



*Evaluación de las propiedades físico-mecánica del cuero tipo vestimenta-lavable obtenido por la adición del polímero Zetestan-GF durante el proceso de curtiembre*

*Evaluation of the physical-mechanical properties of washable clothing-type leather obtained by the addition of the Zetestan-GF polymer during the tanning process*

*Avaliação das propriedades físico-mecânicas de couros laváveis do tipo vestuário obtidos pela adição do polímero Zetestan-GF durante o processo de curtimento*

Andrea Puente <sup>I</sup>

[acpuente.fiaq@unach.edu.ec](mailto:acpuente.fiaq@unach.edu.ec)

<https://orcid.org/0000-0002-7330-4537>

Cesar Puente <sup>II</sup>

[cesar.puente@esPOCH.edu.ec](mailto:cesar.puente@esPOCH.edu.ec)

<https://orcid.org/0000-0002-2459-6182>

Sebastián Guerrero <sup>III</sup>

[saguerrero@unach.edu.ec](mailto:saguerrero@unach.edu.ec)

<https://orcid.org/0000-0001-9512-2307>

Byron Herrera <sup>IV</sup>

[bherrera@unach.edu.ec](mailto:bherrera@unach.edu.ec)

<https://orcid.org/0000-0003-1116-9939>

Maritza Vaca-Cárdenas <sup>V</sup>

[maritza.vaca@esPOCH.edu.ec](mailto:maritza.vaca@esPOCH.edu.ec)

<https://orcid.org/0000-0003-4474-4354>

**Correspondencia:** [acpuente.fiaq@unach.edu.ec](mailto:acpuente.fiaq@unach.edu.ec)

Ciencias Técnicas y Aplicadas  
Artículo de Investigación

\* **Recibido:** 01 de septiembre de 2023 \* **Aceptado:** 20 de septiembre de 2023 \* **Publicado:** 26 de octubre de 2023

- I. Universidad Nacional de Chimborazo, Ecuador.
- II. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador.
- III. Universidad Nacional de Chimborazo, Ecuador.
- IV. Universidad Nacional de Chimborazo, Ecuador.
- V. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador.



## Resumen

En la industria de la curtiembre es importante conocer las propiedades físico-mecánicas del cuero, debido a que estas son determinantes para obtener un cuero que cumpla con los parámetros de calidad para la elaboración de diferentes productos. El objetivo de este estudio fue evaluar las propiedades físico-mecánica del cuero tipo vestimenta-lavable obtenido por la adición del polímero Zetestan-GF durante el proceso de curtiembre. Para el desarrollo de este trabajo se compararon los datos obtenidos del análisis físico-mecánica de dos tratamientos, uno control con cuero blanco (T1) y el otro tratamiento con cuero tratado con polímero Zetestan-GF (T2), los que fueron sometidos a un proceso estándar de curtición, cada tratamiento se realizó por triplicado, a los cuales se efectuaron tres lavados, obteniendo un total de 24 muestras a ser analizadas, posterior a la obtención del cuero se procedió a comparar los diferentes tratamientos, aplicados con un control. Para el análisis estadístico de los datos se utilizó el programa SAS versión 9.0. Se aplicó un ANOVA de una vía a las características físico-mecánicas, del cuero control y cuero aplicado polímero Zetestan-GF, y para determinar las diferencias de las medias se utilizó la prueba de Tukey ( $P < 0.05$ ). De acuerdo con los resultados se observó que la aplicación del polímero en el proceso de curtiembre no influye en el parámetro de lastometría, mientras que, si influye en los parámetros de suavidad, resistencia a la tensión, porcentaje de elongación y flexometría en seco y húmedo. En conclusión, la adición de un polímero puede influenciar de una manera significativa en las propiedades físico-mecánicas del producto resultante de la curtiembre de pieles de bovino.

