



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS PECUARIAS

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO MECÁNICO CON
ENERGÍA SOLAR PARA LA EMULSIFICACIÓN DE GRASAS A UTILIZARSE
EN LA CURTICIÓN DE PIELES”**

TRABAJO DE TITULACIÓN
TIPO: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Previo a la obtención del título de:
INGENIERO EN INDUSTRIAS PECUARIAS

AUTOR
MIGUEL ÁNGEL VEGA GUEVARA

RIOBAMBA – ECUADOR
2017

El trabajo de titulación fue aprobado por el siguiente tribunal.

Ing. M.C. Daniel Mauricio Beltrán del Hierro.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL.

Ing. M.C. Edwin Darío Zurita Montenegro.
DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.

Ing. Luis Eduardo Hidalgo Almeida. PhD
ASESOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.

Riobamba, 09 de agosto del 2017

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo Miguel Ángel Vega Guevara, con C.I. 150062713-6, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Miguel Ángel Vega Guevara

C.I. 1500627136

DEDICATORIA

A toda mi familia y en especial para mi hermana Silvana Lorena Vega Bozzano (+).

A mi madre que a la vez la ha hecho siempre de padre la cual ha sido mi fortaleza y por ser el pilar fundamental en el caminar y aprendizaje de mi vida, además del apoyo fe y confianza constante brindado a lo largo de mi carrera universitaria.

AGRADECIMIENTO

A la Carrera de Industrias Pecuarias, y a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, por haberme formado con los conocimientos y permitirme cumplir una de mis metas más anheladas.

A mis compañeros y amigos Rodrigo, Jorge, Cristhian, personas que me han acompañado y apoyado durante el largo camino de mi carrera universitaria.

A cada una de las personas tanto dentro y fuera de la ESPOCH que de una u otra manera crearon en mí fortalezas para culminar un paso más en mi vida y me supieron estrechar una muy agradecida confianza.

CONTENIDO

	Pág.
Resumen	v
Abstract	vi
Lista de cuadros	vii
Lista de gráficos	viii
Lista de fotografías	ix
Lista de figuras	x
Lista de anexos	xi
I. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
II. <u>REVISIÓN DE LITERATURA</u>	3
A. QUE ES UN PROTOTIPO MECÁNICO	3
1. <u>Que es un intercambio de calor energía solar</u>	3
B. TIPOS DE CALENTADORES SOLARES	6
1. <u>Calentadores solares presurizados</u>	7
2. <u>Calentadores solares no presurizados</u>	7
3. <u>Calentador solar plano</u>	7
4. <u>Calentadores solares de concentración</u>	8
C. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS CALENTADORES SOLARES	8
D. QUE SON LAS GRASAS	10
1. <u>Clasificación, características y acciones sobre el cuero</u>	12
2. <u>El engrase de las pieles</u>	14
E. QUE ES EMULSIFICACIÓN DE GRASA	15
1. <u>Emulsificación</u>	16
F. FASE DESENGRASE	19
1. <u>Emulsificación</u>	19
G. DISEÑO DE REACTORES CON AGITACIÓN	21
1. <u>Proceso continuo</u>	22
2. <u>Proceso discontinuo o batch</u>	23
3. <u>Tipos de reactores</u>	25
4. <u>Conformación de los reactores discontinuos o Batch</u>	26
H. TIPOLOGÍA DE TRANSFERENCIA DE CALOR EN UN REACTOR	26
1. <u>Media logarítmica de temperatura</u>	27

2.	<u>Transferencia de calor en tanques agitados</u>	28
3.	<u>Agitación</u>	29
4.	<u>Tipos de mezcladores</u>	30
5.	<u>Diseño de agitadores</u>	32
6.	<u>Criterios para caracterizar el trabajo de un agitador</u>	32
7.	<u>Potencia requerida para activar un agitador</u>	33
III.	<u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	34
A.	LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN DE EXPERIMENTOS	34
B.	UNIDADES EXPERIMENTALES	34
C.	MATERIALES, EQUIPOS, E INSTALACIONES	35
1.	<u>Materiales</u>	35
2.	<u>Equipos</u>	35
3.	<u>Instalaciones</u>	36
D.	TRATAMIENTO Y DISEÑO EXPERIMENTAL	36
E.	MEDICIONES EXPERIMENTALES	36
1.	<u>Características de la máquina</u>	36
2.	<u>Sensoriales</u>	36
3.	<u>Físicas</u>	37
F.	ANÁLISIS ESTADÍSTICOS Y PRUEBAS DE SIGNIFICANCIA	37
1.	<u>Medidas de tendencia central</u>	37
2.	<u>Medidas de dispersión</u>	37
G.	PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL	37
H.	METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN	39
1.	<u>Características de la máquina</u>	39
a.	Eficiencia	39
b.	Ruido	39
c.	Tiempo de proceso	39
2.	<u>Características sensoriales del cuero</u>	39
a.	Tacto	40
b.	Llenura	40
c.	Redondez	40
3.	<u>Características físicas del cuero</u>	41
a.	Resistencia a la tensión	41

1).	Procedimiento	43
b.	Porcentaje de elongación	45
c.	Lastometría	46
I.	EVALUACIÓN DE LAS RESISTENCIAS FÍSICAS DEL CUERO CURTIDO A CROMO Y VEGETAL	46
1.	<u>Tensión</u>	48
2.	<u>Elongación</u>	48
3.	<u>Lastometría</u>	49
IV.	<u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	48
A.	DIMENSIONAMIENTO DEL PROTOTIPO MECÁNICO CON ENERGÍA SOLAR PARA LA EMULSIFICACIÓN DE GRASAS	48
1.	<u>Cálculo de caudal en la tubería por donde pasa el aceite que sale del reactor</u>	48
a.	Cálculo de la velocidad	49
b.	Cálculo del área	49
c.	Cálculo del caudal en el orificio	50
d.	Cálculo del área del reactor	50
e.	Cálculo del tiempo de descarga	51
f.	Cálculo del volumen del tanque en el reactor	51
2.	<u>Cálculo de volumen de calefacción en el reactor</u>	52
a.	Cálculo del diámetro de la cámara de calefacción	52
b.	Cálculo de la altura de la cámara de calefacción	52
c.	Cálculo del volumen del reactor con la cámara de calefacción	53
d.	Cálculo del volumen de la cámara de calefacción	53
3.	<u>Cálculo para el sistema de agitación del reactor</u>	53
a.	Cálculo del diámetro del rodete	53
b.	Cálculo del ancho de los deflectores	54
4.	<u>Cálculo de las dimensiones de las paletas del reactor</u>	54
a.	Cálculo de la altura de la paleta	54
b.	Cálculo del ancho de la paleta	55
5.	<u>Cálculo de la potencia para accionar el rodete</u>	55
a.	Cálculo del número de Reynolds	55
b.	Cálculo de la potencia del agitador	56

c.	Cálculo del coeficiente de transferencia de calor	57
d.	Cálculo del número de Prandti	58
e.	Cálculo de la masa de grasa en el tanque del reactor	59
f.	Cálculo del flujo de calor en la grasa al salir del reactor	59
6.	<u>Cálculo de la cantidad de agua necesaria para que se de el cambio de fase de la grasa</u>	59
a.	Cálculo de la energía latente de la entrada y salida del reactor	60
7.	<u>Dimensionamiento sistema de bombeo</u>	61
a.	Cálculo de la velocidad de descarga	61
b.	Cálculo del número de Reynolds	62
c.	Cálculo de factor de fricción fanning	62
d.	Cálculo de las pérdidas de fricción	63
e.	Cálculo de las perdidas por accesorios	63
f.	Cálculo de las pérdidas de energía	64
g.	Cálculo de la altura de descarga	64
h.	Cálculo del flujo másico	65
i.	Cálculo de la potencia	65
8.	<u>Eficiencia del reactor</u>	66
a.	Cálculo del calor que entra al reactor	66
b.	Cálculo del calor que sale del reactor	66
c.	Cálculo del aprovechamiento del calor	67
d.	Cálculo de la eficiencia del reactor	68
B.	EVALUACIÓN DE LAS RESISTENCIAS FÍSICAS DE LOS CUEROS CAPRINOS UTILIZANDO EL PROTOTIPO MECÁNICO	69
1.	<u>Resistencia a la tensión</u>	69
2.	<u>Porcentaje de elongación</u>	72
3.	<u>Lastometría</u>	75
C.	EVALUACIÓN DE LAS CALIFICACIONES SENSORIALES DE LOS CUERPOS CAPRINOS UTILIZANDO EL PROTOTIPO MECÁNICO CON ENERGÍA SOLAR PARA LA EMULSIFICACIÓN DE GRASAS	77
1.	<u>Tacto</u>	77

2.	<u>Llenura</u>	80
3.	<u>Redondez</u>	83
D.	MANUAL DE FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO BACH MIX SERIE MAVEGA-GS 2017	85
1.	<u>Información importante para su seguridad</u>	86
2.	<u>Especificaciones técnicas</u>	86
3.	<u>Sistema de agitación</u>	89
4.	<u>Sistema de calentamiento</u>	89
E.	INSTALACIÓN DEL EQUIPO BACH MIX SERIE MAVEGA-GS 2017	91
1.	<u>Tanque homogenizador del prototipo mecánico BACH MIX</u>	91
2.	<u>Panel solar</u>	91
3.	<u>Operación del prototipo mecánico BACH MIX</u>	92
4.	<u>Operaciones del panel solar</u>	92
F.	PROYECCIÓN ECONÓMICA	95
V.	<u>CONCLUSIONES</u>	97
VI.	<u>RECOMENDACIONES</u>	98
VII.	<u>LITERATURA CITADA</u>	99
	ANEXOS	

RESUMEN

En las instalaciones del Laboratorio de Curtición de Pieles de la FCP, de la ESPOCH, se diseñó e implemento un prototipo mecánico con energía solar para la emulsificación de grasas. Por ser un trabajo de tipo descriptivo no se consideran unidades experimentales, ni un diseño estadístico; únicamente, se evaluó el engrase de ocho pieles ovinas curtidas al vegetal y ocho al cromo, para validar el funcionamiento del equipo. Los resultados indican que la eficiencia de la máquina para la emulsificación de grasas a través de producción piloto de cuero curtido tanto al cromo como al vegetal; fue de 97,2 % es decir que se consigue una dispersión muy homogénea en donde las partículas se funden y forman una capa líquida, que es fácilmente dispersa en el entretejido fibrilar, evitando la migración de grasas. La creación de los manuales tanto de funcionamiento como de mantenimiento constituye las herramientas más útiles, para facilitar el manejo de los equipos a los usuarios del laboratorio de curtición que deberán utilizarlos en forma adecuado utilizando normas de seguridad industrial para evitar riesgos. Los costos de construcción, instalación y funcionamiento del prototipo mecánico con energía solar para la emulsificación de grasas fueron de 3.100 dólares americanos que al ser comparados con equipos similares que llegan a costar de 5.000 a 6.000 dólares, resultan económicamente rentables adicional a estas ventajas se encuentran los beneficios generados en el proceso de homogeneización de las grasas mejorando la calidad del cuero y por ende elevando su precio por decímetro cuadrado.

ABSTRACT

in the facilities of the skin-tanning laboratory of the FCP, of the ESPOCH, it was designed and implemented a mechanical prototype with solar energy for the emulsifications of fats. To be a work of descriptive type, neither experimental units nor a statistical design are considered; solely, it was evaluated the oiliness of eight ovine skins vegetable tanned and chrome tanned, to validate the operation of the equipment. The results indicate that the efficiency of the machine for the emulsification of fats through pilot production of tanned leather in both chrome as well as vegetable; was 97.2 % that is to say a very homogeneous dispersion is obtained where the particles are melted and form a liquid layer, that is easily scattered in the fibrillar interweaving, by avoiding the migration of fats. The creation of manuals for both operation and maintenance are the most useful tools to facilitate the handling of equipment to users of the tanning laboratory that must be properly used by employing industrial safety standards to avoid risks. The costs of construction, installation and operation of the mechanical prototype with solar energy for the emulsifications of fats were 3,100 US dollars that when compared with similar equipment that cost between 5,000 US and 6,000 dollars, are economically profitable. In addition to these advantages, there are the benefits generated in the homogenization process of the fats by improving the quality of the leather and therefore raising its price by square decimeter.

LISTA DE CUADROS

N°		Pág.
1.	EXTRACCIONES DE GRASA ANTES DEL PIQUEL.	21
2.	TIPOS DE MEZCLADORES.	31
3.	CONDICIONES METEOROLÓGICAS DEL CANTÓN RIOBAMBA.	34
4.	CÁLCULO DE LAS PERDIDAS POR ACCESORIOS.	69
5.	EVALUACIÓN DE LAS RESISTENCIAS FÍSICAS DEL CUERO CURTIDO A CROMO Y VEGETAL UTILIZANDO EL PROTOTIPO MECÁNICO CON ENERGÍA SOLAR PARA LA EMULSIFICACIÓN DE GRASAS.	70
6.	EVALUACIÓN DE LAS CALIFICACIONES SENSORIALES DE LOS CUEROS CAPRINOS UTILIZANDO EL PROTOTIPO MECÁNICO CON ENERGÍA SOLAR PARA LA EMULSIFICACIÓN DE GRASAS.	78
7.	NOMENCLATURA DE LAS PARTES CONSTITUTIVOS DEL EQUIPO BACH MIX SERIE MAVEGA– GS 2017.	88
8.	COSTOS DEL PROTOTIPO MECÁNICO.	96

LISTA DE GRÁFICOS

N°	Pág.
1. Gráfica de las correlaciones de potencia para diversos impulsores y deflectores.	57
2. Tabla de propiedades del agua saturada.	68
3. Resistencia a la tensión del cuero curtido a cromo y vegetal utilizando el prototipo mecánico con energía solar para la emulsificación de grasas.	71
4. Porcentaje de elongación del cuero curtido a cromo y vegetal utilizando el prototipo mecánico con energía solar para la emulsificación de grasas.	73
5. Lastometría del cuero curtido a cromo y vegetal utilizando el prototipo mecánico con energía solar para la emulsificación de grasas.	76
6. Tacto del cuero curtido a cromo y vegetal utilizando el prototipo mecánico con energía solar para la emulsificación de grasas.	79
7. Llenura del cuero curtido a cromo y vegetal utilizando el prototipo mecánico con energía solar para la emulsificación de grasas.	81
8. Redondez del cuero curtido a cromo y vegetal utilizando el prototipo mecánico con energía solar para la emulsificación de grasas.	84
9. Artículos de limpieza no aptos para utilizar en el emulsificador de grasa.	94

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

N°	Pag.
1. Máquina para el test de resistencia a la tensión.	42
2. Equipo para medir el calibre del cuero.	43
3. Medición de la longitud inicial del cuero.	44
4. Colocación de la probeta de cuero entre las mordazas tensoras.	44
5. Encendido del equipo.	45
6. Puesta en marcha del prototipo mecánico para medir la resistencia a la tensión del cuero.	45
7. Sistema de agitación.	89
8. Panel solar y perrilla de bomba.	90
9. Impulsor del tanque homogenizador del Prototipo mecánico BACH MIX.	91
10. Control de energía del panel solar del prototipo mecánico BACH MIX.	92
11. Medición de la temperatura en el tablero de control del panel.	93
12. Conectores para el panel de control de temperatura.	93
13. Limpieza del panel solar.	94
15. Equipo BACH MIX serie MAVEGA– GS 2017.	95

LISTA DE FIGURAS

1.	Partes de un calentador solar.	5
2.	Proceso de obtención de biodiesel mediante reactores de flujo pistón.	23
3.	Proceso de transesterificación de discontinuo.	24
4.	Esquema de un reactor para la obtención de Biodiesel.	25
5.	Distribución de temperaturas en un intercambiador de doble tubo.	27
6.	Tipo de mezcladores.	30
7.	Forma de la probeta de cuero.	41
8.	Dimensionamiento de la probeta.	41
9.	Prototipo mecánico lastómetro.	47
10.	Prototipo mecánico BACH MIX serie MAVEGA– GS 2017.	85
11.	Ilustración de las partes constitutivas del equipo BACH MIX serie MAVEGA– GS 2017.	87

LISTA DE ANEXOS

N°

1. Estadísticas descriptivas de la resistencia a la tensión de los cueros curtidos al cromo y vegetal utilizando el prototipo mecánico de emulsificación de grasas.
2. Estadísticas descriptivas del porcentaje de elongación de los cueros curtidos al cromo y vegetal utilizando el prototipo mecánico de emulsificación de grasas.
3. Estadísticas descriptivas de la lastometría de los cueros curtidos al cromo y vegetal utilizando el prototipo mecánico de emulsificación de grasas.
4. Estadísticas descriptivas del tacto de los cueros curtidos al cromo y vegetal utilizando el prototipo mecánico de emulsificación de grasas.
5. Estadísticas descriptivas de la llenura de los cueros curtidos al cromo y vegetal utilizando el prototipo mecánico de emulsificación de grasas.
6. Estadísticas descriptivas de la redondez de los cueros curtidos al cromo y vegetal utilizando el prototipo mecánico de emulsificación de grasas.
7. Procedimiento para el funcionamiento del prototipo mecánico con energía solar para la emulsificación de grasas a utilizarse en el engrase de pieles.
8. Precauciones a tomar para el correcto funcionamiento del prototipo mecánico.

I. INTRODUCCIÓN

Uno de los procesos fundamentales en la curtición es el engrase, ya que la piel luego de los procesos de ribera y curtido ha perdido casi en su totalidad la grasa y de piel, volviéndose áspera y poco resistente, si no se arregla el problema puede en ocasiones llegar a romperse las fibras, siendo un factor clave el lograr engrasar los cueros, para lo cual se utiliza grasa emulsificada; y, para lograr este proceso se debe mezclar la grasa con agua caliente, en la actualidad en el laboratorio de cueros de la facultad de ciencias pecuarias este proceso se lo realiza manualmente, lo cual hace que el procedimiento sea demorado y genere pérdidas debido a que se pierda la grasa en el agua al momento de la mezcla, presentándose pérdidas de energía y se hace aún más difícil la mezcla con la grasa emulsificada.

Para lograr disminuir los problemas citados anteriormente, se busca que la mayoría de procesos en la curtiembres sean automatizados, para disminuir los costos de producción y aumentar la eficiencia a menor tiempo en cada proceso de producción, se evidencia un problema por la adquisición de máquinas de procedencia externa por ser una vía poco rentable para las industrias nacionales; ya que, en el país no se fabrica este tipo de equipamiento y encarece su costo con lo cual no se logra recuperar la inversión, aumentando el costo de la materia terminada en este caso el cuero.

La máquina de emulsificación de grasa es un sistema de dos reactores conectados en serie, el primero consiste en un reactor batch el cual está compuesto por una tubería de entrada de agua a temperatura ambiente y en el interior se da un calentamiento del agua utilizando energía solar, este reactor tiene una tubería de salida en la cual el agua sale alrededor de unos 90°C lo cual le hace óptimo para la emulsificación de la grasa, esta salida de agua es la alimentación de un reactor Backmix, generando la conversión de la mayoría de grasa por la mezcla completa con el agua y esta fue la alimentación de salida que fue utilizada en el engrase de los cueros caprinos, para evitar la migración de las grasas y el apareamiento del temido foggin o velo de grasa. La noción de prototipo procede de la lengua griega, en concreto, es fruto de la suma de dos componentes de dicha lengua: El prefijo

“protos”, que puede traducirse como “el primero”, y el sustantivo “tipos”, que es sinónimo de “modelo” o “tipo”. Este término se emplea para nombrar al primer dispositivo o equipo que se desarrolla de algo y que sirve como modelo para la fabricación de los siguientes o como muestra. La finalidad de un prototipo es que sus desarrolladores puedan advertir eventuales fallas en el funcionamiento y descubrir falencias.

Un reactor químico es un equipo en cuyo interior tiene lugar una reacción química, estando éste diseñado para maximizar la conversión y selectividad de la misma con el menor coste posible. El diseño de un reactor químico para emulsificar las grasas requiere conocimientos de termodinámica, cinética química, transferencia de masa y energía, así como de mecánica de fluidos; balances de materia y energía son necesarios. Las pieles en su estado natural tienen una turgencia y flexibilidad agradable a los sentidos debido al gran contenido de agua en general, el engrase es el último proceso en fase acuosa en la fabricación del cuero y precede al secado. Junto a los trabajos de ribera y de curtición es el proceso que sigue en importancia, influenciando las propiedades mecánicas y físicas del cuero. Si el cuero se seca después del curtido se hace duro porque las fibras se han deshidratado y se han unido entre sí, formando una sustancia compacta.

- Diseñar una máquina que se utilizó para realizar la dispersión de aceites en agua para la etapa de engrase del cuero, en el proceso de acabados en húmedo, utilizando energía solar.
- Determinar la eficiencia de la máquina para la emulsificación de aceites a través de producción piloto de cuero curtido; al cual se realizó pruebas físicas y sensoriales.
- Crear los manuales de manejo y procedimiento adecuado utilizando normas de seguridad industrial para evitar riesgos en el funcionamiento y manejo del prototipo mecánico con energía solar para la emulsificación de grasas.
- Evaluar los costos de construcción, instalación y funcionamiento del prototipo mecánico con energía solar para la emulsificación de grasas.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

A. QUE ES UN PROTOTIPO MECÁNICO

Banderas, A. (2007), manifiesta que diseñar es formular un plan para satisfacer una necesidad, en principio, una necesidad que habrá de ser satisfecha puede estar bien determinada. Las tecnologías de la información y las comunicaciones tienen, día a día, una mayor presencia en todos los aspectos de la vida laboral y personal, ofreciendo un nuevo espacio de innovación en ámbitos como la industria, los servicios, la salud, la administración, el comercio y la educación. La tasa de innovación crece constantemente y con ella los cambios, amenazas y oportunidades que experimenta el espacio social en el que se desenvuelven los individuos.

1. Que es un intercambiador de calor energía solar

Kasatkin, J. (2008), manifiesta que un calentador solar es un aparato que utiliza el calor del sol para calentar alguna sustancia, en este caso agua. Su uso más común es para calentar agua para uso en albercas y servicios sanitarios (duchas, lavado de ropa o trastes etc.) tanto en ambientes domésticos como hoteles. Son sencillos y resistentes, pueden tener una vida útil de hasta 20 años sin mayor mantenimiento. En muchos climas un calentador solar puede disminuir el consumo energético utilizado para calentar agua. Tal disminución puede llegar a ser de hasta 80 % en consumo de gas. Se recomienda limpiar el colector cada 4 o 6 meses para aumentar su eficiencia y vida útil.

Moring, V. (2010), indica que un colector solar es un dispositivo para extraer la energía del sol directamente hacia una forma más útil o fácil de almacenar de energía. Aunque la cantidad de energía que llega a la tierra depende de la ubicación, condiciones climáticas y orientación de la superficie, en general se estima en 1000 watts por pie cuadrado. El colector solar se monta en el techo, o en un área que reciba luz de sol directa. Colecta la luz solar y la convierte en calor.

Los sistemas de calentamiento solar consisten de un circuito de transferencia de calor que incluye un fluido y el medio por el que circula y un sistema de almacenamiento con un intercambiador de calor. El sistema puede también incluir un sistema secundario de distribución de calor entre diferentes receptáculos de calor o usuarios del calor. Este tipo de sistema de calentamiento puede usarse en muy diversas formas, incluyendo el calentamiento de agua para fines domésticos, calentamiento de piscinas, calefacción de casas, secadoras industriales o sistemas de enfriamiento. El almacenamiento de calor normalmente se estima en uno o dos días de los requerimientos normales, aunque también existen sistemas de almacenamiento estacionales que guardan el calor durante el verano para ser usado en la temporada invernal.

Adzet, J. (2005), los calentadores tienen una elevada eficiencia para captar la energía solar. Dependiendo de la tecnología y materiales implementados, pueden llegar a alcanzar eficiencias del 98 %. No debe confundirse los calentadores solares térmicos con los paneles foto voltaica, los cuales no se utilizan para calentar substancias, sino para generar electricidad a partir de la luz. Los tipos más comunes de sistemas de calentamiento de agua domésticos, son el de termosifón y el de bombeo. En los sistemas de termosifón, se coloca un tanque de almacenamiento sobre el colector. A medida que se calienta el agua en el colector, ésta se eleva y comienza a circular en forma natural alrededor del tanque. Esto hace que suba el agua fría desde el fondo del tanque. Este sistema tiene como ventajas que es auto-regulado y no tiene partes móviles.

Pery, J. (2004), manifiesta que la principal desventaja es que requiere que el tanque esté colocado a un nivel más elevado que el colector, lo que puede ser físicamente difícil en muchas circunstancias. Un sistema de bombeo usa una bomba para circular el agua, por lo que el tanque puede ser colocado en forma independiente a la ubicación del colector. Este sistema requiere energía externa para accionar la bomba. También requiere controles electrónicos para medir el gradiente de temperatura a través del colector y modular el bombeo, las partes de un calentador solar se ilustran en (figura 1).



Figura 1. Partes de un calentador solar.

Banderas, A. (2007), manifiesta que las partes de un calentador solar se describen a continuación:

- **Colector:** También llamado captador solar o panel termo solar, es el componente que se encarga de transferir la energía solar al agua. Consiste en un arreglo de tuberías o conductos por donde fluye el agua. El colector utiliza tubos de vidrio al vacío. Dentro de los tubos se encuentran los conductos del colector. El vacío previene los fenómenos de conducción y convección, aumentando la eficiencia.
- **Contenedor o Tanque de almacenamiento:** Es el recipiente que se encarga del almacenamiento del fluido. Durante el día, el agua se recircula una y otra vez entre el colector y el contenedor. Después de un tiempo y dependiendo de las dimensiones de los componentes, el agua se calentó para su uso posterior. La energía capturada en el colector se guarda en el tanque en forma de agua caliente. En el momento de requerir agua, se extrae del tanque y se rellena con agua fría. El tanque está aislado térmicamente para evitar pérdidas y mantener caliente el agua por más tiempo.
- **Tubos de vidrio al vacío:** Los tubos de vidrio al vacío son el mecanismo de calentamiento de los calentadores solares. Es la parte del equipo que transforma la energía solar en calor útil, y es a través de ellos que al agua se

calienta. Los tubos al vacío se fabrican a partir de dos tubos de vidrio concéntricos. El tubo exterior está hecho de borosilicato transparente de alta resistencia capaz de resistir el impacto de un granizo de hasta 2.5 cm. de diámetro. El tubo interior está también hecho de vidrio de borosilicato, pero este está recubierto con nitrato de aluminio que tiene una excelente absorción del calor solar y mínimas propiedades de reflexión. Durante la fabricación del tubo, el aire existente en el espacio intermedio entre los dos tubos es extraído para formar un vacío, el cual elimina las pérdidas de calor por conducción y convección, creando un excelente aislamiento térmico. Para mantener el vacío dentro del tubo, un elemento de bario es expuesto a alta temperatura, el cual causa que el fondo del tubo se cubra con una capa de bario puro (plateado). Esta capa de bario puro, es un indicador visual del vacío interno del tubo. Si el color plateado se torna blanco el vacío se ha perdido y el tubo tiene que ser reemplazado.

- Tubos de vidrio tipo Heat Pipe: Los tubos de vidrio tipo Heat Pipe son una variante que llevan en su interior un tubo capilar de cobre que contiene glicol. Este fluido de trabajo es un glicol de bajo calor específico, que al calentarse se evapora y se eleva a la punta del tubo de cobre. La punta del tubo capilar de cobre se encuentra insertada dentro del tanque presurizado, y calienta el agua que entra en contacto con la punta mediante un intercambio de calor. El fluido conductor de calor se enfría después de haber calentado el agua, y vuelve al fondo del tubo de cobre. De esta forma el agua no entra en los tubos de vidrio, y el sistema es capaz de soportar una alta presión.

