ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

“DISEÑO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE ADHESIVOS ORGÁNICOS PARA CARPINTERÍA UTILIZANDO RESIDUOS PROVENIENTES DE LA ETAPA DEL DIVIDIDO RECUPERADOS EN LA TENERÍA DÍAZ COMPAÑÍA LIMITADA”

Trabajo de Titulación

Tipo: Técnico

Presentado para el grado académico de:

INGENIERO QUÍMICO

AUTOR: JUAN SANTIAGO HIDALGO VITERI

TUTOR: ING. M.C. CESAR ARTURO PUENTE GUIJARRO

Riobamba-Ecuador

2018

©2017, Juan Santiago Hidalgo Viteri

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

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

´

El Tribunal de Tesis certifica que: El Trabajo de Investigación:

"DISEÑO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE ADHESIVOS ORGÁNICOS PARA CARPINTERÍA UTILIZANDO RESIDUOS PROVENIENTES DE LA ETAPA DEL DIVIDIDO RECUPERADOS EN LA TENERÍA DÍAZ COMPAÑÍA LIMITADA", de responsabilidad del señor Juan Santiago Hidalgo Viteri, ha sido minuciosamente revisado por los miembros del Tribunal de Tesis, quedando autorizada para su presentación.

DIRECTOR DE TESIS	_____	_____
Ing. Cesar Puente. PhD		
MIEMBRO DEL TRIBUNAL	_____	_____
Ing. Mario Villacrés		
MIEMBRO DEL TRIBUNAL	_____	_____
Ing. Paul Palmay		
DOCUMENTALISTA	_____	_____
SISBIB ESPOCH		

Yo, Juan Santiago Hidalgo Viteri soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Juan Santiago Hidalgo Viteri

DEDICATORIA

A Dios por permitirme cada día levantarme y tener en mente mi propósito y darme su compañía todos los días, a mi padre y a mi madre que han servido de pilar para mi formación emocional y darme los valores necesarios para hoy culminar mi carrera profesional, a mi mamasita (+) que desde el cielo estará guiando mis pasos que este siempre en la gloria de Dios y me proteja en esta nueva etapa de mi vida, a mi hermano Luis que ha sabido servir de ejemplo en su desarrollo profesional como ingeniero químico, a mi hermano Javi que con su compañía y su tiempo ha permitido que cumpla mis metas, a mis amigos, compañeros e ingenieros que me han acompañado a lo largo de esta etapa llena de bendiciones y dificultades, a mi negrita que con su compañía me ayudado a cumplir los sueños que muchas veces parecían imposibles, y a tantas otras personas que han hecho que esta etapa aunque dura siempre la pueda afrontar con sabiduría y alegría, un Dios les pague a todas las personas.

AGRADECIMIENTO

A Dios que me ha dado luz y la inteligencia para realizar esta investigación, a mis padres que me acompañaron a lo largo del desarrollo de este trabajo, a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, que me ha dado los conocimientos y me ha preparado para ser un gran profesional, al Ing. Cesar Puente e Ing. Mario Villacrez que me guiaron en la realización del presente y a todas las personas que me apoyaron con las ideas que se plasmaron a continuación.

TABLA DE CONTENIDO

		Pág.
RESUMEN……		xiii
ABSTRACT……..		xiv
CAPITULO 1		
1.	**DIAGNOSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA……**	1
1.1.	**Identificación del Problema……..**	1
1.2.	**Justificación del problema…….**	3
1.3.	**Línea Base del Proyecto…….**	5
1.3.1.	***Antecedentes de la Industria……....***	5
1.3.1.1.	*Producción de la empresa……..*	5
1.3.2.	***Marco Conceptual……***	20
1.3.2.1.	*La piel……*	20
1.3.2.1.1.	*Estructura de la piel ……..*	20
1.3.2.1.1.1.	*Epidermis……..*	21
1.3.2.1.1.2.	*Dermis……*	21
1.3.2.1.1.3.	*Tejido subcutáneo……*	22
1.3.2.1.2.	*Nomenclatura y pesos de las pieles en la industria de la curtiembre……..*	22
1.3.2.1.3.	*Calidad de las pieles……..*	23
1.3.2.1.4.	*Ataque bacteriano en flor de bovino……..*	24
1.3.2.1.5.	*Química de la piel……..*	24
1.3.2.1.5.1.	*Composición……*	24
1.3.2.1.5.2.	*Aminoácidos y proteínas de la piel……*	25
1.3.2.1.5.3.	*Estructura y características del colágeno……*	26
1.3.2.1.5.4.	*Punto Isoeléctrico……..*	28
1.3.2.1.5.5.	*Hinchamiento……*	28
1.3.2.1.5.6.	*Desnaturalización……*	29
1.3.2.1.5.7.	*Adhesivos orgánicos……*	29
1.3.2.1.5.8.	*Modelo de adhesión mecánica……..*	31
1.4.	**Beneficiario directo e indirecto……**	32
1.4.1.	***Beneficiario Indirecto……***	32
1.4.2.	***Beneficiarios Indirectos……..***	33
CAPITULO II.		
2.	**OBJETIVOS DEL PROYECTO……..**	34
2.1.	**Objetivo General…….**	34
2.2.	**Objetivos Específicos……..**	34

CAPITULO III

3.1.	**ESTUDIO TÉCNICO PRELIMINAR……**	35
3.1.1.	***Localización del proyecto……...***	35
3.2.	**INGENIERIA DEL PROYECTO……**	36
3.2.1.	***Tipo de Estudio……...***	36
3.2.2.	***Métodos y Técnicas……..***	37
3.2.2.1.	*Métodos……..*	37
3.2.2.2.	*Técnicas……*	38
3.2.2.2.1.	*Muestreo……..*	38
3.2.2.2.1.	*Equipos, Materiales y Reactivos……..*	41
3.2.2.2.	*Caracterización de la muestra……..*	41
3.2.2.2.1.	*Determinación de humedad……..*	41
3.2.2.2.2.	*Determinación del contenido graso……*	43
3.2.2.2.3.	*Caracterización del producto terminado……*	45
3.2.2.2.3.1.	*Determinación de la viscosidad……..*	45
3.2.2.2.3.2.	*Determinación del porcentaje de cenizas……..*	47
3.2.2.2.3.3.	*Determinación de la resistencia a la fatiga por esfuerzo de cizalla de adhesivos estructurales……..*	47
3.2.3.	***Caracterización de la materia prima……***	48
3.2.3.1.	*Determinación de la humedad……..*	48
3.2.3.2.	*Determinación del contenido de materia grasa……*	49
3.2.4.	***Determinacion del volumen de materia prima……***	50
3.2.5.	***Ensayos a nivel de laboratorio para la elaboración de adhesivos orgánicos……***	55
3.2.5.1.	*Descripcion del proceso de produccion a nivel de laboratorio……..*	55
3.2.6.	***Resultados de los ensayos en el laboratorio……....***	57
3.2.6.1	*Viscocidad……*	57
3.2.6.2.	*Contenido de Cenizas……..*	58
3.2.6.3	*pH……..*	60
3.2.6.4.	*Rendimiento a las pruebas de calidad……..*	61
3.2.6.5.	*Resistencia a la ruptura por cizalla……*	62
3.2.7.	***Operaciones Unitarias del proceso productivo……***	64
3.2.7.1.	*Mezclado……..*	64
3.2.7.2.	*Lavado……..*	64
3.2.7.3.	*Extracción solido-liquido……..*	64
3.2.7.4.	*Produccion de calor……..*	65
3.2.8.	***Variables del proceso……..***	65
3.2.9.	***Balance de masa para las etapas productivas……..***	67

3.2.9.1. *Datos obtenidos experimentalmente para el balance de masa……* 67
3.2.9.2. *Calculos para el balance de masa…….* 69
3.2.9.2.1. *Calculos de balance de masa en la etapa de encalado……* 69
3.2.9.2.2. *Balance de masa para el proceso de desencalado……..* 77
3.2.9.2.3. *Calculos de balance de masa en la etapa de extraccion……* 84
3.2.9.3. *Calculos de balance de energia en el extractor……* 89
3.2.9.4. *Calculos de Ingenieria……..* 92
3.2.9.4.1. *Diseño del tanque de agitado……* 94
3.2.8.4.2. *Diseño del extractor solido-liquido……* 98
3.2.9.4.3. *Resultado de los calculos de diseño……* 116
3.3. **Proceso de producción……...** 117
3.3.1. ***Materia Prima, Reactivos, Aditivos e Insumos……...*** 117
3.3.2. ***Diagrama del proceso de elaboracion de adhesivos organicos……...*** 118
3.4. **Distribución de la planta……** 120
3.4.1. ***Descripción de las áreas……...*** 120
3.5. **Presupuesto……** 121
3.5.1. ***Presupuesto de los equipos……...*** 121
3.5.2. ***Presupuesto de materia prima……..*** 123
3.5.3. ***Presupuesto para los análisis de laboratorio……...*** 123
3.5.4. ***Presupuesto de mano de obra……..*** 123
3.5.5. ***Presupuesto para la implementación del proceso de producción de adhesivos……*** 124
3.6. **Cálculos del beneficio-costo……** 124
ANÁLISIS DE RESULTADOS…… 125
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES……... 128
Conclusiones……... 128
Recomendaciones……... 129
BIBLIOGRAFÍA
ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Etapas de producción del Cuero en la "Curtiembre Díaz Compañía Limitada"……. 11

Tabla 2-1: Funciones de la piel……... 22

Tabla 1-3: Condiciones Meteorológicas del Cantón Riobamba…….. 35

Tabla 2-3: Planificación del muestro semanal……. 40

Tabla 3-3: Materiales y Equipos para la recolección de la muestra…… 41

Tabla 4-3: Procedimiento Utilizado para la determinación del contenido de humedad de las muestras…… 42

Tabla 5-3: Procedimiento Utilizado para la determinación del contenido de materia grasa de las muestras……... 44

Tabla 6-3: Técnica utilizada para la determinación de la viscosidad de los adhesivos orgánicos de acuerdo a la norma NTE INEN 1013…… 46

Tabla 7-3: Técnica utilizada para la determinación del contenido de los adhesivos orgánicos de acuerdo a la norma NTE INEN 1954…… 47

Tabla 8-3: Técnica utilizada para la determinación de la resistencia a la ruptura en cizalla de los adhesivos orgánicos de acuerdo a la norma ISO 4587:2003 48

Tabla 9-3: Contenido de humedad de las muestras de residuos de la etapa del dividido 49

Tabla 10-3: Contenido de materia grasa de las muestras de residuos de la etapa del dividido…….. 50

Tabla 11-3: Datos de cantidad de pieles curtidas mensualmente en el año 2017…… 51

Tabla 12-3: Datos para el cálculo del peso de residuos generados en la etapa de dividido en la curtiembre "Días Compañía Limitada"…….. 52

Tabla 13-3: Datos del flujo másico de residuos de la etapa del dividido generados en los meses de Noviembre y Diciembre recogidos en la curtiembre "Días Compañía Limitada"……... 54

Tabla 14-3: Error calculado para el flujo de residuos sólidos generados en la curtiembre "Días Compañía Limitada"……. 54

Tabla 15-3: Materiales, equipos y reactivos utilizados en el proceso de obtención de adhesivos orgánicos a escala de laboratorio…….. 55

Tabla 16-3: Análisis de la varianza de las medias a la prueba viscosidad en el proceso de obtención de adhesivos orgánicos…… 58

Tabla 17-3: Análisis de la varianza de las medias a la prueba contenido de cenizas en el proceso de obtención de adhesivos orgánicos……... 59

Tabla 18-3: Análisis de la varianza de las medias a la prueba pH en el proceso de obtención de adhesivos orgánicos……. 60
Tabla 19-3: Análisis de la varianza de las medias a la prueba rendimiento en el proceso de obtención de adhesivos orgánicos……... 61
Tabla 20-3: Análisis de la varianza de las medias a la prueba viscosidad en el proceso de obtención de adhesivos orgánicos…… 63
Tabla 21-3: Variables de proceso……. 65
Tabla 22-3: Datos Experimentales obtenidos en la producción de adhesivos orgánicos a partir de los residuos generados en la curtiembre "Días Compañía Limitada"…… 68
Tabla 23-3: Constantes empleadas para el cálculo del balance de energía…….. 89
Tabla 24-3: Datos adicionales para el cálculo del balance de energía……. 89
Tabla 25-3: Características del tanque de agitado…… 93
Tabla 26-3: Características del tanque de agitado…… 93
Tabla 27-3: Valores experimentales para la extracción de adhesivos…….. 102
Tabla 28-3: Dimensionamiento del equipo de mezclado…… 116
Tabla 29-3: Dimensionamiento del equipo de extracción……... 117
Tabla 30-3: Materia Prima, Insumos, reactivos, Aditivos e Insumos ocupados en el proceso productivo…… 118
Tabla 31-3: Presupuesto de los equipos para la producción de adhesivos orgánicos…. 122
Tabla 32-3: Costos de materia prima e insumos…….. 123
Tabla 33-3: Costos de análisis de laboratorio…….. 123
Tabla 34-3: Costos de mano de obra ……... 123
Tabla 35-3: Costos de Administración……. 124
Tabla 36-3: Presupuesto para la implementación del proceso de producción de adhesivos……... 124
Tabla 37-3: Relación Beneficio costo de la producción de adhesivos orgánicos…… 125

ÍNDICE DE FIGURAS

Pág.

Figura 1-1: Recepción de las pieles ovinas…… 6

Figura 2-1: Cloruro de Sodio…….. 7

Figura 3-1: Sulfuro de Sodio…….. 7

Figura 4-1: Carbonato de calcio…….. 8

Figura 5-1: Formiato de Sodio…… 8

Figura 6-1: Ácido Fórmico…… 9

Figura 7-1: Sulfato de Cromo…… 9

Figura 8-1: Anilinas de marca colibrí…… 10

Figura 9-1: Pinturas Poliuretánicas…… 10

Figura 10-1: Proceso de curtición de las pieles en la curtiembre Días…….. 19

Figura 11-1: Partes de la piel…….. 20

Figura 12-1: Estructura del colágeno…….. 26

Figura 13-1: Aminoácidos derivados presentes en el colágeno…….. 27

Figura 14-1: Curva de hinchamiento del colágeno en relación al pH……. 29

Figura 15-1: Modelo de adhesión mecánica…….. 31

Figura 1-3: Georreferenciación de la ubicación de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo…… 36

Figura 2-3: Residuos generados en el dividido de la curtiembre "Días"……. 39

Figura 3-3: Almacenado de las muestras de residuos orgánicos……. 40

Figura 4-3: Numero de potencia en relación el número de Reynolds para un mezclador de 4 palas……. 97

INDICE DE GRÁFICOS

Pag.

Grafico 1-3: Peso de residuos generados en la etapa de dividido en la curtiembre "Dias Compañía Limitada" en los meses de Noviembre y Diciembre……. 53

Grafico 2-3: Resultados obtenidos a la viscocidad de los diferentes procesos utilizados en la obtencion de adhesivos organicos…….. 58

Grafico 3-3: Resultados obtenidos al contenido de cenizas de los diferentes procesos utilizados en la obtencion de adhesivos organicos……. 59

Grafico 4-3: Resultados obtenidos al pH de los diferentes procesos utilizados en la obtencion de adhesivos organicos…… 60

Gráfico 5-3: Resultados obtenidos al rendimiento de los diferentes procesos utilizados en la obtencion de adhesivos organicos…….. 61

Gráfico 6-3: Resultados obtenidos a la resistencia a la ruptura en cizalla de los diferentes procesos utilizados en la obtencion de adhesivos organicos…….. 62

Gráfico 7-3: Diagrama del balance de masa del proceso de encalado…… 76

Grafico 8-3: Diagrama del balance de masa del proceso de desencalado…… 84

Gráfico 9-3: Medidas de un agitador de turbina……. 94

Grafico 10-3: Curva de extracción para la determinación de la concentración final del adhesivo……. 102

Grafico 11-3: Curva de extracción para la determinación del coeficiente de difusión de masa del adhesivo……... 106

Gráfico 12-3: Diagrama de flujo del proceso de obtención de adhesivos a partir de residuos del dividido en la curtiembre "Días Compañía Limitada"…….. 119

RESUMEN

El presente trabajo de titulación tuvo como objetivo diseñar el proceso de producción de adhesivos orgánicos para carpintería utilizando residuos provenientes de la etapa del dividido recuperados en la tenería "Días Compañía Limitada", misma que se ubica en la provincia de Tungurahua, cantón Ambato, en la Panamericana Norte Km $2^{1/2}$, para realizar la etapa investigativa se dividió en cuatro etapas, primera la toma de las muestras de residuos generados en la empresa, a continuación la caracterización de la materia prima (contenido de humedad y grasa), pruebas de laboratorio para obtener el adhesivo orgánico; en donde se probó tres formulaciones distintas y al final se realizó las pruebas de calidad del adhesivo las cuales fueron: determinación de la viscosidad (norma NTE INEN 1013), % de cenizas (NTE INEN 1954:2012) y la resistencia a la fatiga por esfuerzo de cizalla de adhesivos estructurales (ISO 4587:2003, IDT); como resultado de esto se obtuvo que el mejor tratamiento fue al encalar y desencalar, con valores superiores a las pruebas de calidad, en base a esto se diseñó los equipos de mezclado y de extracción, utilizando como base de cálculo 15365.5714 Tn que es el valor promedio que produce la curtiembre "Días" mensualmente realizando el proceso productivo y con un valor estimado de venta de $5.92 kilogramo de adhesivo se reportó una relación beneficio costo de 1.35, con esto se pudo concluir que se caracterizó los residuos provenientes de la etapa del dividido en la curtiembre "Días Compañía Limitada", de acuerdo con lo que se obtuvo que las muestras reportaron respuestas a la humedad comprendidas entre el rango de 30 a 40% y para el contenido de materia grasa en el rango de 4 a 6% con lo cual cumplían con los parámetros prestablecidos y lo hacían óptimas para la producción de adhesivos orgánicos sin un tratamiento previo. Se recomienda que en la planta se instale el sistema de producción propuesto en la investigación.

Palabras claves: <CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES>, <INGENIERÍA QUÍMICA>, <RESIDUOS DE PELETERIA>, <ENCALAR>, <DESENCALAR>, <ADHESIVOS ORGÁNICOS>

ABSTRACT

The objective of the present degree work was to design the production process of organic adhesives for carpentry using waste from the divided stage recovered in the "Días Compañía Limitada" tanneries, which is located in the province of Tungurahua, canton Ambato, in the North Panamericana Km 2 1/2, to carry out the investigative stage, it was divided into four stages, first the sampling of waste generated in the company, then the characterization of the raw material (moisture and fat content), laboratory tests to obtain the organic adhesive; where three different formulations were tested and at the end the adhesive quality tests were carried out, which were: viscosity determination (NTE INEN 1013 standard), ash% (NTE INEN 1954: 2012) and resistance to fatigue by shear stress of structural adhesives (ISO 4587: 2003, IDT); as a result of this it was obtained that the best treatment was liming and deliming, with values superior to the quality tests, based on this the mixing and extraction equipment was designed, using as a basis of calculation 15365.5714 Tn. which is the average value produced by the tannery "Días" monthly carrying out the production process and with an estimated sale value of $ 5.92 kilogram of adhesive a cost benefit ratio of 1.35 was reported, with this it was possible to conclude that the waste coming from the stage of the divided in the tannery "Días Compañía Limitada" was characterized, according to what was obtained the samples reported responses to humidity ranging from 30 to 40% and for the content of fat in the range of 4 to 6%, thus meeting the pre-established parameters and they made it optimal for the production of organic adhesives without previous treatment. It is recommended that the production system proposed in the investigation be installed in the plant.

Key words: <EXACT AND NATURAL SCIENCES> <CHEMICAL ENGINEERING> <PELLETING RESIDUES>, <LIMING>, < DELIMING > <ORGANIC ADHESIVES>

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

n:	Tamaño de la muestra poblacional a obtener
N:	Tamaño de la población total (número de residuos generados al año)
e:	Error Muestral
α:	Nivel de Confianza
Z:	Constante muestral
$masa_{residuos}$:	Masa de residuos
$[Ca(CO_3)]$:	Concentración de Carbonato de Calcio
$[Ca^{2+}]$:	Concentración de iones Calcio
m_s:	Masa de Salida
m_e:	Masa de Entrada
m_r	Masa de Reacción
F_{sp}:	Flujo de salida de productos
F_{ap}:	Flujo de alimentación de productos
A_{tc}:	Área de Transferencia de Calor
E_e:	Energía de Entrada
C_p:	Capacidad Calorífica
Δt:	Variación de temperatura
U:	Constante de transferencia de calor
E_{rx}:	Energía de Reacción
V_c:	Volumen de carga
N_p:	Numero de Potencia
N_{RE}:	Numero de Reynolds
P:	Potencia
$\bar{\Phi}$:	Esfericidad de la partícula
A:	Superficie de la partícula de piel
V:	Volumen de la partícula de piel
a_s:	Área superficial de la partícula de piel
Kc:	Coeficiente de difusión
D_p:	Diametro del plato
L:	flujo molar de solvente dentro del extractor, [mol/s]
V:	Volumen de solvente

INDICE DE ANEXOS

Anexo A: Recopilacion fotografica de la prueba contenido de humedad de los residuos del dividido.

Anexo B: Recopilacion fotografica de la prueba contenido de materia grasa de los residuos del dividido.

Anexo C: Tratamiento Estadistico de los datos para la prueba viscocidad

Anexo D: Ficha tecnica del adhesivo Dialtec CB1

Anexo E: Ficha tecnica del adhesivo UHU recomendada para madera

Anexo F: Tratamiento Estadistico de los datos para la prueba viscocidad

Anexo G: Tratamiento Estadistico de los datos para la prueba contenido de cenizas

Anexo H: Tratamiento Estadistico de los datos para la prueba pH

Anexo I: Tratamiento Estadistico de los datos para la prueba rendimiento

Anexo J: Tratamiento Estadistico de los datos para la prueba resistencia a la ruptura en cizalla

Anexo K: Planos del equipo de mezclado para la obtencion de adhesivos organico

Anexo L: Planos del equipo de extracción solido-liquido para la obtencion de adhesivos organico

Anexo M: Planos de la distribucion de la planta para la obtencion de adhesivos organico

Anexo N: Cálculo del coeficiente de transferencia calor

CAPITULO 1

1. DIAGNOSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

1.1 Identificación del Problema

La producción manufacturera en el Ecuador según datos del INEC, (2017), represento un aumento de 1,465% en relación al trimestre anterior del año anterior, además datos del mismo organismo nacional representa que un índice de aumento de la producción de manufacturas de madera igual a 97,97% con respecto al mismo semestre del año 2016, lo cual es indicativo que la manufactura en el Ecuador aumenta exponencialmente debido a que con la crisis económica que enfrenta el país, se busca nuevos nichos de producción que logren mecanismos para combatir el desempleo y la falta de recursos, pero este incremento se ve afectado por el alto costo de las materias primas en la producción de muebles o manufacturas de madera, ya que en el Ecuador existe una escasa producción de insumos químicos necesarios para esta actividad económica, ya que el mismo INEC, (2017) reporta que solo existe una empresa ligada a la actividad de producción de adhesivos (cola de carpintero) que monopoliza el mercado y establece los precios, con lo que esto resulta un alto gasto para la adquisición de este insumo químico que es fundamental en la manufactura maderera.

Otro problema que enfrenta la producción de adhesivos en la industria actual es su alta toxicidad, debido a que la producción se realiza con solventes orgánicos (hexano, esteres, cetonas) que en concentraciones elevadas en los efluentes generan contaminación por desprendimiento de COV's (compuestos orgánicos volátiles), la producción de gomas o adhesivos a base de solventes generan el 6% de compuestos orgánicos volátiles en los efluentes industriales del planeta y debido a la elevada contaminación que enfrenta el planeta en países de la Unión Europea es prohibido su uso.

Como resultado en pro de mitigar la contaminación ambiental generada en los procesos industriales, en estudios realizado en la fabricación de adhesivos en el Ecuador reporta que la afectación que sufre el aire por el proceso productivo está en un índice igual a -6,15% y para la calidad del agua está en -11,4% y como conclusión el impacto final resultante de la producción de adhesivos es igual a -21,70% catalogando como impacto significativo de carácter negativo y que debe ser controlado por organismos que regulen los impactos ambientales generados por la industria de adhesivos en el Ecuador.

Además de lo mencionado anteriormente según datos del sistema de aduanas del Ecuador recopilados en las pagina (https://www.aduana.gob.ec, 2017, p.10), reporta que en total en el año 2017 en el Ecuador se han importado 3220 Tn de adhesivos (cola de carpintero) principalmente provenientes del mercado Chino, lo cual representa en valor monetario $6.40400, que es un rubro económico importante y además indica que la producción nacional de adhesivos (cola de carpintero) no satisface las necesidades de la producción de muebles, esto genera que en el Ecuador se tenga un nicho de comercialización de adhesivos (cola de carpintero) ya que muchos recursos económicos están volcados a la producción manufacturera, con lo que si se logra aprovechar y presentar tecnologías alternativas en la producción se disminuirán los costos en el mercado nacional de este aditivo químico, generando consigo que tengan competitividad con los productos importados y asegurándose la calidad del producto, los empresarios manufactureros tengan preferencia de consumir productos procesados en el Ecuador dinamizando la economía nacional y generando mayor inversión en procesos tecnológicos con el fin de asegurar la calidad de los productos lo cual beneficiara a todo el sector productivo.

Otro problema ligado a la investigación es la contaminación que genera las curtiembres en el Ecuador especialmente en la provincia de Tungurahua que es la extensión territorial que mayor densidad de curtiembres presenta en el país, dado que la carga orgánica e inorgánica que se genera en los efluentes y en los desechos es un problema que necesita de soluciones, como resultado a las estrictas normativas ambientales que rigen en la actualidad para los curtidores del país, en el caso particular en la etapa de dividido de las pieles se genera residuos efecto del corte y rebajado de la piel con alta carga de sales provenientes de las etapas anteriores, en especial sales de sodio (cloruro de sodio, sulfuros de sodio), además de esto los residuos generados tiene un alto contenido de material grasa y de proteínas que generan el aumento de DBO_5 y DQO en el suelo donde se la disposición final a los desechos, dando como resultado que las curtiembres estén expuestas a multas o sanciones que van del ámbito administrativo hasta el económico, ocasionando pérdidas para el productor; motivo por el cual se debe buscar alternativas ecológicas que permitan el máximo aprovechamiento de los desechos y que estos puedan generar réditos económicos ya que el curtidor invertirá en la implementación de estas técnicas, posibilitando un desarrollo sostenible de su negocio que derivará en el impacto positivo para la sociedad y una diversificación de la economía nacional con la generación de puestos de trabajo.

1.2 Justificación del problema

La curtiembre “Días Compañía Limitada” en la actualidad no cuenta con un sistema de aprovechamiento de los residuos sólidos, por lo cual la mayoría de los mismos son desechados al ambiente sin un previo tratamiento y una pequeña parte es destinada para la venta a la producción de gelatinas, esto está generando problemas negativos y con los controles realizado por el ministerio del Ambiente han desembocado en multas que genera pérdidas económicas para la empresa, por lo que se deben proponer soluciones viables para el tratamiento de los desechos sólidos, en post de mitigar el impacto ambiental generado mejorando sus índices de contaminación y logrando cumplir con los parámetros establecidos en la norma ambiental.

La producción actual de la curtiembre “Días S.A” es de alrededor 2000 pieles semanales, que son vendidas a mercados nacionales e internacionales y está catalogada como mediana empresa, de esta producción según lo que reporta (Adzet, A. 2015, p. 8-10), únicamente se aprovecha el 60% de la piel animal en la transformación en cuero, dando como resultado que el restante 40% sean desechos que no pueden ser enviados directamente al botadero para su disposición final; después de procesos tales como remojo, lavado, pelambre, encalado y descarne, los desechos generados reportan gran concentración de productos químicos empleados en los procesos productivos antes mencionados, con lo cual la carga contaminante mineral es elevada, en especial el uso de cal que es el producto mineral que se incluye en la formulación para el encalado de la empresa, es prohibido desechar al ambiente por su alto poder contaminante y su efecto cancerígeno hacia animales y personas que estén expuestos a este químico según lo que ha sido investigado en varias fuentes bibliográficas, al presentarse estos problemas se hace fundamental que la empresa cuente con sistemas de mitigación de impactos y con proceso que permitan la recuperación de la materia prima o que pueda ser utilizado como materia prima en otros procesos productivos, en este apartado se propone el proceso de producción de adhesivos (cola de carpintero) que al ser de origen animal no genera un impacto considerable en su producción como se indica en la epígrafe 1.1 del presente capitulo, además de abaratar costos dado que son aprovechados residuos agroindustriales sin ningún valor comercial.

Con lo que se justificara la propuesta ya que proporcionara una alta utilidad el diseño de la planta de producción de adhesivos orgánicos, dado que se puede aprovechar el uso de desechos que al momento no tienen valor generando productos que pueden ser comercializados y se disminuirá el impacto ambiental reportado en los planes de administración ambiental de la planta y que están

trayendo consigo gastos excesivos en pagos de multas que pueden llegar incluso al cese de operaciones en la curtiembre por no cumplir con la legislación ambiental nacional.

De lo mencionado anteriormente se incluye que también se verá beneficiado el sector de Itzamba (Tungurahua –Ambato) lugar donde se localiza la planta industrial ya que esta comunidad está siendo afectada por los residuos generados del proceso industrial, que al momento no cuenta con ningún tratamiento de los desechos, los mismos que son depositados en terrenos aledaños a la fábrica y que los moradores utilizan como abono para sus cultivos, procedimiento que no es adecuado ya que el alto contenido mineral de los residuos hace que este alcance un alto índice de toxicidad y que si el procedimiento continua repitiendo generará daños en la salud de los moradores además destrucción de la flora y fauna del sector con un alto impacto ambiental, citado esto si el diseño del proceso logra ser implementado se generara nuevas fuentes de empleo, ya que al planta tendrá la necesidad de operadores, personal administrativo, entre otros empleados generando consigo impacto positivo a la comunidad, que es lo que se busca en los sistemas de gestión actual, ya que se debe incluir todos los factores en la producción y uno de los más importantes es las relaciones comunitarias y el cuidado con el ambiente, generando tecnologías limpias y con el máximo aprovechamiento de los residuos.

Además de los problemas citados en los párrafos anteriores, se incluye como problema el gasto energético en los procesos de transformación de la piel que es elevado, debido a que los procesos pre-curtido corresponden a etapas físicas, con la aplicación de fuerzas para la transformación de las propiedades de la materia prima, para el caso particular en la curtiembre Díaz el descarnado y divido se realiza mediante el empleo de cuchillas automáticas que son reguladas para ajustar el calibre de la piel, como la fábrica se dedica a la producción de cuero para vestimenta el calibre de la piel debe ser mínimo ya que los consumidores así lo exigen, desembocando en que solo se utilice la flor del cuero y las otras partes de la piel sean rebajadas sin darles un uso y depositándoles en el suelo hasta que arribe el camión de la empresa dedicada a la producción de gelatina en la ciudad de Ambato que usa estos desechos como materia prima, dado que la producción alimenticia es excesivamente controlada no todo el residuo es aprovechado y dicha empresa solo consume el 20% del total de residuos sólidos (restos de piel), con lo que lo demás es separado a un lado hasta disposición final, esto genera que la planta invierta más en mano de obra y no tenga una ganancia por los desechos, además de generar problemas en el lugar de su disposición final, la empresa lograra generar réditos económicos si realiza la implementación del diseño de la planta de producción de adhesivos a partir de los desechos orgánicos de la piel que se propone en la presente investigación, incluyendo a demás que no se ha realizado

investigaciones similares a la presente por lo que no se pudo realizar la comparación de las técnicas ni la obtención con técnicas prestablecidas por lo que para la calidad del adhesivo obtenido se comparara con adhesivos existentes en el mercado logrando así verificar el adhesivo.