**Palabras Clave:** Cuero-lavable; Polímero; Zetestan-GF; Curtiembre; Vestimenta; Innovación.

## Abstract

In the tanning industry it is important to know the physical-mechanical properties of leather, because these are decisive in obtaining leather that meets the quality parameters for the production of different products. The objective of this study was to evaluate the physical-mechanical properties of washable clothing-type leather obtained by the addition of the Zetestan-GF polymer during the tanning process. For the development of this work, the data obtained from the physical-mechanical analysis of two treatments were compared, one a control with white leather (T1) and the other treatment with leather treated with Zetestan-GF polymer (T2), which were subjected to a standard tanning process, each treatment was carried out in triplicate, to which three washes were carried out, obtaining a total of 24 samples to be analyzed. After obtaining the leather, the different

treatments were compared, applied with a control. For the statistical analysis of the data, the SAS program version 9.0 was used. A one-way ANOVA was applied to the physical-mechanical characteristics of the control leather and Zetestan-GF polymer applied leather, and the Tukey test was used to determine the differences in the means ( $P < 0.05$ ). According to the results, it was observed that the application of the polymer in the tanning process does not influence the lastometry parameter, while it does influence the parameters of softness, tensile strength, percentage of elongation and dry and wet flexometry. . In conclusion, the addition of a polymer can significantly influence the physical-mechanical properties of the product resulting from bovine hide tanning.

**Keywords:** Leather-washable; Polymer; Zetestan-GF; Tannery; Outfit; Innovation.

### Resumo

Na indústria de curtumes é importante conhecer as propriedades físico-mecânicas do couro, pois estas são decisivas na obtenção de couro que atenda aos parâmetros de qualidade para a produção de diferentes produtos. O objetivo deste estudo foi avaliar as propriedades físico-mecânicas de couros laváveis do tipo vestuário obtidos pela adição do polímero Zetestan-GF durante o processo de curtimento. Para o desenvolvimento deste trabalho foram comparados os dados obtidos a partir da análise físico-mecânica de dois tratamentos, um controle com couro branco (T1) e outro tratamento com couro tratado com polímero Zetestan-GF (T2), os quais foram submetidos para um processo de curtimento padrão, cada tratamento foi realizado em triplicata, ao qual foram realizadas três lavagens, obtendo-se um total de 24 amostras a serem analisadas. Após a obtenção do couro, foram comparados os diferentes tratamentos, aplicados com um controle. Para a análise estatística dos dados foi utilizado o programa SAS versão 9.0. Uma ANOVA unidirecional foi aplicada às características físico-mecânicas do couro controle e do couro aplicado com polímero Zetestan-GF, e o teste de Tukey foi utilizado para determinar as diferenças nas médias ( $P < 0,05$ ). De acordo com os resultados, observou-se que a aplicação do polímero no processo de curtimento não influencia o parâmetro lastométrico, mas influencia os parâmetros de maciez, resistência à tração, percentual de alongamento e flexometria seca e úmida. Conclui-se que a adição de um polímero pode influenciar significativamente as propriedades físico-mecânicas do produto resultante do curtimento de couro bovino.

**Palavras-chave:** Lavável em couro; Polímero; Zetestão-GF; Curtume; Roupas; Inovação.

## Introducción

La piel es un subproducto de la industria cárnica, que luego es procesada para obtener cuero, este producto frente a los materiales sintéticos posee propiedades excepcionales con relación a durabilidad y resistencia. Además, posee gran valor comercial global (Wang et al., 2021). El proceso de conversión de pieles en cuero implica una secuencia de operaciones químicas y mecánicas que alteran en gran medida sus propiedades, tales como el curtido, varios estudios han demostrado el efecto que tiene esta operación sobre las propiedades físicas del cuero (Nalyanya et al., 2017.), siendo así una parte importante durante el proceso de curtiembre debido a que en esta operación el agente curtiente puede interactuar con los grupos activos de las fibras de colágeno de la piel para transformar la piel cruda en un cuero duradero, mejorando así sus propiedades mecánicas, capacidad de almacenamiento y resistencia a la degradación química, térmica y microbiana (Gao et al., 2023).

