladas en este estudio deben ser aplicadas con relativa facilidad y a un bajo costo, se presentarán a continuación las alternativas seleccionadas para cada una de las etapas del proceso productivo, las cuales corresponden a cambios tecnológicos, reutilización en sitio y valoración de residuos. Las alternativas de valoración merecen especial atención y fueron desarrolladas de forma independiente, debido a que su aplicación requiere del desarrollo de procesos alternativos a los que típicamente se realiza en la industria curtiembre.

Finalmente, debido a que las medidas de Producción Limpia aplicadas reducen, mas no eliminan, la generación de contaminantes, se incluye el impacto que tendrá sobre el sistema de tratamiento el efluente combinado producido al incorporar todas las alternativas descritas en este capítulo.

V.1.2.- ETAPA DE RIBERA

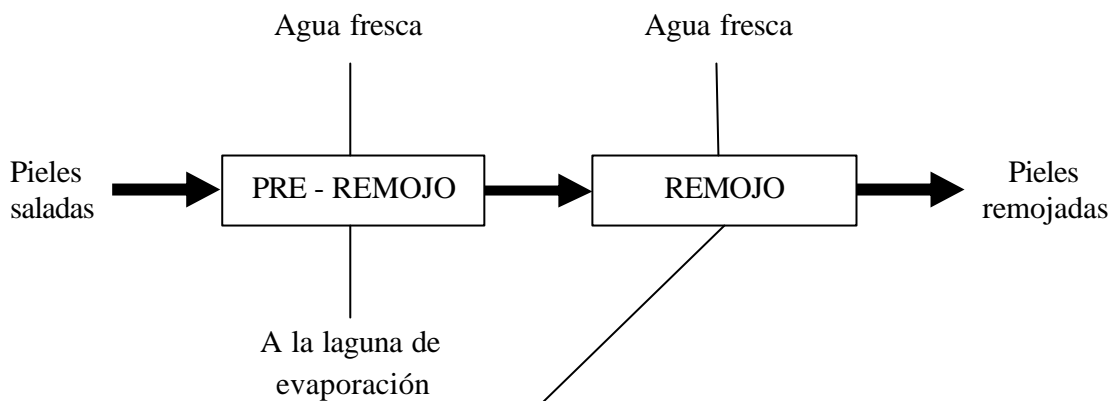
En esta etapa es donde se pueden aplicar la mayor cantidad de medidas preventivas, debido a las características de las operaciones involucradas, así como a las importantes cantidades de residuos generadas.

Partiendo del hecho de que la empresa procesa pieles saladas, la primera alternativa aplicable consiste en sacudir las pieles antes de proceder a remojarlas. Esto permite recuperar entre 20 y 25 kg. de sal por tonelada de pieles saladas, la cual puede reutilizarse dentro del proceso productivo, siempre y cuando no haya sido contaminada con tierra y/o estiércol (CPTS, 2003). En caso de que la sal se encuentre contaminada, se recomienda calentarla por encima de 400°C para eliminar toda la materia orgánica, quedando completamente reutilizable para la preservación de nuevas pieles frescas (CEPIS, 2004f).

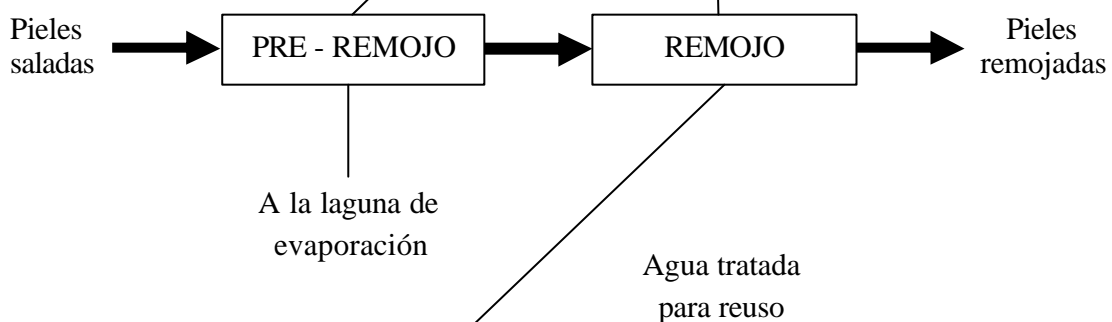
Por otra parte, debido a que el remojo de pieles saladas requiere alrededor del 25% del consumo total de agua empleado en el procesamiento de las pieles, es necesario proceder a reciclar los licores provenientes del remojo, con el fin de reducir el consumo total de agua. Para ello se propone un esquema de remojo de pieles en contracorriente, tal como se muestra en la Figura N° 12.

La única limitación para la aplicación efectiva de este método es que se deben separar, previo al reuso del baño de remojo, cantidades importantes de sucio que acompañan a la piel y la incorporación de algún tipo de desinfectante, lo cual abre la posibilidad de reutilizar agua proveniente de la descarga de la planta de tratamiento como fuente de reposición para el remojo de las pieles.

Primera carga:



Segunda carga:



Tercera y demás cargas:

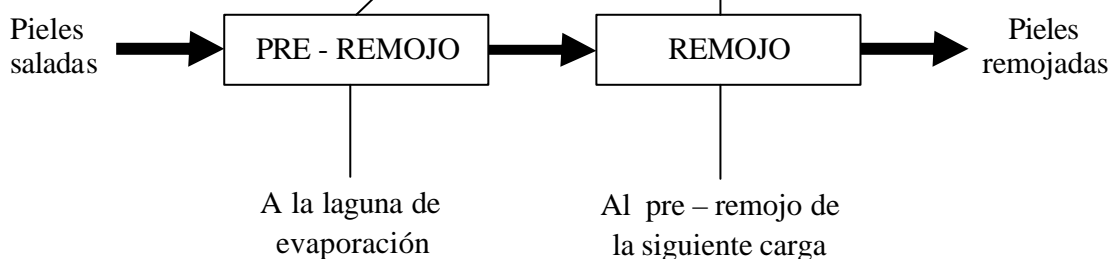


Figura N° 12: Esquema de remojo en contracorriente.

Adicionalmente, el efluente de la operación de pre – remojo puede ser enviado a una laguna de evaporación, con el fin de lograr una recuperación adicional de la sal contenida en dicho efluente. Según la literatura especializada, este método permite un ahorro de 8 litros de agua por cada kilogramo de piel procesada, señalando además que la aplicación de esta medida no tiene repercusión alguna sobre las propiedades físicas del producto final (Raghava et al, 2003).

Así mismo, es conveniente modificar el esquema del proceso productivo, descarnando las pieles después del remojo, pero antes del pelambre, con el objeto de recuperar todo el carniccio y los retazos de piel libres de los insumos químicos añadidos durante la operación de pelambre, lo cual permite reducir el consumo de los mismos al procesar menos cantidad de piel. Además, los residuos sólidos producidos en esta operación pueden ser procesados sin la limitación que representa la presencia de cal y sulfuro.

A efectos de la evaluación a realizar, se considerará que el efluente líquido generado en la operación de descarnado sólo tendrá aportes en términos de materia orgánica y sólidos suspendidos. El hecho de controlar el paso de agua a la máquina descarnadora, dejando que la misma solamente fluya cuando se descarnan las pieles, permite una reducción estimada en el consumo de agua del 30%. Adicionalmente, el hecho de descarnar antes del pelambre provoca que la cantidad de residuos sólidos sea menor, reducción que se estimó en 15%, equivalente a la reducción que experimenta el peso de las pieles saladas al realizar esta operación luego del remojo (CPTS, 2003).

En cuanto a la reducción de los insumos añadidos en la operación de pelambre, Trujillo y Veneziano (2004) demostraron que es posible lograr una reducción del 15% en la oferta de cal y un 18% en la oferta de sulfuro de sodio, sin afectar la

calidad del producto final, trayendo como consecuencia una reducción en la cantidad de estos componentes que se dirige a tratamiento.

Adicionalmente, en dicho estudio se llegó a la conclusión de que sólo es posible reutilizar los baños de la operación de pelambre, ya que contienen un exceso importante de los insumos dosificados, los cuales podrían ser aprovechados nuevamente. No se considera la reutilización del baño de la operación de desencalado y purga, puesto que el mismo contiene agentes macerantes que sólo deben actuar por corto tiempo, de lo contrario causarían daños irreparables en la flor del cuero, por lo que se descarta su posible utilización en el proceso.

De los resultados obtenidos por dichos autores en relación al reciclaje de los baños de pelambre, la mejor opción consistió en utilizar el baño de pelambre intacto, es decir, sin la eliminación del barro formado por los pelos, materia orgánica y exceso de producto no solubilizado. Para complementar el volumen necesario, se completó con agua fresca, añadiendo posteriormente las cantidades necesarias de cal y sulfuro de sodio necesarias para lograr la concentración deseada de dichos insumos en el baño.

La evaluación de esta alternativa arrojó que es posible la reutilización del baño agotado del pelambre en cuatro oportunidades, lográndose una reducción adicional del 13% en el sulfuro de sodio utilizado, del 26% en la cal empleada y del 43% del agua fresca utilizada (Trujillo y Veneziano, 2004).

Para la etapa de desencalado y purga no se tiene previsto aplicar ninguna medida de Producción Limpia, pues las más empleadas implican la sustitución de las sales de amonio por otros insumos, lo cual no está contemplado en este estudio. De esta manera, una vez presentadas todas las alternativas que serán incorporadas a esta etapa, se procede a presentar el diagrama de flujo modificado en la Figura N° 13, para luego realizar las modificaciones pertinentes a nivel del balance de materiales.

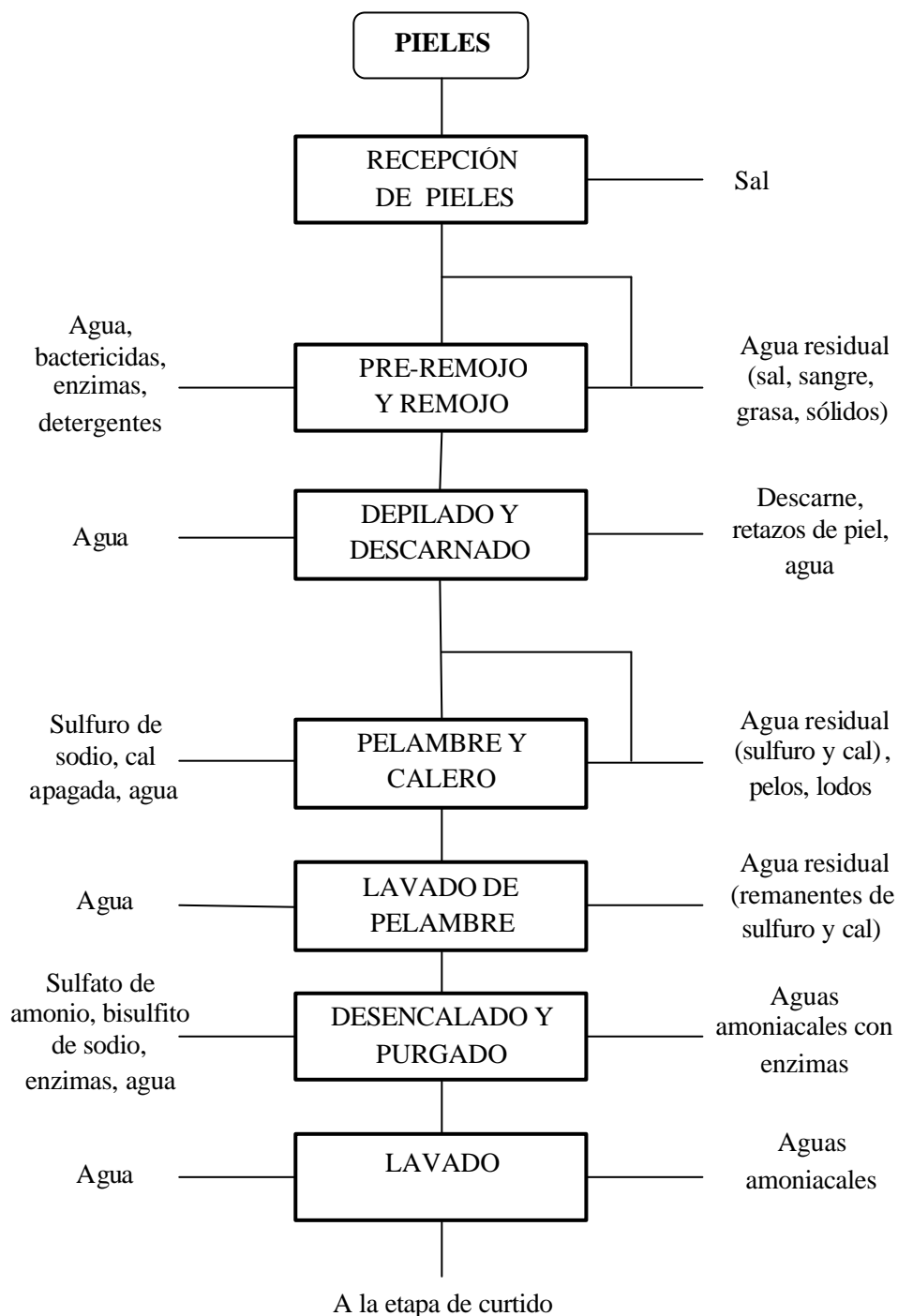


Figura N° 13: Diagrama de Flujo modificado para la etapa de Ribera.

Estas modificaciones implican una reducción importante en el consumo de agua y de algunos insumos químicos (tensoactivos, sulfuro de sodio e hidróxido de calcio), cambios que se resumen en la Tabla N° 45:

Tabla N° 45: Entrada de materiales en la etapa de ribera con Producción Limpia.

CONCEPTO		CANTIDAD (kg)
MATERIA PRIMA	Pieles saladas	1.000,00
	Agua de proceso	15.260,00
	Subtotal	16.260,00
INSUMOS	Tensoactivos	1,50
	Sulfuro de sodio	18,19
	Hidróxido de calcio	25,16
	Sales de amonio	35,00
	Ácidos débiles	8,00
	Enzimas	5,00
	Subtotal	92,85
TOTAL ENTRADAS		16.352,85

De igual manera, la aplicación de las medidas seleccionadas para esta etapa impactan de manera positiva en la cantidad de residuos que se producen en esta etapa, lo cual se puede apreciar en la Tabla N° 46. En el caso de los residuos líquidos se logra reducir la cantidad de efluente que se envía a tratamiento en un 55% aproximadamente, con el beneficio adicional de recuperar la mayor parte de la sal que ingresa al proceso con la piel, lo que permitirá reducir la concentración de cloruros en el efluente final.

Tabla N° 46: Salida de materiales de la etapa de ribera con Producción Limpia.

CONCEPTO		CANTIDAD (kg)
PRODUCTOS	Pieles en tripa	1.100,00
	Subtotal	1.100,00
RESIDUOS SÓLIDOS	Carniccio	255,00
	Recortes	85,00
	Sal recuperada	196,40
	Residuo - lagunas de evaporación	10,10
	Subtotal	546,50
RESIDUOS LÍQUIDOS	Efluente Descarnado	2.800,00
	Efluente Pelambre-Calero	4.108,35
	Efluente Desencalado	5.548,00
	Subtotal	12.456,35
PÉRDIDAS AL AMBIENTE	Agua evaporada	2.250,00
	Subtotal	2.250,00
TOTAL SALIDAS		16.352,85

Por otra parte, aunque la reducción en la generación de residuos sólidos orgánicos es de un 15%, la consecuencia más importante de las medidas aplicadas es contar con productos no contaminados con sulfuro y cal, los cuales pueden ser reinsertados en otro proceso productivo y ser valorados a un menor costo.

Finalmente, en la Tabla N° 47 se establecen los aportes máxicos de los parámetros de contaminación más importantes para el efluente de cada operación por separado, así como para el efluente combinado, para este nuevo escenario. Como se puede apreciar, las reducciones más resaltantes en términos de contaminantes se ubican en los aportes

de cloruros y sulfuros, aunque también disminuyen los contenidos de materia orgánica y sólidos suspendidos.

Tabla N° 47: Aportes máxicos de contaminantes para la etapa de ribera con Producción Limpia

PARÁMETRO	DESCARNADO	PELAMBRE CALERO	DESENCALADO PURGA
Aceites y grasas, AyG, (kg/TM)	0,6	9,3	1,3
Cloruros, Cl , (kg/ TM)	---	---	---
Demanda Bioquímica de Oxígeno, DBO, (kg/ TM)	0,4	42,9	8,1
Demanda Química de Oxígeno, DQO, (kg/TM)	1,6	161,2	17,8
Nitrógeno Total, TKN, (kg/TM)	0,4	6,3	9,6
Nitrógeno Amoniacal, N-NH ₃ , (kg/TM)	1,2	0,4	8,6
Sólidos Sedimentables, SS, (kg/TM)	Despreciable	2,7	Despreciable
Sólidos Suspendidos, SSusp, (kg/TM)	1,2	65,2	3,6
Sulfatos, SO ₄ ⁻ , (kg/TM)	---	---	23,1
Sulfuros, S ⁻ , (kg/TM)	---	6,8	---
pH	7,1	12,5	8,4

V.3.- ETAPA DE CURTIDO

Para esta etapa del proceso, las primeras alternativas que se pueden implementar corresponden a la reducción en la oferta de algunos insumos químicos empleados. En la operación de piquelado es posible disminuir la oferta de ácidos débiles en un rango del 1,0 al 1,8% sobre el peso de piel en tripa, con un aporte en sales neutras de al menos 5% (Ludvik, 2000a). Por esto, se decidió solamente reducir la oferta de ácidos hasta un 1,5%, puesto que la oferta de sal se encuentra sobre el límite recomendado.

De acuerdo a los resultados obtenidos por Contreras y Orfao (2004) es posible reducir la oferta de sulfato de cromo sin afectar la calidad del curtido. A pesar de que en su estudio recomiendan reducir la oferta de sal de cromo entre 5,4 y 6,0%, la literatura especializada recomienda no utilizar ofertas menores a 6,8% para fines comerciales, valor que será tomado como referencia en esta investigación. De esta manera se logra incrementar la eficiencia del proceso de curtido hasta un 80% aproximadamente sin alterarse de forma significativa la composición de los productos obtenidos en esta etapa (Ludvik, 2000a,c; Sreeram y Ramasami, 2003).

De los resultados obtenidos en Tenería El Puma C.A., debe destacarse que en dicha empresa el baño agotado de piquelado se usa para el curtido y al realizar un reciclo directo del baño agotado de curtido se obtuvieron resultados desfavorables en la calidad del cuero. Sin embargo, al probar el reciclo en forma independiente de los baños de piquelado y curtido, se obtuvieron mejores resultados en términos de la calidad del cuero y ahorros del 6, 53 y 26% para la sal de cromo, sal y agua, respectivamente (Contreras y Orfao, 2004). Como consecuencia de esto, es posible modificar el diagrama de flujo de esta etapa, tal como se presenta en la Figura N° 14.

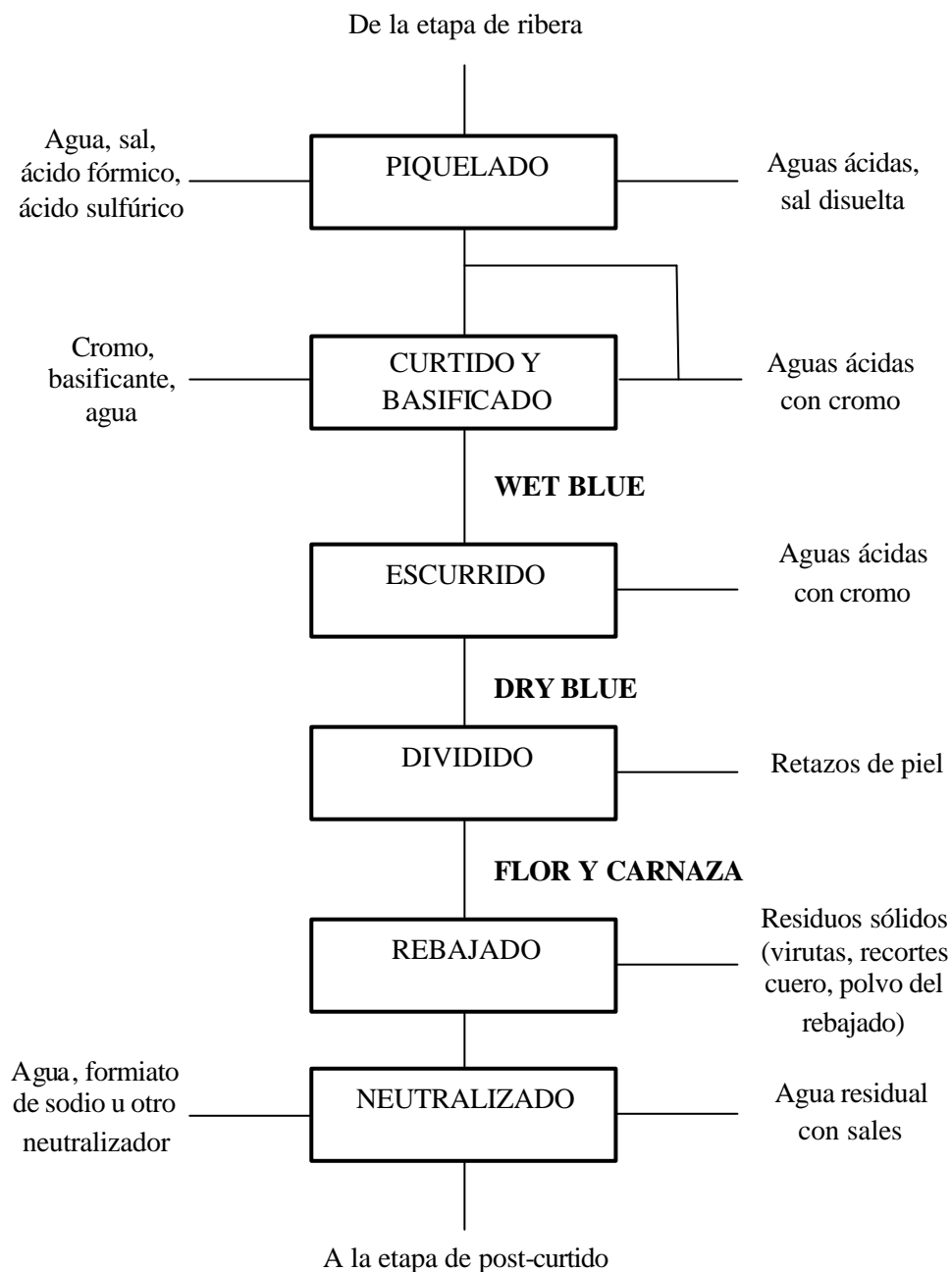


Figura N° 14: Diagrama de Flujo modificado para la etapa de Curtido

Antes de proceder a la actualización del balance de materiales, es importante destacar que existen diversas alternativas para reducir aún más la carga contaminante en esta etapa, muchas de las cuales se presentan como tecnologías emergentes (Sundar et al, 2002). Sin embargo, puesto que el objetivo que persigue esta investigación es introducir por primera vez en el sector curtiembre la filosofía de la Producción Limpia, las alternativas seleccionadas son aquellas que tienen un impacto menor sobre el esquema tradicional de procesamiento de cueros.