1.3. Línea Base del Proyecto

1.3.1. Antecedentes de la Industria

La curtiembre Días Compañía Limitada ubicada en la provincia de Tungurahua cantón Ambato fue adquirida por el Ing. Patricio Díaz Almeida en el año 1993. El Ing. Patricio Díaz poseía conocimiento de curtiembre debido a sus trabajos anteriores en esta rama de producción y de acuerdo a la experiencia se fue capacitando para lograr posicionar a la empresa hasta lo que es hoy en día. Patricio Díaz junto con su esposa se ha dedicado a la gerencia y administración de la empresa, siendo el técnico de curtiembre y jefe de producción de la misma, en la antigüedad la empresa se dedicó a la fabricación de cueros para la confección de prendas de vestir. Actualmente el negocio de la curtición está siendo afectado por la importación de fibras sintéticas en especial productos de poliéster y algodón provenientes de China, con lo cual el caudal de producción se ha visto reducido, y las fábricas han tenido que buscar alternativas para encontrar nuevos nichos de mercado y con lo cual han variado la producción de cueros, al comienzo la empresa se dedicó únicamente a la fabricación de cuero tipo nobuk en color café y negro, que era lo más demandado en la época de los 90, pero con los nuevos cambios la empresa se encuentra investigando en la producción de cueros con acabados tipo Brush Off, acabado semianilinas y charoles que es la tendencia actual en el mercado internacional y que son los más demandados.

En la etapa actual los mayores consumidores del cuero producido por la fábrica son los zapateros especialmente de los sectores aledaños a la ciudad de Ambato cantones como Cevallos y Quisapincha que son los mayores calzaditas en el Ecuador, pero dado que las exigencias del calzado son altas, la empresa se encuentra en etapa de investigación para lograr mejorar las técnicas productivas y se encuentran buscando la alianza con casas químicas especializadas en el área de curtiembre y que con estas investigaciones el cuero se está mejorado con el aumento de la eficiencia productiva y con mejores respuestas a las características físicas y sensoriales de las pieles, el fin de la empresa es lograr mejorar las técnicas productivas para que sus cueros sean exportados, como resultado de las nuevas alianzas estratégicas comerciales con la Unión Europea que son los mayores consumidores de cuero para calzado de los mercados nacionales.

1.3.1.1. Producción de la empresa

La curtiembre Días Compañía Limitada produce exclusivamente cueros para calzado alrededor de 2000 pieles bovinas mensuales.

Materia Prima e Insumos: Se consume pieles bovinas serranas que son las de mejor calidad, las cuales llegan directamente a la empresa y son traídas por los comerciantes que vienen de los camales. La piel ovina es traída principalmente por los criadores de bovinos del cantón Huigra que se encuentra a media hora de la curtiembre, se escoge estas pieles ya que son de calidad porque son animales correctamente criados y faenados; su piel tiene una calidad elevada con lo que se mejora la calidad del producto final.

Figura 1-1: Recepción de las pieles ovinas

Realizado por: Juan Hidalgo. 2018

Cloruro de Sodio: El cloruro de sodio es ocupado en el salado de las pieles, esta sal permite la conservación de las pieles ya que absorbe la humedad ambiental y evita la presencia de agua libre en la piel faenada, sin presencia de agua libre se evita la proliferación bactriana que afecta a la estructura del colágeno y produce los fenómenos de putrefacción de la piel.

Figura 2-1: Cloruro de Sodio
Realizado por: Juan Hidalgo. 2018

Sulfuro de Sodio: Esta sal de sodio permite la separación del pelo de las pieles animales (pelambre), la función del sulfuro de sodio es elevar a las pieles a un pH de 8-8.5 con lo cual se produce la desnaturalización de la queratina que es la proteína que compone principalmente al pelo, con esta desnaturalización la capa cutánea se separa y se elimina el pelo.

Figura 3-1: Sulfuro de Sodio

Elaborado por: Hidalgo, J. (2018)

Carbonato de calcio: El carbonato de calcio se utiliza en el proceso de encalado de las pieles, lo que permite hinchar a las pieles ajustando las condiciones de pH y preparar a la piel para la curtición.

Figura 4-1: Carbonato de calcio
Elaborado por: Hidalgo, J. (2018)

Formiato de Sodio: Es una sal empleada en el desencalado de las pieles, la principal función del desencalado es eliminar el carbonato de calcio que se encuentra en la piel y que no ha reaccionado con el colágeno, esta acción permite ajustar el pH de 6-8 que es el punto isoeléctrico del colágeno y permite la curtición de las pieles.

Figura 5-1: Formiato de Sodio
Realizado por: Juan Hidalgo. 2018

Ácido Fórmico: Este ácido orgánico se añade en la etapa conocida como piquel, la principal función es lograr bajar el pH de las pieles hasta 4-5, medida en la cual el agente curtiente podrá traspasar en toda la piel y lograr la transformación.

Figura 6-1: Ácido Fórmico
Realizado por: Juan Hidalgo. 2018

Sulfato de Cromo: Es una sal mineral que permite la curtición de las pieles, en la etapa de curtición el colágeno queda enlazado al curtiente mineral y permite la estabilidad con lo que se realiza la transformación de la piel cruda en piel curtida.

Figura 7-1: Sulfato de Cromo
Realizado por: Juan Hidalgo. 2018

Anilina: Este producto químico se utiliza para la tintura de la piel, después de los proceso de recurtido se realiza el teñido de la piel, esta es la primera etapa donde se modifica el color natural de la piel bovina.

Figura 8-1: Anilinas de marca colibrí
Realizado por: Juan Hidalgo. 2018

Pinturas Poliuretánicas: Estas pinturas se ocupen en el acabado de las pieles, con las cuales se le otorga las características visuales finales al cuero, en la empresa se utiliza estas pinturas por su alto rendimiento y sus características elevadas, la fijación de estas pinturas poliuretanicas se logra con las etapas anteriores al pintado y se escoge el color de acuerdo a las características finales que se busque en el cuero.

Figura 9-1: Pinturas Poliuretánicas
Realizado por: Juan Hidalgo. 2018

Etapas de Producción: En la tabla 1-1, se puede observar los procesos que se utilizan en la "curtiembre Días Compañía Limitada" para la transformación de la piel en cuero y como estas se siguen en manera lineal por los trabajadores de la curtiembre.

Tabla 1-1: Etapas de producción del Cuero en la "Curtiembre Díaz Compañía Limitada"

Etapa	Descripción	Recopilación Fotográfica
Recepción	En esta etapa se realiza la adquisición de pieles ovinas recién faenadas haciendo una inspección visual a la piel para evitar que se encuentre con rasguños o presencia de defectos que alteran la calidad, las pieles se adquieren una vez a la semana y se almacenan en una bodega para su utilización en los siguientes días, la empresa adquiere semanalmente 600 pieles o de acuerdo a las necesidades de producción.	
Salado	Esta etapa consiste en la adición de cloruro de sodio a las pieles, la adición de sal se realiza de manera manual esparciendo sal en todo el plano de la piel y asegurándose que no exista espacios sin sal, se utiliza alrededor de 7.7 Kg de sal por piel ya que en la formulación se incluye que se debe adicionar el 35% en peso de	

	sal a las pieles, y las pieles tienen un peso aproximado de 22 Kg., ya que la fábrica adquiere pieles grandes.	
Remojo y Pelambre	En la etapa de pelambre y remojo las pieles primeramente son lavadas con una baño de agua con la siguiente composición: 300% en peso de agua, 0.5% en peso de detergente y 0.01% en peso de Cloro y se deja en reposo en los bombos por 12 horas con lo cual se elimina la sal adicionada en el salado y además se eliminan las impurezas (restos de sangre, tierra) que puedan tener las pieles procedentes del faenamiento. Después de las 12 horas, se elimina el baño del bombo y se pesa las pieles para de acuerdo a este peso preparar el baño para el depilado, este se prepara de acuerdo a la formulación: Agua al 5% en peso, $Ca(OH)_2$ al 3.5% en peso y 2.5% de Na_2S, después se coloca las pieles lavadas y se lleva la solución a 40 ºC y se rueda el bomba a 2500 rpm durante 12 horas, después de esto se elimina el baño.	

Encalado	Después de eliminar el baño, se procede al encalado de las pieles, para lo cual se prepara la siguiente formulación: 100% de agua en relación al peso de las pieles, 0.5% de sulfuro sódico, 1.7% de hidróxido cálcico y se deja en reposo a los cueros en esta solución en las bobos toda la noche, al día siguiente se lava con el 200% de agua a las pieles y se adición 0.2 a 0.3% de desencalante, se rueda el bombo a 150 rpm por 20 minutos y se descarga el baño.	
Descarnado y Divido	En la etapa de descarnado se pasa las pieles manualmente para eliminar las adherencias como grasas, carnazas entre otras adherencias y después de eso se procede a la etapa de divido, en donde los trabajadores ajustan la piel al calibre de 3 mm en la parte del lomo y 3.5 mm en la falda ya que son cueros destinados a la confección de prendas de vestir el calibre debe ajustarse para que sea lo más fino posible.	
Desencalado y Rendido	Una vez rebajada las pieles, se procede al pesado de las mismas para preparar las	

	formulaciones del desencalado y rendido, de acuerdo con esto se procede a preparar el baño, con 200% de agua y se rueda por 20 minutos, a velocidad constante, se vacía el baño y se prepara otro con agua a 35ºC y se rueda los bombos por 20 minutos a velocidad media (100 rpm) y se vacía el baño, posterior a eso se prepara la solución con 100% en peso de agua a 35ºC, se adiciona el 1.5% de ácido carboxílico y se rueda el bombo de 20-60 minutos hasta desencalado total, al principio se rueda a velocidad media 3 veces por el lapso de 5 minutos cada vez, después se elimina el baño y se prepara otro con 5% de tensoactivos desengrasante, 100% de agua a 35ºC y se rueda por 20 minutos, a continuación se prepara otro baño con 0.5% de enzima pancreática de 1200 unidades y se rueda el bombo de 30-45 minutos , se lavan las pieles y se escurre el baño, para comprobar el desencalado se adiciona fenolftaleína y si no da color es que se ha llegado	

	al pH requerido que debe estar aproximadamente en 8.	
Piquel y curtición al cromo	A continuación de la etapa anterior, se da el piquel de los cueros, en donde se pesa las pieles y en base a ese peso se prepara el baño, al cual se adiciona 50% de agua a 20ºC, 8-9% de sal y se rueda el bombo por 10 minutos, después se adiciona 0.3% de ácido sulfúrico diluido 1:10 y se rueda el bombo por 30 minutos, después se adiciona el 1% de ácido fórmico diluido 1:5 y se rueda el bombo por 3 horas, y se controla el baño realizando un corte transversal verificando con verde de bromo crisol hasta viraje de color naranja, esto indica un pH de 3.5, después se adiciona 2% de sal de cromo 33%, se rueda una hora y se prepara otro baño con cromo autobasificante y se rueda el bombo a 8 horas, se controla otra vez él pH con verde de bromo crisol verificando viraje amarillo en pH de 3.8, además se verifica la temperatura de contracción que sea mayor de 100ºC, introduciendo el cuero en el	

	agua hasta punto de ebullición, verificando que no se encoge como indicativo de que la piel se ha transformado en cuero, después de verificado se adiciona al baño 0.1-0.2% de fungicida y se rueda el bombo por 20 minutos, se vacía el baño y se enjuaga las pieles con 200% de agua a temperatura ambiente, se rueda por 20 minutos y después se adiciona 0.1% de fungicida y se rueda el bombo por el lapso de 20 minutos, después se vacía el baño y se descargan las pieles apilándolas en la zona de producción.	
Re-humectación y Recurtición	Para la re-humectación se pesa las pieles y se prepara un baño con 200% agua a 35ºC, 0.2% de ácido acético, 0.5% de tensoactivo no iónico se rueda el bombo por 20 minutos y se escurre el baño; después se prepara otro baño con 100% de agua a 45ºC, 4% de sintético orgánico cromo y se rueda por 60 minutos, se adiciona 2% de formiato sódico y se rueda el bombo, se controla el pH con fenolftaleína que no de color	

	como indicativo de que la piel esta entre 4.1-4.4 si da positivo se escurre el baño y se prepara otro con 200% de agua a 35ºC y 0.1% de ácido acético y se rueda el bombo durante 20 minutos, después se escurre el baño y se vacía el bombo, apilando las pieles.	
Neutralizado	Para el neutralizado se pesan las pieles después de la Recurtición y se prepara el baño con 150% de agua a 125ºC, 1% de formiato sódico y 1% de bicarbonato sódico y se rueda por 2 horas el bombo, a continuación se controla el pH con fenolftaleína que no de color el viraje y esto indica que las pieles están en un pH de 6.5, después se escurre el baño y se lavan las pieles con 200% de agua a 40ºC y se rueda el baño por 30 minutos y se vacía el baño.	
Tintura y Engrase	Para la tintura y engrase de las pieles se pesa las pieles y se prepara un baño de 50% de agua a 40ºC, más el 2% de Colorante y el 4% de sintético cresólico y se rueda el bombo por 60 minutos, después de esto se controla el corte atravesado a ver si la pintura	

	ha traspasado en las pieles, después de corroborado esto se adiciona al baño 150% de agua a 60ºC y 3% de aceite tipo chachalote sulfonado y se rueda el bombo por 10 minutos, después de esto se adiciona al baño 1% de lecitina emulsionada y 2% de resina acrílica diluida 1:5 y se rueda el bombo por 40 minutos, posterior se adiciona al baño 1% de ácido fórmico diluido 1:5 y se rueda el baño por 30 minutos más, se controla el pH con verde de bromo crisol verificando viraje amarillo y esto indica el pH que está en 3.6, se enjuagan las pieles y se descargan. Después de esto se apila las pieles y se deja las pieles en reposo por 18 horas. Adicional a esto se escurren las pieles en un bombo giratorio para que se elimine el agua del cuero, después se deja pasar los cuerdos en un secador de aire a 100ºC por 10 horas, después se introducen las pieles secas en un toggling por 2 horas para ablandar y abatanar.	

Realizado por: Juan Hidalgo. 2018

En la figura 10-1 se indica el diagrama de flujo que se utiliza en la curtiembre Días compañía limitada.

Figura 10-1: Proceso de curtición de las pieles en la curtiembre Días
Realizado por: Juan Hidalgo. 2018

1.3.2. Marco Conceptual

1.3.2.1. La piel

1.3.2.1.1. Generalidades de la piel

"La piel es una estructura externa de los cuerpos de los animales. Es una sustancia heterogénea generalmente cubierta de pelo o lana y formada por varias capas superpuestas. Esta envoltura externa ejerce una acción protectora, pero al mismo tiempo también cumple otras funciones como: Regular la temperatura del cuerpo, elimina las sustancias de desecho, alberga órganos sensoriales que nos facilitan la percepción de las sustancias térmicas, táctiles y sensoriales, almacena sustancias grasas, protegen al cuerpo de entrada de bacterias". (Hidalgo, 2004, p. 12).
En la figura 11-1, se ilustra las partes de la piel animal.

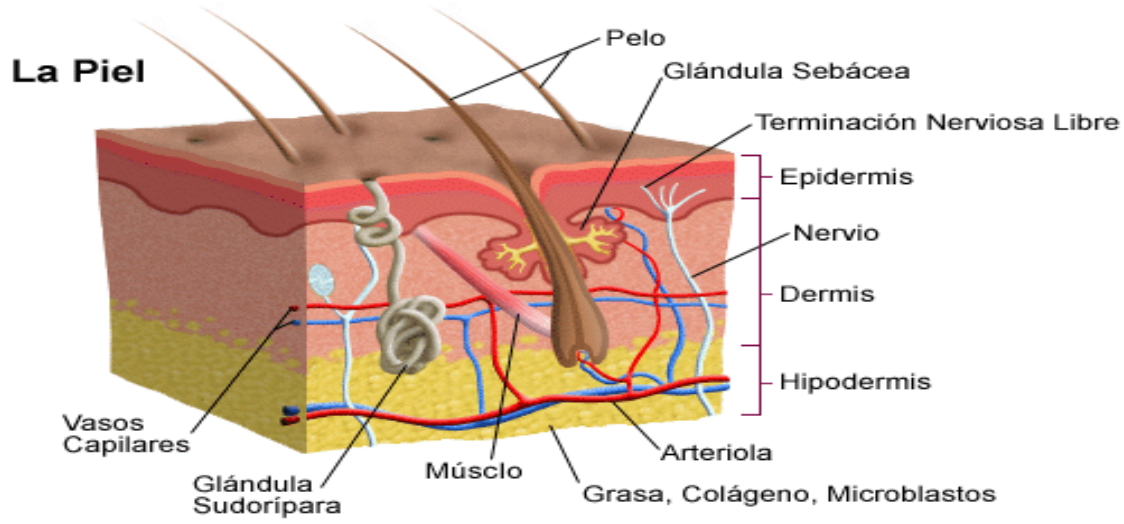


Figura 11-1: Partes de la piel
Realizado por: Juan Hidalgo. 2018

1.3.2.1.1. Estructura de la piel

(Hidalgo, 2004, p. 12), la estructura de la piel del animal varía de una especie a otra y dentro de un mismo animal, la piel está formada por tres partes que son:

- Epidermis.
- Dermis.

- Tejido subcutáneo.

1.3.2.1.1.1. Epidermis

(Adzet, 2005, p. 25), la epidermis es la capa más exterior de la piel, su grosor representa aproximadamente un 1% del total de la piel en bruto. Se elimina durante los trabajos de apelambrado o embadurnado. Está separada de la dermis por la membrana hialina. Desde fuera hacia dentro la epidermis presenta las siguientes capas: Capa cornea, capa granular y la capa mucosa de Malpighi o capa basal. La capa de Malpighi se elimina fácilmente ya que, al estar formada por células vivas de aspecto mucoso o gelatinoso que tienen poca resistencia, son fácilmente atacadas por la acción de las bacterias de la putrefacción, y de enzima así como por álcalis. La capa granular presenta un desarrollo variable, según la especie de mamíferos de que se trate y también de la parte de la piel de que se tome, es siempre menos gruesa que la capa de Malpighi. La capa córnea se va formando a partir de la capa granular. A medida que ascienden las células, éstas se van secando gradualmente y pierden sus estructuras nucleares y se van volviendo aplastadas, en forma de escamas. Las células de estas capas ya están muertas. Al mismo tiempo que se aplastan, se funden gradualmente para formar la densa capa queratinizada del estrato córneo.

1.3.2.1.1.2. Dermis

La dermis está situada inmediatamente debajo de la epidermis, se extiende hasta la capa subcutánea, está separada de la epidermis por la capa hialina. Representa aproximadamente el 84% del grosor de la piel en bruto y es la parte aprovechable para la fabricación del cuero y adhesivos orgánicos. Se distinguen dos capas en la dermis: la capa de flor o papilar y la capa reticular. La capa de flor está formada por un entretejido de fibras entrelazadas en todas las direcciones siguiendo mayormente una orientación sensiblemente perpendicular a la superficie de la piel. Este entretejido está formado por fibras especiales finas y apretadas, sobre todo en la parte más superficial. Su empaquetamiento es muy compacto. Químicamente está formada por fibras de colágeno y por bastantes fibras elásticas que sirven para reforzar su estructura. (Hidalgo, 2004, p. 13),

(Bacardit, 2004, p. 18), La capa reticular se llama así por su aspecto de red. Está formada por fibras gruesas y fuertes que se entrecruzan formando un ángulo aproximado de 45º con relación a la superficie de la piel; según nos vamos introduciendo a capas más profundas, las fibras van

tomando una orientación más horizontal siendo, al final, totalmente paralelas a la superficie de la piel. Su espesor representa entre el 50-80% del grosor total de la dermis dependiendo de la edad del animal. Al ir este envejeciendo, la relación entre la capa reticular y la de flor será cada vez mayor, químicamente su principal componente es la proteína colágeno.

1.3.2.1.1.3. Tejido subcutáneo

El tejido subcutáneo constituye aproximadamente el 15% del espesor total de la piel en bruto y se elimina mecánicamente en la ribera mediante una operación que se denomina descarnado. Es la parte de la piel que asegura la unión con el cuerpo del animal. El tejido subcutáneo está constituido por un fieltrado muy lacio a base de fibras largas dispuestas así paralelamente a la superficie de la flor entre sus fibras se encuentran células grasas en mayor y menor cantidad según la especie del animal. (Lacerca, 2003, p. 20). En la tabla 2-1, se describe las funciones de la piel.

Tabla 2-1: Funciones de la piel

Función	**Serie de actividades**
Barrera	Control de las pérdidas de agua, electrolitos, etc.
Protección	frente a los agentes físicos, químicos y biológicos
Sensibilidad	Calor, frío, dolor, picor y presión
Regulación de la temperatura	Aislamiento, variación del flujo sanguíneo, sudoración
Control hemodinámico	Cambios vasculares periféricos
Secreción	Excreción Función glandular, crecimiento del pelo y de la epidermis. Pérdida percutánea de gases, solutos y líquidos
Síntesis	Vitamina D
Función inmunológica	Vigilancia, respuesta

Fuente: Aleandry, F. 2009.

1.3.2.1.2. Nomenclatura y pesos de las pieles en la industria de la curtiembre

A continuación se dará una nomenclatura de tipo general referida a la piel o cuero en diferente estado, así como una relación de pesos: (Aleandry, 2009, p. 45).

- Peso verde o sangre: Peso de la piel desollada (fría y desangrada, sin cuernos, pezuñas, orejas, patas, huesos del rabo, mamas y capa de carne). Se suele marcar en la cola del animal mediante cortes de cuchillo. Contenido aproximado en agua: 65%.

- Peso salado: Peso después del salado con sal sólida o con salmuera. Contenido aproximado en agua: 30-45%.

- Peso salado seco: Peso después del salado previo y secado posterior (más calidad) o viceversa. Contenido aproximado en agua: 15-25%.

- Peso seco: Peso después de la conservación por secado. Contenido aproximado en agua: 12-20%.

- Peso de remojo: Peso después de remojar y reposar. Contenido aproximado en agua: 65-70%.

- Peso en tripa: Peso después de los trabajos de Ribera, incluido el descarnado y el dividido (si se hace). Contenido aproximado en agua: 70-85%.

- Peso curtido: Peso después de curtir y apilar en caballete al menos 12 horas. Contenido aproximado en agua: 70-85%.

- Peso escurrido: Peso después de escurrir. Contenido aproximado en agua: 40- 60%.

- Peso estirado: Peso después de repasar o estirar. Contenido aproximado en agua (sin haber pasado previamente por la máquina de escurrir): 60-70%.

- Peso rebajado: Peso después de rebajar. Contenido aproximado en agua: 40-60%.

- Peso seco del cuero: Peso después del secado. Contenido aproximado en agua: 12-20%.

Para convertir los pesos de un estado de conservación a otros, en el ámbito de la OCDE, está admitida la siguiente relación:

1.3.2.1.3. Calidad de las pieles

La calidad de la piel depende de múltiples factores, tales como el clima, el alojamiento, la alimentación, la raza, la edad, el sexo, el pelaje, el estado de salud, etc. Además de estos factores existen otros, derivados de las lesiones producidas tanto durante la vida del animal como durante la manipulación post-mortem y también en la conservación de dichas pieles. (Soler, 2004, pp.5-6).

1.3.2.1.4. Ataque bacteriano en flor de bovino

La degradación de la piel, una vez muerto el animal, es un proceso biológico normal. Por lo tanto, si no se aplica ningún método de conservación, o se aplica mal, la piel, al ser un material proteínico, se irá descomponiendo debido al ataque bacteriano. Este proceso presenta diversas etapas que van de menos a más, a una velocidad que depende de las condiciones de temperatura y humedad en el ambiente y de la humedad, temperatura y pH de la piel, o sea, de las condiciones de crecimiento de las bacterias. Este ataque empieza con la caída del pelo, y puede seguir con el picado de la flor, disminución de las propiedades de resistencia, formación de agujeros en la piel, llegando hasta la degradación completa. Hay tres indicios claros que manifiestan un ataque bacteriano (Juran, 2009, p. 18):

- Calentamiento. Es cuando se produce un aumento anormal de temperatura en el centro de las pilas hechas con las pieles conservadas. De hecho, una vez desolladas las pieles, se deberían dejar enfriar esperando que se disipase el calor corporal que conservan, ya que éste favorece el desarrollo bacteriano. Si no se hace esto, o la temperatura y humedad durante el almacenaje son altas, pueden desarrollarse las bacterias y calentarse las pilas. Entonces es conveniente deshacer la pila, dejar enfriar las pieles, añadir sal sobre la carne y volver a apilar.

- Caída del pelo. Cuando tirando ligeramente salta el pelo, quiere decir que la flor ya ha sido dañada por un ataque bacteriano. El desprendimiento de pelo es debido a un ataque incontrolado sobre la capa de Malpighi y del bulbo piloso. Por lo tanto, este efecto indica una conservación deficiente y se acentúa con un tiempo largo de conservación y temperaturas y humedades altas. Cuando se han de procesar pieles con soltura de pelo es conveniente usar bactericidas, depilados suaves y rápidos y, a ser posible, obviar el rendido.

- Olor a amoníaco. Este olor es producido por la degradación de las proteínas de la piel.

1.3.2.1.5. Química de la piel

1.3.2.1.5.1. Composición

La composición aproximada de una piel vacuna recién desollada es (Thorstensen, 2002, pp. 7-9):

- Agua	64%
- Proteínas	33%

- Grasas	2%
- Sustancias minerales	0.5%
- Otros	0.5%

(Thorstensen, 2002, pp. 7-9), Estas proporciones varían ostensiblemente según el tipo de piel. Así, una piel de cerdo puede contener hasta un 40% de grasa sobre peso seco, una de oveja hasta un 30% y una de cabra hasta un 10%. Aproximadamente el 95% de la proteína de la piel es colágeno, mayoritariamente el colágeno llamado Tipo I de los 19 que existen. Otras proteínas presentes son la elastina, la queratina, las albúminas y las globulinas.

1.3.2.1.5.2. Aminoácidos y proteínas de la piel

El colágeno es una proteína formada por la combinación de cc-aminoácidos unidos entre sí por uniones amídicas llamadas enlaces peptídicos, los colágenos son las proteínas más abundantes en los mamíferos, y llegan a constituir hasta una tercera parte del contenido proteico de un animal. En el cuerpo humano son el principal constituyente de muchos tejidos, como la piel (74 %), los tendones y ligamentos (90 %), la córnea (64 %), el cartílago (50 %), el hueso cortical (23 %), la aorta (12-14 %), el pulmón (10 %) y el hígado (4 %).

El colágeno está relacionado con otros procesos dentro de los organismos animales: transmisión de fuerzas (tendones), lubricación (cartílago), transmisión de luz (cristalino) o generación de barreras (filtración o separación de tipos celulares). El tipo de colágeno presente en una matriz extracelular condiciona sus propiedades físicas y biomecánicas. Los primeros colágenos conocidos, mayoritarios en los tejidos, forman fibras; por ello, el término colágeno ha sido sinónimo de proteína fibrosa. (Myllyharju y Klvirikko, 2001, pp. 7-21)

(Myllyharju y Klvirikko, 2001, pp. 7-21) “Este es el caso del colágeno de tipo I, que constituye el 90 % del colágeno corporal. Su estructura, una triple hélice rígida que se asocia formando fibras que pueden ser visualizadas por microscopía electrónica, ha sido durante años el modelo de esta molécula. Los tejidos que requieren soportar fuerzas mecánicas, como la piel, el tendón y el hueso, son ricos en colágenos fibrilares y colágenos asociados a fibras. El colágeno de tipo I, que proporciona elasticidad a la piel, es también crucial para la interacción con los cristales de hidroxiapatito en la formación de la matriz ósea.”

1.3.2.1.5.3. Estructura y características del colágeno

"La unidad básica de la fibra de colágeno es la molécula de tropocolágeno (actualmente se tiende a sustituir este término por el de monómero de colágeno). El monómero de colágeno tiene la forma de una varilla, de unos 300 nm de longitud y solamente 1,5 nm de diámetro. Esta molécula está compuesta por tres hélices poli peptídicas levógiras (denominadas cadenas α), cada una de ellas con aproximadamente mil residuos, enrolladas entre sí formando una superhélice dextrógira (figura 12-1). Como las hélices poli peptídicas y la superhélice de tropocolágeno están enrolladas en sentidos opuestos, la superhélice se encarga de evitar el des enrollamiento de las tres cadenas poli peptídicas. Este mismo principio se emplea en la construcción de los cables de acero que se utilizan en los puentes colgantes y en otras estructuras que requieren fibras fuertes y ligeras." (Hoffer, et.al, 2001, pp. 767-770).

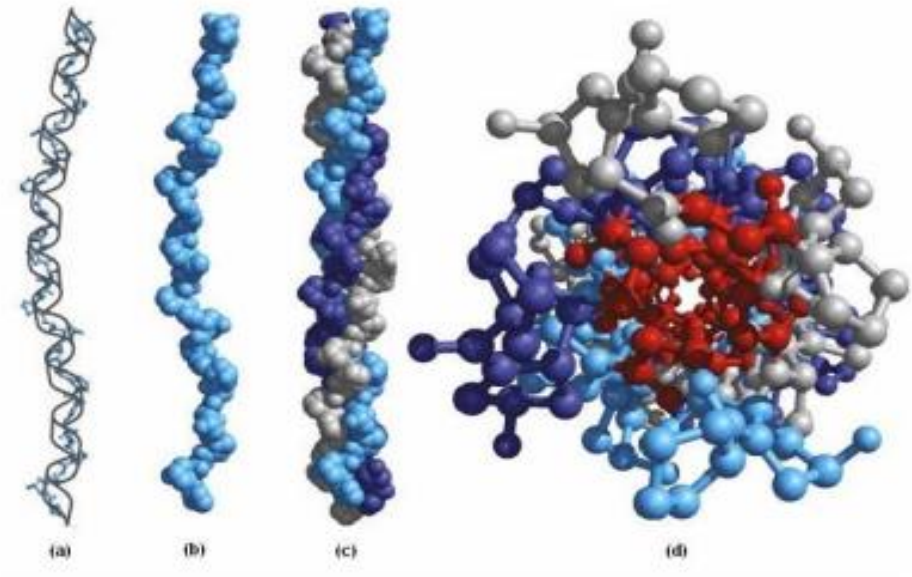


Figura 12-1: Estructura del colágeno
Elaborado por: (Hoffer, 2001, pp. 767-770).

"Una hélice poli peptídicas de colágeno da una vuelta completa cual la hace mucho más abierta que la hélice α fuertemente enroscada. Las tres cadenas α tienen sus extremos alineados y, aunque la forma helicoidal se extiende a lo largo de la mayoría de la molécula, hay regiones en los extremos amino y carboxilo terminales, que implican a unos 15-20 aminoácidos, que no son helicoidales. Estas regiones, conocidas como telopéptidos, son susceptibles de proteólisis, mientras que la triple hélice es resistente al ataque de la mayoría de enzimas proteolíticas y en la

forma nativa sólo es digerida por colagenasas específicas.” (REGINSTER, et, al., 2005, pp. 31-36).

(REGINSTER, et, al., 2005, pp. 31-36). “La molécula de colágeno posee una composición de aminoácidos característica e inusual, pues una tercera parte de sus aminoácidos son residuos de glicina y una cuarta parte, prolina. Además, muchos residuos de prolina y de lisina están modificados covalentemente, dando lugar a 4-hidroxiprolina (Hyp), 3-hidroxiprolina y 5-hidroxilisina (Hyl) (figura 12-1). Hay que resaltar que en el código genético no aparecen codificadas ni la hidroxiprolina ni la hidroxilisina, estos aminoácidos se incorporan en las cadenas poli peptídicas como prolina y lisina y son hidroxilados después de haber sido sintetizado el colágeno. En realidad, los polipéptidos del colágeno están formados por una secuencia que se repite de forma regular e ininterrumpida, en la que aparece un residuo de glicina cada tercer aminoácido. Esta secuencia se puede escribir como (Gly–X–Y) , donde X es con frecuencia prolina, Y es con frecuencia 4-h n idroxiprolina y n ~ 340.”

