

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



Comparación del método de corte de piezas para
la fabricación de zapatos por medio de láser y
troquelado en función de las propiedades de
elongación

Trabajo de Graduación presentado por
Madeleine Cesilia Sherlley de Jesús Car Camey
para optar por el grado académico de Licenciada
en Ingeniería Química Industrial

Guatemala,
2022

Comparación del método de corte de piezas para
la fabricación de zapatos por medio de láser y
troquelado en función de las propiedades de
elongación

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



Comparación del método de corte de piezas para
la fabricación de zapatos por medio de láser y
troquelado en función de las propiedades de
elongación

Trabajo de Graduación presentado por
Madeleine Cesilia Sherlley de Jesús Car Camey
para optar por el grado académico de Licenciada
en Ingeniería Química Industrial

Guatemala,
2022

Vo.Bo. :

(f)

Ing. Gamaliel Giovanni Zambrano Ruano, M.

Tribunal examinador:

(f)

Ing. Gamaliel Giovanni Zambrano Ruano, M.

(f)

Ing. José Andrés Lam Ceballos

(f)

Ing. Carmen Ortiz, M.A.

Fecha de aprobación: Guatemala, 15 de junio de 2022.

PREFACIO

Este trabajo se elaboró y forma parte de mi identidad, debido a que nací en un contexto en el que desde pequeña, supe de la fabricación y distribución de calzado, fue una experiencia muy gratificante principalmente en la elección del tema y el apoyo, y en la historia del mismo, poder viajar a Jutiapa cada vez que se requirió para realizar corridas con diferentes tipos de cuero, regresar a la ciudad de Guatemala, para comprar materiales, aprender de ellos tanto tipos de cuero, troqueles y poder cortar con alta tecnología en el D-Hive, luego hacer las pruebas de compresión como montaje del calzado tipo Stitcher hicieron de esta experiencia un viaje sumamente retador, pero bendecido.

La elaboración de este Trabajo de Graduación se debe a Dios, principalmente a Él y solo a Él. Se podría decir simplemente que Él ha hecho todo posible, y lo sigue haciendo. Asimismo, agradezco a mi hermanita por ayudarme a darme ánimos cuando ya no los tenía, por cuidarme con cariño fraternal, a mi padre Rolando Car, por ser la fuerza del hogar, por enseñarme a ser una persona diligente desde que viajábamos de San Martín a Chimaltenango para estudiar, y por mostrarme que se puede soñar más allá, y estar abierto a todas las maneras de poder convencer y ser lucrativo, y que se puede hacer una vida se puede hacer de manera honesta y además con mucha creatividad. A mi madre, Esthela Camey, por ser la ternura y bondad personificada, por mostrarme un amor que sabe a rosas, por cuidarme y por enseñarme que se puede entregar tanto a los demás de una manera genuina y desinteresada, y porque estuvo escuchándome hablar de cuero, tipos de cuero, su estructura todo el tiempo y siempre mostró interés.

A todas las personas que conocí e hicieron esto posible, a Carlos Recinos, dueño de “Calzado Kevin” que me permitió visitarle en Jutiapa y hacer todas las corridas necesarias hasta tener la adecuada con la troqueladora y timbradora. Por acogerme bien con su familia, y transmitirme su conocimiento de calzado, por mostrarme todo el potencial de las personas guatemaltecas en esta industria junto con mi padre. A Jairo Vásquez, técnico del Laboratorio de Ing. Civil por hacer todas las corridas con las probetas de cuero, hasta perfeccionar el método y por su paciencia. A Mayari Pérez por apoyarme y ayudarme a cambiar un método manual a uno digital, al enseñarme cómo cambiar moldes de troqueladora a las 28 piezas del calzado Stitcher No. 40, y por enseñarme cómo usar una cortadora láser. A Cecilia Marsicovetere por continuar con el apoyo en el D-Hive y transmitirme su sabiduría como estudiante, y como persona, por ser muy diligente y a la vez llenarme de energía cuando ya no creía en lo que hacía. A Ivonne García de Distribuidora Innove, por transmitirme su conocimiento en los tipos de cueros y asesorarme en la compra de los cueros para este trabajo.

Al ingeniero Zambrano por enseñarme a ser una mejor analista y hacer mejores discusiones, por mostrarme un camino de excelencia y aceptar ser mi asesor. Al ingeniero Núñez y la ingeniera Carmen, por escucharme en las sesiones del trabajo de graduación, y escuchar mis locuras como mis altibajos. Al ingeniero Lam por su apoyo y correcciones, al ingeniero Cristián Rossi por fortalecer mi pensamiento crítico, y mis amigos de la universidad, a CDC, Voces del Valle, Cafella, resto de mi familia y conocidos, gracias.

ÍNDICE

PREFACIO.....	vi
LISTA DE CUADROS.....	x
LISTA DE GRÁFICOS.....	xiv
RESUMEN.....	xvi
I. Introducción.....	1
II. Antecedentes.....	3
A. Comportamiento del cuero respecto a la elongación.....	3
III. Justificación.....	8
IV. Objetivos.....	9
A. General.....	9
B. Específicos.....	9
V. Marco teórico.....	10
A. Ciencia de los materiales e ingeniería.....	10
B. Cuero.....	11
C. Estructura del cuero.....	15
D. Tipos de cuero.....	16
E. Contexto del cuero para calzado en Guatemala.....	19
F. Sistemas de construcción de calzado.....	22
G. Técnicas de corte en calzado.....	24
H. Descripción y requisitos de propiedades físicas de cuero bovino curtido al cromo para calzado.....	29
VI. Metodología.....	32
A. Metodología general.....	32
B. Metodología específica.....	40
VII. Resultados.....	49
VIII. Discusión de resultados.....	51

IX.	Conclusiones	58
X.	Recomendaciones	59
XI.	Bibliografía	60
XII.	Anexos	63
A.	Diagramas de flujo	63
B.	Planos de los equipos	65
C.	Datos de placa del equipo.....	67
D.	Datos originales	69
E.	Cálculo de muestra	88
F.	Datos calculados	94
G.	Análisis de error	104
H.	Normade pruebas para propiedades de elongación	107
I.	Parámetros establecidos en cortadora láser.....	107
J.	Fabricación calzado tipo Stitcher en Taller de Calzado Kevin.....	112
K.	Impacto ambiental	114
L.	Aplicación en la industria.....	114
M.	Problema resuelto	115
N.	Otros	116
XIII.	Glosario	120

LISTA DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Análisis químico de probetas de cuero con estrés de 10% de tensión	6
2. No. de trabajadores y su clasificación en Grecaza.....	20
3. Clave en troqueles.....	27
4. Numeración por tipo de corrida	27
5. Requisitos en calzado en hombre.....	30
6. Dimensiones según las probetas tipo A (largas), B (estándar) en milímetros y C (método INEN)	32
7. Requisitos en calzado en hombre.....	33
8. Espesor ingresado y ajustes de intensidad de corte, utilizados en cuero tipo “Pullup” color café.....	37
9. Espesor ingresado y ajustes de intensidad de corte utilizados en cuero Crazy beige	37
10. Espesor ingresado y ajustes de intensidad de corte utilizados en cuero Nubuck gris	38
11. Resumen de propiedades de elongación para cada tipo de cuero	49
12. Valores de ajuste para la operación de corte láser en tres diferentes tipos de cuero	49
13. Eficiencia en tiempos de operación y eficacia de corte láser vs corte por troqueladora	50
14. . Comparación de Tasa Interna de Retorno entre la troqueladora (X) y la láser (Y)	50
15. Compresor Universal Forney con indicador digital TA-1253	67
16. Sistema hidráulico del Compresor Universal Forney	67
17. Troqueladora ATOM	67
18. Timbradora.....	68
19. Cortadora láser PLS4.75	68
20. Compresor 100 Lb	68
21. Caracterización de cueros del estudio.....	69
22. Costos por método de corte por troquelado y láser según tipo cuero	70
23. Espesores de las probetas según cuero.....	71
24. Pruebas de elongación de la rotura de las probetas.....	72
25. Densidad aparente.....	73