Al ser el cuero un producto no propenso al contacto con el agua y agentes de limpieza, debido a que estos alteran su calidad, en el proceso de lavado el cuero pierde la grasa añadida durante el acabado, el mismo que tiende a dañarse en términos de flexibilidad, tacto e intensidad de colores (Cevallos, 2013). Sin embargo, con un tratamiento de fijación del engrase que comienza con la rotura de la emulsión mediante la reducción del pH o simplemente la reacción con las cargas catiónicas de la piel durante el tiempo de contacto (ITP RED CITE, 2018), es posible hacer cuero de tipo lavable que mantenga su integridad original en tamaño, color y textura. (Lupera, 2022). Mediante la revisión de la literatura se puede evidenciar la gran influencia que tienen los diferentes engrasantes poliméricos en la calidad del producto, debido a que estos agentes poseen propiedades lubricantes y rellenantes con buena solidez al lavado en húmedo lo que evita que la fibra se pegue al secarse, obteniéndose así la flexibilidad y suavidad necesarias además de un cierto aumento de las resistencias físicas de la piel (Zarlok et al., 2014). El polímero Zetestan-Gf es un polímero utilizado para el engrase de cueros que posee un efecto recurtiente, en ocasiones al utilizar este polímero reduce la utilización de otros agentes recurtientes, dándonos como resultados cueros suaves y lijeros con propiedades resistentes al desgarre (Lupera, 2022).

Del mismo modo las propiedades físicas y mecánicas del cuero juegan un papel muy importante en la determinación del campo de aplicaciones y es un indicador fiable de la calidad del cuero, dentro de las pruebas físico-mecánicas podemos analizar principalmente la resistencia a la tensión que se define como el nivel de estiramiento que mantiene la piel cuando se aplica una fuerza en los

extremos de la muestra en diferentes direcciones hasta dañarla o deformarla que tiene una considerable importancia en la conservación de la forma de las prendas (Roig et al., 2012). Sin embargo, esto pueden variar según la materia prima y las condiciones del proceso utilizado para producir diferentes tipos de cuero, tales como: zapatos, guantes, prendas de vestir, tapicería, arneses, etc (ITP RED CITE, 2018). Durante el uso, los productos de cuero están expuestos a muchas influencias mecánicas, como: desgaste, elongación, flexión, compresión y factores ambientales (Lupera, 2022).

## Materiales y métodos

### Diseño experimental

El presente trabajo se basó en el análisis físico-mecánico del cuero tipo vestimenta lavable mediante la aplicación de dos tratamientos durante su fabricación, un tratamiento control donde se aplicó el proceso de obtención descrito por empresa “El AL-CE” o cuero blanco y el otro tratamiento corresponde al cuero tratado con polímero Zetestan-GF, cada tratamiento se realizó por triplicado, donde las pruebas físicas-mecánicas aplicadas a los tratamientos se realizaron al producto terminado sin lavar y después del primer, segundo y tercer lavado respectivamente, obteniendo un total de 24 muestras a ser analizadas, como se detalla en la Tabla I.