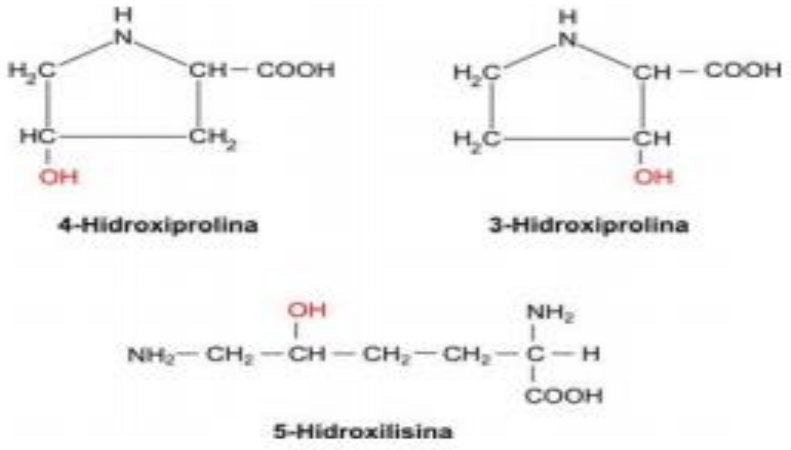


Figura 13-1: Aminoácidos derivados presentes en el colágeno
Elaborado por: (REGINSTER, et, al. 2005, pp. 31-36).

Como las cadenas de tropocolágeno forman hélices con tres residuos por vuelta, cada tercer residuo de una de las hélices se sitúa muy cerca de las otras dos cadenas. Estos contactos tan próximos, que se dan a lo largo del eje central de la triple hélice, dejan un espacio tan peque cadena poli peptídicas de colágeno se halle un resto de lo que solamente puede adaptarse allí el átomo de hidrógeno que constituye la cadena lateral de la glicina; cualquier otra cadena lateral más voluminosa separaría las tres hebras de la molécula de tropocolágeno. Este cruzamiento intercatenario explica la necesidad absoluta de que en cada tercera posición de una glicina. (REGINSTER, et, al., 2005, pp. 31-36).

1.3.2.1.5.4. Punto Isoeléctrico

(Rivero, 2001, p. 15), "El colágeno tiene un gran número de grupos ionizables ácidos y básicos en sus cadenas laterales y, por tanto, reacciona muy bien con los ácidos y las bases. Es, pues, una sustancia anfótera. Los principales grupos ionizables son del tipo ácido carboxílico (-COOH), amino ($-NH_2$), hidroxílico (-OH) y sulfhidrilo (-SH). Según sea el pH estarán en una forma u otra, definiendo la carga de la piel. Estos grupos ionizables son los responsables de la mayoría de reacciones químicas entre la piel y los curtientes y otros productos que se le añadan. A pH bajos, habrá más grupos cargados positivamente que negativamente y la piel es positiva. A pH altos pasa a la inversa y la piel es aniónica". Así:

	$^{+}NH_3$-P-COOH	$^{+}NH_3$-P-COO^{-}	NH_2-P-COO^{-}
pH baño	0	7-8	13

Se llama pl al valor del pH del baño en el cual la carga global de la piel en equilibrio con el baño es nula. La piel tiene "per se" un ligero exceso de grupos básicos sobre los ácidos. Esto hace que exista, de entrada, un exceso de cargas positivas y, por eso, el pl de la piel está entre 7 y 8 (se debe añadir algo de álcali para alcanzar la neutralidad de las cargas) como detalla anteriormente.

Otros valores (aproximados) de pl son:

- Colágeno natural. 7
- Colágeno encalado 5
- Colágeno curtido al cromo 7 (Curtición catiónica)
- Colágeno curtido al vegetal 3-4 (Curtición aniónica)

1.3.2.1.5.5. Hinchamiento

(Rivero, 2001, p. 15): "La piel puede sufrir básicamente dos tipos de hinchamiento: liotrópico o hidrotrópico y osmótico. El primero lo producen algunas sales neutras que provocan la ruptura de puentes de hidrógeno entre cadenas polipeptídicas, debilitando la estructura interna del colágeno. La temperatura de contracción disminuye. Este hinchamiento puede llegar a ser irreversible en parte y produce una cierta

solubilización de la piel. El hinchamiento osmótico se produce cuando la piel se sumerge en baños que contienen ácidos o álcalis minerales a disoluciones comprendidas entre 0.1 y 1 M, en ausencia de sales neutras. La piel queda translúcida, turgente y elástica."

Si la piel se neutraliza y se lava, la piel se vuelve a deshinchar manteniendo la temperatura de contracción. Se cree que los puentes de hidrógeno rotos se vuelven a formar. Además no hay solubilización de la piel. La acción de la presión osmótica varía en función del pH. Para evitar el hinchamiento osmótico se añade una sal neutra al baño, normalmente NaCI. La curva de hinchamiento se especifica en la figura 14-1. (Rivero, 2001, p. 15).

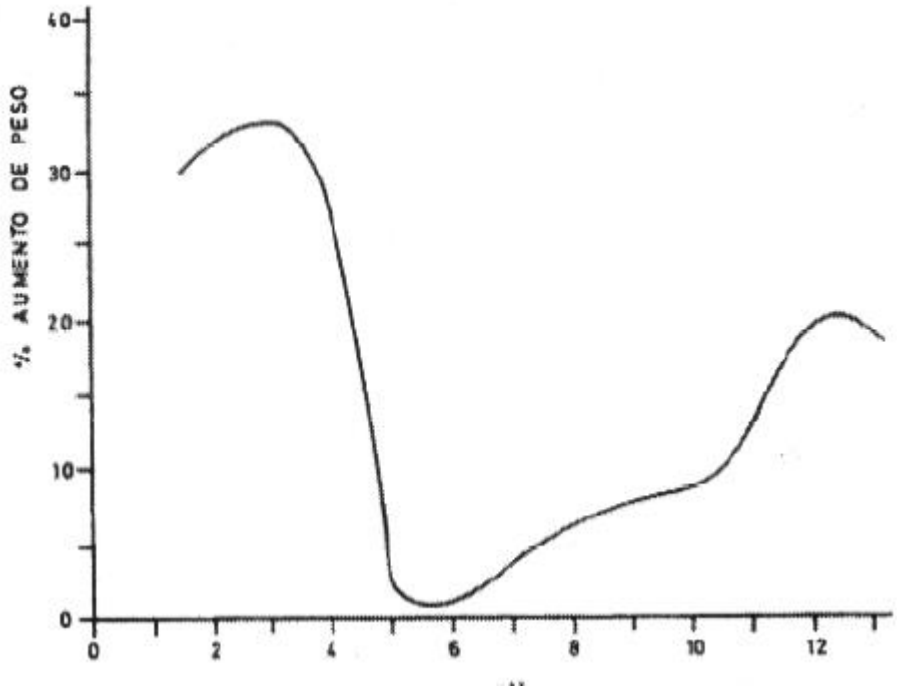


Figura 14-1: Curva de hinchamiento del colágeno en relación al pH
Elaborado por: (Rivero, 2001, p. 15).

1.3.2.1.5..6. Desnaturalización

La desnaturalización consiste en una pérdida total o parcial de la conformación nativa que tienen las proteínas. Puede ser térmica o química y la protofibrilla se convierte en una mezcla compleja de cadenas polipeptídicas flexibles. Se usa la temperatura de contracción como una medida de las fuerzas que estabilizan la estructura del colágeno, ya que como más estables sean, mejor resisten a la desnaturalización térmica. (Rivero, 2001, p. 15).

1.3.2.1.5.7. Adhesivos orgánicos

Los adhesivos se conocen desde tiempos inmemoriales y han sido empleados extensamente a lo largo de la historia hasta la actualidad. Se puede definir adhesivo como aquella sustancia que aplicada entre las superficies de dos materiales permite una unión resistente a la separación. Denominamos sustratos o adherentes a los materiales que pretendemos unir por mediación del adhesivo. El conjunto de interacciones físicas y químicas que tienen lugar en la interface adhesivo/adherente recibe el nombre de adhesión. (Wegman, 1989, pp. 15-18).

Los componentes básicos de los adhesivos reactivos son los que siguen:

1. Producto base, casi siempre, una mezcla de monómeros, oligómeros y/o polímeros.

2. Aditivos:

   - Colorantes
   - Antioxidantes
   - Iniciadores
   - Plastificantes
   - Agentes de "tack" (untuosidad)
   - Sustancias fluorescentes
   - Agentes de acoplamiento o promotores de la adhesión
   - Estabilizantes.

3. Cargas/espesantes: Es importante conocer en detalle el proceso de formación de la unión adhesiva. Básicamente, los adhesivos y selladores químicos deben ser sustancias con propiedades muy específicas antes y después de realizar el ensamblaje. Antes del ensamblaje el adhesivo/sellador debe ser capaz de copiar la superficie de los materiales a unir o sellar entrando en íntimo contacto con ellas, es decir, debe cubrir incluso las microcavidades para mojar toda la superficie sobre la que se aplique.

4. Después del ensamblaje el adhesivo/sellador debe mantener los sustratos unidos y/o funcionar como barrera químico-física para prevenir el ingreso o la fuga de líquidos, gases o contaminantes. Los fenómenos que tienen lugar antes de que el adhesivo cure, es decir, antes del ensamblaje tienen un efecto directo sobre las interfaces adhesivas de la unión. La adhesión es un fenómeno superficial que precisa un contacto íntimo entre las fases involucradas. Los factores que entran en juego en esta fase preliminar son dos:

- La relación entre la tensión superficial del adhesivo y la energía superficial del sustrato.
- Las propiedades reológicas del adhesivo antes de curar. A excepción de los adhesivos piezosensibles (por ejemplo, las cintas adhesivas), el mismo material no cumple ambas funciones a no ser que se produzca un cambio físico-químico en su seno. Este proceso es lo que genéricamente se denomina curado y tiene lugar según diferentes mecanismos.

1.3.2.1.5.8. Modelo de adhesión mecánica

(Less, 1984, pp. 18-19). Es el primero y más antiguo de todos. Según este modelo, la adhesión se debe a un anclaje del polímero (adhesivo) en los poros y rugosidades superficiales del sustrato. La penetración del adhesivo en la orografía superficial del sustrato provoca que la zona de contacto real entre los dos materiales sea varias centenas de veces superior a la correspondiente a la superficie aparente de contacto. Por tanto, rugosidad y porosidad son factores favorables a la adhesión. Es preciso asegurar una buena humectabilidad del sustrato por el adhesivo, puesto que las cavidades no alcanzadas por el adhesivo constituyen puntos potenciales de iniciación de rotura de la unión adhesiva, como se muestra en el figura 15-1.

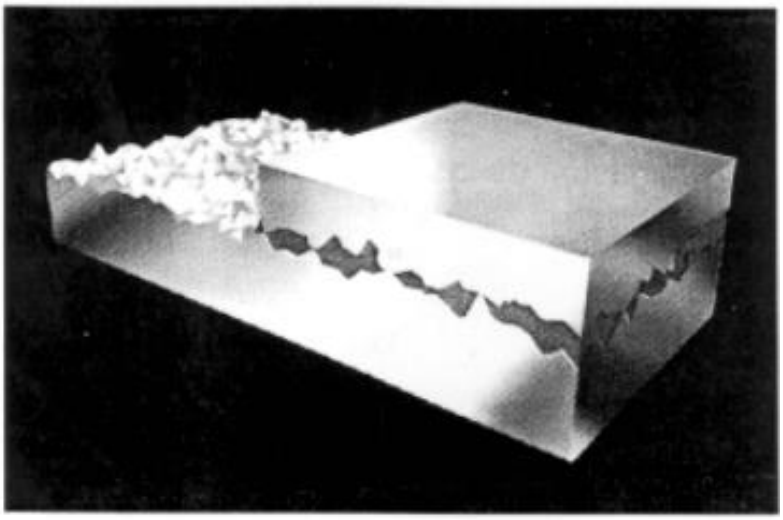


Figura 15-1: Modelo de adhesión mecánica
Elaborado por: (Less, 1984, pp. 18-19)

Los tecnólogos de la adhesión diseñan normalmente las formulaciones adhesivas para lograr que las fuerzas adhesivas sean siempre superiores a las cohesivas. De este modo, conociendo las

propiedades mecánicas del adhesivo se puede evaluar y, por tanto predecir, el comportamiento mecánico de una unión adhesiva. Según este enfoque, las propiedades mecánicas de la unión pueden estudiarse en base a las propiedades mecánicas del adhesivo que la constituye. Los fracasos más frecuentes cuando se emplean adhesivos son debidos al desconocimiento de los esfuerzos a que va a estar sometido el ensamblaje. De hecho, dentro de ciertos límites, es viable proceder mediante determinadas reglas empíricas para diseñar y obtener adhesiones correctas. Aun así, cuando los esfuerzos son complejos es indispensable tener en cuenta todos los factores que pueden influir. (Less, 1984, pp. 20-21)

En la práctica, esto quiere decir que la naturaleza y la magnitud de las tensiones que se esperan durante el servicio del ensamblaje deben conocerse antes de decidir el tipo de adhesivo que se debe emplear. Los esfuerzos mecánicos actúan sobre los conjuntos ensamblados como esfuerzos de tracción, de compresión, de flexión, de torsión y de cortadura, provocando así las tensiones. Aun así, las tensiones no aparecen únicamente como consecuencia directa de transmitir fuerzas o energías, sino que también se pueden dar por la aparición de fenómenos secundarios que acompañan a los cambios de temperatura. Esquemáticamente, podemos hablar de los siguientes tipos de solicitaciones sobre las uniones adhesivas (Less, 1984, pp. 18-19):

- Esfuerzos normales: de tracción y de compresión.
- Esfuerzos de cortadura o cizalla.
- Esfuerzos de desgarro.
- Esfuerzos de pelado.

1.4. Beneficiario directo e indirecto

1.4.1. Beneficiario Indirecto

En el diseño del proceso de producción de adhesivos los beneficiarios directos serán:

- El gerente de la tenería “Días S.A.”, Ing. Patricio Días, ya que al momento la empresa que él dirige no cuenta con un sistema de aprovechamiento de los residuos lo que genera multas e inspecciones excesivas por parte del MAE (Ministerio del Ambiente del Ecuador) lo que desemboca en pérdidas económicas para la empresa que no es recomendable en el proceso productivo.

- El personal administrativo y operativo de la planta curtiembre "Días S.A." que están expuestos a la presencia de residuos orgánicas con carga contaminante y sufren afectaciones a la salud, además de que se generan riesgos al depositar en el suelo el material orgánico.

- Los moradores del sector Macasto, que están expuestos a los residuos orgánicos generados en la curtiembre "Días S.A.", evitando afectaciones en la salud por los residuos o contaminación de cultivos o cuerpos de agua dulce circundante a la comunidad.

1.4.2. Beneficiarios Indirectos

En el diseño del proceso de producción de adhesivos los beneficiarios indirectos serán:

- Los productores de muebles y artesanías de madera, ya que podrán adquirir los adhesivos (cola de carpintero) a un precio económico y además de calidad que beneficie a su actividad.

- La población de la ciudad de Ambato, ya que se generara nuevas plazas de trabajo además de conseguir mitigar los impactos ambientales generados por la industria de la curtiembre que afectan al deterioro de la calidad de vida y generan procesos contaminantes

CAPITULO II

2. OBJETIVOS DEL PROYECTO

2.1. Objetivo General

- Diseñar el proceso de producción de adhesivos orgánicos para carpintería utilizando residuos provenientes de la etapa del dividido recuperados en la tenería “Días Compañía Limitada”

2.2. Objetivos Específicos

- Caracterizar la materia prima (determinación de humedad y contenido de extracto etéreo) de los residuos orgánicos del proceso de divido generados en la curtiembre “Días Compañía Limitada”.

- Determinar las variables de proceso y desarrollar los cálculos de ingeniería para el desarrollo del proceso de transformación de los residuos en adhesivo orgánico.

- Validar el proceso mediante la evaluación de la calidad física del adhesivo contrastando con pruebas de materiales en comparación con la norma PRTE INEN 238 vigente en el Ecuador.

CAPITULO III

3.1. ESTUDIO TÉCNICO PRELIMINAR

3.1.1. Localización del proyecto

La presente investigación se llevó a cabo en la tenería "Días Compañía Limitada" ubicada en la provincia de Tungurahua, cantón Ambato, en la Panamericana Norte Km $2^{1/2}$, sector el Pizque con coordenadas -1.211543, -78.595947 y los análisis y pruebas de laboratorio se realizaron en la Facultad de Ciencias de la ESPOCH, ubicada en la provincia de Chimborazo, cantón Riobamba en la Panamericana sur Km $1^{1/2}$ con coordenadas 1°39'13.4"S 78°40'34.2"W, las condiciones experimentales se detallan en la tabla 1-3 y al georreferenciación de la zona se detalla en la figura 1-3.

Tabla 1-3: Condiciones Meteorológicas del Cantón Riobamba

Parámetros	Valores Promedios
Altitud, msm.	2750
Temperatura , °C	135
Precipitación, mm/mes.	820
Humedad relativa, %.	75

Fuente: (ESPOCH, 2017).

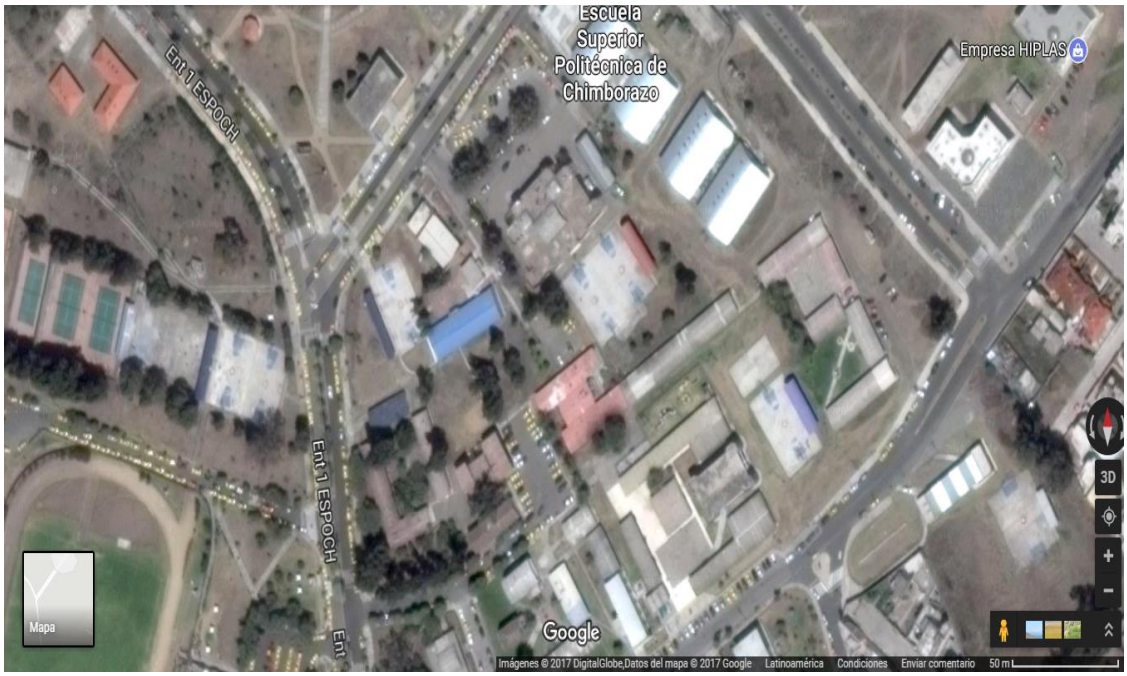


Figura 1-3: Georreferenciación de la ubicación de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo
Fuente: (Maps, 2017).

3.2. INGENIERIA DEL PROYECTO

3.2.1. Tipo de Estudio

El presente trabajo de titulación es denominado de tipo técnico, ya que se incluye la recolección bibliográfica que sienta las bases del proyecto, la experimentación en laboratorio para determinar las variables y fenómenos que afectaran al procesos productivo, la aplicación de balances de masa y energía para el diseño de los equipos y del flujo de proceso en conjunto estas técnicas permitirán mejorar la eficiencia del procesos productivo y determinaran la calidad del producto final que se obtenga a partir del proceso investigativo.

Al ser de tipo técnico la investigación podrá ser aplicada en el sector industrial si el beneficiario gusta implementarlo, ya que en el presente trabajo quedaran plasmadas el conjunto de operaciones unitarias para la transformación de los residuos en adhesivos orgánicos, además de que será validado el proceso productivo mediante la comparación con la normativa nacional de calidad para los adhesivos destinados a la carpintería, cabe destacar que en el proceso cognitivo de aprendizaje el investigador detallara las variables que afectaran la transformación de las

materias primas en producto terminado para que se mejore la capacidad de producción si la planta fuera instalada.

3.2.2. Métodos y Técnicas

3.2.2.1. Métodos

Para el desarrollo de la investigación se siguió las técnicas que dictan el proceso de investigación científica y los modelos que se derivan de esto, para el desarrollo total de los conocimientos se aplicó el método inductivo y deductivo para facilitar el orden de las ideas y la redacción técnica y se empleó el método experimental que permite desarrollar los conocimientos y aplicarlos en técnicas comprobando las hipótesis que surgen del proceso de abstracción del conocimiento y pudiendo plasmar los conocimientos en un medio físico apto para mediciones y demostraciones prácticas.

Método Inductivo

El método inductivo consiste en llevar de las generalidades a las particularidades, en el caso específico de la presente investigación este método doto al investigador de técnicas físicas para la resolución de los problemas presentados en la investigación, específicamente con el uso del método inductivo se recogió las técnicas para el muestreo de la materia prima (residuos de la etapa de dividido) y las técnicas para la caracterización de la materia prima, con la aplicación de estas técnicas el investigador recolecto los datos necesarios para el desarrollo de la investigación.

Método Deductivo

El método deductivo como la palabra lo indica permite deducir conocimientos a partir de leyes o hipótesis planteadas, en la presente investigación en la generación de conocimiento se aplicó el método deductivo para inferir en la propuesta técnica y como esta se podría construir, el investigador estuvo en la capacidad de cuestionar cada uno de los puntos planeados en el método investigativo para llegar a los mejores resultados posible, específicamente en la producción de adhesivos orgánicos se dedujo conocimientos acerca de cómo afectara la calidad de la materia prima, los fenómenos naturales (putrefacción o ataque enzimático por humedad presente en el medio de investigación) que sufre la materia prima, las operaciones de transformación y la calidad final del producto terminado con lo cual en cada punto se va deduciendo nuevos conocimientos para aplicarlos al momento de la experimentación, con esto se crearon hipótesis en fin de la

consecución de la investigación, hipótesis que serán contrastadas con el diseño de los equipos y que serán aplicadas para la propuesta técnica llegando a obtener los resultados planteados en los objetivos.

Método Experimental

El método experimental recoge las técnicas para la ejecución del conocimiento generado por el método inductivo y deductivo, en la investigación estas técnicas se plasmaron en la caracterización de la materia prima para ajustar las condiciones para mejorar las técnicas productivas, además que se aplicaron técnicas para la determinación de la calidad del producto final y además se utilizaron las técnicas para determinar la eficiencia del proceso productivo y de cada etapa en la transformación.

3.2.2.2. Técnicas

Las técnicas que se aplicaron correspondieron a las técnicas de muestreo de los residuos generados en la curtiembre "Días Compañía Limitada" para lo cual se utilizó la técnica de muestreo RCDE UE y para la caracterización de la materia prima se utilizó la norma NTE INEN 0818:2013 para la determinación de la humedad y norma NTE INEN 0823:2013 para determinar el contenido de materia grasa.

3.2.2.2.1. Muestreo

Dado las características de la investigación que se presenta se determina que el tipo de la investigación fue experimental e inductiva (se generó conocimientos a partir de la experimentación), dado que se realizó la obtención del adhesivo (cola de carpintero) a escala de laboratorio y con esto se dimensionó los equipos, pero no se lograron controlar variables aleatorias a las condiciones ambientales y a las condiciones de la materia prima (residuos orgánicos) que es fluctuante, pero se estudió las variables que afecten el rendimiento del proceso, determinado el tipo de investigación se debió realizar el muestreo inicial de los residuos orgánicos para las pruebas de laboratorio y para la obtención de adhesivos (cola de carpintero) en escala mínima.

Según datos de bibliografía el tipo de muestreo que se elija debe ser representativo y que el total de la población tengan la oportunidad de entrar en la muestra elegida, por lo cual el tipo de muestreo que más se adaptó a las condiciones experimentales es aleatorio simple, para lo cual se asignó un número a los diferentes lotes de residuos generados en la peletería, teniendo en cuenta

el día de producción y separándolo en lotes, después se determinó el tamaño de la muestra y se seleccionó de acuerdo a la tabla que reporta M.G. Kendall y B. Babigton Smith y para determinar el tamaño mínimo de tamaño muestral se utilizó lo que indica la ecuación 1-3.

$$n = \frac{Z^2 \sigma^2 N}{e(N-1) + Z^2 \sigma^2} \; Ecuacion\; 1-3.$$

Donde:

n: Tamaño de la muestra poblacional a obtener

N: Tamaño de la población total (número de residuos generados al año)

e: Error Muestral

α: Nivel de Confianza

Z: Constante muestral

De acuerdo con esta ecuación el tamaño de muestra fue igual a:

$$n = \frac{(1.96)^2 (0.5)^2 (682.46\; kg)}{0.05(682.46-1) + (1.96)^2 (0.5)^2}$$

$$n = 18.71\; kg\; de\; residuo$$

De acuerdo con esta cantidad se planifico tomar la muestra durante 8 semanas, recogiendo dos vez por mes que es cuando se realiza la etapa de dividido de las pieles, este muestreo se realizó en el lugar donde están depositados los residuos ocupando equipos de protección personal para evitar el riesgo del investigador, se muestreo de acuerdo a un modelo aleatorio para lotes y la forma de muestreo se representa en la figura 2-3.

Figura 2-3: Residuos generados en el dividido de la curtiembre "Días"
Realizado por: Juan Hidalgo. 2018

Una vez seleccionada las muestras, fueron empaquetadas en fundas plásticas negras con la debida rotulación con el día y hora de muestreo para sus posteriores análisis y usos, las muestras fueron almacenadas de acuerdo a lo que se muestra en la figura 3-3.

Figura 3-3: Almacenado de las muestras de residuos orgánicos
Realizado por: Juan Hidalgo. 2018

En la tabla 2-3, se especifica el cronograma que se estructuro para la recolección de los 18.71 Kg de muestra.

Tabla 2-3: Planificación del muestro semanal

Semana	Día	Hora	Muestras	Peso (Kg)	Lugar

2	Miércoles	11:00 - 11:30	1	1.56	Bodega de almacenamiento de residuos sólidos de la curtiembre " Días Compañía Limitada"
2	Miércoles	15:00 – 15:30	1	1.56	
2	Jueves	11:00 – 11:30	1	1.56	
2	Jueves	15:00 – 15:30	1	1.56	
2	Viernes	11:00 – 11:30	1	1.56	
2	Viernes	11:00 – 11:30	1	1.56	
6	Miércoles	11:00 - 11:30	1	1.56	
6	Miércoles	15:00 – 15:30	1	1.56	
6	Jueves	11:00 – 11:30	1	1.56	
6	Jueves	15:00 – 15:30	1	1.56	
6	Viernes	11:00 – 11:30	1	1.56	
6	Viernes	15:00 – 15:30	1	1.56	

Realizado por: Juan Hidalgo. 2018

3.2.2.2.1. Equipos, Materiales y Reactivos

En la tabla 3-3, se describen los materiales y equipos que se utilizarón para la recolección de las muestras.

Tabla 3-3: Materiales y Equipos para la recolección de la muestra

Materiales	Equipos
Botas de Caucho	Balanza
Mascarilla	
Guantes	Cámara
Fundas plásticas de color negro	
Baldes	Computadora
Varilla de metal	

Realizado por: Juan Hidalgo. 2018

3.2.2.2. Caracterización de la muestra

3.2.2.2.1. Determinación de humedad

El procedimiento se debió llevar a cabo para la determinación del contenido de humedad de las muestras solidas se detalla en la tabla 4-3, además se adjunta de acuerdo lo que indica (Ockerman, 2007, pp.40-45), que para un desarrollo óptimo del proceso de conversión de los residuos en adhesivos orgánicos (cola de carpintero), se debe tener un contenido máximo de humedad de 60%

y que lo más óptimo es que la humedad este en un intervalo de 30-60%, además de que adjunta que si el contenido de humedad del residuo es mayor se debe proceder a un secado hasta alcanzar la humedad recomendada, caso contrario se humecta las pieles.

Tabla 4-3: Procedimiento Utilizado para la determinación del contenido de humedad de las muestras

<table>
<tr><td>Materiales:

➢ Balanza analítica, sensible al 0,1 mg.

➢ Estufa con regulador de temperatura. Cristalizador o cápsula de fondo plano, de aproximadamente 8 cm de diámetro y 3 cm de altura.

➢ Varilla de vidrio. Su longitud no debe ser el 20% mayor del diámetro del cristalizador o cápsula.

➢ Desecador con un deshidratante adecuado, cloruro de calcio.

➢ Arena o piedra pómez en gránulos, para uso en laboratorio.</td><td>Reactivos:

➢ Muestra de piel</td></tr>
<tr><td colspan="2">Procedimiento:

➢ La determinación debe efectuarse por duplicado sobre la muestra fraccionada en trozos finos y convenientemente homogenizada.</td></tr>
</table>

- Tarar, con aproximación al 0,1 mg, el cristalizador con la varilla de vidrio, previamente lavados y secados, debe incluirse una pequeña cantidad de arena o piedra pómez en el cristalizador antes de pesarlo.
- Colocar en el cristalizador tarado de 1 a 5 g de muestra y pesar el conjunto con aproximación al 0,1 mg; fraccionar la muestra con la varilla de vidrio.
- Colocar el cristalizador con su contenido en la estufa, a 105° ± 2°C, durante 1 h (si la muestra es muy húmeda se aconseja iniciar el secado a 60°C).
- Enfriar en el desecador y pulverizar la muestra con la varilla de vidrio.
- Introducir nuevamente en la estufa, a 105° ± 2°C, durante 1 h.
- Enfriar en el desecador y pesar con aproximación al 0,1 mg.

Fuente: (INEN, 2017, p.2).

3.2.2.2.2. Determinación del contenido graso

El procedimiento que se debió llevar a cabo para la determinación del contenido de materia grasa total de las muestras solidas se detalla en la tabla 5-3, además se adjunta de acuerdo lo que indica (Ockerman, 2007, p. 18), que para un desarrollo óptimo del proceso de conversión de los residuos en adhesivos orgánicos (cola de carpintero), se debe tener un contenido máximo de materia grasa total de 15% y que lo más óptimo este en un intervalo de 5-15%, además de que adjunta que si el contenido del residuo es mayor se debe proceder a un desengrasado hasta alcanzar el contenido de grasa recomendada.