26. Prueba elongación de probeta troquelada de cuero Pullup café vertical 1.....	74
27. Prueba elongación probeta troquelada de cuero Pullup café vertical 2	74
28. Prueba elongación probeta troquelada de cuero Pullup café vertical 3	75
29. Prueba elongación troquelada de cuero Pullup café horizontal 1	75
30. Prueba elongación troquelada de cuero Pullup café horizontal 2	76
31. Prueba elongación troquelada de cuero Pullup café horizontal 3	76
32. Prueba elongación cortada por láser de cuero Pullup café vertical 1.....	77
33. Prueba elongación probeta cortada por láser de cuero Pullup café vertical 2.....	77
34. Prueba elongación cortada por láser de cuero Pullup café vertical 3.....	78
35. Prueba elongación probeta cortada por láser de cuero Pullup café horizontal 1 ...	78
36. Prueba elongación probeta cortada por láser de cuero Pullup café horizontal 2 ...	79
37. Prueba elongación probeta cortada por láser de cuero Pullup café horizontal 3 ...	79
38. Prueba de elongación probeta troquelada de cuero Crazy beige vertical 1	80
39. Pruebas de elongación probeta troquelada de cuero Crazy beige vertical 2.....	80
40. Pruebas de elongación de probeta troquelado cuero Crazy beige vertical 3.....	80
41. Pruebas de elongación probeta troquelado cuero Crazy beige horizontal 1	81
42. Prueba de elongación probeta troquelado cuero Crazy beige horizontal 2.....	81
43. Prueba de elongación probeta troquelada de cuero Crazy beige horizontal 3	81
44. Prueba de elongación probeta cortada con láser de cuero Crazy beige vertical 1 .	82
45. Prueba de elongación probeta cortada con láser de cuero Crazy beige vertical 2 .	82
46. Prueba de elongación probeta cortada con láser de cuero Crazy beige vertical 3 .	82
47. Prueba de elongación probeta cortada con láser de cuero Crazy beige horizontal 1	83
48. Prueba de elongación probeta cortada con láser de cuero Crazy beige horizontal 2	83
49. Prueba de elongación probeta cortada con láser de cuero Crazy beige horizontal 3	83
50. Prueba de elongación probeta troquelada de cuero Nubuck gris vertical 1	84
51. Prueba de elongación probeta troquelada de cuero Nubuck gris vertical 2	84
52. Prueba elongación probeta troquelada Nubuck gris vertical 3	84
53. Pruebas de elongación probeta troquelada de cuero Nubuck gris horizontal 1	85
54. Prueba de elongación probeta troquelada de cuero Nubuck gris horizontal 2	85
55. Prueba de elongación probeta troquelada de cuero Nubuck gris horizontal 3	85
56. Pruebas de elongación probeta cortada con láser de cuero Nubuck gris vertical	186

57. Pruebas de elongación probeta cortadas con láser Nubuck gris vertical 2	86
58. Prueba de elongación probeta cortada con láser de cuero Nubuck gris vertical 3.	86
59. Prueba de elongación probeta cortada láser de cuero Nubuck gris horizontal 1 ...	87
60. Prueba de elongación probeta cortada láser de cuero Nubuck gris horizontal 2 ...	87
61. Prueba de elongación probeta cortada láser de cuero Nubuck gris horizontal 3 ...	87
62. Cuadro de las propiedades de elongación, resistencia a la tracción y rigidez aparente del cuero Pullup.....	94
63. Propiedades de elongación, resistencia a la tracción y rigidez aparente del cuero Crazy beige	97
64. Propiedades de elongación, resistencia a la tracción y rigidez aparente del cuero Nubuck gris	100
65. Comparación entre troquelado y láser	103
66. Operación de troqueladora en Calzado Kevin	112
67. Piezas cortadas para un calzado stitcher por Calzado Kevin de Santa Catarina Mita, Jutiapa.....	113
68. Links a youtube de cada operación.....	116

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1. Formas de estiramiento en cueros superiores	5
2. Propiedades materiales.....	11
3. Zonas en las que se divide la piel.....	12
4. Sector de empresas involucradas en la fabricación de calzado.....	20
5. Molde en troquel	26
6. Hoja de acero a alta velocidad empleado en la elaboración de cuchilla para corte manual en el sector del cuero	28
7. Representación de las fuerzas que se producen en un proceso de corte	29
8. Fuerzas que intervienen en un proceso de corte con cuchilla	29
9. Muestreo según ASTM de un lote de artículos fabricados con cuero	30
10. Medidas para probeta ISO 2419.....	32
11. Muestreo según ASTM de un lote de artículos fabricados con cuero	33
12. Selección tipo material.....	35
13. Selección subtipo material	35
14. Ubicación de las medidas del espesor en las probetas	36
15. Ingreso grosor de material.....	36
16. Pasos para guardar ajustes de intensidad y espesor	36
17. Piezas para un calzado Stitcher No. 40	39
18. Ensayos físicos en pieles completas.....	41
19. Pruebas físicas para el hombro y posiciones del ombligo	42
20. Posiciones del ombligo	42
21. Extracción muestras en vientres.....	43
22. Muestreo según ASTM de un lote de artículos fabricados con cuero	45
23. Pestaña de controlador de impresor	108
24. Banco de materiales en cortadora láser.....	109
25. Variables de operación establecidas para tipo material natural	109
26. Variables de operación establecidas para subtipo cuero.....	109
27. Panel de control para usuarios avanzados.....	111
28. Ojetera.....	113
29. Tubo	113

30. Lateral 1	113
31. Correa.....	113
32. Lateral 2	113
33. Plato	113
34. Lateral 3	113
35. Lengüeta.....	113
36. Pala.....	113
37. Trasera.....	113
38. Probetas cortadas por láser en Pullup café.....	117
39. Probetas cortadas por láser en Crazy beige.....	117
40. Probetas cortadas por láser cuero Nubuck gris	117
41. Probetas cortadas por troquelado en cuero Pullup café	117
42. Probetas cortadas por troquelado en cuero Crazy beige	117
43. Probetas cortadas en troquelado por cuero Nubuck gris.....	117
44. Probetas comparadas por corte (todas las del lado derecho son cortadas con láser y las del izquierdo con troqueladora).....	118
45. Operación de troqueladora en Calzado Kevin	118
46. Corte con cortadora láser	119