En consecuencia, las modificaciones propuestas permiten reducir en forma significativa los consumos de sulfato de cromo, sal y ácidos, lo cual tendrá como consecuencia una reducción considerable en los niveles de cromo y cloruros presentes en el efluente combinado. En la Tabla N° 48 se presentan las modificaciones realizadas en el balance para las entradas de materiales a esta etapa en particular:

Tabla N° 48: Entrada de materiales de la etapa de curtido con Producción Limpia.

CONCEPTO		CANTIDAD (kg)
MATERIA PRIMA	Piel en tripa	1.100,00
	Agua de proceso	2.557,30
	Subtotal	3.657,30
INSUMOS	Sal	25,85
	Ácidos	16,50
	Sulfato de cromo	70,31
	Basificante	7,70
	Bicarbonato	5,25
	Formiato	5,25
Subtotal		130,86
TOTAL ENTRADAS		3.788,16

De igual manera, las cantidades producidas de productos y residuos para esta etapa se presentan en la Tabla N° 49, donde solamente se puede apreciar una reducción del 21% en la generación de residuos líquidos, puesto que se supuso que las alternativas seleccionadas no tienen un impacto significativo sobre la producción de residuos sólidos.

Tabla N° 49: Salida de materiales de la etapa de curtido con Producción Limpia.

CONCEPTO		CANTIDAD (kg)
PRODUCTOS	Flor	262,00
	Carnaza	88,00
	Subtotal	350,00
RESIDUOS SÓLIDOS	Recortes	126,50
	Virutas	99,00
	Subtotal	225,50
RESIDUOS LÍQUIDOS	Efluente combinado	2.992,66
	Agua de escurrido	220,00
	Subtotal	3.212,66
TOTAL SALIDAS		3.788,16

Finalmente, teniendo en cuenta los cambios efectuados en el balance de materiales, en la Tabla N° 50 se presentan los aportes máxicos de los contaminantes más representativos de esta etapa. En este caso se puede resaltar que el resultado neto es una disminución en los aportes máxicos de todos los parámetros involucrados, así como un ligero incremento en el pH del efluente combinado.

Tabla N° 50: Aportes másicos de contaminantes para la etapa de curtido con Producción Limpia.

PARÁMETRO	EFLUENTE COMBINADO
Aceites y grasas, AyG, (kg/TM)	0,9
Cloruros, Cl, (kg/ TM)	15,3
Cromo Total, Cr, (kg/ TM)	14,1
Demanda Bioquímica de Oxígeno, DBO, (kg/ TM)	2,1
Demanda Química de Oxígeno, DQO, (kg/ TM)	5,8
Nitrógeno Total, TKN, (kg/ TM)	2,4
Nitrógeno Amoniacal, N-NH ₃ , (kg/ TM)	2,1
Sólidos Sedimentables, SS, (kg/ TM)	Despreciable
Sólidos Suspendedos, SSusp, (kg/ TM)	0,4
Sulfatos, SO ₄ ⁻ , (kg/ TM)	40,7
pH	4,0

V.4.- ETAPA DE POST-CURTIDO

Puesto que en esta etapa el consumo de químicos depende mucho del producto deseado, es muy difícil aplicar medidas de Producción Limpia en forma general, razón por la cual sólo se incluye en esta etapa la reducción en el consumo de agua para las operaciones de lavado, lo cual afecta al consumo de agua de proceso y en la cantidad de efluentes líquidos generados.

En consecuencia, a efectos de los objetivos que esta investigación persigue, que los aportes másicos para esta etapa permanecen inalterados, ya que lo que se modificaría en este caso es la concentración de cada uno de los parámetros de contaminación

seleccionados, los cuales aumentarían debido a la menor cantidad de agua empleada, más no su aporte en términos de masa total presente en el efluente.

El efecto de la aplicación de estas medidas sobre el consumo de agua de proceso se presenta en la Tabla N° 51, mientras que la incidencia sobre la cantidad de efluentes líquidos generados se aprecia en la Tabla N° 52, los cuales presentan una disminución apreciable a pesar de que la medida sólo afecta al lavado realizado luego de las operaciones de recurtido, teñido y engrasado:

Tabla N° 51: Entrada de materiales de la etapa de post-curtido con Producción Limpia.

CONCEPTO	CANTIDAD (kg)		
	FLOR	CARNAZA	
MATERIA PRIMA	Flor wet blue	262,00	---
	Carnaza wet blue	---	88,00
	Agua de proceso	4.296,80	1.443,20
	Subtotal	4.558,80	1.531,20
INSUMOS	Sulfato de cromo	13,00	---
	Curtiente vegetal	20,00	5,30
	Aceites	15,00	6,20
	Pigmentos	4,00	1,30
	Ácidos	4,00	1,30
	Subtotal	56,00	14,10
TOTAL ENTRADAS		4.614,80	1.545,30

Tabla N° 52: Salida de materiales de la etapa de post-curtido con Producción Limpia.

CONCEPTO	CANTIDAD (kg)		
	FLOR	CARNAZA	
PRODUCTO	Flor semiacabada	190,00	---
	Carnaza semiacabada	---	59,00
	Subtotal	190,00	59,00
RESIDUOS SÓLIDOS	Fibras de cuero	5,00	3,40
	Subtotal	5,00	3,40
RESIDUOS LÍQUIDOS	Efluente combinado	4.060,50	1.341,70
	Subtotal	4.060,50	1.341,70
PÉRDIDAS AL AMBIENTE	Agua evaporada	359,30	141,20
	Subtotal	359,30	141,20
TOTAL SALIDAS		6.854,90	1.545,30

V.5.- VALORACIÓN DE RESIDUOS LÍQUIDOS

Partiendo del principio de segregar las corrientes de efluentes con el fin de facilitar la recuperación de los residuos en forma de productos útiles y que tengan mayor pureza, en esta sección se presentarán las medidas que permiten la oxidación del sulfuro y la precipitación de las proteínas a partir del efluente de la operación de pelambre, además de la recuperación del cromo presente en los efluentes de las operaciones de curtido y recurtido.

El esquema propuesto de valoración de los residuos presentes en los efluentes básicos del pelambre se presenta en la Figura N° 15:

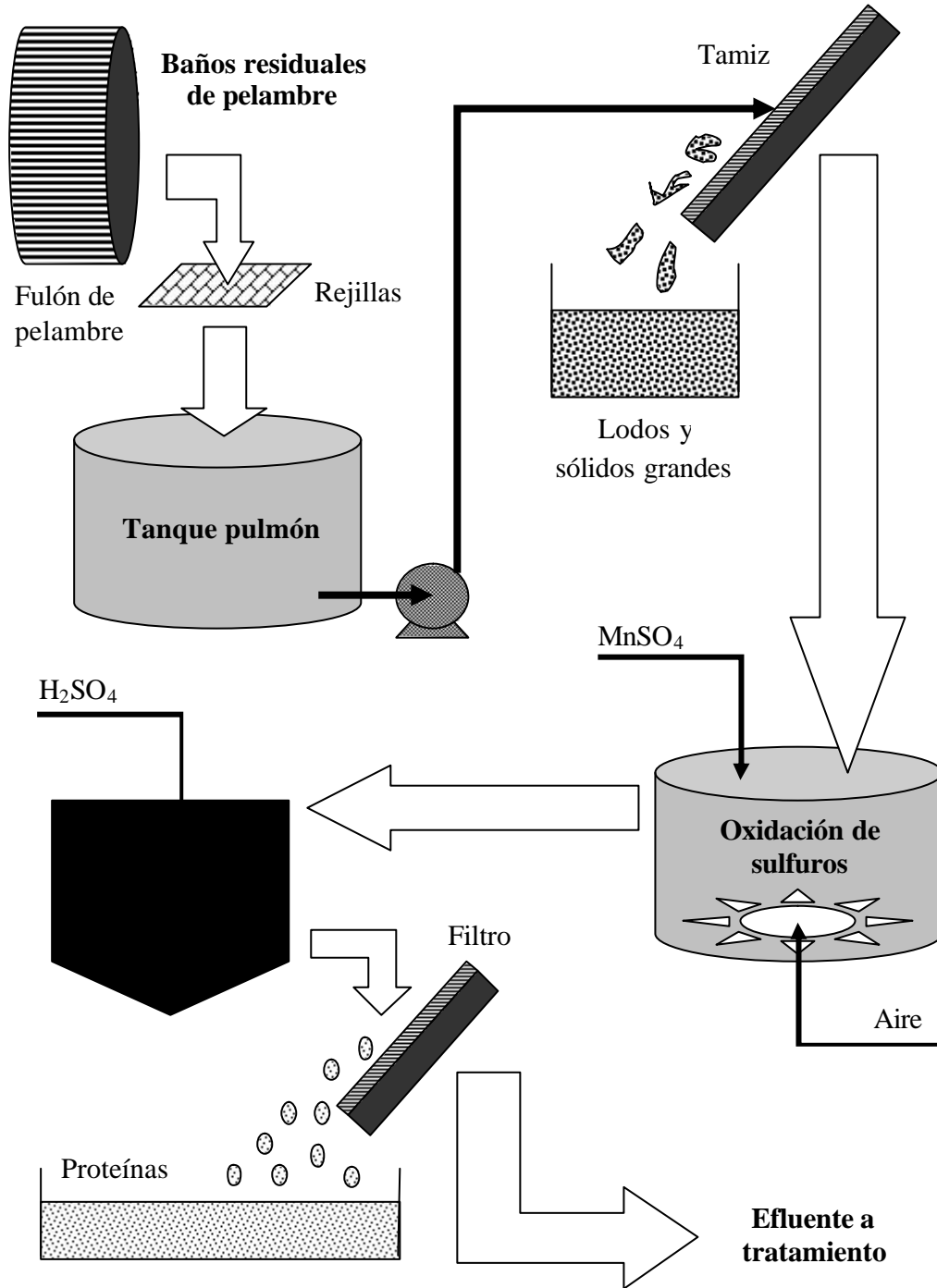


Figura N° 15: Valoración del efluente de pelambre.

A través de dicha figura se pueden apreciar las operaciones adicionales para transformar un residuo altamente agresivo, constituido por los baños residuales del pelambre, en subproductos útiles tales como abono o alimento para animales. Así mismo, el efluente líquido resultante puede ser enviado a tratamiento sin el riesgo de producir emisiones de sulfuro de hidrógeno, al entrar en contacto con los residuos ácidos de la operación de curtido.

A efectos de la evaluación técnica de esta propuesta, se utilizarán los resultados obtenidos a través de los Proyectos Demostrativos de Producción Más Limpia en el subsector Curtiembres, realizados en el año 2002 en las ciudades de La Paz y Cochabamba (CPTS, 2003). De acuerdo a esto es necesario emplear para la oxidación del sulfuro una cantidad de 3.2 miligramos de sulfato de manganeso (98% de pureza) por cada miligramo de sulfuro a remover, con un tiempo de reacción de 6 horas para lograr una eficiencia de remoción de un 98.3%.

Una vez oxidada la solución de pelambre se procede a la precipitación de las proteínas disueltas en la solución, mediante la adición de ácido sulfúrico hasta alcanzar un pH de 5.5. La proteína precipitada puede ser recuperada y luego tratada según el uso que se le desee dar. Al margen de la recuperación y destino que se le dé a la proteína recuperada, la importancia de esta medida radica en la drástica disminución de la carga orgánica que se logra en las aguas residuales de pelambre, la cual se estima cercana a un 50% en términos de DQO (70% en términos de DBO), así como del contenido de nitrógeno, estimado en un 75% (total y amoniacal).

Para proceder a realizar el balance de materiales para esta alternativa, presentado en la Tabla N° 53, es necesario establecer algunas consideraciones adicionales, tales como:

- a) La remoción de sólidos suspendidos en las rejillas y el tamiz es del 80%, mientras que la de sólidos sedimentables es del 100%.

- b) Se empleará un exceso de aire del 300%, para garantizar la efectiva oxidación del sulfuro, al no considerar factores como la temperatura de operación y del sistema de aireación empleado.
- c) Se requieren alrededor de 4 ml de ácido sulfúrico por litro de solución de pelambre para reducir el pH hasta 5.5. Se supondrá que este ácido es el mismo empleado en la operación de piquelado.
- d) La cantidad de proteínas recuperada es equivalente a la remoción de materia orgánica expresada como DQO, así como al aporte de aceites y grasas removidos (60%).

Tabla N° 53: Balance de materiales para la valoración del efluente de pelambre.

CONCEPTO		CANTIDAD (kg)	
		ENTRADAS	SALIDAS
MATERIA	Efluente pelambre-calero	4.108,35	---
PRIMA	Subtotal	4.108,35	---
INSUMOS	Sulfato de manganeso	22,20	---
	Oxígeno	40,80	---
	Ácido sulfúrico	30,24	---
	Subtotal	93,24	---
PRODUCTOS	Efluente final	---	4.060,55
	Proteínas recuperadas		86,18
	Subtotal	---	4.146,73
RESIDUOS	Lodos y sólidos grandes	---	54,86
SÓLIDOS	Subtotal	---	54,86
TOTAL		4.201,59	4.201,59

Una vez realizado el balance de materiales, es posible proceder a determinar las características del efluente valorado de pelambre, pues será éste el que se dirija al sistema de tratamiento junto con los efluentes líquidos de las demás operaciones de la etapa de ribera, así como con los efluentes valorados de curtido y post-curtido.

Dichas características se presentan en la Tabla N° 54, donde se resalta la reducción importante en términos de la agresividad del efluente original, puesto que las cantidades de sulfuro son extremadamente bajas, así como los aportes en materia orgánica y sólidos suspendidos.

Tabla N° 54: Aportes máxicos del efluente valorado de pelambre.

PARÁMETRO	EFLUENTE PELAMBRE
Aceites y grasas, AyG, (kg/TM)	3,7
Demanda Bioquímica de Oxígeno, DBO, (kg/ TM)	12,9
Demanda Química de Oxígeno, DQO, (kg/ TM)	80,6
Nitrógeno Total, TKN, (kg/ TM)	1,6
Nitrógeno Amoniacal, N-NH ₃ , (kg/ TM)	0,1
Sólidos Suspendidos, SSusp, (kg/ TM)	13,0
Sulfuros, S ⁼ , (kg/TM)	0,12
pH	5,5

Para valorar los efluentes de curtido y post-curtido, se deben remover los sólidos suspendidos y las grasas sobrenadantes. Posteriormente, se precipita el cromo en un medio alcalino controlado, separando y lavando el precipitado. Éste puede ser redissuelto con ácido sulfúrico para su reuso en un nuevo ciclo de curtido, o darle el tratamiento necesario según el tipo de uso que se le vaya a dar en cualquier otra

actividad. En la Figura N° 16 se presenta el esquema propuesto para la valoración de los efluentes de curtido y post-curtido lado flor, ambos con alto contenido de cromo.

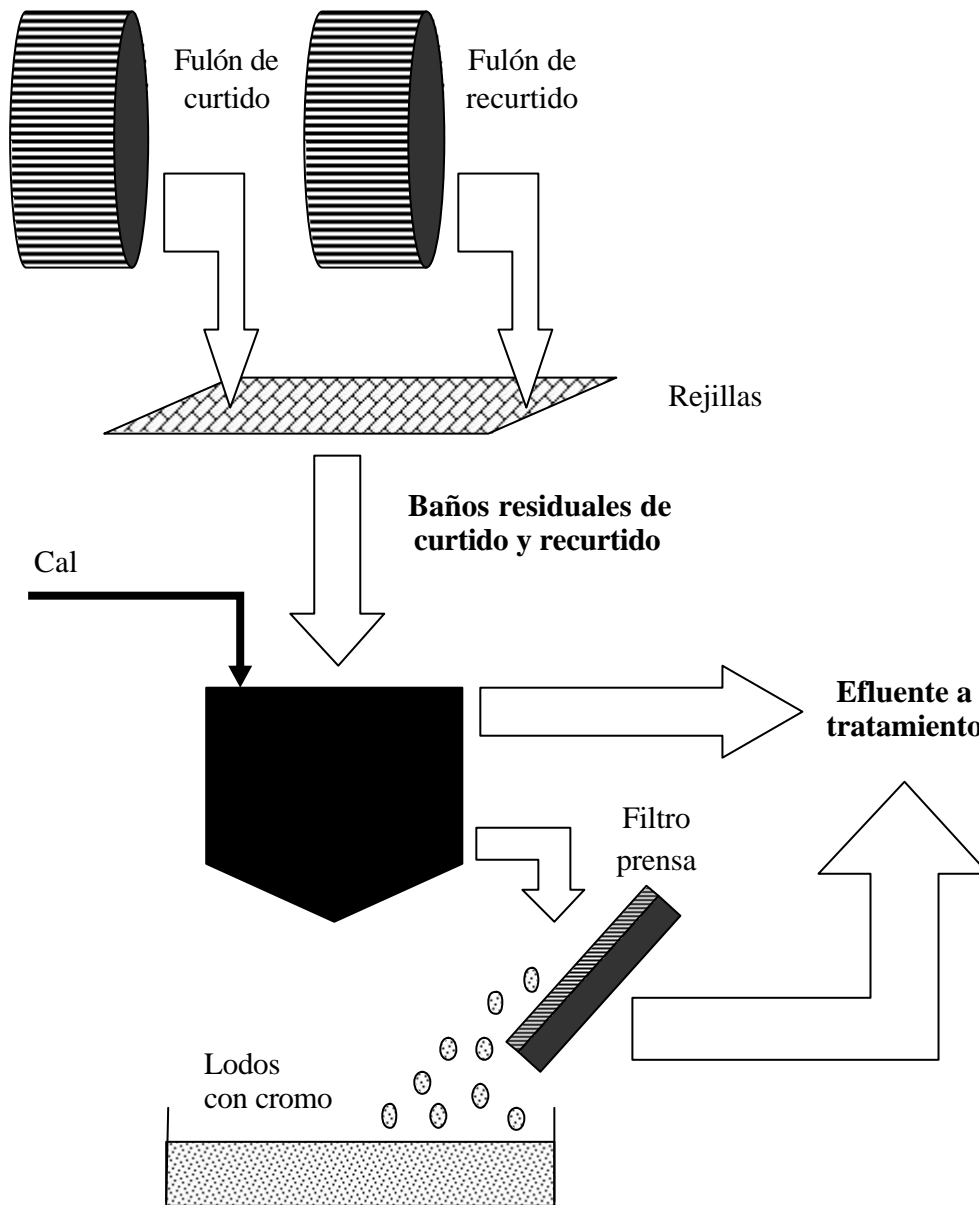


Figura N° 16: Valoración de los efluentes de curtido y post-curtido lado flor.

De acuerdo a las experiencias realizadas por Contreras y Orfao (2004), a través de la precipitación de cromo empleando óxido de magnesio, cal e hidróxido de sodio, se concluyó que mediante la adición de cal es posible recuperar un 92% del cromo presente en el efluente residual, necesitándose 1,61 gramos de cal por cada gramo de cromo a remover (cantidad estequiométrica). Así mismo, determinaron que se producen 34 gramos de lodo por cada gramo de efluente tratado, y una remoción de materia orgánica del 36%, medida como DQO.

Como parte de una investigación complementaria a la anterior, Salas (2004) reportó la recuperación del 99% del cromo presente en el efluente residual al tratarlo con una cantidad de cal 1.5 veces superior a la estequiométrica, trabajando a temperatura ambiente y obteniendo una producción de lodos de 20 gramos por gramo de cromo presente en el efluente. Así mismo, reportó un valor de pH en el sobrenadante ubicado entre 11 y 12. Adicionalmente, de la reacción de precipitación del cromo, se produce sulfato de calcio, que por su baja solubilidad pasa a formar parte del lodo rico en cromo, cantidad que se determina a partir de la estequiometría de la reacción.

De esta manera, es posible efectuar el correspondiente balance de materiales para la valoración de estas dos corrientes de efluentes, considerando que el cromo presente constituye el mayor problema de contaminación en las mismas. Empleando los mismos porcentajes de remoción de sólidos suspendidos y sedimentables utilizados en la valoración del efluente de pelambre, en la Tabla N° 55 se presenta el balance de materiales para la valoración de los efluentes de curtido y post-curtido lado flor.

Cabe destacar que sólo tiene sentido valorar el efluente de recurtido asociado al lado flor, pues el generado al procesar el lado carnaza no contiene cromo, ya que el recurtido del mismo se realizó empleando curtientes vegetales. Así mismo, se incluye en esta evaluación el efluente generado en la operación de escurrido, por tener características similares a las del efluente de curtido.

Tabla N° 55: Balance de materiales para la valoración de los efluentes de curtido y post-curtido.

CONCEPTO		CANTIDAD (kg)	
		ENTRADAS	SALIDAS
MATERIA PRIMA	Efluente curtido	3.212,66	---
	Efluente post-curtido (flor)	4.060,50	---
	Subtotal	7.273,16	---
INSUMOS	Cal	39,36	---
	Subtotal	39,36	---
PRODUCTO	Efluente final	---	6.694,86
	Subtotal	---	6.694,86
RESIDUOS SÓLIDOS	Lodos, sólidos y grasas	---	12,56
	Lodos ricos en cromo	---	605,10
	Subtotal	---	617,66
TOTAL		7.312,52	7.312,52

De igual manera que para el efluente de pelambre, una vez realizado el balance de materiales, es posible proceder a determinar las características del efluente valorado de curtido y post-curtido lado flor, las cuales se presentan en la Tabla N° 56, donde se aprecia una notable disminución en el aporte de cromo, mientras que el resto de los parámetros, a excepción de la materia orgánica y el contenido de sólidos, permanecen prácticamente inalterados.

Culminado este análisis, en la próxima sección se procede a evaluar el impacto que tienen los efluentes provenientes de la aplicación de las medidas de Producción Limpia sobre el mismo esquema de tratamiento empleado en el Capítulo IV de esta investigación.

Tabla N° 56: Aportes máxicos del efluente valorado de curtido y post-curtido (flor).

PARÁMETRO	EFLUENTE COMBINADO
Aceites y grasas, AyG, (kg/TM)	0,9
Cloruros, Cl, (kg/ TM)	29,6
Cromo Total, Cr, (kg/ TM)	0,16
Demanda Bioquímica de Oxígeno, DBO, (kg/ TM)	9,5
Demanda Química de Oxígeno, DQO, (kg/ TM)	17,5
Nitrógeno Total, TKN, (kg/ TM)	4,0
Nitrógeno Amoniacal, N-NH ₃ , (kg/ TM)	2,9
Sólidos Suspendidos, SSusp, (kg/ TM)	2,0
Sulfatos, SO ₄ ⁻ , (kg/ TM)	2,0
pH	12,0

V.1.6.- TRATAMIENTO DE LOS EFLUENTES LIQUIDOS

Una vez aplicadas todas las medidas de Producción Limpia tendientes a reducir los aportes máxicos de los contaminantes más importantes en los efluentes líquidos, es necesario proceder a evaluar el impacto que las mismas tienen sobre el efluente final que se dirige a tratamiento, razón por la cual en la Tabla N° 57 se presentan las características de este efluente, determinadas a partir de los aportes de cada una de las corrientes que contribuyen a su formación.