Tabla 5-3: Procedimiento Utilizado para la determinación del contenido de materia grasa de las muestras

Materiales:	**Reactivos:**
➢ Balanza analítica, sensible al 0,1 mg. ➢ Embudo de separación, de 500 cm^3. ➢ Baño María. ➢ Vaso de precipitación, de 250 cm^3 - 500 cm^3. ➢ Desecador con un deshidratante apropiado con Cloruro de calcio	➢ Éter etílico. ➢ Solución 0,5 N de ácido clorhídrico. ➢ Acetona, reactivo para análisis. ➢ Solución indicador de naranja de metilo. ➢ Agua destilada. ➢ Alcohol etílico, al 95% (V/V)
Procedimiento:	
➢ La determinación debe efectuarse por duplicado sobre la muestra convenientemente homogenizada. ➢ Pesar 5 a 10 g de muestra, previamente desmenuzada con aproximación al 0,1 mg; si el producto contiene una apreciable cantidad de materia insoluble en agua o de materia mucilaginosa, debe separarse mediante extracción con alcohol etílico, antes de continuar con la determinación. ➢ Colocar la muestra pesada (extraída o no, según el caso) en un vaso de precipitación; añadir 100 cm^3 de agua destilada y disolver, si es necesario, con calentamiento. ➢ Trasvasar la disolución a un embudo de separación, lavando el vaso con una pequeña cantidad de agua destilada.	

- Añadir gotas de la solución indicador de naranja de metilo y acidular con la solución 0,5 N de ácido clorhídrico, hasta viraje del indicador, para liberar los ácidos grasos; enfriar hasta temperatura ambiente.
- Efectuar la extracción con 100 cm^3 de éter etílico, agitando fuertemente durante 1 min. Dejar en reposo hasta separación completa de las dos fases.
- Transferir la fase acuosa a otro embudo de separación; si existe impurezas en la interface, transferir también a este embudo de separación.
- Efectuar dos nuevas extracciones con porciones de 50 cm^3 de éter etílico y, si se forman emulsiones, deben realizarse otras dos extracciones con porciones de 35 cm^3 de éter etílico.
- Reunir los extractos etéreos en el primer embudo de separación y eliminar el agua que pudiere existir.
- Transferir el extracto etéreo a un vaso de precipitación de 250 cm^3 previamente tarado; proceder a la evaporación en baño María. Si se observa la presencia de gotas de agua, eliminarlas agregando acetona y continuar la evaporación.
- Secar el residuo obtenido en la estufa a 85 ± 3°C, durante 10 min; enfriar en el desecador y pesar. Repetir las operaciones indicadas en este numeral hasta que la diferencia entre dos pesadas sucesivas efectuadas con una diferencia de 10 min no sea mayor a 5 mg.

Fuente: (INEN, 2017, p. 28)

3.2.2.2.3. Caracterización del producto terminado

Para las pruebas de calidad del producto terminado se realizó tres pruebas (de acuerdo a lo que indica la normativa ecuatoriana para la determinación de la calidad de adhesivos (PRTE INEN 238) las cuales fueron: determinación de la viscosidad (norma NTE INEN 1013), % de cenizas (NTE INEN 1954:2012) y la resistencia a la fatiga por esfuerzo de cizalla de adhesivos estructurales (ISO 4587:2003, IDT), además de esto se determinó la relación beneficio-costo de la producción de adhesivos (cola de carpintero) para lo cual se evaluó el costo de los equipos, la materia primas y los insumos químicos y se comparó con el precio en el mercado del adhesivo.

3.2.2.2.3.1. Determinación de la viscosidad

La viscosidad es una medida de la fluidez de un material. Los datos de viscosidad son usados en la determinación de la facilidad de agitación, bombeo, recubrimiento por inmersión u otras propiedades relacionadas al flujo de pinturas y fluidos relacionados. Debido a la dificultad de establecer una correlación entre las diferentes copas de flujo normalizadas en cada país, debido a que ocasiona confusión en la comparación de valores, los especialistas consideran recomendable la normalización de un modelo perfeccionado

de copa de flujo para la medición de los tiempos de flujo de pinturas, barnices y productos afines. Esta norma describe métodos de ensayo para determinar la viscosidad, en pinturas, barnices y productos afines, la técnica utilizada y lo referente al ensayo de determinación de viscosidad se detallan en la tabla 6-3. (INEN, 2017, pp. 3-4).

Tabla 6-3: Técnica utilizada para la determinación de la viscosidad de los adhesivos orgánicos de acuerdo a la norma NTE INEN 1013

Norma	Equipos	Reactivos y Materiales	Procedimiento
NTE INEN 1013: PINTURA Y AFINES. DETERMINACIÓN DE LA VISCOSIDAD	Viscosímetro análogo o digital Brookfield, o equivalente que tenga múltiples velocidades rotacionales, con juego de ejes	➢ Recipientes, Latas de aproximadamente 0,5 L de capacidad y 85 mm de diámetro o latas de 1L, 100 mm de diámetro. ➢ Termómetro, Con un rango de 20 °C a 70 °C y conforme a los requisitos para el termómetro. Además, se pueden utilizar, los equipos de medición de temperatura tales como termocuplas o termómetros de resistencia de platino que proveen mejor exactitud y precisión, que abarque el rango de temperatura especificado.	Llevar el fluido a una temperatura de 25 °C (o a otra temperatura acordada antes del ensayo), agitar vigorosamente la muestra en el agitador o equivalente por 10 min, retirar del agitador y dejar reposar por 60 min a 25 °C antes de ensayar. NOTA. El tiempo de agitación se puede reducir si es necesario o se acuerda entre el fabricante y el comprador, pero, en cualquier caso, no debería ser menos de 3 min. Iniciar el ensayo después de 65 min de remover la lata del agitador. No transferir la muestra del recipiente en el cual se agitó. Ajustar al aparato el rotor elegido, introducir el rotor en el fluido hasta la marca que posee, nivelar el aparato, poner en marcha el motor y dejarlo funcionando hasta que la aguja quede estacionaria en relación con el dial rotatorio. En ese momento realizar la lectura para el caso del viscosímetro análogo Brookfield De acuerdo con la velocidad y el rotor empleado obtener un factor, el cual depende del equipo utilizado, que multiplicado por la lectura en la escala, determina el valor de la viscosidad. En el caso del Viscosímetro digital, prender el viscosímetro, ajustarlo a las r/min seleccionadas para el material bajo ensayo. Dejar correr el viscosímetro hasta que la lectura digital se haya estabilizado. NOTA 1. En fluidos tipo tixotrópicas, el dial o la lectura digital no siempre se estabiliza. En ocasiones alcanza un pico y luego gradualmente declina como una estructura desglosada. En estos casos, el tiempo de rotación o número de revoluciones antes de la lectura del viscosímetro se debería acordar entre el usuario y el fabricante.

			NOTA 2. Siempre soltar el embrague mientras el eje está aún inmerso de forma tal que la aguja se libera en lugar de instantáneamente regresar a cero.

Fuente: (INEN, 2017, p. 60)

3.2.2.2.3.2. Determinación del porcentaje de cenizas

Esta norma tiene por objeto establecer el método para la determinación de cenizas en la gelatina o derivados que tengan alto contenido de colágeno en su composición, este consiste en determinar la cantidad de minerales que se encuentran y consiste en llevar a cenizas blancas las muestras a 550º C y de acuerdo con esto realizar los cálculos correspondientes, de acuerdo con esto la técnica, equipos, reactivos y materiales que se utilizaron se reportan en la tabla 7-3.

Tabla 7-3: Técnica utilizada para la determinación del contenido de los adhesivos orgánicos de acuerdo a la norma NTE INEN 1954.

Equipos	Procedimiento
➢ Balanza analítica, sensibilidad 0,1 mg. ➢ Crisol de porcelana o de otro material inalterable a las condiciones del ensayo. ➢ Mufla con control de temperatura. ➢ Quemador de gas. ➢ Desecador con agente deshidratante apropiado.	➢ Pesar de 3 a 5 g de muestra de ensayo bien mezclada con aproximación de 1mg, dentro del crisol previamente secado a la temperatura de 550°C por dos horas, enfriado y tarado. ➢ Quemar la muestra de crisol a llama moderada en el quemador de gas hasta que la muestra de ensayo cese el abultamiento o hinchamiento de la misma, indicando esto que ha sido reducida a carbón. Se tendrá cuidado que no se inflame la porción de ensayo ya que puede producirse pérdida de ésta al proyectarse. ➢ Llevar el crisol con la materia carbonizada a la mufla e incinerar a una temperatura de 550°C, hasta obtener cenizas de color blanco grisáceo característico y la masa constante. ➢ Si no se obtiene las cenizas, se deja enfriar el crisol, se humedece el contenido con unas pocas gotas de agua destilada y se evapora el agua a baño maría. Luego se calcina nuevamente hasta masa constante. ➢ Enfriar en el desecador hasta temperatura ambiente e inmediatamente pesar. ➢ Es importante que la incineración se haga a baja temperatura ya que muchos derivados del colágeno contienen cloruros los cuales son fácilmente volátiles.

Fuente: (INEN, 2017, p. 80)

3.2.2.2.3.3. Determinación de la resistencia a la fatiga por esfuerzo de cizalla de adhesivos estructurales

Esta norma internacional especifica un método para determinar la resistencia a la rotura por tracción de rígido a rígido ensambles unidos usando una muestra estándar bajo condiciones

especificadas de preparación y prueba. Lo cual nos permite determinar si los adhesivos han logrado la función de adherir las superficies, para lo cual se aplican fuerzas externas que simulan los fenómenos naturales a los que están expuestos los muebles u otros artefactos que sean elaborados con madera, por lo cual esta prueba permitirá evaluar la eficiencia en el pegado y de acuerdo a esto verificar la funcionalidad del pegamento obtenido, las técnicas, procedimientos, equipos y reactivos que se utilizaron para la prueba se detallan en la tabla 8-3.

Tabla 8-3: Técnica utilizada para la determinación de la resistencia a la ruptura en cizalla de los adhesivos orgánicos de acuerdo a la norma ISO 4587:2003

Equipo	Procedimiento
Máquina de prueba de tracción o tensiómetro	Ubique la muestra simétricamente en los agarres, con cada empuñadura a 50 mm cerca del 1 mm del borde más cercano de la agarradera. Se puede usar una cuña en los agarres para que la fuerza aplicada esté en el plano de la unión adhesiva. Opere la máquina a una velocidad de prueba constante para que la junta promedio se rompa en un período de 65 s ±20 s. Si se utiliza una máquina que trabaja a una tasa constante de carga, aplique la carga de corte a una tasa de 8,3 MPa a 9,8 MPa por minuto.

Fuente: (INEN, 2017, pp. 85)

3.2.3. Caracterización de la materia prima

3.2.3.1. Determinación de la humedad

Después de aplicar las técnicas detalladas en el epígrafe 3.2.2.2.1., se reportaron los resultados de la prueba determinación del contenido de humedad que se detallan en la tabla 9-3 y que corresponden a las 12 muestras con lo cual se comparó con los valores que reporta (Ockerman, 2007, pp.40-45), para determianr si la muestra que se escogió cumple con las parametros establecidos por el autor y que determina la eficiencia del producto terminado ademas de dictar las propiedades finales del adhesivo. De acuerdo con lo establecido las muestras que tengan un contenido de humedad mayor a 60% tendran que ser secadas ya que afecta en la extracción del colageno para la produccion de goma, pero las muestras que esten por debajo de los 30% de humedad no presentan problemas para realizar el tratamiento de obtención de goma dado que en los procesos normales la extacción se realiza en medio acuoso, lo que si afecta es que

se tendra que aportar mayor cantidad de agua al momento de la extracción, siendo un proceso mas costoso. De acuerdo con los datos de la tabla la mayor parte de las pieles se encuentran en un rango de 30-40 lo que las hace óptimas para continuar con los procesos de obtención de adhesivos, el contenido de humedad de las carnazas esta dado por la composición normal de la piel, así como tambien por la adición de agua en procesos de remojo, pelambre y calero que son anteriores al dividido y que aportan a un contenido mayor de humedad, pero dado que ninguna piel sobrepaso el limite superior no se tiene que proceder a secar las pieles y se puede realizar la transformación sin necesidad de realizar un secado a los residuos, las fotografías del proceso de determinación de la humedad se incluyen en el anexo A.

Tabla 9-3: Contenido de humedad de las muestras de residuos de la etapa del dividido

Muestra	Contenido de Humedad, %	Limite, %
1	36.7218	30-60
2	31.0733	30-60
3	34.4961	30-60
4	24.8137	30-60
5	31.0587	30-60
6	40.3251	30-60
7	28.4534	30-60
8	31.8912	30-60
9	30.4587	30-60
10	32.8461	30-60
11	38.5671	30-60
12	39.4187	30-60

Realizado por: Juan Hidalgo. 2018

3.2.3.2. Determinación del contenido de materia grasa

Utilizando los equipos que dispone el laboratorio de investigación de la facultad de Ciencias, se realizarón las tecnicas detalladas en la epigrafe 3.2.2.1., para la determinación del contenido graso, que va a ser una de las variables de calidad de la materia prima que influya en el proceso de extracción de colágeno y obtención de la goma; este contenido no debe sobrepasar el 15% ya que de otra forma afecta en el proceso productivo, dado que la adición de carbonato de calcio en combinación con la grasa del residuo genera que se produzca jabones de calcio, precipitan las

particulas de carbonatos y no permitiran el hinchamiento del colágeno, haciendo imposible la operación de extracción del adhesivo. Por esto este parámetro debe ser controlado con rigurosidad al momento de la toma de muestra y desechar las muestras que no cumplan con este parametro para evitar errores en la producción, los datos a esta prueba se reportan en la tabla 10-3, y de acuerdo a esto todas las muestras reportaron valores por debajo del limite establecido, con lo cual si cumplen los parametros establecidos para su transformación en adhesivos, las tecnicas que se emplearón y los análisis que se realizarón se describen de manera fotográfica en el anexo B.

Tabla 10-3: Contenido de materia grasa de las muestras de residuos de la etapa del dividido

Muestra	Contenido de Materia Grasa, %	Limite, %
1	5.8081	5-15
2	5.4048	5-15
3	6.4587	5-15
4	6.5056	5-15
5	6.3234	5-15
6	6.3897	5-15
7	4.7858	5-15
8	4.8852	5-15
9	5.2120	5-15
10	4.3031	5-15
11	5.2126	5-15
12	5.3135	5-15

Realizado por: Juan Hidalgo. 2018

3.2.4. Determinación del volumen de materia prima

Para la determinación de la cantidad de residuo producidos en la etapa de divido de la curtiembre "Días Compañía Limitada", el primer paso que se realizó fue la obtención de datos directos de las vitacoras de la empresa, para lo cual se le pidio al gerente que si se pudiera recopilar información acerca de la cantidad de cueros producidos en el año 2017, por parte de la fabrica, al obtener estos se recopilo en lo que se reporta en la tabla 11-3, y que se pudo verificar con los cardex de producción y de recepción de materia prima.

Durante el año 2017 la empresa produjo alrededor de 1500 pieles mensuales, de las cuales el total de estas fueron destinadas a la producción de napa para la confección de articulos de vestimenta (chompas, pantalones, zapatos) por lo cual el calibre al que se ajustarón las pieles fue constante ya que los compradores de cuero exigierón a la planta la homogeneidad de su producto terminado para evitar fallos al momento de la confección.

Tabla 11-3: Datos de cantidad de pieles curtidas mensualmente en el año 2017

Mes	Numero de pieles adquiridas	Numero de pieles producidas
Enero	1500	1200
Febrero	1800	1400
Marzo	1400	1200
Abril	1150	1000
Mayo	1200	1100
Junio	1150	900
Julio	1200	1125
Agosto	1300	1250
Septiembre	1400	1150
Octubre	1500	1450
Noviembre	1300	1200
Diciembre	1500	1425
Pieles en stoock	75	-
Total	16475	14400
Promedio	1267.31	1200

Fuente: Registro mensual de la zona de producción de la curtiembre "Dias Compañía Limitada", 2018.
Realizado por: Juan Hidalgo. 2018

Una vez determinado el volumen de producción de cueros en la curtiembre "Dias Compañía Limitada", se debió determinar el volumen de residuos generados en la etapa de divido para lo cual se realizó ajustes matemáticos para su determinación y ádemas se tomaron muestras in-situ de los residuos generados en lapsos de tiempo aleatorio para determinar cuanto se esta produciendo de residuos, como primer paso se realizó el ajuste mátematico de los datos con una regla de 3, se conoce en la empresa estan ajustadas las cuchillas de manera constante a un calibre de 3 mm que es el calibre que requieren los compradores, de acuerdo con esto el calibre normal de las pieles es de 7 mm (dato obtenido por encuesta a los operadores de las cuchillas de descarnado y dividido), con esto se hace una relación al peso actual de la piel y al peso de piel que es eliminada en los procesos de divido y descarnado, los datos calculados se reportarón en la

tabla 12-3 y la fórmula que se utilizó para la determinación mátematica del peso de materia prima se detalla a continuación.

$$masa_{residuos} = \frac{masa_{piel} * calibre_{\ divido}}{calibre_{\ piel}} \quad Ec. 3-2$$

Tabla 12-3: Datos para el cálculo del peso de residuos generados en la etapa de dividido en la curtiembre "Dias Compañía Limitada"

Me	Calibre Inicial de las pieles, mm	Número de pieles producidas, unidades	Peso promedio por piel, Kg	Calibre Final, mm	Peso de pieles producidas, Kg	Peso Residuo, Kg
Enero	7	1200	29.8775	3	35853	15365.5714
Febrero	7	1400	28.357	3	39699.8	17014.2000
Marzo	7	1200	30.408	3	36489	15638.1429
Abril	7	1000	28.357	3	28357	12153.0000
Mayo	7	1100	29.808	3	32788.91	14052.3900
Junio	7	900	30.353	3	27317.97	11707.7014
Julio	7	1125	29.365	3	33035.0625	14157.8839
Agosto	7	1250	28.252	3	35315.25	15135.1071
Septiembre	7	1150	29.366	3	33770.555	14473.0950
Octubre	7	1450	29.405	3	42636.525	18272.7964
Noviembre	7	1200	30.303	3	36363.96	15584.5543
Diciembre	7	1425	29.355	3	41830.59	17927.3957
Promedio	-	-	-	-	-	15365.5714

Fuente: Area de producción de la curtiembre "Dias Compañía Limitada", 2018.
Realizado por: Juan Hidalgo. 2018.

Despues de tabulados los datos, se procedió a contrastarlos con datos reales obtenidos de mediciones in-situ, para lo cual el investigador decidió realizar la toma de pesos reales durante dos meses de producción, los meses elegidos para la determinación fueron Noviembre y Diciembre ya que en este lapso de tiempo se realizó la investigación de campo, para esto se investigo que dias se realiza el dividido de las pieles y se determinaron las visitas a la planta y la recolección de los residuos para su posterior pesaje de acuerdo con esto las visitas se realizarón durante el lapso de 12 dias dado que la planta divide las pieles cada dos semanas y la división la realizan por el transcurso de dos dias, la medición de los resultados se realizó conforme al cronograma que se reportó en la tabla 13-3 y los resultados se reportaron en la tabla 13-3 y en el gráfico 1-3 y para la comparación de los datos y resolver si se ajustan los datos matematicos a los datos reales se estableció calcular el error experimental que se reporta en la tabla 14-3, de acuerdo con esto se estableció el flujo de residuos de la etapa del dividido para el diseño de la planta de producción de adhesivos orgánicos.

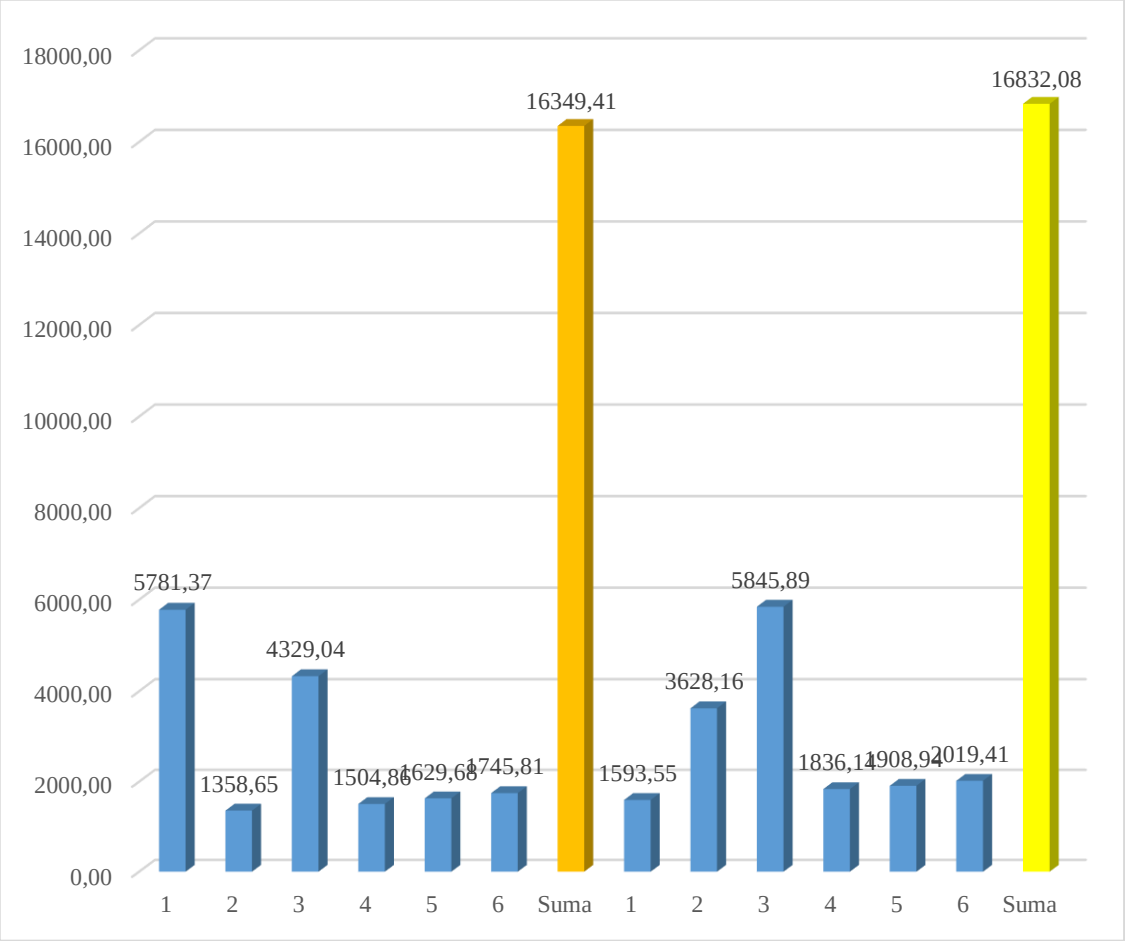


Grafico 1-3: Peso de residuos generados en la etapa de dividido en la curtiembre "Dias Compañía Limitada" en los meses de Noviembre y Diciembre

Realizado por: Juan Hidalgo. 2018

Tabla 13-3: Datos del flujo másico de residuos de la etapa del dividido generados en los meses de Noviembre y Diciembre recogidos en la curtiembre "Dias Compañía Limitada"

Mes	Numero de Muestra	Masa de residuos
Noviembre	1	5781.37
Noviembre	2	1358.65
Noviembre	3	4329.04
Noviembre	4	1504.86
Noviembre	5	1629.68
Noviembre	6	1745.81
Suma	-	16349.41
Diciembre	1	1593.55
Diciembre	2	3628.16
Diciembre	3	5845.89
Diciembre	4	1836.14
Diciembre	5	1908.94
Diciembre	6	2019.41
Suma	-	16832.08

Fuente: Area de producción de la curtiembre "Dias Compañía Limitada", (2018).
Realizado por: Juan Hidalgo. 2018

Tabla 14-3: Error calculado para el flujo de residuos sólidos generados en la curtiembre "Dias Compañía Limitada".

Valor Esperado, Kg.	Valor Observado, Kg.	Error Experimental Absoluto	Error Experimental Relativo
15584.5543	16349.41	±0.04907	±4.90776039
17927.3957	16832.08	±0.06109	±6.1097186

Realizado por: Juan Hidalgo. 2018

De acuerdo con lo reportado en la tabla anterior, el error experimental calculado es menor a 10% por lo que se aceptan los datos mátematicos, ya que en la investigación científica la desviación máxima que pueden reportar los datos debe ser inferiores a ±0.10 para el error absoluto ya que los datos calculados se ajustaran a la campana de Gaus que establece la normalidad de los datos, con lo explicado anteriormente el flujo escogido para el dimensionamiento de los equipos es igual a 15365.5714 $\frac{Kg}{mes}$, que es el promedio de los residuos generados mensualmente o a su vez como la obtención del adhesivo se dará por lotes de producción, el flujo másico que será convertido diariamente es igual a 504.1162 $\frac{Kg}{dia}$.

3.2.5. Ensayos a nivel de laboratorio para la elaboración de adhesivos orgánicos

Debido a que la presente investigación no existe una formulación establecida como resultado de que es un producto de innovación se debieron realizar las pruebas de laboratorio para la obtención de adhesivos organicos, lo cual se realizo de acuerdo a tres tratamientos como se detallara en las epigrafes siguientes, para la experimentacion se recurrio al uso de diferentes materiales, reactivos y equipos que se mencionaran a continuación:

Tabla 15-3: Materiales, equipos y reactivos utilizados en el proceso de obtención de adhesivos orgánicos a escala de laboratorio

Materiales	Reactivos	Equipos
Balones de Aforación	Carbonato de Calcio	Balanza Analitica
Tubos de Ensayo	Bisulfito de Sodio	Marmita
Elenmeyer	Formiato de Sodio	Fuente de Calor (Reververo)
Agitador	Muestra de Residuos de la etapa de dividido	pH-metro
Termómetro	Agua Destilada	Moldes
Probetas		

Realizado por: Juan Hidalgo. 2018

3.2.5.1. Descripcion del proceso de producción a nivel de laboratorio

Despues de recogida las 12 muestras en la curtiembre “Dias Compañía Limitada” se utilizó el siguiente procedimiento para la conversion en adhesivos orgánicos:

- Para iniciar el proceso de producción se dividió a las muestras en tres lotes, debido a que en la presente investigación se va a probar tres tipos de sistemas de producción para evaluar cual es que el mayor rendimiento reporta ademas de las caracteristicas finales de la producción, de acuerdo a la división se les dio la nomeclatura siguiente: Para las 4 muestras del primer lote de se les denomino T1 y cada muestra fue denominado como ensayo, con lo cual las 4 primeras muestras tuvieron la siguiente nomeclatura T1E1, T1E2, T1E3, T1E4, de acuerdo con esto se les nombro a las cuatro muestras del tratamiento siguiente y quedaron de acuerdo a T2E1, T2E2, T2E3 y T2E4 y para el siguiente tratamiento se siguió la misma nomenclatura reportandose asi T3E1, T3E2, T3E3 y T3E4, al terminar la nomenclatura se utilizó cada uno de los procesos de transformacion para cada tratamiento de acuerdo a como se explica a continuación.

- Para las muestras del T1 se realizó un proceso de encalado, el cual constituyo de los siguientes procesos, primero se peso las muestras para que esten estandarizadas el peso de cada muestra fue igual a 1.56 Kg, a continuación se procedió a diluir para medir el pH de las pieles que consituyo una variable de proceso, medido el pH se preparó una solución 1 M de carbonato de calcio al 98% de pureza y se añadio 500 ml de solución a los 1.56 Kg de muestra, preparada la solucion se midio el pH y se dejo reposar por un dia en un Elenmeyer, al cabo de 24 horas de reposo se midio el pH de la mezcla, el cual si estaba en un valor igual a 12 estaba listo para continuar el proceso productivo, de no ser asi se dejo reposar la solucion hasta alcanzar el valor requerido, a continuación se retiro la solucion de cal a los residuos y se lavo con abundante para eliminar los residuos, verificando que no exista sobre la piel restos de sustancias no deseadas, a esta proceso de adición de cal se lo conoce con el nombre de calero. Acabado el calero se procedió al desencalado de los residuos organicos, que es la acción de adicionar sales para eliminar la presencia de cal en las pieles, el desencalado se realizó preparando una solucion de 2% en peso de Bisulfito de Sodio + 2% de Formiato de Sodio en peso, despues de preparada la solucion se adiciono 500 ml de la misma a las pieles en un Elenmeyer, se midio el pH de la solución y se dejó reposar el baño por 1 hora. Al transcurrido este tiempo se midió el pH y se verificó que no exista remantes de cal en los residuos, esta verificacion se realizó con fenoltaleína, se dividió la muestra con un cuchillo y se adicionó fenoltaleina, si no da color al viraje es indicativo de que todo el carbonato de calcio estuvo eliminado, caso contrario se dejo reposar las muestras en la solucion previamente preparada hasta que no de viraje de color la fenoltaleina. Concluida la etapa de desencalado se procedió a la extracción del colageno (componente mayoritario del adhesivo orgánico) para esto se lavo las pieles evitando al presencia de algun solido extraño y se adicionó la muestra a la marmita, despues de esto se adiciono 1,5 lt de agua promedio a temperatura ambiente (18 ºC) y se encendio la fuente de calor, con esto se inicio el proceso de extracción, verificando cada hora la temperatura del interior de la marmita, al momento que no queda más agua en la marmita se retiró el liquido de consistencia viscosa y de color amarrillo y se midió la tempatura. Despúes de esta medición se almaceno el liquido (adhesivo orgánico) para las pruebas posteriores.

- Para las muestras del tratamiento T2, unicamente se realizó el proceso de encalado y extracción de adhesivo orgánico.

- Para las muestras del tratamiento T3, unicamente se realizo el proceso de extraccion.

- Acabado los tres tratamientos se realizarón las pruebas de laboratorio a todas las muestras de adhesivo obtenido, además para escoger el proceso productivo que será el más viable para las condiciones de la curtiembre "Días Compañía Limitada" se evaluó el rendimiento de cada uno de los tratamientos y ensayos para verificar cual es el que mayor eficiencia reporto y de acuerdo con esto se escogió el mejor proceso productivo.

- Los resultados fueron tabulados e interpretados por el paquete estadístico info-stat, en donde mediante un diseño completamente al azar simple (DCA) se determinó la significancia de los datos obtenidos y se evaluó las medias obtenidas para determinar cuál de los tratamientos es el mejor para realizar el proceso productivo. Las pruebas de control que se realizaron a las muestras de adhesivos, incluyen pruebas químicas y de materiales asegurándose que el proceso que se elija para la transformación sea el óptimo, con esto se conseguirán los objetivos planteados en la presente investigación y que podrán ser ejecutados por el propietario de la curtiembre o por otras curtiembres de la provincia de Tungurahua.

3.2.6. Resultados de los ensayos en el laboratorio

3.2.6.1. Viscocidad

En la tabla 16-3 y en gráfico 2-3, se indica los resultados de la viscidad obtenidos en las pruebas de laboratorio para lo cual se aplicó un modelo estadistico determinando las medias y se comparo con una goma cormecial para establecer que tan cerca se encuentran las propiedades de la goma obtenida experimentalmente y como pueden remplazar en diferentes usos los adhesivos orgánicos en base a colágeno.