### Codificación de tratamientos del cuero

**Tabla 1.**

#### Codificación para los diferentes tratamientos aplicados

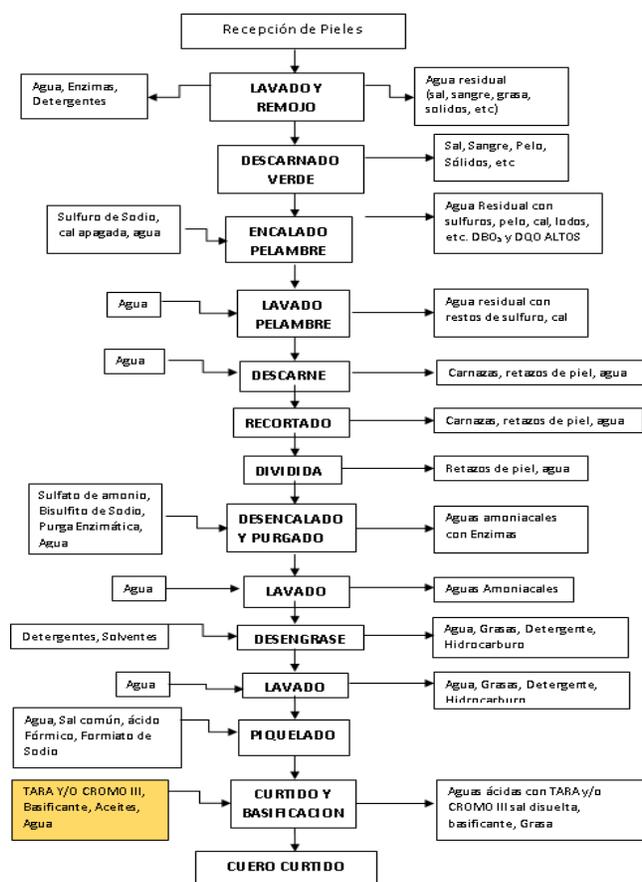
	<b>Cuero</b>							
<b>REP</b>	<b>sin</b>	<b>sin</b>	<b>sin</b>	<b>sin</b>	<b>con</b>	<b>con</b>	<b>con</b>	<b>con</b>
	<b>Polímero</b>							
	<b>sin lavar</b>	<b>1er lavado</b>	<b>2do lavado</b>	<b>3er lavado</b>	<b>sin lavar</b>	<b>1er lavado</b>	<b>2do lavado</b>	<b>3er lavado</b>
<b>1°</b>	T <sub>1</sub> L <sub>0</sub> R <sub>1</sub>	T <sub>1</sub> L <sub>1</sub> R <sub>1</sub>	T <sub>1</sub> L <sub>2</sub> R <sub>1</sub>	T <sub>1</sub> L <sub>3</sub> R <sub>1</sub>	T <sub>2</sub> L <sub>0</sub> R <sub>1</sub>	T <sub>2</sub> L <sub>1</sub> R <sub>1</sub>	T <sub>2</sub> L <sub>2</sub> R <sub>1</sub>	T <sub>2</sub> L <sub>3</sub> R <sub>1</sub>
<b>2°</b>	T <sub>1</sub> L <sub>0</sub> R <sub>2</sub>	T <sub>1</sub> L <sub>1</sub> R <sub>2</sub>	T <sub>1</sub> L <sub>2</sub> R <sub>2</sub>	T <sub>1</sub> L <sub>3</sub> R <sub>2</sub>	T <sub>2</sub> L <sub>0</sub> R <sub>2</sub>	T <sub>2</sub> L <sub>1</sub> R <sub>2</sub>	T <sub>2</sub> L <sub>2</sub> R <sub>2</sub>	T <sub>2</sub> L <sub>3</sub> R <sub>2</sub>
<b>3°</b>	T <sub>1</sub> L <sub>0</sub> R <sub>3</sub>	T <sub>1</sub> L <sub>1</sub> R <sub>3</sub>	T <sub>1</sub> L <sub>2</sub> R <sub>3</sub>	T <sub>1</sub> L <sub>3</sub> R <sub>3</sub>	T <sub>2</sub> L <sub>0</sub> R <sub>3</sub>	T <sub>2</sub> L <sub>1</sub> R <sub>3</sub>	T <sub>2</sub> L <sub>2</sub> R <sub>3</sub>	T <sub>2</sub> L <sub>3</sub> R <sub>3</sub>

### Proceso de obtención del cuero

La piel se obtuvo de proveedores (Ambato, provincia de Tungurahua). Ésta fue transportada en cámaras frigoríficas acondicionadas a una temperatura de 10°C hasta la fábrica de cueros “El ALCE”, donde se procedió a la elaboración del cuero (Guano, provincia de Chimborazo). La cantidad requerida de cuero para las 3 repeticiones del experimento fue de 24 unidades, cantidad suficiente para realizar los análisis físico-mecánicos. Los insumos que se necesitaron para este proceso como curtientes, grasas, ácidos, bases, acabados, etc., se obtuvieron en tiendas especializadas (Ambato, provincia de Tungurahua).

### Procedimiento en la elaboración del cuero

La piel de origen vacuno siguió un mismo protocolo de curtiembre, en la cual se utilizó el polímero Zetestan-GF en el proceso como agente engrasante y rellenante alternativo, la cual se comparó con un tratamiento control (blanco) utilizando engrasantes tradicionales (Grasa PROVOL BA, Sulphyrol HF, Synthol y rellenante de faldas). Elaborados mediante el protocolo utilizado en la industria de cueros “EL ALCE”, el cual se detalla a continuación:



**Fig. 2.** Protocolo utilizado en el proyecto de investigación en base a los procesos de la industria de cuero EL AL-CE (2020).