Adicionalmente, dichos valores se comparan con los reportados en la bibliografía para la mejor tecnología disponible aplicada en Europa desde finales de los años 80, lo cual confirma que el problema de la contaminación es un problema tecnológico (CPTS, 2003).

Tabla N° 57: Características del efluente combinado que ingresa al sistema de tratamiento con Producción Limpia.

PARÁMETRO	EFLUENTE COMBINADO	
	CALCULADO	LITERATURA
Aceites y grasas, AyG, (kg/TM)	7,7	8,0
Cloruros, Cl, (kg/ TM)	32,1	41,0
Cromo Total, Cr, (kg/ TM)	0,16	0,25
Demanda Bioquímica de Oxígeno, DBO, (kg/ TM)	44,3	46,0
Demanda Química de Oxígeno, DQO, (kg/ TM)	156,2	100,0
Nitrógeno Total, TKN, (kg/ TM)	16,9	6,2
Nitrógeno Amoniacal, N-NH ₃ , (kg/ TM)	12,5	---
Sólidos Sedimentables, SS, (kg/ TM)	---	---
Sólidos Suspendidos, SSusp, (kg/ TM)	22,3	50,0
Sulfatos, SO ₄ ⁻ , (kg/ TM)	25,1	22,0
Sulfuros, S ⁻ , (kg/ TM)	0,12	0,7
pH	4,3	---

Como se puede apreciar, a excepción de los aportes máxicos en términos de DQO, nitrógeno y sulfatos, todos los demás parámetros se encuentran por debajo de los límites reportados en la literatura especializada. Puesto que en esta investigación no se aplicaron medidas de Producción Limpia en la operación de descalcado y purga, es razonable contar con valores elevados de sulfato y nitrógeno (principalmente en forma amoniacal), ya que los mismos provienen del uso de sulfato de amonio como agente descalcante. Parte del incremento en la DQO puede estar asociado a los niveles de nitrógeno orgánico presente en la muestra. Así mismo, la adopción de estas medidas conlleva una reducción en la cantidad de efluente a tratar del 46%, lo cual reduce los costos de inversión y operación del sistema de tratamiento.

A efectos de esta investigación, la coincidencia de los valores determinados con los reportados en la bibliografía representa un aporte de gran importancia, pues confirma que la metodología empleada es adecuada para realizar la actualización de los valores que deben aparecer en la normativa ambiental como límites máximos de descarga, lo cual implica fomentar investigaciones específicas en el área destinadas a cuantificar los aportes máxicos de contaminantes a través de caracterizaciones rutinarias de los efluentes generados, así como la evaluación a escala piloto y de laboratorio de todas las medidas de Producción Limpia aplicables, para determinar los efectos que las mismas tienen sobre la cantidad y calidad de los efluentes generados.

Retomando el análisis correspondiente a la aplicación de tratamiento al efluente combinado producto de la aplicación de las medidas de Producción Limpia, es posible condensar en la Tabla N° 58 el balance de materiales para el sistema convencional de tratamiento de efluentes, manteniendo, en principio, las consideraciones presentadas en el Capítulo IV de este estudio para el sistema de tratamiento, con las siguientes modificaciones:

- a) No es necesario aplicar sales de hierro, debido a que la cantidad de sulfuro presente en el efluente es extremadamente baja y puede oxidarse con el oxígeno necesario en el tratamiento biológico.
- b) En los lodos del tratamiento biológico se incluyen los sólidos suspendidos removidos en esa etapa del tratamiento.

Partiendo del hecho de que los límites máximos de descarga de contaminantes no deberían estar expresados en la normativa ambiental en términos de concentraciones, sino como aportes máxicos, no se realizará una comparación con los valores límites de descarga establecidos en el Decreto 883 para las descargas a cuerpos de agua, tal como se hizo en el proceso convencional, pues dicha comparación se realizó solamente en términos referenciales, con el objeto de comprobar que para el

cumplimiento de los mismos es necesario contar con un sistema de tratamiento de efluentes.

Tabla N° 58: Balance de materiales en la planta de tratamiento luego de aplicar las medidas de Producción Limpia.

CONCEPTO	CANTIDAD (kg)		
	ENTRADAS	SALIDAS	
MATERIA PRIMA	Efluente ribera	12.408,55	---
	Efluente curtido/recurtido	6.694,86	---
	Efluente post-curtido	1.341,70	---
	Efluente acabado	1.500,01	---
	Subtotal	21.945,12	---
INSUMOS	Cal	30,24	---
	Oxígeno	51,03	---
	Subtotal	81,27	---
PRODUCTO	Efluente final	---	21.938,43
	Subtotal	---	21.938,43
RESIDUOS SÓLIDOS	Lodo desbaste-igualación	---	30,24
	Lodo biológico	---	57,72
	Subtotal	---	87,96
TOTAL	22.026,39	22.026,39	

Sin embargo, se presentarán los aportes máxicos para cada uno de los contaminantes considerados, resultantes de aplicar este tratamiento final, pues dichos valores serán empleados posteriormente para la definición de las descargas máxicas producto de un determinado nivel de producción. Dicha información se presenta en la Tabla N° 59,

donde se observa que los parámetros que sufren modificaciones son los correspondientes a los aceites y grasas, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno, nitrógeno total y sólidos suspendidos.

Tabla N° 59: Aportes máxicos de contaminantes a la salida del sistema de tratamiento.

PARÁMETRO	EFLUENTE FINAL
Aceites y grasas, AyG, (kg/TM)	1,5
Cloruros, Cl ⁻ , (kg/ TM)	32,1
Cromo Total, Cr, (kg/ TM)	0,16
Demanda Bioquímica de Oxígeno, DBO, (kg/ TM)	1,8
Demanda Química de Oxígeno, DQO, (kg/ TM)	20,3
Nitrógeno Total, TKN, (kg/ TM)	10,8
Sólidos Suspendidos, SSusp, (kg/ TM)	1,8
Sulfatos, SO ₄ ⁼ , (kg/ TM)	25,1
Sulfuros, S ⁼ , (kg/ TM)	0,12
pH	7,0

V.1.7.- VALORACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS

Para entender la importancia de la valoración de los residuos sólidos, es conveniente realizar una comparación en términos de las cantidades generadas, así como en la posibilidad de aprovechar los mismos, ya que los residuos que no puedan ser valorados se transforman en desechos sólidos, que deben disponerse adecuadamente, lo que conlleva un costo y evita que la empresa se beneficie por su venta.

Por esta razón, en la Tabla N° 60 se presentan las cantidades de residuos generadas antes y después de aplicar las medidas de Producción Limpia contempladas en este estudio.

Tabla N° 60: Generación de residuos sólidos (kg/TM) en la industria curtiembre.

TIPO DE RESIDUO	CONCEPTO	ESQUEMA DE PRODUCCIÓN	
		TRADICIONAL	MEDIDAS PL
APROVECHABLES	Carniccio	---	255,00
	Recortes Ribera	---	85,00
	Recortes Curtido	126,50	126,50
	Virutas	99,00	99,00
	Fibras	8,40	8,40
	Lodo tratamiento biológico	31,52	57,72
	Sal recuperada	---	196,40
	Lodos valoración pelambre	---	54,86
	Lodos valoración curtido	---	605,10
	Subtotal	265,42 (24,4%)	1.487,98 (98,3%)
NO APROVECHABLES	Carniccio	300,00	---
	Recortes Ribera	100,00	---
	Recortes Acabado	3,88	3,88
	Polvo	1,00	1,00
	Lodo desbaste	95,80	30,24
	Lodo precipitación	322,14	---
	Residuo de evaporación	---	10,10
	Lodos valoración curtido	---	12,56
	Subtotal	822,82 (75,6%)	57,78 (3,7%)
	TOTAL	1.088,24 (100%)	1.545,76 (100%)

En la misma se puede observar que a pesar que con la adopción de dichas medidas la cantidad de residuos sólidos generados aumenta en un 42% respecto al esquema tradicional de procesamiento, el 96,3% de dichos residuos es totalmente susceptible de ser valorado, comparado con el 24,4% original.

Para los residuos provenientes de la operación de descarte, las opciones más atractivas para la situación actual del sector curtiembre corresponden a la elaboración de harina de carne y sebo. Adicionalmente, pueden procesarse con estos residuos las proteínas obtenidas a partir de la valoración de los efluentes de pelambre, lo que permitiría destinar a este proceso un 26,5% de los residuos considerados como aprovechables. La harina de carne, así como el sebo, se emplean en la alimentación de ganado vacuno, porcino y aves de corral; lo cual implica un reciclaje dentro de la misma cadena productiva, pues permitiría sustituir una parte del alimento que consumirían los animales cuya piel sería posteriormente convertida en cuero.

Por otra parte, dichos residuos también pueden ser empleados para la elaboración de humus orgánico a partir de vermicultura, producto susceptible de ser utilizado en una gran variedad de cultivos. Adicionalmente, si se escogiera esta opción para el aprovechamiento de los residuos orgánicos, pudieran incorporarse los lodos provenientes del tratamiento biológico, lo cual aumentaría a un 30,4% la cantidad de residuos aprovechables que serían procesados.

Así mismo, los residuos que contienen cromo en su estructura pueden ser procesados a través de dos opciones diferentes: la elaboración de láminas de cuero regenerado y la producción de hidrolizado de colágeno. Las láminas de cuero se emplean para la elaboración de artículos de marroquinería y plantillas de calzado, mientras que el hidrolizado de colágeno tiene entre otros usos, los siguientes: aplicaciones varias de gelatina de grado técnico, síntesis de polímeros, cosmética, fabricación de detergentes, tecnología agropecuaria y formulación de adhesivos.

Ambas opciones permitirían darle salida a un 15,7% de los residuos aprovechables, considerando que los mismos no son fáciles de valorar debido a la presencia de cromo, lo cual limita su utilización como abono orgánico o su aprovechamiento en la formulación de materiales de construcción.

Puesto que la valoración de estos residuos implica la instalación y puesta en marcha de procesos productivos diferentes al que los genera, en la Tabla N° 61 sólo se presentan los resultados obtenidos por Casanova y Mejías (2004) para los residuos generados en Tenería El Puma, con la intención de dar una idea de la rentabilidad de las mismas.

Tabla N° 61: Evaluación de las alternativas externas de valoración de residuos sólidos.

RESIDUOS A VALORAR	PRODUCTO A OBTENER	TIR (%)	PRI (años)	RELACIÓN B/C
Orgánicos	Harina de carne y sebo	47	3	2
(Ribera)	Humus orgánico	45	4	2
Con cromo	Láminas de cuero regenerado	38	4	3
(Curtido y Post-curtido)	Hidrolizado de colágeno	20	4	2

Para la evaluación de estas alternativas de valoración se emplearon los siguientes criterios económicos:

- a) Tasa Interna de Retorno (TIR), la cual debe ser superior a la Tasa de Retorno Mínima Atractiva establecida para el estudio, la cual se fijó en 15%.
- b) Período de Recuperación de la Inversión (PRI), que establece en qué año, a partir de la inversión inicial, se comienzan a obtener ganancias.

- c) Relación Beneficio – Costo (B/C), la cual debe tener valores mayores que la unidad, pues indicaría que los ingresos son mayores que los egresos, y en consecuencia, el proyecto es aconsejable.

El análisis detallado de las mismas queda fuera de los alcances de esta investigación, puesto que implicaría alguna forma de asociación entre curtiembres ubicadas en la misma localidad para aprovechar la economía de escala, en el caso que decidan constituir nuevas empresas encargadas del aprovechamiento de estos residuos; o por el contrario, la intervención de terceros que desarrollen aguas abajo la cadena productiva del cuero. Sin embargo, se debe resaltar el atractivo económico de las mismas, así como el bajo impacto ambiental derivado de su aplicación, por lo que sería recomendable promover el desarrollo de iniciativas que asuman la valoración de estos residuos.

Los residuos restantes, sal recuperada y lodos provenientes de la valoración de los residuos líquidos de curtido y post-curtido lado flor; representan el 13,2% y el 40,7% de los residuos sólidos aprovechables, respectivamente. En el caso de la sal recuperada, ésta podría emplearse para sustituir la sal fresca empleada en las operaciones de curtido (25,85 kg/TM) y contar con un excedente que puede ser empleado para salar las pieles que requieran ser conservadas antes de su procesamiento, contando nuevamente con una opción de reuso dentro de la misma cadena productiva.

El cromo recuperado mediante la tecnología de precipitación química debe ser disuelto del lodo formado, ajustando la basicidad al valor deseado en el proceso, para introducirlo nuevamente con el cromo fresco al proceso de curtido. De acuerdo a los resultados presentados por Contreras y Orfao (2004), confirmados posteriormente por Salas (2004), es posible lograr una recuperación del cromo presente en los lodos de hasta 99%, siendo el límite inferior de la misma de un 76%. Así mismo, el licor de

romo recuperado puede ser empleado como sustituto del sulfato de cromo fresco empleado en la operación de recurtido, y en el caso de contar con los controles analíticos necesarios, como sustituto parcial del sulfato de cromo en el curtido.

Estos dos procesos pueden ser llevados a cabo sin ninguna dificultad dentro de cualquier empresa curtiembre, pues en el primer caso es posible obtener sal de buena calidad eliminado del efluente del remojo la mayor cantidad de materia orgánica presente y posteriormente tomando las precauciones necesarias en el manejo de la misma para evitar su contaminación. Para el caso del lodo de cromo, las instalaciones necesarias están contempladas dentro del proceso de precipitación y el ácido sulfúrico requerido para la redisolución constituye una de los insumos empleados en el proceso productivo, por lo que no representa una adquisición adicional.

V.2.- EVALUACIÓN ECONÓMICA

El objetivo de esta evaluación es determinar la factibilidad económica de las opciones de Producción Limpia calificadas en la sección anterior como técnicamente viables. A fin de facilitar esta evaluación, se requiere establecer ciertos criterios que permitan analizar el beneficio económico que se obtendría de la inversión destinada a implementar las opciones seleccionadas.

Para ello, se dividirá el análisis en dos partes: la primera destinada a cuantificar los ahorros producidos por las medidas de Producción Limpia aplicadas en la industria curtiembre típica, así como las inversiones necesarias para materializarlas, con el fin de determinar la rentabilidad de las mismas. La segunda parte se enfocará en determinar la situación financiera del sector curtiembre, pues se debe conocer si el mismo está en la capacidad de asumir dichas inversiones o es necesaria la

intervención de terceros para lograr la adecuación ambiental de las industrias involucradas.

V.2.1.- FACTIBILIDAD ECONÓMICA DE LAS MEDIDAS DE PRODUCCIÓN LIMPIA

Una vez aplicadas las medidas de Producción Limpia en la curtiembre típica es posible cuantificar los ahorros que se obtienen por concepto de agua de proceso e insumos. En la Tabla N° 62 se resume la reducción en el consumo de cada uno de ellos, expresada como en términos absolutos y porcentuales, y las implicaciones económicas que tiene dicha reducción.

Tabla N° 62: Reducción en el consumo lograda con las medidas de Producción Limpia.

CONCEPTO	CONSUMO (kg/TM)		REDUCCIÓN	
	TRADICIONAL	MEDIDAS PL	ABSOLUTA	PORCENTUAL
Agua de proceso	41.027,50	25.057,30	15.970,20	38,9
Tensoactivos	3,00	1,50	1,50	50,0
Sulfuro de sodio	25,50	18,19	7,31	28,7
Hidróxido de calcio	132,00	94,76	37,24	28,2
Sal	55,00	25,85	29,15	53,0
Ácidos	22,00	16,50	5,5	25,0
Sulfato de cromo	101,00	83,31	17,69	17,5
Sales de hierro	68,40	0,00	68,40	100,0

A partir de los costos recopilados para los insumos, es posible calcular los ahorros correspondientes a las reducciones experimentadas en el consumo de los insumos y agua de proceso. Se debe destacar que para el agua de proceso, no fue tarea fácil seleccionar un costo adecuado, ya que la mayoría de las curtiembres utilizan agua proveniente de pozos, con un costo asociado extremadamente bajo, tal como se muestra en la Tabla N° 44, el cual equivale a US\$ 0,026 por cada mil metros cúbicos para el año 2000. Este valor fue contrastado con la tarifa para el agua industrial suministrada por las compañías hidrológicas de nuestro país, el cual tiene un valor aproximado de US\$ 0,28 por metro cúbico (equivalente a Bs. 600 por metro cúbico).

Sin embargo, a efectos de este estudio, se investigó acerca de los precios internacionales del agua destinada a consumo industrial, obteniéndose que en Bolivia el costo estimado del agua proveniente de pozo es de US\$ 0,30 por metro cúbico (CPTS, 2003). Adicionalmente, de acuerdo a un informe de la Organización para la Cooperación Económica y el Desarrollo (OECD por sus siglas en inglés), se obtuvieron los datos que se presentan en la Tabla N° 63.

Tabla N° 63: Precio del agua industrial suministrada por entes públicos (US\$/m³).

LOCALIDAD	TIPO DE USUARIO		
	PEQUEÑO	MEDIANO	GRANDE
Ciudad capital	0,92	0,86	0,74
Zona industrial	1,00	0,91	0,83
Zona rural	0,85	0,74	0,70
Promedio nacional	0,88	0,86	0,70
Valor Mínimo	0,55	0,37	0,32
Valor Máximo	1,51	1,51	1,37

FUENTE: OECD, 1999.

Mientras el precio del agua no sea acorde a su verdadero valor como recurso limitado, la Producción Limpia se enfrentará a una barrera difícil de superar, pues una reducción del 38,9% en el consumo de agua no representa ningún beneficio económico para los productores en los actuales momentos. A pesar de esto, el valor utilizado en este estudio corresponderá a US\$ 0,50 por metro cúbico, ya que la mayor parte del agua utilizada en el sector curtiembre proviene de fuentes propias (pozos) y en términos de consumo de agua, dichas empresas califican como medianos usuarios.

Todo este análisis, permite agrupar en la Tabla N° 64 los valores seleccionados para este estudio y los correspondientes ahorros para cada uno de los conceptos allí presentados. A pesar que dicho ahorro pareciera ser reducido (US\$ 106,41 por 1.000 kg. de pieles procesadas, que equivalen a unas 39 pieles), se debe considerar que hasta ahora no se ha introducido la frecuencia de producción en el análisis realizado.

Tabla N° 64: Ahorros generados al aplicar medidas de Producción Limpia.

CONCEPTO	COSTO (US\$/kg)		AHORROS
	RANGO	EMPLEADO	GENERADOS (US\$/TM)
Agua de proceso	---	0,50	7,99
Tensoactivos	---	1,49	2,24
Sulfuro de sodio	0,53 – 0,95	0,74	5,41
Hidróxido de calcio	0,14 - 0,24	0,19	7,08
Sal	0,06 – 0,07	0,06	1,75
Ácido sulfúrico	0,20 - 0,26	0,23	2,26
Ácido fórmico	0,23 – 1,12	0,67	
Sulfato de cromo	1,32 – 2,12	1,72	30,43
Sulfato de hierro	---	0,72	49,25
		TOTAL	106,41

Sin embargo, deben descontarse los costos en los que se incurre por los insumos adicionales que se requieren para llevar a cabo las alternativas planteadas. Ellos están asociados a un consumo adicional de 30,24 kg de ácido sulfúrico y 22,20 kg. de sulfato de manganeso. También se registra un consumo adicional del 2,8% en oxígeno, pero como el mismo proviene del aire ambiente, no representa en sí un costo. Considerando el costo de un kilogramo de sulfato de manganeso en US\$ 1,48; se tiene que los costos asociados a la aplicación de estas medidas son US\$ 39,82, por lo que los ahorros netos se reducen a US\$ 66,59.

Con el objeto de demostrar que dichos ahorros son importantes en términos reales, se estima que con un consumo anual de 18.000 pieles aproximadamente (valor suministrado por Tenería El Puma C.A., que representa cerca del 20% de la capacidad instalada), el ahorro generado por la aplicación de las medidas de Producción Limpia presentadas en este estudio representaría US\$ 30.733,85 anual, lo cual al cambio oficial es equivalente a 66 millones de Bolívares.

Una vez cuantificados los ahorros netos generados por la aplicación de estas medidas, es necesario estimar las inversiones requeridas, lo cual permitiría identificar la verdadera factibilidad de las mismas, si es posible lograr una recuperación de la inversión en corto tiempo. Para ello, se estimaron los costos de inversión para todas las medidas seleccionadas, empleando para ello un escenario de producción de 18.000 pieles al año, lo cual equivaldría a unas 460 toneladas de piel anuales.

Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla N° 65, a partir de la cual es posible estimar que el tiempo de recuperación de la inversión es de aproximadamente 22 meses, indicativo de la alta rentabilidad de las medidas de Producción Limpia, pues se obtiene beneficios económicos importantes con una baja inversión.

Tabla N° 65: Inversión necesaria para la aplicación de las medidas de Producción Limpia.

OPERACIÓN	MEDIDA APLICADA	INVERSIÓN NECESARIA (US\$)
Todas	Lavados a puerta cerrada	Mínima
Remojo	Recuperación de sal sólida	Mínima
	Reuso de los baños	6.280,00
	Lagunas de evaporación	
Descarnado	Descarnar antes del pelambre	Mínima
Pelambre – calero	Reducción en la oferta de insumos	Nula
	Reuso de los baños agotados	22.000,00
	Valoración del efluente líquido	7.800,00
Curtido	Reducción en la oferta de insumos	Nula
	Reuso de los baños agotados	18.900,00
	Valoración del efluente líquido	
TOTAL		54.980,00

V.2.2.- SITUACIÓN FINANCIERA DEL SECTOR

A partir de los datos recopilados por el Instituto Nacional de Estadística, fue posible estructurar los datos financieros del sector curtiembre venezolano, con el fin de analizar su situación financiera en términos de su rentabilidad y capacidad de endeudamiento, con el fin de contar con criterio suficiente para la formulación de una política ambiental efectiva.

En la Tabla N° 66 se presenta el balance de ganancias y pérdidas del sector curtiembre, a partir del cual se confirma la situación de supervivencia en la que se encuentra este sector, luego de haber sido una industria altamente rentable, tal como lo reflejan las cifras correspondientes a los años 1996 y 1997. Sin embargo, a partir del año 1999 se observa el inicio de un ciclo de alta inestabilidad para el sector, producto de todas las circunstancias que fueron descritas en el Capítulo IV. Dicha

inestabilidad ha traído como consecuencia la reducción progresiva de los establecimientos existentes, permaneciendo en el mercado solamente aquellas empresas relativamente sólidas.