RESUMEN

El objetivo de este estudio era evaluar tres tipos de cueros nacionales y poder hacer análisis de parámetros de elongación para realizar calzado de trabajo de buena calidad, comparando el corte láser con el troquelado manual utilizando las propiedades físicas de elongación para la fabricación de zapatos. Se realizó el corte de un zapato tipo Stitcher no. 40 en tres tipos de cuero siendo Pullup café, Crazy beige y Nubuck gris, utilizando una troqueladora ATOM y una timbradora Mac GT en el taller “Calzado Kevin” en Jutiapa, Guatemala; comparada con la cortadora láser PLS4.75 del D-HIVE de la Universidad del Valle de Guatemala. De los cueros examinados ninguno supera todos los valores estándar mínimos de las propiedades de elongación a la rotura, resistencia a la tracción y rigidez aparente según el método NTE INEN-ISO 3376 sin importar el método de corte utilizado; sin embargo, se observó que la elongación a la rotura de todos los tipos de cuero de este estudio cortados con láser es mayor a los cortados con troqueladora en 1 a 5%, pero en cuanto a rigidez aparente, será mayor en los tres tipos de cuero cortados con troquel en un rango de 10 a 24% versus a los cortados con láser. Al no tener una ventaja significativa en las tres propiedades físicas dependiendo del corte al compararlo, se determinó que se prefiere el corte por troqueladora a la láser debido a que tiene un aspecto más homogéneo al hacer el corte, tiene tiempos de operación menores en un 51% y corta todas las 28 piezas del calzado sin defectos como al comparar costos de inversión inicial y de operación anual durante 5 años, la TIR de inversión de la cortadora PLS4.75 versus la troqueladora ATOM y la timbradora Mac GT, es de 7% la cual al no ser mayor a la TMAR de 12% hace que se rechace la inversión en la cortadora láser.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate three types of national leather and to be able to analyze the elongation parameters to make good quality work footwear, comparing laser cutting with manual punching using the physical properties of elongation for the manufacture of shoes. With the aim of evaluating laser engraving and cutting compared to die-cutting using the physical properties of elongation for the manufacture of shoes, a stitcher type shoe number 40 was cut in three types of leather being Pullup café, Crazy beige and Nubuck gray, using an ATOM die-cutter and a Mac GT stamping machine in the “Calzado Kevin” workshop in Jutiapa, Guatemala; compared to the PLS4.75 laser cutter from D-HIVE of the Universidad del Valle de Guatemala. Of the leathers examined, none exceeded all the minimum standard values of the properties of elongation at break, tensile strength and apparent stiffness according to the NTE INEN-ISO 3376 method, regardless of the cutting method used, however, it is important that all the laser-cut leather types elongation at break of in this study are greater than those cut with a die cutter by 1 to 5%, but in terms of apparent stiffness, it will be greater in the three types of die-cut leather in a range 10 to 24% versus laser cut. By not having a significant advantage in the three physical properties according to the cut when comparing them, it was determined that die cutting is the preferred cut method because it has a more homogeneous appearance when making the cut, it has shorter operating times by 51% and cuts all 28 pieces of the shoe without defects as when comparing costs of initial investment and annual operating costs for 5 years, the investment IRR of the PLS4.75 cutter versus the ATOM die cutter and the Mac GT stamping machine is 7% which, as it is not greater than the TMAR of 12%, the investment in the laser PLS4.75 is not worth it.

I. INTRODUCCIÓN

En Guatemala, la actividad con pieles o cuero inició en la época precolombina, cuando los pueblos indígenas procesaron estos materiales para la elaboración de artículos como forma de protección corporal y calzado. Con la llegada de los españoles en 1524, inició la manufactura de calzado, sillas de montar, pastas para libros y ropa. Con la llegada de los artesanos españoles, también arribaron los curtidores de cuero y la cadena productiva fue integrada. La distancia obligó a que las pieles se curtieran en Guatemala y no en Europa. La actividad se industrializó entre los años comprendidos entre 1950 a 1980. El calzado guatemalteco se distinguió por su elegancia, moda y calidad. La tradición de las familias guatemaltecas por la costura fue el valor agregado; y a pesar de la llegada de la tecnología, se requirió siempre la mano de obra. Algunos pequeños talleres familiares se transformaron en empresas formales que utilizaron maquinaria industrial, pero continuaron con el uso de diseños artesanales.

De 1980 a 1995 se obtuvo una alta producción tanto de calzado a nivel industrial como de curtido de cuero, pero la falta de actividad ganadera, y en efecto la escasez y baja calidad de los cueros, como el atraso en tecnología, el contrabando, las importaciones de calzado usado y asiático a precios bajos y efectos de la recesión económica mundial causaron momentos difíciles en esta industria (DACE, 2015). Por lo que, debido a los Tratados de Libre Comercio (TLC) con República Dominicana y México permitieron que se manifestara la creciente urgencia de actualizar la tecnología de la industria del calzado. Dentro de estas tecnologías se encuentran los métodos de corte para el calzado, los cuales son corte manual por troqueladora y cuchilla como corte por láser.

El cuero ofrece una alta resistencia a las herramientas que se usan para trabajarlo, con excepción del rayo láser, que se realiza sin contacto y produce efectos homogéneos, sin desgastar el material. Además, que no hay contacto de pieza a pieza, por lo cual hay ahorros en cuchillas y no se pierde tiempo en sujetar el cuero para su procesamiento solo es necesario insertar la hoja en la cama del sistema láser teniendo el diseño listo como definiendo el espesor del material con anterioridad para introducirlo dentro de los parámetros, por otro lado el corte con troquel se realiza con una máquina troquelado, que necesita limpieza, lubricación, revisión general y su principal elemento a verificar es el nivel de aceite. Los troqueles tienen una altura de 19 mm, en la regulación de la altura de la máquina se darán 18mm, y que se penetra 1 mm al momento de corte. Se debe tener precaución al tomar los troqueles debido a que es cuándo se dan las cortadas en los dedos, debido al filo que poseen estos moldes en su perímetro (Paredes, 2010). El operario debe tener el hábito de mover el troquel, tomándolo con los dedos índices y pulgares, ya que ambos forman un arto que permite movilizar la pieza sin el peligro de tocar sus filos de corte.

Y, por último, el corte con cuchilla es aquel en el que esta herramienta manual, se encuentra bajo diferentes fuerzas: fricción, tracción, compresión y flexión para realizar el corte en el cuero siguiendo un molde y su funcionalidad de cuchilla puede depender del desgaste el cual se da después de cortes sucesivos en materiales blandos,

lo que la herramienta pierde brillo en su punto y esto es un indicador cualitativo del desgaste. Todos estos son métodos de corte distintos, pero tienen el mismo objetivo mantener las propiedades físicas del calzado tales como alta flexibilidad para prevenir la aparición de fisuras y roturas en la zona de flexión del empeine del calzado, de manera que resista los esfuerzos de alargamiento durante el montaje especialmente en la puntera, como su elasticidad, para adaptarse a la morfología del pie del usuario, pero no debe ser excesiva, porque se deformaría y se alterarían sus dimensiones. Para esto se evalúan las propiedades de elongación, resistencia a la tracción y rigidez aparente. Las cuales se evalúan al cortar probetas en el cuero en la parte central de la flor (se le llama flor al cuero entero) y sometidas a una presión determinada en una Compresora Universal midiendo la cantidad en centímetros que logra estirarse antes de romperse, este proceso se explica mejor en el apartado de “Metodología”. Asimismo, es necesario medir la eficiencia del proceso en cuestión de cantidad de residuos que dejan después de cortar las piezas para un par de zapatos en el proceso de corte por troquelado, y el láser, como la cantidad de tiempo invertido por operación para determinar cuál tiene mejor desempeño en estos dos aspectos.

El resumen de la comparación de dichas propiedades (elongación, resistencia a la tracción y rigidez aparente) como el tiempo invertido y los residuos se muestran en el apartado de resultados y se determina el cuero con mejores propiedades físicas al compararlas, como es definido el método de corte que las mantiene, porque como se mencionó, es necesario que el cuero para el calzado pueda ser lo suficientemente elástico como para el montaje de la puntera pero no tanto como para perder su forma al calzar en el pie del consumidor.

II. ANTECEDENTES

A. Comportamiento del cuero respecto a la elongación

Cuando se tira, el cuero se estira considerablemente y retiene algo de extensión cuando se suelta. Esto significa que después de tirar, el comportamiento del cuero se puede definir por dos propiedades complementarias: plasticidad y elasticidad. Cuanto mayor es la primera, menor es la última: plasticidad o estiramiento es la capacidad de aumentar apreciablemente la longitud sin daño cuando se tira y de retener la extensión cuando se suelta; la elasticidad es la capacidad de recuperar su tamaño y forma originales después de la deformación. La mayoría de los cueros requieren conservar su forma razonablemente durante su uso. Esto es ciertamente cierto en el caso de los cueros superiores de los zapatos. Pero para los cueros para guantes y gamuza se aplican consideraciones diferentes. La acción de ponerse un guante y asegurar un ajuste perfecto a los dedos y la mano implica estirar en algunas direcciones a expensas de otras, quedando poca tensión residual después de la deformación para producir una recuperación elástica. De manera similar, el cuero de gamuza se puede tirar en una dirección, provocando una contracción en la dirección perpendicular en el plano del cuero y, en este caso, también algún cambio en el grosor. La deformación puede ocurrir entonces, como en algunos materiales textiles, por cambio de ángulo entre fibras en la red, sin que ocurra lo mismo donde las fibras están unidas entre sí. Según la aplicación final, el cuero debe tener un comportamiento que busque un equilibrio entre plasticidad y elasticidad. El esfuerzo del cuero y su recuperación elástica inmediata y fraguado permanente dependen principalmente de la carga aplicada, mientras que la recuperación retardada depende más de la estructura del cuero que de la carga aplicada (Manich, Castellar, González, Ussman, & Marsal, 2007).