**Análisis de calidad de la materia prima**

Para determinar la calidad en pieles se realizó un muestreo por conveniencia (Puente, 2018) que selecciona la piel según las necesidades del investigador. El cuero tratado ha sido seleccionado con las siguientes características:

**Tabla 2.**

**Parámetros que deben cumplir las pieles procesadas**

Parámetros	Cumple	No cumple
	Sin perforaciones	X
Ausencia cicatrices	X	
Ausencia rasgaduras	X	
Proporción de cuero mediano (15-29.9Kg)	X	

Nota: Parámetros para la selección de pieles empleado por Puente (2018)

**Acondicionamiento de las muestras**

Para el análisis de las diferentes muestras se aplicaron condiciones ambientales de temperatura 23°C y humedad relativa del 50% parámetros de ambiente en las probetas de cuero para los análisis físico-mecánicos que se detallan en la siguiente tabla:

**Tabla 3.**

**Parámetros ambientales para los análisis físico-mecánicos del cuero.**

Condiciones	Normalizada	Normalizada Alternativa		Nivel de Tolerancia
		Especifica	Tropical	
Temperatura	23°C	20°C	27°C	+/-2.0°C
Humedad Relativa	50%	65%	65%	+/-5%

### **Preparación de muestras (Probetas)**

Se realizó la extracción de las probetas en referencia a la norma NTE INEN 551 (1981). Las extracciones de las probetas tuvieron su peculiaridad dependiendo el tipo de ensayo a se determinó si su forma fue rectangular o circular.

### **Lavado de las muestras**

Para el proceso de lavado de las probetas de cuero se utilizó máquina de lavar bajo condiciones específicas durante los diferentes lavados basadas en el ciclo de lavado para prendas delicadas conjuntamente con el porcentaje de 0,041% de detergente en polvo comercial y 8,86% de agua potable por kilogramo de muestra.

### **Análisis físico-mecánico**

#### **Resistencia a la tensión**

- La norma internacional IUP-6 especifica un método para determinar la resistencia a la tensión, así como el porcentaje de elongación. Es aplicable a todo tipo de pieles. Una pieza de prueba (probeta) se extiende a una velocidad especificada hasta que las fuerzas alcanzan un valor predeterminado o hasta que la pieza de prueba se rompe. Para ello se utilizó el dinamómetro.

La resistencia a la tensión,  $R$ , se expresa en newtons por centímetro cuadrado, se calculó usando la siguiente ecuación:

$$R = \frac{C}{A * e}$$

donde:

$R$  es la resistencia a la tensión (N/cm<sup>2</sup>)

$C$  es la fuerza más alta registrada, en newtons (N);

$A$  es el ancho medio de la probeta, en centímetros (cm);

$e$  es el espesor medio de la probeta, en centímetros (cm).

#### **Porcentaje de Elongación**

Para esta prueba se utilizó el dinamómetro basado en el método IUP 6, considerando que el límite mínimo permisible para los cueros terminados es de 40 %.

Para determinar el valor del porcentaje de elongación se debe aplicar la siguiente ecuación:

$$\%E = \frac{L_2 - L_0}{L_0} * 100$$

Donde:

$L_2$ =Longitud a la rotura de la probeta

$L_0$ =Longitud inicial de la probeta

Para determinar el valor de la longitud a la rotura de la probeta  $L_2$ :

$$L_2 = L_0 + De$$

Dónde:

De= Deformación de la probeta

### **Lastometría**

Para esta prueba se utilizó el método IUP 9 basado en el lastómetro, se coloca una probeta en forma circular en el equipo y se aplica una carga en el centro del cuero hasta la fisura de la flor, para obtener la presión necesaria aplicada. Por otra parte, para determinar el valor de lastometría se aplica una fórmula que permite obtener este valor en mm, a partir del valor de la presión en bares. El límite mínimo permisible que deben presentar los cueros terminados es 7 mm, según la norma.

De acuerdo a Puente (2018), el procedimiento idóneo es:

- Colocar en el lastómetro una probeta circular con la flor hacia afuera.
- La abrazadera debe estar fija sujetando al disco, se debe aplicar una carga mayor de 80 kg.
- Identificar el valor de la ruptura de la flor del cuero y verificar si cumple con el valor estándar requerido en la norma.