Tabla N° 66: Balance de ganancias y pérdidas del sector curtiembre.

AÑO	INGRESOS, I (miles de US\$)	EGRESOS, E (miles de US\$)	BALANCE, IE (miles de US\$)
1996	80.161,57	74.306,34	5.855,23
1997	86.362,01	81.687,29	4.674,74
1999	63.633,46	64.083,02	(449,56)
2000	14.877,66	14.552,79	324,86
2001	15.755,03	15.320,87	434,16
2002	7.974,37	8.414,75	(440,38)

Puesto que no se disponen de datos estadísticos para los años 2003 y 2004, es imposible determinar si el sector ha experimentado cierta recuperación o por el contrario, sigue en una situación crítica. En tal sentido, basándose en la información presentada es posible concluir que las inversiones necesarias para la aplicación de las medidas de Producción Limpia que así lo requieren, no pueden ser autofinanciadas por el sector curtiembre en los actuales momentos, lo cual no implica que aquellas medidas que tienen una inversión mínima o nula dejen de ser implementadas, ya que las mismas contribuirían en parte a la reducción de las pérdidas del sector curtiembre.

De esta manera, el sector curtiembre debe recurrir a fuentes externas de financiamiento para realizar las inversiones previstas para su adecuación ambiental bajo el concepto de Producción Limpia, por lo que fue necesario estimar la capacidad

de endeudamiento del sector a partir de la estructura promedio de sus costos, la cual se presenta en la Tabla N° 67.

Tabla N° 67: Estructura media de costos del sector curtiembre.

CONCEPTO	VALOR (%)
Valor de las ventas internas	88,36
Valor de las exportaciones	11,64
Valor total de las ventas	100,00
Materia prima consumida	54,84
Costo de la mano de obra	21,20
Costo de las ventas	76,04
BENEFICIO BRUTO EN VENTAS	23,96
Sueldos y salarios pagados	12,77
Depreciación anual	1,88
Egresos por servicios recibidos	15,62
Consumo de combustibles y lubricantes	0,43
Valor de la energía eléctrica comprada	0,98
Consumo de agua	0,10
Gastos de administración y producción	31,78
Ingresos productivos característicos	11,18
Ingresos productivos no característicos	1,05
Otros ingresos	12,23
BENEFICIO ANTES DE INTERESES E IMPUESTOS	4,41
Ingresos financieros no productivos	1,80
Egresos financieros	4,03
Ingresos (egresos) financieros netos	-2,24
BENEFICIO ANTES DE IMPUESTOS	2,17

Como se puede observar, la capacidad de endeudamiento del sector curtiembres es baja, más sin embargo pareciera ser suficiente para las inversiones necesarias en materia de Producción Limpia, puesto que las mismas representan menos del 1% del valor total de las ventas para el año 2.002, que es el más bajo en el período estudiado.

Adicionalmente, la aplicación de las medidas de Producción Limpia puede contribuir a incrementar la rentabilidad del sector, puesto que se aprecia en la estructura de costos que la materia prima (incluyendo insumos) constituye un facto de peso en los beneficios obtenidos. Si se reduce el consumo de materia prima, producto de la adopción de las medidas reseñadas en esta investigación, es altamente probable que el beneficio bruto en ventas se incremente, aumentando la capacidad de endeudamiento del sector. Así mismo, si se lograra fomentar la valoración de residuos sólidos a través de compañías en manos de terceros, los ingresos productivos característicos del sector también se verían incrementados, lo que favorecería aún más en la estructura de costos del sector, puesto que se incrementarían los beneficios percibidos antes de cancelar los impuestos.

En otro orden de ideas, se puede confirmar que el consumo de agua no representa un aporte importante dentro de la estructura de costos del sector curtiembre, más sin embargo, en el supuesto que los costos del agua se incrementaran a los niveles internacionales, el impacto sobre la capacidad de endeudamiento del sector sería determinante para su supervivencia. Es por esta razón, que es recomendable que las industrias curtiembres reduzcan el consumo de agua, a pesar que en los actuales momentos el mismo no represente un factor importante dentro de sus costos, no sólo por la seguridad que brindaría ante un hipotético aumento del valor del agua, sino por el manejo adecuado de un recurso natural cada vez más escaso.

Finalmente, se debe considerar dentro del financiamiento externo la posibilidad de recibir subsidios, los cuales no son más que distintas formas de asistencia financiera

otorgadas por el Estado, que en este caso, deberían actuar como incentivos para que las industrias curtiembres adopten un comportamiento diferente hacia el manejo de la contaminación que generan. La asistencia financiera se puede dar, entre otros instrumentos, a través de:

- a) Subvenciones, definidas como préstamos de dinero no reembolsable.
- b) Préstamos blandos, los cuales tienen tasas de interés más bajas que las tasas del mercado, y
- c) Exenciones tributarias, que son rebajas o exención total de impuestos otorgadas a las empresas.

Los incentivos financieros para la introducción de tecnologías ambientales han sido aplicados en una gran variedad de países y se han dirigido principalmente a programas de ruido, aire, agua y energía. La variedad en cuanto a las modalidades de crédito o subsidios es grande: en algunos países son programas que cuentan con un financiamiento muy específico y en otros los fondos se vinculan al Fondo Ambiental del respectivo país (Binder y Hernández, 2001)

El gran inconveniente de estos instrumentos, es que si bien pueden conseguir objetivos ambientales importantes, se logran sin un análisis de costo-efectividad, pudiendo favorecer sectores de la economía ineficientes. Por eso su aplicación debe estudiarse cuidadosamente y ser temporal, mientras se encuentran mecanismos que puedan cumplir la doble finalidad: eficiencia económica y eficacia ambiental.

En este sentido, la Producción Limpia, tal como se ha ido demostrando a lo largo de este estudio cumple con estos requisitos, pero la política ambiental a diseñar debe velar para que los fondos destinados a tal fin sean verdaderamente utilizados para implementar alternativas de Producción Limpia y no soluciones del tipo “End of Pipe”.

CAPÍTULO VI:
POLÍTICA DE
ADECUACIÓN AMBIENTAL

La acción de definir políticas, llamada el arte de lo posible, implica el balance de los intereses para la solución de conflictos; por lo que la función de un proceso político es la de organizar los esfuerzos individuales para alcanzar las metas colectivas. Las políticas ambientales pueden enfocarse en la reducción de la contaminación vertida dentro del ambiente al establecer o modificar las reglas del juego. Si se diseñan e implementan en forma adecuada, pueden actuar como incentivos potentes para que las instituciones y los individuos alteren las actividades que generan contaminación o utilizan los recursos naturales en forma no sostenible (CIDIAT, 2001; USAID, 2002).

Por esta razón, en este capítulo se presentan los lineamientos necesarios para la definición de una política ambiental específica para el sector curtiembre venezolano. Para ello, fue necesario establecer el papel que deberán interpretar los actores involucrados para que la política diseñada sea efectiva, además de elaborar la propuesta técnica y financiera que permitirá la adecuación ambiental del sector. Finalmente, es necesario traducir dicha política en una expresión jurídica, es decir, la normativa ambiental correspondiente, tal como se presenta en la Figura N° 17:

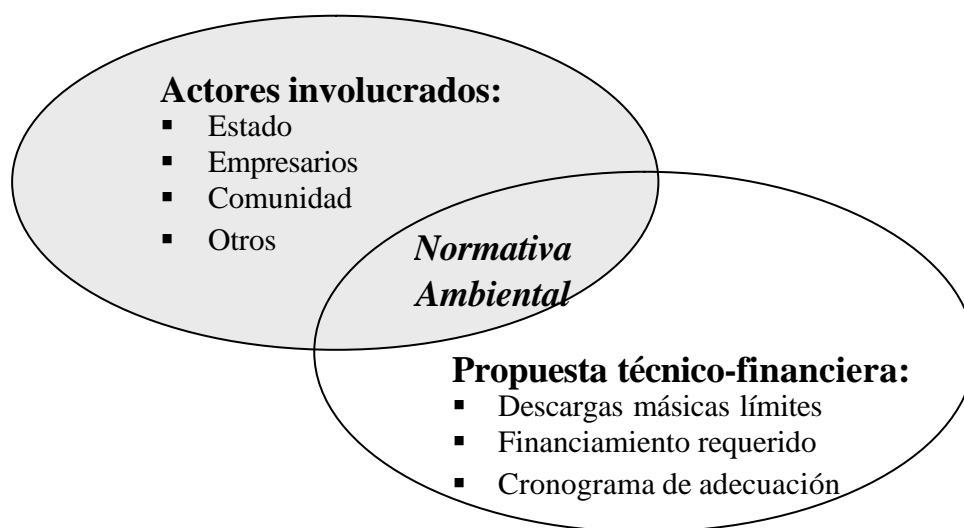


Figura N° 17: Definición de la política ambiental para el sector curtiembre.

VI.1.- PAPEL DE LOS ACTORES INVOLUCRADOS

Un elemento decisivo del proceso de políticas es la inclusión de las personas y organizaciones afectadas por las políticas, las reformas o las decisiones tomadas por los participantes en las diferentes etapas del proceso. La definición de estas partes involucradas difiere según la situación específica, pero una lección más amplia perdura: quienes tendrán que diagnosticar, diseñar, implementar, monitorear, evaluar y cambiar significativamente su conducta, debido a una política, deben estar activamente involucrados en el proceso y no ser receptores pasivos de la política luego que las ocasiones de participar y hacer aportes hayan pasado (USAID, 2002).

Es por esta razón que en esta sección se pretende establecer el papel que cada uno de los actores involucrados deberá interpretar para el logro de los objetivos perseguidos. Para ello, es necesario detectar las debilidades existentes y en función de ello, proponer las recomendaciones correspondientes. Los actores considerados en este estudio son los siguientes:

- a) El Estado, a través de los Ministerios y otras instituciones públicas que lo conforman,
- b) Los Empresarios, como entes independientes y bajo la asociación que los reúne,
- c) Las Comunidades aledañas a las empresas curtiembres, y
- d) Otros actores, representados por las Universidades, Organizaciones No Gubernamentales y Organismos Internacionales.

VI.1.1.- EL ESTADO

El papel tradicional del Estado en la ordenación del medio ambiente ha sido el desarrollo y aplicación de reglamentaciones que exigen algún grado de reducción de

la contaminación. Aunque que estas actividades han logrado reducir en forma apreciable la contaminación, lo han hecho a un alto precio y desanimando el uso de medidas que prevengan la contaminación. Puesto que la política ambiental debe representar un incentivo para la aplicación de estas medidas, el Estado debe alentar directa o indirectamente la introducción de la Producción Limpia a través de sus actividades de gestión ambiental, las cuales incluyen (ONUDI, 1994):

- a) Participación en acuerdos internacionales sobre medio ambiente.
- b) Desarrollo de planes ambientales y adopción de las políticas nacionales pertinentes.
- c) Recopilación de datos ambientales y difusión de la información.
- d) Establecimiento de programas de reglamentación.

En este orden de ideas, muchos países han venido reconociendo paulatinamente la necesidad de que todos los organismos públicos incorporen la dimensión ambiental en sus políticas, en parte una consecuencia de la visión del desarrollo sostenible, que reconoce una profunda relación entre medio ambiente y desarrollo económico y social (Rodríguez-Becerra y Espinoza, 2002).

Entonces, de acuerdo a las medidas gubernamentales que deben tomarse para promover la Producción Limpia es posible identificar a las instituciones del Estado que deben avocarse en el logro de los objetivos planteados. En la Tabla N° 68 se expondrán las principales medidas que se deben aplicar, asociándolas a estructuras existentes en nuestro país. Posteriormente, se detallarán aquellas instituciones que juegan un papel importante en la formulación de la política ambiental específica para la industria curtiembre nacional.

Tabla N° 68: Papel de las instituciones del Estado en la Política Ambiental

MEDIDA A APLICAR	INSTITUCIONES INVOLUCRADAS
Estrategias nacionales de desarrollo sostenible que, de forma realista, traten de la industria y otros sectores	Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales
	Ministerio de Planificación y Desarrollo
	Ministerio de Industrias Básicas y Minería
	Ministerio de Industrias Ligeras y Comercio
	Ministerio de Finanzas
	Ministerio del Trabajo
	Ministerio de Infraestructura
	Ministerio de Energía y Petróleo
Leyes y reglamentaciones ambientales efectivas	Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales
	Asamblea Nacional
Incentivos económicos para reducir la descarga de contaminantes	Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales
	Ministerio de Finanzas
Precios reales para la energía, el agua y los recursos naturales	Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales
	Ministerio de Energía y Petróleo
Difusión de información y promoción de demostraciones de Producción Limpia	Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales
	Ministerio de Ciencia y Tecnología
Equilibrio apropiado entre las medidas reglamentarias centralizadas y descentralizadas	Asamblea Nacional
	Ministerio del Interior y Justicia
	Gobernaciones y Alcaldías
Publicación de datos sobre emisión de contaminantes y sus efectos para la salud humana y el ambiente	Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales
	Ministerio de Salud y Desarrollo Social
	Ministerio del Trabajo

MINISTERIO DEL AMBIENTE Y DE LOS RECURSOS NATURALES: Bajo la premisa del desarrollo sustentable, es necesario que este Ministerio deje de lado la orientación eminentemente proteccionista orientada a los recursos naturales, para asumir el rol de introducir a la variable ambiental como esencia del desarrollo económico y social. Para ello, el Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales debería evaluar la existencia o no de los elementos básicos necesarios para que una institución gubernamental ambiental sea exitosa, y en caso de ser necesario establecer las correcciones necesarias (Buroz, 1998). Dichos elementos son:

- a) Poseer una adecuada localización en la estructura institucional, para tener presencia en la planificación del desarrollo y poder orientar la asignación de recursos.
- b) Constituirse en centro de discusión donde se incluyan los diferentes objetivos de los sectores y se tomen en cuenta las metas de la sociedad.
- c) Realizar análisis sectoriales ambientales, sin perder la visión global de la economía.
- d) Establecer responsabilidades institucionales claras.
- e) Desarrollar equipos multidisciplinarios.
- f) Disponer de un marco regulativo bien diseñado.
- g) Combinar incentivos basados en el mercado con medidas de gobierno y control.
- h) Disponer de un adecuado sistema de información ambiental.
- i) Disponer de recursos presupuestarios.
- j) Mantener imparcialidad entre los sectores.

Esto implica con seguridad la reorganización de la estructura de dicho Ministerio, con el fin de adecuarla a las estrategias trazadas en materia de calidad ambiental. En este sentido, a finales de los años 90 se realizaron esfuerzos importantes que buscaban, entre otras cosas, promover el desarrollo de una normativa ambiental dinámica, flexible y coherente, que respetando el marco jurídico, definiera normas técnicas que

permitieran alcanzar una producción más limpia y lograr un ambiente de mejor calidad, a través de la correcta utilización y aprovechamiento de los recursos ambientales (Hernández, 1998).

Lamentablemente, esta propuesta no fue implementada por razones políticas, pero constituye un importante esfuerzo realizado, al considerar cuatro ejes directivos fundamentales para el manejo de la Calidad Ambiental:

- a) Dirección de Tecnología Ambiental, encargada de la evaluación y ajuste de modelos de gestión ambiental,
- b) Dirección de Evaluación Ambiental, encargada de la evaluación ambiental de nuevos proyectos de producción,
- c) Dirección de Adecuación y Control Ambiental, encargada del análisis de mediciones ambientales, y
- d) Dirección de Laboratorio Ambiental, encargada de la calificación de los laboratorios ambientales.

Así mismo, dicha propuesta consideraba fundamental la incorporación del pensamiento sistémico, basado en observar, estudiar y decidir, cuyo uso es determinante en el análisis de situaciones ambientales. Adicionalmente, estaba contemplada la incorporación de una cantidad importante de Ingenieros Químicos en las Direcciones de Evaluación Ambiental y de Adecuación y Control Ambiental, dada las características propias de su formación profesional y la capacidad de manejar los procesos productivos de forma integral para la búsqueda de soluciones en términos de reducir la generación de contaminantes.

MINISTERIO DE INDUSTRIAS LIGERAS Y EL COMERCIO: Sería el encargado de evaluar la cadena productiva del cuero, desde la cría de ganado, pasando por el beneficio de los animales, hasta llegar a las industrias curtiembres y

del calzado; con el fin de identificar las fortalezas y debilidades de la misma, promoviendo las fortalezas y minimizando las debilidades.

Además, debe ser el encargado de incentivar y promover el desarrollo aguas abajo de la cadena productiva a partir del aprovechamiento de los subproductos generados en la industria curtiembre y demás empresas asociadas. Así mismo, debe ser capaz de identificar las oportunidades y amenazas de la cadena en términos comerciales, para diseñar las estrategias necesarias para aprovecharlas o contrarrestarlas eficazmente, empleando para ello las diversas instituciones existentes en el seno del Estado.

MINISTERIO DE FINANZAS: Debe fomentar el apoyo a la cadena productiva a través de las siguientes dependencias adscritas al mismo:

- a) Comisión Administradora de Divisas (CADIVI), para reducir y/o prevenir las distorsiones que el control de cambio provoca en el funcionamiento del sector, tal como se demostró en el Capítulo IV de este estudio,
- b) Servicio Nacional Integrado de Administración Aduanera y Tributaria (SENIAT), para reducir el contrabando de pieles en bruto, pieles procesadas y calzado; así como en la elaboración de propuestas de exención tributaria como estímulo a la adopción de medidas de Producción Limpia.
- c) Banco Industrial de Venezuela (BIV), cuya misión es la de impulsar los programas de desarrollo sostenible en las diferentes regiones del país, mediante el otorgamiento de créditos para el financiamiento del sector industrial, a través de sus diversos programas, entre ellos: Línea de Inversión Productiva, Financiamiento a la Pequeña y Mediana Industria, y Reindustrialización.

MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA: Puesto que a él corresponde la orientación de las investigaciones científicas y tecnológicas de manera tal que contribuyan en forma determinante a dinamizar todo el sistema productivo nacional,

así como el fortalecimiento, coordinación e integración del sistema tecnológico en concordancia con las demandas de las cadenas productivas, promoviendo y multiplicando los procesos de innovación y transferencia. En este orden de ideas, debe contarse con su apoyo a iniciativas destinadas a generar capacidad tecnológica nacional en términos de Producción Limpia en curtiembres.

MINISTERIO DE ENERGÍA Y PETRÓLEO: Responsable del desarrollo, control y aprovechamiento de los recursos energéticos, tiene influencia directa sobre la prestación de los servicios eléctricos y de suministro de combustible empleados por el sector curtiembre. En tal sentido, debe desarrollar estrategias tendientes a fomentar el uso racional de dichos servicios a través de tarifas adecuadas que representen el uso de los recursos que lo generan.

En el caso de los servicios eléctricos, la mayor parte de las empresas curtiembres activas dependen de las empresas filiales de la Compañía Anónima de Administración y Fomento Eléctrico (CADAFE), a excepción de las ubicadas en el Distrito Capital (Electricidad de Caracas C.A. - EDC), Lara (C.A. Energía Eléctrica de Barquisimeto – ENELBAR) y Zulia (C.A. Energía Eléctrica de Venezuela – ENELVEN), mientras que el suministro de combustibles depende exclusivamente de Petróleos de Venezuela, S.A. (PDVSA).

EMPRESAS HIDROLÓGICAS: A pesar de ser dependientes del Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales, fueron creadas, entre otras razones, con el fin de prestar transitoriamente los servicios de suministro de agua potable, recolección, tratamiento y disposición de las aguas servidas, a los usuarios industriales actuales y potenciales. Algunas de ellas se encuentran ya descentralizadas (HidroLara, Aguas de Mérida, y Aguas de Yaracuy), pero en su mayoría permanecen como filiales de HIDROVEN. En el caso que nos ocupa, deben enfocarse en definir tarifas adecuadas

al valor del recurso, de manera de propiciar la reducción en el consumo de agua a través de los incentivos económicos que éste conlleva.

VI.1.2.- LOS EMPRESARIOS

En primer lugar, es necesario identificar la actitud que pueden asumir los empresarios frente al desarrollo sostenible, dado el entorno económico, social, cultural y político donde se desenvuelven, pues permite actuar frente a la realidad con mayor efectividad (Buroz, 1998). Los grupos de empresarios identificados según la actitud que predomina en ellos son:

- a) **Frustración:** consideran que, en general, no puede hacerse mucho para tratar de promover el desarrollo sostenible.
- b) **Incompatibilidad:** plantean que después de alcanzar un progreso económico significativo podría plantearse el problema del desarrollo sostenible, no antes.
- c) **Emigración:** tratarán de invertir fuera del país para posteriormente emigrar o pasarán a engrosar las filas del sector informal de la economía.
- d) **Liderazgo:** procurarán cambiar el entorno e intentarán ejercer influencia, tanto en sus propias empresas como en los gobiernos, para que se adopten decisiones que conduzcan al desarrollo sostenible.

De estos cuatro grupos, los únicos que permitirían introducir el concepto de Producción Limpia en sus procesos productivos son los empresarios con actitud de liderazgo, puesto que es evidente que los empresarios de los otros tres grupos no trabajarán a favor del desarrollo sostenible. En consecuencia, los esfuerzos que deben ejercerse a nivel del sector curtiembres, pudiendo ser coordinados por la Asociación Venezolana de Curtidores, consisten en promover nuevas estructuras de pensamiento, basadas en los siguientes principios:

- a) Se requiere un reconocimiento anticipado de las relaciones entre la economía y el ambiente. Esto implica el diálogo abierto y creativo, el desarrollo de nuevas maneras de hacer las cosas y el conocimiento de los riesgos ambientales y sus consecuencias sobre las posibilidades y oportunidades económicas.
- b) El interés del empresariado debe centrarse en valorar los costos de los recursos naturales, considerar como inversiones las erogaciones para el desarrollo de programas ambientales, acelerar el proceso de innovación e invertir mayor capital de riesgo en nuevas ideas, adelantarse al establecimiento de obligaciones anticontaminantes por parte del Estado y cumplir los estándares relacionados con el ambiente.
- c) Es necesario participar activamente en la conformación de la política de ambiente y desarrollo, para lo cual es conveniente desarrollar el liderazgo a nivel gerencial, adoptar programas evaluables para la protección del medio ambiente y la seguridad en el trabajo, adelantar la formación y perfeccionamiento del personal a todos los niveles, lograr la rentabilidad de las inversiones en el desarrollo sostenible y desarrollar know-how propio.
- d) Es preciso contar con una organización adecuada y apta para enfrentar el nuevo objetivo. Para ello se requieren lineamientos internos que den prioridad a los asuntos ambientales, obtener o adquirir los servicios que se necesitan en materia ambiental, ejecutar periódicamente auditorías ambientales y desarrollar mecanismos de cooperación de carácter gremial.
- e) La participación acompañada de un programa de información al público.