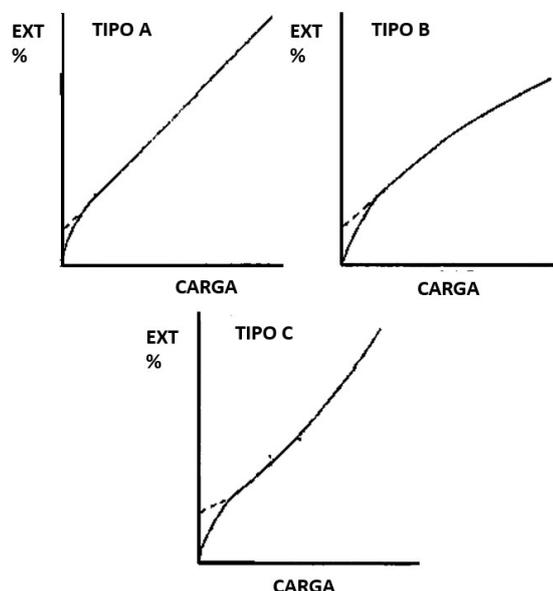
La disponibilidad de máquinas de ensayo de tracción y la importancia de la resistencia a la tracción y la extensión a la rotura para algunos usos del cuero dieron como resultado las primeras investigaciones de la extensión lineal. Wilson (1929) resumió sus propias investigaciones extensas, y al dividir cueros de becerro típicos curtidos al cromo y curtidos con vegetales en dos capas paralelas a la superficie, que la capa de grano era mucho más débil que el resto de la sección. Como era de esperar, la división reduce la resistencia combinada de las dos partes divididas, ya que las fibras se cortan y se sujetan con menos firmeza (ver más abajo) en cada parte (Ward A. , 1974).

Comportamiento de cueros superiores

La mayoría de los cueros muestran, cuando se estiran, una respuesta principalmente elástica, aunque se producen diversos grados de respuesta elástica y plástica retardada. Se debe tener precaución al generalizar los resultados, ya que los hallazgos para un tipo particular de cuero pueden no aplicarse a otros tipos muy similares. El gráfico de carga y extensión a una tasa de extensión constante no presenta la misma forma para todos los cueros. Mientras que para algunos cueros es posible tomar la relación Hookean simple entre el porcentaje de extensión y y la carga x (o carga / ancho o carga / sección transversal original), $y = bx$, para otros se observa una curva cóncava al eje de carga. También es posible obtener cueros dando curvas de carga / extensiones cóncavas al eje de extensión (Ward A. , 1974).

Se esperaría, para una red fibrosa enlazada, que a medida que avanza la extensión, la carga aumentaría más que proporcionalmente a la extensión, es decir, un gráfico cóncavo al eje de carga, pero esto no siempre se observa. Maeser (1965) ha demostrado que, para una muestra de cuero superior, un aumento de cuatrocientas veces en la tasa de extensión deja la carga de rotura sin cambios, pero reduce la extensión en la rotura en aproximadamente un 20%. Por lo tanto, el comportamiento de la extensión de la carga muestra solo una variación limitada con la tasa de deformación. Una carga de tracción constante da lugar a una fluencia significativa y la eliminación de la carga va seguida de una recuperación elástica retardada, que a menudo se extiende durante largos períodos de tiempo. La adición de humedad en esta etapa puede liberar más mecanismos de recuperación elástica, reduciendo el aparente flujo plástico. Un examen más detallado de los detalles de las curvas de extensión de la carga, Upstone y Ward (1969), revela que hasta donde el gráfico se vuelve lineal a baja deformación (por debajo del 1% de extensión), hay una región adicional de curvatura, cóncava al eje de carga, que puede estar muy marcado para algunas pieles. La Figura II-1 muestra tres formas de curva que se han observado para diferentes cueros. Está claro que algún mecanismo de deformación está operando en la región de baja deformación que logra su máxima contribución a la extensión cuando se alcanza el 1% de deformación. El efecto es extremadamente variable incluso entre tiras vecinas del mismo cuero y parece poco relacionado con la rigidez o suavidad general del cuero en particular. Extrapolando la porción lineal en curvas tipo A, $y = bx + c$, Figura 2 o la parte cuadrática de las curvas de tipo B que se pueden ajustar para deformaciones más altas con la relación $y = ax^2 + bx + c$, se puede determinar la extensión adicional proporcionada por la curvatura de deformación baja. Para las curvas de tipo C, solo se puede estimar una aproximación a esto. Es probable que el grado de deformación por deformación pequeña fácil para un cuero en particular esté determinado por uno u otro de los procesos en la fabricación del cuero que implican pasar el cuero entre rollos, o deslizarlo sobre una superficie plana o secarlo bajo tensión. Sin embargo, un intento, Upstone y Ward (1969), de eliminar la curvatura de baja deformación mediante el endurecimiento térmico del cuero en un estado estirado, no tuvo éxito. La propiedad no es exclusiva del cuero, ya que la mayoría de los sustitutos del cuero porómicos, que se basan principalmente en estructuras fibrosas no tejidas, también muestran una curvatura sustancial en la región de baja deformación (Ward A. , 1974).

Figura II-1 Formas de estiramiento en cueros superiores



Fuente: Elaboración propia

La variación de la resistencia a la tracción muestra un patrón común en los resultados de todos los trabajadores, que se presume refleja la estructura de la piel tal como proviene del animal más que las consecuencias del proceso de fabricación del cuero. Cuando las fibras corren en gran parte paralelas a la superficie, la deformación debe producirse estirando estas fibras dando lugar a fuerzas elevadas. Puede producirse una extensión más fácil cuando las fibras se inclinan hacia la superficie. La orientación de la fibra no es el único factor que determina las propiedades de extensión, pero es claramente uno de los más importantes (Ward A. , 1974).

Variación con la ubicación en el cuero

Se ha confirmado aún más el efecto de la estructura del cuero midiendo la tensión 5 segundos después de aplicar una extensión del 10% a las tiras de cuero de los lados de cuero completamente cromados (Poplewell, 1971). Las extensiones se aplicaron durante 15 segundos y la longitud recuperada se midió después de 24 horas de recuperación. Los conjuntos porcentuales se calcularon como la relación porcentual de la deformación residual a la deformación impuesta y fueron del orden del 5-10%. Si bien hubo alguna evidencia de variación sistemática del conjunto porcentual con la ubicación de la piel, las diferencias fueron mucho menos marcadas que para la tensión a deformación constante. Los valores extremos de la tensión de 5 segundos para diferentes ubicaciones dieron una relación de 6 veces. El Cuadro 2.1 (Ward & Brooks, 1967) muestra que estas diferencias no surgen debido a grandes diferencias químicas entre las muestras y, por lo tanto, deben estar relacionadas con la estructura fibrosa (Ward A. , 1974).