### **Flexometría**

La determinación de la resistencia a la flexión del cuero en estado seco o húmedo y de los acabados aplicados al mismo se calculan a todo tipo de pieles con un espesor menor de 3.0 mm. Para este análisis, la muestra se dobla y se sujeta en la abrazadera superior móvil, que incluye en un par de placas planas pivotantes con un espesor máximo de 4 mm con la superficie a ensayar hacia adentro y en una mordaza fija ubicada en el mismo plano vertical que (abajo) la mandíbula superior, que consta de dos placas planas para sujetar muestras con la superficie a ensayar hacia fuera. La mordaza superior produce un pliegue a lo largo de toda la probeta. La probeta se examina periódicamente para detectar daños según la norma NTE INEN ISO 5402-1, 2014.

### **Suavidad**

Este método se aplicó a todas las pieles en bruto que no sean duras y se midan en mm. En este caso, una barra cilíndrica de cierto peso se baja a cierta velocidad sobre la zona de piel que se sujeta firmemente. La tensión de la piel se registra como suavidad, con una precisión de un micrómetro

de 0.1 mm, para medir directamente la distensión del cuero producida por la carga. La fuerza efectiva total de ensayo se compone del peso total de la varilla y de la masa cilíndrica de  $5.2 \pm 0,1$  N más una fuerza operacional constante de  $1,2 \pm 0,2$  N, y una fuerza adicional lineal creciente del resorte de  $0.4 \pm 0.1$  N (con una deformación del resorte de 5 mm), de forma que la fuerza efectiva total del ensayo es del orden de entre 6.4 N y 7.2 N según la norma ISO 17235.

### Análisis estadístico

La tabulación de datos se realizó en el programa Microsoft Excel 2010. Para el análisis estadístico de los datos se utilizó el programa SAS versión 9.0. Se aplicó un ANOVA de medidas repetidas a las características físico-mecánicas del cuero control y cuero aplicado polímero Zetestan-GF, y para determinar las diferencias de las medias se utilizó la prueba de Tukey ( $P < 0.05$ ).

### Resultados y discusión

#### *Evaluación de las características físico-mecánicas del cuero control y cuero aplicado polímero zetestan-gf durante los diferentes lavados*

En la tabla 4 se muestran los resultados de la evaluación de las características físico-mecánicas del cuero control y cuero aplicado polímero Zetestan-GF, con la aplicación de 0, 1, 2 y 3 lavados.

**Tabla 4.**

#### **Evaluación de las características físico- mecánicas del cuero tipo vestimenta por efecto de la interacción entre la presencia de polímero por el número de lavadas.**

Parámetro	TRATAMIENTOS								
	T1L0	T1L1	T1L2	T1L3	T2L0	T2L1	T2L2	T2L3	EEM
Suavidad (mm)	62,00±1,73 <sup>a</sup>	63,00±0,00 <sup>a</sup>	63,00±0,00 <sup>a</sup>	63,00±0,00 <sup>a</sup>	59,00±1,73 <sup>b</sup>	62,00±1,73 <sup>a</sup>	62,00±1,15 <sup>a</sup>	62,00±0,58 <sup>a</sup>	0,32
Resistencia a la tensión (N/mm <sup>2</sup> )	54,70±2,60 <sup>a</sup>	47,43±1,56 <sup>c</sup>	40,28±2,31 <sup>c</sup>	36,74±2,58 <sup>f</sup>	53,28±1,02 <sup>ab</sup>	50,33±3,66 <sup>bd</sup>	49,19±2,87 <sup>bd</sup>	48,20±3,21 <sup>d</sup>	1,81
Porcentaje de elongación (%)	31,95±0,78 <sup>b</sup>	32,81±2,51 <sup>b</sup>	33,33±2,18 <sup>a</sup>	34,76±2,18 <sup>a</sup>	30,85±0,75 <sup>c</sup>	30,85±0,76 <sup>c</sup>	31,05±0,91 <sup>c</sup>	32,38±0,82 <sup>b</sup>	0,38
Lastometría (mm)	10,00±0,11	10,06±0,01	10,05±0,03	10,00±0,04	10,01±0,01	10,07±0,02	10,06±0,01	10,08±0,01	0,01
Flexometría en seco (ciclos)	50352,33±1,53 <sup>c</sup>	50314,67±2,52 <sup>c</sup>	50122,33±1,53 <sup>d</sup>	50033,33±2,52 <sup>d</sup>	55573,33±2,89 <sup>a</sup>	55442,33±1,53 <sup>a</sup>	50705,00±1,00 <sup>b</sup>	50053,67±2,08 <sup>d</sup>	475,39
Flexometría en húmedo (ciclos)	25961,67±0,58 <sup>a</sup>	25185,33±3,06 <sup>c</sup>	25156,33±1,53 <sup>c</sup>	25111,00±8,71 <sup>cd</sup>	25462,00±0,00 <sup>b</sup>	25455,00±1,00 <sup>b</sup>	25135,33±1,15 <sup>c</sup>	25096,33±0,58 <sup>d</sup>	58,18