B. TIPOS DE CALENTADORES SOLARES

Smith, C. (2005), manifiesta que los calentadores solares de agua, son sistemas que calientan el agua sólo con la energía proveniente del sol y de la claridad, lo interesante es que no consume ninguna clase de combustible, estas unidades son aparatos que utilizan el calor del sol para funcionar, el uso más común y totalmente práctico se lo aplica en ambientes domésticos. Los tipos de calentadores solares que más se utilizan son:

1. Calentadores solares presurizados

Smith, C. (2005), dice que este tipo de calentadores solares están hechos para funcionar en casas cuyos sistemas de plomería funcionan por gravedad, es decir, que cuentan con tinaco o depósito de agua. Tienen un tanque térmico integrado donde se acumula el agua calentada por medio de los tubos de vidrio al vacío, el principal componente de los calentadores solares, responsables de utilizar el calor del sol para calentar el agua mediante el efecto termosifón. Este efecto se presenta cuando el agua se calienta, por lo que pierde densidad y peso, y esto causa que tienda a ascender de manera natural al tanque del calentador. Al mismo tiempo, el agua fría desciende al interior de los tubos al vacío, y de esta manera el agua en el calentador empieza a circular hasta que toda el agua se calienta. Este movimiento se produce sin necesidad de una bomba y no necesita ningún componente eléctrico o mecánico. Esto convierte a los calentadores en equipos fiables, de fácil funcionamiento, sencillos de instalar y mantener.

2. Calentadores solares no presurizados

Según lo que reporta Fuente, G. (2008), los calentadores solares presurizados se utilizan para instalaciones de agua que funcionan con una bomba de agua o hidroneumático para elevar la presión del agua que corre por las tuberías. Están diseñados para soportar la presión del agua causada por el hidroneumático en una casa o edificio, gracias a un tanque de almacenamiento reforzado. Ya que la presión rompería los tubos de vidrio al vacío, se utiliza otro tipo llamado "Heat Pipe". La punta del tubo de cobre que se encuentra dentro del tubo de calor se introduce en el tanque, donde entra en contacto con el agua, y debido a una muy elevada temperatura, es capaz de calentar rápidamente.

3. Calentador solar plano

Pita, E. (2004), manifiesta que los calentadores solares planos también son conocidos como colectores solares planos, mucha gente los puede confundir con

los paneles solares fotovoltaicos por su parecido. Los calentadores solares planos se dividen en dos tipos, con cubierta y sin cubierta. Los calentadores con cubierta están compuestos básicamente por una cubierta de vidrio y una placa captadora totalmente aislada térmicamente en el interior. Los calentadores sin cubierta son más comunes para calentar el agua caliente de las piscinas, normalmente son de plástico y están expuestos directamente al sol. Con este tipo de calentadores puedes alcanzar temperaturas entre 30° y 70 °C, aunque dependiendo del diseño puedes alcanzar hasta los 100 °C.

4. Calentadores solares de concentración

Mccabe, W. (2010), manifiesta que este tipo de calentadores son totalmente diferentes a los dos anteriores. De hecho, se utilizan más en las industrias, los calentadores son cóncavos y el objetivo es proyectar la concentración de la energía solar hacia un punto determinado. Son muy eficientes, pero sólo con luz solar directa. Generalmente tienen incorporados seguidores solares para una mayor eficiencia. Son muy utilizados para generadores solares a gran escala u hornos que requieren altísimas temperaturas de hasta 4000 °C.

C. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS CALENTADORES SOLARES

Fuente, G. (2008), las ventajas de los calentadores solares se escriben a continuación

- La más importante de todas las ventajas es que este tipo de energía no contamina. Se trata de una energía mucho más limpia que otras como la energía nuclear, y no digamos ya que las energías basadas en combustibles fósiles.
- Al estar hablando de la energía solar podemos afirmar que es una fuente inagotable. Es decir, se trata de una energía renovable que proviene de una

fuentes inagotables que es el sol, por lo que no hay que preocuparse porque se vaya acabando, al menos no en muchos millones de años.

- Es un sistema de aprovechamiento de energía idóneo para zonas donde el tendido eléctrico no llega (zonas rurales, montañosas, islas), o es difícil y costoso su traslado.
- Los sistemas de captación solar que se suelen utilizar son de fácil mantenimiento, lo que facilita su elección.
- Vas a ahorrar dinero a medida que la tecnología va avanzando, mientras que el costo de los combustibles fósiles aumenta con el paso del tiempo porque cada vez son más escasos.

Cordero, L. (2006), indica que las desventajas de los calentadores solares son:

- El nivel de radiación de esta energía fluctúa de una zona a otra, y lo mismo ocurre entre una estación del año y otra, lo que puede no ser tan atractivo para el consumidor.
- Cuando se decide utilizar la energía solar para una parte importante de la población, se necesitan grandes extensiones de terreno, lo que dificulta que se escoja este tipo de energía.
- Además, otra de las desventajas, es que inicialmente requiere una fuerte inversión económica a la que muchos consumidores no están dispuestos a arriesgarse. Sin embargo, también es cierto que, a nivel familiar, este desembolso inicial en unos pocos paneles solares se suele recuperar en un plazo que ronda los 5 o 7 años.
- Muchas veces se debe complementar este método de convertir energía con otros, como por ejemplo las instalaciones de agua caliente y calefacción, requieren una bomba que haga circular el fluido.

- Los paneles solares todavía no son capaces de ser o suficientemente eficientes, o al menos, podrían serlo mucho más. Cada vez hay soluciones más avanzadas en este aspecto, pero lo cierto es que para que los paneles solares sean eficaces todavía se depende mucho de la zona donde se coloquen, es decir, están limitados a zonas con gran incidencia de los rayos solares.
- Los lugares donde hay mayor radiación, son lugares desérticos y alejados, (energía que no se aprovecha para desarrollar actividad agrícola o industrial, etc.).

D. QUE SON LAS GRASAS

Según Lacerca, M. (2009), las grasas animales contienen colesterol y además estimulan la producción de colesterol en el cuerpo. Un exceso de colesterol en sangre puede provocar enfermedades de corazón, pero hay que tener en cuenta que en una persona con un hígado sano el nivel de colesterol en sangre está regulado y los excesos se liberan como bilis. Entre las grasas animales están la manteca de cerdo, el sebo (grasa de carne de vaca), el aceite de hígado de bacalao, la leche y la grasa de pollo. Los pájaros migratorios tienen la particularidad de almacenar las grasas en su hígado, lo que ha sido aprovechado por el hombre para la fabricación del foie-gras. La grasa animal se obtiene después de haber fundido el tejido grasiento del ganado. Por ejemplo, a partir de la carne de cerdo se obtiene la manteca de cerdo. El sebo es un producto residual obtenido por la fundición de la grasa de especies animales como el cordero y la vaca. El desnatado de la leche permite obtener mantequilla.

Artigas, M. (2007), indica que numerosos alimentos son ricos en grasas animales: el tocino, el paté de hígado, los embutidos, los quesos. Una especialidad culinaria de Normandía, la grasa normanda, está constituida sólo de grasa. Los especialistas en nutrición recomiendan consumir poco este tipo de alimentos porque contienen ácidos grasos saturados que están relacionados con el desarrollo de cánceres y enfermedades cardiovasculares. Además, las grasas animales proporcionan un gran aporte de calorías, lo que puede conducir a la obesidad. El equivalente

calórico de 450 gramos de grasa animal es de 3500 calorías. Los peces grasos que viven en aguas frías son ricos en ácidos grasos omega-3, que se han mostrado beneficiosos para el organismo. Son principalmente el salmón (sobre todo salvaje), el arenque, la caballa, los boquerones y las sardinas. Estos peces contienen cerca de 7 veces más de omega-3 que de omega-6. Las sustancias engrasantes más importantes son:

- Aceites vegetales: Algunos productos tienden a la oxidación y con ello a la formación de olor fuerte y desagradable.
- Aceites secantes: aceite de linaza, aceite de cañamón, aceite de adormidera, aceite de nueces, aceite de madera. (Aplicaciones limitadas).
- Aceites semisecantes: aceite de colza, aceite de sésamo, aceite de maíz, aceite de girasol, aceite de soja, aceite de semilla de algodón, aceite de arroz.
- Aceites no secantes: aceite de oliva, aceite de ricino, aceite de cacahuete, aceites de hueso de frutas.
- Grasas vegetales: Grasa de coco, grasa de semilla de palma, grasa de aceite de palma, sebo del Japón. Se debe utilizar solo productos purificados, pues existe la tendencia a rancidez y con ello se puede presentar la formación de olor desagradable.
- Aceite animal: Animales marinos: aceites de foca, delfín. Aceites de pescado (arenque, sardina, sábalo). Aceites de hígado (bacalao, tiburón)
Se debe tomar en cuenta el grado de pureza de los aceites. Reaccionan de manera favorable los productos filtrados o refinados. Fuertes ensuciamientos conducen a problemas de olor. Productos con alto índice de yodo (a excepción la curtición de gamuza) tienden a un amarillenta miento intensivo del cuero y a rápida oxidación.
- Animales terrestres: aceite de pata de buey, aceite de manteca de cerdo, oleína. Para aceite de pata de buey se debe tomar en cuenta productos resistentes al frío. Se corre el riesgo de afloración de grasa.

- Grasas Minerales: Sebo de bovinos y de carnero, grasa de manteca de cerdo, grasa de huesos y de caballo. Todos los productos poseen altas partes de ácido graso esteárico y tienen por ello una tendencia a la formación de erupción de grasa. También se debe evitar el empleo de materias primas largamente depositadas, pues se presenta olor rancio.
- Vegetales: de carnauba, candilla, montana. Animales: cera de abejas, cera de lanolina. La lanolina debe ser utilizada en forma limpia, ya que es de baja calidad y presenta un olor desagradable. Los productos a base de lanolina evitan la humectabilidad del cuero.
- Productos grasos no biológicos: Parafinas, aceites minerales, olefinas, hidrocarburos tratados, ésteres sintéticos de ácidos grasos y ceras, alcoholes grasos, alquilbenzoles.

Hidalgo, L. (2004), menciona que la mayor parte de estos productos, en su estado original, no tienen la suficiente capacidad de fijación para con el cuero por lo que no son en principio adecuados para el engrase en baño. Con procesos químicos como la sulfonación, sulfatación, cloración, condensación, transesterificación y otros similares, se modifican las materias primas y se hacen emulsionables en agua. Los distintos productos obtenidos a partir de diferentes materias primas y mediante procedimientos diferentes tienen propiedades engrasantes diferentes (por ejemplo, engrase superficial o de profundidad o modificación del tacto). La elección del engrasante y el modo de aplicación permiten variar ampliamente las propiedades del cuero. Dado la escasez de los engrasantes naturales y por tener una composición con frecuencia cambiante, en los últimos años han ganado importancia los engrasantes de base sintética.

1. Clasificación, características y acción sobre el cuero

Leach, M. (2005), manifiesta que la composición de los productos de engrase es muy variable y depende de su procedencia y de los tratamientos que haya recibido, y al incorporarlos al cuero conferirán características que difieren de unos a otros.

- Grasas, aceites sulfitados o aceites de alcoholes. - Productos aniónicos con elevada estabilidad a los electrolitos. Es posible una buena penetración del engrase. Los aceites sulfitados son engrasantes, que resisten a las sales de cromo y a los electrolitos. Por esto son empleados en las operaciones de curtido al cromo de pre-engrase y de recurtido compacto, además del engrase final. Utilizados en grandes cantidades, producen soltura da flor y cueros fofos, porque no rellenan la piel, aunque se fijan bien.
- Grasas, aceites sulfatados o aceites de alcoholes, Productos aniónicos con fuerte efecto de engrase de la superficie. Escasa resistencia a los electrolitos y al almacenamiento. Los aceites sulfatados tienen buena afinidad con la flor e inestabilidad en soluciones de sales de cromo y confieren excelente cuerpo. Los alcoholes grasos sulfatados presentan elevada estabilidad a los electrolitos, óptima fijación, auxilian, a la penetración de otros aceites, proporcionan toque sedoso y elevada solidez a luz.
- Parafinas, grasas y aceites sulfoclorados, Productos aniónicos con escasa tendencia al amarillamiento por calor. Las parafinas sulfocloradas producen un engrase profundo, buena fijación, toque seco y poco hinchamiento.
- Esteres oxietilado: Aniónico, suaves y engrasados. escasa carga a la flor y humectabilidad.
- Aceites emulsionados (aniónico, catiónico, no ionógeno, anfótero). La mayoría de las veces utilizado como productos de pre y post engrase. De acuerdo a su carga se obtienen efectos diferentes. La mayoría de las veces, tienen escasa tendencia a enlaces de las fibras.
- Aceites no tratados, oxidados o clorado, Productos insolubles al agua, que para efectos especiales se añaden a los engrasantes emulsionantes.
- Preparaciones combinadas a los de arriba mencionados, engrasantes emulsionantes producidos en gran variedad por la industria química con determinadas y especiales propiedades.

Sttofél, A. (2006), manifiesta que a un producto engrasante se le debe exigir los siguientes requerimientos:

- Estabilidad al almacenamiento durante un período de por lo menos un año.
- Constancia de calidad a los efectos de poder reproducir el efecto en distintas partidas.
- Compatibilidad con productos similares o relacionados por su uso.
- No separar en fases.
- Practicidad en la utilización Información técnica al curtido tipo: naturaleza de la base, modificación química efectuada, contenido en materia grasa, contenido en agua, pH de la emulsión, incompatibilidades.

2. El engrase de las pieles

Para Bacardit, A. (2004), en las operaciones previas al proceso de curtido del cuero como el depilado y purga se eliminan la mayor parte de los aceites naturales de la piel y cualquiera sea el tratamiento previo que se le da a la piel como el proceso de curtido, al completarse el mismo, el cuero no tiene suficientes lubricantes como para impedir que se seque. El cuero curtido es entonces duro, poco flexible y poco agradable al tacto. Las pieles, sin embargo, en su estado natural tienen una turgencia y flexibilidad agradable a los sentidos debido al gran contenido de agua que es alrededor del 70-80 % de su peso total. Antiguamente en los cueros curtidos con sustancias vegetales se empleaban para el engrase tan solo aceites y grasas naturales del mundo animal y vegetal. Se incorporaban al cuero batanando en bombo o aplicando la grasa sobre la superficie del mismo. Esta operación se conocía como adobado. Estos aceites y grasas naturales recubrían las fibras y también le otorgaban al cuero cierto grado de impermeabilidad, pero su utilización en cantidades importantes confería colores oscuros; los cueros de colores claros sólo se lograban con pieles livianas.

Ullman, T. (2006), en general, el engrase es el último proceso en fase acuosa en la fabricación del cuero y precede al secado. Junto a los trabajos de ribera y de curtición es el proceso que sigue en importancia, influenciando las propiedades

mecánicas y físicas del cuero. Si el cuero se seca después del curtido se hace duro porque las fibras se han deshidratado y se han unido entre sí, formando una sustancia compacta. A través del engrase se incorporan sustancias grasas en los espacios entre las fibras, donde son fijadas, para obtener entonces un cuero más suave y flexible. Algunas de las propiedades que se dan al cuero mediante el engrase son:

- Tacto, por la lubricación superficial.
- Blandura por la des compactación de las fibras.
- Flexibilidad porque la lubricación externa permite un menor rozamiento de las células entre sí.
- Resistencia a la tracción y el desgarró, alargamiento y humectabilidad.
- Permeabilidad al aire y vapor de agua.
- Impermeabilidad al agua; su mayor o menor grado dependerá de la cantidad y tipo de grasa empleada.

Sttofél, A. (2006), indica que el engrase se realiza en los mismos fulones de las operaciones anteriores. Algunas curtiembres recuperan el sebo y las grasas naturales de las carnazas para poder aprovecharlas en el engrase, luego de un proceso de sulfonación.

E. QUE ES EMULSIFICACIÓN DE GRASAS

Ullman, T. (2006), reporta que el dicho que reza "el agua y el aceite no se mezclan" se basa en las características de las interacciones hidrofóbicas contra las hidrofílicas. Las grasas son hidrofóbicas, lo que significa que parecen evitar el agua y, en cambio, forman grandes glóbulos cuando se las mezcla con un líquido a base de agua. Sin embargo, esto no se debe a que las moléculas de grasa evitan el agua en forma activa, sino a que las moléculas de agua prefieren unirse entre ellas que con las de grasa. El agua es una molécula "polar" y las grasas son "no polares". Las polares prefieren unirse con otras del mismo tipo.

1. Emulsificación

Ludwigshafe, P. (2009), manifiesta que la emulsificación de las grasas es un proceso mediante el cual se modifica el entorno a fin de lograr que las moléculas de grasa y de agua se mezclen con más facilidad. En general, esto requiere el agregado de un compuesto, conocido como emulsionante, que puede funcionar como un puente entre ambas. Los emulsionantes suelen tener un extremo polar y otro no polar. Se los puede encontrar en la clara de huevo, la mostaza, la gelatina y la leche descremada.

Palomas, J. (2005), indica que una emulsión es una mezcla de dos líquidos inmiscibles de manera más o menos homogénea. Un líquido es dispersado en otro (la fase continua o fase dispersante). Muchas emulsiones son de aceite/agua, con grasas alimenticias como uno de los tipos más comunes de aceites encontrados en la vida diaria. Ejemplos de emulsiones incluyen la mantequilla y la margarina, la leche y crema, el expreso, la mayonesa, el lado fotosensitivo de la película fotográfica, el magma y el aceite de corte usado en metalurgia. En el caso de la mantequilla y la margarina, la grasa rodea las gotitas de agua (en una emulsión de agua en aceite); en la leche y la crema el agua rodea las gotitas de grasa (en una emulsión de aceite en agua). En ciertos tipos de magma, glóbulos de ferroníquel líquido pueden estar dispersos dentro de una fase continua de silicato líquido. El proceso en el que se preparan las emulsiones se llama emulsificación.

Portavella, M. (2005), reporta que las emulsiones son parte de una clase más genérica de sistemas de dos fases de materia llamada coloides. A pesar que el término coloide y emulsión son usados a veces de manera intercambiable, las emulsiones tienden a implicar que tanto la fase dispersa como la continua son líquidos. Existen tres tipos de emulsiones inestables: la floculación, en donde las partículas forman masa; la cremación, en donde las partículas se concentran en la superficie (o en el fondo, dependiendo de la densidad relativa de las dos fases) de la mezcla mientras permanecen separados; y la coalescencia en donde las partículas se funden y forman una capa de líquido. Una emulsión se torna en una emulsión de agua en aceite o en una emulsión de aceite en agua dependiendo de

la fracción del volumen de ambas fases y del tipo de emulsificador. Generalmente se aplica la regla de Bancroft: los emulsificadores y las partículas emulsificantes tienden a fomentar la dispersión de la fase en el que ellos no se disuelven muy bien; por ejemplo, las proteínas se disuelven mejor en agua que en aceite así que tienden a formar emulsiones de aceite en agua (por eso ellos fomentan la dispersión de gotitas de aceite a través de una fase continua de agua).

Ludwigshafe, P. (2009), indica que el color básico de las emulsiones es el blanco. Si la emulsión es diluida, el efecto Tyndall esparce la luz y distorsiona el color a azul; si es concentrada, el color se distorsiona hacia el amarillo. Este fenómeno se puede ver fácilmente al comparar la leche descremada (sin o con poca grasa) con la crema. Las micro emulsiones y nano emulsiones tienden a ser claros debido al pequeño tamaño de la fase dispersa. Las pieles secas contienen aproximadamente 15-20 % de agua en forma combinada con la piel. En primer lugar, ya que todos los procesos subsiguientes se realizan en fase húmeda, debemos hidratar la piel para que los intercambios entre piel y medio sean factibles.

Palomas, J. (2005), menciona que esta rehidratación, idealmente tendría que ser hasta llegar al estado de la piel en estado vivo, aprox. 65 % de agua combinada; pero es imposible ya que en el secado hubieron cambios estructurales, como ser la desnaturalización de las proteínas globulares y de mucopolisacáridos, que pueden transformar en hidrófobas las fibras de colágeno. Por otro lado, en el remojo se limpia la piel de estiércol, barro, sangre, sudor, microorganismos y productos empleados en la conservación, etc., así como también se elimina en parte, y distribuye uniformemente por la piel, la grasa natural; se elimina la lanolina de la lana, proteínas globulares etc.

Portavella, M. (2005), reporta que de los objetivos del remojo enunciados anteriormente, en esta fase, comenzarán todos en general, pero dos en particular, que son la limpieza de todas las materias que se encuentran fijadas superficialmente en la piel, tanto en el casco como en la lana, y por otro lado comienza una humectación de la piel, que irá incrementándose en fases posteriores. La temperatura de 22 °C, se tomó para uniformizar los efectos de

remojo a lo largo de todo el año, ya que la temperatura veraniega del agua en el Uruguay es ésta, y en invierno desciende a 10/12 °C, con lo que necesitamos calentarla. Utilizamos dos tipos de tensoactivos diferentes, ya que cada uno de ellos tendrá una misión específica en relación a los dos objetivos fundamentales de esta fase. En este punto tenemos que aclarar que es el HLB. Es la sigla en inglés del Balance Hidrofílico-Lipofílico

H.L.B.= Hidrofiliás
 Lipofiliás

Palomas, J. (2005), indica que por lo tanto un tensoactivo con HLB bajo, será uno con mayor afinidad por las grasas (lipofilia) y uno con HLB alto tendrá gran afinidad por el agua (hidrofilia). El tensoactivo no iónico detergente, cumple la misión de limpieza superficial. El HLB es alto ya que no cumple una misión emulsificante profunda de las grasas, sino una limpieza superficial para acondicionar la piel para los procesos posteriores. La función del tensoactivo humectante, como su nombre lo indica, es comenzar la humectación de las fibras colagénicas, que lo realiza disminuyendo la tensión superficial del agua frente a la piel, facilitando la difusión del agua y la hidratación del colágeno.

Palomas, J. (2005), reporta que en los dos casos se utilizan tensoactivos no iónicos debido a que éstos no poseen carga y por ende no se fijan, con lo que serán fácilmente eliminables después del proceso, ya que, si quedaran fijados, podrían traer aparejados problemas de hidrofilia en la piel acabada, tan indeseables en este artículo. El reposo de 8 horas es para evitar todo efecto mecánico en estas primeras etapas ya que, con el movimiento de las pieles, se producirían quiebres en su estructura debido a que, aquí la piel tiene una constitución córnea debido al secado, y donde el daño producido sería irreparable. Después de estas 8 horas, se considera que las pieles ya tienen la flexibilidad suficiente para que, con el roce con las paletas del batán, no se produzcan daños.

F. FASE DESENGRASE

Izquierdo, L. (2004), menciona que la misión fundamental de esta fase, es el desengrase de las pieles, tanto en profundidad del primer lavado, como superficialmente en el segundo lavado. Como objetivo secundario, estos lavados cumplen la misión de terminar de remojar aquellas pieles que hayan quedado algo deshidratadas, uniformizando toda la partida. En estos dos lavados no llegaremos a corregir pieles que hayan estado escasamente remojadas, pero sí, pequeños defectos, gracias al aumento de la temperatura y a los porcentajes relativamente altos de tensoactivos.

1. Emulsificación

Izquierdo I. (2004), indica que las pieles después de descarnadas, se encuentran estiradas y abiertas por efecto de la máquina; aparte de haberse eliminado el exceso de carnaza que anteriormente había formado una película impidiendo la penetración de los productos en el casco. El tensoactivo actúa por actividad capilar y superficial y por polaridad de las soluciones. Dicha solución penetra en los canales submicroscópicos entre las fibras de la piel y las partículas grasas, las cuales quedan envueltas por una capa aislante que se mantiene merced a fuerzas intermoleculares, esta capa comunica a la partícula las propiedades hidrófilas del tensoactivo y por lo tanto tiene lugar una especie de disolución de la partícula, venciendo la resistencia entre el agua y el carácter hidrófobo de aquella. De este modo se separan las partículas de las fibras y quedan en suspensión en el baño. Durante este proceso y dado que se trabaja en baño largo, la grasa va quedándose en la emulsión tensoactivo/grasa/baño, la cual en el enjuague y lavado posterior es eliminada. Con respecto al desengrase de la lana, la grasa es emulsionada en profundidad y por efectos similares a los enunciados anteriormente, la emulsión tiende a emigrar a la superficie para ser eliminada en un segundo lavado. Se utilizan tensoactivos de HLB bajo, ya que su misión fundamental debe ser la de emulsionar la grasa de la piel.

Hidalgo, L. (2004), reporta que, como resultado de la experiencia en la materia, he llegado a la conclusión de que 1 g/l es la cantidad ideal para el más profundo desengrase ya que si graficáramos la eficacia de los tensoactivos en relación a su concentración, veríamos que la eficacia aumenta hasta aproximadamente 1 g/l, y a concentraciones superiores la eficacia vuelve a decrecer. En un tratamiento concentrado de desengrase en solución acuosa, debemos emplear sustancias no iónicas, que carezcan de efecto hidrotópico y además contrarrestan la hidrotropia de los productos iónicos. La temperatura, es la máxima que podríamos permitirnos sin perjudicar la estructura colagénica, ya que a pesar de que la Temperatura de Contracción del colágeno es 65 °C, para la piel nativa, la piel puede empezar a encogerse de los 45 °C en adelante, si la permanencia de la piel a esta temperatura es bastante larga. Se utilizan temperaturas altas ya que las grasas a estas temperaturas, se fluidifican, facilitando de esta forma la emulsificación y extracción. El tiempo es de una hora, ya que la duración del lavado, no debe ser demasiado larga, pues ya después de un tiempo relativamente corto, se ajusta en el baño un estado de equilibrio. Por consiguiente, para pieles grasas como éstas, es mejor lavar más a menudo y no demasiado tiempo. En el enjuague, se mantiene la misma temperatura para que las grasas no vuelvan a solidificarse, fijándose y haciendo más difícil su extracción.

Lacerca, M. (2009), reporta que en la fase de emulsificación hemos utilizado un tensoactivo emulsionante, o sea que emulsiona las grasas; teniendo un HLB bajo, que es lo mismo que decir que tiene en su estructura una supremacía de moléculas lipofílicas sobre las hidrofílicas, siendo muy poco emulsionable en el agua. En este proceso de extracción, utilizaremos un detergente HLB alto, donde prevalecen las moléculas hidrofílicas sobre las lipofílicas, que tendrá la misión de emulsionar la mezcla: grasa/tensoactivo emulsionante, con el agua, para que sea posible la extracción. Se trabaja a 35 °C por los mismos motivos expuestos para la fase anterior, como también son iguales los razonamientos para el porcentaje de tensoactivo.

Artigas, M. (2007), señala que con estas dos fases de remojo que más que remojo es desengrase lo que se intenta hacer es extraer la mayor cantidad de grasa

posible, ya que estamos trabajando pieles que poseen un 20 % de grasas totales sobre el peso del cuero. En base a experiencias realizadas, puedo decir que, con un proceso de ribera intenso como este, después de los dos lavados, habrán sido extraídos de la piel un 35 % de grasas sobre el total de éstas, que correspondería a un 13 % sobre el total de la piel. He realizado extracciones de grasa en la piel y la lana en estado seco, por medio de un extractor Soxlet. Luego del remojo, y antes de entrar en piquel, realicé dos nuevas extracciones, siendo los datos obtenidos, los del cuadro siguiente. En general, para la industria de peletería, el remojo viene a ser una de las fases fundamentales del proceso, ya que un remojo deficiente no es posible corregirlo en etapas posteriores, como en la fabricación de curtido donde defectos de remojo los podemos corregir en el pelambre, calero y rendido, tampoco se pensó en remojos ácidos, por problemas de histéresis de hinchamiento en el por el des acidulado.

Hidalgo, L. (2004), manifiesta que La emulsificación es un proceso mediante el cual se mezclan dos líquidos que normalmente no lo hacen. La emulsificación de grasas te permite mezclarlas con sustancias a base de agua, lo cual tiene un efecto importante en la cocina y la digestión. A fin de emulsificar grasas, necesitas sustancias como la sal de ácido biliar u otros compuestos que ayuden a unir la grasa con el agua.

Cuadro 1. EXTRACCIONES DE GRASA ANTES DEL PIQUEL.

	Lana	Casco	Total
Piel seca	6,8 %	13,7 %	20,3 %
Piel Remojada	0,3 %	6,9 %	7,2 %

Fuente: Artigas, M. (2007).