Tabla 16-3: Analisis de la varianza de las medias a la prueba viscocidad en el proceso de

Fuente de varianza	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Fisher calculado	Fisher 0,05	Fisher 001	Prob	Sign
Total	11	86108391.00	7828035.545					
Tratamiento	2	15846962.53	7923481.263	1.015	4.256	8.022	0.400	ns
Error	9	70261428.47	7806825.386					

obtención de adhesivos orgánicos

Realizado por: Juan Hidalgo. 2018

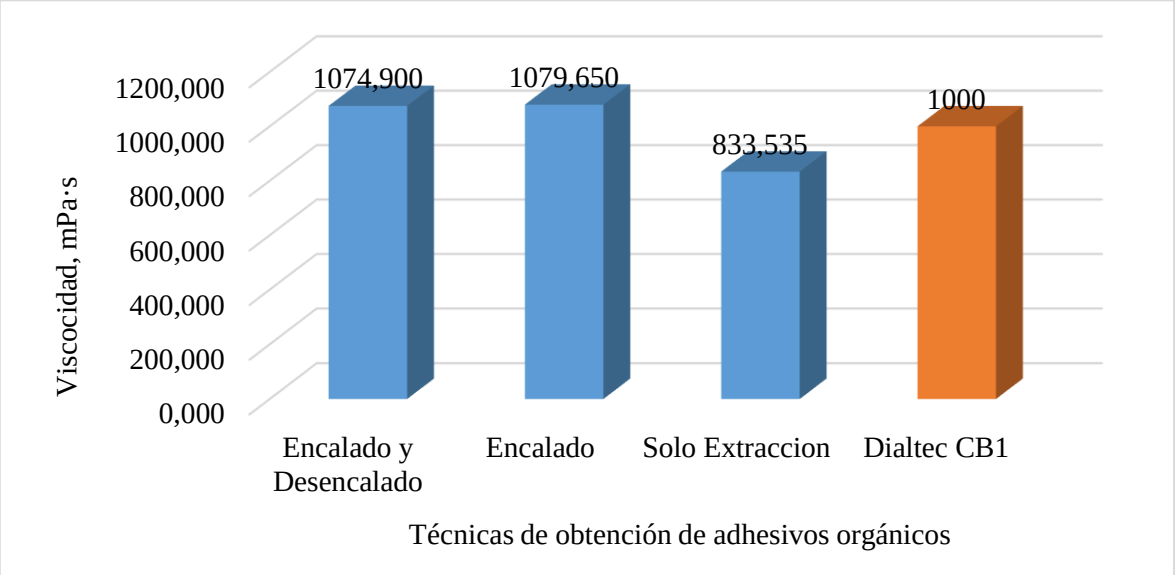


Grafico 2-3: Resultados obtenidos a la viscocidad de los diferentes procesos utilizados en la obtención de adhesivos orgánicos

Realizado por: Juan Hidalgo. 2018

De acuerdo con lo establecido en la viscocidad no se reportaron diferencias significativas, por lo cual las medias obtenidas son aceptadas y para la presente prueba las tres respuestas presentaron valores similares, de acuerdo con las respuestas la goma comercial marca Dialtec CB1 (ficha tecnica en el anexo D) reporto valores de viscosidad igual a 1000 mPa·S, mientras que las respuestas del tratamiento T1 (encalado y desencalado) fueron las que mas se acercaron a este valor ya que reporto medias iguales a 1074.900 mPa·s, el tratamiento estadistico que se realizó a los datos para la prueba viscocidad se reporta en el Anexo C.

3.2.6.2. Contenido de Cenizas

En la tabla 17-3 y en el gráfico 3-3 se reportan los resultados obtenidos a la prueba contenido de cenizas del adhesivo orgánico en los tres tratamientos en los que se dividió la investigación, el contenido de cenizas determinan la cantidad de minerales presentes en el adhesivo, lo cual no es recomendable ya que se pueden producir reacciones paralelas que afecten a la composicion normal de la goma, ademas de que afectan a la pureza del adhesivo cambiando sus propiedades de adherencia por lo que se busca que las cenizas sean mayores al 10% y menores al 50% en las normas para evitar los fenomenos anteriormente mencionados.

Tabla 17-3: Analisis de la varianza de las medias a la prueba contenido de cenizas en el proceso de obtención de adhesivos orgánicos

Fuente de varianza	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Fisher calculado	Fisher 0,05	Fisher 001	Prob	Sign
Total	11	690.72	62.79304373					
Tratamiento	2	116.12	58.06024869	0.909	4.256	8.022	0.437	ns
Error	9	574.60	63.84477597					

Realizado por: Juan Hidalgo. 2018

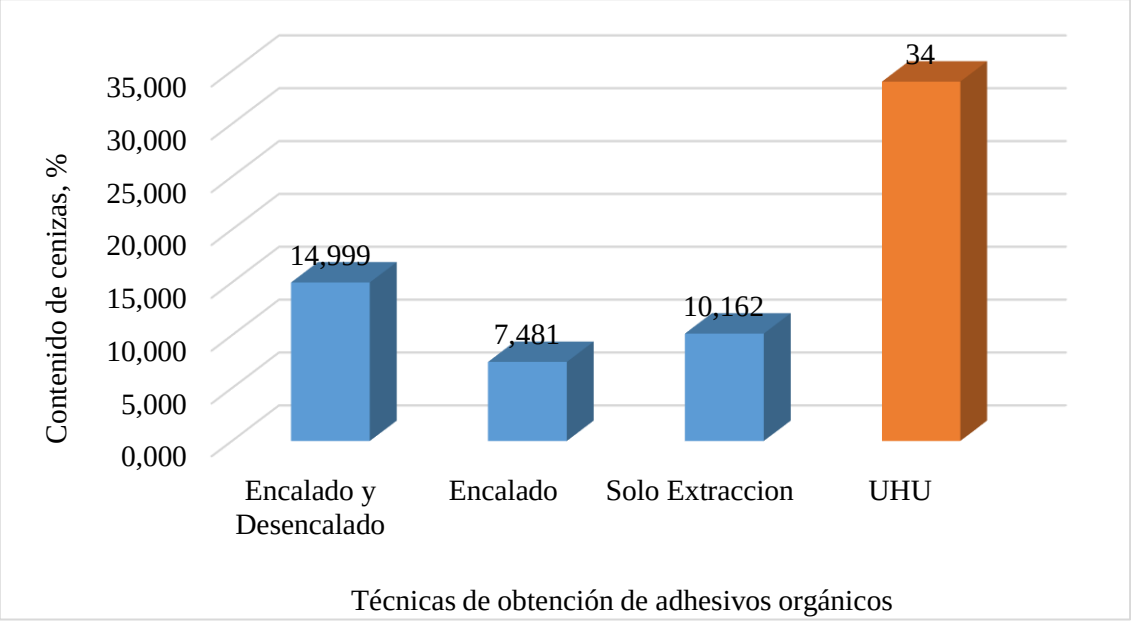


Grafico 3-3: Resultados obtenidos al contenido de cenizas de los diferentes procesos utilizados en la obtencion de adhesivos organicos

Realizado por: Juan Hidalgo. 2018

De acuerdo con lo reportado anteriormente, los datos no reportaron diferencias estadisticas ($P>0.05$) entre medias, con lo cúal se aceptan cualquiera de los tres tratamientos para el proceso productivo, la goma escogida para la comparación fue de la marca UHU recomendada para

madera (ficha técnica en el anexo E) reporto medias iguales a 34% la goma que mayormente se aproximo a este valor fue la del tratamiento T1 (encalado y desencalado) que reporto medias iguales a 15%, comnparando los datos el producto comercial reporta mayor contenido de cenizas dado que la materia prima que utilizan y los solventes de carácter mineral con lo cual aumentan el contenido de cenizas mientras tanto que para el proceso de obtención de adhesivos orgánicos se concentra el colágeno y los minerales que se reportan son por efecto de la adición de carbonatos, sales de bisulfito por lo que no sera alto el contenido de cenizas, dando como resultado una mayor pureza del adhesivo, el tratamiento estadistico de los datos para la prueba contenido de cenizas se reporta en el anexo F.

3.2.6.3. pH

Una de las mediciones in-situ que se realizó a la goma fue el pH, ya que con esto se verifico el estado de conservación, ya que gomas muy ácidas evidenciaran un estado de putrefacción del material, por lo que lo recomendable en una goma es que tenga carácter neutro o básico, para evitar la proliferación bacteriana que afecte a su conservación, los resultados a la presente se reportan en la tabla 18-3 y en el grafico 4-3.

Tabla 18-3: Análisis de la varianza de las medias a la prueba pH en el proceso de obtención de adhesivos orgánicos

Fuente de varianza	Grados de liberta	Suma de cuadrad	Cuadrado medio	Fisher calculado	Fisher 0,05	Fisher 001	Prob	Sign
Total	11	15.13	1.37507273					
Tratamiento	2	9.13	4.565925	6.856	4.256	8.022	0.016	*
Error	9	5.99	0.66599444					

Realizado por: Juan Hidalgo. 2018

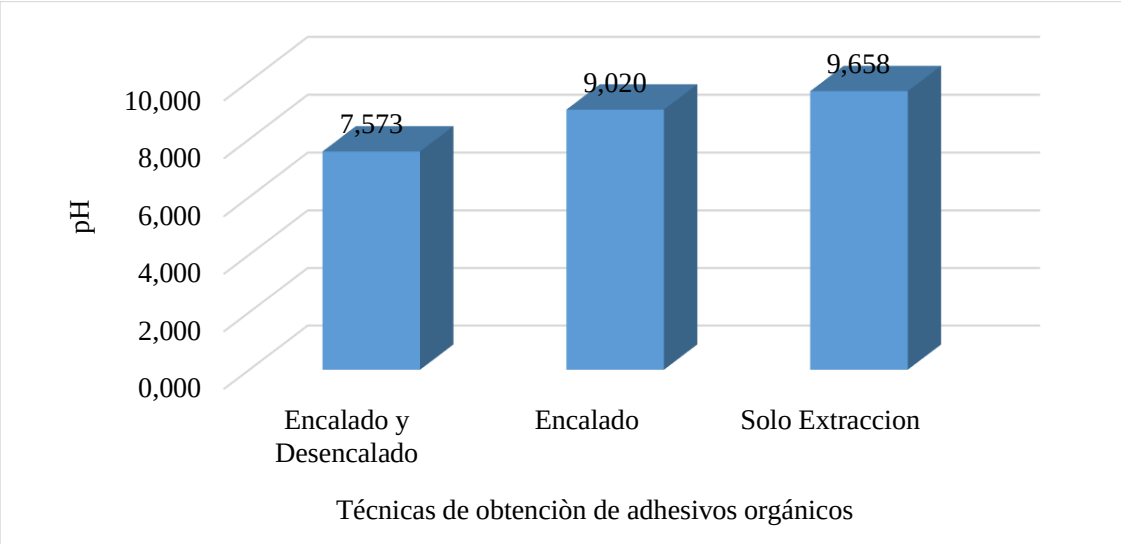


Grafico 4-3: Resultados obtenidos al pH de los diferentes procesos utilizados en la obtenciòn de adhesivos orgànicos

Realizado por: Juan Hidalgo. 2018

En la presente prueba si existiò significancia (P<0.01) entre medias, por lo cual se acepta la que de mejor manera se adapte a los resultados requeridos, de acuerdo con esto las mejores respuestas para la prueba pH fueron las del tratamietno T1 (Encalado y Desencalado) que reporto medias iguales a 7.573 que se aproximan a la neutralidad, lo cual es recomendable ya que a este pH los adhesivos son poco reactivos ademas de que son estables al ataque bacteriano, lo cual beneficiará a su tiempo de conservación y evitarà que se presenten reacciones paralelas que generen alteraciòn en la calidad final del pegado; el tratamiento estadistico de los datos se adjunta en el anexo G.

3.2.6.4. Rendimiento a las pruebas de calidad

En la producciòn se busca el mayor rendimiento para que se obtenga mayor ganancias económicas en las operaciones de transformación, razón por la cual esta prueba es una de las mas importantes para determinar cual proceso tecnológico se escogera para la producción de adhesivos orgánicos, los resultados obtenidos al rendimiento del proceso se reportan en la tabla 19-3 y en el grafico 5-3.

Fuente de varianza	Grados de liberta	Suma de cuadrado	Cuadrad medio	Fisher calculado	Fisher 0,05	Fisher 001	Prob	Sign
Total	11	5826.97	529.724153					

Tratamiento	2	5509.08	2754.5415	77.987	4.256	8.022	0.000002	**
Error	9	317.88	35.3202977					

Tabla 19-3: Analisis de la varianza de las medias a la prueba rendimiento en el proceso de obtención de adhesivos orgánicos

Realizado por: Juan Hidalgo. 2018

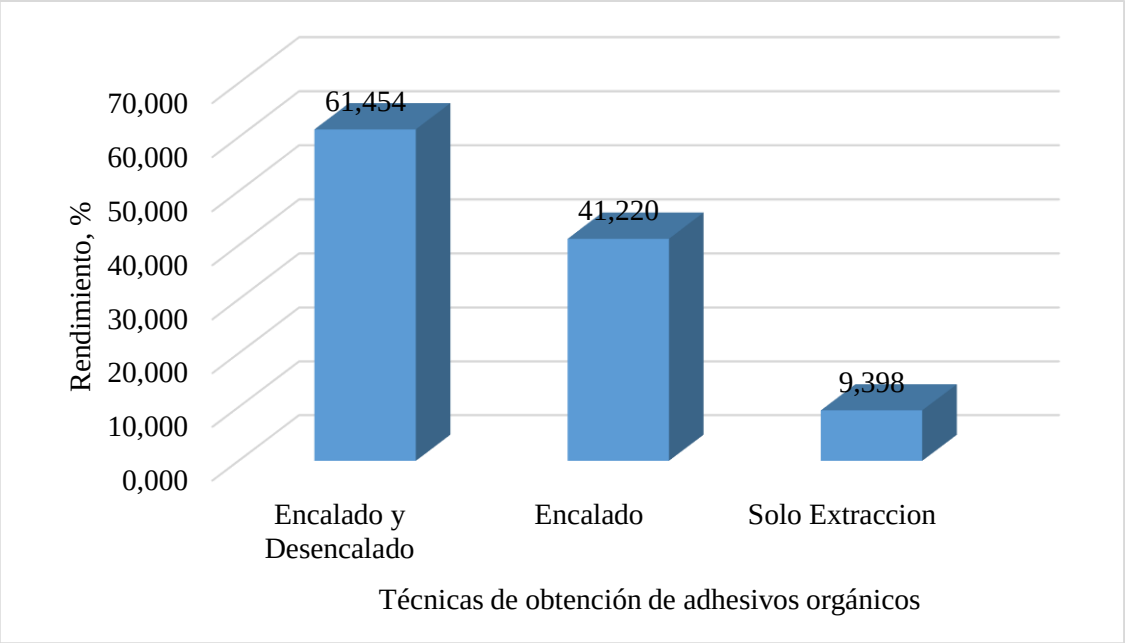


Gráfico 5-3: Resultados obtenidos al rendimiento de los diferentes procesos utilizados en la obtencion de adhesivos organicos

Realizado por: Juan Hidalgo. 2018

De acuerdo con resultados obtenidos para el rendimiento en los diferentes proceso de conversión para la obtenciòn de adhesivos orgánicos se reportaron diferencias altamente significativas (P<0.01*) entre medias, lo que indico que para este parámetro cada uno de las etapas afectaron al rendimiento del proceso y al ser los datos dispersos, se aceptan los valores que mejores respuestas reportaron, estos son los valores obtenidos en el T1 (Encalado y Desencalado) ya que reportaron medias para el rendimiento iguales a 61,45% y que son muy superiores a los demas resultados, el tratamiento estadistico para esta prueba se reporta en el anexo H.

3.2.6.5. Resistencia a la ruptura por cizalla

En la producciòn de adhesivos se busca la mayor resistencia a la ruptura en cizalla ya que esto demostrara la calidad pegante del producto para que se obtenga mayor ganancias económicas y mayor calidad en las operaciones de transformaciòn, razon por la cual esta prueba es una de las màs importantes para determinar cual proceso tecnològico se escogera para la producciòn de

adhesivos organicos, los resultados obtenidos a la resistencia a la ruptura en cizalla del proceso se reportan en la tabla 20-3 y en el gráfico 6-3.

Tabla 20-3: Analisis de la varianza de las medias a la prueba resistencia a la ruptura en cizalla en el proceso de obtención de adhesivos orgánicos

Fuente de varianza	Grados de libertad	Suma de cuadrad	Cuadra medio	Fisher calculad	Fisher 0,05	Fisher 001	Prob	Sign
Total	11	2789.43	253.58447					
Tratamiento	2	1339.15	669.575833	4.155	4.256	8.022	0.053	ns
Error	9	1450.28	161.141944					

Elaborado por: Hidalgo, J. (2018)

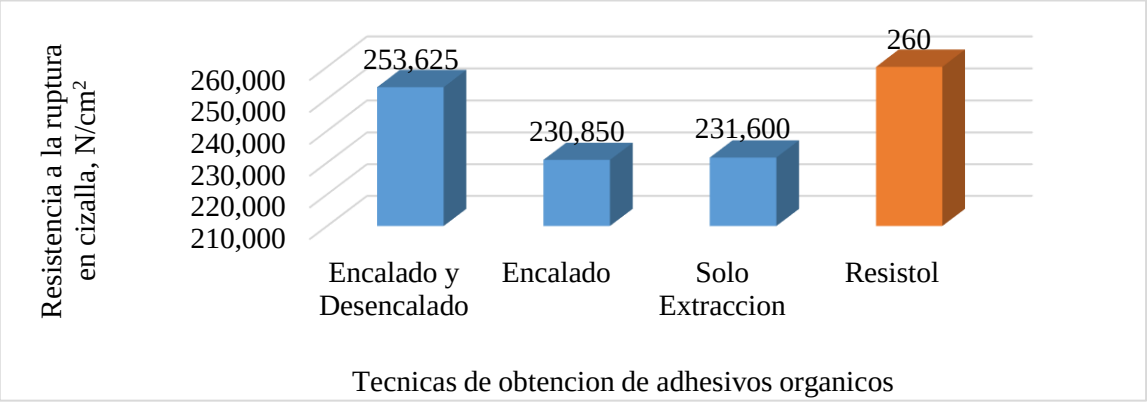


Gráfico 6-3: Resultados obtenidos a la resistencia a la ruptura en cizalla de los diferentes procesos utilizados en la obtencion de adhesivos organicos

Realizado por: Juan Hidalgo. 2018

De acuerdo con resultados obtenidos para la resistencia a la ruptura en cizalla en los diferentes proceso de conversión para la obtención de adhesivos orgánicos no se reportaron diferencias estadisticas (P>0.05) entre medias, lo que indico que para este parametro cada uno de las etapas afectaron a la resistencia a la ruptura en cizalla y al ser los datos dispersos, se aceptan los valores que mejores respuestas reportaron, estos son los valores obtemnidos en el T1 (Encalado y Desencalado) ya que reportaron medias para el rendimiento iguales a 253.62 N/cm^2 y que son muy superiores a los demas resultados, el tratamiento estadistico para esta prueba se reporta en el anexo I.

Despues de analizados las pruebas de calidad de los adhesivos orgánicos se infiere que el mejor tratamiento para la obtención de adhesivos organicos es el tratamiento T1 (encalado y Desencalado) ya que reporto las mejores repsuestas para todo las pruebas y que mayor similitud reporto en cuanto a las gomas comerciales de marca UHU y Dialtec CB1, por lo que conforme a este tratamiento se plantearan los cálculos de ingenierìa y se desarollaran el dimensionamiento de la maquinaria necesaria para la planta de producciòn de adhesivos orgànicos.

3.2.7. Operaciones Unitarias del proceso productivo

En el diseño ingenieril de la obtencion de adhesivos orgànicos intervienen diferentes reacciones quimicas y transformaciones fisicas que permitan la obtenciòn y que son denominadas operaciones unitarias, conocerlas permiten diseñar el flujo adecuado de materia prima e insumos para cada etapa ademas que permitiran controlar las variables que afecten a la transformacion.

Las operaciones unitarias que intervienen en la obtención de adhesivos orgánicos siguen un flujo lineal y son las siguientes:

3.2.7.1. Mezclado

Es una de las operaciones utitarias mas importantes en los procesos de transformaciòn de materia prima en productos terminados y consiste en la acción mecánica y quimica de agitar sustancias para lograr su homogenización o lograr que entren en contacto para que se lleve a cabo la reacción quimica, en el presente proceso productivo el mezclado se lo realiza en la etapa de desencalado y en la etapa de desencalado, para el proceso es un mezclado con reacción quimica, ya que en la etapa de encalado se añade carbonato de calcio a la piel para que se de la reacción se requiere de agitación, tambien para el proceso de desencalado se requiere el mezclado para el maximo contacto entre el carbonato y las sales de bisulfito para su eliminación, estas son las etapas que dictan la calidad del producto final y tendran una relevante función en la optimización del rendimiento.

3.2.7.2. Lavado

El lavado constuituye en una operación que permite separar sólidos solubles de otros sòlidos mediante la solubilidad en agua, para la presente investigación el lavado se realiza despues de las etapas de encalado y desencalado, con lo que se busca que no exista ninguna sustancia sólida

extraña que afecte a la extracción asi como tambien evita la presencia de carbonato de calcio y de bisulfito y formiato de amonio que interferiran en la extracción del colágeno.

3.2.7.3. Extracción sólido-líquido

Es una operación unitaria cuya finalidad es la separación de una o mas sustancias o componentes contenidos en la fase sólida, mediante la utilización de un disolvente en estado liquido el cual es mas afin al líquido que al sólido, en la practica el componente que se separa del sólido recibe el nombre de soluto mientras que el solido que no se separa recibe el nombre de solido inerte, de acuerdo con los datos de bibliografia mientras mayor contacto exista entre el soluto y el disolvente mayor sera el porcentaje de extracción, en la presente investigación la extracción se realiza en la obtencion del colágeno el cual se separa de los demas componentes del residuo del dividido (proteinas insolubles, grasa, minerales) y se utiliza como fase liquida el agua ya que el colágeno es soluble en el agua y mediante el aumento de tempeatura de la extracción el agua se evaporara y se concentrara el colágeno aumentando su pureza y aumenta sus propiedades pegantes, este proceso es la parte clave de la obtención de adhesivos orgánicos, ya que los procesos anteriormente citados son realizados con el afan de preparar la piel para que exista el maximo contacto entre el colágeno y el disolvente, evitando la solubilidad de los demas componentes de la piel.

3.2.7.4. Producción de calor

La producción industrial de calor es una operación unitaria que consiste en aumentar la temperatura de un liquido en la mayoria de los casos el agua, para que se de su transformación a vapor y mediante la convección y conducción aumentar la tempertaura de otro sólido o líquido mediante el contacto entre las dos sustancias, la producción de calor en la presente investigación se aplica para aumentar la temperatura y que se de el proceso de extracción de los adhesivos orgánicos.

3.2.8. Variables del proceso

De acuerdo a las operaciones unitarias que se deben realizar para la obtención de adhesivos orgánicos las variables y parámetros de proceso que se deben controlar son:

Tabla 21-3: Variables de proceso

Etapa de proceso	Variable
Mezclado (Encalado y Desencalado)	pH Concentración de sustancias quimicas Tiempo de mezclado
Extracción sólido-líquida	Temperatura Caudal de vapor de agua
Lavado	Caudal de agua Tiempo
Producción de calor	Caudal de refrigerante Caudal de vapor Temperatura

Realizado por: Juan Hidalgo. 2018

- pH

Es la variable que se debe controlar en todas las etapas de producción ya que determina la adición de sustancias quimicas y el tiempo de residencia para las reacciones, es asi que en el proceso de encalado se debe verificar que el pH no sea mayor a 12 que es el punto máximo de hinchamiento de las fibras de colágeno, en el proceso de desencalado se debe verificar un pH final de 6 que es el punto isoeléctrico del colágeno en donde sera soluble en el agua permitiendo la mayor cantidad de extracción.

- Temperatura

Esta variable afectara directamente a la extracción del colageno ya que a 93º C se da la mayor cantidad de extracción de colageno asi como tambien se da la evaporación del agua que permite la concentración del adhesivo orgánico, asi mismo en la producción de calor se debe verificar que la temperatura no sea elevada mayor a los 120º C ya que de caso contrario se suministra elevada cantidad de calor a la extracción lo que genera que se de la calcinación de los minerales de la piel y no se consiga la extracción del colágeno

- Concentración de reactivos quimicos

Esta concentración es fundamental al pH que regula los procesos previos a la extracción (encalado y desencalado) ya que al no ajustar la concentración correctamente se puede producir un sobrehinchamiento de la piel en el caso del encalado o una deficiente neutralización y remoción del carbonato de calcio en el proceso de desencalado

- Tiempo de reacción

Esta variable sera fundamental en todas las operaciones unitarias, ya que de ello dependera las reacciones quimicas en el encalado el tiempo máximo de reacción debe ser de 24 h, en el desencalado el tiempo maximo debe ser de 1 h y en la extracción del colágeno el tiempo maximo debe ser de 4-5 horas para asegurarse la mayor cantidad de adhesivo orgánico obtenido a partir de los residuos del dividido.

3.2.9. Balance de masa para las etapas productivas

3.2.9.1. Datos obtenidos experimentalmente para el balance de masa

Una vez determinado que el proceso productivo que mayor rendimiento reporto, se procedió a realizar cuatro repeticiones del proceso para convalidar los datos los cuales se reportan en la tabla 22-3, estos datos serán utilizados para los balances de masa en el proceso de obtención de adhesivos orgánicos a partir de los residuos generados en la curtiembre "Días Compañía Limitada"

Tabla 22-3: Datos Experimentales obtenidos en la producción de adhesivos organices a partir de los residuos generados en la curtiembre "Días Compañía Limitada"

Proceso de Producción	Masa de piel a la entrada, g.	Concentración de Entrada de la solución, mol/l	Masa de salida de piel, g.	pH entrada	pH salida	Temperatura Entrada, °C	Temperatura Salida, °C
Encalado							
Ensayo 1	130.78	1	134.7339	8.70	12.35	18	18
Ensayo 2	110	1	106.23	8.75	12.35	18	18
Ensayo 3	175.8090	1	170.3372	8	12.02	18	18
Ensayo 4	162.789	1	183.8257	8.80	12.19	18	18
Desencalado							
Ensayo 1	134.7339	0.2	138.012	12.35	5.65	18	18
Ensayo 2	106.23	0.2	136.08	12.35	5.80	18	18
Ensayo 3	170.3372	0.2	163.9130	12.02	5.60	18	18
Ensayo 4	183.8257	0.2	178.0635	12.19	6.00	18	18
Extracción Solido-Solido							
Ensayo 1	138.012	-	199.04	5.65	6.96	18	92
Ensayo 2	136.08	-	96.9885	5.80	6.30	18	92
Ensayo 3	163.9130	-	213.3196	5.60	6.80	18	92
Ensayo 4	178.0635	-	178.3411	5.60	6.90	18	92

Realizado por: Juan Hidalgo. 2018

3.2.9.2. Cálculos para el balance de masa

El balance de masa obedece al principio de conservaciòn de la materia y energia, que dicta que la materia no se crea ni se destruye unicamente se transforma, por lo cual para los calculos ingenieriles es una herramienta poderosa que permite calcular el flujo de masa y energia en un proceso con o sin reaccion quimica, razon por la cual en la presente investigación se utiliza esta herramienta ingenieril para determinar el rendimiento del proceso productivo de obtención de adhesivos organicos a partir de los residuos generados en la etapa del dividido en la curtiembre "Dias Compañía Limitada".

3.2.9.2.1. Calculos de balance de masa en la etapa de encalado

a) Determinación de la masa de solución de carbonato de calcio

$$[Ca(CO_3)] = \frac{moles\ Ca(CO_3)}{L\ sol}$$

$$1 = \frac{moles\ Ca(CO_3)}{0.5}$$

$$moles\ de\ Ca(CO_3) = 0.5$$

$$moles\ de\ Ca(CO_3) = \frac{m\ Ca(CO_3)}{PMCa(CO_3)}$$

$$m\ Ca(CO_3) = PMCa(CO_3) * moles\ de\ Ca(CO_3) * Pureza\ Ca(CO_3)$$

$$m\ Ca(CO_3) = \ 100.0869 * 0.5 * \frac{100}{98}$$

$$m\ Ca(CO_3) = 51.06\ g$$

b) Determinación de la masa de alimentación

$$\sum Flujos\ Ingresan\ a\ la\ produccion$$

$$\sum Flujos\ Ingresan\ a\ la\ produccion = \ m_{piel} + mCa(CO_3)$$

$$\sum Flujos\ Ingresan\ a\ la\ produccion = \ 130.78 + 51.06$$

$$Flujo\ Entrada = 181.84\ g$$

c) Calculo de la masa de residuo

De acuerdo a la reacción de solubilidad del carbonato de calcio se tiene:

$$Ca(CO_3) \leftrightarrow Ca^{2+} + {CO_3}^{-2} \qquad Kps = [Ca^{2+}][{CO_3}^{-2}]$$

$$\frac{{CO_3}^{-2} + \ H_2O \leftrightarrow {HCO_3}^{-} + \ OH^-}{Ca(CO_3) + H_2O \leftrightarrow Ca^{2+} + OH^- + {HCO_3}^-} \ Ec\ 3-3 \qquad \frac{K_b = \frac{[{HCO_3}^-][OH^-]}{{CO_3}^{-2}}}{K_{acop} = Kps * \ K_b}$$

Añadiendo a la ecuación las siguientes consideraciones por efecto de la reacción $[Ca^{2+}] = [{HCO_3}^-] = [OH^-]$, remplazando los datos se tiene:

$$K_{acop} = [Ca^{2+}][{HCO_3}^-][OH^-]$$

$$K_{acop} = \ [Ca^{2+}]^3$$

$$[Ca^{2+}] = \sqrt[3]{K_{acop}}$$

$$[Ca^{2+}] = 9{,}9 * 10^{-5}\ M$$

En el equilibrio de la reacción, para calcular la concentración final del carbonato de calcio se compara la constante de basicidad por efecto de la presencia del ion hidroxilo en la reacción y se compara con la constante de reacción (K_{acop}), para determinar la concentración de iones calcio que se encuentran presentes en la solución de salida reaccionado:

$$K_b = \frac{[HCO_3^-][OH^-]}{CO_3^{-2}}$$

$$K_{acop} = [HCO_3^-][OH^-][Ca^{2+}]$$

Además sabiendo que $[HCO_3^-] = [OH^-]$, ya que por cada bicarbonato también se genera un grupo hidroxilo, se tendrá

$$K_b = \frac{[HCO_3^-]^2}{[CO_3^{-2}]}$$

$$K_{acop} = [HCO_3^-]^2[Ca^{2+}]$$

Donde:

$$[CO_3^{-2}] = \frac{[HCO_3^-]^2}{K_b}$$

$$[Ca^{2+}] = \frac{K_{acop}}{[HCO_3^-]^2}$$

Sustituyendo estos valores en la ecuación 3-3, tenemos:

$$\frac{[HCO_3^-]^2}{K_b} = \frac{K_{acop}}{[HCO_3^-]^2} + [HCO_3^-]$$

$$[HCO_3^-]^2 = \left(\frac{K_{acop} + [HCO_3^-]^3}{[HCO_3^-]^2}\right) * K_b$$

$$[HCO_3^-]^4 = K_{acop} * K_{acop} + [HCO_3^-]^3 * K_b$$

$$[HCO_3^-]^4 - [HCO_3^-]^3 * K_b - K_{acop} * K_{acop} = 0 \quad Ec\ 3-4$$

En donde todos los términos son conocidos con excepción de la concentración de iones bicarbonato que será las incógnitas en la ecuación cuadrática indicada como Ec 3-4, como dato adicional se conoce que K_b es igual a $2.1* 10^{-5}$ y el K_{acop}es igual a $9{,}7* 10^{-13}$, sustituyendo estos valores la ecuación da como resultado:

$$[HCO_3^-]^4 - 2.1 * 10^{-5}[HCO_3^-]^3 - 2.03 * 10^{-17} = 0$$

Donde:

$$[HCO_3^-] = 8{,}8 * 10^{-5}$$

Y de acuerdo a la Ec. 1-3 $[HCO_3^-] = [Ca(CO_3)]$, por lo que al final del proceso de encalado la concentración molar de $Ca(CO_3)$ va a ser igual ha $8{,}8 * 10^{-5}\ M$, para encontrar la masa de carbonato de calcio se conoce que para el proceso se recuperaron 0,426 l de solución por lo que la masa de carbonato al final de la reacción será igual a:

$$[Ca(CO_3)] = \frac{moles\ \ de\ Ca(CO_3)}{litros\ de\ solucion}$$

$$moles\ deCa(CO_3) = [Ca(CO_3)] * litros\ de\ solucion$$

$$moles\ deCa(CO_3) = 8{,}8 * 10^{-5} * 0{,}426$$

$$moles\ deCa(CO_3) = 3{,}75 * 10^{-5}\ n$$

Calculada las moles de carbonato de calcio recuperadas se calcula la masa de salida de carbonato de calcio que será igual a:

$$masa\ de\ Ca(CO_3) = moles\ deCa(CO_3) * PMCa(CO_3) * Pureza$$

$$masa\ de\ Ca(CO_3) = 3{,}75 * 10^{-5} * 108{,}0689 * \frac{100}{98}$$

$$masa\ de\ Ca(CO_3) = 0{,}004\ g$$

d) Determinación de la masa de salida

$$m_s = \sum Flujos\ que\ salen\ de\ la\ produccion$$

$$m_s = m\ de\ Ca(CO_3) + m\ de\ piel$$

$$m_s = 134.7339 + 0.004$$

$$m_s = 134.7379\ g$$

e) Calculo de la masa de reacción

$$m_e + m_a = m_s + m_r$$

Donde

m_e: Masa de entrada, g.

m_s: Masa de salida, g.

m_a: Masa de acumulación, g.

m_r: Masa de reacción, g.