a-c Valores medios de la misma variable en la misma fila con diferente superíndice difieren significativamente ( $p > 0,05$ ). T1L0: tratamiento control sin lavar, T1L1, T1L2 y T1L3: tratamiento control que se aplicó 1, 2 y 3 lavados. T2L0: tratamiento con Zetestan-GF, T2L1, T2L2 y T2L3: tratamiento con Zetestan-GF que se aplicó 1, 2 y 3 lavados.

### **Suavidad**

Para el parámetro de suavidad se observó que no existieron diferencias entre los tratamientos, con excepción del tratamiento donde no se aplicó el lavado y se utilizó el polímero Zetestan-GF (T<sub>2</sub>L<sub>0</sub>) que presentó valores menores de suavidad con respecto a los demás. La presencia del polímero puede ocasionar que el comportamiento de movimiento de la fibra de colágeno haya jugado un papel importante en la suavidad (Liao et al., 2005). Incluso aunque la cadena hidrofóbica de polímero podría lubricar el movimiento de fibra de colágeno, el puente de hidrógeno entre las fibras de colágeno podría dificultar el movimiento, lo que llevó a que la suavidad no mejorara.

### **Resistencia a la tensión**

De acuerdo a los resultados se observó que a medida que el número de lavados aumenta, la resistencia a la tensión disminuye para ambos tratamientos. La evaporación del agua de los capilares produce una retracción fibrilar resultando un cuero rígido en ciertas áreas, generando que el efecto de secado posterior a cada lavado provoque cambios fisicoquímicos, como la reducción del contenido de humedad del cuero y la contracción de su superficie, estos cambios fueron más evidentes en las muestras sin la presencia del polímero.

### **Porcentaje de elongación**

Los resultados indican que en ambos tratamientos el porcentaje de elongación disminuye, a medida que se incrementa el número de lavados, presentando diferencias cuando al tratamiento sin la aplicación del polímero se aplicó el segundo lavado. Por otro lado, el tratamiento que tuvo la aplicación del polímero presentó diferencias únicamente cuando no se aplicó lavado. Estos resultados tienen correspondencia con lo observado en el parámetro de resistencia a la tensión, debido a que cada lavado seguido del secado genera pérdidas de humedad en las muestras provocando cueros más rígidos y por ende con menores porcentajes de elongación.

### **Lastometría**

En el parámetro de lastometría no se observaron diferencias en ninguno de los tratamientos, determinando que la aplicación del polímero no influye en la prueba de lastometría durante los diferentes lavados, todas las muestras analizadas presentaron valores superiores a 7 mm, encontrándose dentro de los parámetros que establece la norma IUP 9.

### ***Flexometría en seco***

De acuerdo a los valores medios obtenidos en las evaluaciones de flexometría en seco del cuero vacuno por efecto de la interacción entre el uso de polímero y el número de lavados, se observó

que a medida que aumenta el número de lavados los valores van disminuyendo, siendo evidente cuando el tratamiento sin polímero presenta su segundo y tercer lavado, por otro lado, el tratamiento con polímero los valores van disminuyendo a partir del tercer lavado. Además, se observó que el tratamiento con la presencia del polímero tiene valores mayores de flexometría en seco. Los valores obtenidos se encuentran dentro de los parámetros establecidos IUP donde se establece que un cuero debe cumplir una cantidad mayor a 50000 flexiones. Estos resultados nos indican que al secar el cuero se produce una contracción de la superficie, provocando que los capilares se cierren produciendo una serie de enlaces químicos en la estructura del cuero resultante.