G. DISEÑO DE REACTORES CON AGITACIÓN

Para la Casa química Bayer. (2007), en la actualidad se han desarrollados muchas técnicas industriales, así como, a nivel de laboratorio para la obtención de Biodiesel,

es por esta razón que clasificaremos en dos procesos a las diversas formas de producción de Biodiesel:

1. Proceso continuo

Para Índigo, A. (2015), una variación del proceso discontinuo es la utilización de reactores continuos del tipo tanque agitado, los llamados CSTR del inglés, Continuous Stirred Tank Reactor. Este tipo de reactores puede ser variado en volumen para permitir mayores tiempos de residencia y lograr aumentar los resultados de la reacción. Así, tras la decantación de glicerol en el decantador la reacción en un segundo CSTR, es mucho más rápida, con un porcentaje del 98 % de producto de reacción. Un elemento esencial en el diseño de los reactores CSTR es asegurarse que la mezcla se realiza convenientemente para que la composición en el reactor sea prácticamente constante. Esto tiene el efecto de aumentar la dispersión del glicerol en la fase éster. El resultado es que el tiempo requerido para la separación de fases se incrementa. Existen diversos procesos que utilizan la mezcla intensa para favorecer la reacción de esterificación. El reactor que se utiliza en este caso es de tipo tubular. La mezcla de reacción se mueve longitudinalmente por este tipo de reactores, con poca mezcla en la dirección axial. Este tipo de reactor de flujo pistón, Plug Flow Reactor (PFR), se comporta como si fueran pequeños reactores CSTR en serie,

Artigas, M. (2007), dice que el resultado es un sistema en continuo que requiere tiempos de residencia menores (del orden de 6 a 10 minutos) –con el consiguiente ahorro, al ser los reactores menores para la realización de la reacción. Este tipo de reactor puede operar a elevada temperatura y presión para aumentar el porcentaje de conversión. En este proceso, se introducen los triglicéridos con el alcohol y el catalizador y se somete a diferentes operaciones (se utilizan dos reactores) para dar lugar al éster y la glicerina. Dentro de la catálisis heterogénea los catalizadores básicos se desactivan fácilmente por la presencia de ácidos grasos libres (FFA) y de agua que favorece la formación de los mismos. Para tratar alimentaciones con cierto grado de acidez, se prefiere la esterificación de los ácidos grasos libres con superácidos que a su vez presenten una elevada velocidad de reacción de

transesterificación, lo que implica que se requiera de dos reactores con una fase intermedia de eliminación de agua. De este modo, alimentaciones con hasta un 30 % en FFA se pueden esterificar con metanol, reduciendo la presencia de FFA por debajo del 1 %. Esta etapa previa de esterificación se puede llevar a cabo con alcoholes superiores o glicerina que resulta atractiva en la producción de biodiésel puesto que es un subproducto del proceso, En la figura 2, se presenta un diagrama de bloques de un proceso de transesterificación mediante reactores de flujo pistón.

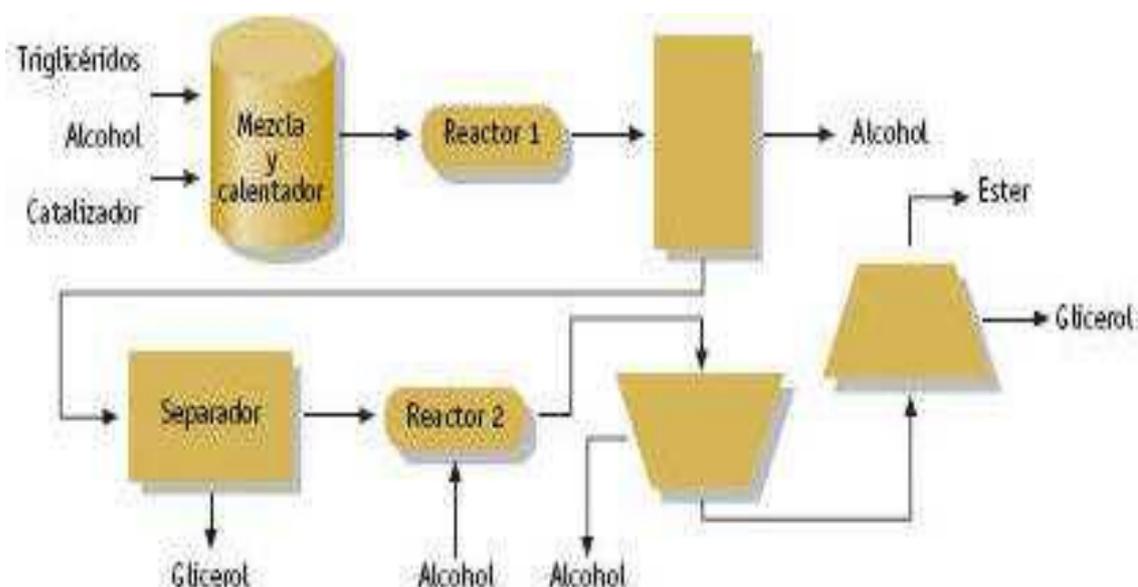


Figura 2. Proceso de obtención de biodiesel mediante reactores de flujo pistón.

2. Proceso discontinuo o batch

Frankel, A. (2009), indica que es el método más simple para la producción de biodiésel donde se han reportado ratios 4:1 (alcohol: triglicérido). Se trata de reactores con agitación, donde el reactor puede estar sellado o equipado con un condensador de reflujo. Las condiciones de operación más habituales son a temperaturas de 65 C, aunque rangos de temperaturas desde 25 C a 85 °C también han sido publicadas. El catalizador más común es el NaOH, aunque también se utiliza el KOH, en rangos del 0,3 % al 1,5 % (dependiendo que el catalizador utilizado sea KOH o NaOH). Es necesaria una agitación rápida para una correcta mezcla en el reactor del aceite, el catalizador y el alcohol. Hacia el fin de la reacción, la agitación debe ser menor para permitir al glicerol separarse de la fase éster. Se

han publicado en la bibliografía resultados entre el 85 % y el 94 %. En la transesterificación, cuando se utilizan catalizadores ácidos se requiere temperaturas elevadas y tiempos largos de reacción. Algunas plantas en operación utilizan reacciones en dos etapas, con la eliminación del glicerol entre ellas, para aumentar el rendimiento final hasta porcentajes superiores al 95 %. Temperaturas mayores y ratios superiores de alcohol: aceite pueden asimismo aumentar el rendimiento de la reacción. El tiempo de reacción suele ser entre 20 minutos y una hora. En la figura 3, se reproduce un diagrama de bloques de un proceso de transesterificación en discontinuo.

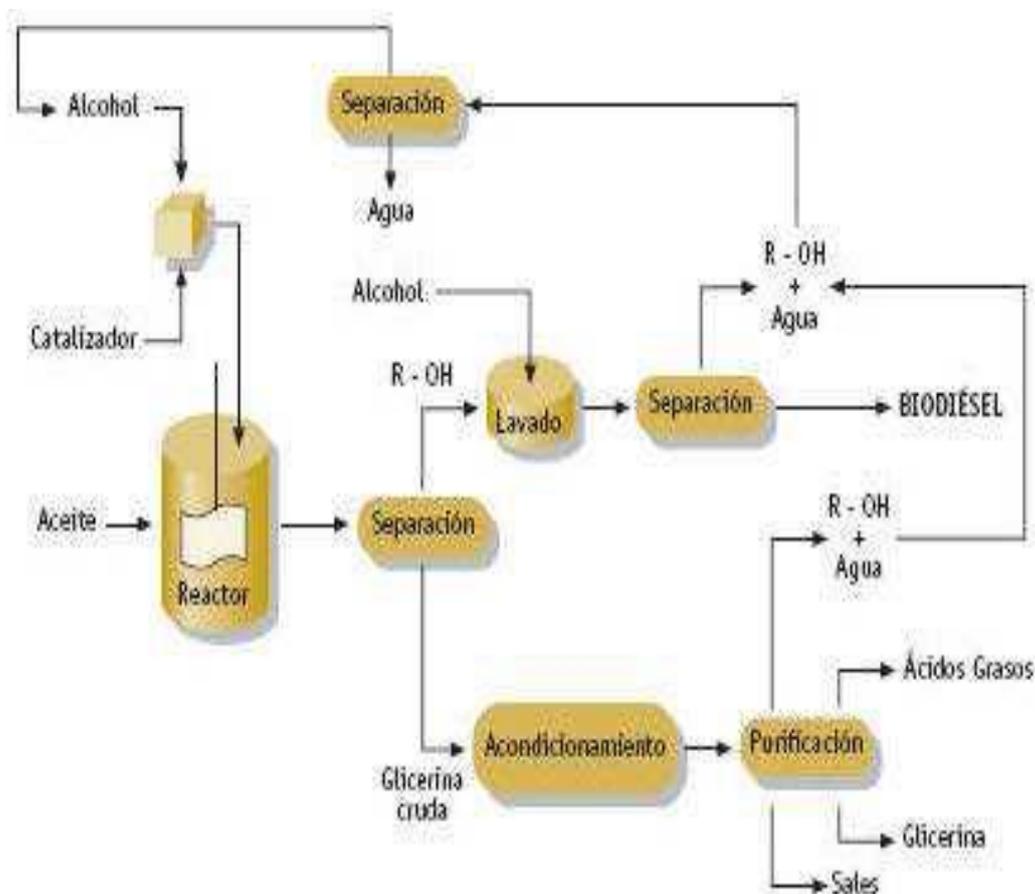


Figura 3. Proceso de transesterificación en discontinuo.

Para Jácome, P. (2016), el esquema de un reactor típico para obtener biodiesel, puede observarse en la figura 4, generalmente, el tanque de reacción es un recipiente circular, que puede estar cerrado o abierto en su parte superior. Para evitar zonas con bajas velocidades, las esquinas se eliminan empleando un fondo circular o de caída cónica. Para aumentar la eficiencia del mezclado, se pueden

instalar unos deflectores en la pared del tanque; así se evita que el fluido gire como un sólido rígido y se aumenta la vorticidad.

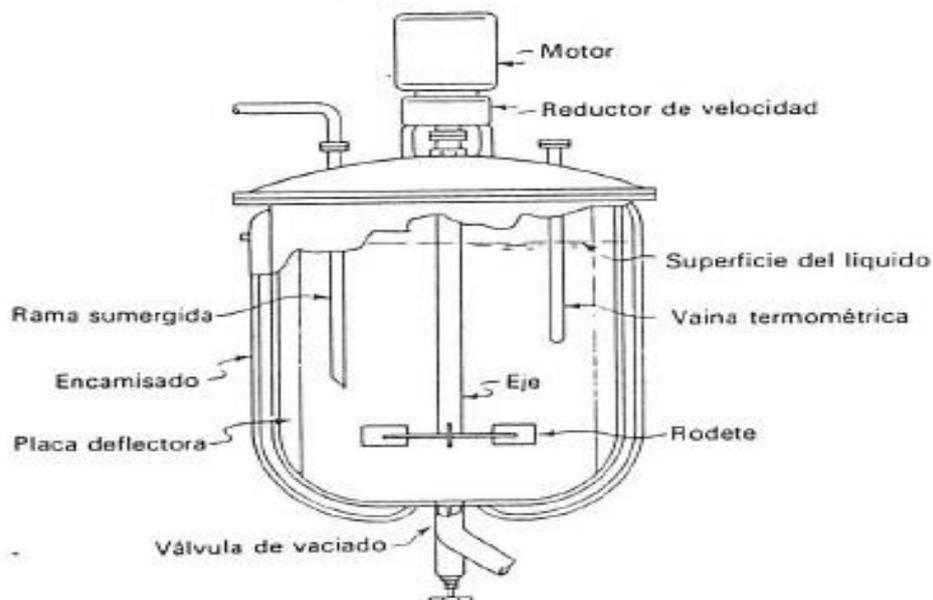


Figura 4. Esquema de un reactor para la obtención de Biodiesel.

3. Tipos de reactores

Banderas, A. (2007), sostiene que existen infinidad de tipos de reactores químicos, y cada uno responde a las necesidades de una situación en particular, entre los tipos más importantes, más conocidos, y mayormente utilizados en la industria se puede mencionar los siguientes:

- Reactor discontinuo.
- Reactor continuo.
- Reactor semicontinuo.
- Reactor tubular.
- Tanque con agitación continua.
- Reactor de lecho fluidizado.
- Reactor de lecho fijo.
- Reactor de lecho con escurrimiento.
- Reactor de lecho de carga móvil.
- Reactor de burbujas.

- Reactor con combustible en suspensión.
- Reactor de mezcla perfecta.
- Reactores de recirculación.
- Reactores de membrana.
- Fermentadores.
- Reactor trickle bed.

4. Conformación de los reactores discontinuos o Batch

Foust, A. (2008), reporta que los reactores discontinuos o Batch están conformados por:

- Cámara de calefacción: También conocida como camisa externa o chaqueta, es la estructura que va por la parte exterior del reactor. Cede calor latente a la cámara de ebullición. En su parte interior puede contener agua o vapor, según sea el caso.
- Cámara de ebullición: También conocida como camisa interna, va a alojar al fluido en su interior. Dicho fluido va a incrementar su temperatura gradualmente. Absorbe calor latente de la cámara de calefacción.”

H. TIPOLOGÍA DE TRANSFERENCIA DE CALOR EN UN REACTOR

Kasatkin, J. (2008), afirma que se da en las dos tipologías conocidas como: Conducción en el cual el calor se transmite de partícula a partícula, es decir es propia de los sólidos. Y la Convección que consiste en la transferencia de calor por la diferencia de densidades; es propia de los líquidos. Independientemente del tipo de mecanismo de transporte de energía para que se lleve a cabo la transferencia de calor, el flujo del mismo se rige por:

$$Q = U \cdot A \cdot \Delta T$$

$$Ec. 1.3.2.3 - 1$$

Donde:

Q = Flujo de calor que se transmite.

U = Coeficiente global de transferencia de calor.

A = Área de transferencia.

ΔT = Gradiente de Temperatura.

1. Media logarítmica de temperatura

Mccabe, W. (2010), determina que el valor de la media logarítmica de temperatura es el valor que permite caracterizar la transferencia de calor, en la etapa correspondiente con base a las temperaturas extremas del sistema. La media logarítmica de temperatura considera las dos corrientes y no solo una; el valor que resulta es la representación de una fuerza impulsora. Considérese el intercambiador de calor de doble tubo mostrado en la figura 5, el cual opera en flujo paralelo:

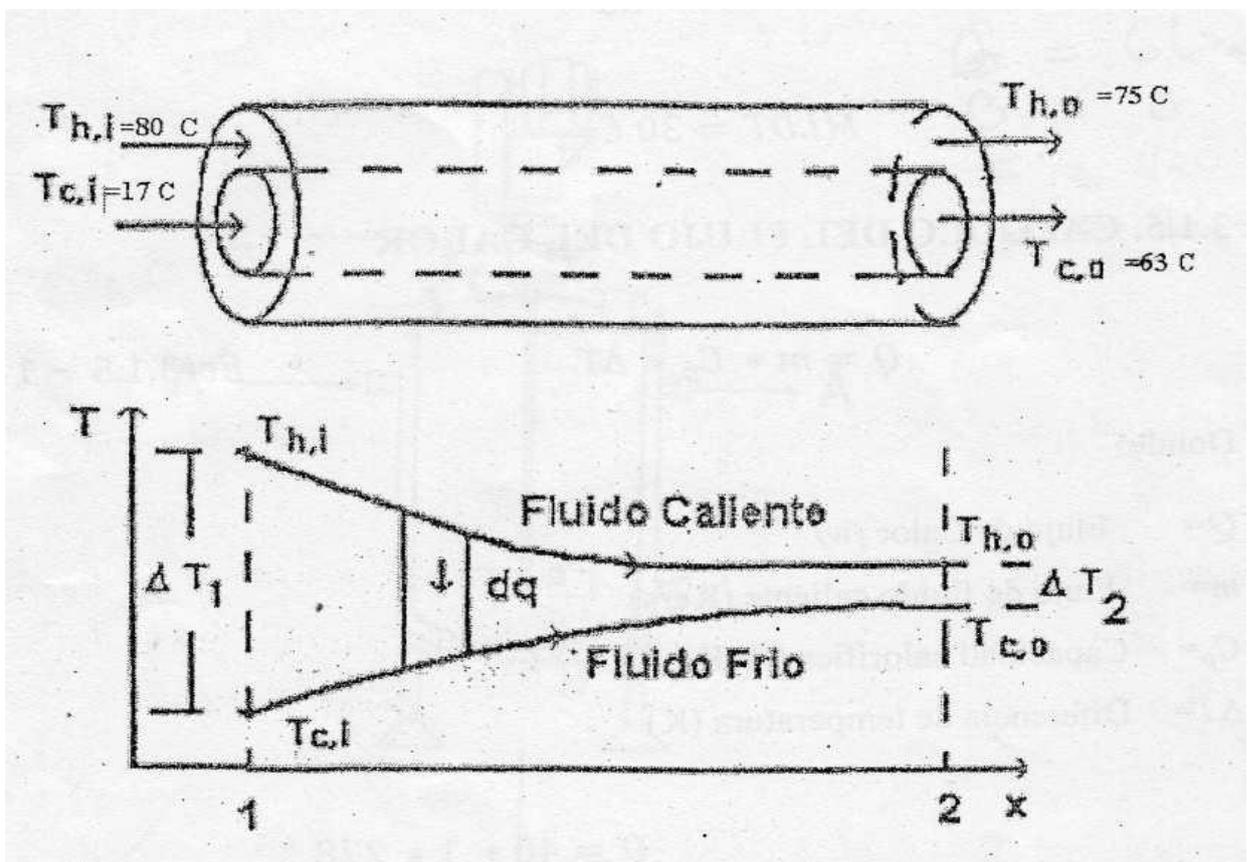


Figura 5. Distribución de temperaturas en un intercambiador de doble tubo.

Mccabe, W. (2010), determina que la media logarítmica queda expresada con la siguiente ecuación:

$$MLDT = \frac{(\Delta T_2 - \Delta T_1)}{\ln \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}} \quad \text{Ec.1.3.2.4 - 1}$$

Foust, A. (2008), reporta que el dónde el cálculo del flujo de calor resulta expresado:

$$Q = U * A * MLDT \quad \text{Ec.1.3.2.4 - 2}$$

Donde:

Q = Flujo de Calor.

U = Coeficiente Global de Transferencia de Calor 48.

A = Área de transferencia.

MLDT = Media Logarítmica de Temperatura.

2. Transferencia de calor en tanques agitados

Moring, V. (2010), asegura que las correlaciones de transferencia de calor para soluciones agitadas en el interior de un recipiente y las paredes de la chaqueta viene dado por:

$$\frac{U \phi}{k} = a * (N_{RE})^b * N_P^{\frac{1}{3}} * \left(\frac{\mu}{\mu_w}\right)^m \quad \text{Ec. 1.3.2.5 - 1}$$

$$N_{RE} = \frac{\phi t^2 * N * \rho}{\mu} \quad \text{Ec. 1.3.2.5 - 2}$$

$$N_{P1} = \frac{Cp * \mu}{k} \quad \text{Ec. 1.3.2.5 - 3}$$

Donde:

U= Coeficiente de Transferencia de calor (J / s m² K)

Æ = Diámetro Interno del Tanque (m)

k = Conductividad térmica (J / sm K).

N_{re} = Número de Reynolds.

ΔE_t = Diámetro del agitador (m).

N = Velocidad Rotacional (rpm).

ρ = densidad del fluido (kg / m³).

μ = viscosidad del Fluido (Pa.s).

N_p = Número de Prandtl.

C_p = Capacidad Calorífica (J / kg K).

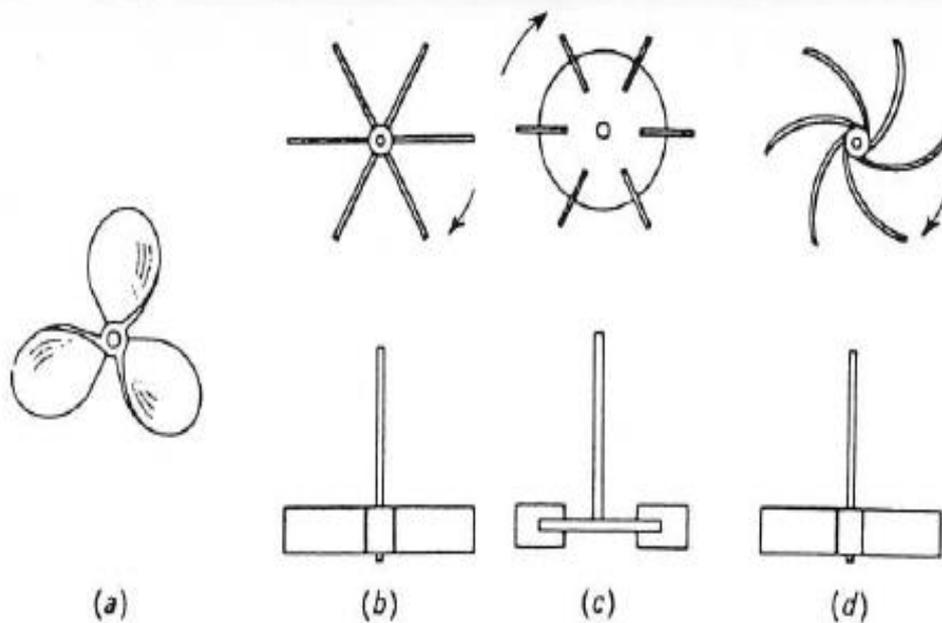
μ_w = Viscosidad del fluido a temperatura de la pared (Pa.s).

a, b, m = Constantes según el tipo de agitador" (9).

3. Agitación

Pery, J. (2004), menciona que la agitación se puede definir como el movimiento circulatorio inducido a un fluido dentro de un contenedor, fundamentalmente de forma circular y provocando vértices. El objeto de la agitación puede ser incrementar la transferencia de calor en el fluido o incrementar el transporte de materia, es decir, mezclar. En contraste con la agitación, mezclar es obtener una distribución espacialmente homogénea de dos o más fases inicialmente separadas. Aquí, una de las fases ha de ser un fluido, mientras que la otra puede ser algo tan variado como otro fluido, partículas sólidas o burbujas.

Pita, E. (2004), reporta que, en la práctica, el diseño de la agitación ha de atender a dos factores: el grado de homogeneidad y el tiempo de mezcla. Dado que el resultado de la mezcla nunca es perfecto, el grado de homogeneidad se hace depender de la calidad deseada en el producto final. Finalmente, la potencia requerida en la agitación depende de estos dos factores, así como del rendimiento. El grado de homogeneidad también se puede caracterizar mediante la altura de suspensión, esto es, la altura del líquido en el tanque a la que se suspenden los sólidos, como se indica en la (figura 6).



Rodetes de mezcla: (a) hélice marina de tres palas; (b) turbina abierta de palas rectas; (c) turbina de disco con palas; (d) turbina abierta de palas curvas.

Figura 6. Tipo de mezcladores.

4. Tipos de mezcladores

Potter, N. (2008), define que para diseñar o proyectar bien un mezclador hay que tener en cuenta no solo el elemento mezclador sino también la forma del recipiente. Un elemento mezclador muy bueno puede resultar inútil en un recipiente inadecuado. Además, no debe perderse de vista el resultado exacto que se quiere alcanzar, de modo que pueda obtenerse una mezcla ampliamente suficiente para conseguir dicho resultado con un coeficiente de seguridad bastante grande. De ordinario, el costo adicional que exige la capacidad más grande del mezclador es insignificante comparado con el costo de toda la instalación que interviene en el proceso. Puesto que la mezcla es una parte fundamental del proceso, es importante hacerla bien. Un mezclador bien diseñado puede evitar un embotellamiento en la fabricación. El número de dispositivos utilizados para mezclar materiales es muy grande, y muchos de ellos no se distinguen por su perfección. Para que la tecnología de la mezcla pueda avanzar mucho será necesario tomar en consideración muchos modelos fundamentales como base de nuestros estudios y conocimientos, como se ilustra en el Cuadro 2.

Cuadro 2. TIPOS DE MEZCLADORES.

Tipos de mezcladores	Características
Mezcladores de Paletas o Brazos	<ul style="list-style-type: none"> · Son los más antiguos, los más conocidos y los primeros en que se piensa. · son a menudo de construcción casera. · El costo inicial es por lo general muy bajo. · Sobre todo, tienen muy buen resultado en muchas clases de trabajos.
Mezcladores de Hélices	<p>Su acción mezcladora se deriva de que sus aletas helicoidales al girar empujan constantemente hacia delante, lo que para todos los fines puede considerarse un cilindro continuo de material, aunque el deslizamiento produce corrientes que modifican bastante esta forma cilíndrica.</p>
Mezcladores de Turbina	<p>En un recipiente casi sin contrapresión el material entra en el impulsor axialmente por su abertura central. Los álabes aceleran el material y lo descargan del impulsor o rodete más o menos tangencialmente a una velocidad bastante elevada.</p>

5. Diseño de agitadores

Smith, C. (2005), infiere que para diseñar agitadores es necesario determinar la potencia para accionar el rodete del sistema del agitador; el cálculo de la potencia deberá realizarse a partir de datos experimentales, es decir, mediante un procedimiento experimental, dado las dimensiones de este, su tipo y las características del sistema que se van a agitar. En general los factores que condicionan las características de un agitador son:

- Sistema agitador (Rodete – Recipiente).
- Sistema agitado.
- Efecto que se pretende obtener con el agitador.
- Tiempo en el que se quiere tener este efecto.
- Potencia puesta en juego para accionar el agitador.

6. Criterios para caracterizar el trabajo de un agitador

Geankoplis, J. (2006), menciona que los agitadores se suelen enjuiciar por su tipo y potencia para el tipo la mayor o menor potencia, que comunique al líquido viene a resultar de la rapidez con que puede lograrse los efectos requeridos. La potencia nominal con que designa los constructores a sus aparatos suelen estar referida al caso de que el agitador estese sumergido al agua. Para una agitación concreta, el criterio que suele seguir desde un punto de vista funcional es el derivado del concepto intensidad o grado de agitación, que se define por la potencia suministrada a cada unidad de volumen del líquido. Modernamente se adoptado el siguiente criterio para juzgar la intensidad o grado de agitación.

- Débil.
- Media.
- Intensa.
- Muy intensa.

7. Potencia requerida para activar un agitador

Holland, C. (2001), afirma que, para una agitación concreta, el criterio que se suele seguir desde el punto de vista funcional es el derivado del concepto intensidad o grado de agitación, que se define por la potencia suministrada a cada unidad de volumen del líquido. Dado el volumen de líquido agitar se pueden imaginar dos agitadores que introducen en él la misma potencia y sin embargo tengan distinta eficiencia agitadora; uno podría ser muy grande y poco revolucionado y el otro muy pequeño y animado a muchas revoluciones. Así con estas consideraciones tenemos relaciones empíricas en las cuales mediante el número de Reynolds (características del fluido agitado) y el número de potencia (características del agitador), siendo esta: (10).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

A. LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN DEL EXPERIMENTO

La investigación se desarrolló en las instalaciones del Laboratorio de Curtición de Pieles de la Facultad de Ciencias Pecuarias en la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo ubicada en la provincia de Chimborazo, en el cantón Riobamba. La prueba de funcionamiento del prototipo mecánico con energía solar para la emulsificación de grasas a utilizarse en la curtiembre de pieles se realizó al finalizar la construcción e instalación del equipo en el respectivo Laboratorio de Curtiembre de la Facultad de Ciencias Pecuarias. Las condiciones meteorológicas del cantón Riobamba se describen en el Cuadro 3.

Cuadro 3. CONDICIONES METEOROLÓGICAS DEL CANTÓN RIOBAMBA.

Indicadores	2016
Temperatura (°C).	13,45
Precipitación (mm/año).	42,8
Humedad relativa (%).	61,4
Viento / velocidad (m/s).	2,5
Heliofanía (horas/ luz).	1317,6

Fuente: Estación Meteorológica de la Facultad de Recursos Naturales. (2016).