Para el proceso de encalado no existió acumulación de las sustancias ya que todos los flujos que entraron salieron como corriente de salida y de residuos por lo que la masa que reacciono en el proceso de encalado fue igual a:

$$m_r = m_e - m_s$$

$$m_r = 181.84 - 134.7379$$

$$m_r = 47.1021\ g$$

e) Calculo del flujo de alimentación de piel.

$$F_{ap} = \frac{BC}{t}$$

Donde:

BC: Base de cálculo, Kg

Para que el total de los residuos generados en la curtiembre "Días Compañía Limitada" sean transformados en adhesivos orgánicos la base de cálculo a procesar diariamente será igual a 504.1162 Kg, por lo que en base a ese flujo de alimentación se realizaron los cálculos del flujo de alimentación a los equipos, de acuerdo con esto el flujo de alimentación a los equipos será igual:

$$F_{ap} = \frac{504.1162}{24}$$

$$F_{ap} = 21.00\ \frac{Kg}{h}$$

f) Flujo de alimentación de carbonato de calcio

$$F_{ac} = F_a * Relacion\ \ de\ Entrada$$

Donde la relación de entrada representa la cantidad de carbonato de calcio que debe ser adicionada por kilogramo de piel alimentada de acuerdo con los balances estequeometricos esta relación será igual a 0.18, por lo que el cálculo de la tasa de alimentación de carbonato de calcio será igual a:

$$F_{ac} = 21.00 * 0.18$$

$$F_{ac} = 3.8186\ \frac{Kg}{h}$$

g) Calculo del flujo de alimentación

$$F_a = \sum Flujos\ de\ alimentacion$$

$$F_a = 3.8186 + 21.00$$

$$F_a = 24.8186\ \frac{Kg}{h}$$

h) Calculo del flujo de salida de piel

$$F_{sp} = \frac{BC}{t} * Relacion\ de\ conversion$$

Está relación de conversión se obtiene entre el cociente de la masa de entra y la masa de salida de piel de los datos experimentales, de acuerdo con esto la relación de conversión será igual a 0.7376, por lo que la masa de salida de piel será igual a:

$$F_{sp} = \frac{504.1162}{24} * 0.7376$$

$$F_{sp} = 15.4941\ \frac{Kg}{h}$$

i) Cálculo Flujo de salida de residuos

$$F_{sr} = F_{ac} *\ Relación\ de\ conversion$$

Para el proceso de encalado la conversión de los carbonatos de entrada con relación a los carbonatos de salida calculado estequeometricamente de los balances del epígrafe c) será igual a $7.8* 10^{-5}$, de acuerdo con esto el flujo de salida de residuos será igual a:

$$F_{sr} = 3.8186 * 7.8 * 10^{-5}$$

$$F_{sr} =\ 2.99 * 10^{-4}\ \frac{Kg}{h}$$

j) Calculo del flujo de salida

$$F_s = \sum Flujos\ de\ salida$$

$$F_s = 2.99 * 10^{-4} + 15.4941$$

$$F_s = 15.4944 \frac{Kg}{h}$$

j) Calculo del flujo de reacción

$$F_r = F_e - F_s$$

$$F_r = 24.8186 - 15.4944$$

$$F_r = 9.3242 \frac{Kg}{h}$$

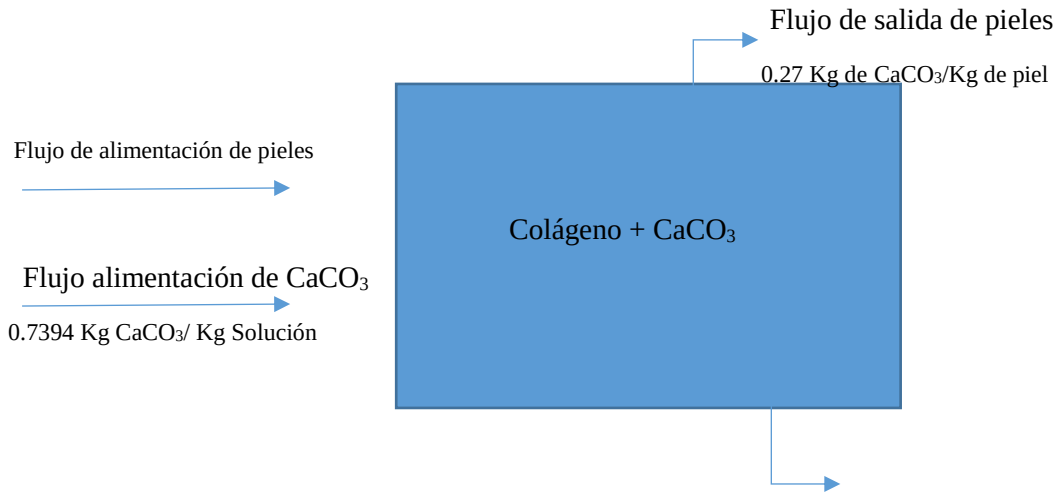
k) Calculo del rendimiento del proceso

$$Rendimiento = \frac{F_{sp}}{F_e} * 100$$

$$Rendimiento = \frac{15.4941}{24.8186} * 100$$

$$Rendimiento = 62.43\%$$

h) Diagrama del balance de masa en el proceso de encalado



Flujo de residuos de carbonato de calcio

Gráfico 7-3: Diagrama del balance de masa del proceso de encalado
Realizado por: Juan Hidalgo. 2018

3.2.9.2.2. Balance de masa para el proceso de desencalado

a) Determinación de la masa de solución de sulfato de amonio a la entrada

$$masa\ de\ (NH_4)_2(SO_4) = m_{piel} * \%\ en\ peso\ de\ (NH_4)_2(SO_4)$$

$$masa\ de\ (NH_4)_2(SO_4) = 134.7339 * 0.02$$

$$masa\ de\ (NH_4)_2(SO_4) = 2.6946\ g$$

b) Determinación de la masa de solución de bisulfito de sodio a la entrada

$$masa\ de\ Na(HSO_3) = m_{piel} * \%\ en\ peso\ de\ Na(HSO_3)$$

$$m\ Na(HSO_3) = 134.7339 * 0.02$$

$$m\ Na(HSO_3) = \ 2.6946\ g$$

c) Determinación de la cantidad de sulfato de calcio restante

La reacción que se conoce químicamente como desencalado está determinada por la siguiente ecuación:

$$Ca(CO_3) + (NH_4)_2(SO_4) \leftrightarrow Ca(SO_4) + 2\ NH_4(OH)$$

De acuerdo a la reactividad de los compuestos formados el amoniaco o hidróxido de amonio y el sulfato de calcio, el uno se encuentra en estado de disolución al entrar en contacto con el colágeno de la piel entrando a formar parte de la piel y no se considera como residuo de acuerdo a la reacción que detalla (Adjet, 2005, pp. 95) motivo por lo que el cálculo se debe realizar en base al sulfato de calcio generado ya que este se generara como sólido en los residuos del baño de desencalado, de acuerdo con esto se calcula el reactivo limitante para la base de cálculo:

$$\frac{m\ Ca(CO_3)}{PM\ Ca(CO_3)}$$

$$\frac{51.06}{100.0869}$$

$$0.5102$$

$$\frac{m\ (NH_4)_2(SO_4)}{PM\ (NH_4)_2(SO_4)}$$

$$\frac{2.6946}{132.14}$$

$$\frac{2.6946}{132.14}$$

$$0.02$$

El valor menor en la relación de masa con respecto al peso molecular es el sulfato de amonio por lo que este será el sulfato de amonio el total de masa generado de residuo de sulfato de calcio será igual a:

$$m_{Ca(SO_4)} = m_{Ca(CO_3)} * \frac{n_{\ Ca(CO_3)}}{PM_{\ Ca(CO_3)}} * \frac{n_{Ca(SO_4)}}{n_{\ Ca(CO_3)}} * \frac{PM_{Ca(SO_4)}}{n_{Ca(SO_4)}} * Pureza$$

$$m_{Ca(SO_4)} = m_{eCa(CO_3)} * \frac{n_{\ Ca(CO_3)}}{PM_{\ Ca(CO_3)}} * \frac{n_{Ca(SO_4)}}{n_{\ Ca(CO_3)}} * \frac{PM_{Ca(SO_4)}}{n_{Ca(SO_4)}} * Pureza$$

$$m_{Ca(SO_4)} = 2.6946 * \frac{136.14}{132.14} * \frac{100}{95}$$

$$m_{Ca(SO_4)} = 2.9223\ g$$

d) Determinación de la masa de solución de bisulfito de sodio a la entrada

$$masa\ de\ Na(HSO_3) = m_{epiel} * \%\ en\ peso\ de\ Na(HSO_3)$$

$$masa\ de\ (NH_4)_2(SO_4) = 134.7339 * 0.02$$

$$masa\ de\ (NH_4)_2(SO_4) = 2.6946\ g$$

El bisulfito se utiliza en el blanqueamiento de la piel que mejore las características visuales de la goma, pero al momento de la determinación de residuos generados por la reacción del bisulfito con alguna sustancia química en el seno del desencalado no aplica, ya que el sulfito reacciona con el sulfuro de sodio que se adiciona en el pelambre de los residuos de acuerdo al siguiente mecanismo $2H_2S + SO_2 \rightarrow 3S + 2H_2O$, por lo que de

esta reacción se desprende gas azufre y agua, lo cual no genera un aumento en la masa de los desperdicios de forma y más bien aumento del volumen un aumento del flujo de agua.

e) Determinación de la masa de entrada

$$\sum Flujos\ Ingresan\ a\ la\ produccion = m_{piel} + m\ Na(HSO_3) + m\ (NH_4)_2(SO_4)$$

$$m_e = 134.7339 + 2.6946 + 2.6946$$

$$m_e = 140.1231\ g$$

f) Calculo de la masa de reacción generada

$$m_e + m_a = m_s + m_r$$

Donde

m_e: Masa de entrada, g.

m_s: Masa de salida, g.

m_a: Masa de acumulación, g.

m_r: Masa de reacción, g.

Para el proceso de encalado no existió acumulación de las sustancias ya que todos los flujos que entraron salieron como corriente de salida y de residuos por lo que la masa que reacciono en el proceso de encalado fue igual a:

$$m_r = m_e - m_s$$

$$m_r = 140.1231 - 138.012$$

$$m_r = 2.1111\ g$$

g) Calculo del flujo de alimentación de piel.

$$F_{ap} = \frac{BC}{t}$$

Donde:
BC: Base de cálculo, Kg

Para que el total de los residuos generados en la curtiembre "Días Compañía Limitada" sean transformados en adhesivos orgánicos la base de cálculo a procesar diariamente será igual a 504.1162 Kg, por lo que en base a ese flujo de alimentación se realizaron los cálculos del flujo de alimentación a los equipos, de acuerdo con esto el flujo de alimentación a los equipos será igual:

$$F_{ap} = \frac{371.8584}{24}$$

$$F_{ap} = 15.4941 \ \frac{Kg}{h}$$

h) Flujo de alimentación de bisulfito de sodio

$$F_{aB} = F_{ap} * Relacion \ \ de \ Entrada$$

Donde la relación de entrada representa la cantidad bisulfito de sodio de acuerdo a la formulación estándar escogida para el proceso productivo que indica que debe ser del 2% en peso, de acuerdo con esto el flujo de alimentación será igual a:

$$F_{ac} = 15.4941 \ * 0.02$$

$$F_{ac} = 0.3098 \ \frac{Kg}{h}$$

i) Flujo de alimentación de sulfato de amonio

$$F_{aB} = F_{ap} * Relacion \ \ de \ Entrada$$

Donde la relación de entrada representa la cantidad sulfato de amonio de acuerdo a la formulación estándar escogida para el proceso productivo que indica que debe ser del 2% en peso, de acuerdo con esto el flujo de alimentación será igual a:

$$F_{ac} = 15.4941 * 0.02$$

$$F_{as} = 0.3098 \frac{Kg}{h}$$

j) Calculo del flujo de alimentación

$$F_a = \sum Flujos\ de\ alimentacion$$

$$F_a = 15.4941 + 0.3098 + 0.3098$$

$$F_a = 16.1138 \frac{Kg}{h}$$

k) Calculo del flujo de salida de piel

$$F_{sp} = \frac{BC}{t} * Relacion\ de\ conversion$$

Está relación de conversión se obtiene entre el cociente de la masa de entrada y la masa de salida de piel de los datos experimentales, de acuerdo con esto la relación de conversión será igual a 0.9850, por lo que la masa de salida de piel será igual a:

$$F_{sp} = \frac{371.8584}{24} * 0.9850$$

$$F_{sp} = 15.26 \frac{Kg}{h}$$

l) Cálculo Flujo de salida de residuos

$$F_{sr} = F_{ac} * \ Relacion\ de\ conversion$$

Para el proceso de encalado la conversión de los sulfatos de entrada con relación a los sulfatos de salida calculado estequeometricamente de los balances del epígrafe c) será igual a 1.0845, de acuerdo con esto el flujo de salida de residuos será igual a:

$$F_{sr} = 0.3098 * 1.0845$$

$$F_{sr} = \ 0.3360\ \frac{Kg}{h}$$

m) Calculo del flujo de salida

$$F_s = \sum Flujos\ de\ salida$$

$$F_s = \ 0.3360 + 15.26$$

$$F_s = 15.60\ \frac{Kg}{h}$$

j) Calculo del flujo de reacción

$$F_r = F_e - F_s$$

$$F_r = \ 16.1138\ - 15.60$$

$$F_r = \ 0.52\ \frac{Kg}{h}$$

k) Calculo del rendimiento del proceso

$$Rendimiento = \frac{F_{sp}}{F_e} * 100$$

$$Rendimiento = \frac{15.60}{16.1138} * 100$$

$$Rendimiento = 96.81\%$$

h) Diagrama del balance de masa en el proceso de encalado

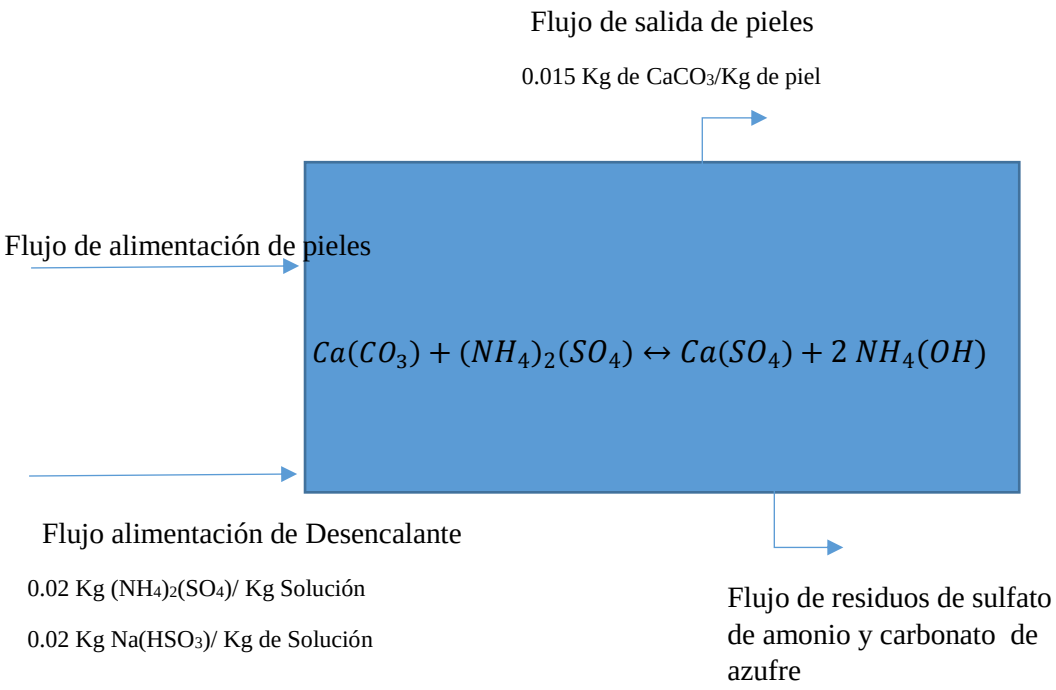


Grafico 8-3: Diagrama del balance de masa del proceso de desencalado
Realizado por: Juan Hidalgo. 2018

Cabe indicar que en los procesos de encalado y desencalado no se desprende calor ni se genera trabajo sobre el sistema, además de que las variaciones de velocidad en los flujos es aproximadamente nula, así como también la variación de altura en el sistema permanece constante no se genera cambios de energía cinética, por lo cual las variaciones de energía no son representativas y el sistema está regido por cambios energéticos internos de las sustancias al reaccionar entre sí, esto deriva en que un balance de energía para los procesos anteriormente

mencionados no aplica y únicamente se deben conocer las variaciones de cantidad de sustancia de acuerdo a los cálculos abordados en la epígrafe 3.2.8.

3.2.9.2.3. Calculos de balance de masa en la etapa de extraccion

a) Calculo de la masa de entrada de agua

$$\mathrm{m}_{eagua} = \rho_{agua(18°C)} * V_{agua}$$

$$\mathrm{m}_{eagua} = 0{,}988 * 1250$$

$$\mathrm{m}_{eagua} = 1235\ g$$

b) Calculo de la masa de entrada

$$\sum Corrientes\ masicas\ que\ ingresan\ a\ la\ produccion = m_{piel} + m\ agua$$

$$m_e = 1235 + 138.012$$

$$m_e = 1373.012$$

c) Calculo del flujo de salida de agua

$$m_{sa} = m_{ep} * \%Humedad + m_{eagua} - m_{residuos} * \%\ Humedad - m_{goma} * \%Humedad$$

$$m_{sa} = 138.012 * 0.3676 + 1235 - 106.7264 * 1.5768 - 199.045 * 0.25$$

$$m_{sa} = 1066.8356\ g$$

d) Calculo de la masa de salida

$$\sum Corrientes\ masicas\ que\ salen\ a\ la\ produccion = m_{goma} + m_{aguasalida} + m_{residuo}$$

$$m_s = 199.045 + 1066.8356 + 106.7264$$

$$m_s = 1372.607\ g$$

e) Calculo del flujo de entrada de agua

$$F_{ea} = BC * Tasa\ de\ Entrada$$

Está relación de entrada se obtiene entre el cociente de la masa de entrada de agua y la masa de entrada de piel desencalada de los datos experimentales, de acuerdo con esto la relación de conversión será igual a 8.95, por lo que la masa de salida de piel será igual a:

$$F_{ea} = 15.26 * 8.95$$

$$F_{ea} = 136.55 \frac{Kg}{h}$$

f) Calculo del flujo de entrada

$$\sum Flujos\ de\ entrada\ a\ la\ produccion = F_{ea} + F_{ep}$$

$$F_e = 136.55 + 15.26$$

$$F_e = 151.81 \frac{kg}{h}$$

g) Calculo del flujo de salida de goma

$$F_{sg} = F_{ep} * Relacion\ de\ Conversion$$

De acuerdo a los resultados obtenidos en la parte experimental la relación de conversión se obtiene del cociente entre la salida de goma y la entrada de productos a la extracción, de acuerdo a cálculos matemáticos este valor será igual a:

$$F_{sg} = 151.81 * 0.14$$

$$F_{sg} = 21.25 \frac{kg}{h}$$

h) Calculo del flujo de salida de agua

$$F_{sa} = F_{ea} * \%\ de\ agua\ residual$$

El porcentaje de agua residual se obtiene del cociente entre el agua residual obtenida y el agua de entrada a los procesos recopilados de los datos experimentales, calculando su valor es igual a 0.9175.

$$F_{sa} = 136.55 * 0.864$$

$$F_{sa} = 117.96 \frac{Kg}{h}$$

i) Calculo del flujo de salida de residuos

$$F_{sr} = F_{ep} * \%\ de\ generacion\ de\ residuos$$

El porcentaje de generación de residuos se obtiene del cociente entre el los residuos obtenidos y los productos de entrada al proceso recopilado de los datos experimentales, calculando su valor es igual a 0.07.

$$F_{sa} = 151.81 * 0.07$$

$$F_{sa} = 10.62 \frac{Kg}{h}$$

j) Calculo del flujo de salida

$$\sum Flujos\ de\ salida\ a\ la\ produccion = F_{sa} + F_{sr} + F_{sa}$$

$$F_s = 10.62 + 117.96 + 21.25$$

$$F_s = 149.8363 \frac{Kg}{h}$$

k) Calculo del flujo de reacción

$$F_r = F_e - F_s$$

$$F_r = 151.81 - 149.8363$$

$$F_r = 1.9733 \frac{Kg}{h}$$

l) Calculo del rendimiento del proceso de extracción

$$Rendimiento = \frac{F_{sg}}{F_e} * 100$$

$$Rendimiento = \frac{10.62}{151.81} * 100$$

$$Rendimiento = 6.9955$$

m) Calculo del rendimiento global del proceso

$$Rendimiento = \frac{F_{sg}}{F_{eproductos}} * 100$$

$$Rendimiento = \frac{10.62}{25.43} * 100$$

$$Rendimiento = 41.76\%$$

3.2.9.3. Calculos de balance de energia en el extractor

En la extracción es la operación unitaria que se da la transferencia energética, ya que se proporciona energía al fluido para que se realice transferencia de calor y se dé la extracción del colágeno, por lo que para que se puedan realizar los cálculos de ingeniería del proceso se necesitan las constantes que se detallan en tabla 23-3.

Tabla 23-3: Constantes empleadas para el cálculo del balance de energía

Constante	Valor	Unidades
Factor de Seguridad	1.2	-
π	3.1416	-
C_{pagua}	4.1218	$\frac{J}{g°C}$
Constante de transferencia de calor del acero inoxidable	15.1	$\frac{W}{m^2°K}$

Realizado por: Juan Hidalgo. 2018

a) Calculo del área de transferencia de calor

Tabla 24-3: Datos adicionales para el cálculo del balance de energía

Constante	Valor	Unidades
Radio del recipiente	10.75	cm
Largo	9	cm

Realizado por: Juan Hidalgo. 2018

$$A_{tc} = A_{tapa} + A_{paredes}$$

$$A_{tc} = \pi r^2 * 2\pi rh$$

$$A_{tc} = \pi(10.75)^2 + 2\pi(10.75)(9)$$

$$A_{tc} = 666.99\ cm^2 * \frac{1\ m^2}{(100\ cm)^2}$$

$$A_{tc} = 0.07\ m^2$$

b) Calculo de la energía de entrada

$$\Delta E_c + \Delta E_p + Q_e - W = E_e$$

$$E_e = mC_p\Delta t$$

$$E_e = (1235\ g)(4.1218\frac{J}{g°C})(18 - 0°C)$$

$$E_e = 91627.61\ J$$

Para el cálculo de la tasa de energía de entrada se conoce que el proceso de extracción será igual a 5 horas por lo que se calcula los procesos de transferencia de calor en base a ese tiempo de operación.

$$E_e = \frac{91627.61\,J}{5\,h}$$

$$E_e = 18325\frac{J}{h}$$

c) Calculo de la energía de salida

$$\Delta E_c + \Delta E_p + Q_s - W = E_s$$

$$E_s = m_{sa} C_p \Delta t$$

$$E_s = 1066.8356\ g * (4.1218\frac{J}{g°C})(120 - 18°C)$$

$$E_s = 448522.86\ J$$

$$E_s = \frac{448522.86\,J}{5\,h}$$

$$E_s = 89704.57\frac{J}{h}$$

d) Calculo de la energía de intercambio

$$E_i = U * A_{tc} * \Delta T$$

Donde

U: Constante de transferencia de calor, $\frac{W}{m°K}$. (Calculado en el anexo N)

$$E_i = 15.1 \frac{W}{m^2 °K} * 0.07\, m^2 * (393 - 291)°K$$

$$E_i = 107.814 * \frac{1\ KW}{1000\ W} * \frac{\frac{1\ Kcal}{h}}{0.001163\ KW} * \frac{4.1868\ \text{KJ}}{1\ Kcal}$$

$$E_i = 387.0322 \frac{kJ}{h}$$

e) Calculo de la energía de reacción

$$E_{rx} = E_e - E_s - E_i$$

$$E_{rx} = 18325 - 89704.57 - 387.0322$$

$$E_{rx} = -71.76\ \frac{kJ}{h}$$

La energía es negativa, ya que el vapor que se suministra a la columna de destilación cede calor para que se produzca la extracción, dado que el proceso de extracción se realiza a 93°C y el vapor ingresa a 120 ºC, que es la temperatura óptima para que las fibras de colágeno sean solubles en el agua y con lo que se obtenga adhesivo.

3.2.9.4. Calculos de Ingenieria

Despues de analizado los flujos de entrada y de salida del proceso de producción de adhesivos orgánicos, se debe realizar el disenio ingenieril de la producción, para lo cual se analizara cada

una de las operaciones unitarias y los equipos que seran necesarios para el proceso de transformación:

- Para el proceso de encalado y desencalado, será necesario el uso de un mezclador rápido de aspas, el cual funcionara mediante un proceso discontinuo o tipo batch ya que la producción se realizara de acuerdo a las reacciones anteriormente establecidas y se hace necesario el uso de este reactor debido a que al haber reacción química se necesitara una mezcla rápida para evitar la precipitación de los compuestos químicos, además que este mezclador será utilizado para doble propósito el de desencalado y encalado para evitar una alta inversión por efecto de la construcción o adquisición de los equipos.

- El lavado de la materia prima después del encalado y del rendido se realizara en molinetes o bombos, en donde se introducirá el agua y la piel y mediante el mezclado homogéneo se eliminaran los restos de carbonatos, sulfatos u otras sales que se encuentren en la capa superficial de la piel y que afecten las reacciones químicas generando deficiencia en la calidad de los adhesivos.

- Para la extracción, se utilizara un extractor de chaqueta, el cual será alimentado por un flujo de corriente de alimentado desde una caldera, que producirá el aumento de la temperatura en la reacción, el vapor de agua es el fluido que mayor cantidad de calor cede ya que otorga 2257 Kj/Kg al fluido que desee ser calentado. De acuerdo con estos datos las características del tanque de agitación se detalla a continuación en la tabla 25-3.

Tabla 25-3: Características del tanque de agitado

Característica	Valor	Unidad
Nivel máximo que alcanza el fluido	2	m
Nivel mínimo que alcanza el fluido	6,12	m
Volumen nominal del tanque	5	m^3
Volumen máximo de trabajo	4.20	m^3
Volumen mínimo de trabajo	3.18	m^3
Material	Acero AISIS 304	-
Viscosidad de los productos a mezclar	30 - 850	cP

Realizado por: Juan Hidalgo. 2018

Dado que los compuestos que se adicionara al proceso productivo son elevadamente corrosivos por ser sales de calcio y sulfatos que generan adherencias en las paredes formando cristalización de las mismas lo cual generara datos en el material por efecto de la corrosión., se escogió que para el diseño de los equipos se haga en base a acero inoxidable de la serie AISIS 304, que es el que según datos bibliográficos mayor resistencia a la corrosión presenta, con lo cual se alargara el tiempo de vida útil de los equipos, en la tabla 3-26 se reportan las especificaciones del acero inoxidable escogido para el diseño de los equipos.