Como se puede apreciar, el papel que debe interpretar el empresariado no es tarea fácil, pues implica un cambio de actitud por parte de sus integrantes para internalizar la normativa ambiental dentro de cada industria, puesto que las normas no exigen los controles finales, por el contrario, son las empresas las que deben analizar cómo reducir las descargas contaminantes, reducir la ineficiencia, reducir los gastos por el

tratamiento de los desechos, así como el consumo de agua y energía. De esta manera, es posible definir la mejor estrategia de adecuación ambiental que debe conducir al cumplimiento de la normativa ambiental.

VI.1.3.- LA COMUNIDAD

Las comunidades, aparte de ser vigilantes de la calidad ambiental de sus respectivas regiones, constituyen la principal fuente de mano de obra para las empresas localizadas en ellas, razón por la cual los mecanismos de participación deben considerar esta dualidad emisor – receptor, de manera de internalizar, a través en una educación ambiental proactiva, la importancia de reducir los impactos que los procesos productivos tienen sobre el entorno en el cual habitan.

Sin embargo, lo que se conoce comúnmente por participación, dista mucho de serlo en realidad. Para ello, se precisa una decisión política real que no tema abrir los espacios participativos a los diversos sectores, y que conciba la democracia, sustentada en procesos provenientes de la misma comunidad. Es necesario establecer espacios reales y mecanismos de participación de todos los sectores de la comunidad, partiendo de las realidades locales y de sus costumbres y tradiciones; respaldando estos procesos con acciones de educación ambiental hacia el desarrollo sostenible (Álvarez, 2002).

Finalmente, esto implica modificar la situación que impera en los actuales momentos, más aún sabiendo que la mayoría de las comunidades venezolanas presentan una aguda carencia de conciencia colectiva e individual acerca de los alcances de la problemática ambiental, además que la comprensión real de los problemas ambientales a menudo se ve afectada por intereses grupales de tipo político o económico (Buroz, 1998)

VI.1.4.- OTROS ACTORES

Los otros actores involucrados que juegan un papel importante dentro de lo que se ha denominado una política ambiental efectiva son las Universidades, las Organizaciones No Gubernamentales (ONG's) y los Organismos Internacionales.

En el caso de las Universidades, como líderes de capital intelectual en nuestro país, deben actuar en dos líneas bien diferenciadas, las cuales se pueden asociar a los componentes fundamentales del quehacer universitario:

- a) En la labor de docencia, deben ser capaces de formar profesionales capaces de ofrecer respuestas completas, oportunas y acertadas con un pensamiento reflexivo e integral diferente al que hasta ahora ha imperado, lo que implica una reformulación de los programas existentes a nivel de pre y postgrado, para incluir la visión sistémica del desarrollo sostenible.
- b) En las labores de investigación y extensión, deben enfocar sus acciones hacia la solución de los problemas del sector productivo nacional, mediante el desarrollo de investigación básica y aplicada, así como la prestación de servicios y asesorías para las empresas que así lo requieran.

Las ONG's son el vehículo de participación entre el Estado y la comunidad. Según su orientación, se pueden clasificar en (Rodríguez-Becerra y Espinoza, 2002):

- a) organizaciones ambientales de carácter institucionalista que surgen en el contexto de programas gubernamentales que buscan fomentarlas,
- b) organizaciones ecológicas contestarias que surgen alrededor de la crítica al actual estilo de desarrollo,
- c) organizaciones simbólicoculturales, representadas por los nuevos grupos ecológicos con estrategias culturales que reflejan las orientaciones más recientes del movimiento ambientalista, y

- d) organizaciones integradoras de varios grupos o movimientos más amplios, como es el caso de las asociaciones o federaciones.

Sin embargo, aún cuando tratan de ser mecanismos de participación en materia ambiental, las ONG's venezolanas todavía no han logrado una efectiva integración con el Estado (Buroz, 1998). En general, se encuentra una gran debilidad en la actividad consistente en hacer un seguimiento sistemático a la política gubernamental ambiental y al comportamiento del sector privado, además de formular recomendaciones sobre los centros de investigación y los programas a desarrollar.

En este sentido, es importante contar en el país con alguna "Organización de investigación y desarrollo de políticas" (Think Tank), que se dedique al análisis y al estudio independiente de políticas, con el fin de desarrollar las grandes estrategias de transformación con la ayuda de una masa crítica de personal multidisciplinario y de experiencia diversa, conjuntamente con una red pluralista que incluya los entes más prominentes de investigación y análisis (Dror, 2005).

Finalmente, el papel de los Organismos Internacionales está basado en dos vertientes: la cooperación técnica y la cooperación financiera. La primera identifica la asistencia proporcionada para programas y proyectos de desarrollo, por medio de capacitación, formación profesional, expertos y donaciones de equipo y representa hoy en día el más alto índice de asistencia directa a los países. Por su parte, la segunda es una clase de cooperación especializada que los países con alta capacidad económica están en condiciones de brindar a otros, por medio de recursos monetarios que se concretan en corrientes de crédito o en líneas de préstamo para ciertos objetivos (Ferrari, 2003).

Dos Organismos Internacionales que pueden prestar apoyo importante, en términos de lo que el concepto de Producción Limpia implica, son el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Organización de las Naciones Unidas

para el Desarrollo Industrial (ONUDI), ya que las mismas han iniciado el Programa de Centros Nacionales de Producción Limpia en diversos países latinoamericanos, algunos independientes como el caso de Brasil y México, mientras que otros están en proceso de independización, caso de Costa Rica, El Salvador, Guatemala y Nicaragua (UNIDO, 1995). Así mismo, existen Centros Nacionales de Producción Limpia, como los de Bolivia, Honduras, Perú y Panamá, han sido establecidos con la ayuda de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), el Banco Mundial (BM), la Secretaría de Estado para Asuntos Económicos de Suiza (SECO) y el Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

La materialización de estos recursos requiere de un fuerte y constante apoyo institucional, de un conocimiento preciso de las fuentes y las modalidades de cooperación con el propósito de desarrollar una estrategia que permita el mejor aprovechamiento de estos recursos.

VI.2.- PROPUESTA TÉCNICA Y FINANCIERA

Un componente fundamental de la normativa ambiental específica está constituida por la propuesta técnico – financiera. Puesto que la misma debe hacerse para cada una de las empresas que constituyen el sector, se tomará como información base para este estudio la presentada por Tenería El Puma.

De esta manera, se manejaron dos situaciones posibles: una correspondiente a una producción de 18.000 pieles anuales (actual) y otra de 96.000 pieles anuales (capacidad instalada). La primera equivale a procesar 75 pieles diarias, mientras que la segunda corresponde a procesar 400 pieles diarias, conversión efectuada a partir de la información suministrada por la empresa sobre su calendario de actividades.

Además, se deben contemplar las descargas que se tendrían sin la aplicación de un tratamiento final al efluente combinado obtenido, así como las modificaciones obtenidas al incorporar un sistema de tratamiento como el contemplado en esta investigación. De esta manera es posible disminuir en forma apreciable las cargas correspondientes a aceites y grasas, materia orgánica (expresada como DBO y DQO), nitrógeno total y sólidos suspendidos.

En consecuencia, es posible establecer las cargas máxicas de una curtiembre que haya adoptado el concepto de Producción Limpia, en función de las consideraciones señaladas anteriormente, las cuales se presentan en la Tabla N° 69:

Tabla N° 69: Descargas máxicas de una curtiembre que opere bajo el concepto de Producción Limpia (kg/día).

PARÁMETRO	SIN		CON	
	TRATAMIENTO FINAL		TRATAMIENTO FINAL	
	BASE	MÁXIMO	BASE	MÁXIMO
Aceites y grasas	14,8	79,0	3,0	15,8
Cloruros	61,7	329,0	61,7	329,0
Cromo Total	0,3	1,6	0,3	1,6
DBO	85,3	454,8	3,4	18,2
DQO	300,5	1.602,4	39,0	208,2
Nitrógeno Total	24,0	127,8	20,8	110,8
Sólidos Suspendidos	42,9	288,9	3,4	18,3
Sulfatos	48,2	257,1	48,2	257,1
Sulfuros	0,2	1,2	0,2	1,2

Dichos valores entonces deben ser comparados con las cargas asimilables del cuerpo receptor, las cuales deben obtenerse a partir de la evaluación de la capacidad de asimilación de contaminantes, orgánicos e inorgánicos, del mismo.

Como ejemplo de ello, se puede tomar la información presentada en las Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de las Aguas de la Cuenca del Río Yaracuy, en la cual se encuentra instalada la Tenería Promotora Auropiel. Para esta empresa se estableció una tasa de descarga de DBO de 446 kg/día y un límite máximo de descarga de sólidos suspendidos de 44,24 kg/día, en función de las características del río y su capacidad de autopurificación.

Si se comparan estos valores, se observa que una empresa ubicada en esta cuenca hidrográfica, operando a baja producción, podría descargar directamente sus vertidos en el cuerpo de agua, puesto que las cargas máxicas determinadas se encuentran por debajo de los límites establecidos en la norma. Sin embargo, en caso de aumentar su capacidad requeriría de un tratamiento final antes de la descarga, pero se puede observar que las cargas máxicas finales son en extremo inferiores a las reglamentadas, razón por la cual el impacto que se causaría sobre el cuerpo de agua sería mínimo, garantizando su calidad por años.

De este análisis se desprende la importancia de combinar la información generada por esta investigación con la obtenida a partir de las evaluaciones de los cuerpos de agua en los cuales descargan las diferentes industrias curtiembres instaladas en nuestro país, de manera de determinar la necesidad o no de tratamiento final, así como el aprovechamiento posterior de las aguas del mismo en función de su clasificación.

También debe resaltarse, que dadas las características del proceso productivo de la industria curtiembre, así como de los procesos seleccionados para valorar residuos, el impacto de los residuos sólidos y emisiones gaseosas es mínimo, comparado con el

impacto que tendrían los efluentes líquidos sobre el medio ambiente. De esta manera, partiendo de la base que el 98% de los residuos sólidos son aprovechables, la cantidad restante simplemente debe ser dispuesta en forma adecuada, con la ventaja que ninguno de los lodos obtenidos reviste características que lo conviertan en desecho peligroso. Así mismo, las emisiones gaseosas tampoco constituyen un problema importante, pues la cantidad generada pierde sus impactos por efecto de dilución en la atmósfera, además de considerar que los avances tecnológicos van en la dirección de reducir el uso de solventes orgánicos evaporables en la etapa de acabado.

Por otra parte, en la elaboración del componente financiero de la propuesta fue necesario establecer una serie de consideraciones, que se presentan a continuación:

- a) El estudio se basa en los datos obtenidos para todo el sector curtiembre, ya que el comportamiento obtenido es similar al que se obtendría al realizar el análisis de forma individual para cada una de las empresas que lo integran. Además, no es posible efectuar éste último debido a la carencia de información específica de cada empresa.
- b) El período de estudio seleccionado se fijó en quince (15) años, correspondiente al plazo máximo para activos fijos contemplado en el Plan de Reindustrialización del Banco Industrial de Venezuela.
- c) La producción del sector aumenta un 2% anualmente, basado en que mientras permanezca el control de cambios es posible que el sector del calzado experimente una recuperación importante, que ayudaría a la reactivación de las curtiembres.
- d) El costo de la inversión se determinó a partir del monto determinado para una producción de 18.000 pieles anuales (US\$ 54.980,00), mediante un factor de escalamiento de 15, obtenido a partir de la capacidad de producción que tendría el sector al final del período en estudio y de la producción estimada para los años 2000, 2001 y 2002.

- e) La tasa activa empleada fue del 22%, equivalente a la tasa base del Banco Industrial de Venezuela, quien sería el responsable del financiamiento, tal como se explicó anteriormente.
- f) El financiamiento se recibe en el año 2003 y los pagos se comienzan a efectuar a partir del año 2004.
- g) Con la aplicación de las medidas de Producción Limpia se puede ajustar la estructura de costos, estableciendo que el costo de la materia prima pasa de 54,84 a 48,00%, mientras que los ingresos productivos característicos aumentan de 11,18 a 15,00%.

De esta manera, la Tabla N° 70 resume los resultados obtenidos a partir del cálculo de ambos escenarios, observándose que ambos son altamente favorables en términos del aporte que representa la cancelación de la deuda en el período establecido. Para el escenario basado en una estructura de costos promedio, dicho aporte es equivalente al 10,2% del beneficio bruto, el cual se reduce a 8,0% al considerar los beneficios derivados de la aplicación de las medidas presentadas en el Capítulo V.

Tabla N° 70: Porcentaje del beneficio bruto destinado a cancelar el financiamiento.

MONTO DEL FINANCIAMIENTO (US\$)	ESTRUCTURA DE COSTOS	
	PROMEDIO	AJUSTADA
824.700,00	10,2%	8,0%

Esto conlleva a afirmar, sin duda alguna, que no existen limitaciones financieras para la adecuación ambiental del sector curtiembre en el país bajo el concepto de Producción Limpia, puesto que a pesar de atravesar una situación delicada en estos últimos años, el bajo impacto en términos económicos de la adopción de las medidas

señaladas, así como los beneficios tangibles e intangibles obtenidos en el corto plazo, favorecen enormemente su sustentabilidad en el tiempo.

No está de más reseñar, que a pesar de ser que estos resultados son producto de un ejercicio basado en consideraciones establecidas en función de la situación actual del sector y del papel que deberían asumir los actores involucrados, abren un espacio de reflexión importante, pues las oportunidades de mejora son significativas si se actúa bajo un esquema de acción conjunta y coordinada con objetivos a largo plazo, pero con acciones inmediatas y sostenidas en el tiempo.

En función de estos resultados, corresponde a cada empresa en particular emplear esta propuesta en la estructuración del cronograma de adecuación respectivo, de acuerdo a su situación actual en términos organizativos, tecnológicos y operativos, estableciendo los lapsos de tiempo necesarios para su cumplimiento, las posibilidades económicas de la empresa y los requerimientos de financiamiento, la magnitud de los cambios a realizar y la cantidad de recursos físicos y humanos necesarios.

VI.3.- NORMATIVA AMBIENTAL ESPECÍFICA

En la década de los 70 entra en vigor la Ley Orgánica del Ambiente y se crea el Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables, que tomaron como modelo de referencia en materia de calidad ambiental el proveniente de los países desarrollados, los cuales habían establecido sus regulaciones en función del deterioro ambiental originado como consecuencia del modelo de desarrollo industrial.

Dichos países establecieron límites de calidad ambiental y de control de fuentes contaminantes, fijando metas y plazos de riguroso cumplimiento basados principalmente en la separación de los elementos contaminantes en el punto final

antes de descargarlos al ambiente. En consecuencia, el éxito dependía del desarrollo de tecnologías eficientes, adaptables a los distintos procesos productivos, así como de la vigilancia para hacer cumplir los límites. En nuestro país se adoptaron los mismos criterios de comando-control, centrado en la imposición de estándares y en su verificación oficial por parte de la autoridad.

No puede negarse que esta estrategia rindió resultados favorables para el desempeño ambiental de la industria en una primera etapa. Sin embargo, sus costos y limitaciones hacen dudar de sus alcances reales y de su eficiencia de cara a las nuevas tendencias internacionales de gestión del medio ambiente en el sector industrial. Entre las limitaciones más significativas de este enfoque normativo y coactivo se encuentran (CESPEDES, 2005a):

- a) Es estático y no conlleva un incentivo de mejoramiento continuo para las empresas.
- b) Se centra fundamentalmente en soluciones post productivas o al final del tubo, que implican inversiones elevadas y de escasa o nula rentabilidad.
- c) Se basa en una perspectiva fragmentada del ambiente, al separar la normatividad y la vigilancia en función de medios que se suponen inconexos (agua, residuos y aire) a cargo de dependencias gubernamentales distintas.
- d) No se integra a los procesos administrativos y gerenciales de las empresas con un objetivo de calidad y competitividad.
- e) Los instrumentos normativos-coactivos presentan rendimientos ambientales decrecientes y costos crecientes una vez que se han cubierto ciertos aspectos básicos de regulación.
- f) La normatividad oficial ignora las circunstancias microeconómicas y ambientales de cada empresa, por lo que no asegura soluciones eficientes.

A medida que transcurrió el tiempo, la frustración y el fracaso resultaron evidentes, tanto para el Estado que se veía imposibilitado de hacer cumplir las regulaciones, como para los administrados, que no veían una clara relación causa – efecto en las exigencias que se les pedían.

En 1992, Venezuela acoge el concepto de desarrollo sostenible, defendiendo el derecho a industrializarse y utilizar los recursos naturales para satisfacer racionalmente las exigencias del propio desarrollo. Con base a esta realidad se perfilaron nuevas estrategias para el control de la calidad ambiental en el país, trazándose como meta el logro del desarrollo sustentable, lo cual impone considerar:

- a) Al ambiente como una sola unidad, donde los cambios causados por la contaminación o por el uso no controlado de los recursos naturales repercuten en distintos grados sobre todos sus componentes.
- b) La calidad ambiental en un área determinada es la condición resultante de las actividades susceptibles de degradar el ambiente allí localizadas, los aportes de las áreas vecinas y los originados de los procesos naturales, meteorológicos y físicos que ocurren en todo el sector y sus alrededores.
- c) Todas las actividades producen algún grado de afectación al ambiente, la meta es mantener dicha afectación dentro de ciertos límites permisibles.
- d) No todos los contaminantes presentan la misma peligrosidad al ambiente, ni todas las actividades presentan el mismo potencial de contaminación, así como tampoco todos los lugares ofrecen el mismo nivel de sensibilidad o de afectación. Por lo tanto, cada industria o actividad productiva responde a una situación particular que amerita un trato individualizado.

En consecuencia, la misión del Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales, como ente rector, está en saber definir en conjunto con las instituciones públicas y privadas y con la sociedad civil en general, la estrategia que se ajuste a cada situación, que conduzca al mejoramiento continuo, que no sea obstáculo al desarrollo

sino al contrario que promueva la adquisición de tecnologías más efectivas, impulse la búsqueda y logro de soluciones que no necesariamente serán iguales a las de otros países (CIDIAT, 2001).

Es en este punto, donde esta investigación pretende hacer un primer aporte en lo relacionado con una normativa ambiental específica para el sector curtiembres, en función de las estrategias formuladas, estableciendo los lineamientos básicos que deben incluirse, para que la misma sea efectiva.

Lo primero que se debe determinar es el tipo de norma ambiental que se quiere definir, usando para ello la siguiente clasificación (ONUDI, 1994):

- a) **Normas basadas en tecnología:** exigen a la industria la reducción de las descargas de contaminantes en consonancia con el comportamiento previsto para la tecnología disponible, pero no toman en cuenta los efectos sobre el medio ambiente.
- b) **Normas basadas en el medio ambiente:** exigen a la industria reducir las descargas de contaminantes en la medida necesaria para alcanzar una condición ambiental definida, sin tener en cuenta los costos.
- c) **Normas basadas en los beneficios:** las cuales exigen a la industria la reducción de la descargas de contaminantes sólo hasta el grado en que se logre un equilibrio razonable entre los beneficios obtenidos y los costos de las medidas.

Las normas basadas en tecnología son las preferidas por los entes gubernamentales porque son más fáciles de administrar, mientras que la industria las encuentra demasiado costosas en relación con los resultados que alcanzan. En el otro extremo, los entes gubernamentales consideran difíciles y costosos los procedimientos para asociar las descargas de la industria en las normas basadas en el medio ambiente, así como también la asignación de la responsabilidad por las violaciones a las mismas;

mientras que la industria prefiere este tipo de normas porque asignan los escasos recursos a los problemas más graves.

Sin embargo, las normas basadas en los beneficios parecieran ser la opción más atractiva en el caso de la industria curtiembre, por ser la menos traumática en términos de implementación, ya que la misma incentivaría a los empresarios a adoptar medidas de Producción Limpia para reducir la generación de contaminantes, por su capacidad de obtener beneficios considerables a bajo costo. A pesar que a los entes gubernamentales les correspondería reunir y analizar una gran cantidad de datos para estimar el impacto de su aplicación, este tipo de normativa contribuiría a tener siempre en cuenta las oportunidades de reducción de residuos, puesto que los beneficios obtenidos no serían sólo en términos de mejora de la calidad ambiental, sino que también se ven reflejados dentro de la empresa.

El siguiente paso consiste en establecer las características que sustenten a la normativa ambiental, algunas de ellas definidas en países como Colombia, México y Paraguay en sus respectivas políticas nacionales de Producción Limpia (MMA, 1997; CESPEDES, 2005b; MIC, 2005). Dichas características son:

- a) **Integral:** articular esta normativa con las demás políticas gubernamentales, garantizar coherencia con las demás políticas ambientales y evaluar como un todo a cada actividad productiva.
- b) **Concertación:** crear y mantener espacios de diálogo constante y constructivo, para que la relación regulador - regulado permita alcanzar el logro de los objetivos planteados.
- c) **Gradual:** distribuir las acciones en el tiempo, debido a que los cambios previstos tienen implicaciones económicas, tecnológicas, ambientales y sociales.
- d) **Internalización de los costos ambientales:** incluir las externalidades ambientales (efectos sobre la salud, la contaminación del agua, la

acumulación de residuos, entre otros) en la estructura de costos, obligando a realizar la comparación eficiencia económica versus eficacia ambiental al tomar una decisión de inversión.

- e) **Dinámica:** adaptarse en forma oportuna a los cambios que se susciten o requieran, bien sea en el sector o en el medio ambiente.
- f) **Promoción de estímulos:** recompensar las iniciativas voluntarias que rebasan el cumplimiento de las normas y derivan en un mayor beneficio final.
- g) **Compatible con el mercado:** evitar, en la medida de lo posible, entrar en contradicción con las reglas e intereses comerciales que mueven a las empresas.
- h) **Inducción de conductas preventivas:** independientemente del instrumento con el que se actúe sobre el sujeto regulado, debe existir la opción de adoptar estrategias de prevención.

Con estas características como bases fundamentales de la normativa ambiental específica, se deberá entonces proceder a formular los instrumentos de gestión necesarios para implementar la propuesta técnica y financiera elaborada para el sector curtiembre, teniendo en cuenta que las estrategias que se propongan deben estar orientadas a lograr que los actores involucrados participen en forma activa y cumplan con los roles establecidos, para el logro de las metas planteadas.

De esta manera culmina la investigación, con la firme convicción de que es posible iniciar un proceso de adecuación ambiental en el sector curtiembre venezolano, apoyándose en la filosofía de Producción Limpia, mediante la incorporación de la variable técnica en la formulación de una política ambiental específica que garantice la sustentabilidad del sector y la conservación y el aprovechamiento de los recursos naturales de nuestra nación.

**CAPÍTULO VII:
CONCLUSIONES**

En este capítulo se presentan todas aquellas conclusiones generadas después de haber analizado los resultados obtenidos y alcanzado los objetivos planteados al inicio de esta investigación. Para una presentación adecuada de las mismas, se decidió agruparlas en términos de los objetivos perseguidos:

CARACTERÍSTICAS DEL SECTOR CURTIEMBRE:

- De las treinta y seis (36) empresas curtiembres inscritas en el Registro de Actividades Susceptibles de Degradar el Ambiente (RASDA), solamente veintitrés (23) se encuentran operativas en los actuales momentos.