B. UNIDADES EXPERIMENTALES

Por ser un trabajo de tipo descriptivo no se consideran unidades experimentales, ni un diseño estadístico; únicamente, se evaluó las pruebas piloto del prototipo mecánico en el engrase de pieles ovinas 8 curtidas al vegetal y 8 curtidas en forma tradicional es decir al cromo.

C. MATERIALES, EQUIPOS, E INSTALACIONES

1. Materiales

- Tanque de acero inoxidable.
- Planchas de acero inoxidable.
- Resistencias.
- Varilla de 1 pulgada.
- Mangueras.
- Tubos PP.
- Tee Doble PP.
- Tapones hembra PP.
- Uniones Universales.
- Adaptadores para tanque .
- Soldaduras para tuberías y accesorios PP.
- Material eléctrico.
- Filtro.
- Tarraja.
- Sierra.
- Tanque agitador.
- Aspas.
- Válvula de drenado.
- Agitador.
- Termoreductor.
- Tapa plana.
- Electrodo.
- Rodetes.

2. Equipo

- Bomba.
- Prensa.
- Cortadora de tubo.

- Soldadora.
- Motor.

3. Instalaciones

- Laboratorio de curtición de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la ESPOCH.
- Instalaciones de la Mecánica Industrial Inca.

D. TRATAMIENTO Y DISEÑO EXPERIMENTAL

En el presente proyecto no se dispone de tratamientos experimentales, por tanto, respondió al estudio de un diseño de procesos para la construcción del prototipo mecánico con energía solar para la emulsificación de grasas, el mismo que permitió establecer un mejor resultado en el proceso de engrase de pieles ovinas. Sin embargo, una vez instalado el equipo se realizó pruebas piloto para verificar el funcionamiento correcto del equipo, engrasando 16 pieles ovinas, que se consideraron como fuente de variación, por lo que, los resultados registrados respondieron a una recopilación de muestras sistematizadas, en tal virtud se utilizó una estadística descriptiva.

E. MEDICIONES EXPERIMENTALES

1. Características de la máquina

- Eficiencia.
- Ruido.
- Tiempo de proceso.

2. Sensoriales

- Tacto, puntos.

- Llenura, puntos.
- Redondez, puntos.

3. Físicas

- Resistencia a la tensión, N/cm².
- Porcentaje de elongación, %.
- Lastometría, mm.

F. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS Y PRUEBAS DE SIGNIFICANCIA

Se realizó una estadística descriptiva con el cálculo de las medidas de tendencia central, de dispersión y la prueba t´student.

1. Medidas de tendencia central

- Moda.
- Media.
- Mediana.

2. Medidas de dispersión

- Desviación estándar.
- Varianza.
- Prueba de t´student.

G. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

- Se realizó la evaluación de la Planta de Curtiembre, con el fin de determinar el área donde fue colocado y el espacio que ocupó el prototipo mecánico.

- Diseño del prototipo: se diseñó el reactor batch mix y el calentador solar y luego se los acopló en un solo diseño que fue incorporado al bombo de engrase para permitir que se introduzca agua caliente proveniente del calentador y entre en el reactor para que se produzca la agitación y homogenización de las grasas de acuerdo a los requerimientos que necesitan las pieles ovinas y se evite en lo posible la migración o el velo o fogging que es cuando no se ha originado un correcto proceso.
- Luego se efectuó la adquisición de materiales para construcción del prototipo mecánico los cuales debían ser de la mejor calidad, de alta resistencia a la corrosión, formados principalmente de polietileno y polipropileno y acero inoxidable.
- Posteriormente se efectuó la construcción del prototipo mecánico con materiales de alta resistencia de corrosión y aprovechando los espacios disponibles. A continuación, se procedió a la Instalación del prototipo mecánico con energía solar para la emulsificación de grasas a utilizarse en la curtición de pieles y se realizó los diferentes cálculos y ajustes del equipo para su óptimo funcionamiento en el Laboratorio de Curtición de la Facultad de Ciencias Pecuarias.
- Finalmente se efectuó la evaluación del prototipo mecánico con energía solar para la emulsificación de grasas, es decir se comprobó el funcionamiento correcto a través, de una serie de procesos de curtido, y de los cuales se realizó los respectivos análisis físicos y sensoriales del cuero para determinar si la calidad del cuero es la adecuada, es decir que la máquina tendrá la eficiencia que se requiera.

H. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

1. Características de la máquina

a. Eficiencia

La eficiencia se determinó mediante cálculos de ingeniería que nos permitieron conocer los parámetros de construcción y diseño también medir algunos factores del proceso que causen pérdida de eficiencia, estos cálculos consisten en el tiempo de mezclado, velocidad de mezclado y cantidad de producto terminado obtenido.

b. Ruido

El nivel de ruido emitido se evaluó tomando como referencia los datos de emisión comparativos de máquinas similares.

c. Tiempo de proceso

El tiempo de aplicación de las grasas en el prototipo mecánico se determinó a través de la curtición y el monitoreo, de las horas que dura el proceso de curtido de un lote de pieles ovinas de las cuales se tomó una muestra y se determinó el número de horas utilizada en el proceso.

2. Características sensoriales del cuero

Para los análisis sensoriales se realizó una evaluación a través del impacto de los sentidos que son los que nos indicaron que características debían tener cada uno de los cueros para calzado, dando una calificación de 5 correspondiente a muy buena; 3 a 4 buena; y 1 a 2 baja; en lo que se refiere a naturalidad, blandura y tacto.

a. Tacto

En todos los procesos de fabricación existen variaciones que pueden afectar la calidad final del producto, en el caso de la industria del cuero al trabajar con productos químicos y materia prima de diversas procedencias y calidades, estas variaciones se vuelven más subjetivas, que afectan directamente a las cualidades sensoriales del cuero por lo tanto para evaluar la calificación sensorial de tacto se deslizo muy suavemente la palma de la mano sobre la superficie del cuero para identificar la sensación que este produce al juez, si es suave y delicado el tacto se calificó con las puntuaciones más altas y si por el contrario produjo una sensación áspera, acartonada y a veces inclusive grosera, se los puntuara con las calificaciones más bajas.

b. Llenura

Para detectar la llenura se palpó sobre todo la zona de los flancos el cuero ovino y se calificó el enriquecimiento de las fibras de colágeno, los parámetros a determinar se referirán a identificar, si las fibras de colágeno están llenas o vacías, y de acuerdo a esto se procedió a establecer la calificación de 1 a 5 es decir que 1, se refieren a pieles duras y acartonadas y 5 a pieles muy suaves con una llenura ideal.

c. Redondez

La valoración de la redondez de los cueros ovinos engrasados en el prototipo mecánico con energía solar para la emulsificación de grasas a utilizarse en la curtición de pieles" fue realizada por un analista experto, el cual verificó y calificó la facilidad con que el cuero se adapta a formas diferentes a la que toma en un plano horizontal debido a la aplicación de fuerzas deformantes.

3. Características físicas del cuero

a. Resistencia a la tensión

El objetivo de esta prueba fue determinar la resistencia a la ruptura, que se da al someter la probeta a un estiramiento que es aplicado lentamente, al efectuarse el estiramiento se da el rompimiento de las cadenas fibrosas del cuero (figura 7).



Figura 7. Forma de la probeta de cuero.

En un ensayo de tensión la operación se realizó sujetando los extremos opuestos de la probeta y separándolos, la probeta se alargó en una dirección paralela a la carga aplicada, esta probeta se colocó dentro de las mordazas tensoras y se deberá cuidar que no se produzca un deslizamiento de la probeta porque de lo contrario podría falsear el resultado del ensayo, (figura 8).

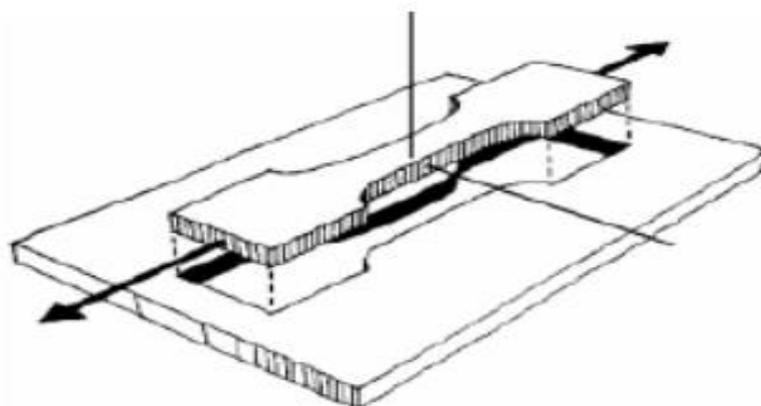


Figura 8. Dimensionamiento de la probeta.

La máquina que se utilizó para realizar el test estuvo diseñada para:

- Alargar la probeta a una velocidad constante y continua
- Registrar las fuerzas que se aplican y los alargamientos, que se observan en la probeta.
- Alcanzar la fuerza suficiente para producir la fractura o deformación permanentemente es decir rota (fotografía 1).



Fotografía 1. Máquina para el test de resistencia a la tensión.

La evaluación del ensayo se realizó tomando como referencia en este caso las normas IUP 6.

Test o ensayos	Método	Especificaciones	Fórmula
Resistencia a la tensión o tracción	IUP 6	Mínimo 150 Kf/cm ² Óptimo 200 Kf/cm ²	T= Lectura Máquina Espesor de Cuero x Ancho (mm)

Se procederá a calcular la resistencia a la tensión o tracción según la fórmula detallada a continuación la fórmula que se empleó.

$$Rt = \frac{C}{A * E}$$

Rt = Resistencia a la Tensión o Tracción.

C = Carga de la ruptura (Dato obtenido en el display de la máquina).

A = Ancho de la probeta.

E = Espesor de la probeta.

1). Procedimiento

Se tomó las medidas de la probeta (espesor) con el calibrador en tres posiciones, luego se tomó una medida promedio. Este dato nos sirvió para aplicar en la fórmula, cabe indicar que el espesor fue diferente según el tipo de cuero en el cual vayamos hacer el test o ensayo. En la (fotografía 2), se ilustra el equipo para medir el calibre del cuero.



Fotografía 2. Equipo para medir el calibre del cuero.

Se registró las medidas de la probeta (ancho) con el pie de rey, en la (fotografía 3), se realizó la medición de la longitud inicial del cuero.



Fotografía 3. Medición de la longitud inicial del cuero.

Luego se colocó la probeta entre las mordazas tensoras, como se ilustra en la (fotografía 4).



Fotografía 4. Colocación de la probeta de cuero entre las mordazas tensoras.

Posteriormente se encenderá el equipo y procederá a calibrarlo. A continuación, se elevó el display, presionando los botones negros como se indica en (fotografía 5); luego se girará la perilla de color negro-rojo hasta encender por completo el display.



Fotografía 5. Encendido del equipo.

Luego se ubicara en funcionamiento el tensiómetro de estiramiento presionando el botón de color verde como se indica, en la ilustración de la (fotografía 6).



Fotografía 6. Puesta en marcha del prototipo mecánico para medir la resistencia a la tensión del cuero.

b. Porcentaje de elongación

El ensayo del porcentaje de elongación a la rotura se utilizó para evaluar la capacidad del cuero para aguantar las tensiones multidireccionales a que se encuentra sometido en sus usos prácticos. La elongación es particularmente necesaria en los cosidos, en los ojales, y en todas las piezas con orificios o entalladuras sometidas a tensión. Las normas y directrices de calidad de la mayor

parte de curtidos especifican el cumplimiento de unos valores mínimos del porcentaje de elongación. La característica esencial del ensayo es que, a diferencia de la tracción, la fuerza aplicada a la probeta se reparte por el entramado fibroso del cuero a las zonas adyacentes y en la práctica la probeta se comporta como si sufriera simultáneamente tracciones en todas las direcciones. Por ello el ensayo es más representativo de las condiciones normales de uso del cuero, en las que éste se encuentra sometido a esfuerzos múltiples en todas las direcciones. Existen varios procedimientos para medir este porcentaje, pero el más utilizado es el método IUP 40 llamado desgarró de doble filo, conocido también como método Baumann, en el que se mide la fuerza media de desgarró y en IUP 44 se mide la fuerza en el instante en que comienza el desgarró, para lo cual:

- Se cortó una ranura en la probeta.
- Los extremos curvados de dos piezas en forma de "L" se introducirán en la ranura practicada en la probeta.
- Estas piezas estuvieron fijadas por su otro extremo en las mordazas de un dinamómetro como el que se usa en el ensayo de tracción.
- Al poner en marcha el instrumento las piezas en forma de "L" introducidas en la probeta se separaron a velocidad constante en dirección perpendicular al lado mayor de la ranura causando el desgarró del cuero hasta su rotura total.
- La resistencia a la elongación se puede expresar en términos relativos, como el cociente entre la fuerza máxima y el grosor de la probeta, en Newtons/mm, aunque a efectos prácticos es más útil la expresión de la fuerza en términos absolutos, Newtons/cm².

c. Lastometría

En el montado de la confección del artículo deseado la piel experimenta una brusca deformación que le llevó de la forma plana a la forma espacial. Esta transformación producirá una fuerte tensión en la capa de flor puesto que la superficie deberá alargarse más que el resto de la piel para adaptarse a la forma espacial. Si la flor

no fue lo suficientemente elástica para acomodarse a la nueva situación se quiebra y se agrieta. Para ensayar la aptitud al montado de las pieles que deben soportar una deformación de su superficie se utilizara el método IUP 9 basado en el lastómetro. Este instrumento, desarrollado por SATRA, contiene una abrazadera para sujetar firmemente una probeta de cuero de forma circular con el lado flor hacia afuera, y un mecanismo para impulsar a velocidad constante la abrazadera hacia una bola de acero inmóvil situada en el centro del lado carne de la probeta.

La acción descendente de la abrazadera deformó progresivamente el cuero, que adquirirá una forma parecida a un cono, con la flor en creciente tensión hasta que se producirá la primera fisura. En ese momento se anotó la fuerza ejercida por la bola y la distancia en milímetros entre la posición inicial de la abrazadera y la que ocupa en el momento de la primera fisura de la flor. Esta distancia se denominó distensión. La acción no se detendrá hasta el momento de la rotura total del cuero, en el que se anotó de nuevo la distensión y la carga, aunque estos datos tendrán sólo un carácter orientativo, como se indica en la (figura 9).

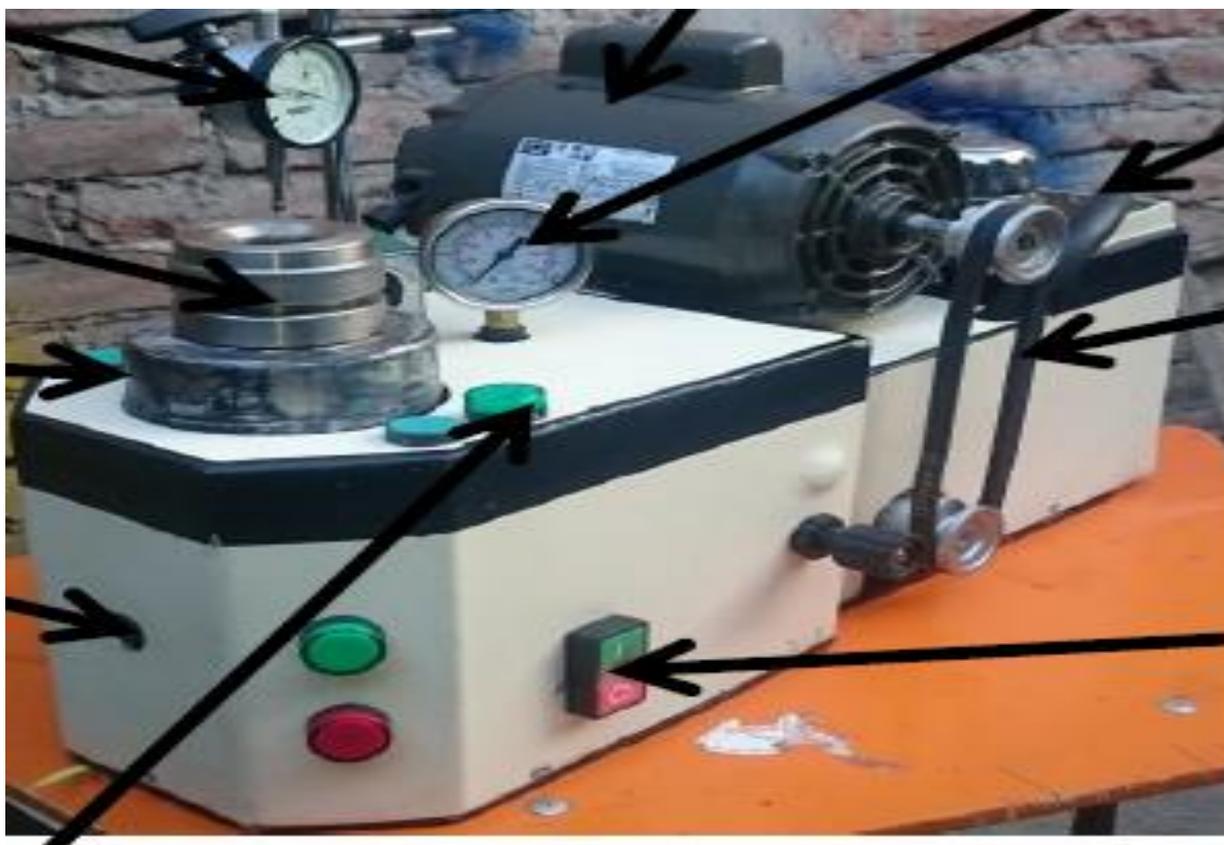


Figura 9. Prototipo mecánico lastómetro.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. DIMENSIONAMIENTO DEL PROTOTIPO MECÁNICO CON ENERGÍA SOLAR PARA LA EMULSIFICACIÓN DE GRASAS.

1. Cálculo del caudal en la tubería por donde pasa el aceite que sale del reactor

Primero se aplicó un balance de energía para entender cuáles son los tipos de energía que van actuando en la descarga del aceite por el orificio del reactor batch.

$$\Delta E_c + \Delta E_p + Q = W + \Sigma hp$$

Donde:

ΔE_c : Variación de la energía cinética, J.

ΔE_p : Variación de la energía potencial, J.

Q: Calor desprendido por el sistema, J.

W: Trabajo realizado por el sistema, J.

Σhp : Sumatoria de pérdidas de energía, J.

En este cálculo se está refiriendo a la descarga del aceite por el orificio de la máquina por lo cual no existirán los términos de $Q, W + \Sigma hp$ debido a que no se generan ninguno de estos tres elementos por lo cual la ecuación anterior sería igual a:

$$\Delta E_c = \Delta E_p$$

Desarrollando la ecuación anterior será igual a:

$$Z_1 + P_1 + \frac{v_1^2}{2g} = Z_2 + P_2 + \frac{v_2^2}{2g}$$

Donde:

Z_1 = Altura inicial del sistema, m.

P_1 = Presión en el punto inicial, Pa.

v_1 = Velocidad inicial del fluido, m/s.

g = Gravedad, m/s^2 .

Z_2 = Altura final del sistema, m.

P_2 = Presión en el punto final, Pa.

v_2 = Velocidad final del fluido, m/s

Para este problema no se consideró una variación de presión; ya que, los dos puntos están considerados al ambiente y la velocidad inicial se anula ya que el sistema parte del reposo, por lo cual la ecuación sería igual a:

$$Z_1 - Z_2 = + \frac{v_2^2}{2g}$$

Donde $Z_2 - Z_1 = H$ es igual a la altura del oficio:

$$a\sqrt{2gH} = v_2$$

a. Cálculo de la velocidad

$$a\sqrt{2gH} = v_2$$

Donde:

v_2 : Velocidad de descarga m/s.

H: Altura del tanque de reactor m.

G: Gravedad m/s^2 .

a: Constante del orificio.

$$a\sqrt{2gH} = v_2$$

$$0,8 * \sqrt{2 * \left(9.8 \frac{m}{s^2}\right) * 0.58m} = v_2$$

$$v_2 = 2,69 \text{ m/s}$$

b. Cálculo del área

$$A = 2\Pi * r^2$$

Donde:

A: Área del orificio de descarga, m.

r: Radio del orificio de descarga, cm.

$$A = 2\pi(2,5 \text{ cm})^2$$

$$A = 39,27 \text{ cm}^2$$

$$A = 39,27 \text{ cm}^2 * \frac{1 \text{ m}^2}{10000 \text{ cm}^2}$$

$$A = 0.0039 \text{ m}^2$$

c. Cálculo del caudal en el orificio

$$Q = v_2 * A$$

Dónde:

Q: Caudal de descarga, L/s.

t: Tiempo de descarga, s.

$$Q = v_2 * A$$

$$Q = 2,69 \text{ m/s} * 0.0039 \text{ m}^2$$

$$Q = 0.013 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$Q = 0.013 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} * \frac{1000 \text{ l}}{1 \text{ m}^3}$$

$$Q = 10,56 \frac{\text{l}}{\text{s}}$$

d. Cálculo del área del reactor

$$A = 2\pi * r^2$$

Donde:

A: Área del tanque, m.

r: Radio del tanque, cm.

$$A = 2\pi(30 \text{ cm})^2$$

$$A = 5654,88 \text{ cm}^2$$

$$A = 5654,88 \text{ cm}^2 * \frac{1 \text{ m}^2}{10000 \text{ cm}^2}$$

$$A = 0,565 \text{ m}^2$$

e. Cálculo del tiempo de descarga

$$Q = \frac{A * h}{tr}$$

Donde:

Q: Caudal del orificio, l/s.

A: Área del reactor, m².

t: Tiempo de descarga, s.

h: altura del reactor, m.

$$t = \frac{A * h}{Q}$$

$$t = \frac{0,565 \text{ m}^2 * 0,58 \text{ m}}{0,013 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}$$

$$t = 25,3 \text{ s}$$

f. Cálculo del volumen del tanque en el reactor

$$V = A * h * f$$

Donde:

V: Volumen del tanque m³.

h: Altura del tanque, m.

A: Área del tanque, m².

f: Factor de seguridad.

$$V = A * h * f$$

$$V = 0,565 \text{ m}^2 * 0,58 \text{ m} * 1,2$$

$$V = 0,393 \text{ m}^3$$

$$V = 0,393 \text{ m}^3 * \frac{1000 \text{ l}}{1 \text{ m}^3}$$

$$V = 393 \text{ l.}$$

2. Cálculo del volumen de calefacción en el reactor

a. Cálculo del diámetro de la cámara de calefacción

Por consideraciones de diseño, el diámetro de la cámara de calefacción es 8 cm más grande que el del reactor, es decir 4 cm a cada lado.

$$D_E = D_C + D_T$$

Donde:

D_E = Diámetro del reactor.

D_C = Diámetro del área de calefacción.

D_T =Diámetro del tanque.

$$D_E = D_C + D_T$$

$$D_E = 60 \text{ cm} + 8 \text{ cm}$$

$$D_E = 68 \text{ cm}$$

b. Cálculo de la altura de la cámara de calefacción

Por consideraciones de diseño, la altura de la cámara de calefacción es 3 cm más grande que la del reactor.

$$h_E = h_c + h_T$$

Donde:

h_E = Altura del reactor.

h_C = Altura del tanque con calefacción.

h_T =Altura del tanque sin calefacción.

$$h_E = h_c + h_T$$

$$h_E = 3 \text{ cm} + 58 \text{ cm}$$

$$h_E = 61 \text{ cm}$$

c. Cálculo del volumen del reactor con la cámara de calefacción

$$V_E = A * h$$

Donde:

V_E : Volumen del reactor m^3 .

h : Altura del reactor, m.

A : Área del reactor, m^2 .

$$V_E = A * h$$

$$V_E = 2\Pi * r_E^2 * h_E$$

$$V_E = 2\Pi * (34 \text{ cm})^2 * 61 \text{ cm}$$

$$V_E = 443066,13 \text{ cm}^3$$

$$V_E = 443066,13 \text{ cm}^3 * \frac{1 \text{ m}^3}{1000000 \text{ cm}^3}$$

$$V_E = 0,443 \text{ m}^3$$

d. Cálculo del volumen de la cámara de calefacción

$$V_E = V_t + V_c$$

Donde:

V_E : Volumen del reactor m^3 .

V_t : Volumen del tanque m^3 .

V_c : Volumen de calefacción m^3 .

$$V_c = V_E - V_t$$

$$V_c = 0,443 \text{ m}^3 - 0,393 \text{ m}^3$$

$$V_c = 0,05 \text{ m}^3$$

3. Cálculos para el sistema de agitación del reactor

a. Cálculo del diámetro del rodete

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

Donde:

D_a : Diámetro del rodete m.

D_t : Diámetro del tanque m.

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

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

$$D_a = \frac{60 \text{ cm}}{3}$$

$$D_a = 20 \text{ cm}$$

b. Cálculo del ancho de los deflectores

$$\frac{J}{D_t} = \frac{1}{10}$$

Donde:

J : Ancho de los reflectores m.

D_t : Diámetro del tanque m.

$$\frac{J}{D_t} = \frac{1}{10}$$

$$J = \frac{D_t}{10}$$

$$J = \frac{60 \text{ cm}}{10}$$

$$J = 6 \text{ cm}$$

4. Cálculo de las dimensiones de las paletas del reactor

a. Cálculo de la altura de la paleta

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

Donde:

W : Altura de la paleta m.

D_a : Diámetro del rodete m.

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

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

$$W = \frac{20 \text{ cm}}{5}$$

$$W = 4 \text{ cm}$$

b. Cálculo del ancho de la paleta

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

Donde:

L : Ancho de la paleta m.

D_a : Diámetro del rodete m.

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

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

$$L = \frac{20 \text{ cm}}{4}$$

$$L = 5 \text{ cm}$$

5. Cálculo de la potencia para accionar el rodete

a. Cálculo de número de Reynolds

$$N_{re} = \frac{D_t^2 * N * \rho}{\mu}$$

Donde:

D_t^2 = diámetro del reactor.

N = número de revoluciones por segundo.

μ = viscosidad de la mezcla fluido (Pa.s).

ρ = densidad de la mezcla (kg/m³).

Para lo cual:

$$N = 0,66 \text{ rps}$$

Densidad y viscosidad de la grasa a 20 °C

$$\rho = 901 \text{ kg/m}^3.$$

$$\mu = 0,06 \text{ Pa.s.}$$

$$N_{re} = \frac{D_t^2 * N * \rho}{\mu}$$

$$N_{re} = \frac{(0,6 \text{ cm})^2 * 0,66 \text{ rps} * 901 \text{ kg/m}^3}{0,06 \text{ Pa s}}$$

$$N_{re} = 3567,96$$

b. Cálculo de la potencia del agitador

Donde:

N_p = Número de potencia.

P = Potencia.