Cuadro II-1 Análisis químico de probetas de cuero con estrés de 10% de tensión

Tipo	Muestra 1	Muestra 2
5 segundos de estrés (kg cm ⁻²)	12.80	70.70
24 h set	8.80%	6.90%
Contenido de grasa	1.36%	1.36%
Contenido de cromo (Cr ₂ O ₃)	5.20%	5.25%
Humedad	12.80%	12.80%

Fuente: Ward & Brooks (1967)

Variación en el espesor del cuero

Es evidente que la magnitud del efecto dependerá del grosor de las hendiduras tomadas y quizás también de la orientación de las fibras con respecto a la dirección de corte. La reducción de cargas donde se utilizan 3 tramos, en comparación con las necesarias para extender las capas en muestras de espesor total, es, para cueros superiores, insuficiente para afectar apreciablemente los valores relativos de las diferentes capas o tramos. Entonces es posible representar la distribución de la resistencia para extenderse a través del espesor. Ward y Brooks (1967) estudiaron la variación del comportamiento de la deformación por tensión a través del espesor mediante esta técnica en relación con la ubicación en la piel, para dos grandes pieles de becerro curtidas al cromo (ternera). No hay un patrón uniforme de distribución de las propiedades de tensión-deformación a través del espesor. Para algunas muestras, la capa de grano ofreció la mayor resistencia al estiramiento, para otras el lado de la pulpa y para otras la capa intermedia. El examen de la estructura de la fibra permitió explicar los resultados, al menos en parte, para las capas media y lateral de la carne, en términos de los ángulos medios que formaban las fibras con la dirección de extensión.

La estructura de fibra muy diferente de la capa de grano no permite hacer una comparación válida en la que está involucrada. No se encontró relación entre el comportamiento de tensión y deformación y cualquiera de los componentes químicos del cuero que se estiman habitualmente, lo que confirma la información proporcionada en la Cuadro 1 (Ward A. , 1974).

Es posible hacer algunas deducciones sobre la falta de uniformidad del cuero a través del espesor mediante la comparación del comportamiento mecánico en extensión simple y en flexión. Sin embargo, es solo la preparación de muestras de prueba formadas cortando el cuero paralelo a la superficie de la flor en varias posiciones a través del espesor lo que permite estudiar la distribución del comportamiento. Wilson (1971) demostró este procedimiento provoca cierto grado de artefacto al liberar nuevos extremos de fibra donde se cortan las fibras. Esto es especialmente grave para reducir la resistencia a la tracción, pero es bastante menos importante cuando se utilizan extensiones más limitadas.

Al examinar el efecto de seccionar mediante la preparación de tres fracturas, el grano G que contiene en la principal la capa de grano, el medio M y F la tercera división hacia el lado de la carne, a partir de cuero sin terminar completamente cromado (Brooks & Ward, 1965). Dado que la piel a partir de la cual se prepararon las muestras divididas ya había tenido una división sustancial del lado de la pulpa en la curtiduría, para dar el grosor apropiado para el cuero superior, la división etiquetada F se deriva en realidad del centro de toda la piel. Las secciones se extendieron, como tiras de 10 mm de ancho y 100 mm de longitud libre, en un 10% a 0,4 mm seg -1, con medición de la carga. Luego, el movimiento se invirtió para dar el ciclo completo. Las muestras se acondicionaron y midieron a 30 ° C 60% RH y los resultados se compararon con los de las tiras vecinas ensayadas de manera similar que no habían sido seccionadas (Figura 2). El corte hizo que la carga combinada requerida para extender las tres tiras seccionadas, compiladas a partir de los resultados individuales, cayera aproximadamente un 27% en comparación con la tira de espesor total intacta. En un estudio más exhaustivo de este efecto, una piel de vaca especialmente curtida de 3,2 mm de espesor tenía conjuntos de muestras vecinas cortadas en 2, 3, 4 y 5 capas. Es evidente que la magnitud del efecto dependerá del grosor de las hendiduras tomadas y quizás también de la orientación de las fibras con respecto a la dirección de corte. Ward y Brooks (1967 a) estudiaron la variación del comportamiento de la deformación por tensión a través del espesor mediante esta técnica en relación con la ubicación en la piel, para dos grandes pieles de becerro curtidas al cromo (ternera). No surgió un patrón consistente de distribución de las propiedades de tensión-deformación a través del espesor. Para algunas muestras, la capa de grano ofreció la mayor resistencia al estiramiento, para otras el lado de la pulpa y para otras la capa intermedia. El examen de la estructura de la fibra permitió explicar los resultados, al menos en parte, para las capas media y lateral de la carne, en términos de los ángulos medios que formaban las fibras con la dirección de extensión (Ward A. , 1974).

III. JUSTIFICACIÓN

La industria de calzado y de pieles en Guatemala se ha establecido por un periodo considerable de tiempo, inició en la época precolombina, cuando los pueblos indígenas empezaron a utilizar las pieles y el cuero para la elaboración de artículos como forma de protección corporal y calzado esta evolucionó hasta tener en el año 2015, una producción industrial que gira en torno a US\$84 millones y genera 36,500 empleos, entre directos e indirectos (DACE, 2015). La industria del cuero ha crecido a tal punto que, en el 2018, representó junto a la industria de papel y cartón, un 17% de las exportaciones totales de Guatemala. Y crecieron al 2019 un 3% al exportar \$2500 millones. El cuero en el calzado presenta bondades tales como alta flexibilidad para prevenir la aparición de fisuras y roturas en la zona de flexión del empeine del calzado, de manera que resista los esfuerzos de alargamiento durante el montado especialmente en la puntera, como su elasticidad, para adaptarse a la morfología del pie del usuario, pero no debe ser excesiva, porque se deformaría y se alterarían sus dimensiones.

Por lo que en este trabajo se define cuál método de corte es el más beneficioso para mantener dichas propiedades, elongación, resistencia a la tracción y rigidez aparente dentro de la industria de calzado, y así poder tener un aporte a este sector de la industria local. Es necesario debido a que no se ha comprobado por estudios previos qué tipo de corte es el que mantiene dichas propiedades, como solo se menciona que lo que más se utiliza en la industria local es la máquina troqueladora sin mencionar razones en comparación a otros métodos. Para entender mejor dichos métodos de corte, se encuentran dentro de los métodos manuales el de corte por máquina troqueladora y corte con cuchilla, y dentro de los más modernos, el corte por láser. El corte por láser esta dicho que deja un acabado homogéneo, y en una misma máquina se puede grabar y cortar, por el otro lado la troqueladora utiliza moldes y presión para poder cortar el cuero, y luego se utiliza por separado una grabadora (Paredes, 2010).

Además del método de corte, el tipo de cuero puede influenciar las propiedades que se obtengan al cortarlo, y por esto se evalúan tres tipos, para ver si existe tendencia sobre estas propiedades al hacer el corte, los cuales son: acabado al cuero al cromo esmerilados o Nubuck, acabado brillantado o “Crazy”, y acabado al tacto graso o Pullup mediante ambos métodos de corte manual versus cortadora láser, comparando sus propiedades físicas (elongación, resistencia a la tracción y rigidez aparente) después del corte como la eficiencia en el proceso de corte en cuestión de tiempo invertido y cantidad de residuos para determinar el cuero que tenga el mejor desempeño como el método de corte que mantenga dichas propiedades para entregar un producto al consumidor de alta calidad.

IV. OBJETIVOS

A. General

Evaluar el grabado y corte láser en distintos tipos de cuero comparado con el troquelado manual utilizando las propiedades físicas de elongación para la fabricación de zapatos.

B. Específicos

1. Evaluar las propiedades físicas de elongación de diferentes tipos de cuero para comparar el efecto del corte láser, con respecto al corte con troquelado.
2. Determinar las variables de operación del grabado y corte láser en los cueros para para la fabricación de piezas de zapatos.
3. Determinar el tipo cuero que presente las mejores propiedades físicas de elongación para la fabricación del empeine del calzado al comparar las propiedades físicas estándar del método NTE INEN-ISO 3376.
4. Comparar el proceso de corte por láser y troquelado utilizando un balance de masa y energía para determinar el método con mayor eficiencia respecto a piezas cortadas, tiempos de operación y residuos.

V. MARCO TEÓRICO

A. Ciencia de los materiales e ingeniería

Se puede dividir la disciplina en dos ámbitos diferentes, la ciencia de materiales y la ingeniería de los materiales. La ciencia de materiales implica la investigación de las relaciones que existen entre las estructuras y las propiedades de los materiales, por el otro lado, la ingeniería implica sobre la base de estas correlaciones estructura-propiedad, el diseño o proyecto de un material para conseguir un conjunto determinado de propiedades. Desde una perspectiva funcional, el papel de la ciencia de materiales consiste en desarrollar o sintetizar nuevos materiales, mientras que desde la ingeniería de materiales se persigue crear nuevos productos o sistemas que utilicen los materiales existentes y/o el desarrollo de técnicas para el procesamiento de materiales (Callister & Rethwisch, 2017).