Tabla 26-3: Características del tanque de agitado

Característica	Valor
Composición química	Cr 17-19 Ni 8-11 Mn<2 *Aproximados
Densidad (g/cm3)	8,0
Coeficiente de transferencia térmica (W/m2ºC)	16,28
Coeficiente de dilatación	18,2 µm/m ºC a 20-100 ºC
Temperatura de servicio	-200 a 300ºC

Realizado por: Juan Hidalgo. 2018

3.2.9.4.1. Diseño del tanque de agitado

a) Calculo del volumen de carga

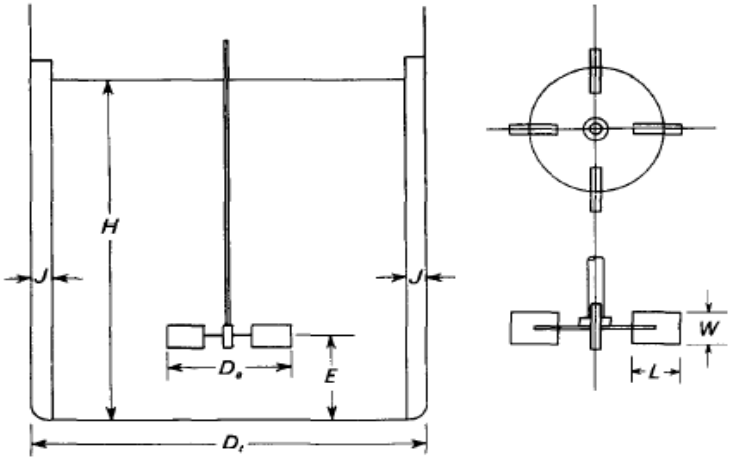
$$V_c = (V_p + V_a) * FS$$

$$V_c = (2.52 + 0.14) * 1.2$$

$$V_c = 3.20\ m^3$$

La relación optima de diámetro/altura de líquido es 1:1, lo cual, para un volumen de 3.2 m^3 resulta en un diámetro de 1.60 m. De acuerdo a los libros de diseño de equipos el modelo de tanque que mejores resultados reporta un tanque de agitación cilíndrico de turbinas, por lo general el número de placas deflectoras son 4, el número de palas es de 6 y el agitador se va a colocar hasta un 75% de la altura total del tanque para producir un mezclado total evitando la precipitación de sustancias

químicas, de acuerdo con esto el diseño típico del tanque de agitado y sus relaciones de diseño se muestran en el grafico 9-3.



$$\frac{D_a}{D_t} = \frac{1}{3} \qquad \frac{H}{D_t} = 1 \qquad \frac{J}{D_t} = \frac{1}{12}$$

$$\frac{E}{D_a} = 1 \qquad \frac{W}{D_a} = \frac{1}{5} \qquad \frac{L}{D_a} = \frac{1}{4}$$

Gráfico 9-3: Medidas de un agitador de turbina
Fuente: (McCabe, 1995, p. 18).

b) Cálculo de la altura máxima del líquido

$$\frac{H}{D_t} = 1$$

$$H = D_t$$

$$H = 1.60\ m$$

c) Calculo del Diámetro de las paletas

$$D_a = \frac{1}{3} D_t$$

$$D_a = \frac{1.60}{3}$$

$$D_a = 0.53\ m$$

d) Cálculo de la altura mínima de las paletas con relación al piso del tanque

$$\frac{E}{D_a} = 1$$

$$E = 0.53$$

e) Cálculo de la altura de las paletas

$$\frac{W}{D_a} = \frac{1}{5}$$

$$W = \frac{D_a}{5}$$

$$W = 0.106\ m$$

f) Cálculo del ancho de las paletas

$$\frac{L}{D_a} = \frac{1}{4}$$

$$L = \frac{0.53}{4}$$

$$L = 0.13\ m$$

g) Cálculo del número de flujo

$$q = 0.92\ n{D_a}^3 \frac{D_t}{D_a}$$

Para una relación típica $\frac{D_t}{D_a} = 3, q = 2.76nD_a{}^3$

$$\frac{D_t}{D_a} = \frac{1.60}{0.53}$$

$$\frac{D_t}{D_a} = 3$$

$$q = 2.76(45\ rpm)(0.53\ m)^3$$

$$q = 18.49\ rpm \cdot m^3$$

h) Cálculo del número de Reynolds

$$N_{RE} = \frac{nD_a{}^2\rho}{\mu}$$

$$N_{RE} = \frac{45\frac{rev}{min} * \frac{1\ min}{60\ s}\frac{2\pi rad}{1\ rev} * \frac{1.60\ m}{1\ rad} \cdot 0.53^2 \cdot 1110}{1.890}$$

$$N_{RE} = 1243.87$$

El flujo está en estado laminar para lo cual el número de potencia será igual a:

$$N_p = \frac{Pg_c}{\rho n^3 D_a{}^5}$$

De donde N_p se calcula en la figura 4-3 para un numero de Reynolds aproximado de 1250

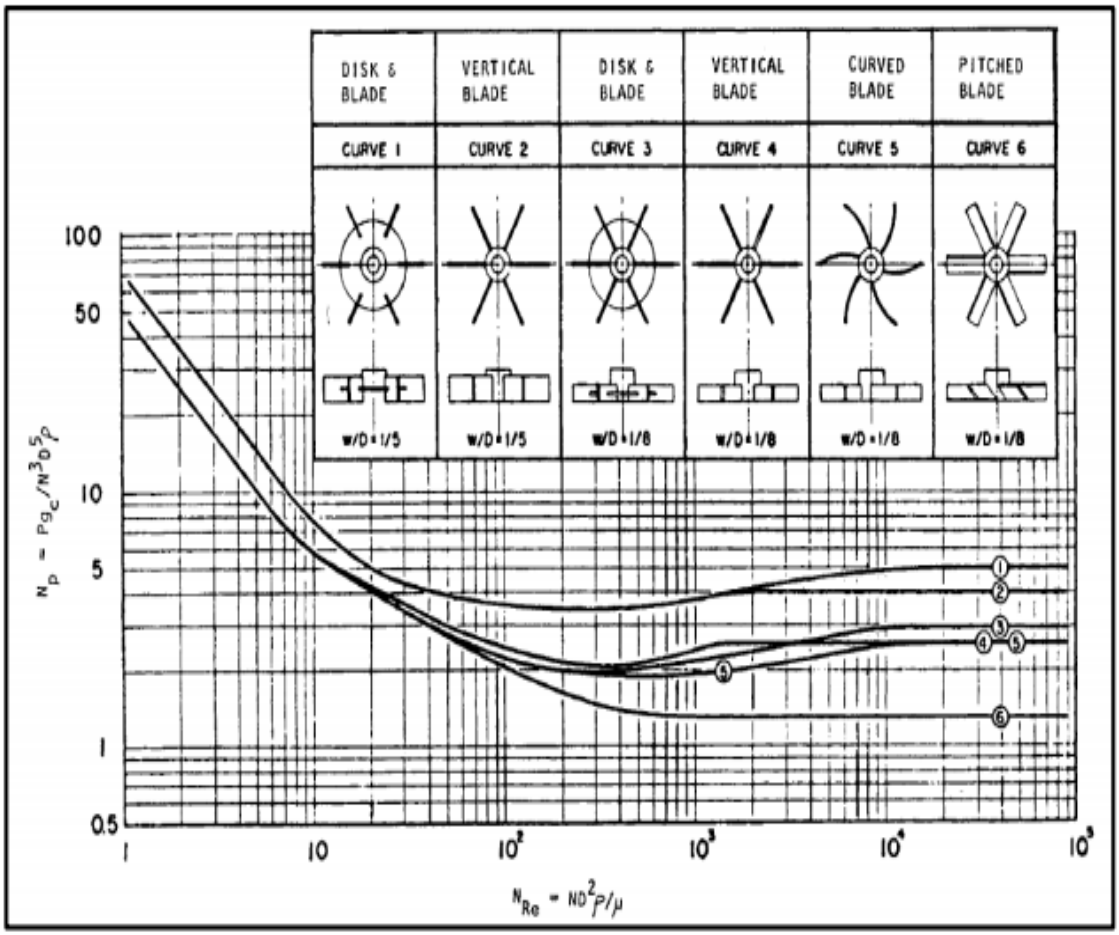


Figura 4-3: Numero de potencia en relación el número de Reynolds para un mezclador de 4 palas

Fuente: (McCabe, 1995, p. 18).

De la curva para cuatro palas como es el caso de la presente investigación el N_p es igual a 2.8

$$1.8 = \frac{P}{\rho n^3 {D_a}^5}$$

$$P = \frac{2.8 * \rho * {D_a}^5}{Eficiencia} * FS$$

$$P = \frac{2.8 * 1100 * (0.53)^5}{0.7} * 1.35$$

$$P = 248.40\ W$$

$$P = 0.33\ Hp$$

3.2.9.4.2. Diseño del extractor solido-liquido

a) Calculo de la difusividad del adhesivo residual

b) Calculo de la constante de viscocidad de Otswald

$$\overline{t_w} = \frac{\overline{t_{w1}} + \overline{t_{w2}} + \overline{t_{w3}}}{3}$$

Donde:

$\overline{t_w}$: Tiempo de caída del agua, s.

$$\overline{t_w} = \frac{60 + 140 + 100}{3}$$

$$\overline{t_w} = 100\ s$$

$$\eta = \grave{k}\rho_w\overline{t_w}$$

$$\grave{k} = \frac{\eta}{\rho_w\overline{t_w}}$$

$$\grave{k} = \frac{0{,}000504}{(998)(100)}$$

$$\grave{k} = 5.41 * 10^{-9}\frac{cm^2}{s^2}$$

c) Calculo de la densidad y viscosidad de la goma residual

$$\overline{m}_{goma} = \frac{m_{g1} + m_{g2} + m_{g3}}{3}$$

$$\bar{m}_{goma} = \frac{55.80 + 30.45 + 20.4764}{3}$$

$$\bar{m}_{goma} = 35.57 \ g$$

$$\rho_{gr} = \frac{\bar{m}_{goma}}{v}$$

$$\rho_{gr} = \frac{35.57}{30}$$

$$\rho_{gr} = 1.18 \ \frac{g}{cm^3}$$

$$\overline{t_{gr}} = \frac{\overline{t_{g1}} + \overline{t_{g2}} + \overline{t_{g3}}}{3}$$

$$\overline{t_{gr}} = \frac{60 + 140 + 100}{3}$$

$$\overline{t_{gr}} = 100 \ s$$

$$\eta = \grave{k}\rho_g \bar{t_g}$$

$$\eta = 5.41 * 10^{-9} * 1.18 * 100$$

$$\eta = 6.41 * 10^{-7} \frac{g}{cm \ s}$$

d) Difusividad de la torta de adhesivo

$$\log \frac{q_1}{q_0} = -0.0911 - 4.286 \frac{D}{2l^2} \theta$$

Donde:

θ= Tiempo de extracción, s

q_0= Cantidad inicial de colágeno en el solido

q_1= Cantidad final de colágeno en el solido

2l= Espesor de la muestra sujeta a la extracción, m

D= Coeficiente de difusión, $\frac{m^2}{s}$

$$\log\frac{29.85}{62.10} = -0.0911 - 4.286\frac{D}{2(0.003)^2}18000$$

$$-0.32 + 0.0911 = -4.286\frac{D}{2(0.003)^2}18000$$

$$D = 5.29 * 10^{-9}\frac{m^2}{s}$$

e) Calculo del peso molecular del adhesivo

$$\sum \overline{PM} = X_i M_i$$

$$\overline{PM} = (0.15 * 34.49) + (0.85 * 131.13)$$

$$\overline{PM} = 116.63\frac{g}{mol}$$

f) Calculo de la concentración molar de adhesivo

$$C_g = \frac{n_g}{V_s}$$

$$C_g = \frac{m_g}{V_s * \overline{PM}}$$

$$C_g = \frac{106.7264}{1.250 * 116.63}$$

$$C_g = 0.73 \frac{mol}{l}$$

g) Calculo del coeficiente de masa para los volúmenes de agua

Para la determinación de este parámetro se grafica la relación del $\log \frac{q_i}{q_f}$ con respecto al tiempo

$$y = \log \frac{q_i}{q_f}$$

Estos valores se reportan en la tabla 27-3 y en el gráfico 10-3.

Tabla 27-3: Valores experimentales para la extracción de adhesivos

Masa de Goma	55,8	30,45	20
Tiempo	60	140	100
Concentración Inicial	0,96	0,52	0,70
Concentración final	0,38	0,21	0,14
$\log \frac{q_1}{q_0}$	0,40	0,40	0,70

Realizado por: Juan Hidalgo. 2018

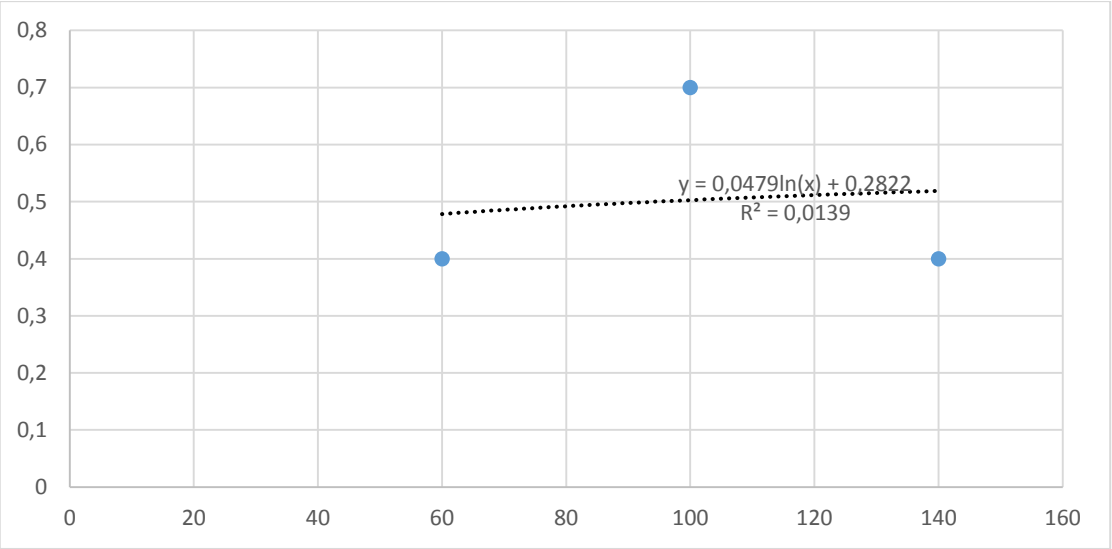


Grafico 10-3: Curva de extracción para la determinación de la concentración final del adhesivo
Realizado por: Juan Hidalgo. 2018

Donde el coeficiente de masa al cabo de 5 horas es igual a:

$$y = 0.0479 \ln(x) + 0.2822$$

$$y = 0.75$$

h) Calculo del área superficial de transferencia de la partícula

$$A = \bar{\Phi} * \pi * D^2$$

Donde:

$\bar{\Phi}$: Esfericidad de la partícula

$$A = 0.75 * 3.1416 * 0.02^2$$

$$A = 1.56 * 10^{-3}\ m^2$$

$$V = \frac{\bar{\Phi} * \pi * D^3}{6}$$

$$V = 6.70 * 10^{-6}\, m^3$$

$$a_s = \frac{A}{V}$$

$$a_s = \frac{1.56 * 10^{-3}}{6.70 * 10^{-6}}$$

$$a_s = 232.84\ m^{-1}$$

Donde:

A: Superficie de la partícula de piel

V: Volumen de la partícula de piel

a_s: Área superficial de la partícula de piel

i) Curva de Solución Retenida

Masa de retención

$$M\ retenida = M_{entrada} - M_{salida}$$

$$M\ retenida = 138.012 - 106.7269$$

$$M\ retenida = 31.28\ g$$

$$A_a = \frac{\overline{M_a}}{X_c * P_c}$$

$$A_a = \frac{31.28}{0.15 * 32}$$

$$A_a = 6.51 \frac{g_a}{g_i}$$

$$\overline{Msolvente} = M_{we} - M_{ws}$$

$$\overline{Msolvente} = 1235 - 1066.85$$

$$\overline{Msolvente} = 168.15\ g$$

$$S_s = \frac{\overline{M_{solvente}}}{X_c * P_c}$$

$$S_s = \frac{168.15}{0.15 * 32}$$

$$S_s = 35.03 \frac{g_s}{g_i}$$

$$T_a = \frac{Inertes + M\ retenida}{Inertes}$$

$$T_a = \frac{32 + 31.28}{32}$$

$$T_a = 1.98 \frac{g_t}{g_i}$$

$$X_a = \frac{S_a}{T_a}$$

$$X_a = \frac{6.51}{1.98}$$

$$X_a = 3.29 \frac{g_a}{g_t}$$

$$X_r = \frac{S_r}{T_a}$$

$$X_r = \frac{35.03}{1.98}$$

$$X_r = 17.69 \ \frac{g_r}{g_t}$$

Donde:

$\overline{M_a}$: Masa de solución retenida por la muestra de torta, g.

A_a: Masa de adhesivo retenido por solido inerte, [g adhesivo/g inerte]

S_s: Masa de solvente retenido por solido inerte, [g solvente /g inerte]

X_a: Fracción de adhesivo residual en la muestra húmeda, [g aceite /g total]

X_r: Fracción de solvente en la muestra húmeda, [g etanol /g total]

j) Coeficiente de difusión

$$N_A = K_c \Delta C_A$$

Donde:

Kc: coeficiente de difusión

De acuerdo a los datos tabulados Kc es igual a $2.5*10^{-5}$, con esto se procede a realizar una regresión entre las concentraciones y el coeficiente de difusión de masa para determinar la ecuación característica, con esto se encuentra el coeficiente de difusión al final del proceso, como se ilustra en el gráfico 11-3.

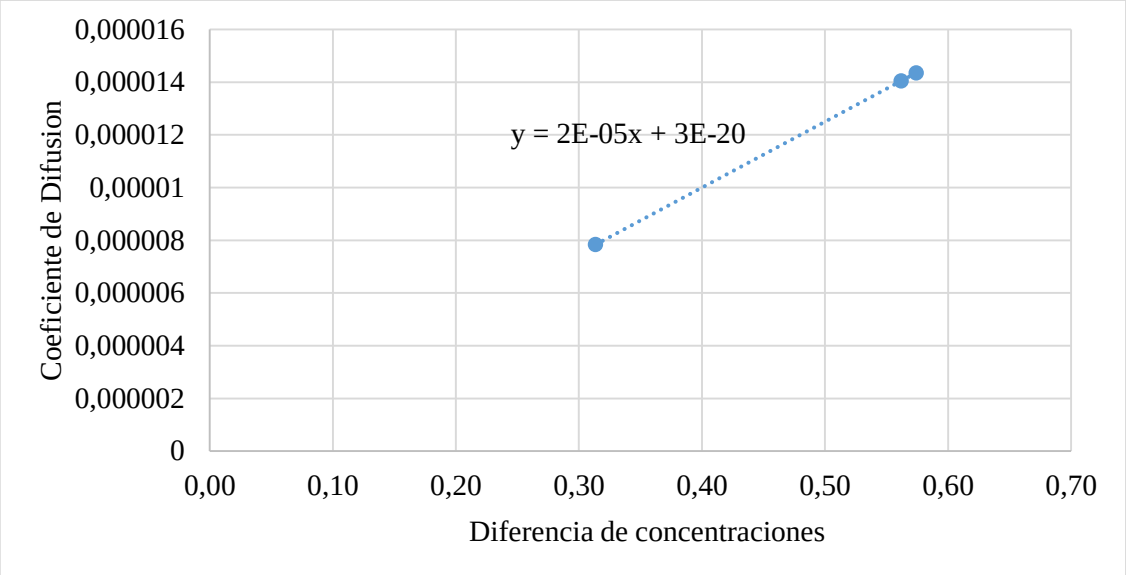


Gráfico 11-3: Curva de extracción para la determinación del coeficiente de difusión de masa del adhesivo

Realizado por: Juan Hidalgo. 2018

$$N_A = 2 * 10^{-5}\Delta C + 3 * 10^{-20}$$

$$N_A = 1.123 * 10^{-5}\ \frac{m}{s}$$

k) Calculo del balance de masa para el extractor

Para la salida del disolvente

$$Ae_f = \sum_{i=1}^{n} Maei$$

$$Ae_f = 55.86 + 30.45 + 20.46$$

$$Ae_f = 106.77\ g$$

$$Soc = (V * \rho_w) - \sum S_s * Inertes$$

$$Soc = (1250 * 0.998) - (32 * 35.03)$$

$$Soc = 114.04\ g$$

$$Y_a = \frac{Ae_f}{Soc + Ae_f}$$

$$Y_a = 0.48\ \frac{g_a}{g_s}$$

$$L_a = Soc + Ae_f$$

$$L_a = 220.81\ g$$

Donde:

A_{ef}: Masa de adhesivo extraído de la muestra de piel desencalada, [g adhesivo]

Soc: Masa de solvente saliente del extractor, [g agua]

Ya: Fracción de adhesivo a la salida del extractor, [g adhesivo/g solución]

La: Masa total de solución a la salida del extractor, [g solución]

Para la entrada del solido

$$A_{ei} = W * P$$

$$A_{ei} = 0.15 * 207.18$$

$$A_{ei} = 138.012\ g_{piel}$$

$$X_a = \frac{A_{ei}}{P}$$

$$X_a = 0.66$$

$$Sa = P$$

$$Sa = 207.18\ g_{piel}$$

Donde:

Aei: Masa de piel en la entrada del extractor, [g adhesivo]

Xa: Fracción de adhesivo en la torta de piel desencalada, [g adhesivo/g torta]

Sa: Masa de muestra de adhesivo, [g torta]

Para la entrada de solvente

$$Y_b = 0\ \frac{g_a}{g_s}$$

$$L_b = V * \rho$$

$$L_b = \ 1250 * 0.998$$

$$L_b = 1247.5\ g$$

Para la salida del solido

$$A_e = A_{ei} - Ae_f$$

$$A_e = 138.012 - \ 106.77$$

$$A_e = 31.242\ g_a$$

$$S_{re} = \sum Sa * Inerte$$

$$S_{re} = 35.03 * ((1 - 0.15) * 207.18)$$

$$S_{re} = 6168.90\ g$$

$$X_b = \frac{A_e}{A_e + S_{re} + inerte}$$

$$X_b = \frac{31.242}{31.242 + 6168.90 + 176.103}$$

$$X_b = 0.005\ \frac{g_a}{g_{solidos}}$$

$$L_b = A_e + S_{re} + inerte$$

$$L_b = 6376.145\ g_{solidos}$$

Donde:

Yb: Fracción de adhesivo en el solvente en la entrada del extractor, [g adhesivo/g solución]

Ae: Variación de masa residual restante de entrada y salida, [g residuo]

Sret: Suma de las masas de solvente retenidas en la muestra, [g agua]

Xb: Fracción de adhesivo restante a la salida del extractor, [g adhesivo/g torta]

Lb: Masa de muestra total de torta húmeda, [g torta]

Balance de masa en el cuerpo del extractor

$$A_e = A_{ei} - Mae$$

$$A_e = 138.012 - 86.25$$

$$A_e = 51.76\ g_a$$

$$S_{re} = \sum Sa * Inerte$$

$$S_{re} = 725.22$$

$$X_n = \frac{A_e}{A_e + S_{re} + inerte}$$

$$X_n = \frac{51.76}{51.76 + 725.22 + 20.73}$$

$$X_n = 0.06\ \frac{g_a}{g_{solidos}}$$

$$S_n = A_e + S_{re} + inerte$$

$$S_n = 797.71\ g$$

$$L_{n+1} = (V * \rho_w) - Sret - Ae$$

$$L_{n+1} = 1247.5 - 725.22 - 51.76$$

$$L_{n+1} = 470.52\ g_s$$

$$Y_{n+1} = \frac{L_a Y_a + S_n X_n - S_a X_a}{L_{n+1}}$$

$$Y_{n+1} = \frac{220.81*0.48 + 797.71*0.06 - 207.18*0.66}{470.52}$$

$$Y_{n+1} = 0.04 \frac{g_a}{g_s}$$

Donde:

Y_{n+1}: Fracción de adhesivo en el solvente en la sección de la columna n+1, [g adhesivo/g solución]

Xn: Fracción de adhesivo en la torta en una sección de la columna n, [g adhesivo/g torta]

l) Calculo de la superficie de contacto

$$\rho_{particula} = \frac{m_{piel}}{v_{ocupado}}$$

$$\rho_{particula} = \frac{138.012}{110}$$

$$\rho_{particula} = 1.25 \frac{g}{ml}$$

$$V_{particula} = \frac{A_e}{\rho_{particula}}$$

$$V_{particula} = \frac{51.76}{1.25}$$

$$V_{particula} = 41.26\ ml * \frac{1\ l}{1000\ ml} * \frac{1\ m^3}{1000 l}$$

$$V_{particula} = 4.13 * 10^{-5} m^3$$

$$S_{particula} = a_s * V$$

$$S_{particula} = 232.84 * 4.13 * 10^{-5}$$

$$S_{particula} = 9.60 * 10^{-3} m^2$$

m) Calculo del número de unidades de transferencia

$$N_{ut} = \int_a^b \frac{dx}{x}$$

$$N_{ut} = \frac{x_b - x_a}{\Delta x_L}$$

$$\Delta x_L = \frac{\Delta x_b - \Delta x_a}{\ln \frac{\Delta x_b}{\Delta x_a}}$$

$$\Delta x_L = \frac{(0.52 - 0.15) - (0.005 - 0)}{ln \frac{(0.52 - 0.15)}{(0.005 - 0)}}$$

$$\Delta x_L = 0.1$$

$$N_{ox} = \frac{0.52 - 0.05}{0.1}$$

$$N_{ox} = 5.15$$

n) Calculo del número de unidades de altura

$$V_s = \frac{P}{\rho_s}$$

$$V_s = \frac{207.18}{1.25}$$

$$V_s = 165.744\ ml * \frac{1\ m^3}{1 * 10^6 ml}$$

$$V_s = 1.65 * 10^{-4} m^3$$

$$n = \frac{V_s}{V}$$

$$n = \frac{1.65 * 10^{-4}}{4.13 * 10^{-5}}$$

$$n = 4$$

$$L = \frac{1250\ cm^3}{5\ h} * \frac{1\ m^3}{(100\ cm)^3} * \frac{998\ kg}{1\ m^3} * \frac{1\ kmol}{18\ kg} * \frac{1\ h}{3600\ s} * \frac{1000\ mol}{1\ kmol}$$

$$L = 3.85 * 10^{-3}\ \frac{mol}{s}$$

$$V = 1250\ ml * \frac{1\ m^3}{1 * 10^6 ml} = 1.25 * 10^{-3}$$

$$A_r = n * S$$

$$A_r = 4 * 9.60 * 10^{-3}$$

$$A_r = 0.04\, m^2$$

$$N_a = K_c(C_a - C_{ao})$$

$$N_a = K_x(X_a - X_{ao})$$

$$K_x = \frac{K_c(C_a - C_{ao})}{(X_a - X_{ao})}$$

$$K_x = \frac{1.123 * 10^{-5}(0.58 - 0.31)}{(0.15 - 0.005)}$$

$$K_x = 2.9 * 10^{-5}\ \frac{mol}{s \cdot m^2}$$

$$H_{ox} = \frac{L}{\frac{S}{K_x a_s}}$$

$$H_{ox} = \frac{3.85 * 10^{-3}}{\frac{9.60 * 10^{-3}}{232.84 * 2.9 * 10^{-5}}}$$

$$H_{ox} = 2.71 * 10^{-3}\, m$$

$$H_t = H_{ox} * N_{ox}$$

$$H_t = 2.71 * 10^{-3} * 5.15 * 100 * 1.2$$

$$H_t = 1.8\ m$$

Donde:

Vs: Volumen de la muestra solida de torta de piel, [m^3]

n: número de partículas con el diámetro de 0,8 mm

L: flujo molar de solvente dentro del extractor, [mol/s]

Ar: Área superficial de las partículas sólidas a 0,8 mm de diámetro, [m^2]

V: volumen de solvente, [m^3]

Kx: Coeficiente global de transporte de masa, [mol/m^2 s]

Kc: Coeficiente global de transporte de masa, [m/s]

Hox: Número de unidades de altura, [m].

m) Diámetro del tanque

$$m_p = \frac{759.05}{5}$$

$$m_p = 155.81\ \frac{Kg}{h}$$

$$m_r = \ 117.96\ \frac{Kg}{h}$$

$$\frac{m_p}{m_r} = \frac{m_p}{P} = K$$

$$K = \frac{155.81}{117.96}$$

$$K = 1.32$$

$$K = \left(\frac{Dp}{Dr}\right)^2 \left(\frac{Hp}{Hr}\right)$$

De acuerdo a (Smith, 2005, pp. 51) $H_p = 6*D_p$

$$\left(\frac{Dp}{Dr}\right)^2 \left(\frac{6\ Dp}{Hr}\right) = K$$

`

$$D_p = \sqrt{\frac{K * Hr * Dr^2}{6}}$$

$$D_p = \sqrt{\frac{1.32 * 1.8 * (9.41)^2}{6}}$$

$$D_p = 0.6\ m$$

3.2.9.4.3. Resultado de los calculos de diseño

Para el diseño y dimensionamiento de los equipos no se tomo en cuenta el diseño de la caldera y del bombo de lavado ya que esos equipos existen en la fábrica, por lo que se dimensiono el mezclador y el equipo de extracción que no se tiene en la fábrica, los resultados se muestran en la tabla 28-3 y 29-3.

Tabla 28-3: Dimensionamiento del equipo de mezclado

Parametro	**Medida**
Volumen de carga	3.20 m^3
Diámetro del tanque	1.60 m
Numero de palas	4
Altura del tanque	1.60 m
Diámetro de las paletas	0,53 m
Altura mínima de las paletas con respecto al piso del tanque	0.53 m
Altura de las paletas	0.106

Ancho de las paletas	0.13 m
Potencia	0.33 Hp

Realizado por: Juan Hidalgo. 2018

Tabla 29-3: Dimensionamiento del equipo de extracción

Parametro	Medida
Volumen de carga	$3.30\ m^3$
Tiempo de caída de agua	100 s
Difusividad de la torta	$5.29 * 10^{-9} \frac{m^2}{s}$
Concentración Final del adhesivo	$0.73\ \frac{mol}{l}$
Área superficial de la partícula de piel	$232.84\ m^{-1}$
Coeficiente de difusión de masa	$1.123 * 10^{-5}\ \frac{m}{s}$
Número de unidades de transferencia	5.15
Altura del tanque	$1.8\ m$
Diámetro del tanque	0.6 m
Calor necesario para la extracción	$71.76\ \frac{kJ}{h}$

Realizado por: Juan Hidalgo. 2018

3.3. Proceso de producción

La obtención de los ensayos para el proceso productivo se realizo en el laboratorio de quimica analitica de la faculta de ciencias de la Escuela Superior Politecnica de Chimborazo en esto se presto atención y se resolvió las condiciones que deben controlarse para el proceso productivo de adhesivos en la curtiembre “Dias Compañía Limitada” y de acuerdo con esto se detalla a continuación los requerimientos que se deben tener para la producción de adhesivos.

3.3.1. Materia Prima, Reactivos, Aditivos e Insumos

Para poder realizar la obtención del adhesivo orgánico se requieren tener la materia prima, reactivos, aditivos e insumos que se detallan en la tabla 30-3.

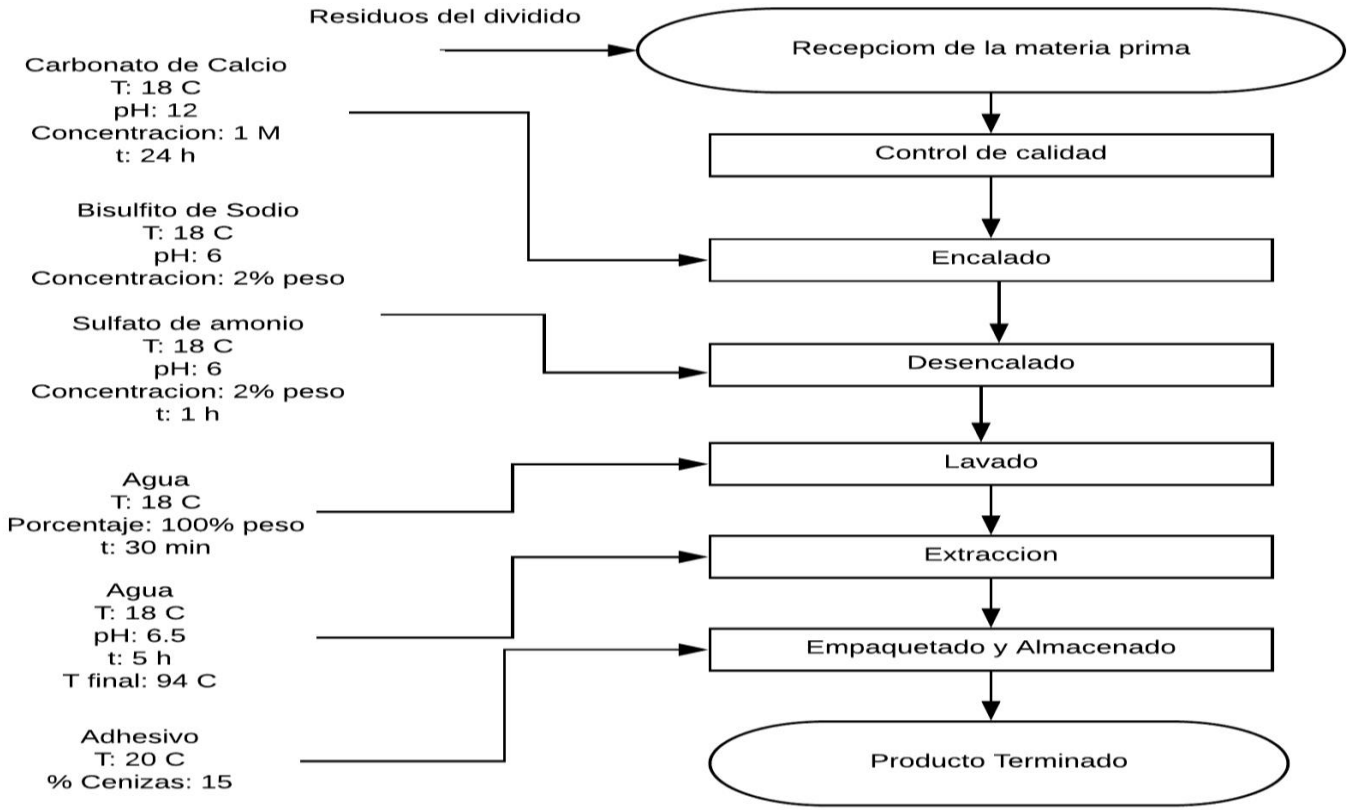
Tabla 30-3: Materia Prima, Insumos, Reactivs, Aditivos e Insumos ocupados en el proceso productivo.