Por medio de la gráfica de correlaciones de potencia para rodetes específicos tomando en cuenta la curva C que corresponde a palas verticales con $S_4 = 0.25$, como indica el siguiente gráfico 1, Geankoplis C J. Procesos de Transporte y Operaciones Unitarias, se obtiene el número de potencia N_p con un valor de: 0.8

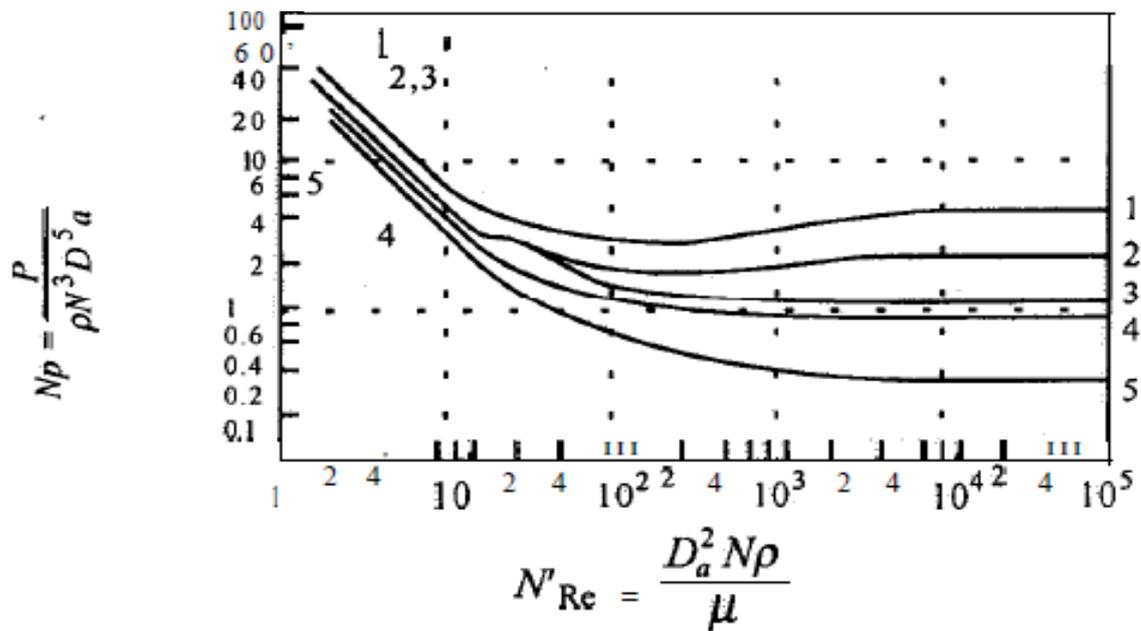


Gráfico 1. Gráfica de las correlaciones de potencia para diversos impulsores y deflectores.

Curva 4. Propulsor; inclinación 20, cuatro deflectores con $D_t/J = 10$; también es válida para el mismo propulsor en posición angular y desplazado del centro sin deflectores.

$$N_p = 0,8$$

$$N_p = \frac{P}{D_t^5 * N^3 * \rho}$$

$$P = N_p * D_t^5 * N^3 * \rho$$

$$P = 0,8 * (0,6 \text{ cm})^5 * (0,66)^3 * 901 \text{ kg/m}^3$$

$$P = 16,1 \text{ J/s}$$

$$16,1 \frac{\text{J}}{\text{s}} * \frac{1 \text{ HP}}{745,7 \frac{\text{J}}{\text{s}}}$$

$$P = 0,022 \text{ HP}$$

c. Cálculo del coeficiente de transferencia de calor

Las correlaciones de transferencia de calor para soluciones agitadas en el interior de un recipiente y las paredes de la chaqueta vienen dadas por:

$$\frac{U}{k} = 1,86(N_{RE} * N_p \frac{D_t}{L})^{\frac{1}{3}} * (\frac{\mu}{\mu_w})^{0,14}$$

Donde:

U= Coeficiente de transferencia de calor (J/ sm² K).

D_t = Diámetro interno del tanque (m).

k= Conductividad Térmica (J/ms K).

Nre = Número de Reynolds.

μ = viscosidad del fluido (Pa.s).

N_p = Número de Prandtl.

μ_w = Viscosidad del fluido a temperatura de la pared.

d. Cálculo del número de Prandtl:

$$N_p = \frac{C_p * \mu}{k}$$

La Capacidad Calorífica por utilizar es de:

C_p grasa= 2210 J/kg K

La conductividad térmica del acero inoxidable es:

k = 50.2 J/ms K

$$N_p = \frac{2210 \text{ J/kg K} * 0,06 \text{ Pa s}}{50,2 \text{ J/m s K}}$$

$$N_p = 2,64$$

$$\frac{U}{k} = 1,86(N_{RE} * N_p \frac{D_t}{L})^{\frac{1}{3}} * (\frac{\mu}{\mu_w})^{0,14}$$

$$\frac{U}{k} = 50,2 \text{ J/m s K} * 1,86(3567,96 * 2,64 \frac{0,6 \text{ m}}{8})^{\frac{1}{3}} * (\frac{0,06 \text{ Pa s}}{0,022 \text{ Pa s}})^{0,14}$$

$$U = 0,96 \text{ KJ/m}^2 \text{ K}$$

e. Cálculo de la masa de grasa en el tanque del reactor

$$C = V_{gr} * \rho_{gr}$$

Donde:

C: Masa de la grasa en el tanque kg.

V_{gr} : Volumen de grasa en el tanque m^3 .

ρ_{gr} : Densidad de la grasa kg/m^3 .

$$C = V_{gr} * \rho_{gr}$$

$$C = 0,3277 m^3 * 901 \frac{kg}{m^3}$$

$$C = 295,26 kg$$

f. Cálculo del flujo de calor en la grasa al salir del reactor

$$Q = mCp\Delta T$$

Donde:

Q: Flujo de calor kJ.

m: masa de grasa en el tanque kg.

Cp: capacidad calorífica kJ/kg K.

ΔT : Variación de temperatura K.

$$Q = mCp\Delta T$$

$$Q = 295,26 kg * 2,21 \frac{kJ}{KgK} (333 - 293)K$$

$$Q = 26101 KJ$$

6. Cálculo de la cantidad de agua necesaria para que se dé el cambio de fase de la grasa

$$Q_{cedido} = Q_{absorbido}$$

$$Q_e = Q_{gr} + Q_s$$

Donde:

Q_e : Calor latente cedido a 85 °C.

Q_{gr} : Calor absorbido por la grasa.

Q_s : Calor latente del vapor a la temperatura de salida.

$$Q_e = Q_{gr} + Q_s$$

$$V\lambda_{CFe} = CH_{gr} + V\lambda_{CFs}$$

$$V(\lambda_{CFe} - \lambda_{CFs}) = C \int_{T_1}^{T_2} C_p dT$$

Donde:

V = Flujo másico de agua.

λ_{CFe} = Calor latente de vapor a una temperatura de 85 °C.

C = Masa de grasa en el tanque del reactor kg.

H_{gr} = Entalpia de la grasa.

λ_{CFs} = Calor latente de vapor a una temperatura de 39 °C.

Cp: Capacidad calorífica de la grasa kJ/kg K.

a. Cálculo de la energía latente de la entrada y salida del reactor

El calor latente de agua que se va a su ministran al reactor es: Para una Temperatura de 85 °C tenemos:

$$\lambda_{CFe} = H_{fg} = 2296 \text{ kJ/kg}$$

Teóricamente tenemos una temperatura de salida de vapor a 60 °C en las tablas de vapor saturado de:

$$\lambda_{CFs} = H_{fg} = 2358,5 \text{ kJ/kg}$$

Cp grasa = 2210 J/kg K

$$V(2296 \text{ kJ/kg} - 2358,5 \text{ kJ/kg}) = C \int_{T_1}^{T_2} C_p dT$$

$$V(-25,4 \text{ kJ/kg}) = 295,26 \text{ kg} \int_{298}^{333} 2,21 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}} dT$$

$$V \left(-62,5 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right) = 22838,36 \text{ kg}$$

$$V = \left| \frac{22838,36 \text{ kg}}{-62,5 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}} \right|$$

$$V = 365,42 \text{ kg}$$

7. Dimensionamiento sistema de bombeo

Datos:

$$Q = 0,22 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}.$$

$$T = 25 \text{ }^\circ\text{C}.$$

$$\rho = 998,2 \text{ kg/m}^3.$$

$$\mu = 1,102 \cdot 10^{-3} \text{ kg/ms}.$$

$$\theta = 1 \text{ pulg} = 25,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}.$$

$$\Delta Z = 8 \text{ m}.$$

a. Cálculo de la velocidad de descarga

$$v = \frac{4Q}{\pi * \theta^2}$$

Donde:

v: velocidad de descarga m/s.

Q: Caudal de descarga m³/s.

θ = Diámetro de la tubería m.

$$v = \frac{4Q}{\pi * \theta^2}$$

$$v = \frac{4 * (0,00022)}{\pi * (0,0254)^2}$$

$$v = 0,434 \text{ m/s}$$

b. Cálculo del número de Reynolds

$$N_{re} = \frac{\rho * v * \theta}{\mu}$$

Donde:

N_{re} : Número de Reynolds.

v : velocidad de descarga m/s.

ρ : Densidad del agua kg/m³.

μ : Viscosidad dinámica del agua Pa s.

θ = Diámetro de la tubería m.

$$N_{re} = \frac{\rho * v * \theta}{\mu}$$

$$N_{re} = \frac{998,2 \text{ kg/m}^3 * 0,434 \frac{\text{m}}{\text{s}} * 0,0254 \text{ m}}{0,001102 \text{ Pa s}}$$

$$N_{re} = 9994,33$$

c. Cálculo de factor de fricción fanning

$$f = \frac{0,316}{(N_{re})^{0,25}}$$

Donde:

N_{re} : Número de Reynolds.

f : Factor de fricción fanning.

$$f = \frac{0,316}{(N_{re})^{0,25}}$$

$$f = \frac{0,316}{(9994,33)^{0,25}}$$

$$f = 0,03$$

d. Cálculo de las pérdidas por fricción

$$h_{fl} = f * \frac{L * v^2}{\theta * 2 * g}$$

Donde:

h_{fl} : Pérdidas por fricción m.

f: Factor de fricción fanning.

v: velocidad de descarga m/s.

g: Gravedad m/s².

L: Longitud de la tubería m.

θ = Diámetro de la tubería m.

$$h_{fl} = f * \frac{L * v^2}{\theta * 2 * g}$$

$$h_{fl} = 0,03 * \frac{12 \text{ m} * (0,434 \text{ m/s})^2}{0,0254 \text{ m} * 2 * 9,8 \text{ m/s}^2}$$

$$h_{fl} = 4,54 \text{ m}$$

e. Cálculo de las pérdidas por accesorios

$$hm = \sum k \frac{v^2}{2 * g}$$

Donde:

hm: Pérdidas por accesorios m.

k: Constante de pérdida de los accesorios.

v: velocidad de descarga m/s.

g: Gravedad m/s².

Cantidad	K	Valor
3	Codo de 90°	0,9
1	Neplo	0,4
1	Unió	0,08
1	Válvula de globo	10
	total	13,18

$$hm = \sum k \frac{v^2}{2 * g}$$

$$hm = 13,18 * \frac{(0,434 \text{ m/s})^2}{2 * 9,8 \text{ m/s}^2}$$

$$hm = 0,126 \text{ m}$$

f. Cálculo de las pérdidas de energía

$$\sum hf = hm + hfl$$

Donde:

$\sum hf$: Pérdidas de energía m.

hm: Pérdidas por accesorios m.

h_{fl} : Pérdidas por fricción m.

$$\sum hf = hm + hfl$$

$$\sum hf = 4,54 \text{ m} + 0,126 \text{ m}$$

$$\sum hf = 4,66 \text{ m}$$

g. Cálculo de la altura de descarga

$$\frac{(v_2)^2 - (v_1)^2}{2 * g} + \frac{P_2 - P_1}{\gamma} + \sum hf + (h_2 - h_1) = H$$

Donde:

$\sum hf$: Pérdidas de energía m.

H: Altura de descarga m.

h_1 = Altura inicial del sistema, m.

P_1 = Presión en el punto inicial, Pa.

γ : Densidad específica m^3/kg .

v_1 = Velocidad inicial del fluido, m/s.

g= Gravedad, m/s^2 .

h_2 = Altura final del sistema, m.

P_2 = Presión en el punto final, Pa.

v_2 = Velocidad final del fluido, m/s.

$$\frac{(v_2)^2 - (v_1)^2}{2 * g} + \frac{P_2 - P_1}{\gamma} + \sum hf + (h_2 - h_1) = H$$

Sabiendo que:

$$P_2 = P_1$$

$$(v_1)^2 = 0$$

$$h_1 = 0(\text{Coincide con el nivel de referencia})$$

$$\frac{(v_2)^2}{2 * g} + \sum hf + (h_2) = H$$

$$H = \frac{(0,434 \text{ m/s})^2}{2 * 9,8 \text{ m/s}^2} + 4,66 \text{ m} + 8 \text{ m}$$

$$H = 12,66 \text{ m.}$$

h. Cálculo del flujo másico

$$W = Q * \rho$$

Donde:

W: Flujo másico kg/s.

Q: Caudal de descarga m³/s.

ρ : Densidad del agua kg/m³.

$$W = Q * \rho$$

$$W = 0,00022 \text{ m}^3/\text{s} * 998,2 \text{ kg}/\text{m}^3$$

$$W = 0,22 \text{ kg}/\text{s}$$

i. Cálculo de la potencia

$$P = \frac{W * H}{75 * \varepsilon}$$

Donde:

W: Flujo másico kg/s.

ε : Eficiencia de la bomba.

H: Altura de descarga m.

$$P = \frac{W * H}{75 * \varepsilon}$$

$$P = \frac{0,22 \text{ kg/s} * 12,66 \text{ m}}{75 * 0.7}$$

$$P = 0,054 \text{ HP}$$

8. Eficiencia del reactor

a. Cálculo del calor que entra al reactor

$$Q_{\text{Entra}} = mCp\Delta T$$

Donde:

Q_{Entra} : Calor que entra al reactor kJ.

ΔT : Variación de temperatura que entra al reactor K.

Cp: Capacidad calorífica del agua que entra al reactor kJ/kg K.

m: masa de agua que ingresa al reactor kg.

Siendo el Cp del agua a 85 °C.

Cp: 4,22 kJ/kg.

$$Q_{\text{Entra}} = mCp\Delta T$$

$$Q_{\text{Entra}} = 365,42 \text{ kg} * 4,22 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}} (358 \text{ K})$$

$$Q_{\text{Entra}} = 552062 \text{ kJ}$$

b. Cálculo del calor que sale del reactor

$$Q_{\text{Sale}} = mCp\Delta T$$

Donde:

Q_{Sale} : Calor que sale del reactor kJ.

ΔT : Variación de temperatura que sale del reactor K.

Cp: Capacidad calorífica del agua que sale del reactor kJ/kg K.

m: masa de agua que sale del reactor kg.

Siendo el Cp del agua a 85 °C.

Cp: 4,22 kJ/kg K.

$$Q_{Sale} = mCp\Delta T$$

$$Q_{Sale} = 365,42 \text{ k} * 4,21 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}} (333 \text{ K})$$

$$Q_{Sale} = 512293 \text{ kJ}$$

c. Cálculo del aprovechamiento de calor

$$\epsilon = \frac{Q_{Entra} - Q_{Sale}}{Q_{Entra}} * 100\%$$

Donde:

ϵ : Eficiencia del reactor.

Q_{Entra} : Calor que entra al reactor kJ.

Q_{Sale} : Calor que sale del reactor kJ.

$$\epsilon = \frac{Q_{Entra} - Q_{Sale}}{Q_{Entra}} * 100\% \quad \epsilon = \frac{Q_{Entra} - Q_{Sale}}{Q_{Entra}} * 100\%$$

$$\epsilon = \frac{552062 \text{ kJ} - 512293 \text{ kJ}}{552062 \text{ kJ}} * 100\%$$

$$\epsilon = 7,2\%$$

Temp. °C	Presión bar	Volumen específico m ³ /kg		Energía interna kJ/kg		Entalpía kJ/kg			Entropía kJ/kg·K	
		Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	Vapor	Líquido	Vapor
		sat. v _f × 10 ³	sat. v _g	sat. u _f	sat. u _g	sat. h _f	vaporiz. h _{fg}	sat. h _g	sat. s _f	sat. s _g
.01	0,00611	1,0002	206,136	0,00	2375,3	0,01	2501,3	2501,4	0,0000	9,1562
4	0,00813	1,0001	157,232	16,77	2380,9	16,78	2491,9	2508,7	0,0610	9,0514
5	0,00872	1,0001	147,120	20,97	2382,3	20,98	2489,6	2510,6	0,0761	9,0257
6	0,00935	1,0001	137,734	25,19	2383,6	25,20	2487,2	2512,4	0,0912	9,0003
8	0,01072	1,0002	120,917	33,59	2386,4	33,60	2482,5	2516,1	0,1212	8,9501
10	0,01228	1,0004	106,379	42,00	2389,2	42,01	2477,7	2519,8	0,1510	8,9008
11	0,01312	1,0004	99,857	46,20	2390,5	46,20	2475,4	2521,6	0,1658	8,8765
12	0,01402	1,0005	93,784	50,41	2391,9	50,41	2473,0	2523,4	0,1806	8,8524
13	0,01497	1,0007	88,124	54,60	2393,3	54,60	2470,7	2525,3	0,1953	8,8285
14	0,01598	1,0008	82,848	58,79	2394,7	58,80	2468,3	2527,1	0,2099	8,8048
15	0,01705	1,0009	77,926	62,99	2396,1	62,99	2465,9	2528,9	0,2245	8,7814
16	0,01818	1,0011	73,333	67,18	2397,4	67,19	2463,6	2530,8	0,2390	8,7582
17	0,01938	1,0012	69,044	71,38	2398,8	71,38	2461,2	2532,6	0,2535	8,7351
18	0,02064	1,0014	65,038	75,57	2400,2	75,58	2458,8	2534,4	0,2679	8,7123
19	0,02198	1,0016	61,293	79,76	2401,6	79,77	2456,5	2536,2	0,2823	8,6897
20	0,02339	1,0018	57,791	83,95	2402,9	83,96	2454,1	2538,1	0,2966	8,6672
21	0,02487	1,0020	54,514	88,14	2404,3	88,14	2451,8	2539,9	0,3109	8,6450
22	0,02645	1,0022	51,447	92,32	2405,7	92,33	2449,4	2541,7	0,3251	8,6229
23	0,02810	1,0024	48,574	96,51	2407,0	96,52	2447,0	2543,5	0,3393	8,6011
24	0,02985	1,0027	45,883	100,70	2408,4	100,70	2444,7	2545,4	0,3534	8,5794
25	0,03169	1,0029	43,360	104,88	2409,8	104,89	2442,3	2547,2	0,3674	8,5580
26	0,03363	1,0032	40,994	109,06	2411,1	109,07	2439,9	2549,0	0,3814	8,5367
27	0,03567	1,0035	38,774	113,25	2412,5	113,25	2437,6	2550,8	0,3954	8,5156
28	0,03782	1,0037	36,690	117,42	2413,9	117,43	2435,2	2552,6	0,4093	8,4946
29	0,04008	1,0040	34,733	121,60	2415,2	121,61	2432,8	2554,5	0,4231	8,4739
30	0,04246	1,0043	32,894	125,78	2416,6	125,79	2430,5	2556,3	0,4369	8,4533
31	0,04496	1,0046	31,165	129,96	2418,0	129,97	2428,1	2558,1	0,4507	8,4329
32	0,04759	1,0050	29,540	134,14	2419,3	134,15	2425,7	2559,9	0,4644	8,4127
33	0,05034	1,0053	28,011	138,32	2420,7	138,33	2423,4	2561,7	0,4781	8,3927
34	0,05324	1,0056	26,571	142,50	2422,0	142,50	2421,0	2563,5	0,4917	8,3728
35	0,05628	1,0060	25,216	146,67	2423,4	146,68	2418,6	2565,3	0,5053	8,3531
36	0,05947	1,0063	23,940	150,85	2424,7	150,86	2416,2	2567,1	0,5188	8,3336
38	0,06632	1,0071	21,602	159,20	2427,4	159,21	2411,5	2570,7	0,5458	8,2950
40	0,07384	1,0078	19,523	167,56	2430,1	167,57	2406,7	2574,3	0,5725	8,2570
45	0,09593	1,0099	15,258	188,44	2436,8	188,45	2394,8	2583,2	0,6387	8,1648
50	0,1235	1,0121	12,032	209,32	2443,5	209,33	2382,7	2592,1	0,7038	8,0763
55	0,1576	1,0146	9,568	230,21	2450,1	230,23	2370,7	2600,9	0,7679	7,9913
60	0,1994	1,0172	7,671	251,11	2456,6	251,13	2358,5	2609,6	0,8312	7,9096
65	0,2503	1,0199	6,197	272,02	2463,1	272,06	2346,2	2618,3	0,8935	7,8310
70	0,3119	1,0228	5,042	292,95	2469,6	292,98	2333,8	2626,8	0,9549	7,7553
75	0,3858	1,0259	4,131	313,90	2475,9	313,93	2321,4	2635,3	1,0155	7,6824
80	0,4739	1,0291	3,407	334,86	2482,2	334,91	2308,8	2643,7	1,0753	7,6122
85	0,5783	1,0325	2,828	355,84	2488,4	355,90	2296,0	2651,9	1,1343	7,5445

Gráfico 2. Tabla de propiedades del agua saturada.

d. Cálculo de la eficiencia del reactor

$$\varepsilon = \frac{Q_{\text{Recibido}} - Q_{\text{Aprovechado}}}{Q_{\text{Aprovechado}}} * 100\%$$

Donde:

ε : Eficiencia del reactor.

Q_{Recibido} : Calor que recibe el reactor kJ.

$Q_{\text{Aprovechado}}$: Calor que aprovecha el reactor kJ.

$$\varepsilon = \frac{Q_{\text{Recibido}} - Q_{\text{Aprovechado}}}{Q_{\text{Aprovechado}}} * 100\%$$

$$\varepsilon = \frac{552062 \text{ kJ} - 22838,36 \text{ kJ}}{552062 \text{ kJ}} * 100\%$$

$$\varepsilon = 95,86 \%$$

B. EVALUACIÓN DE LAS RESISTENCIAS FÍSICAS DE LOS CUEROS CAPRINOS UTILIZANDO EL PROTOTIPO MECÁNICO CON ENERGÍA SOLAR PARA LA EMULSIFICACIÓN DE GRASAS.

1. Resistencia a la tensión

La evaluación de la resistencia a la tensión reportó diferencias estadísticas al comparar la curtición al cromo con la vegetal, utilizando el prototipo mecánico con energía solar para la emulsificación de grasas, estableciéndose los valores medios más altos en la curtición vegetal con 1422,80 N/cm²; un error típico de 107,34 y una mediana de 1396,57 cm²; mientras tanto que al cutir pieles al cromo se consigue una menor tensión con valores de 978,48 N/cm², error típico de 67,83 y una mediana de 982,14 cm²; es decir que al realizar la curtición al vegetal existe una mejor homogenización de las grasas, como se reporta en el cuadro 5 y gráfico 3.

Burgos, A. (2012), menciona que la finalidad de la maquinaria para emulsificación, ya sea sencilla o compleja, es dividir y dispersar la fase interna en la externa, de suerte que el tamaño de partícula de la emulsión que resulte sea suficientemente pequeño para evitar la unión y la consiguiente desintegración de la emulsión en el tiempo requerido de la estabilidad. La rotación mecánica de las paletas suele ser lenta, y si la emulsión no es muy viscosa, es reducida la eficiencia de agitación, por lo que se diseñó un equipo en el cual se consigue que las grasas que integraban la formulación del curtido de las pieles utilizando agua caliente ingresen en el entretenido fibrilar más profundo para permitir que la transformación de piel en cuero sea total y que los efectos posteriores sean los adecuados ya que muchas veces las grasas se quedan superficiales con sus consecuentes efectos negativos. En las operaciones previas al proceso de curtido del cuero como el depilado y purga se eliminan la mayor parte de los aceites naturales de la piel y cualquiera sea el tratamiento previo que se le da a la piel como el proceso de curtido, al completarse el mismo, el cuero no tiene suficientes lubricantes como para impedir que se seque, el cuero curtido es entonces duro, poco flexible y poco agradable al tacto.

Cuadro 5. EVALUACIÓN DE LAS RESISTENCIAS FÍSICAS DEL CUERO CURTIDO A CROMO Y VEGETAL UTILIZANDO EL PROTOTIPO MECÁNICO CON ENERGÍA SOLAR PARA LA EMULSIFICACIÓN DE GRASAS.

Estadísticas Descriptivas	Resistencia a la Tensión		Porcentaje de Elongación		Lastometría	
	Cromo	Vegetal	Cromo	Vegetal	Cromo	Vegetal
Media	978,48	1422,80	51,25	48,13	10,33	9,64
Error típico	67,83	107,34	1,95	1,40	0,40	0,56
Mediana	982,14	1396,57	51,25	48,75	9,85	9,60
Moda	750,00	#N/A	57,50	50,00	12,00	#N/A
Desviación estándar	191,86	303,61	5,51	3,95	1,14	1,59
Varianza de la muestra	36812,13	92180,36	30,36	15,63	1,31	2,53
Curtosis	-1,67	1,65	-0,94	-0,04	-0,99	-0,84
Coefficiente de asimetría	0,08	1,15	-0,43	0,33	0,75	-0,07
Rango	500,00	930,45	15,00	12,50	3,00	4,75
Mínimo	750,00	1105,26	42,50	42,50	9,00	7,25
Máximo	1250,00	2035,71	57,50	55,00	12,00	12,00
Suma	7827,84	11382,38	410,00	385,00	82,65	77,09
Cuenta	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Prueba de t student	0,00	**	0,11	ns	0,17	ns

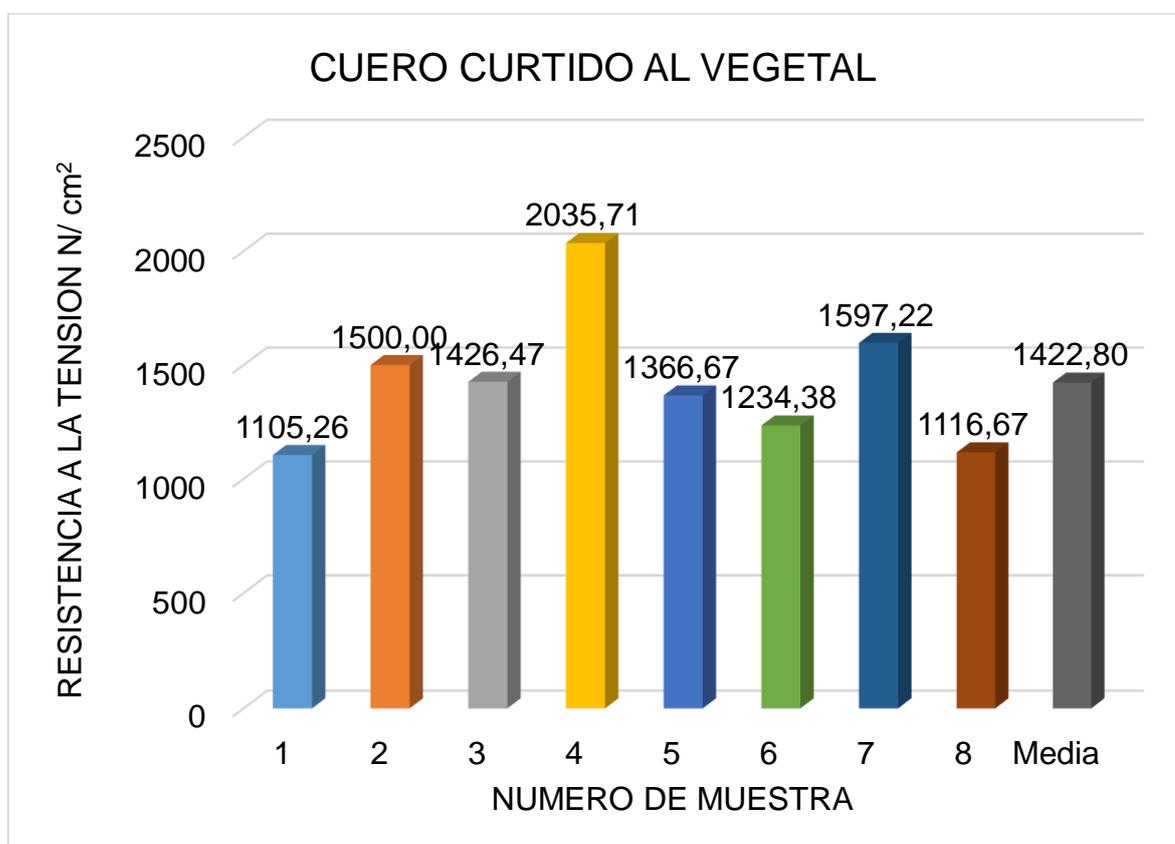
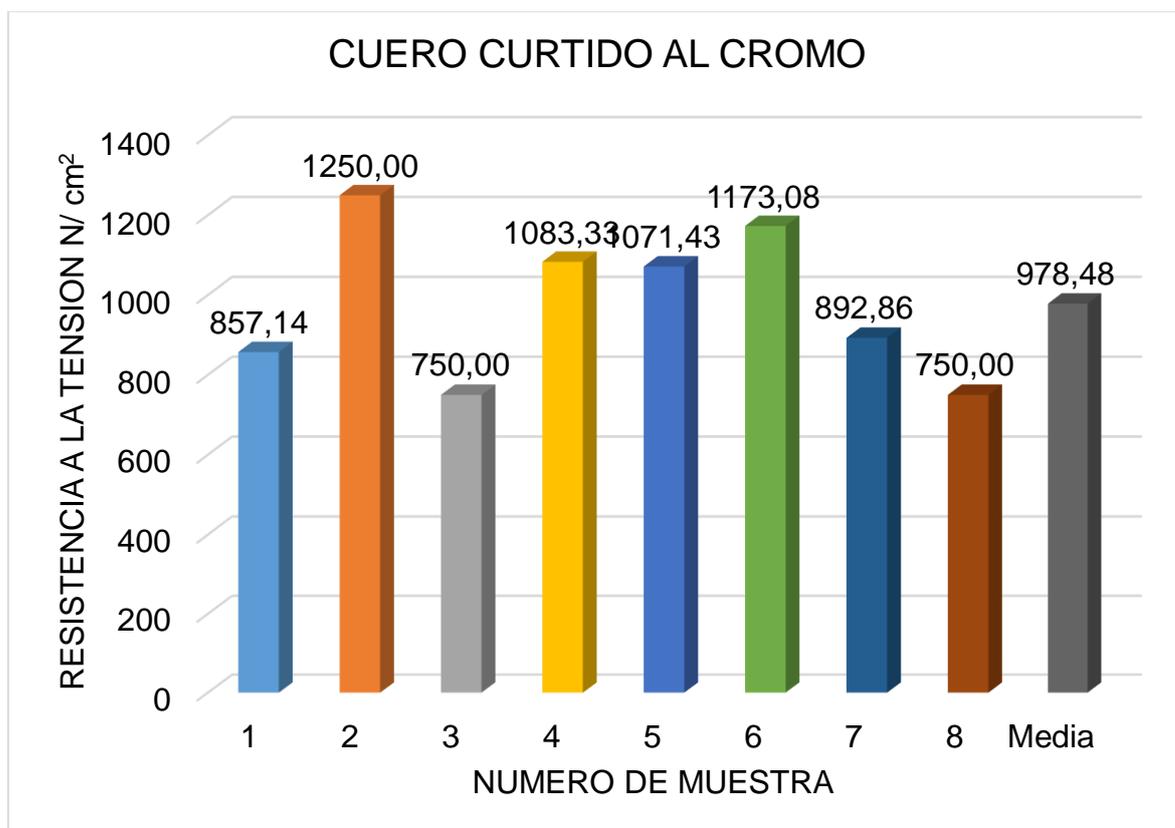


Gráfico 3. Resistencia a la tensión del cuero curtido a cromo y vegetal utilizando el prototipo mecánico con energía solar para la emulsificación de grasas.