- La situación actual del sector curtiembre, está estrechamente ligada a la crisis que vive la industria del calzado, evidenciando una alta reducción en el número de establecimientos y personal ocupado: para el año 2002 habían clausurado operaciones el 78% de las empresas curtiembres existentes para el año 1996, quedando sin empleo el 86% de los trabajadores de dichas empresas.

- El personal que labora en el sector curtiembre está en su mayoría constituido por obreros, personal administrativo y gerencial, notándose una baja participación del profesionales y técnicos, responsables por naturaleza del funcionamiento adecuado de las operaciones productivas y del impacto ambiental de las mismas.

- El tipo de piel procesado por un mayor número de empresas es el proveniente del ganado bovino, aunque también se procesan pieles de caprinos, ovinos y reptiles, para producir wet blue y productos acabados y semiacabados.

- El mercado de exportación más importante para pieles en bruto y procesadas lo constituye Italia, con una cuota de participación superior al 80% en ambos casos.

- En el caso de las importaciones, se tiene que los principales proveedores de pieles en bruto son los Estados Unidos, Uruguay y Colombia; mientras que en el caso de las pieles procesadas lideran el mercado Colombia e Italia.

- En términos del comercio exterior de pieles en nuestro país, las pieles de bovino acaparan más del 90% del mercado, razón por la cual se consideró que la empresa típica de este estudio debía procesar este tipo de piel.

- El sector curtiembre está sujeto a variables políticas y económicas que generan inestabilidades en los mercados, las cuales han afectado a buena parte de los establecimientos y han causado el cierre de los mismos, al ser incapaces de mantener su producción en condiciones de alta competencia.

- El marco legal vigente no ha logrado promover una cultura ambiental basada en la prevención de la contaminación, pues carece de una visión integral del proceso productivo, no considera el estado del arte en materia tecnológica y tiene una visión controladora y prohibitiva, acompañada de sanciones inexistentes en la práctica.

- En las leyes recientemente aprobadas y en los proyectos de ley en estudio, se han incluido aspectos relacionados con la promoción y utilización de tecnologías limpias, así como el uso de incentivos económicos o fiscales por parte del Estado, pero no es posible vislumbrar la inclusión del componente técnico en la concepción de las mismas.

- El papel de las comunidades y de la Autoridad Ambiental en los actuales momentos pareciera estar limitado a conflictos puntuales o actividades de rutina.

- Los procesos de adecuación ambiental que se han llevado a cabo en el sector curtiembre han estado dirigidos a la aplicación de medidas “end of pipe”, con una baja inclusión de medidas de carácter preventivo.

- Entre las principales limitaciones para que las empresas del sector se adecuen ambientalmente, se encuentran la carencia de recursos económicos, la falta de asesoría especializada y la ausencia de conocimiento en términos de lo que la Producción Limpia significa.

- Se logró desarrollar un balance de materiales en una empresa curtiembre hipotética, a partir de la recopilación de información proveniente de diversas fuentes y el procesamiento de la misma, persiguiendo el objetivo de cuantificar la generación de residuos bajo un esquema tradicional de producción y tratamiento de los efluentes generados.

- Bajo un esquema tradicional de procesamiento de pieles, por cada tonelada de pieles saladas que ingresan al proceso productivo se generan 41 toneladas de efluentes líquidos, 0,64 toneladas de residuos sólidos y 0,09 toneladas de emisiones gaseosas.

- En la etapa de ribera se verificó que el mayor aporte en términos de contaminación lo constituyen los efluentes líquidos, los cuales contienen cantidades importantes de cloruros, materia orgánica, sólidos suspendidos, sulfatos y sulfuros.

- Para la etapa de curtido, los residuos líquidos provenientes de las operaciones en ella realizadas presentan contenidos elevados de cloruros, cromo y sulfatos.

- En la etapa de post-curtido y acabado, los aportes más importantes en términos de contaminantes están representados por materia orgánica y sólidos suspendidos.

- Una vez que el efluente combinado proveniente de un proceso tradicional de producción de cuero, ha sido sometido a un esquema de tratamiento convencional, es posible lograr un efluente final con características similares a las contempladas en la normativa ambiental vigente para el componente agua, a excepción de los niveles de cloruros y sulfatos.

- El combustible más utilizado en la industria curtiembre es el gasóleo (diesel), seguido de la gasolina y el gas natural, respectivamente.

- En cuanto al consumo de energía eléctrica, la mayoría de las empresas la adquieren directamente al distribuidor local, con pocas experiencias en la autogeneración de la misma.

- La mayor parte de las empresas curtiembres cuentan con fuentes propias de abastecimiento de agua, que permiten manejar grandes cantidades de la misma a muy bajo costo.

EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS:

- Las etapas del proceso productivo donde se pueden aplicar mayor cantidad de medidas de Producción Limpia son las de ribera y curtido, las cuales a su vez son las que generan mayores problemas de contaminación.

- Las medidas seleccionadas abarcan la reducción en el consumo de agua durante los lavados, la reducción en la oferta de insumos químicos, el reciclaje de baños agotados de pelambre y curtido, el descarnado antes del pelambre y la valoración de los efluentes líquidos de pelambre y curtido, así como de los residuos sólidos producidos a lo largo del proceso.

- En la etapa de ribera es posible reducir en un 55% el efluente que se destina a tratamiento y en un 15% la generación de residuos sólidos orgánicos, disminuyendo además los aportes en materia orgánica, cloruros y sulfuros.

- En la etapa de curtido se puede reducir en un 21% la generación de efluentes líquidos, con una disminución en los aportes máxicos de todos los contaminantes presentes.

- Para la etapa de post-curtido sólo se redujo el consumo de agua de proceso, lo cual no tiene efecto sobre los aportes máxicos de contaminantes presentes en el efluente final de esta etapa.

- El esquema propuesto de valoración de los efluentes de pelambre permite remover cerca del 98% del sulfuro presente, así como la recuperación de una cantidad apreciable de proteínas, lo que reduce considerablemente el aporte en términos de materia orgánica y sólidos suspendidos.

- Por su parte, el esquema propuesto de valoración de los efluentes de curtido y post-curtido (lado flor) permite recuperar la mayor parte del cromo presente en un lodo con características que promueven su reutilización.

- Mediante el análisis realizado fue posible verificar la reducción en los aportes máxicos de contaminantes que se reportan en la bibliografía para tecnologías y prácticas operacionales limpias, así como una reducción del 41% en la generación de efluentes líquidos.

- La adopción de medidas de Producción Limpia en las diversas etapas del proceso conlleva beneficios adicionales en la operación del esquema de tratamiento, al reducir la cantidad de residuos sólidos no aprovechables generados.

- De todos los residuos sólidos generados, más del 98% de los mismos son aprovechables, generando oportunidades para el sector curtiembre y/o terceros de desarrollar aguas abajo la cadena productiva del cuero.

- La adopción de las medidas seleccionadas reduce los consumos de diversos químicos y agua de proceso, lo cual genera un ahorro de US\$ 66,59 por cada tonelada procesada de pieles saladas.

- El bajo costo del agua de proceso proveniente de fuentes propias no contribuye a la adopción de medidas tendientes a reducir el consumo de agua en la industria curtiembre.

- Para una producción estimada de 18.000 pieles anuales, es posible recuperar la inversión necesaria para implementar las medidas seleccionadas en aproximadamente 22 meses, lo que indica la alta rentabilidad de la Producción Limpia.

- Tal como se encuentra el sector curtiembres, es imposible que el mismo puede financiar las inversiones necesarias para la adopción de las medidas seleccionadas. Sin embargo, debido a la baja inversión inicial de las mismas, el financiamiento externo surge como una alternativa posible, aunque limitada en la actualidad.

- La adopción de las medidas de Producción Limpia puede incrementar la capacidad de endeudamiento del sector, debido a la reducción en los costos de insumos químicos y el aumento de los ingresos productivos por la venta de los residuos sólidos valorados.

- Al finalizar esta etapa del estudio, es posible afirmar que la Producción Limpia es un mecanismo capaz de combinar una alta eficiencia económica con una elevada eficacia ambiental.

POLÍTICA DE ADECUACIÓN AMBIENTAL :

- Los actores que deben participar activamente en el diseño e implementación de una política ambiental específica para el sector curtiembre son el Estado, los empresarios, la comunidad, las universidades, las ONG's y los organismos internacionales.

- El Estado debe garantizar la participación de las instituciones que lo conforman en el logro de los objetivos planteados, en especial, los Ministerios del Ambiente y Recursos Naturales, de Industrias Ligeras y Comercio, de Finanzas y de Energía y Petróleo.

- Los empresarios deben asumir una actitud de liderazgo a través de la cual deben promover cambios dentro de sus empresas que faciliten la aplicación de las medidas de Producción Limpia.

- Las comunidades deben participar activamente al suministrar parte del personal empleado por la industria curtiembre y a la vez ser receptor directo de los impactos ambientales derivados de la actividad productiva.

- Las universidades deben enfocar sus actividades de docencia, investigación y extensión para formar a los profesionales que se necesitan para promover y mantener en el tiempo los cambios necesarios.

- Las Organizaciones No Gubernamentales y los Organismos Internacionales pueden ser entes promotores de los cambios necesarios.

- De acuerdo a los cálculos realizados, se lograron establecer las descargas máxicas que tendría una industria curtiembre bajo la presencia o no de un sistema de tratamiento final para sus efluentes líquidos.

- Es posible pagar el préstamo concedido para las inversiones necesarias en un plazo de 15 años, destinando un porcentaje del beneficio bruto menor al 10%, el cual se reduce a 8% al considerar los impactos que sobre la estructura de costos tiene la aplicación de las medidas de Producción Limpia.

- No existen restricciones técnicas y/o financieras para lograr la adecuación ambiental del sector curtiembre venezolano.

- La normativa ambiental específica a formular para el sector curtiembre deberá ser una normativa basada en los beneficios, puesto que este tipo de reglamentación favorece por sí misma la introducción del concepto de Producción Limpia.

- Las características que deberá tener la normativa ambiental incluye su aplicación gradual, su dinamismo, su concepción integral, la promoción de estímulos y actitudes preventivas, fomentar la concertación, internalizar los costos ambientales y ser compatible con las fuerzas del mercado.

CAPÍTULO VIII:
RECOMENDACIONES

En este capítulo se dan a conocer todos aquellos aspectos que pueden contribuir a mejorar los resultados obtenidos en esta investigación, así como aquellos lineamientos a través de los cuales pudieran desarrollarse futuros trabajos en esta área.

➤ Con el fin de lograr una caracterización más completa del sector curtiembre en nuestro país, deben concentrarse los esfuerzos en convencer a las empresas que no participaron en este estudio sobre la importancia que tiene el establecer su situación actual en términos ambientales, puesto que las soluciones a los problemas que las aquejan deben ser producto de su participación directa en la concepción, implementación y evaluación de las mismas, en conjunto con los demás actores involucrados.

➤ Así mismo, con el objeto de llenar las carencias importantes en términos de información referida al proceso productivo, deben iniciarse estudios específicos destinados a realizar balances de materiales en cada una de las operaciones que conforman el proceso productivo y caracterizaciones detalladas de los residuos generados (principalmente los líquidos), para contar con valores representativos que sustenten con mayor solidez las decisiones que se deben tomar para reducir el impacto ambiental del proceso productivo del cuero.

➤ También deben apoyarse todas las investigaciones que tengan como objetivo una evaluación específica de alternativas de Producción Limpia en diversas curtiembres, con el fin de generar información específica de los procesos que se realizan en el país, lo que permitiría consolidar la información presentada en esta investigación.

➤ Es necesario que el sector curtiembre adopte una política que permita documentar y difundir las experiencias que se realizan en las diversas empresas que lo conforman, pudiendo utilizarse a la Asociación Venezolana de Curtidores como punto focal, lo

cual permitiría unificar los esfuerzos y promover las experiencias exitosas en términos ambientales.

- Promover la capacitación de las nuevas generaciones en términos de los conceptos asociados con la Producción Limpia, puesto que para lograr avances importantes en materia ambiental se hace necesario contar con profesionales que puedan atacar los problemas de contaminación de manera integral y con una alta participación del componente técnico en la toma de decisiones acertadas.

- Emplear la metodología desarrollada en esta investigación para actualizar y mejorar los resultados presentados, puesto que el estado del arte en términos de tecnologías limpias para el sector curtiembre se modifica continuamente y la política ambiental diseñada debe ser capaz de actualizarse constantemente para promover el uso de las mismas, evitando a toda costa su no aplicación.

- Iniciar un proceso de difusión de los resultados obtenidos en este estudio, a través del cual se contribuya a propiciar la voluntad política de iniciar los cambios necesarios, para que a mediano plazo se pueda contar con la normativa ambiental delineada en este estudio.

- Realizar esfuerzos conducentes a la inclusión en la formación profesional de las nuevas generaciones de Ingenieros, en especial de los Ingenieros Químicos, del pensamiento sistémico como herramienta necesaria para el manejo de componente ambiental del desarrollo.

- Adaptar y/o aplicar la metodología desarrollada en este estudio a otro(s) sector(es) con las mismas carencias que el sector curtiembre, tales como el sector productor de carnes o el metal-mecánico (industrias de galvanizado, cromado, etc).

REFERENCIAS
BIBLIOGRÁFICAS

- ADZET, J. M. y varios autores. *Química – Técnica de Tenerife*. Sin editorial, España, 1965, 765 pp.
- ALADI – Asociación Latinoamericana de Integración. *Sistema de informaciones de Comercio Exterior*. Página Web consultada en Marzo de 2005: <http://200.40.42.222/sii/menupagsinternas/marcossii.htm>
- ALVAREZ, A. *Educación Ambiental con Enfoque Participativo – I*. El Tuqueque, Boletín sobre Educación, Ambiente y Sostenibilidad, N° 1, Mayo/Junio 2002.
- ARP – Áreas Realmente Protegidas. *Venezuela. Legislación Nacional y Aspectos Institucionales*. Página Web consultada en Marzo de 2005: http://www.areas-protegidas.org/venezuela_leyes_nacionales_y_aspectos_institucionales.php
- ASAMBLEA NACIONAL. República Bolivariana de Venezuela. *Ley Orgánica para la Conservación Ambiental*. Página Web consultada en Marzo de 2005: <http://www.asambleanacional.gov.ve/ns2/leyes.asp?id=491>
- AUQTIC – Asociación Uruguaya de Químicos y Técnicos de la Industria del Cuero. *Aguas Residuales de Curtiembres: Tratamiento Primario y Secundario*. Página Web consultada en Agosto de 2004: <http://www.cueronet.com/auqtic/tecnologia/aguasresiduales.htm>
- BCV – Banco Central de Venezuela. *Información Estadística: Tipos de Cambio, Reservas Internacionales y Servicio de la Deuda Pública Externa*. Página Web consultada en Marzo de 2005: <http://www.bcv.org.ve/c2/indicadores.asp>
- BINDER, Klaus y Claudia Hernández. *Cuentas Ambientales*. Departamento Nacional de Planeación, Colombia, 2001, 43 pp.
- BOSNIC, M., J. Buljan y R. P. Daniels. *Pollutants in tannery effluents*. United Nations Industrial Development Organization (UNIDO), Agosto 2000, 26 pp.
- BULJAN, J., G. Reich y J. Ludvik. *Mass Balance in Leather Processing*. United Nations Industrial Development Organization (UNIDO), Agosto 2000, 27 pp.
- BUROZ C., Eduardo. *La Gestión Ambiental: Marco de referencia para las evaluaciones de impacto ambiental*. Fundación Polar, Caracas, 1998, 376 pp.
- CASANOVA, M. A. e Y. Mejías. *Estudio de alternativas para el manejo de los residuos sólidos producidos en una curtiembre*. Trabajo Especial de Grado, Escuela de Ingeniería Química, Universidad Central de Venezuela, Caracas, 2004, 126 pp.

- CEPIS – Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. **Guía Técnica para la minimización de residuos en curtiembres**. Organización Panamericana de la Salud, División de Salud y Ambiente, Lima, 1993, 71 pp.
- CEPIS – Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. **Proyecto “Prevención de la Contaminación y Eficiencia Energética en un conjunto de curtiembres de Ambato”**. Convenio OIKOS - REPAMAR – GTZ. Informe Final. Página Web consultada en Junio de 2004a: <http://www.cepis.org.pe/eswww/repamar/gtzproye/ambato/ambato.html>
- CEPIS – Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. **Prevención de la Contaminación en la Pequeña y Mediana Industria**. Página Web consultada en Agosto de 2004b: <http://www.cepis.org.pe/eswww/fulltext/epa/pcepeqind/pcpindic.html>
- CEPIS – Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. **Curtición al cromo y ecología**. Página Web consultada en Agosto de 2004c: <http://www.cepis.ops-oms.org/eswww/fulltext/repind60/cce/cce.html>
- CEPIS – Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. **Efluentes de Curtiembre. II Reutilización de licores de pelambre**. Página Web consultada en Agosto de 2004d: <http://www.cepis.ops-oms.org/eswww/fulltext/repind60/rlp/rlp.html>
- CEPIS – Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. **Proyecto Industria del Cuero en el Uruguay. Tratamiento del Cromo Residual**. Página Web consultada en Agosto de 2004e: <http://www.cepis.ops-oms.org/eswww/fulltext/repind60/pic/pic.html>
- CEPIS – Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. **Introduction of Cleaner Leather Production Methods – Prospects and Constraints**. Página Web consultada en Agosto de 2004f: <http://www.cepis.ops-oms.org/muwww/fulltext/repind60/aloy/aloy.html>
- CESPEDES – Comisión de Estudios del Sector Privado para el Desarrollo Sustentable. **Competitividad y Protección Ambiental: Iniciativa Estratégica del Sector Industrial Mexicano**. Página Web consultada en Junio de 2005a: http://www.cce.org.mx/cespedes/publicaciones/otras/comp_est/contenido.htm
- CESPEDES – Comisión de Estudios del Sector Privado para el Desarrollo Sustentable. **Política Ambiental y Ecoeficiencia en la Industria: Nuevos Desafíos en México**. Página Web consultada en Junio de 2005b: <http://www.cce.org.mx/cespedes/publicaciones/otras/PolAmbEco/indice.htm>

- CIDIAT – Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial. *Evaluación y Gestión Ambiental para la Industria*. Mérida, 2001, 339 pp.
- CITECO. Página Web consultada en Agosto de 2004: <http://www.citeco.com.br/esp/citeco.htm>
- CNPMLTA – Centro Nacional de Producción Más Limpia y Tecnologías Ambientales. *Diagnóstico e implementación de alternativas de PML en el sector de curtiembres*. Página Web consultada en Junio de 2004: http://www.cnpml.org/PDF/030624_18%20FS%20Curtitagui.pdf
- CONAMA – Comisión Nacional del Medio Ambiente. Región Metropolitana. *Guía para el Control y Prevención de la Contaminación Industrial. Curtiembre*. Chile, 1999, 74 pp. Disponible en: http://www.conama.cl/portal/1255/articles-26240_pdf_curtiembres.pdf
- CONTRERAS, E. y J. Orfao. *Estudio de alternativas para el manejo de los residuos líquidos generados en la etapa de curtido de una curtiembre*. Trabajo Especial de Grado, Escuela de Ingeniería Química, Universidad Central de Venezuela, Caracas, 2004, 167 pp.
- COTANCE - Confederation of National Associations of Tanners and Dressers of the European Community. *The European Tanning Industry Sustainability Review*. Bélgica, 2002, 96 pp. Página Web consultada en Junio de 2004: http://www.uneptie.org/outreach/wssd/docs/further_resources/related_initiatives/COTANCE/COTANCE.pdf
- CPTS – Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles. *Guía Técnica de Producción Más Limpia para Curtiembres – Bolivia*. Cámara Nacional de Industrias, Bolivia, 2003, 256 pp. Disponible en: <http://www.bolivia-industry.com/sia/prodlimp/guias/curtiembres.htm>
- CUEROAMERICA. *Venezuela. Tiempos duros, hora de cambios*. Página Web consultada en Marzo de 2005a: http://www.cueroamerica.com/noticias/venezuela_industria_curtidora.htm
- CUEROAMERICA. *Venezuela. Las curtiembres enfrentan una compleja situación*. Página Web consultada en Marzo de 2005b: http://www.cueroamerica.com/noticias/04-11-02_venezuela_curtiembres.htm
- CUERONET. *Cadena Productiva del Cuero – Introducción al Flujograma*. Página Web consultada en Abril de 2004a: www.cueronet.com/tecnica/cadena.htm

- CUERONET. *Distintos tipos de cueros y pieles*. Página Web consultada en Abril de 2004b: www.cueronet.com/tecnica/tipospieles.htm
- CUERONET. *Piel Cruda*. Página Web consultada en Abril de 2004c: www.cueronet.com/flujoograma/pielcruda_introd.htm
- CUERONET. *El Remojo*. Página Web consultada en Abril de 2004d: www.cueronet.com/flujoograma/remojo.htm
- CUERONET. *Pelambre*. Página Web consultada en Abril de 2004e: www.cueronet.com/flujoograma/pelambre.htm
- CUERONET. *Calero*. Página Web consultada en Abril de 2004f: www.cueronet.com/flujoograma/calero.htm
- CUERONET. *Descarnado*. Página Web consultada en Abril de 2004g: www.cueronet.com/flujoograma/descarnado.htm
- CUERONET. *Desencalado*. Página Web consultada en Abril de 2004h: www.cueronet.com/flujoograma/desencalado.htm
- CUERONET. *El Piquelado*. Página Web consultada en Abril de 2004i: www.cueronet.com/flujoograma/piquelado.htm
- CUERONET. *Curtido*. Página Web consultada en Abril de 2004j: www.cueronet.com/flujoograma/curtido.htm
- CUERONET. *Escurrido*. Página Web consultada en Abril de 2004k: www.cueronet.com/flujoograma/escurrido.htm
- CUERONET. *Dividido*. Página Web consultada en Abril de 2004l: www.cueronet.com/flujoograma/dividido.htm
- CUERONET. *Rebajado*. Página Web consultada en Abril de 2004m: www.cueronet.com/flujoograma/rebajado.htm
- CUERONET. *Neutralizado o Desacidulación*. Página Web consultada en Abril de 2004n: www.cueronet.com/flujoograma/neutralizado.htm
- CUERONET. *Recurtido*. Página Web consultada en Abril de 2004o: www.cueronet.com/flujoograma/recurtido.htm