### **Flexometría en húmedo**

Con respecto al parámetro de la flexometría en húmedo, se evidenció el mismo comportamiento que con el parámetro de flexometría en seco, donde se observó que a medida que aumenta el número de lavados los valores van disminuyendo en ambos tratamientos. Además, se obtuvo valores superiores a 20.000 flexiones, los mismos que tienen correspondencia a lo que establece la norma IUP. Al igual que la flexometría en seco se observa una contracción de la superficie del cuero resultante.

### **Conclusiones**

La valoración de las resistencias físicas del cuero tipo vestimenta durante el proceso de curtido, registra las respuestas más altas en los cueros sin aplicación de polímero Zetestan-GF, específicamente en suavidad, resistencia a la tensión y porcentaje de elongación. En cuanto a la valoración de lastometría, flexometría en seco y húmedo, los cueros a los cuales se les aplico polímeros consiguieron las respuestas más altas, considerando que, para la confección de artículos de vestimenta las exigencias de calidad son muy estrictas por ello el cuero debe poseer altas resistencias físicas. Además, la resistencia a la tensión y la lastometría aumenta con el tercer lavado, mientras que la suavidad y la flexometría en seco disminuye, con lo que se puede afirmar que al utilizar condiciones controladas de producción y crear protocolos estandarizados se puede producir cueros de calidad. Así mismo al revisar el margen de utilidad se puede observar que el lote de cueros tratados con polímero Zetestan-GF, supera los márgenes de ganancia en comparación con las muestras sin polímero, es decir es rentable la producción de este tipo de cueros ya que se alcanza un mayor beneficio costo, por ende, se recomienda realizar más investigaciones sobre el uso del polímero Zetestan-GF en la elaboración del cuero lavable tipo vestimenta.

## Referencias

- Cevallos Agudelo, E. N. (2013). Evaluación de un Acabado Lúcido Utilizando Diferentes Niveles de Resina Micro Dispersa en Cuero Nobuck Para la Elaboración de Calzado (Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo).
- Gao, D., Li, N., Li, X., Zhang, A., Lyu, B., & Ma, J. (2023). A green tanning method based on POSS-COONa and zirconium: Achieving cleaner leather production. *Progress in Organic Coatings*, 183, 107718.
- ITP RED CITE (2018). Boletín De Vigilancia Tecnológica Cuero Y Calzado N°001-2018 .Evaluación Para La Sustitución De Procesos Y/O Productos Químicos Para La Producción Limpia En La Industria De Curtiembres. 1,6-8. CITE
- Lupera Gómez, V. K. (2022). Obtención de cueros de vestimenta lavable utilizando diferentes niveles de polímero Zetestan Gf.
- Nalyanya, K.M., Rop, R.K., Onyuka, A., Migunde, P.O., Ngumbu, R.G., *J Appl Polym Sci*, 2017b, 133, 43208, <https://doi.org/10.1002/app.43208>.
- Puente, Cesar. (2018). Aplicación de un proceso de curtido de pieles bovinas sin cromo utilizando oxazolidina en combinación con Gael Salpinia Espinosa (tara). Tesis para Doctor en Ingeniería Industrial. Universidad Mayor de san Marcos, Lima, Perú: Universidad de San Marcos, 2018. pp 23-35-46-57-68-79-80-91.
- Roig, M. et al. (2012) "Chrome-free leather, tanned with oxazolidine". *Journal of AQEIC* [en línea], 2012, (España) 63 (4), pp. 101-110. [Consulta: 3 octubre 2021]. ISSN 2014-8011. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7063567>
- Żarłok, J., Śmiechowski, K., Mucha, K., & Tęcza, A. (2014). Research on application of flax and soya oil for leather fatliquoring. *Journal of cleaner production*, 65, 583-589.
- Wang, Y., Zheng, M., Liu, X., Yue, O., Wang, X., & Jiang, H. (2021). Advanced collagen nanofibers-based functional bio-composites for high-value utilization of leather: A review. *Journal of Science: Advanced Materials and Devices*, 6(2), 153-166.