Las pieles sin embargo, en su estado natural tienen una turgencia y flexibilidad agradable a los sentidos debido al gran contenido de agua que es alrededor del 70-80% de su peso total. Antiguamente en los cueros curtidos con sustancias vegetales se empleaban para el engrase tan solo aceites y grasas naturales del mundo animal y vegetal. Se incorporaban al cuero batanando en bombo o aplicando la grasa sobre la superficie del mismo. Esta operación se conocía como adobado. Estos aceites y grasas naturales recubrían las fibras y también le otorgaban al cuero cierto grado de impermeabilidad, pero su utilización en cantidades importantes confería colores oscuros; los cueros de colores claros sólo se lograban con pieles livianas, pero en la actualidad se utilizan equipos para emulsionar las grasas.

La resistencia a la tensión de la presente investigación cumple con las exigencias de calidad de la Asociación Española del Cuero que su norma técnica IUP 8 (2002); infiere límites de 800 a 1500 N/cm² antes de producirse el primer daño en la estructura fibrilar, sobre todo mide la eficiencia del engrase que es el último proceso en fase acuosa en la fabricación del cuero y precede al secado. Junto a los trabajos de ribera y de curtición es el proceso que sigue en importancia, influenciando las propiedades mecánicas y físicas del cuero.

2. Porcentaje de la elongación

Al realizar la comparación de una curtición con tanino vegetal versus una curtición tradicional (cromo); utilizando el prototipo mecánico con energía solar para la emulsificación de grasas. no se reportaron diferencias estadísticas de acuerdo a la prueba de t student, estableciéndose los resultados más altos en el tratamiento T1 (cromo), con medias de 51,25 % error típico de 1,95, una mediana de 51,25 y una moda de 57,50, en comparación de la curtición al vegetal que registró una media de 48,13% un error típico de 1,40 mediana de 48,75 y una moda de 50,00 % es decir el valor que más se repite por lo tanto se aprecia que los resultados en los dos tipos de curtición son aceptables, pero los mejores resultados se consiguen al utilizar una curtición con cromo como se ilustra en el (gráfico 4).

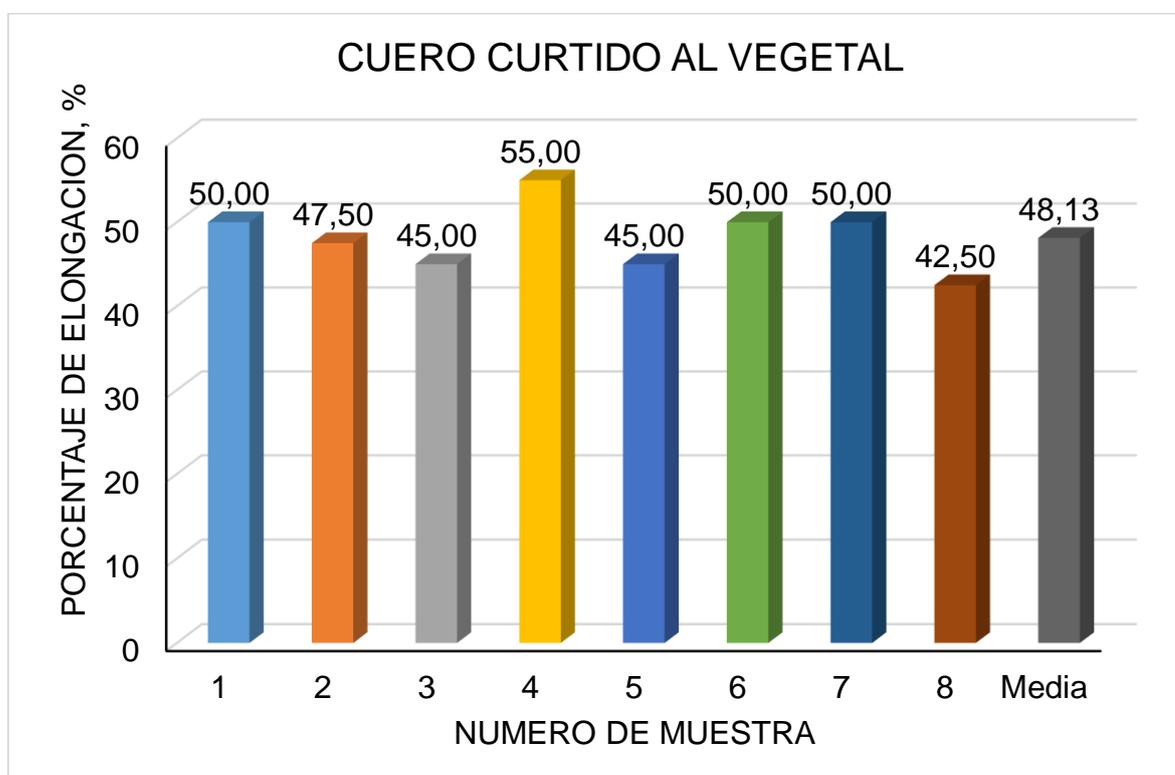
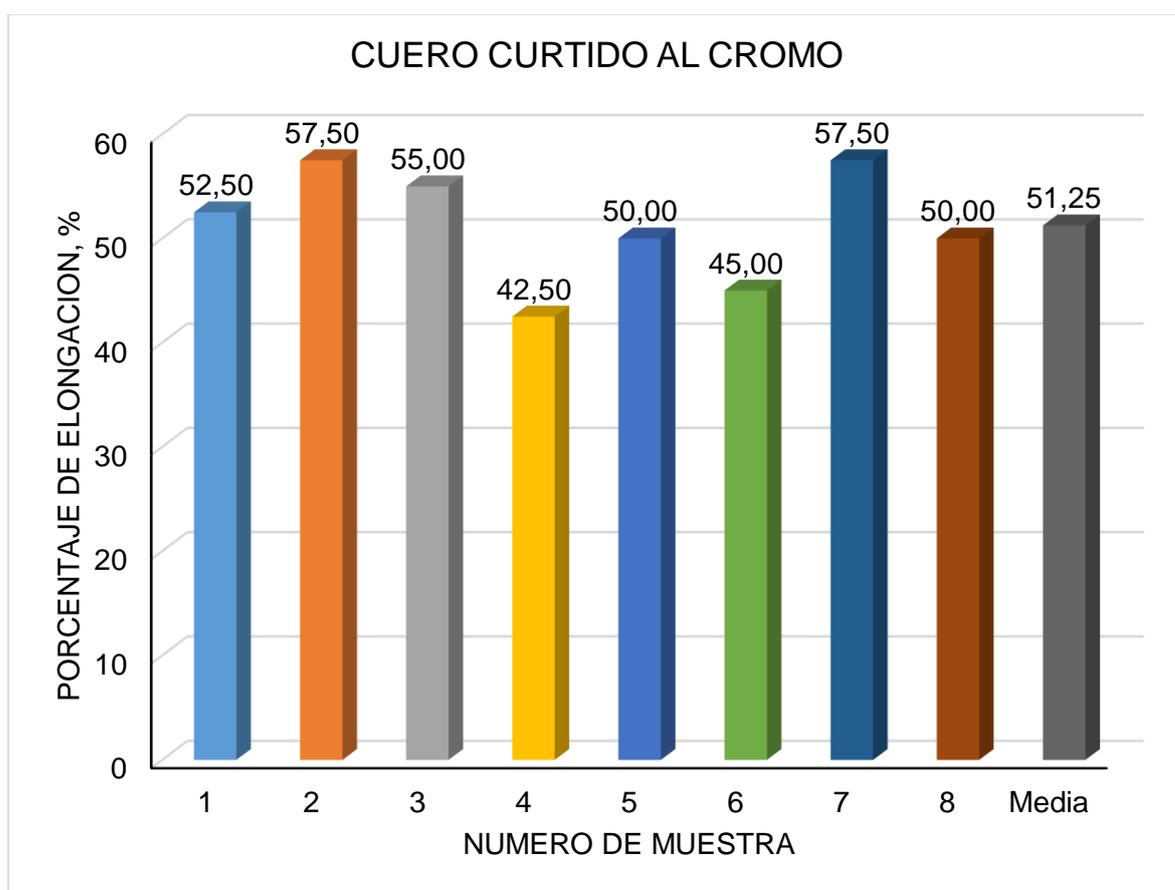


Gráfico 4. Porcentaje de elongación del cuero curtido a cromo y vegetal utilizando el prototipo mecánico con energía solar para la emulsificación de grasas.

Al respecto Soler, J. (2005), manifiesta que si el cuero se seca después del curtido se hace duro porque las fibras se han deshidratado y se han unido entre sí, formando una sustancia compacta. A través del engrase se incorporan sustancias grasas en los espacios entre las fibras, donde son fijadas, para obtener entonces un cuero más suave y flexible, es decir se proporciona un alargamiento adecuado muy ideal para la fabricación de artículos de mucha exigencia en su confección, las grasas juegan un papel muy importante en el procesamiento del cuero por lo que es aconsejable que su deposición en las formulaciones sea homogeneizada debido a que pueden separarse en contacto con el resto de productos químicos o el agua siendo aconsejable realizarla con agua caliente a una temperatura adecuada para que no se precipiten y queden superficiales sin otórgales la flexibilidad requerida porque la lubricación externa permite un menor rozamiento de las células entre sí. En el engrase son muy claros dos fenómenos distintos: la penetración que se podría considerar como un fenómeno físico y la fijación en el que participan reacciones químicas. La emulsión de los productos engrasantes penetra a través de los espacios interfibrilares hacia el interior del cuero y allí se rompe y se deposita sobre las fibras. Esta penetración se logra por la acción mecánica del fulón, junto con los fenómenos de tensión superficial, capilaridad y absorción, tradicionalmente las grasas son colocadas directamente, pero se ha investigado y diseñado un prototipo mecánico en el cual se colocan estos productos diluidos y homogenizados por la agitación por medio de hélice que es uno de los tipos más usuales de maquinaria para emulsificación es el de una o más hélices montadas sobre un eje en un tanque mezclador. Esta clase de agitación es muy eficiente para agitar emulsiones de viscosidad reducida o mediana.

Los resultados expuestos del porcentaje de elongación de los cueros de la presente investigación cumplen con las exigencias de calidad de la Asociación Española de la Industria del Cuero que en su norma técnica IUP 6 (2002); manifiesta como límites permisibles valores que van de 40 a 80 %: y que resultados por debajo de los indicados son indicios de cuero con muy poca grasa tornándose duros y quebradizos muy molestos el momento de la confección.

3. Lastometría

La estadística descriptiva es la técnica matemática que obtiene, organiza, presenta y describe un conjunto de datos con el propósito de facilitar su uso, por lo tanto al evaluar los resultados del engrase de los cueros curtidos al vegetal y al cromo no se aprecian diferencias estadísticas sin embargo existe los resultados más altos en las pieles curtidas al cromo con medias de 10,33 mm, error típico de 0,40 y una mediana de 9,85 mm, mientras que para la curtición al vegetal las respuestas medias fueron de 9,64 mm, un error típico de 0,56 una mediana de 9,60; sin existir un valor que se repita es decir moda. Por lo tanto, se afirma que la mejor lastometría o resistencia a la fricción se consigue en el engrase de cueros al cromo, como se reporta en el (gráfico 5).

Lo que es corroborado según Bacardit, A (2004), quien manifiesta que el punto isoeléctrico del cuero dependerá del tipo de curtido, si el pH es menor que el punto isoeléctrico se comportará como catiónico fijando los productos aniónicos y si el pH es superior lo contrario. La grasa tendrá naturaleza catiónica, aniónica o no iónica según el tratamiento que haya tenido o el tipo de emulsionante que tenga incorporado, por lo tanto, es necesario que la grasa que se elija sea emulsionada en forma profunda para que penetre en el interior del tejido interfibrilar y proteja al cuero para que al ser sometido a fricciones sea entre sí o con objetos extraños no se desprenda fácilmente las capas del acabado. La obtención de pieles blandas y ligeras es una exigencia generalizada, no sólo en aquellas destinadas a la confección y tapicería, sino también en artículos para calzado.

Además, Hidalgo, L. (2004), manifiesta que es un hecho conocido que el proceso de engrase, lubrica las fibras de la piel recubriéndolas de una sustancia que reduce el frotamiento interno, para evitar la rotura. El equipo que se diseñó para el laboratorio de curtiembre funciona con energía solar para calentar el agua que se encargará de emulsionar a las grasas y está conectada a una marmita que contiene unas aspas que con movimientos oscilantes rompen las células grasas para que se diluya completamente y penetren fácilmente al cuero.

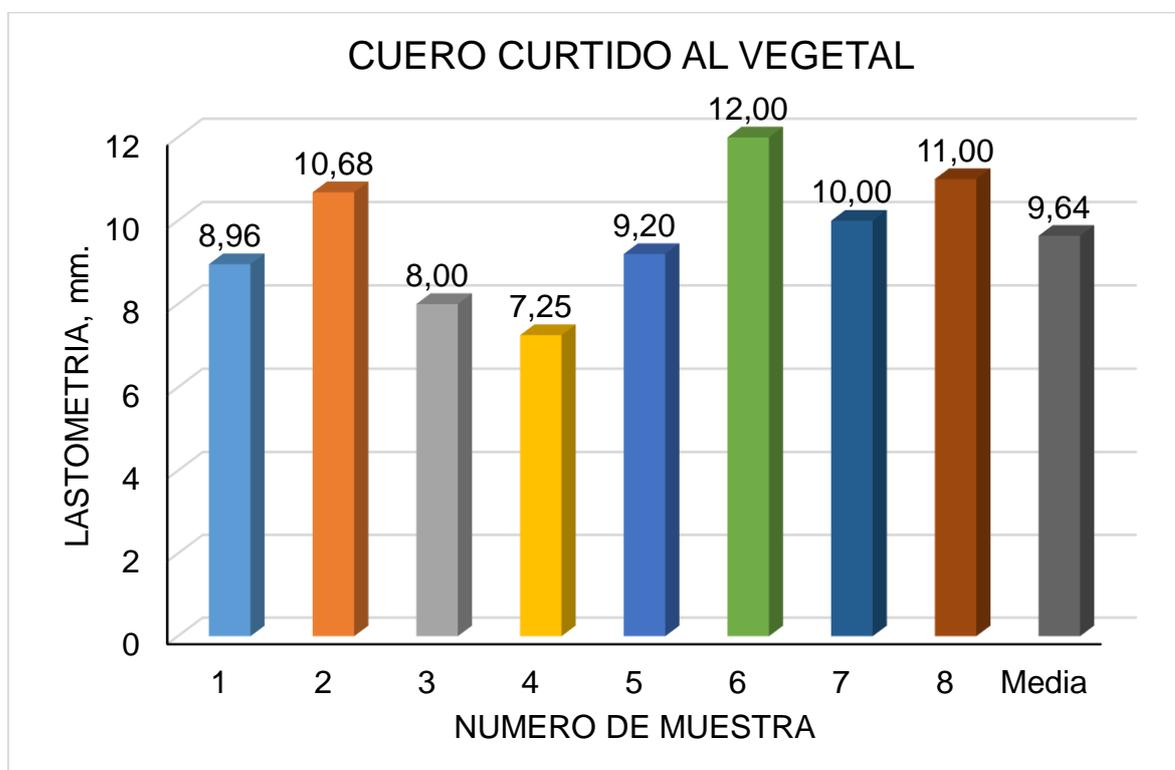
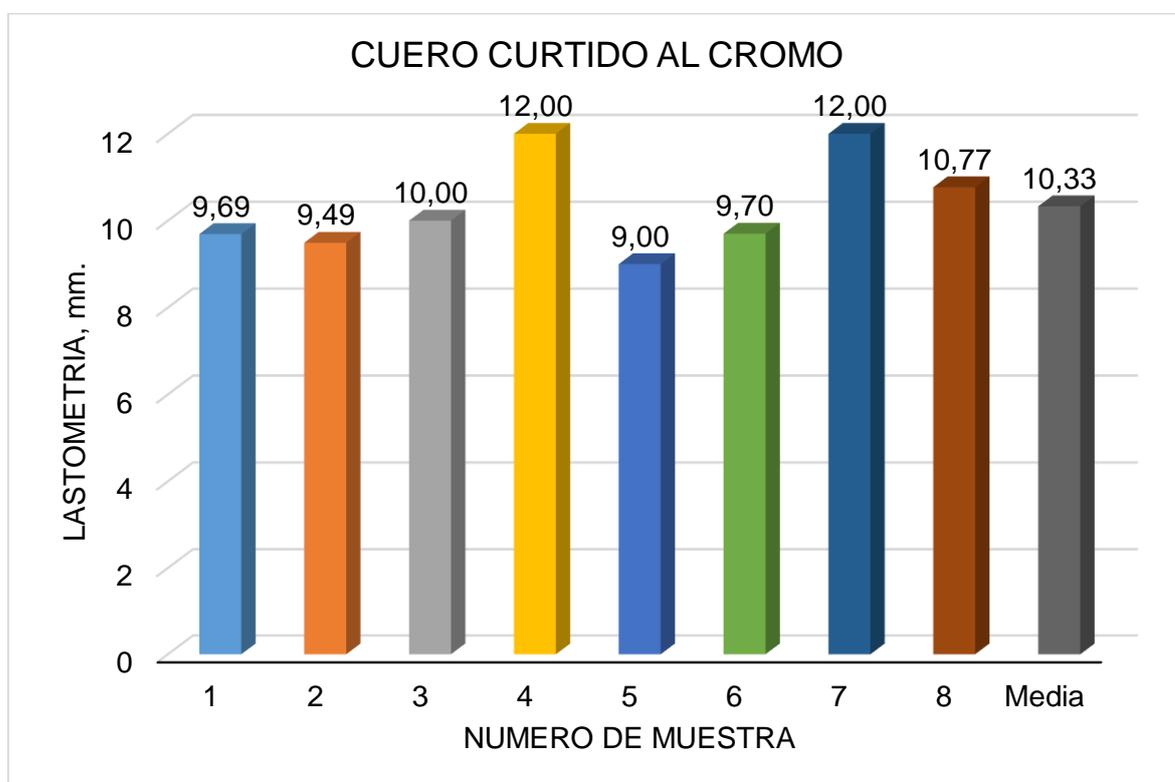


Gráfico 5. Lastometría del cuero curtido a cromo y vegetal utilizando el prototipo mecánico con energía solar para la emulsificación de grasas.

Los valores reportados de lastometría del cuero en los dos tratamientos cumplen con las exigencias de calidad de la Asociación Española en la industria del Cuero que en su norma técnica IUP 8 (2002) infiere como mínimo permisible 7.5 mm, de resistencia a la fricción, distensión o lastometría. Además, son similares a los expresados por Buñay, V. (2012), quien reportó que los valores más altos obtenidos de la lastometría de los cueros caprinos engrasados con tres diferentes niveles de parafina sulfoclorada, se consiguieron al utilizar 6% de parafina sulfoclorada, con medias de 8.37 mm.

C. EVALUACIÓN DE LAS CALIFICACIONES SENSORIALES DE LOS CUEROS CAPRINOS UTILIZANDO EL PROTOTIPO MECÁNICO CON ENERGÍA SOLAR PARA LA EMULSIFICACIÓN DE GRASAS.

1. Tacto

La evaluación de la calificación sensorial de tacto de los cueros caprinos registró diferencias altamente significativas según t -student, al realizar en engrase utilizando el prototipo mecánico con energía solar para la emulsificación de grasas, reportándose las calificaciones más altas en los cueros curtidos al vegetal ya que las medias fueron de 4,63 puntos y condición excelente de acuerdo a la escala propuesta por Hidalgo, L (2017), y que desciende a 3,50 puntos en el lote de cueros curtidos al cromo con ponderaciones de 3,50 puntos y calificación buena según la mencionada escala, el valor de la mediana que posee propiedades que ponen en evidencia ciertas cualidades de un conjunto de datos, lo cual no ocurre con la media aritmética que promedia todos los valores y suprime sus individualidades. Por el contrario, la mediana destaca los valores individuales, alcanzándose al curtir al vegetal la calificación más alta y que corresponde a 5 puntos y ponderación excelente. Por lo expuesto anteriormente es aconsejable utilizar en el engrase el prototipo mecánico de emulsión de grasas con energía solar ya que las pieles se presentan muy suaves al tacto porque las grasas al estar bien homogenizadas y a una temperatura adecuada fácilmente ingresan y lubrican a las fibras para mejorar la sensación en el momento del toque del cuero, como se muestra en el cuadro 6 y se ilustra en el (gráfico 6).

Cuadro 6. EVALUACIÓN DE LAS CALIFICACIONES SENSORIALES DE LOS CUEROS CAPRINOS UTILIZANDO EL PROTOTIPO MECÁNICO CON ENERGÍA SOLAR PARA LA EMULSIFICACIÓN DE GRASAS.

Estadísticas Descriptivas	Tacto		Llenura		Redondez	
	Cromo	Vegetal	Cromo	Vegetal	Cromo	Vegetal
Media	3,50	4,63	3,50	4,50	3,50	4,38
Error típico	0,27	0,18	0,19	0,19	0,19	0,26
Mediana	3,00	5,00	3,50	4,50	3,50	4,50
Moda	3,00	5,00	3,00	5,00	3,00	5,00
Desviación estándar	0,76	0,52	0,53	0,53	0,53	0,74
Varianza de la muestra	0,57	0,27	0,29	0,29	0,29	0,55
Curtosis	0,88	-2,24	-2,80	-2,80	-2,80	-0,15
Coefficiente de asimetría	1,32	-0,64	0,00	0,00	0,00	-0,82
Rango	2,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00
Mínimo	3,00	4,00	3,00	4,00	3,00	3,00
Máximo	5,00	5,00	4,00	5,00	4,00	5,00
Suma	28,00	37,00	28,00	36,00	28,00	35,00
Cuenta	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Prueba de t student	0,00	**	0,00	**	0,01	*

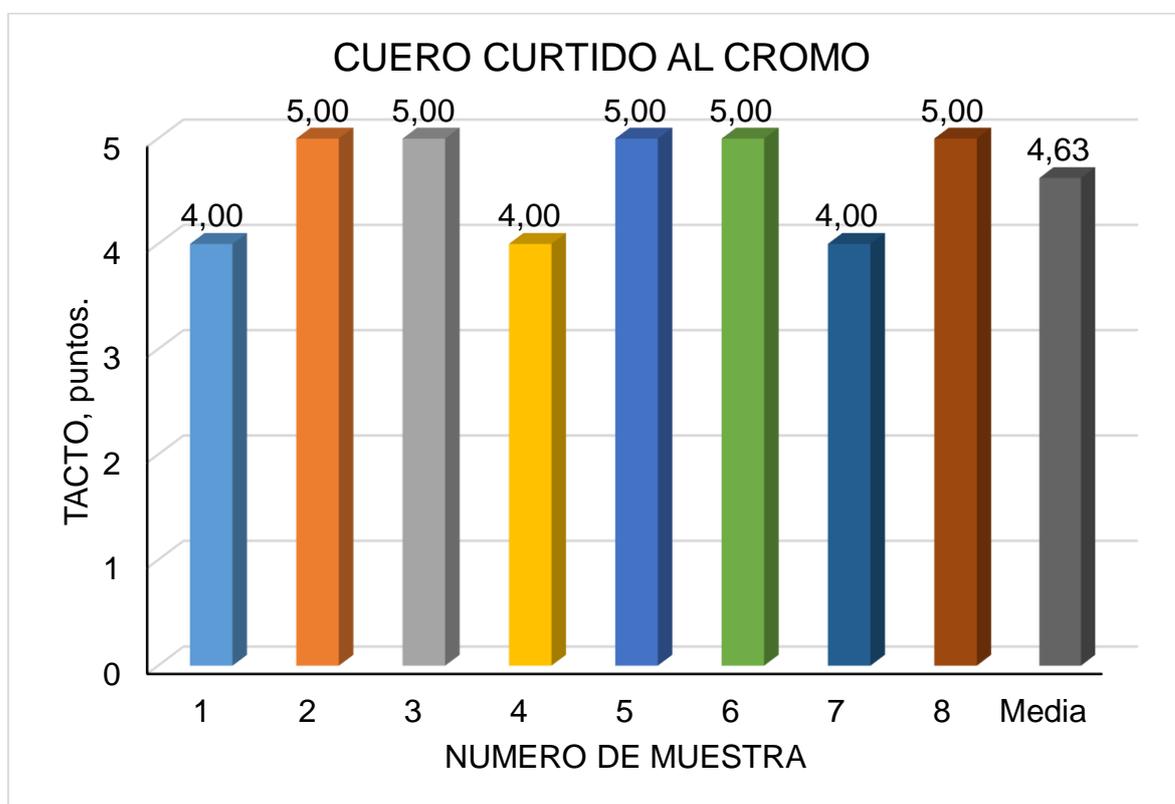
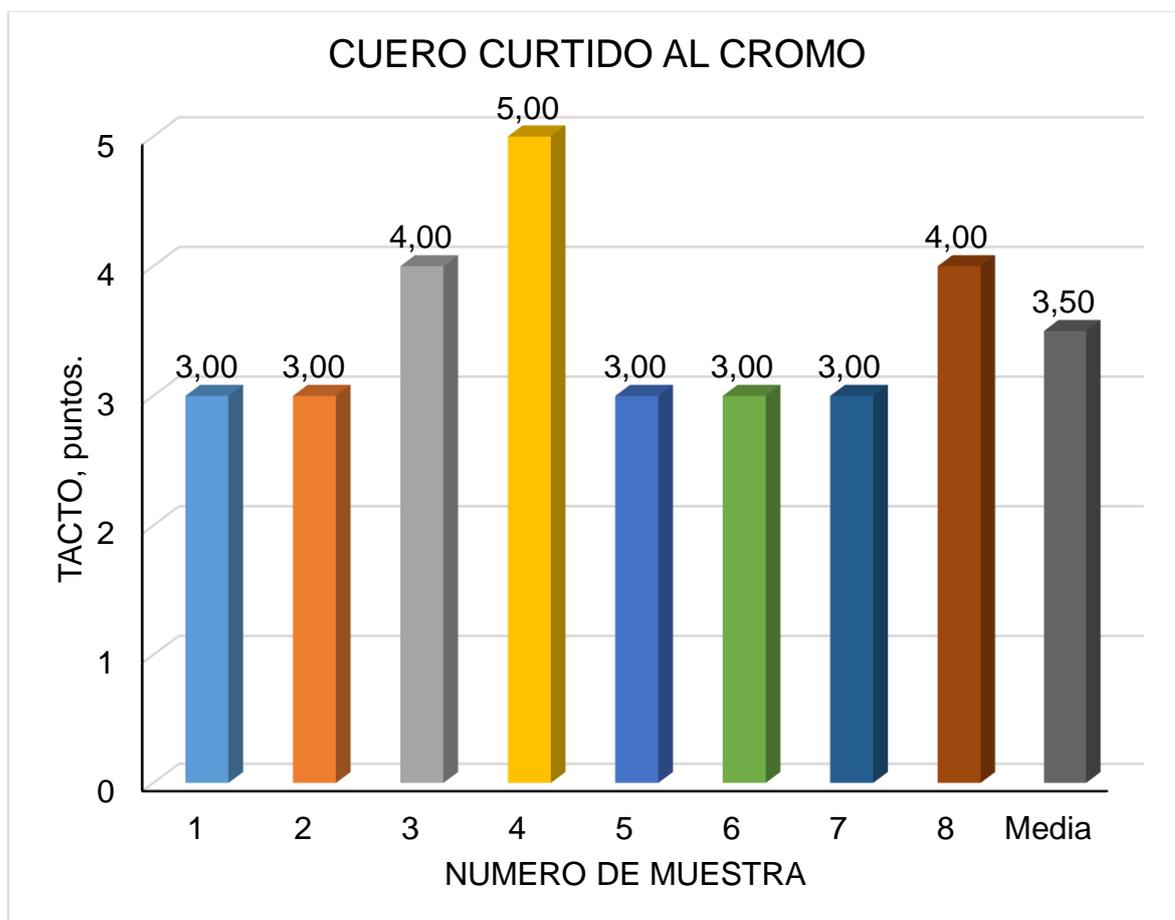


Gráfico 6. Tacto del cuero curtido a cromo y vegetal utilizando el prototipo mecánico con energía solar para la emulsificación de grasas.