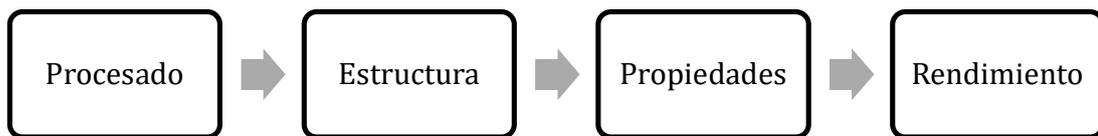
Por lo que la estructura es un término confuso, que merece una explicación, la estructura de un material se refiere a la disposición de sus componentes internos. La estructura subatómica considera los electrones dentro de los átomos individuales y las interacciones con sus núcleos. A nivel atómico, se considera la organización de los átomos o moléculas entre sí. El siguiente dominio, que contiene grandes grupos de átomos aglomerados entre sí, se denomina microscópico, lo que significa que el objeto se puede observar utilizando algún tipo de microscopio, por último, los elementos estructurales que se pueden ver a simple vista son los macroscópicos (Callister & Rethwisch, 2017).

El término propiedad requiere una descripción elaborada, vinculada al hecho de que, todos los materiales están expuestos a estímulos externos que inducen un tipo de respuesta. Así una muestra o un espécimen sometidos a la acción de fuerzas externas pueden experimentar deformación, mientras que una superficie de metal pulido refleja luz. La propiedad de un material se expresa en términos de clase y la magnitud de la respuesta a un estímulo específico impuesto, en general las propiedades suelen ser independientes de la forma y del tamaño del material (Callister & Rethwisch, 2017).

Todas las propiedades relevantes de los materiales sólidos se pueden agrupar en seis categorías diferentes: mecánicas, eléctricas, térmicas, magnéticas, ópticas y químicas. Para cada una de ellas hay un tipo característico de estímulo capaz de provocar respuestas diferentes. Las propiedades mecánicas se refieren a la deformación por carga o fuerza aplicada; algunos ejemplos son el módulo elástico (rigidez), la resistencia y la tenacidad. Para las propiedades eléctricas, tales como la conductividad eléctrica y la constante dieléctrica, el estímulo es un campo eléctrico. El comportamiento térmico de los sólidos puede ser representando en términos de capacidad calorífica y conductividad térmica. Las propiedades magnéticas demuestran la respuesta a un material a la aplicación de un campo magnético.

Para las propiedades ópticas, el estímulo es la radiación electromagnética o la luz; el índice de refracción y la reflectividad son propiedades ópticas representativas. Por último, las propiedades químicas se refieren a la reactividad química de los materiales (Callister & Rethwisch, 2017). Además de la estructura y las propiedades, también se encuentran los elementos: procesado y rendimiento. La estructura de un material depende cómo se procesa y el rendimiento de un material es una función de sus propiedades (ver Figura 5.1).

Figura V-1 Propiedades materiales



Fuente: Elaboración propia

En más de una ocasión, especialistas de ciencia o ingeniería aplicada, ya sea mecánica, civil, química o eléctrica, se enfrentan a un problema de diseño con materiales, como un engranaje de transmisión, la superestructura de un edificio, un componente de una refinería de petróleo, o un chip de circuito integrado. Muchas veces un problema de materiales consiste en la selección del material adecuado de entre miles disponibles. La decisión final se basa en varios criterios, primero debe caracterizar las condiciones de servicio, que dictarán las propiedades requeridas de material. Solo en raras ocasiones un material posee la combinación máxima o ideal de propiedades, y, por tanto, puede ser necesario intercambiar una característica por otra. Un ejemplo, es cuando se requiere de un material, resistencia y ductilidad, un material que representa una elevada resistencia suele tener una ductilidad limitada por lo que es necesario un compromiso razonable entre dos o más propiedades. La segunda consideración, se desprende del deterioro de las propiedades del material que pueda ocurrir durante la operación en servicio, por ejemplo, la resistencia mecánica se puede reducir significativamente por la exposición a altas temperaturas o a ambientes corrosivos. Y el último factor es la economía, cuál será el coste del producto terminado, en este se incluyen gastos asociados a la fabricación para obtener la forma deseada. Cuánto más familiarizado esté un ingeniero o un científico con las distintas características y relaciones de la estructura-propiedad, así como con las técnicas de procesado, más seguro y competente se sentirá para hacer elecciones sensatas de materiales (Callister & Rethwisch, 2017).

B. Cuero

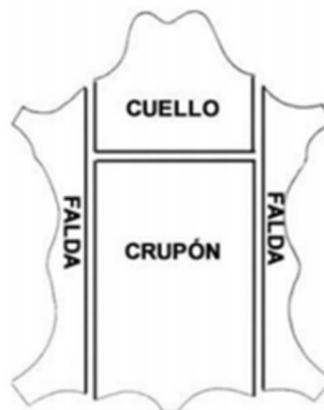
El cuero es un polímero natural procedente de ciertos animales, de acuerdo con antropólogos y arqueólogos, los elementos de vestimenta más antiguos consistieron en pieles, cueros, hojas o pasturas, envueltas o atadas alrededor del cuerpo como protección. Desde los años sesenta, el cuero siempre ha sido el principal material de calzado, de cinturones o de marroquinería.

Según Toussant Samat, el cuero negro para la ciudad fue inventado después de la Segunda Guerra Mundial, por un antiguo ingeniero de armamento arruinado por la ocupación, Zenon Merenlinder, al compartir la idea con Christian Dior, confiaron la realización de modelos al primero, quien montó un taller en 1947 (Leoncini, 2019).

El cuero además de su versatilidad puede tener el significado de un material complejo y exótico, no solo desde la materialidad sino por su fuerte carga emocional y simbólica que depende del contexto social, económico y cultural en cada región. Cuando se utiliza la técnica del grabado sobre cuero, se tiene en cuenta los diferentes tipos de cuero, la calidad, el tipo de curtido y acabado. La estructura de las pieles puede variar según hábitos de vida, estación del año, edad, sexo y crianza que hayan recibido hasta la faena. Existen pieles de bovinos que poseen la particularidad de un tejido fibroso y elástico, que una vez procesados, dan un corte fino que permite confecciones delicadas; de equinos, aunque tenga menor calidad que la del vacuno por su espesor y resistencia; de ovinos, utilizado para trabajar guantes, bolsos y zapatos; pieles de cerdo, utilizadas por su textura porosa, fuerte y suave, de buena resistencia y duradera y el de pescado; que no debe contener carne, ni estar rasgado y posee una capa lisa y de pigmentación moderada. En la piel fresca, existen tres zonas (Leoncini, 2019):

- Crupón: Es la zona más homogénea tanto en espesor como en estructura histológica, la más compacta y valiosa, corresponde a la región dorsal y lumbar equivalente a 45% del peso total de la piel fresca (ver Figura 5.2).
- Cuello: Su espesor es irregular, y corresponde a la piel del cuello y cabeza del animal, equivale a un 25% del peso total de la piel fresca (ver Figura 5.2).
- Falda: Es la zona más irregular de la piel, corresponde a la piel que recubre el vientre y las patas y es un 30% del peso tal de la piel fresca.