- CUERONET. *Teñido*. Página Web consultada en Abril de 2004p: www.cueronet.com/flujoograma/tenido.htm
- CUERONET. *Engrase*. Página Web consultada en Abril de 2004q: www.cueronet.com/flujoograma/engrase.htm
- CUERONET. *Secado*. Página Web consultada en Abril de 2004r: www.cueronet.com/flujoograma/secado.htm
- CUERONET. *Acondicionado*. Página Web consultada en Abril de 2004s: www.cueronet.com/flujoograma/acondicionado.htm
- CUERONET. *Ablandado*. Página Web consultada en Abril de 2004t: www.cueronet.com/flujoograma/ablandado.htm
- CUERONET. *Otras operaciones previas al acabado*. Página Web consultada en Abril de 2004u: www.cueronet.com/flujoograma/otras.htm
- CUERONET. *Terminación del cuero*. Página Web consultada en Abril de 2004v: www.cueronet.com/terminacion/index.htm
- CUERONET. *Composición del acabado*. Página Web consultada en Abril de 2004w: www.cueronet.com/terminacion/composicion_acabado.htm
- CUERONET. *Medio ambiente y terminación del cuero*. Página Web consultada en Julio de 2004x: http://www.cueronet.com/tecnica/medio_ambiente_y_terminacion1.htm
- CUERONET. *¡Ahorre tiempo! ¡Reduzca desperdicios! ¡Produzca un mejor acabado!*. Página Web consultada en Julio de 2004y: http://www.cueronet.com/tecnica/mejoracabado_stahl.htm
- CYTED – Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo. *Recuperación de cromo presente en aguas de tenerías*. Ediciones CYTED, Madrid, 2001, 185 pp.
- DROR, Y. *Mejoramiento de la capacidad para gobernar en América Latina*. Página Web consultada en Junio de 2005: <http://www.clad.org.ve/fulltext/0029805.html>
- DUPONT. *Innovation & Technological Development*. Página Web consultada en Agosto de 2004: http://heritage.dupont.com/floater/fl_innovation/floater.shtml

- ENCICLOPEDIA MICROSOFT ENCARTA ONLINE. *Cuero*. Página Web consultada en Agosto de 2004: www.es.encarta.msn.com
- EFTA – Asociación Europea del Comercio Justo. *Cuero y artículo de cuero: las ganancias en divisas se pagan caro*. Anuario del Comercio Justo 1996. Página Web consultada en Junio de 2004: <http://www.eurosur.org/EFTA/c11.htm>
- EPA - Environmental Protection Agency. *An Organizational Guide to Pollution Prevention*. Oficina de Investigación y Desarrollo, Estados Unidos, 2001, 150 pp.
- FERGUSSON, A. *Notas Ambientales*. Revista Venezolana de Economía y Ciencias Sociales, 2001; 7 (1): 181 – 194.
- FERRARI, G. *La necesidad de optimizar la cooperación internacional: algunas experiencias latinoamericanas*. VIII Congreso del CLAD sobre la Reforma del Estado y la Administración Pública, Panamá, Octubre de 2003.
- FPCCI – Federation of Pakistan Chambers of Commerce & Industry. *The Leather Sector. Environmental Report*. Página Web consultada en Junio de 2004: <http://www.cpp.org.pk/etpirpt/LeatherSectorReport.pdf>
- FRENDRUP, W. *Hair-Save Unhairing Methods in Leather Processing*. United Nations Industrial Development Organization (UNIDO), Septiembre 2000, 37 pp.
- GACETA OFICIAL DE LA REPÚBLICA DE VENEZUELA N° 31004. *Ley Orgánica del Ambiente*. Caracas, 16 de Junio de 1976.
- GACETA OFICIAL DE LA REPÚBLICA DE VENEZUELA N° 4418 Extraordinario. *Decreto N° 2216: Normas para el Manejo de los Desechos Sólidos de Origen Doméstico, Comercial, Industrial o de cualquier otra naturaleza que no sean peligrosos*. Caracas, 27 de Abril de 1992.
- GACETA OFICIAL DE LA REPÚBLICA DE VENEZUELA N° 4418 Extraordinario. *Decreto N° 2217: Normas sobre el Control de la Contaminación Generada por Ruido*. Caracas, 27 de Abril de 1992.
- GACETA OFICIAL DE LA REPÚBLICA DE VENEZUELA N° 35229. *Decreto N° 2961: Sistema Nacional de Reciclaje, Tratamiento y Disposición Final de Residuales Industriales*. Caracas, 09 de Junio de 1993.
- GACETA OFICIAL DE LA REPÚBLICA DE VENEZUELA N° 4899 Extraordinario. *Decreto N° 638: Normas sobre la calidad del aire y control de la contaminación atmosférica*. Caracas, 19 de Mayo de 1995.

- GACETA OFICIAL DE LA REPÚBLICA DE VENEZUELA N° 5021 Extraordinario. *Decreto N° 883: Normas para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos.* Caracas, 18 de Diciembre de 1995.
- GACETA OFICIAL DE LA REPÚBLICA DE VENEZUELA N° 5212 Extraordinario. *Decreto N° 2289: Normas para el control y la recuperación de materiales peligrosos y el manejo de los desechos peligrosos.* Caracas, 12 de Febrero de 1998.
- GACETA OFICIAL DE LA REPÚBLICA DE VENEZUELA N° 5245. *Decreto N° 2635: Reforma Parcial del Decreto N° 2289.* Caracas, 03 de Agosto de 1998.
- GACETA OFICIAL DE LA REPÚBLICA DE VENEZUELA N° 36344. *Decreto N° 2181: Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de las Aguas de la Cuenca del Río Yaracuy.* Caracas, 28 de Noviembre de 1998.
- GACETA OFICIAL DE LA REPÚBLICA DE VENEZUELA N° 5305 Extraordinario. *Decreto N° 3219: Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de las Aguas de la Cuenca del Lago de Valencia.* Caracas, 01 de Febrero de 1999.
- GACETA OFICIAL DE LA REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA N° 36860. *Constitución de la República Bolivariana de Venezuela.* Caracas, 30 de Diciembre de 1999.
- GACETA OFICIAL DE LA REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA N° 5554 Extraordinario. *Ley sobre Sustancias, Materiales y Desechos Peligrosos.* Caracas, 13 de Noviembre de 2001.
- GACETA OFICIAL DE LA REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA N° 38068. *Ley de Residuos y Desechos Sólidos.* Caracas, 18 de Noviembre de 2004.
- GUJER, U. *Waste minimization: a major concern of the chemical industry.* Water Science & Technology. 1991; 24 (12): 43-56.
- HEIDEMANN, E. *Tecnologías Limpias en Tenería: ¿Las hay en realidad?* Asociación Uruguaya de Químicos y Técnicos de la Industria del Cuero (AUQTIC). Página Web consultada en Julio de 2004:
http://www.cueronet.com/auqtic/tecnologia/tecnologias_limpias.htm

- HERNÁNDEZ, B. *Informe Final sobre el Plan de Implementación del Proceso de Reestructuración del Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables*, Caracas, Noviembre 1998, 23 pp.
- INE – Instituto Nacional de Estadística. *Encuesta Industrial 2001 - 2002*. Abril de 2005, Venezuela.
- INEM – Internacional Network for Environmental Management. *Eco-efficiency in a Colombian Leather Tannery*. Página Web consultada en Junio de 2004: http://www.inem.org/htdocs/case_studies/curtigran.html
- KASHIWAYA, M. y K. Yoshimoto. *Tannery wastewater treatment by the oxygen activated sludge process*. Journal Water Pollution Control Federation. 1980; 52 (5): 999.
- KURARAY CO., LTD. *Kuraray Announces Renaissance in Man-Made Leather Field Development and Marketing of "Parcassio"*. Página Web consultada en Agosto de 2004: <http://www.kuraray.co.jp/en/press/2001/0912/>
- LUDVIK, J. *Chrome Management in the Tanyard*. United Nations Industrial Development Organization (UNIDO), Agosto 2000a, 40 pp.
- LUDVIK, J. *The Scope for Decreasing Pollution Load in Leather Processing*. United Nations Industrial Development Organization (UNIDO), Agosto 2000b, 34 pp.
- LUDVIK, J. *Chrome Balance in Leather Processing*. United Nations Industrial Development Organization (UNIDO), Agosto 2000c, 15 pp.
- MARN – Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. República de El Salvador. Página Web consultada en Marzo de 2003: <http://www.marn.gob.sv/psea/lineapsa.htm>
- MARN – Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales. República Bolivariana de Venezuela. *Índice Legislativo Ambiental*. Página Web consultada en Marzo de 2005: <http://www.marn.gov.ve/marn/default.asp?caso=11&idrev=28&idsec=281&idart=784>
- MARNR - Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables. *Guía para la aplicación del Decreto 638 relativo a "Normas sobre calidad de aire y control de la contaminación atmosférica"*. Dirección General Sectorial de Calidad Ambiental, Caracas, 1997a, 46 pp.

- MARNR - Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables. *Guía para la aplicación del Decreto 883 relativo a “Normas para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos”*. Dirección General Sectorial de Calidad Ambiental, Caracas, 1997b, 46 pp.
- MIC – Ministerio de Industria y Comercio – República de Paraguay. *Política Nacional Industrial desde el abordaje de una Producción más Limpia*. Página Web consultada en Junio de 2005: <http://www.mic.gov.py/ambiental/>
- MIJAYLOVA, P., G. Moeller y M. Juárez. *Alternative treatment strategy for tannery water reuse and material recovery*. Water Science & Technology. 2004; 50(2): 121.
- MMA – Ministerio del Medio Ambiente – República de Colombia. *Política Nacional de Producción más Limpia*. 1997, 52 pp.
- MONROY, N. *La Producción más Limpia y su Importancia como Estrategia de Competitividad para las Empresas Colombianas*. Introducción a la Producción Más Limpia, Escuela de Ingeniería Industrial, Universidad de Los Andes, Colombia, 2002a.
- MONROY, N. *Barreras para la aplicación de Producción más Limpia*. Introducción a la Producción Más Limpia, Escuela de Ingeniería Industrial, Universidad de Los Andes, Colombia, 2002b.
- MOPTMA – Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente. *Estudio de Minimización. Sector: Curtidos*. Subdirección General de Residuos. España, 1993.
- OCEI – Oficina Central de Estadísticas e Información. *Encuesta Industrial 1996 - 2000*. Agosto de 2002, Venezuela.
- OECD – Organization for Economic Co-operation and Development. *Industrial Water Pricing in OECD Countries*. Informe Técnico, 1999, 216 pp.
- OIKOS – Corporación de Gestión Tecnológica y Científica sobre el Ambiente. *Prevención de la contaminación en una curtiembre del Ecuador*. Casos de Aplicaciones Tecnológicas Ambientales en el Ecuador, N° 12, Ecuador, Julio 1998.
- ONUDI – Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial. *Función de los Gobiernos en la Ordenación del Medio Ambiente en el Sector Industrial*. 1994, 91 pp.

- PETA – Planta Experimental de Tratamiento de Aguas de la Universidad Central de Venezuela. *Estudio para ubicación, identificación y caracterización de efluentes líquidos industriales – Informe de Avance*. Facultad de Ingeniería, Caracas, 1982.
- PNUMA – Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. *Manual de Auditoría y Reducción de Emisiones y Residuos Industriales*. Informe Técnico N° 7, Ediciones del CEPIS, Perú, 1994, 115 pp.
- PNUMA – Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. *Producción Más Limpia: un paquete de recursos de capacitación*. Primera edición en español, Editorial Regina de los Ángeles, México, 1999.
- PROVEA – Programa Venezolano de Educación-Acción en Derechos Humanos. *Situación de los Derechos Humanos. Informe Anual*. Página Web consultada en Abril de 2005: <http://www.derechos.org/ve/publicaciones/infanual>
- RAGHAVA RAO, J., N. K. Chandrababu, C. Muralidharan, B. U. Nair, P. G. Rao y T. Ramasami. *Recouping the wastewater: a way forward for cleaner leather processing*. Journal of Cleaner Production. 2003; 11: 591 - 599.
- RAMOS, J. P. y A. Saer. *La política de producción más limpia como respuesta a la problemática ambiental y como apoyo al desarrollo sostenible*. Introducción a la Producción Más Limpia, Escuela de Ingeniería Industrial, Universidad de Los Andes, Colombia, 2002.
- RODRÍGUEZ, J. *Producción Limpia y Desarrollo*. Segundo Congreso Internacional: La Agroindustria en el Siglo XXI, Chile y el Mundo. Chile, 2001.
- RODRÍGUEZ-BECERRA, M. y G. Espinoza. *Gestión Ambiental en América Latina y el Caribe: Evolución, tendencias y principales prácticas*. Banco Interamericano de Desarrollo, 2002, 271 pp.
- SAER, A. y N. Monroy. *La problemática ambiental, sus causas y la caracterización de los sectores productivos colombianos*. Introducción a la Producción Más Limpia, Escuela de Ingeniería Industrial, Universidad de Los Andes, Colombia, 2002.
- SALAS, C. A. *Remoción y recuperación del cromo presente en el efluente de una curtiembre mediante precipitación química*. Pasantía de Investigación, Escuela de Ingeniería Química, Universidad Central de Venezuela, Caracas, 2004.

- SEPL – Secretaría Ejecutiva de Producción Limpia del Ministerio de Economía. *Uso de Tecnologías Limpias: Experiencias Prácticas en Chile*. Santiago de Chile, 2000, 41 pp.
- SREERAM, K.J. y T. Ramasami. *Sustaining tanning process through conservation, recovery and better utilization of chromium*. Resources, Conservation & Recycling. 2003; 38: 185 – 212.
- SRINIVASAN, S., E. Ravindranath y otros. *Promotion of Cleaner Production for a Cluster of Tanneries in India*. 5th Asia Pacific Roundtable on Cleaner Production, 2004. Página Web consultada en Junio de 2004:
<http://www.ensearch.org/wapi/mctxwapi.dll/getObject?mid=APRCP04&ObjID=56>
- SUNDAR, V.J., J. Raghava Rao y C. Muralidharan. *Cleaner chrome tanning – emerging options*. Journal of Cleaner Production. 2002; 10: 69-74.
- TAIWANTRADE. *Productos de caucho y plástico. Planta de producción de cuero sintético de poliuretano*. Página Web consultada en Agosto de 2004:
<http://turnkey.taiwantrade.com.tw/showpage.asp?subid=025&fdname=RUBBER+%26+PLASTICS&pagename=Planta+de+produccion+de+cuero+sintetico+de+poliuretano>
- TORRES, M. *Trabajo de Grado y Aporte al Conocimiento*. Papel de Trabajo, Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela, 1996.
- TRUJILLO, L. e I. Veneziano. *Estudio de alternativas para el manejo de los residuos líquidos generados en la etapa de ribera de una curtiembre*. Trabajo Especial de Grado, Escuela de Ingeniería Química, Universidad Central de Venezuela, Caracas, 2004, 150 pp.
- TÜNAY, O., D. Orhon y I. Kabdasli. *Pretreatment requirements for leather tanning industry wastewaters*. Water Science & Technology. 1994; 29(9): 121.
- TÜNAY, O., I. Kabdasli, D. Orhon y G. Cansever. *Use and minimization of water in leather tanning processes*. Water Science & Technology. 1999; 40(1): 237.
- UNIDO – United Nations Industrial Development Organization. *Waste Minimization in Industry*. Energy and Environment Series, N° 6/7, Austria, 1995, 30 pp.
- UNIDO – United Nations Industrial Development Organization. *Cleaner Leather Production. The Changing Environmental Image of African Tanneries*. MDC Publications, Austria, 2001, 11 pp.

- USAID – United States Agency for International Development. *Política ambiental: Lecciones aprendidas*. Informe N° 21, Agosto 2002, 241 pp.
- VAN HOOFF, B. y A. Saer. *Prácticas de Producción Más Limpia*. Introducción a la Producción Más Limpia, Escuela de Ingeniería Industrial, Universidad de Los Andes, Colombia, 2002.
- VILA, M. *La evolución de la industria de curtidos, disminución de la contaminación, sistemas de depuración, ahorro y recirculación de agua, y tecnologías emergentes*. European Science & Technology Week, Noviembre 2002. Página Web consultada en Junio de 2004: <http://www.euroleather.com/doc/Vila.pdf>
- WPCF – Water Pollution Control Federation. *Waste minimization and waste reduction*. Journal Water Pollution Control Federation. 1989; 61 (2): 184.
- YAPIJAKIS, C. *Planning for success in industrial pollution prevention programs*. 47th Purdue Industrial Waste Conference Proceedings, Lewis Publishers, USA, 1992, pp. 21-26.

ANEXOS

ANEXO I: CUESTIONARIO TÉCNICO

Estimado Señor Gerente:

En los actuales momentos, el Prof. José Francisco Fernández, líder de la línea de investigación “Producción Limpia”, que funciona en la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad Central de Venezuela, se encuentra desarrollando la Tesis de Grado titulada “**Producción Limpia: su aplicabilidad en la adecuación ambiental de la industria curtiembre venezolana**” para optar al título de Magíster Scientiarum en Ingeniería Química, trabajo tutorado por la Prof. María Esperanza Rincones, de la Planta Experimental de Tratamiento de Aguas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Central de Venezuela.

Para el logro de los objetivos planteados en este estudio, es necesario establecer las características del sector curtiembre en Venezuela, con miras a determinar si las medidas de producción limpia, aplicadas con éxito en muchas partes del mundo para la manufactura de cuero, pueden ser utilizadas en el establecimiento del cronograma de adecuación ambiental de las empresas existentes en el país, cumpliendo así con lo dispuesto en la normativa ambiental vigente. Por esta razón, es necesario contar con la mejor y más exacta información posible, la cual será manejada con la más estricta **confidencialidad**.

Con este propósito se ha diseñado el presente cuestionario, ya que la intención de esta investigación es que los resultados obtenidos sirvan fundamentalmente de **apoyo a la búsqueda de soluciones técnicas al problema ambiental**, estrechando así los lazos entre la Industria y nuestra Universidad. Queremos reiterarle que la información suministrada será manejada con suma cautela y será destinada únicamente a satisfacer los requisitos académicos que implica la presentación del Trabajo de Grado.

Entendemos que el contestar este cuestionario puede ser relativamente complicado y algo tedioso para usted. Sin embargo, es conveniente y beneficioso disponer de esta información en todo momento. Dado el formato bajo el cual se encuentra diseñado el cuestionario, lo invitamos a hacer uso del espacio que considere necesario para responder adecuadamente cada una de las preguntas que se le planteen.

Así mismo, para poder culminar el estudio y presentar los resultados del mismo antes de que culmine este año, es necesario contar con las respuestas del cuestionario a más tardar el día **Viernes 1° de Octubre de 2004**, los cuales pueden hacerse llegar de la siguiente manera:

- Vía correo electrónico: fernandj@ucv.ve / fernandez_jf@cantv.net
- Vía fax: 0212 6053178 – 0212 6053252
- Vía correo postal: Apartado Postal 47008, Los Chaguaramos, 1041-A, Caracas.

En caso de necesitar alguna aclaratoria al respecto o con referencia al cuestionario en general, le pedimos contactarnos a la brevedad posible y estaremos a su entera disposición para ayudarle. Para mayor información puede contactarnos a través de los teléfonos del Prof. José Francisco Fernández (0212 6616681 y 0416 8236147) o de la Prof. María Esperanza Rincones (0212 6053255 y 0416 6223004).

I.- Datos Generales:

Empresa:	
Dirección:	
Ciudad:	Estado:
Teléfonos:	
Fax:	
Correo Electrónico:	

Gerente General:
Teléfonos:
Correo Electrónico:

Gerente de Planta:
Teléfonos:
Correo Electrónico:

Responsable ante el MARN:
Teléfonos:
Correo Electrónico:

II.- Información ambiental:

- 1) ¿Qué problemas de contaminación enfrenta la compañía actualmente?

- 2) ¿Ha tenido o tiene quejas de vecinos?

- 3) ¿Ha recibido anteriormente o espera recibir inspecciones del Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales?

- 4) ¿Ha iniciado el proceso de adecuación ambiental? En caso de que su respuesta sea SI, ¿tiene un cronograma de adecuación ambiental aprobado? En caso de que su respuesta sea NO, ¿qué factores han impedido la adecuación ambiental de su empresa?

- 5) En caso de que su empresa NO posea una planta de tratamiento, ¿la construcción de la misma está incluida dentro de los planes de la empresa?

- 6) ¿Qué recursos estaría la compañía en condiciones de invertir para mejorar sus problemas de generación de desperdicios y contaminación ambiental?

- 7) ¿Estaría interesada su empresa en iniciar un plan de adecuación ambiental basado en el concepto de producción limpia?

III.- Datos Técnicos:

1) Indique con una X los tipos de pieles que se procesan en su empresa:

Vacunos		Reptiles	
Ovinos		Pescados	
Caprinos		Otro	
Equinos		Especifique:	

2) Liste los productos y subproductos de la compañía, indicando las cantidades producidas en los últimos doce meses, la capacidad instalada y los precios de venta promedio. Es importante que indique las unidades con las que trabaja, por ejemplo: pieles/año, TM/año, US\$/TM, Bs/Kg.

Producto o Subproducto	Capacidad instalada	Producción del último año	Precio de Venta promedio
Wet Blue			
Cuero acabado			
Carnaza			

3) ¿Tiene planeado aumentar la producción de la planta para los próximos años? Si su respuesta es SI, indique para cuáles productos o subproductos piensa hacerlo y cuál es el volumen de producción que desearía alcanzar.

4) Establezca el orden secuencial de las operaciones que se realizan en su empresa, de acuerdo al esquema propuesto a continuación:

Operación	N°	Operación	N°
Recepción		Rebajado	
Conservación (salado – secado)		Neutralizado	
Remojo		Recurtido	
Pelambre - Calero		Teñido	
Descarnado		Engrase	
Desencalado		Secado	
Rendido o purga		Acondicionado	
Desengrasado		Ablandado	
Piquelado		Esmerilado – Desempolvado	
Curtido		Acabado	
Ecurrido		Otra, especifique:	
Dividido		Otra, especifique:	
Clasificación		Otra, especifique:	

5) A continuación le pedimos tenga a bien especificar PARA CADA UNA de las operaciones señaladas en la pregunta anterior, lo siguiente:

- a) Descripción de la operación, señalando instrucciones al operador y especificación de las variables de operación.
- b) Describir las operaciones de control de calidad, así como el sistema de control de la producción.
- c) Cantidad de todos los materiales que ingresan al proceso (materia prima, agua, energía y otros insumos). No olvidar incluir enjuagues y lavados, y su periodicidad.
- d) Cantidad de materiales que salen del proceso (productos, subproductos y pérdidas, incluyendo residuos y desechos). Indicar si algún material se recicla o reutiliza.
- e) Descripción de maquinarias y equipos.

En los casos en que la información no se encuentre disponible al menos haga estimaciones. Al especificar cantidades, se debe entender que éstas deben referirse a unidades relativas (kg/h, kg/piel, p̄eles/día, litros/min, etc.). Es importante aclarar si la información es la especificada por el fabricante, medida por los técnicos de la planta o si se trata de una estimación.

6) Descripción de los servicios internos y externos que se usan en la planta, tales como generación de vapor, autogeneración de energía, recolección de basura, etc.