Lo que tiene su fundamento en lo expuesto por Cordero, L. (2006), quien manifiesta que en general, los aceites de engrase son productos muy complejos. Normalmente, la mayoría de los engrasantes para cuero contienen aceites naturales procesados o componentes derivados de éstos. Adicionalmente, podemos encontrar emulsionantes, aceites crudos, antioxidantes y varios componentes que aceleran la penetración de la porción lubricante del engrase y/o la estabilidad de la formulación. Debido a la elevada proporción de largas cadenas de carbono y altamente insaturadas el aceite de pescado confiere a la piel un elevado grado de blandura, y por ende un tacto agradable y sedoso. El engrase tiene la finalidad de lubricar las fibras y también evitar que se unan en el secado obteniéndose así la flexibilidad y suavidad necesarias además de un cierto aumento de las resistencias físicas de la piel no obstante la fijación del engrase se consigue con la rotura de la emulsión mediante una disminución de pH o sencillamente con la reacción con las cargas catiónicas de la piel durante el tiempo de contacto, para facilitar este trabajo se automatizo la mezcla de las grasas que forman parte de este proceso con la finalidad de que rodean a las moléculas de colágeno para que puedan deslizarse entre ellas con facilidad y así se las estire no se rompa fácilmente y sobre todo mejoren la calidad sensorial del cuero.

2. Llenura

Los valores medios de la calificación de la llenura al comparar los cueros curtidos al cromo con los extractos vegetales y engrasados utilizando el prototipo mecánico con energía solar para la emulsificación de grasas, identifico que no existen diferencias estadísticas al utilizar la prueba t´student sin embargo las calificaciones más altas fueron reportadas en el lote de cueros curtidos con extractos vegetales cuyas puntuaciones son de 4,50 puntos y calificación excelente de acuerdo a la escala propuesta por Hidalgo, L. (2004), en comparación con la curtición vegetal que registro un valor promedio de 3,50 puntos y calificación muy buena, de igual manera se aprecia que comparten el valor del error típico que es para los dos casos de 0,19, sin embargo, la mediana fue de 3,50 puntos y 4.50 puntos para los dos casos en mención, apreciándose además una moda o el valor que más se repite en el cuero al cromo de 3 y al vegetal de 5 puntos, como se ilustra en el gráfico 7.

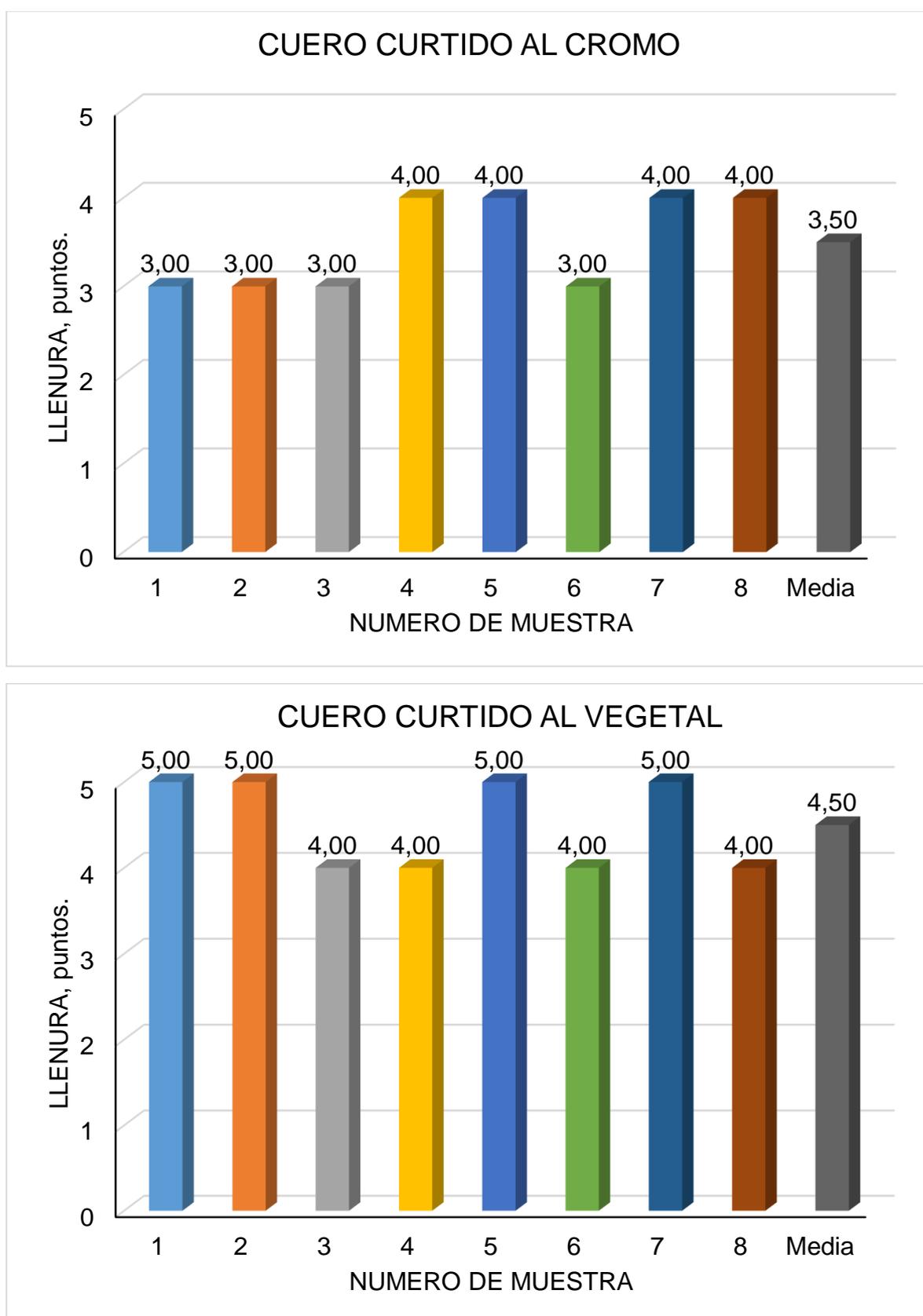


Gráfico 7. Llenura del cuero curtido a cromo y vegetal utilizando el prototipo mecánico con energía solar para la emulsificación de grasas.

Para detectar la llenura se utilizó el sentido del tacto para lo cual se palpó entre las yemas de los dedos el cuero ovino, notando y apreciando que el enriquecimiento de las fibras colagénicas debía ser uniforme, y se lo calificó de acuerdo la escala antes propuesta. Al realizar el engrase con productos homogenizados se consigue un engrase profundo, buena fijación, toque seco y poco hinchamiento llenando al cuero de manera más uniforme, ya que a través de procesos químicos como la sulfonación, se modifican las materias primas y se hacen emulsionables en agua, teniendo mucha precaución con la temperatura y como al producir en escala se requiere calentar cantidades grandes de este solvente una alternativa muy viable es el uso de energía solar, evitando así la contaminación pues se prescinde de combustión que generan mucho hollín y emanan gases peligrosos al ambiente por lo tanto se combinan dos técnicas muy necesarias para conseguir que las grasas ingresen en el tejido interfibrilar y lo rodean adecuadamente sin saturarlo ya que se deslizan fácilmente la una es el uso de paneles solares aprovechando la energía emanada por el sol y la otra homogeneizar completamente a las grasas para que se disuelvan profundamente e ingrese en el cuero.

Además, Hidalgo, L. (2004), manifiesta que cada cuero tiene características propias, se debe a que éstos han actuado como estímulo sobre sus sentidos. Este estímulo produce un efecto en el observador: una sensación que es función de las características innatas del objeto. La percepción se produce cuando ha recibido un estímulo de magnitud igual o mayor al umbral, y comprende la filtración, interpretación y reconstrucción de la variada y abundante información que reciben los receptores sensoriales, en este caso el tacto que percibirá la sensación de llenura o flacidez del cuero.

Al respecto Buñay, V. (2012), al realizar el engrase de pieles caprinas determino calificaciones de llenura de 4,80 puntos al utilizar 8 % de grasa y que son ligeramente superiores a los reportados en la presente investigación que puede deberse al niveles y tipo de grasa utilizado en la formulación del engrase sin embargo se aprecia que existe una mayor eficiencia puesto a que con menores niveles de grasa se consigue muy buenas calificaciones de la variable llenura de los cueros caprinos.

3. Redondez

La evaluación de la calificación sensorial de los cueros caprinos registró diferencias altamente significativas al comparar el engrase de pieles curtidas al cromo versus vegetal, utilizando para ello el prototipo mecánico con energía solar para la emulsificación de grasas, estableciéndose los resultados ms altos en los cueros cal vegetal, ya que las calificaciones fueron de 4,50 puntos y condición excelente de acuerdo a la escala propuesta por Hidalgo, L. (2017), en comparación de los cueros curtidos al cromo que reporto una calificación promedio de 3,50 puntos y condición buena. El error típico de las medias fue bastante bajo (0,19) para los dos casos en mención y la mediana de 3,50 para el primer caso y de 4,50 puntos, en el segundo caso es decir que al engrasar un cuero curtido al vegetal, como ilustra el (gráfico 8).

Según Frankel, A. (2009), el valor obtenido en redondez es muy importante al momento de confeccionar el articulo final, ya que mide la dureza y acartonamiento que en el cuero se produce cuando está bajo un esfuerzo que causa un arqueamiento en el mismo, lo que es efecto del precurtido con glutaraldehído que prepara la flor para que sea más fina y menos suelta después de la curtición. Teniendo como referencia los valores medios obtenidos en cada tratamiento, observamos que los cueros tratados con 4 % de glutaraldehído presentan la redondez más óptima, la cual reflejara una alta calidad en el producto final, en tanto que el tratamiento con los niveles más bajos del precurtiente presentan una baja redondez, lo cual desencadenara que el producto final no posea la redondez deseada, bajando la calidad del articulo y su costo al consumidor. Asimismo, Hidalgo, L. (2004), manifiesta que la emulsión de las grasas en el proceso de transformación de piel en cuero es un sumamente importante para facilitar el movimiento entre fibras que permiten el moldeo adecuado para la confección de artículos diversos especialmente en las zonas que tendrán que experimentar dobleces repetidos para evitar las molestias a consumidor, y mejorar su apreciación a los sentidos.

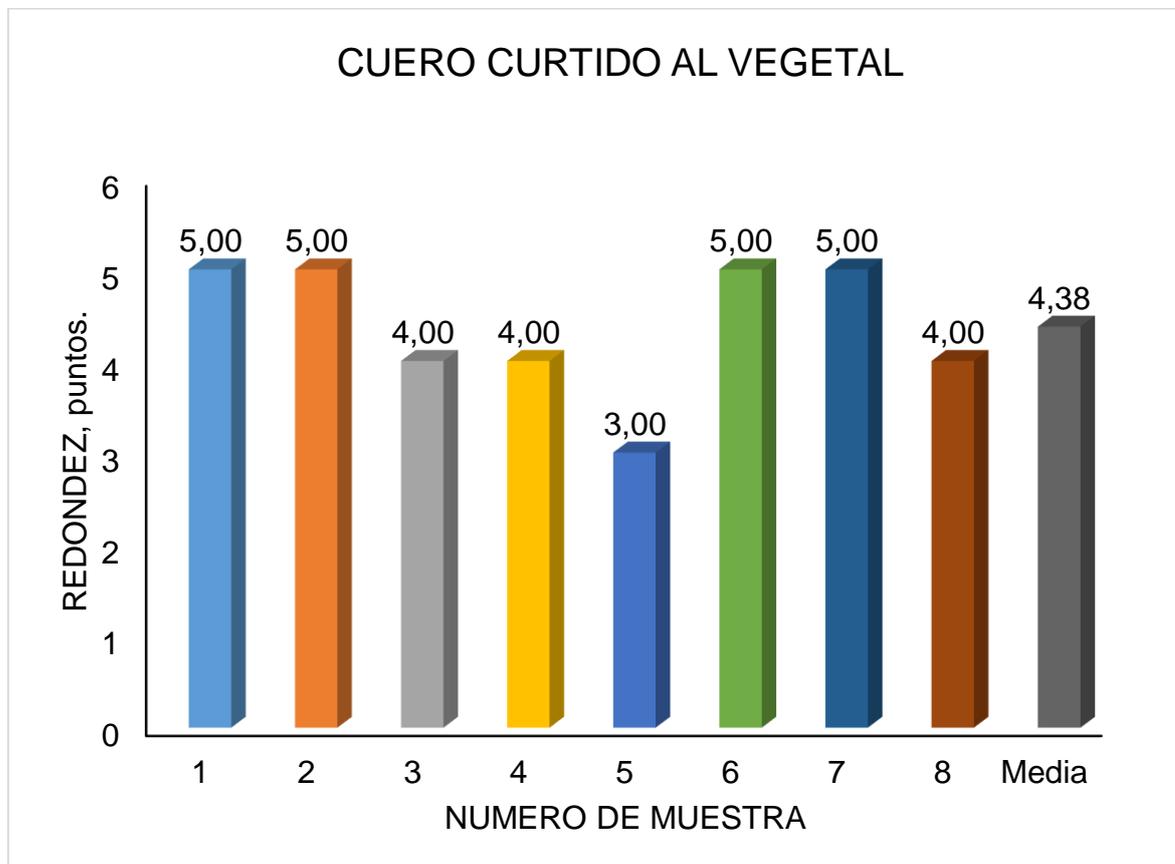
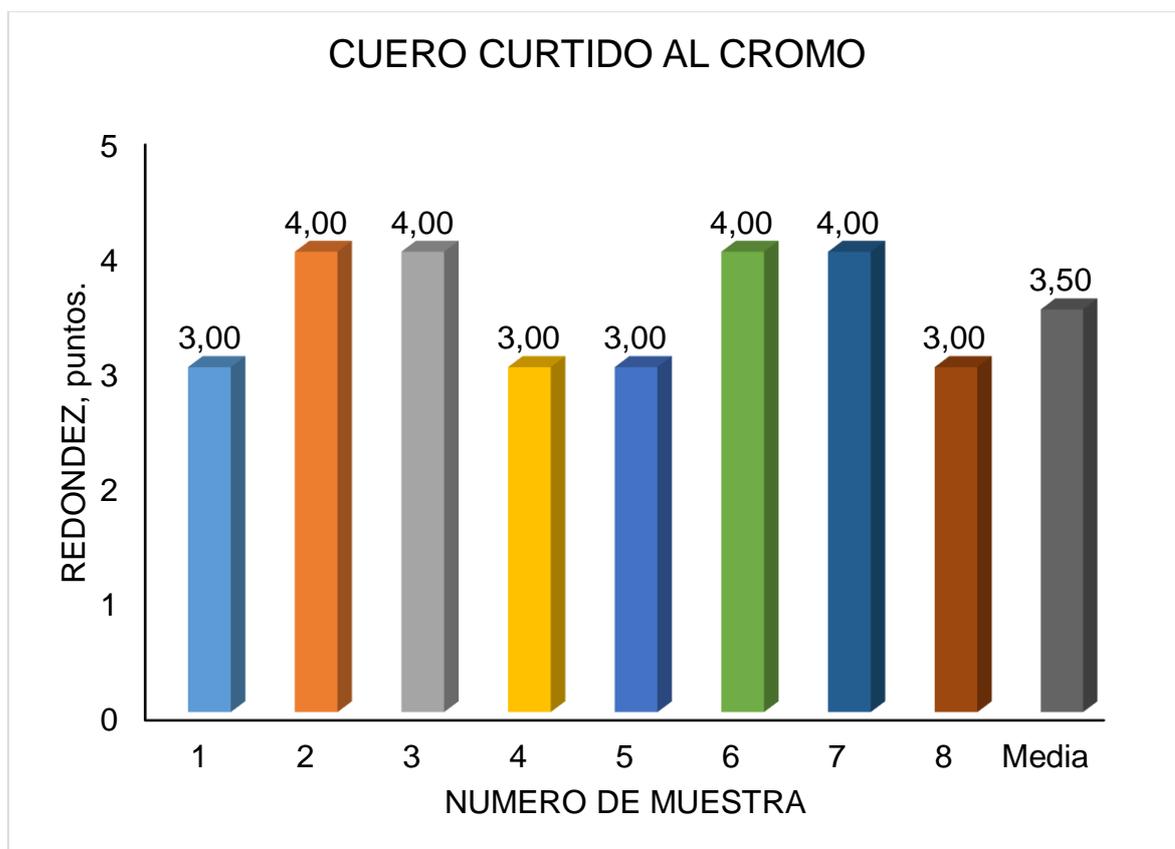


Gráfico 8. Redondez del cuero curtido a cromo y vegetal utilizando el prototipo mecánico con energía solar para la emulsificación de grasas.

**D. MANUAL DE FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO BACH MIX SERIE MAVEGA-
GS 2017.**

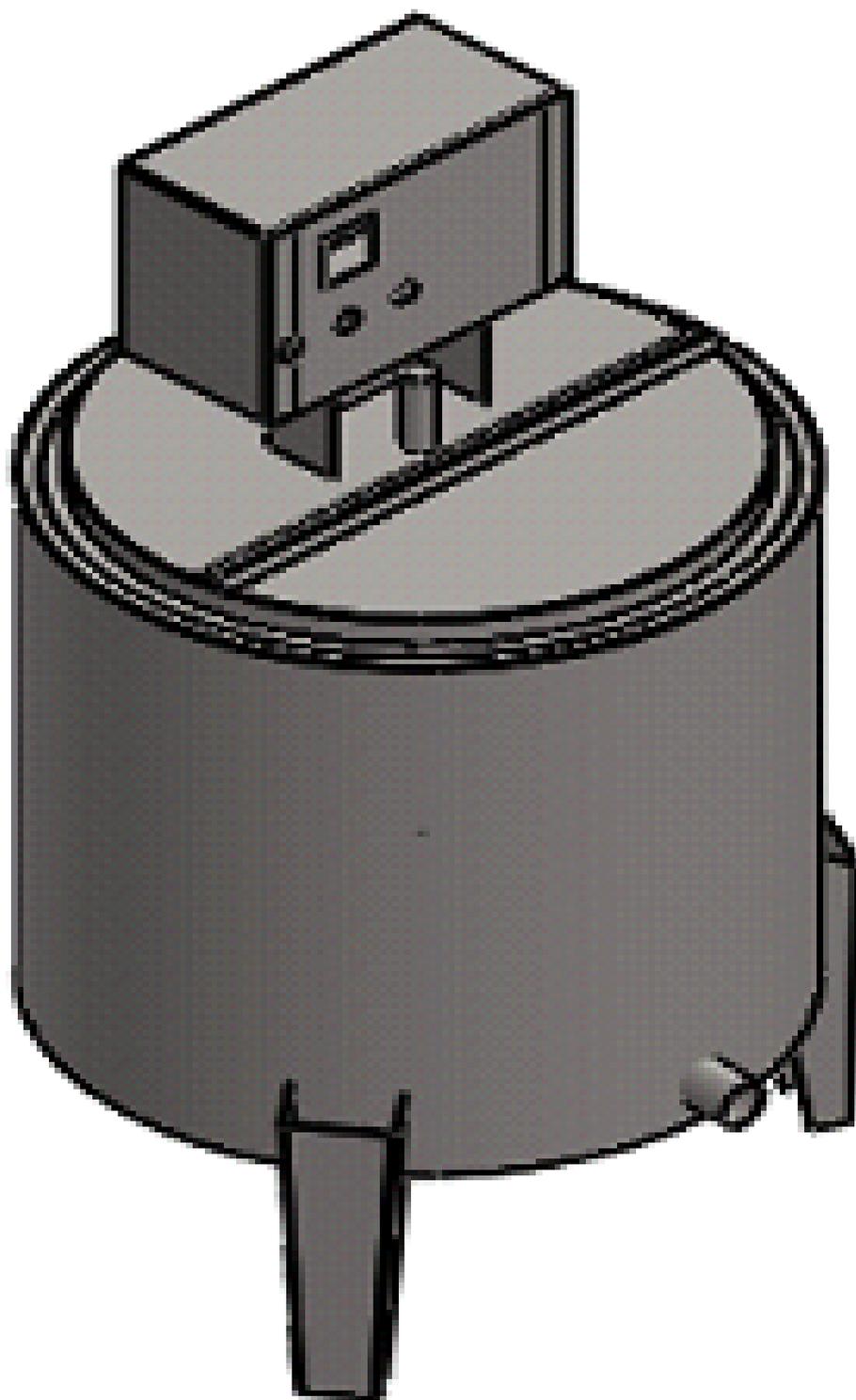


Figura 10. Prototipo mecánico BACH MIX serie MAVEGA- GS 2017.

1. Información importante para su seguridad

Este manual contiene información importante sobre la instalación, uso y el mantenimiento del equipo de forma adecuada y segura. La instalación y mantenimiento mal realizado pueden causar daños materiales, lesiones e incluso la muerte. Es necesario antes de instalar y accionar o dar mantenimiento del equipo leer el manual en forma minuciosa, para conseguir resultados favorables y evitar riesgos que pueden llegar hasta consecuencias fatales:

2. Especificaciones técnicas

Para la descripción general del equipo se consideran los siguientes aspectos:

- Procedencia: Nacional.
- Marca: MINOX.
- Serie: MAVEGA–GS2017.
- Motor: 1 hp 40 rpm.
- Alimentación: 220 V.
- Fabricada en acero inoxidable AISI 304 Estructura robusta portante sobre tres patas regulables en altura.
- Acabado satinado fino del interior del depósito de calentamiento, para evitar que se adhieran productos gelificantes y grasoso, etc. Como se ilustra en la figura 11.

En el cuadro 7, se describe la nomenclatura de las artes constitutivas del equipo Batch mix serie MAVEGA- GS 2017.

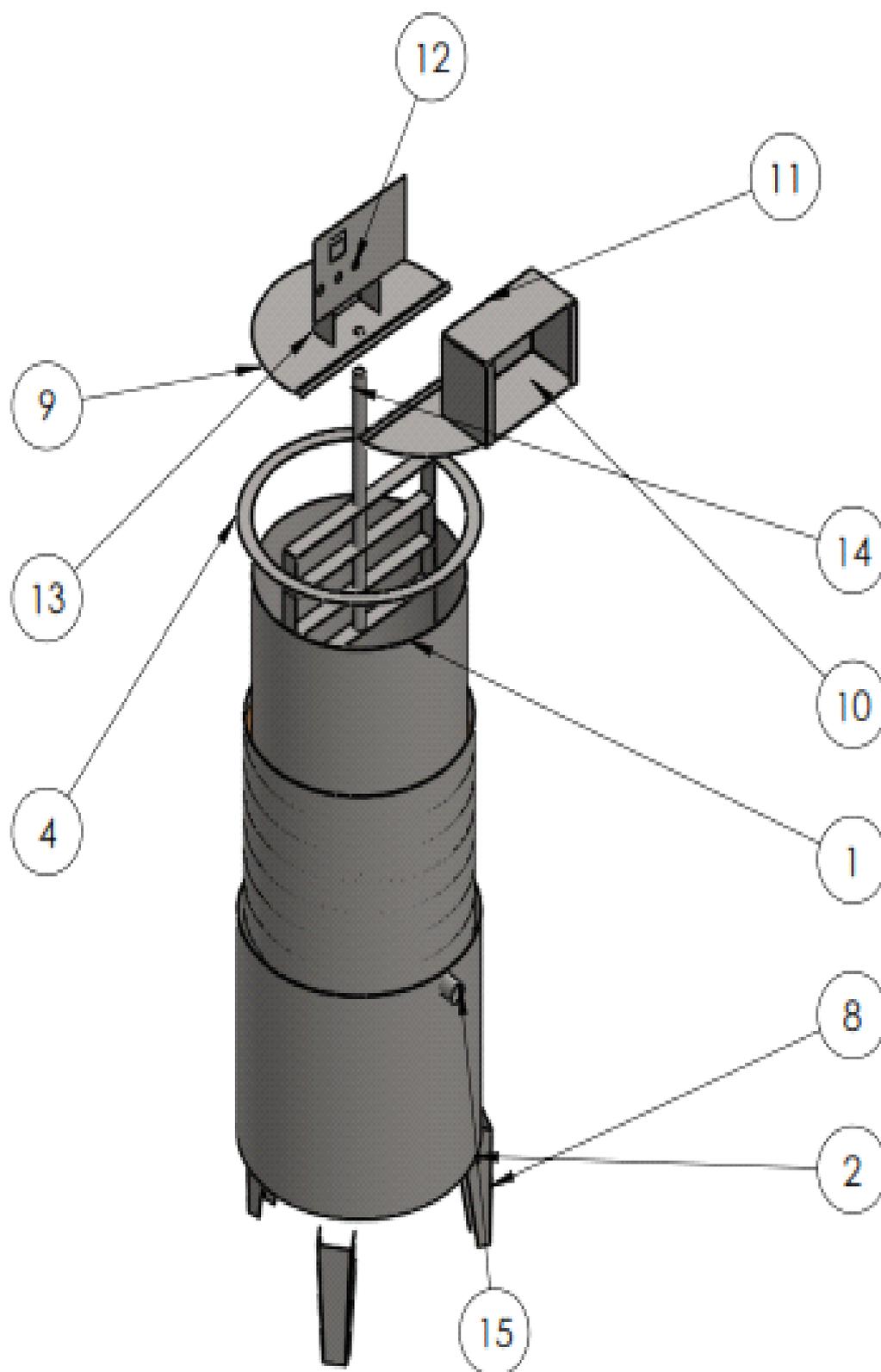


Figura 11. Ilustración de las partes constitutivos del equipo BACH MIX serie MAVEGA- GS 2017.