DESCRIPCION		
Materia Prima	Residuos del Dividido y Descarnado	Obtenido en la curtiembre "Dias Compañía Limitada" el cual debe ser controlado que no este con ningun cuerpo extraño o esta afectado por hongos o mohos que se localizan en la flor de la piel y se puede visualizar.
Reactivos	Carbonato de Calcio	Se determinó la corriente de alimentación mediante las pruebas de laboratorio, este debe ser de pureza elevada por lo cual se preferira la denominada cal p24.
	Agua	Se utilizará el agua de la planta sin ningun tratamiento, el volumen de flujo para la transformación se reporta en los cálculos ingenieriles.
Aditivos	Bisulfito de Sodio	Se determino las corrientes de alimentación mediante las pruebas de laboratorio, debe tener una pureza de 90-80% y se debe almacenar en fundas herméticas para evitar la presencia de humedad ya que esta sal es higroscópica.
	Sulfato de Amonio	Se determino las corrientes de alimentación mediante las pruebas de laboratorio, debe tener una pureza de 90-70% y se debe almacenar en fundas herméticas para evitar la presencia de humedad ya que esta sal es higroscopica.
Insumos	Recipientes plasticos Rotulados	El empaquetado del adhesivo se realizará en recipientes plásticos con tapa para evitar la presencia de humedad y se buscará almacenar en un lugar fresco.

Realizado por: Juan Hidalgo. 2018

3.3.2. Diagrama del proceso de elaboración de adhesivos orgánicos

En el gráfico 12-3 se detalla el diagrama de flujo para la obtencion de adhesivos organicos con sus respectivas variables de proceso y sus flujos de alimentacion y flujo de salida.



Calidad Final del Producto	Valor
Viscocidad de Brockfield	1074,900 mPa/s
Contenido de Cenizas	14,99%
pH	7.573
Resistencia a la ruptura en cizalla	253.625 N/cm^2

Gráfico 12-3: Diagrama de flujo del proceso de obtención de adhesivos a partir de residuos del dividido en la curtiembre "Días Compañía Limitada"
Realizado por: Juan Hidalgo. 2018

3.4. Distribución de la planta

La curtiembre "Días Compañía Limitada" cuenta con una planta productora de cueros terminados con un área de construcción de 500 m^2 y un área de espacio disponible de alrededor de 120 m^2, al diseñar un proceso de recuperación de los residuos sólidos se aprovecha el espacio no ocupado por la maquinaria y equipos de la planta, con esto se ahorra cambiar el diseño de las conexiones de electricidad y agua, en remplazo a esto se adapta la planta procesadora de adhesivos orgánicos a las condiciones de la planta, con lo cual se aprovecha al máximo los recursos y se reduce el tiempo y el uso de maquinaria, incluyendo únicamente los equipos dimensionados en el presente trabajo experimental.

En los anexos I y J se detalla el dimensionamiento de los equipos y la distribución de la planta respectivamente.

3.4.1. Descripción de las áreas

- **Área de Recepción de la materia prima:**

En esta área se transporta los residuos del dividido de la maquina divididora, esta área deberá tener balanzas para realizar el pesaje de la materia prima, así como también deberá estar ubicada en un lugar con poca humedad, lejos de los bombos de curtiembre de la curtiembre, para evitar la contaminación cruzada de la materia prima.

- **Área de Control de calidad:**

Esta área se ubicara en la parte posterior de la curtiembre, en esta se realizara la inspección visual de muestras del residuos de divido así como también la determinación de la humedad y de las cenizas, además de que también se realizara la evaluación del pH después del encalado y desencalado, y también se realizara el control de calidad de la goma, en donde se medirá la viscosidad, cenizas y resistencia a la ruptura en cizalla, lo cual esta área será una especie de laboratorio con todos los equipos necesarios para el control de calidad: pH-metro, viscosímetro de Brockfield, estufas, mecheros, muflas, crisoles y demás equipos de laboratorio necesarios para el control de calidad.

- **Área de Producción:**

El área de producción se denomina al área donde se encuentre el equipo de extracción y el de mezclado, estará ubicada a continuación del área de recepción de materia prima para facilitar el transporte, para la transformación de los residuos, el pesaje de las sustancias químicas se realizara en el área de recepción y se transportaran al área de producción para evitar pérdidas de tiempo en la producción, además de que como es un proceso discontinuo no se requerirá inmediatamente los aditivos, además de que para la recepción del agua y del vapor de agua para la extracción, se utilizara de la zona de recurtido de la fábrica, ya que esta posee tuberías que están adaptadas para el transporte de agua y de vapor, evitando la adquisición de bombas, tubos de pvc que generaran gastos de inversión y no será productivo para la curtiembre.

- **Área de Lavado:**

Dado que la producción en la curtiembre "Días Compañía Limitada" es un proceso discontinuo, se podrá usar los bombos que posee para multipropósito y coincide que cuando se generan los residuos del divido los bombos de lavado no están ocupados, por lo que el área de lavado constituirá la zona de la fábrica donde se ubican los bombos de remojo y pelambre, evitando gastos en maquinaria, además de que se aprovechara el tiempo y como no es un proceso prolongado, se evitara generar cuellos de botella en la producción.

- **Área de Empaquetado y Almacenado:**

Esta área estará próxima al área de producción para que se deposite el adhesivo extraído directamente en latas metálicas, hasta que se dé la reducción de temperatura y después se verterá en envases plásticos con tapa para su almacenamiento hasta la venta.

3.5. Presupuesto

3.5.1. Presupuesto de los equipos

Para el presupuesto del equipo de extracción y de la mezcladora de solidos se obtuvo la proforma de la empresa INVIC ubicada en la ciudad de Santo Domingo y para la adquisición de los equipos

se realizó la proforma online en el sitio web (Meter Toledo, 2018, pp. 1) con lo cual se reportó el presupuesto de los equipos en la tabla 3-31.

Tabla 31-3: Presupuesto de los equipos para la producción de adhesivos orgánicos

Equipo	Nombre	Costo
	Extractor solido-liquido	8500.00
	Mezclador	6900.00
	Balanza	138.00
	Termómetro	38.00
	Mufla	1100.00
	Estufa	1200.00

	Reverbero	24.00
Total		16910

Fuente: Meter Toledo, 2018.
Realizado por: Juan Hidalgo. 2018

3.5.2. Presupuesto de materia prima

El valor de los reactivos químicos se ajustó para la producción de 504.11 kg de residuos que es la base de cálculo establecida para la presente investigación.

Tabla 32-3: Costos de materia prima e insumos

Materia Prima	Cantidad	Valor Unitario, $	Valor Total, $
Carbonato de Calcio	19.093 kg	0.50	9.5465
Bisulfito de Sodio	10.0822 Kg	2.10	52.93
Sulfato de Amonio	10.0822 Kg	2.50	25.20
Agua	13.79 m^3	0.48	6.62
Energía	9.9652778e-5 KW/h	0.04	0.0003
Total			**94.30**

Realizado por: Juan Hidalgo. 2018

3.5.3. Presupuesto para los análisis de laboratorio

Tabla 33-3: Costos de análisis de laboratorio

Materia Prima	Cantidad	Valor Unitario, $	Valor Total, $
Determinación de la humedad	8	8.00	64.00
Determinación del contenido graso	8	10.00	80.00
Determinación de cenizas	8	8.00	64.00
Determinación de la ruptura a la cizalla	8	5.00	40.00
Total			**248.00**

Fuente: Laboratorios LACONAL, CESTTA, AQMIC
Realizado por: Juan Hidalgo. 2018

3.5.4. Presupuesto de mano de obra

Tabla 34-3: Costos de mano de obra

Materia Prima	Cantidad	Valor Unitario, $	Valor Total, $

Técnico	1	800.00	800.00
Operario	2	376.00	752.00
Total			**1552.00**

Realizado por: Juan Hidalgo. 2018

Tabla 35-3: Costos de Administración

Materia Prima	Cantidad	Valor Unitario, $	Valor Total, $
Contador	1	700.00	700.00
Transporte	1	10.00	10.00
Secretaria	1	650.00	650.00
Total			**1360.00**

Realizado por: Juan Hidalgo. 2018

3.5.5. Presupuesto para la implementación del proceso de producción de adhesivos

Tabla 36-3: Presupuesto para la implementación del proceso de producción de adhesivos

Detalle	Costo, $
Presupuesto de los equipos para la producción de adhesivos orgánicos	16910.00
Costos de materia prima e insumos	94.30
Costos de análisis de laboratorio	248.00
Costos de mano de obra	1552.00
Costos de Administración	1360.00
Total	20164.3

Realizado por: Juan Hidalgo. 2018

En total la inversión necesaria para la producción de adhesivos orgánicos en la curtiembre Días Compañía Limitada es igual a $20164.30, estos gastos están descartados los equipos que la fábrica posee y que no serán necesarios la adquisición, además de que todos los costos se calcularon en relación a la producción de 504.11 kg diarios, esto tomando en cuenta la cantidad de residuos generados en la planta, con lo cual es un valor que está dentro de la cantidad que pueda invertir la planta ya que es un costo reducido.

3.6. Cálculos del beneficio-costo

La relación beneficio costo del producto se obtendrá a partir de los costos de producción excluyendo los costos de la maquinaria, dado que eso será una inversión a plazo fijo y se necesitaran otros índices económicos para su cálculo, el cálculo de la relación beneficio costo se reporta en la tabla 3-37.

Tabla 37-3: Relación Beneficio costo de la producción de adhesivos orgánicos

Costos de Producción		
Total		$439.36
Precio de venta por lote producido		
Total Producido	Precio por kilogramo	Precio Total
106.25 Kg.	$5.60	$595
Relación beneficio costo		1.35

Realizado por: Juan Hidalgo. 2018

De acuerdo con lo establecido en la tabla 3-37, la relación beneficio costo será igual a 1.35 esto quiere decir que por cada dólar invertido por parte del gerente de la curtiembre "Días Compañía Limita" se recuperara 0.35 por efecto de la venta del producto, este índice es elevado ya que se parte de un residuo sin ningún valor comercial y se le genera ganancia además de que se solucionan los problemas ambientales que tiene la planta por concepto de residuos orgánicos y añadiendo a esto se evita costos por tratamiento de estos residuos.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

El proceso de elaboración de adhesivos orgánicos en el laboratorio de química analítica de la ESPOCH para la curtiembre "Días Compañía Limitada", comenzó con la toma de muestras y caracterización de los residuos generados en la planta industrial, donde se determinó del total de las 8 muestras tomadas en el lapso de dos meses que los residuos reportaron medias de humedad entre 31.0733 - 40.3251%, ademas de que reportaron medias de contenido de grasa comprendido entre 4-6 lo que los residuos estuvieron listos para su conversion sin un tratamiento previo tomando como referencia lo que establece

(Ockerman, 2007, pp.40-45) quien realizo investigaciones similares a la presente, por lo que despues de aceptar el lote de muestras recogidas se continuo con la investigacion.

De acuerdo con lo reportado en el análisis de las respuestas a las pruebas de los diferentes tratamientos, se reportó que el segundo y el tercer tratamiento alcanzaron medias a la viscosidad, pH y cenizas semejantes a los del adhesivo comercial; y al adhesivo obtenido en el primer tratamiento, pero reportaron medias no satisfactorias a la prueba de ruptura en cizalla ya que se despegaron con facilidad las probetas pegadas con el adhesivo y además el rendimiento del proceso fue inferior al 50% por lo que no resulto viable para la producción y para el diseño de los equipos se realizó en base a los datos obtenidos en el primer tratamiento.

Para el dimensionamiento de los equipos y los cálculos ingenieriles para el diseño del proceso se prestableció las condiciones del fluido y de los materiales a ocupar en los equipos, para lo cual se estableció que el material de trabajo tendrá que ser de láminas de acero inoxidable AISIS 304 en planchas metálicas de 22*10 mm, se escogió este acero ya que según la ficha técnica soporta la corrosión que será generada en la adición de químicos en la producción, evitando sobre todo las incrustaciones generadas por los iones carbonatos adicionados en el encalado de los residuos aumentando así la vida útil de los equipos, además de que soporta liquidas con viscosidades de 30-850 cP, rangos que están dentro de los líquidos que se van a manejar en la investigación, una vez elegido el material se determinó el flujo másico a producir que fue igual a 504.1162 Kg/día, y en base a esta base de cálculo se dimensiono el mezclador y el extractor.

Para el mezclador de acuerdo a las condiciones de trabajo, se escogió dimensionar un mezclador de 4 palas sin reflectores, lo cual sus dimensiones para un volumen de carga igual a 3.20 m^3 fueron para la altura del tanque 1.60 m, para el diámetro del tanque 1.60 m, el diámetro de las paletas debe ser igual a 0.53 m, la altura mínima con respecto al fondo del tanque de las paletas es de 0.53 m, la altura de las paletas debe ser igual a 0.106 m, el ancho de las paletas debe ser igual a 0.13 m y el motor que genere el movimiento de las paletas debe tener una potencia igual a 0.33 Hp, mientras que para el diseño del extractor para un volumen de carga de 3.30 m^3 y de un tiempo de caída de agua igual a 100 s, la Difusividad de la torta debe ser igual a $5.29* 10^{-9} \frac{m^2}{s}$, con estas condiciones la concentración final de adhesivo que se obtendrá es igual a 0.73 mol/l; el área superficial de la partícula de la piel que entrara en contacto para la extracción es igual a 232.84 m^{-1}, con esto se obtendrá un coeficiente de difusión de masa igual a $1.123*10^{-5}$ m/s, el número de unidades de transferencia de masa o que es igual al número de adiciones de solvente que se debe

hacer para una máxima extracción será igual a 5.15 veces, la altura del tanque debe ser igual a 1.8 m y el diámetro del tanque debe ser igual a 0.6 m, además de que el flujo de calor necesario que se le debe suministrar al extractor debe ser igual a 71.76 KJ/h; con estas condiciones de los equipos se obtiene 21.25 Kg/h de adhesivo, alcanzando un rendimiento del proceso igual a 41.76%.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIÓNES

Conclusiones

- Se caracterizó los residuos provenientes de la etapa del dividido en la curtiembre "Días Compañía Limitada", de acuerdo con lo que se obtuvo que las muestras reportaron respuestas a la humedad comprendidas entre el rango de 30 a 40% y para el contenido de materia grasa en el rango de 4 a 6% con lo cual cumplían con los parámetros prestablecidos y lo hacían óptimas para la producción de adhesivos orgánicos sin un tratamiento previo.

- Se determinó las variables de proceso mediante la producción del adhesivo a escala de laboratorio, de acuerdo con esto para el mezclado de las materias primas y reactivos las variables fueron el pH, Concentración de sustancias químicas y tiempo de mezclado y para la extracción solido liquida las variables fueron la temperatura y el caudal.

- Se determinó mediante los cálculos ingenieriles que la corriente de entrada de residuos para la transformación es igual a 21.00 Kg/h, con esta entrada después de los procesos de encalado, desencalado y extracción se obtuvo un flujo de salida de goma igual a 21.25 Kg/h, con lo que el proceso alcanzo un rendimiento global igual a 41.7%.

- Los resultados obtenidos a la caracterización del adhesivo fueron contrastados de acuerdo a la norma PRTE INEN 238, reportando para el mejor tratamiento que fue en el que se dio el encalado, desencalado y extracción medias a la prueba viscosidad iguales a 1074.99 mPa·s, para el contenido de cenizas medias iguales a 14.99%, para el pH medias iguales a 9.568 y para la prueba resistencia a la resistencia a la ruptura en cizalla las medias fueron iguales a 253.625 N/cm^2, con lo cual cumplieron los estándares y además de que estas medias fueron semejantes a las reportadas por los adhesivos comerciales.

- El análisis de relación beneficio-costo reporto un valor igual a 1.35, en donde con una inversión para la producción igual a $436.39, el productor venderá el adhesivo orgánico $595 reportando valores por kilogramo igual a $5.60, valor inferior a los adhesivos que existen en el mercado actualmente que rondan los $8 por kilogramo, con lo que se recuperara la inversión echa además de que se generara una ganancia de 0.35 centavos por dólar invertido.

Recomendaciones

De acuerdo a las conclusiones obtenidas se recomienda:

- La fabrica haga uso de la investigacion para que pueda instalar un sistema de obtención de adhesivos orgánicos a gran escala, ya que asi lograra reducir el impacto generado por los residuos organicos del descarnado y dividio, ademas de que la inversión podra ser recuperada en un lapso de tiempo corto, generando asi que la empresa tenga ganacias tanto por su parte ambiental como tambien por su parte economica.

- Procesar los residuos de forma rapida o tener una conservación adecuada de los mismos, ya que si alguna bacteria, hongo o moho afecta al residuo esta no podra ser convertida en adhesivo orgánico ya que afectara la calidad del producto final, ademas de que tambien puede generar que estos microorganismos se presenten en el adhesivo.

- Realizar la caracterización de la materia prima (residuos del divido) por lote de producción, para ajustar las condiciones de contenido de grasa y humedad que son las que mayoritariamente afectan al proceso, ademas de realizar adecuadamente los proceso de revisión de pH ya que es el factor que altera a la producción y depende la composicion del colágeno y su facilidad de extracción.

- Evitar la presencia de humedad excesiva en el area de almacenamiento del producto terminado ya que este afecta a la conservación del adhesivo, porque como se reporta en la investigación este adhesivo es de composicon orgánica con lo cual puede ser atacado por bacterias, hongos y en especial mohos por su alto contenido proteíco.

BIBLIOGRAFIA

ADZET J. *Química Técnica de Tenería*. Igualada, España: Romanya-Valls. 2005. pp. 105,199 – 215.

ALEANDRY, F. *1000 preguntas y 1000 respuestas sobre la comercialización de pieles de cuyes, conejos y chinchillas*. Buenos Aires, Argentina: Banneer. 2009. Pp. 78 79, 85 -90.

BACARDIT, A. *Química Técnica del Cuero. Cataluña*, España: COUSO. 2004. pp. 12-52-69.

BITAR, M. *"Effect of multiple unconfined compression on cellular"*. 2001. Ohio: Mater Med, pp. 20-30.

ESPOCH, E. *Condiciones Experimentales del cantón Riobamba*. 2017. ESPOCH DIGITAL, 5-7.

HIDALGO, L. *Texto básico de Curtición de pieles*. Riobamba, Ecuador: ESPOCH. 2004. pp. 10 – 56.

HOFFER, ET.AL. *Collagens and collagen-related diseases*. Ney Yersey, United States: Annual of Medicine. 2001. pp. 7-21.

INEN. *28 de Noviembre de 2017. Obtenido de http://www.normalizacion.gob.ec.*

LACERCA, M. *Curtición de Cueros y Pieles*. Buenos Aires, Argentina: Albatros. 2003. pp 1, 5, 6, 8, 9,10.

JURAN, J. *Los ligantes y su utilización*. Barcelona, España: ALBATROS. 2009. pp. 56-96.

REGINSTER. *The effect of oral collagen peptide supplementation on skin moisture and dermal collagen network.* New Yersey- USA. 2005. pp. 30-32.

MYLLYHARJU Y KLVIRIKKO. *"Adhesión y adhesivos de contacto"*. Alicante, España: INESCOP. 2001. pp. 7-21.

LESS, *New members ofthe collagen superfamily*. Ohio, USA: Current Opinión in Cell Biology. 1984. pp. 883-890.

SOLER, J. *Procesos de Curtido.* Barcelona, España: CETI. 2004. pp. 12, 45, 97,98.

RIVERO, A. *Manual de Defectos en Cuero*. Igualada, España: CIATEG AC. 2001. pp. 23-29.

THORSTENSEN, E. y NOSTRAND, N. *El cuero y sus propiedades en la industria*. Munich, Alemania: Interamericana. 2002. pp. 295 ,325.

WEGMAN. *"Surface Preparation Techniques for Adhesive Bonding"*. New Jersey, USA: Noyes Publications. 1989. pp. 15-18.

ANEXOS

Anexo A. Recopilacion fotografica de la prueba contenido de humedad de los residuos del dividido.

Presentado por:	Juan Santiago Hidalgo V	Fecha:	27-05-2018
Revisado por:	Ing. Cesar Puente G. PhD		

Anexo B. Recopilacion fotografica de la prueba contenido de materia grasa de los residuos del dividido.

Presentado por:	Juan Santiago Hidalgo V	Fecha:	27-05-2018
Revisado por:	Ing. Cesar Puente G. PhD		

Anexo C. Tratamiento Estadistico de los datos para la prueba viscocidad

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
Viscosidad	12	0,44	0	28,34

Analisis de la varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	38286205,4	5	7657241,08	0,96	0,5073
Tratamiento	15846962,5	2	7923481,26	0,99	0,4237
Ensayo	22439242,9	3	7479747,63	0,94	0,4785
Error	47822185,6	6	7970364,26		
Total	86108391	11			

Anexo D. Ficha tecnica del adhesivo Dialtec CB1

PRODUCTO	APLICACIÓN	HOLGURA ADMITIDA (mm)	TIEMPOS DE FIJACIÓN (segundos)					RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (kg/cm2)
			VIDRIO	ACERO	ACRÍLICO	GOMA	MADERA	
CB1	PENETRANTE Baja viscosidad y ultra rápido. Indicado para líneas de montaje de alta velocidad. Actua por capilaridad, permite adherir piezas ya ensambladas. Indicado para superficies lisas no porosas. **Presentaciones:** 20 - 100g.	0.05 mm. Viscosidad: 2 cps	2 - 4	3 - 6	3 - 6	1 - 5	10 - 20	200 - 280
CM1	USO GENERAL - ALTA VELOCIDAD Adhiere gran variedad de materiales: cauchos, plásticos, cerámica, porcelana, metales, cueros, madera, cartón. Ideal para aplicación en línea con equipos dosificadores. **Presentaciones:** 20 - 100g.	0.08 mm. Viscosidad: 40 cps	2 - 4	5 - 10	4 - 8	2 - 5	10 - 20	200 - 280
CM2	USO GENERAL UNIVERSAL. Tanto para líneas de producción como en mantenimiento. Puede ser aplicado del frasco o con equipos dosificadores. Admite superficies porosas y pequeñas rugosidades. **Presentaciones:** 20 - 100g.	0.10 mm. Viscosidad: 110 cps	2 - 4	5 - 10	4 - 8	2 - 5	10 - 20	200 - 280
CA3	ALTA VISCOSIDAD Admite rugosidades superficiales y holguras de hasta 0.25 mm. Buena resistencia a los impactos. Apto apta para superficies porosas (Ej. cuero y telas gruesas). Permite pequeñas correcciones y posicionamiento. **Presentaciones:** 20 - 100g.	0.25 mm. Viscosidad 1500 cps	2 - 5	10 - 20	10 - 20	2 - 5	40 - 60	120 - 200
CG4	GEL No escurre, no migra,no contamina las piezas. Para superficies verticales y "sobrecabeza". Cuando se requiere tiempo para posicionar bien las piezas. Sobre superficies porosas e irregulares. Para holguras de hasta 0.40 mm. **Presentaciones:** 10 - 20 - 100 g.	0.40 mm. GEL	5 - 10	10 - 25	10 - 30	10 - 30	40 - 60	100 - 150
SERIE DOSMIL - ADHESIVOS DE ÚLTIMA GENERACIÓN								
2100	PARA POLIOLEFINAS KIT compuesto por adhesivo CIANO 2100 y PRIMER 2100, formulados para ser usados sobre superficies poliolefínicas (todos los polietilenos y polipropilenos). Permite uniones consideradas hasta hace poco como imposibles. **Presentación:** Adh: 20 g. + Prim: 20 g.	0.08 mm. Viscosidad: 40 cps	POLIOLEFINAS 5 - 20 **Poliolefinas:** polietilenos de alta densidad (PEAD), baja densidad (PEBD), alto peso molecular (PEAPM) Y POLIPROPILENO (PP)					SEGÚN SUSTRATOS
2200	INSTANTÁNEO - ALTA PERFOMANCE Adhesivo de última generación, permite adhesiones sumamente rápidas. Es particularmente indicado para superficies difíciles: madera, porcelana, cerámica, etc. No requiere preparación previa de las superficies. **Presentaciones:** 20 - 100 g.	0.08 mm. Viscosidad: 110 cps	1 - 3	3 - 6	3 - 6	2 - 5	8 - 15	200 - 250

Anexo E. Ficha tecnica del adhesivo UHU recomendada para madera

PEGAMENTO UNIVERSAL TWIST&GLUE

ADHESIVO DE RESINA SINTÉTICA INCOLORA

UHU

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

UHU twist & glue, el adhesivo universal líquido presentado en un frasco de plástico blando y práctico con el aplicador giratorio único de 3 posiciones para pegar puntos, líneas y superficies. Es idóneo para una amplia variedad de aplicaciones en casa, el colegio, la oficina, trabajos artesanales y de modelado, etc. La fórmula transparente se seca rápido y se lava a 60 °C. Es recargable. Permite pegar de una forma sencilla y precisa a medida.

CAMPO DE APLICACIÓN

Universal: pega cartón, papel, fieltro, cuero, corcho, tejidos, madera, entre ellos y a metal, porcelana, vidrio, poliestireno extruido y numerosos materiales plásticos. No apropiado para Foros, polietileno (PE) y polipropileno (PP).

CARACTERÍSTICAS

- Aplicador giratorio único para pegar puntos, líneas y superficies
- Bote de plástico blando y práctico
- Transparente
- De secado rápido
- Se lava a 60 °C
- Rellenable

PREPARACIÓN

Circunstancias de aplicación: No utilizar a temperaturas inferiores a +5 °C.
Requisitos superficies: Los materiales que vayan a pegarse deben estar limpios, secos y libres de polvo y grasa.
Tratamiento previo de las superficies: A la hora de pegar plástico o metal, podría obtener mejores resultados si las piezas que van a pegarse se raspan ligeramente en primer lugar.

APLICACIÓN

Modo de empleo:
Limpiar a conciencia las superficies que vayan a pegarse (secas y libres de polvo y grasa). Utilizar la boquilla de precisión negra para aplicar puntos de pegamento o para dibujar una línea delgada; girar en la dirección de las flechas, y la boquilla se convertirá en un aplicador ovalado para collages estrechos y anchos. Aplicar una capa fina de adhesivo en un lado del ensamblado y presionar las partes, ¡eso es todo! Se lava a 60 °C con detergente normal.
Manchas/restos: Es soluble en medios alcalinos (por ejemplo, detergente concentrado); por lo tanto, puede eliminarse de la ropa. Incluso la suciedad más difícil puede eliminarse utilizando una mayor cantidad de detergente concentrado y utilizando el programa de prelavado de la lavadora.
Puntos de atención: Contiene disolventes volátiles altamente inflamables; por lo tanto, deben tomarse las precauciones correspondientes para su uso y almacenamiento.

TIEMPOS DE SECADO*

Fortaleza final: Fortaleza final máx. después de aprox. 24 h (aproximadamente dos tercios de la resistencia final se obtienen después de 24 horas).

* El tiempo de secado dependerá del tipo de superficie, la cantidad de producto empleada, el nivel de humedad y la temperatura ambiente.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Resistencia térmica: La resistencia al calor del pegamento la determina la naturaleza termoplástica de su resina sintética. Por lo tanto, las partes pegadas no deben exponerse de forma continua a temperaturas superiores a 70 °C.
Resistencia a los compuestos químicos: Es muy resistente a los ácidos diluidos, así como a la gasolina y al aceite; sin embargo, no es resistente al alcohol (tintura alcohólica), a las cetonas (acetona) ni a los disolventes de acetona (por ejemplo, disolvente de celulosa).

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Aspecto: transparente, líquido incoloro
Materia prima básica: copolímero de polivinil éster
Consistencia: líquido
Viscosidad: aprox. 10-18 mPa.s.
Solvente: alcohol en keton
Contenido de materia sólida: aprox. 34 %
Densidad: aprox. 0,93-0,96 g/cm³

CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO

Guardar en un lugar fresco, seco y protegido de las heladas.

PROPIEDADES FISIOLÓGICAS

El adhesivo seco es inerte, completamente neutro e imparcial desde el punto de vista fisiológico.

ENVASES

frasco: 35 g, 90 g
frasco de recarga: 760 g
frasco de recarga: 1750 g

Note: This information is the result of carefully executed tests. This Technical Data Sheet has been prepared to the best of our knowledge to provide you with advice when gluing. We cannot be held responsible for the results or any damage suffered, as the variety of factors involved (type and combination of materials and working method) are beyond our control. Users have to carry out their own checks and trials. Liability can only be accepted for the consistently high quality of our product.

Anexo F. Tratamiento Estadistico de los datos para la prueba viscocidad

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
Viscosidad	12	0,44	0	28,34

Analisis de la varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	38286205,4	5	7657241,08	0,96	0,5073
Tratamiento	15846962,5	2	7923481,26	0,99	0,4237
Ensayo	22439242,9	3	7479747,63	0,94	0,4785
Error	47822185,6	6	7970364,26		
Total	86108391	11			

Anexo G. Tratamiento Estadistico de los datos para la prueba pH

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
pH	12	0,78	0,6	8,49

Analisis de la varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	11,82	5	2,36	4,28	0,0526
Tratamiento	9,13	2	4,57	8,28	0,0188
Ensayo	2,68	3	0,89	1,62	0,2809
Error	3,31	6	0,55		
Total	15,13	11			

Anexo H. Tratamiento Estadistico de los datos para la prueba rendimiento

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
Rendimiento	12	0,95	0,91	18,73

Analisis de la varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	5533,26	5	1106,65	22,61	0,0008
Tratamiento	5509	2	2754,5	56,28	0,0001
Ensayo	24,26	3	8,09	0,17	0,916
Error	293,66	6	48,94		
Total	5826,92	11			

Anexo I. Tratamiento Estadistico de los datos para la prueba resistencia a la ruptura en cizalla

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
Resistencia a la ruptura en cizalla	12	0,98	0,96	2,35

Analisis de la varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	9002,92	5	1800,58	56,27	0,0001
Tratamiento	8482,67	2	4241,33	132,54	<0.0001
Ensayo	520,25	3	173,42	5,42	0,0383
Error	192	6	32		
Total	9194,92	11			

Anexo N. Calculo del coeficiente global de transferencia de calor

$$U = \frac{1}{Req * A}$$

Donde:

$$Req = \sum Ri$$

$$Ri = \frac{1}{hi * A} + \frac{L}{KA} + Rl$$

Siendo

Ri: Coeficiente de Ensuciamiento para el acero AISIS 304

Para el caso del coeficiente de transferencia de calor del agua (hw) se calcula con los parámetros del número de Reynolds y el número de Prandtl, para lo cual se especifica cada formula a continuación:

$$Re = \frac{Deq * \frac{G}{n}}{u}$$

Siendo:

G: Gasto másico de la corriente, Kg/s m^2

n: Número de canales de la marmita, para el caso de estudio un canal

Deq: Diámetro del equipo, m

u: Viscosidad del fluido, Kg/m s

$$Re = \frac{0.1075 * \frac{0.173}{1}}{0{,}001054}$$

$$Re = 17.64$$

Calculo del número de Prandtl

$$Pr = \frac{Cp * u}{K}$$

Donde:

Cp = capacidad calorífica a presión constante.

μ = viscosidad.

k = conductividad térmica.

$$Pr = \frac{4.1218 * 0.00154}{15.1}$$

$$Pr = 4.34 * 10^{-3}$$

Para flujos laminares (Re < 10000) y gradientes de temperatura moderados, la ecuación de Dittus-Boelter, relaciona el número de Nusselt con los números adimensionales de Reynolds (Re) y Prandtl (Pr), de acuerdo a la ecuación:

$$Nu = 0.023 * Re^{0.8} * Pr^{n}$$

Donde:

n=0.4

$$Nu = 0.02$$

Y el coeficiente de transferencia de calor por convección es igual a:

$$hw = \frac{Nu * k}{Deq}$$

$$hw = \frac{0.02 * 15.1}{0.1075}$$

$$hw = 2.81 \ \frac{W}{m^2 \ K}$$

Siendo:

$$Ri = \frac{1}{2.81 * 0.07} + \frac{0.09}{(15.1)(0.07)} + 5 * 10^{-2}$$

$$Ri = 5.16 \ \frac{W}{m^2}$$

Por lo que el coeficiente global de transferencia de calor será igual a:

$$U = \frac{1}{5.16 * 0.07}$$

$$U = 15.1\ W$$