7) Lista de compras de materia prima, indicando costos, cantidades para los últimos doce meses y consumo de materia prima en la producción. Es importante que indique las unidades con las que trabaja, por ejemplo: US\$/TM, Bs/Kg, pieles/año, TM/año.

Materia Prima	Costo promedio	Compras del último año	Consumo para la producción

8) Lista de compras de productos químicos e insumos en general, indicando costos, cantidades para los últimos doce meses y consumo de dichos insumos para la producción. En el caso de productos químicos cuya composición química se desconozca, favor especificar el nombre comercial y el fabricante. Es importante que indique las unidades con las que trabaja, por ejemplo: US\$/TM, Bs/Kg, Kg/año, TM/año.

Productos químicos o Insumos	Costo promedio	Compras del último año	Consumo para la producción

Productos químicos o Insumos	Costo promedio	Compras del último año	Consumo para la producción

9) Detalle de los servicios públicos utilizados durante los últimos doce meses, para agua, electricidad, gas natural, diesel, gasolina, etc. Deberá especificar la cantidad consumida, así como el monto pagado. Es importante que indique las unidades con las que trabaja, por ejemplo: m³/año, kWh/año, MMPC/año, TM/año, US\$/año, Bs/año.

Servicio	Descripción	Consumo	Costo
Agua	Surtida por hidrológica		
	De pozo		
	Otras fuentes		
Electricidad	Red eléctrica		
	Autogenerada		
	Otras fuentes		
Combustibles	Gas Natural		
	Gasolina		
	Diesel		
	Otros		

10) Si su empresa posee planta de tratamiento de aguas residuales, describa los procesos relevantes en orden sucesivo, indicando el tipo de tratamiento que se realiza.

11) Información referente a aguas residuales. Favor incluir en esta información solicitada copias de los análisis de laboratorio más representativos, en caso de disponerlos.

12) Detalle de la situación de su empresa en relación a las descargas sólidas, indicando cantidades generadas por año y el costo asociado a los servicios de

recolección de basura, al costo de deshacerse de los desechos sólidos, incluyendo los posibles ingresos por venta de residuos u otros similares. Es importante que indique las unidades con las que trabaja, por ejemplo: Kg/año, TM/año, US\$/TM, Bs/Kg.

Desecho sólido	Cantidad generada	Servicio / Destino	Costo o Ingreso
Carniccio			
Virutas			
Retazos			
Lodos			
Basura común			

13) Descripción del calendario de la empresa, incluyendo una estimación total de días trabajados en los doce meses pasados, cantidad de turnos por día, días por semana y horas por día. Explicar el régimen de vacaciones y si es el caso, cuánto tiempo se para la planta en un año por feriados y/o por mantenimiento preventivo.

14) Incluya información sobre su personal: cantidad de ingenieros, técnicos y obreros, así como otros datos pertinentes, tales como políticas de contratación, trabajadores eventuales, capacitación, medidas de seguridad, etc.

IV.- Datos de la persona que respondió el cuestionario:

Nombre:
Cargo:
Teléfonos:
Correo Electrónico:

ANEXO II: BALANCE DE MATERIALES

En las próximas tablas se desglosa, en forma detallada, el balance de materiales.

Tabla N° 71: Contabilización detallada de entradas en la etapa de ribera.

	CONCEPTO	CANTIDAD (kg)
	Pieles saladas	1.000,00
	Agua	400,00
	Colágeno	280,00
	Sal	200,00
	Carne – subcutáneo	60,00
	Pelo – epidermis	55,00
	Sucio – sangre	5,00
MATERIA PRIMA	Agua de proceso	27.500,00
	Pre – remojo	3.000,00
	Remojo	4.500,00
	Pelambre – calero	3.000,00
	Lavado de pelambre	6.000,00
	Descarnado	4.000,00
	Desencalado – purga	4.000,00
	Lavado de desencalado	3.000,00
	Tensoactivos	3,00
	Sulfuro de sodio	25,50
	Hidróxido de calcio	40,00
INSUMOS	Sales de amonio	35,00
	Ácidos débiles	8,00
	Enzimas	5,00

Tabla N° 72: Contabilización detallada de salidas de la etapa de ribera.

CONCEPTO		CANTIDAD (kg)
	Pieles en tripa	1.100,00
PRODUCTOS	Agua	838,00
	Colágeno	262,00
	Carniccio	300,00
	Agua	240,00
RESIDUOS	Carne - subcutáneo	60,00
SÓLIDOS	Recortes	100,00
	Agua	75,00
	Colágeno	18,00
	Pelo - epidermis	7,00
	Efluente Remojo	7.708,00
	Agua	7.500,00
	Sal	200,00
	Sucio – sangre	5,00
RESIDUOS	Tensoactivo	3,00
LÍQUIDOS	Efluente Pelambre -Calero	12.360,50
	Agua	12.247,00
	Pelo – epidermis	48,00
	Hidróxido de calcio	40,00
	Sulfuro de sodio	25,50
	Efluente Desencalado	7.048,00
	Agua	7.000,00
	Sales de amonio	35,00
	Ácidos débiles	8,00
	Enzimas	5,00

Tabla N° 73: Contabilización detallada de entradas de la etapa de curtido.

	CONCEPTO	CANTIDAD (kg)
	Piel en tripa	1.100,00
	Agua	838,00
	Colágeno	262,00
MATERIA	Agua de proceso	3.295,00
PRIMA	Piquelado	1.100,00
	Curtido	1.320,00
	Neutralizado – flor	262,00
	Neutralizado – carnaza	88,00
	Lavado	525,00
	Sal	55,00
	Ácidos	22,00
INSUMOS	Sulfato de cromo	88,00
	Basificante	7,70
	Bicarbonato	5,25
	Formiato	5,25

Tabla N° 74: Contabilización detallada de salidas de la etapa de curtido.

CONCEPTO		CANTIDAD (kg)	
PRODUCTOS	Flor	262,00	
	Agua	131,00	
	Colágeno	119,00	
	Complejo de cromo	12,00	
	Carnaza	88,00	
	Agua	44,00	
	Colágeno	40,00	
	Complejo de cromo	4,00	
	RESIDUOS SÓLIDOS	Recortes	126,50
		Agua	63,00
Colágeno		58,00	
Complejo de cromo		5,50	
Virutas		99,00	
Agua		49,50	
Colágeno		45,00	
Complejo de cromo		4,50	
RESIDUOS LÍQUIDOS		Efluente combinado	3.782,70
		Agua	3.625,50
	Sulfato de cromo	62,00	
	Sal	55,00	
	Ácidos	22,00	
	Basificante	7,70	
	Bicarbonato	5,25	
	Formiato	5,25	
	Agua de escurrido	220,00	

Tabla N° 75: Contabilización detallada de entradas de la etapa de post-curtido.

CONCEPTO	CANTIDAD (kg)	
	FLOR	CARNAZA
Producto wet blue	262,00	88,00
Agua	131,00	44,00
Colágeno	119,00	40,00
MATERIA Complejo de cromo	12,00	4,00
PRIMA Agua de proceso	6.536,90	2.195,60
Recurtido	1.493,40	501,60
Teñido y engrasado	563,30	189,20
Lavado	4.480,20	1504,80
Sulfato de cromo	13,00	---
Curtiente vegetal	20,00	5,30
INSUMOS Aceites	15,00	6,20
Pigmentos	4,00	1,30
Ácidos	4,00	1,30

Tabla N° 76: Contabilización detallada de salidas de la etapa de post-curtido.

CONCEPTO		CANTIDAD (kg)	
		FLOR	CARNAZA
Semiacabado		190,00	59,00
	Colágeno	116,00	37,00
	Agua	29,00	8,10
PRODUCTO	Complejo de cromo	15,00	3,80
	Curtiente vegetal	15,00	3,80
	Aceites	12,00	5,20
	Pigmentos	3,00	1,10
Fibras de cuero		5,00	3,40
RESIDUOS	Colágeno	3,00	3,00
SÓLIDOS	Complejo de cromo	1,00	0,20
	Curtiente vegetal	1,00	0,20
Efluente combinado		6.300,60	2.094,10
	Agua	6.279,60	2.090,30
RESIDUOS	Sulfato de cromo	9,00	---
LÍQUIDOS	Curtiente vegetal	4,00	1,30
	Ácidos	4,00	1,30
	Aceites	3,00	1,00
	Pigmentos	1,00	0,20
PÉRDIDAS			
AL	Agua evaporada	359,30	141,20
AMBIENTE			

Tabla N° 77: Contabilización detallada de entradas de la etapa de acabado.

CONCEPTO		CANTIDAD (kg)	
		FLOR	CARNAZA
MATERIA	Producto semiacabado	190,00	59,00
PRIMA	Agua de proceso	1.144,60	355,40
	Impregnación	35,26	---
	Materia seca	3,53	---
	Solvente	0,00	---
	Agua	31,73	---
	Base coat 250 g/m²	---	15,26
	Materia seca	---	1,53
	Solvente	---	3,05
	Agua	---	10,68
INSUMOS	Base coat 100 g/m²	14,11	---
	Materia seca	3,53	---
	Solvente	9,45	---
	Agua	1,13	---
	Base coat 80 g/m²	11,28	4,88
	Materia seca	2,82	0,49
	Solvente	7,56	4,29
	Agua	0,90	0,10
	Top spray	14,10	6,10
	Materia seca	0,85	1,22
	Solvente	11,84	4,76
	Agua	1,41	0,12

Tabla N° 78: Contabilización detallada de salidas de la etapa de acabado.

CONCEPTO		CANTIDAD (kg)	
		FLOR	CARNAZA
	Acabado	195,00	61,00
PRODUCTO	Semiacabado	185,25	57,95
	Materia seca	9,75	3,05
	Recortes	3,00	0,88
RESIDUOS	Semiacabado	2,85	0,84
	Materia seca	0,15	0,04
SÓLIDOS	Polvo	1,00	0,00
	Semiacabado	0,95	0,00
	Materia seca	0,05	0,00
RESIDUOS LÍQUIDOS	Efluente combinado	1.145,04	354,97
	Acabado	65,31	23,79
PÉRDIDAS	Materia seca	1,29	0,79
AL AMBIENTE	Solvente	28,85	12,10
	Agua	35,17	10,90

Tabla N° 79: Contabilización detallada de entradas a la planta de tratamiento.

	CONCEPTO	CANTIDAD (kg)
	Efluentes líquidos	41.013,91
MATERIA PRIMA	Remojo	7.708,00
	Pelambre – Calero	12.360,50
	Desencalado	7.048,00
	Curtido	4.002,70
	Post-curtido Flor	6.300,60
	Post-curtido Carnaza	2.094,10
	Acabado Flor	1.145,04
	Acabado Carnaza	354,97
	Cal	92,00
	<i>Concentración de H+</i>	<i>7,94E-5</i>
	<i>Moles de H+ presentes</i>	<i>3,28</i>
	<i>Moles de CaO necesarios</i>	<i>1,64</i>
	Sulfato de hierro	68,40
INSUMOS	<i>Sulfuros a remover</i>	<i>9,60</i>
	<i>Cantidad de sulfato estequiométrica</i>	<i>45,60</i>
	Oxígeno	89,32
	<i>DBO a remover – precipitación</i>	<i>85,80</i>
	<i>DBO removida – precipitación</i>	<i>42,90</i>
	<i>Oxígeno necesario – precipitación</i>	<i>39,90</i>
	<i>DBO a remover – tto. biológico</i>	<i>42,90</i>
	<i>DBO removida – tto. biológico</i>	<i>41,18</i>
<i>Oxígeno necesario – tto. biológico</i>	<i>49,42</i>	

Tabla N° 80: Contabilización detallada de salidas de la planta de tratamiento.

	CONCEPTO	CANTIDAD (kg)
	Efluente final	40.814,17
PRODUCTO	Aceites y grasas	0,37
	Cloruros	159,9
	DBO	1,72
	DQO	14,45
	Nitrógeno total	3,11
	Sólidos suspendidos	3,82
	Sulfatos totales	101,55
	<i>Sulfatos presentes</i>	72,75
	<i>Sulfatos producto precipitación</i>	28,80
	Lodo desbaste – igualación	95,80
	Sólidos sedimentables	3,80
	Cal	92,00
	Lodo precipitación	322,14
RESIDUOS SÓLIDOS	Aceites y grasas	16,47
	Cromo	18,01
	DQO	166,75
	Sólidos suspendidos	71,71
	Sulfuro de hierro formado	26,40
	Sulfato de hierro en exceso	22,80
	Lodo biológico	31,52
	<i>Aceites y grasas a remover</i>	1,83
	Aceites y grasas removidos	1,46
<i>DBO removida</i>	41,18	
	Lodo formado - remoción de DBO	30,06

ANEXO III: BALANCES FINANCIEROS

En las próximas tablas se desglosan, en forma detallada, el balance de ganancias y pérdidas y el cálculo de la estructura de costos del sector curtiembre.

Tabla N° 81: Balance detallado de ganancias y pérdidas.

Año	1996	1997	1999	2000	2001	2002
Ingresos						
Valor total de las ventas	\$68.251.293,91	\$82.730.115,23	\$58.977.256,07	\$12.485.597,05	\$13.093.908,83	\$ 6.936.436,54
Ingresos productivos característicos	\$11.518.155,46	\$ 1.739.677,44	\$ 3.246.301,80	\$ 2.100.653,01	\$ 1.425.117,80	\$ 1.034.164,26
Ingresos productivos no característicos	\$ 119.506,88	\$ 1.749.927,34	\$ 992.705,96	\$ 291.054,96	\$ 4,15	\$ 120,59
Ingresos financieros no productivos	\$ 272.614,65	\$ 142.305,41	\$ 417.194,98	\$ 351,51	\$ 1.236.001,22	\$ 3.647,87
TOTAL INGRESOS	\$80.161.570,90	\$86.362.025,42	\$63.633.458,81	\$14.877.656,52	\$15.755.031,99	\$ 7.974.369,27
Egresos						
Sueldos y salarios pagados	\$ 4.334.001,05	\$ 5.343.232,57	\$ 7.127.343,57	\$ 1.852.643,65	\$ 2.095.373,58	\$ 1.447.166,54
Costo de la mano de obra en la industria	\$ 8.492.725,36	\$ 8.477.359,34	\$11.322.582,14	\$ 3.163.260,92	\$ 3.306.134,01	\$ 2.407.399,97
Depreciación anual	\$ 1.183.251,07	\$ 1.284.011,13	\$ 755.106,49	\$ 266.961,30	\$ 229.905,90	\$ 197.441,75
Egresos por servicios recibidos	\$11.965.050,08	\$14.135.706,83	\$ 8.799.260,36	\$ 1.765.305,25	\$ 1.899.618,61	\$ 1.076.127,31
Egresos financieros de la industria	\$ 4.001.727,61	\$ 6.760.232,51	\$ 3.256.693,08	\$ 91.191,74	\$ 179.812,62	\$ 176.598,48
Materia prima consumida	\$42.800.242,01	\$45.086.268,65	\$32.731.725,28	\$ 7.115.953,11	\$ 7.369.095,03	\$ 2.988.478,40
Consumo de combustibles y lubricantes	\$ 487.410,74	\$ 530.782,46	\$ 254,25	\$ 31.690,03	\$ 70.852,74	\$ 30.682,63
Valor de la energía eléctrica comprada	\$ 979.069,82	\$ 1.293,52	\$ 1.213,47	\$ 234.385,89	\$ 168.842,15	\$ 90.001,29
Consumo de agua	\$ 62.862,41	\$ 68.400,91	\$ 88.841,01	\$ 31.400,29	\$ 1.238,13	\$ 851,89
TOTAL EGRESOS	\$74.306.340,15	\$81.687.287,91	\$64.083.019,65	\$14.552.792,20	\$15.320.872,77	\$ 8.414.748,27
Balance de ganancias y pérdidas						
INGRESOS - EGRESOS	\$ 5.855.230,75	\$ 4.674.737,51	\$ (449.560,84)	\$ 324.864,32	\$ 434.159,22	\$ (440.379,00)

Tabla N° 82: Estructura de costos detallada del sector curtiembre.

Año	1996	1997	1999	2000	2001	2002
Valor de las ventas internas	\$66.779.369,34	\$77.207.085,70	\$54.047.160,31	\$12.041.583,69	\$10.205.487,31	\$5.060.708,90
Valor de las exportaciones	\$ 1.471.924,57	\$ 5.523.029,53	\$ 4.930.095,76	\$ 444.013,35	\$ 2.888.421,52	\$1.875.727,64
Valor total de las ventas	\$68.251.293,91	\$82.730.115,23	\$58.977.256,07	\$12.485.597,05	\$13.093.908,83	\$6.936.436,54
Materia prima consumida	\$42.800.242,01	\$45.086.268,65	\$32.731.725,28	\$ 7.115.953,11	\$ 7.369.095,03	\$2.988.478,40
Costo de la mano de obra de la industria	\$ 8.492.725,36	\$ 8.477.359,34	\$11.322.582,14	\$ 3.163.260,92	\$ 3.306.134,01	\$2.407.399,97
Costo de las ventas	\$51.292.967,36	\$53.563.627,99	\$44.054.307,41	\$10.279.214,04	\$10.675.229,04	\$5.395.878,38
Beneficio Bruto en ventas	\$16.958.326,54	\$29.166.487,24	\$14.922.948,65	\$ 2.206.383,01	\$ 2.418.679,78	\$1.540.558,16
Sueldos y salarios pagados	\$ 4.334.001,05	\$ 5.343.232,57	\$ 7.127.343,57	\$ 1.852.643,65	\$ 2.095.373,58	\$1.447.166,54
Depreciación anual	\$ 1.183.251,07	\$ 1.284.011,13	\$ 755.106,49	\$ 266.961,30	\$ 229.905,90	\$ 197.441,75
Egresos por servicios recibidos	\$11.965.050,08	\$14.135.706,83	\$ 8.799.260,36	\$ 1.765.305,25	\$ 1.899.618,61	\$1.076.127,31
Consumo de combustibles y lubricantes	\$ 487.410,74	\$ 530.782,46	\$ 254,25	\$ 31.690,03	\$ 70.852,74	\$ 30.682,63
Valor de la energía eléctrica comprada	\$ 979.069,82	\$ 1.293,52	\$ 1.213,47	\$ 234.385,89	\$ 168.842,15	\$ 90.001,29
Consumo de agua	\$ 62.862,41	\$ 68.400,91	\$ 88.841,01	\$ 31.400,29	\$ 1.238,13	\$ 851,89
Gastos de Administración y Producción	\$19.011.645,18	\$21.363.427,41	\$16.772.019,15	\$ 4.182.386,42	\$ 4.465.831,11	\$2.842.271,42
Ingresos productivos característicos	\$11.518.155,46	\$ 1.739.677,44	\$ 3.246.301,80	\$ 2.100.653,01	\$ 1.425.117,80	\$1.034.164,26
Ingresos productivos no característicos	\$ 119.506,88	\$ 1.749.927,34	\$ 992.705,96	\$ 291.054,96	\$ 4,15	\$ 120,59
Otros ingresos	\$11.637.662,34	\$ 3.489.604,78	\$ 4.239.007,76	\$ 2.391.707,97	\$ 1.425.121,95	\$1.034.284,85
Beneficio antes de intereses e impuesto	\$ 9.584.343,70	\$11.292.664,61	\$ 2.389.937,26	\$ 415.704,56	\$ (622.029,38)	\$ (267.428,40)
Ingresos financieros no productivos	\$ 272.614,65	\$ 142.305,41	\$ 417.194,98	\$ 351,51	\$ 1.236.001,22	\$ 3.647,87
Egresos financieros de la industria	\$ 4.001.727,61	\$ 6.760.232,51	\$ 3.256.693,08	\$ 91.191,74	\$ 179.812,62	\$ 176.598,48
Ingresos (egresos) financieros netos	\$ (3.729.112,95)	\$ (6.617.927,10)	\$ (2.839.498,10)	\$ (90.840,23)	\$ 1.056.188,59	\$ (172.950,60)
Beneficio antes de impuestos	\$ 5.855.230,75	\$ 4.674.737,51	\$ (449.560,84)	\$ 324.864,32	\$ 434.159,22	\$ (440.379,00)

Tabla N° 83: Estructura detallada de costos en términos porcentuales.

Año	1996	1997	1999	2000	2001	2002	Media
Valor de las ventas internas	97,84%	93,32%	91,64%	96,44%	77,94%	72,96%	88,36%
Valor de las exportaciones	2,16%	6,68%	8,36%	3,56%	22,06%	27,04%	11,64%
Valor total de las ventas	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
Materia prima consumida	62,71%	54,50%	55,50%	56,99%	56,28%	43,08%	54,84%
Costo de la mano de obra de la industria	12,44%	10,25%	19,20%	25,34%	25,25%	34,71%	21,20%
Costo de las ventas	75,15%	64,75%	74,70%	82,33%	81,53%	77,79%	76,04%
Beneficio Bruto en ventas	24,85%	35,25%	25,30%	17,67%	18,47%	22,21%	23,96%
Sueldos y salarios pagados	6,35%	6,46%	12,08%	14,84%	16,00%	20,86%	12,77%
Depreciación anual	1,73%	1,55%	1,28%	2,14%	1,76%	2,85%	1,88%
Egresos por servicios recibidos	17,53%	17,09%	14,92%	14,14%	14,51%	15,51%	15,62%
Consumo de combustibles y lubricantes	0,71%	0,64%	0,00%	0,25%	0,54%	0,44%	0,43%
Valor de la energía eléctrica comprada	1,43%	0,00%	0,00%	1,88%	1,29%	1,30%	0,98%
Consumo de agua	0,09%	0,08%	0,15%	0,25%	0,01%	0,01%	0,10%
Gastos de Administración y Producción	27,86%	25,82%	28,44%	33,50%	34,11%	40,98%	31,78%
Ingresos productivos característicos	16,88%	2,10%	5,50%	16,82%	10,88%	14,91%	11,18%
Ingresos productivos no característicos	0,18%	2,12%	1,68%	2,33%	0,00%	0,00%	1,05%
Otros ingresos	17,05%	4,22%	7,19%	19,16%	10,88%	14,91%	12,23%
Beneficio antes de intereses e impuesto	14,04%	13,65%	4,05%	3,33%	-4,75%	-3,86%	4,41%
Ingresos financieros no productivos	0,40%	0,17%	0,71%	0,00%	9,44%	0,05%	1,80%
Egresos financieros de la industria	5,86%	8,17%	5,52%	0,73%	1,37%	2,55%	4,03%
Ingresos (egresos) financieros netos	-5,46%	-8,00%	-4,81%	-0,73%	8,07%	-2,49%	-2,24%
Beneficio antes de impuestos	8,58%	5,65%	-0,76%	2,60%	3,32%	-6,35%	2,17%

Tabla N° 84: Financiamiento necesario para la adecuación ambiental: estructura de costos promedio .

Tabla N° 85: Financiamiento necesario para la adecuación ambiental: estructura de costos ajustada.