Cuadro 7. NOMENCLATURA DE LAS PARTES CONSTITUTIVOS DEL EQUIPO BACH MIX SERIE MAVEGA– GS 2017.

Ítem	Parte	Descripción
1	C-M1-001	CUERPO CENTRAL
2	C-M1-002	CAMISA EXTERIOR
3	C-M1-003	CAMISA INTERMEDIA
4	C-M1-004	ANILLO SUPERIOR
5	C-M1-005	TAPA INFERIOR CUERPO CENTRAL
6	C-M1-006	INGRESO DE AGUA
7	C-M1-007	CAÑERÍA DE COBRE CUERPO CENTRAL
8	C-M1-008	SOPORTES INFERIORES
9	C-M1-009	PUERTA DE INSPECCIÓN
10	C-M1-010	CARCASA DE CONTROL DE MANDO
11	C-M1-011	CONTROLES DE BASTIDOR
12	C-M1-012	SOPORTE CAJA DE CONTROL
13	C-M1-013	SOPORTE CAJA DE CONTROL
14	C-M1-014	BASTIDOR DE AGITACIÓN
15	C-M1-015	SALIDA

3. Sistema de agitación

Automático a 40 r.p.m. aprox. Con reductor aspás en acero inoxidable 304 fácil, desmonte retirando tuerca mariposa, la cual permite además fácil graduación de la altura y limpieza del agitador, fotografía 7.



Fotografía 7. Sistema de agitación

4. Sistema de calentamiento

Mediante la recirculación de agua en cañería de cobre a una temperatura de 80 grados, en la fotografía 8, se ilustra el panel solar y la perrilla de encendido.



Fotografía 8. Panel solar y perrilla de la bomba.

E. INSTALACIÓN DEL EQUIPO BACH MIX SERIE MAVEGA– GS 2017

1. Tanque homogenizador del Prototipo mecánico BACH MIX

El tanque homogenizador BACH MIX MAVEGA-GS 2017 tiene una instalación eléctrica a 220 V de energía, en la fotografía 9, se ilustra el Tanque homogenizador del Prototipo mecánico BACH MIX.



Fotografía 9. Impulsor del tanque homogenizador del Prototipo mecánico BACH MIX.

2. Panel solar

El calentador de agua solar conlleva una instalación de un control de temperatura y de funcionamiento del panel eléctrico que funcionan a 110 V, al igual que la bomba de un hp la misma que se encarga de emitir la fuerza que se necesita para la circulación del líquido, como se ilustra en la fotografía 10.



Fotografía 10. Control de energía del panel solar del prototipo mecánico BACH MIX.

3. Operación del prototipo mecánico BACH MIX

- Tener la seguridad adecuada como es el uso de guantes, botas, mascarilla, ropa de trabajo.
- Verificar que exista la disponibilidad de agua.
- Girar la perilla de encendido y control de temperatura.
- Girar la perilla de las hélices homogenizadores.

4. Operación del panel solar

- Verificar que exista la disponibilidad del agua.
- Accionar la palanca de encendido de la bomba.
- Girar perilla de control de la bomba.

- Controlar temperaturas en el tablero de control del panel.



- Fotografía 11. Medición de la temperatura en el tablero de control del panel.

El equipo requiere poco mantenimiento al no contar con muchas piezas móviles, a pesar de esto se deben seguir las siguientes instrucciones para extender la vida útil del equipo.

- Desenchufe siempre el equipo cuando realice labores de mantenimiento y limpieza.



Fotografía. 12. Conectores para el panel de control de temperatura.

Limpie el panel solar con un trapo y un poco de agua como se ilustra en la fotografía 13.



Fotografía. 13. Limpieza del panel solar.

- No use solventes, gas, limpiadores volátiles, para limpiar el panel, como se ilustra en el (gráfico 9).



Gráfico 9. Artículos de limpieza no aptos para utilizar en el emulsificador de grasa.

Limpie el equipo después de utilizarla, asegurándose de no dejar restos de producto en las astas y llave de salida de producto; con el objeto de evitar que se acumule en gran cantidad y dañe el sistema.



Fotografía 14. Equipo BATCH MIX serie MAVEGA– GS 2017.

F. PROYECCIÓN ECONÓMICA

En el laboratorio de curtición de pieles de la Facultad de Ciencias Pecuarias; se realizó el diseño e implementación de un prototipo mecánico con energía solar para la emulsificación de grasas, tomando en consideración como egresos la compra de materiales de primera calidad como son 1 tanque tipo isotérmico con capacidad de 50 k, moto reductor de 1 Hp, cañería de cobre con un diámetro de 19 mm, fibra de vidrio, entre otros, que sumaron 3100 dólares incluido el panel solar que proporciona el agua caliente para que el equipo emulsificador de grasa pueda entrar en función, como se reporta en el cuadro 8.

El precio indicado no es alto ya que para diseñar el prototipo mecánico se preformó equipos de similares condiciones y los resultados fueron valores que iban de 6000 a 8000 dólares americanos, por lo tanto se considera una alternativa muy viable para solucionar en la curtiembre uno de los problemas más grandes que se presentan es la migración de grasas hacia el exterior del cuero, dando un color y olor muchas veces desagradable y que conlleva un descenso en su clasificación y

por ende una disminución considerable en los costos por decímetro cuadrado, por lo tanto se puede ver claramente que es muy conveniente utilizar esta tecnología que inclusive puede ser considerada como una alternativa ecológica ya que para calentar el agua se utiliza la energía solar obviando el uso de combustibles derivados del petróleo que emanan gases tóxicos o también utilizan leña que ocupan un espacio considerable la cortiembre y que muchas veces no es un recurso renovable.

Cuadro 8. COSTOS DEL PROTOTIPO MECÁNICO.

Costo de material para construcción del equipo				
Ítem	Descripción	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
1	planchas en acero inoxidable 304 de 2 mm de espesor	2	220	440
2	Plancha en acero inoxidable 304 de 1.5 mm	1	173	173
3	Metros de tubería de cobre de 3/4 de diámetro	45	9,5	427,5
4	uniones de 3/4 en acero inoxidable	3	5	15
5	codos en acero inoxidable	6	8	48
6	moto reductor de 1 Hp 60 rpm	1	500	500
7	Control de temperatura y accesorios.	1	143	143
8	control de mando eléctrico y accesorios	1	64	64
			Total.	1766,5
Costo mano de obra y transporte				
Ítem	Descripción	Valor		
	1 Mano de obra construcción total equipo	728,5		
	2 Montaje	60		
	3 Accesorios para el montaje	35		
	4 Transporte	10		
Total			833,5	
Subtotal			2600	
Calentador solar			500	
Total			3100	

V. CONCLUSIONES

- El prototipo mecánico que se utilizó para realizar la dispersión de aceites en agua para la etapa de engrase del cuero, en el proceso de acabados en húmedo, utilizando energía solar, permitió la introducción hasta lo más profundo del tejido interfibrilar del cuero dotándole de una elasticidad adecuada y evitando la migración de las grasas.
- La eficiencia de la máquina para la emulsificación de grasas a través de producción piloto de cuero curtido tanto al cromo como al vegetal; fue de 97,2% es decir que se consigue una dispersión muy homogénea en donde las partículas se funden y forman una capa de líquido, que es fácilmente dispersa en el entretejido fibrilar.
- La creación de los manuales del prototipo mecánico con energía solar para la emulsificación de grasas, tanto de funcionamiento como de mantenimiento constituyen las herramientas más útiles, puesto que facilita el manejo de los equipos a los usuarios del laboratorio de curtición que deberán utilizarlos en forma adecuado utilizando normas de seguridad industrial para evitar riesgos en el funcionamiento y manejo.
- Los costos de construcción, instalación y funcionamiento del prototipo mecánico con energía solar para la emulsificación de grasas fueron de 3100 dólares americanos que al ser comparados con equipos similares que llegan a costar de 5000 a 6000 dólares, resultan económicamente rentables adicional a estas ventajas se encuentran los beneficios generados en el proceso de homogeneización de las grasas mejorando la calidad del cuero y por ende elevando su precio por decímetro cuadrado.

VI. RECOMENDACIONES

De los resultados expuestos anteriormente se derivan las siguientes recomendaciones:

- Utilizar el prototipo mecánico con energía solar para emulsionar grasas ya que se consigue cambiar el entorno para que las moléculas de grasa y agua pueden mezclar con mayor facilidad, y de esa manera ingresen en el cuero , proporcionando las cualidades necesarias para convertirlo en cuero de primera calidad.
- Socializar los resultados alcanzados en la presente investigación para que sirvan de referente para varios sectores productivos de nuestro país, que puedan generar tecnología que permita solucionar inconvenientes utilizando materia prima, mano de obra y recursos renovables propios de la zona.
- Implementar este tipo de prototipos para que los usuarios del laboratorio de curtición puedan contar con tecnología de punta que les permita realizar sus prácticas o trabajos experimentales de titulación con mayores alternativas y el producto final sea de óptima calidad como los que se produjo en el trabajo.

VII. LITERATURA CITADA

1. ADZET, J. 2005. Tratamiento de efluentes de curtiembre. 1ra ed. Rio de Janeiro, Brasil. Edit. Confederación Nacional de la Industria. pp 23, 64.
2. ARTIGAS, M. 2007. Manual de Curtiembre. Avances en la curtición de pieles. 2da ed. Barcelona-España. Edit. Latinoamericana. pp 36 – 39.
3. BACARDITT, A. 2004. Procesos de curtidos. 2da ed. Catalunya, España. Edit. CETI. pp. 3, 5, 45, 49, 80.
4. BANDERAS, A. 2007. Operaciones Unitarias. 1ra ed. México DF, México Edit.: Mc Graw Hill. pp 45, 56.
5. BUÑAY, V. 2012. “Evaluación de la aplicación de 3 niveles de parafina sulfoclorada en la elaboración de cuero para calzado. Tesis de grado para la obtención de ingeniería zootecnista. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Ciencias Pecuarias. Carrera de Ingeniería Zootécnica. Riobamba Ecuador. Pp 58, 68.
6. BURGOS, A. 2012. Tenería y medioambiente, aguas residuales. Vol. 4. Barcelona, España. Edit. CICERO. pp. 91, 234, 263.
7. CORDERO, L. 2006. Química Técnica de Curtición 1ra ed. Igualada, España. Edit. Universidad de Cataluña. pp 12, 23.
8. LA CASA QUÍMICA BAYER. 2007. Resistencia al frote del acabado del cuero. 2a ed. Asunción, Paraguay. Edit. IMANAL. pp. 19, 52.
9. ECUADOR. Estación agrometeorológica de la Facultad de Recursos Naturales de la Escuela superior Politécnica de Chimborazo. Registros 2015 – 2016.

10. ESPAÑA, INSTITUTO DE CUERO Y CALZADO DE ESPAÑA 2002. Norma Técnica de Calidad del Cuero IUP 8. Norma técnica para la prueba de porcentaje de elongación.
11. ESPAÑA, INSTITUTO DE CUERO Y CALZADO DE ESPAÑA 2002. Norma Técnica de Calidad del Cuero IUP 8. Norma técnica para la resistencia a la tensión y lastometría.
12. FRANKEL, A. 2009. Manual de Tecnología del Cuero. 2da ed. Buenos Aires, Argentina. Edit. Albatros. pp 112 ,148.
13. FUENTE, G. 2008. El cuero y sus propiedades en la industria. sn. Múnich, Italia. Edit. Interamericana. pp. 295 ,325.
14. FOUST, A. 2008. Principio de Operaciones Unitarias, 7ma. ed. México, DF. México. Edit Cecsca, pp. 91, 98.
15. GEANKOPLIS, J. 2006. Proceso de Transporte y Operaciones Unitarias. 1ra ed. Chihuahua México. Edit Continental. pp. 77, 82.
16. HIDALGO, L. 2004. Texto básico de Curtición de pieles. 1ra ed. Riobamba, Ecuador. Edit. ESPOCH. pp. 10, 56.
17. HIDALGO, L. 2017. Escala de calificación de los cueros curtidos al cromo y vegetal y engrasados en el prototipo mecánico con energía solar para emulsionar las grasas. Riobamba, Ecuador.
18. HOLLAND, C. 2001. Fundamentos y Modelos de Procesos de Separación. 1ra ed. Bogotá, Colombia. Edit Prentice Hall. pp 19, 21.
19. ÍNDIGO, A. 2015. Procesos de Curtido. 1ra ed. Barcelona, España. Edit CETI. pp. 12, 45, 97,98.

20. IZQUIERDO, L. 2004. La Normalización en el sector de Curtidos" Conceptos Generales sobre Normalización. 1ra ed. Igualada, España, edit. CETI. pp. 459, 467.
21. JÁCOME, P. 2016. El diseño de los prototipos mecánicos para mejorar la calidad de los procesos. Disponible en el sitio web: <http://www.cubasolar.cu>.
22. KASATKIN, J. 2008. Procesos y Equipos de la Industria Química. Moscú: Mir. Disponible en el sitio web: <http://www.cubasolar.cu>.
23. LACERCA, M. 2009. Tenería y medioambiente, aguas residuales. Disponible en el sitio web: <http://www.cueronet.com/flujograma/engrase>. 2016
24. LEACH, M. 2005. Utilización de Pieles de Conejo. Curso llevado a cabo por el Instituto de desarrollo y recursos de Inglaterra, en colaboración con la Facultad de Zootecnia en la Universidad Autónoma de Chihuahua. 1a ed. Edit. UACH. pp 12, 25, 25, 42.
25. LUDWIGSHAFE, P. 2009. ABC de la curtiembre, Curtido al cromo. 1ra ed. Buenos Aires Argentina. Edit BASF, pp 414, 432.
26. MCCABE, W. 2010. Operaciones Unitarias en Ingeniería Química. 6ta.ed. México: Edit. Mc Graw Hill.
27. MORING, V. 2010. Termodinámica. 2da. ed. México: Edit. Mc Graw Hill, México.
28. PALOMAS, J. 2005. Química técnica de la tenería. 1ra ed. Igualada, España. Edit. CETI. pp. 52, 68, 69,78.
29. PERY, J. 2004. Manual del Ingeniero Químico. 3ra. ed. Chihuahua, México: Edit. Mc Graw Hill, pp. 69, 74.

30. PITA, E. 2004. Acondicionamiento de Aire: principios y sistemas. Buenos Aires, Argentina. Edit. Cecsca. pp. 59, 64.
31. PORTAVELLA, M. 2005. Tenería y medioambiente, aguas residuales. Vol. 4. Barcelona, España. Edit CICERO, pp .91, 234, 263.
32. POTTER, N. 2008. La Ciencia de los Alimentos. 2da. ed. Nuevo León, México. Edit. HARLA. pp. 67, 78.
33. SMITH, C. 2005. Control Automático de Procesos. Disponible en el sitio web: <http://www.fing.edu.uy/iq>. 2016
34. SOLER. J. 2008. Procesos de curtición. 2da ed. Igualada, España. Edit. Escuela Superior de Tenería. pp. 177, 183.
35. STTOFÉL A. 2006. XV Simposio técnico de la industria del cuero. 5ta ed. Baños, Ecuador. Edit. ANCE. pp 23, 51.
36. ULLMAN, T. 2006. Enciclopedia de tecnología química, XII, T. XIII. Barcelona España., Edit Kirk-Othmer. pp. 672-678.

ANEXOS

Anexo 1. Estadísticas descriptivas de la resistencia a la tensión de los cueros curtidos al cromo y vegetal utilizando el prototipo mecánico de emulsificación de grasas.

Curtición con cromo				
Tratamiento	Repetición	Observado	Obs – Espe	(Obs - Esp) ²
T1	1	857,14	-121,34	14722,67
T2	2	1250,00	271,52	73723,19
T3	3	750,00	-228,48	52203,04
T4	4	1083,33	104,85	10994,25
T1	5	1071,43	92,95	8639,46
T2	6	1173,08	194,60	37868,02
T3	7	892,86	-85,62	7331,25
T4	8	750,00	-228,48	52203,04
	Media	978,48		257684,93
			Desviación Varianza	36812,13 191,86
Curtición vegetal				
Tratamiento	Repetición	Observado	Obs - Espe	(Obs - Esp) ²
T1	1	1105,26	126,78	16074,01
T2	2	1500,00	521,52	271983,26
T3	3	1426,47	447,99	200695,70
T4	4	2035,71	1057,23	1117744,64
T1	5	1366,67	388,19	150689,00
T2	6	1234,38	255,90	65482,33
T3	7	1597,22	618,74	382842,12
T4	8	1116,67	138,19	19095,60
	Media	1422,80		2224606,65
			Desviación Varianza	317800,95 563,74
Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales				
	Variable 1	Variable 2		
Media	978,480	1422,80		
Varianza	36812,133	92180,36		
Observaciones	8,000	8		
Varianza agrupada	64496,248			
Diferencia hipotética de las medias	0,000			
Grados de libertad	14,000			
Estadístico t	-3,499			
P(T<=t) una cola	0,002 **			
Valor crítico de t (una cola)	1,761			
P(T<=t) dos colas	0,004			
Valor crítico de t (dos colas)	2,145			

Anexo 2. Estadísticas descriptivas del porcentaje de elongación de los cueros curtidos al cromo y vegetal utilizando el prototipo mecánico de emulsificación de grasas.

Tratamiento	Repetición	Observado	Obs - Espe	(Obs - Esp) ²	
T1		1	52,50	1,25	1,6
T2		2	57,50	6,25	39,1
T3		3	55,00	3,75	14,1
T4		4	42,50	-8,75	76,6
T1		5	50,00	-1,25	1,6
T2		6	45,00	-6,25	39,1
T3		7	57,50	6,25	39,1
T4		8	50,00	-1,25	1,6
Media				51,25	212,5
				Desviación	30,4
				Varianza	5,50973165

Curtición vegetal					
Tratamiento	Repetición	Observado	Obs - Espe	(Obs - Esp) ²	
T1		1	50,00	-1,25	1,56
T2		2	47,50	-3,75	14,06
T3		3	45,00	-6,25	39,06
T4		4	55,00	3,75	14,06
T1		5	45,00	-6,25	39,06
T2		6	50,00	-1,25	1,56
T3		7	50,00	-1,25	1,56
T4		8	42,50	-8,75	76,56
Media			48,13		187,50
				Desviación	26,79
				Varianza	5,18

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales

	Variable 1	Variable 2
Media	51,25	48,125
Varianza	30,36	15,625
Observaciones	8,00	8
Varianza agrupada	22,99	
Diferencia hipotética de las medias	0,00	
Grados de libertad	14,00	
Estadístico t	1,30	
P(T<=t) una cola	0,11	ns
Valor crítico de t (una cola)	1,76	
P(T<=t) dos colas	0,21	
Valor crítico de t (dos colas)	2,14	

Anexo 3. Estadísticas descriptivas de la lastometría de los cueros curtidos al cromo y vegetal utilizando el prototipo mecánico de emulsificación de grasas.

Curtición con cromo					
Tratamiento	Repetición	Observado	Obs - Espe	$(Obs - Esp)^2$	
T1		1	9,69	-0,64	0,4
T2		2	9,49	-0,84	0,7
T3		3	10,00	-0,33	0,1
T4		4	12,00	1,67	2,8
T1		5	9,00	-1,33	1,8
T2		6	9,70	-0,63	0,4
T3		7	12,00	1,67	2,8
T4		8	10,77	0,44	0,2
	Media		10,33		9,2
				Desviación	1,3
				Varianza	1,144

Curtición vegetal					
Tratamiento	Repetición	Observado	Obs - Espe	$(Obs - Esp)^2$	
T1		1	8,96	-1,38	1,89
T2		2	10,68	0,35	0,12
T3		3	8,00	-2,33	5,44
T4		4	7,25	-3,08	9,48
T1		5	9,20	-1,13	1,28
T2		6	12,00	1,67	2,78
T3		7	10,00	-0,33	0,11
T4		8	11,00	0,67	0,45
	Media		9,64		21,55
				Desviación	3,08
				Varianza	1,75

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales

	Variable 1	Variable 2
Media	10,33	9,64
Varianza	1,31	2,53
Observaciones	8,00	8,00
Varianza agrupada	1,92	
Diferencia hipotética de las medias	0,00	
Grados de libertad	14,00	
Estadístico t	1,00	
P(T<=t) una cola	0,17	ns
Valor crítico de t (una cola)	1,76	
P(T<=t) dos colas	0,33	
Valor crítico de t (dos colas)	2,14	

Anexo 4. Estadísticas descriptivas del tacto de los cueros curtidos al cromo y vegetal utilizando el prototipo mecánico de emulsificación de grasas.

Curtición con cromo					
Tratamiento	Repetición	Observado	Obs – Espe	(Obs - Esp) ²	
T1		1	3,00	-0,50	0,25
T2		2	3,00	-0,50	0,25
T3		3	4,00	0,50	0,25
T4		4	5,00	1,50	2,25
T1		5	3,00	-0,50	0,25
T2		6	3,00	-0,50	0,25
T3		7	3,00	-0,50	0,25
T4		8	4,00	0,50	0,25
	Media		3,50		4,00
				Desviación	0,57
				Varianza	0,76

Curtición Vegetal					
Tratamiento	Repetición	Observado	Obs - Espe	(Obs - Esp) ²	
T1		1	4,00	0,50	0,25
T2		2	5,00	1,50	2,25
T3		3	5,00	1,50	2,25
T4		4	4,00	0,50	0,25
T1		5	5,00	1,50	2,25
T2		6	5,00	1,50	2,25
T3		7	4,00	0,50	0,25
T4		8	5,00	1,50	2,25
	Media		4,63		12,00
				Desviación	1,71
				Varianza	1,31

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales.

	Variable 1	Variable 2
Media	3,5	4,625
Varianza	0,57142857	0,26785714
Observaciones	8	8
Varianza agrupada	0,41964286	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	14	
Estadístico t	-3,47330243	
P(T<=t) una cola	0,00186394	**
Valor crítico de t (una cola)	1,76131014	
P(T<=t) dos colas	0,00372787	
Valor crítico de t (dos colas)	2,14478669	

Anexo 5. Estadísticas descriptivas de la llenura de los cueros curtidos al cromo y vegetal utilizando el prototipo mecánico de emulsificación de grasas.

Curtición con cromo					
Tratamiento	Repetición	Observado	Obs - Espe	(Obs - Esp) ²	
T1		1	3,00	-0,50	0,25
T2		2	3,00	-0,50	0,25
T3		3	3,00	-0,50	0,25
T4		4	4,00	0,50	0,25
T1		5	4,00	0,50	0,25
T2		6	3,00	-0,50	0,25
T3		7	4,00	0,50	0,25
T4		8	4,00	0,50	0,25
	Media		3,50		2,00
				Desviación	0,29
				Varianza	0,53

Curtición vegetal					
Tratamiento	Repetición	Observado	Obs - Espe	(Obs - Esp) ²	
T1		1	5,00	1,50	2,25
T2		2	5,00	1,50	2,25
T3		3	4,00	0,50	0,25
T4		4	4,00	0,50	0,25
T1		5	5,00	1,50	2,25
T2		6	4,00	0,50	0,25
T3		7	5,00	1,50	2,25
T4		8	4,00	0,50	0,25
	Media		4,50		10,00
				Desviación	1,43
				Varianza	1,20

	Variable 1	Variable 2
Media	3,500	4,5
Varianza	0,286	0,28571429
Observaciones	8,000	8
Varianza agrupada	0,286	
Diferencia hipotética de las medias	0,000	
Grados de libertad	14,000	
Estadístico t	-3,742	
P(T<=t) una cola	0,001	**
Valor crítico de t (una cola)	1,761	
P(T<=t) dos colas	0,002	
Valor crítico de t (dos colas)	2,145	

Anexo 6. Estadísticas descriptivas de la redondez de los cueros curtidos al cromo y vegetal utilizando el prototipo mecánico de emulsificación de grasas.

Curtición con cromo					
Tratamiento	Repetición	Observado	Obs - Espe	$(\text{Obs} - \text{Esp})^2$	
T1		1	3,00	-0,50	0,25
T2		2	4,00	0,50	0,25
T3		3	4,00	0,50	0,25
T4		4	3,00	-0,50	0,25
T1		5	3,00	-0,50	0,25
T2		6	4,00	0,50	0,25
T3		7	4,00	0,50	0,25
T4		8	3,00	-0,50	0,25
	Media		3,50		2,00
				Desviación	0,29
				Varianza	0,53

Curtición Vegetal					
Tratamiento	Repetición	Observado	Obs - Espe	$(\text{Obs} - \text{Esp})^2$	
T1		1	5,00	1,50	2,25
T2		2	5,00	1,50	2,25
T3		3	4,00	0,50	0,25
T4		4	4,00	0,50	0,25
T1		5	3,00	-0,50	0,25
T2		6	5,00	1,50	2,25
T3		7	5,00	1,50	2,25
T4		8	4,00	0,50	0,25
	Media		4,38		10,00
				Desviación	1,43
				Varianza	1,20

Anexo 7. Procedimiento para el funcionamiento del prototipo mecánico con energía solar para la emulsificación de grasas a utilizarse en el engrase de pieles.

- Comprobar que exista agua en el tanque de reservorio del panel solar.



- Encender el control digital del panel solar.



- Accionar la palanca de encendido de la bomba.



- Accionar la palanca de encendido del tanque homogenizador.



- Girar perilla de control de temperatura con 10 °C mayor a la temperatura que indica el control digital del panel solar.



- Colocar grasas y químicos a homogenizarse en el tanque.



- Girar perilla de temperatura del panel del control del tanque.



- Girar perilla de encendido y rotación de aspas giratorias en el panel del control del tanque.



- Abrir llave de paso para extracción de la mezcla.



Anexo 8. Precauciones a tomar para el correcto funcionamiento del prototipo mecánico.

Para el correcto funcionamiento del prototipo mecánico con energía solar para la emulsificación de grasas se debe tener las siguientes precauciones:

1. Comprobar que exista agua dentro del tanque de reserva del panel solar.
2. Luego se enciende el control digital del panel solar con el fin de verificar a que T° se encuentra el agua dentro del panel, en el caso de que no se presente una temperatura adecuada de trabajo (65°C); se deberá accionar el apoyo eléctrico que se encuentra en el panel solar con el objetivo de llegar a la T° deseada para su posterior trabajo.
3. Seguido de esto procedemos a encender la bomba que nos permite la circulación del agua.

4. Al igual se procederá a girar la perilla de control de T° con 10 °C mayor a la T° que se encuentra marcada en el control digital del panel solar esto con el fin de que una vez que la T° del agua haya llegado a la T° seleccionada en la perilla de control esta se apague automáticamente.
5. El agua que calienta el tanque a través de un serpentinado de tubería de cobre de 9 mm derretirá las grasas dando así el paso a su posterior homogenización.
6. Se coloca s dentro del tanque homogenizador las grasas y los químicos que se vaya a proceder a mezclar.
7. Se gira la perilla de encendido de T° que se encuentra en el panel de control del tanque este paso nos dará la información de la T° a la que queremos llegar (zeteada) y también la T° interna del producto.
8. Al igual se gira la perilla de rotación de las aspas esto con el fin de homogenizar los productos que se encuentran dentro del tanque y se incluye en la formulación del engrase de las pieles.
9. Una vez que se ha obtenido la mezcla deseada se procede a la extracción del producto a través de la abertura de una llave de paso.
10. A continuación, se deberá desactivar las perillas de los distintos funcionamientos del prototipo luego se procederá a Apagar tanque, bomba y control digital del panel solar.
11. Finalmente se realizará el Aseo del equipo (tanque).