Figura V-2 Zonas en las que se divide la piel



Fuente: Leoncini (2019)

Para poder mantener en conservación los cueros, existe el procedimiento de “curado”, que sirve para mantener los cueros hasta el momento del curtido, son los siguientes:

- Secado: Es el método más común para la conservación de la mayor parte de pieles de reptiles, caprinos y de peletería. El secado al aire es la forma más sencilla de conservación, y es muy útil en climas tropicales secos. La velocidad del secado debe ser moderada, si es rápida, las superficies exteriores pueden endurecerse y secarse, mientras que las partes inferiores conservan la humedad, por lo que al remojar los cueros puede presentarse ampollado u orificios. La práctica más utilizada es secarla en bastidores, al estirar el cuero sobre un marco y dejándolo secar a la sombra o al sol. A medida que el cuero se contrae, se endurece quedando siempre plano, lo que permite una mejor circulación del aire y facilidad del enfardado (Leoncini, 2019).
- Salado: Es utilizado en climas templados, el cuero es llevado a bodegas en las que son puestos en una estiba de sal durante 21 días. Pueden llegar a conservarse hasta un año en lugares frescos, y es necesaria una sal limpia y de buena calidad (Leoncini, 2019).
- Salmuerado: Los cueros se remojan en tachados durante 48 horas en un medio de salmuera saturado y se los considera curados cuando la salmuera los ha impregnado por completo. Luego se retiran los cueros, y se escurren, se agrega una cantidad de sal para protegerlos, y permite la conservación por 6 meses aproximadamente (Leoncini, 2019).

Posteriormente el curtido consiste en dos etapas, en una de preparación del curtido y la otra es el curtido como tal. La primera etapa consiste en reverdecimiento, encalado, depilado, desencalado, purgado y piclado (Leoncini, 2019).

Primera etapa:

- El reverdecimiento: Consiste en que los cueros que se reciben llegan deshidratados ya sean por secado, salado o salmuerado, por lo que se deben remojar de nuevo para ablandarlos, y quitar sangre, tierra, estiércol, sal y facilitar la penetración de sustancias que provocan el esponjado de cueros. Se cortan canillas, patas, colas y partes pequeñas del cuero original, y se sumergen las pieles y los cueros en agua, con un aditivo si se requiere, hasta que se rehidraten, esto puede durar de 24 a 72 horas.
- Encalado: Es la lechada de cal a pH 12.5, y se utiliza para ablandar la epidermis mediante el accionar de la cal sobre las grasas, músculos, venas, nervios y glándulas produciendo el desprendimiento del pelo o lana. Los cueros son sumergidos en bateas que contienen lechada de cal de 7 a 14 días, hasta que la lana se desprenda sin esfuerzo. Al completar el encalado se observa una piel blanca, azulada, hinchada, gomosa y semi translúcida.
- Depilado: Se realiza de forma manual, o pasando una espátula evitando romper el cuero. Desde el reverdecimiento al depilado se hace en pH ácido.
- Desencalado, purgado y piclado: Se enjuaga varias veces los cueros en agua limpia y se dejan en remojo por un día con el fin de eliminar la mayor cantidad de cal posible. Luego se introducen en el fermento, en el que se realizan los procesos de purgado y piclado. En este proceso se neutraliza la cal, se eliminan elementos indeseables. El fermento se prepara con trigo, cebada y afrecho. Quedan un día en el fermento, y luego se vuelven a enjuagar con agua limpia por otro día. El aspecto termina siendo gelatinoso y resbaladizo.

Segunda etapa: Puede ser en alumbre o tanino.

- Alumbre: También llamado curtido blanco, se utiliza para curtir pieles en las que se requiere conservar el pelo. El tiempo requerido es de 10 días para pieles pequeñas, y de 40 días para pieles de mayor tamaño (Leoncini, 2019).
- Tanino: Con base en inmersión, nutrido, estaqueado y terminación.
 - Inmersión en tanino: Se sumergen los cueros en un licor curtiente vegetal, compuesto por agua, tanino alumbre y sal durante el tiempo para que se impregne a los cueros totalmente. Se debe controlar y mantener un pH de 5. Para esto se usa alumbre; si el pH se desvía hacia la alcalinidad, y un cloruro de sodio; si se desvía a la acidez, respectivamente. Se agrega la misma cantidad de tanino, hasta finalizar el proceso. Luego se enjuaga con abundante agua, sobre una soga de nylon, hasta que ya no exista el exceso de agua. Sirve para convertir las pieles crudas en cuero.
 - Nutrido: Se agrega aceite sulfonado, para nutrir los cueros curtidos. Sirve para restituir las grasas eliminadas en el proceso de curtido, para brindarle flexibilidad.
 - Estaqueado: Se realiza en bastidores acondicionados al tamaño de los cueros hasta su secado. Significa estirar la piel.
 - Terminación: Se realiza el acabado en el que se obtiene las características finales influyendo aspecto, tacto y solidez de la piel. Se realiza utilizando un paño húmedo del lado de la flor. Luego se estira, y se lija para quitar restos que hayan quedado del proceso de descarnado (ver Figura 8.3).
 - Repasado: Se realiza para hacer el grano de la flor más liso, aplanar el cuero y eliminar marcas debido a la máquina de escurrir.
 - Secado: Evaporar el agua de los cueros se puede hacer sometándolo a tensión o estirándolo.
 - Recorte: Retirar partes inaprovechables.
 - Clasificación: Tomando en cuenta el tamaño, el espolvoreado, daños a la flor, firmeza, uniformidad de tintura, absorción de la flor.
 - Esmerilado: Someter la superficie del cuero a una acción mecánica de un cilindro revestido con materias abrasivas como el óxido de aluminio, se puede hacer por el lado de la piel con la intención de eliminar restos de carnazas o por el lado de la flor para obtener un artículo Nubuck. El curtido y recurtido, los cueros vegetales son más fácilmente lijados que los de cromo. Y en el engrase, la cantidad y distribución de aceites en el cuero, una flor muy engrasada puede empastar la lija.

C. Estructura del cuero

La característica estructural esencial de todo cuero es la red de fibras de colágeno curtidas, en las que el material que no sea colágeno juega solo un papel secundario. A nivel molecular, las cadenas polipeptídicas únicas que constituyen, para una especie y tejido particulares, la proteína colágena, se presentan cada una en forma helicoidal. Aunque las fuerzas intramoleculares en estas "moléculas" son principalmente enlaces de hidrógeno y fuerzas de van der Waals, se forma un número pequeño y variable de enlaces covalentes entre cadenas en regiones específicas. La distribución de las regiones polares en la superficie de las partículas en forma de varillas hace que se asocien de manera regular en fibrillas largas, que muestran la característica estructura en bandas altamente organizada, las fibrillas varían en diámetro de 5 a 200 nm pero de 80 a 100 nm podría considerarse típico por el diámetro de las fibrillas de la piel de los mamíferos maduros. Las fibrillas tienen una longitud muy considerable. Se forman enlaces cruzados covalentes entre las partículas en forma de varilla que forman las fibrillas, insolubilizándolas. En la piel, las fibrillas se asocian para dar las fibras y los haces de fibras que constituyen la apariencia de una sección de piel. Las fibras de la capa de grano son mucho más finas que las de la parte central de la piel. El grano también contiene una proporción mucho mayor de componentes no colágenos que el resto de la piel, lo que corresponde a una serie de funciones biológicas especializadas. A diferencia de la mayoría de los materiales textiles, la estructura de la fibra de la piel y el cuero presenta poca regularidad. Se observan diferencias pronunciadas en la estructura de las fibras a medida que se avanza desde la superficie epidérmica externa, a través de la capa de grano hasta la estructura fibrosa principal del resto de la piel.

Las fibras se pueden orientar mediante varios procesos para que queden más paralelas a la superficie de la piel (ángulo de tejido bajo) o más perpendiculares a esa superficie (ángulo de tejido alto). El ángulo de tejido es un parámetro significativo al relacionar la estructura de la fibra con el comportamiento mecánico. La estructura especial de la capa de grano y la proporción que el grano constituye en todo el espesor, junto con la forma de capa de transición entre el grano y la estructura principal de la fibra, contribuyen también a las propiedades del cuero. El cuero se vende principalmente por superficie y, por lo tanto, el objetivo del comercio es maximizar el rendimiento de la superficie, siempre que no perjudique la calidad. Al convertir la piel en cuero, la eliminación del vello y de diversas impurezas (polisacáridos, grasas, la capa epidérmica, etc.) va seguida de la estabilización ("bronceado") de la estructura, ya sea por un pequeño porcentaje de un agente de reticulación fuerte. (p. ej., complejos de cromo, aldehídos) o grandes cantidades de agentes de reticulación débiles (p. ej. agentes curtientes vegetales, sintanos), que también pueden depositarse como partículas discretas entre las fibras. Aunque las ganancias más significativas del rendimiento del área se obtienen mediante tensiones de tracción aplicadas al cuero húmedo, el grado de estiramiento durante el secado puede verse limitado por el deterioro de la calidad. Durante el secado, las fibrillas se unen para permitir la formación de enlaces cruzados permanentes entre las fibrillas. Esta unión de moléculas de colágeno en estrecha proximidad endurece el cuero, lo que le permite posteriormente extenderse y contraerse más o menos elásticamente en respuesta a las tensiones impuestas durante el uso (Manich, Castellar, González, Ussman, & Marsal, 2007).

Finalmente, se aplican varias formas de capa de acabado polimérico a la superficie de la flor para mejorar la apariencia y proteger el cuero. La estructura ordenada original a nivel molecular dentro de las fibrillas se retiene en gran medida en el cuero acabado y se estabiliza mediante la acción de reticulación de los agentes curtientes. Por tanto, no se dan las condiciones para que se produzca una elasticidad similar al caucho. Si la piel cruda de bovino se calienta en agua, se alcanza un punto, aproximadamente a 65 ° C, en el que las fibras se contraen longitudinalmente y se vuelven fácilmente deformables de manera similar al caucho. Este cambio de un estado ordenado a uno más desordenado, conocido como contracción térmica, se hace más difícil por las reacciones de reticulación del curtido. En el cuero cromado, la temperatura de contracción puede elevarse a más de 100 ° C. Una vez que se ha producido la contracción térmica, el enfriamiento solo restaura parcialmente el estado de orden anterior, aunque estirar el cuero o la piel durante el enfriamiento facilita la reaparición de una estructura ordenada.

D. Tipos de cuero

- Cuero anilina

Es el cuero natural con mínima resistencia a la suciedad, de pieles de animales blandos y curtidos, como la napa, están sujetas a residir en un tambor con tintes de anilina exclusivamente. Los tintes de anilina son tintes traslúcidos y solubles en agua que resaltan las marcas, cicatrices y arrugas naturales en la piel. Como es un proceso solo para animales de alta calidad, es uno de los más caros y también necesita mantenimiento regular (Ben, 2019).

- Cuero seminanilina

Es una capa superficial ligera con una pequeña cantidad de pigmento. Es más resistente que el cuero anilina, pero mantiene su aspecto natural. También exhibe resistencia a las manchas hasta cierto punto (Ben, 2019).

- Cuero de grano antiguo

También llamado cuero envejecido es un tipo de cuero tratado para obtener una apariencia rugosa de cuero antiguo o vintage. La mayoría de las veces, la superficie del cuero se aplica con una capa superior contrastante desigual o parcialmente frotada que revela un color subyacente pálido. Este desgastado atrae a compradores, cuando se compran accesorios y muebles de cuero. Los usos comunes son fabricación de accesorios como carteras, bolsos, cinturones y chaquetas (Ben, 2019).

- Cuero sin cromo

El cuero sin cromo se elabora a partir de procesos de curtido alternativos, como el curtido vegetal o el curtido con aldehídos. La contaminación ambiental del proceso de curtido a base de cromo ha obligado a muchos gobiernos y curtidurías a adoptar estos procesos de curtido sin cromo. El cuero procesado tiene casi todas las cualidades del cuero curtido al cromo, como una mayor resistencia al encogimiento, más elasticidad y resistencia a la flexión.

Además de que no existen efluentes tóxicos que degraden el medio ambiente. El uso común de este tipo de cuero es en calzado infantil y accesorios para automóviles. Este tipo de cuero demuestra en cuanto a la fuerza de tensión que decrece con la humedad a puntos bajos de radiación, pero esta tendencia se retarda cuando la radiación incrementa a 240kJ/m², esto se puede atribuir a una generación de humedad mayor como una barrera protectora de la radiación pesada (Liu, Latona, Ashby, & Ding, 2006).

- Cuero curtido al cromo

Utiliza sales de cromo para curtir el cuero en lugar de taninos vegetales o químicos aldehídos. El cuero curtido con cromo es flexible, resistente, moderadamente duradero y tiene mejor resistencia al agua como brinda de la misma manera estabilidad hidrotérmica la cual se debe por la formación de enlaces de coordinación de los átomos de cromo con los grupos carboxílicos ionizados de las cadenas laterales de dos cadenas proteicas próximas (Córdova, y otros, 2013). También tienen buena solidez al frote en la que los no se destiñen por contacto, ni ensucian por transferencia de color. Tienen resistencia al rascado, y no pueden tener un pH muy alto porque presentarían corrosión, usualmente debe estar por debajo de 4.0. Puede utilizar una variedad de tintes para producir cuero con varios colores vibrantes. Sin embargo, los residuos del cromo y la falta de medidas de reciclaje adecuadas permiten que las aguas residuales tóxicas se absorban en los suministros de agua subterránea. Además de que el cuero cromado no es adecuado para modelar y estampar debido a su naturaleza flexible. Su uso es en productos que no requieren rigidez o dureza estructural, como chaquetas, bolsos, guantes y tapicería (Ben, 2019).

El curtido es dirigido de manera que al inicio el proceso de penetración del cromo en la piel sea rápida, es decir que el sulfato de cromo y la proteína de la piel con los grupos carboxilo (COOH⁻) no reaccionen inmediatamente; esto se logra disminuyendo el pH al inicio del proceso (pH 2.5) debido a que las pieles vienen de un proceso de salmuera; por lo que el cromo atraviesa completamente la piel, luego el pH se sube con álcali de 4.5 a 5 (basificación), la temperatura incrementa para provocar un número mayor de iones OH⁻ penetre el complejo de cromo y la reactividad de la proteína se incrementa y tiene lugar la reacción de curtición. Cuando termina la basificación, los iones SO₄²⁻ de la sal básica de cromo son parcialmente desplazados, a medida que la proteína aumenta su afinidad por los complejos de cromo. Normalmente los cueros y pieles curtidos se dejan de 8 a 20 horas para permitir la fijación de cromo. El tamaño de complejos depende de la basicidad, oxalación, enmascaramiento y efectos de sales neutras, a mayor tamaño de complejos no habrá una buena penetración (Córdova, y otros, 2013).

En Guatemala, según las Notas de Liberación (2017), el único cuero que utilizan las empresas como Luces del Norte, Pieles Elaboradas de Guatemala, S.A. y Accesorios Globales S.A. es el Wet Blue (MAGA, 2017). Dentro de los cueros curtidos en sal de cromo:

- Acabado al tacto graso o “Pullup”: Es un cuero con acabado de ceras y aceite que le confiere un tacto suave. Se llama así por el efecto que posee al estirla, con el cual aparece un color claro por debajo generando un contraste de color.

Este efecto se da mayormente en zonas en las que estira para dos direcciones diferentes. Se conoce también como piel anilina, debido a que es una piel curtida a la que no se le añade cobertura superficial, por lo que se distinguen las cicatrices y marcas naturales. Se utiliza para el empeine de zapato, aunque también se usa para fabricación de bolsos, el acabado de tacto graso se hace en colores oscuros, y cuando se monta el zapato o se dobla la piel, en estas zonas de doblez se aclara el color de forma perceptible. Este acabado se logra por impregnación de aceites especiales y planchando después la piel a elevada temperatura (Rueda & Gabet, 2006).

- Acabado abrillantado o cuero “Crazy” o “Crazy Horse Leather”: Está hecha de piel de vaca a plena flor, se le aplica una capa de cera natural, luego se pule para tener un acabado suave. La piel posee golpes y rasguños, cuyas irregularidades contribuyen al aspecto tonal de la misma (Yukon, 2021). Se utilizan ligantes como caseína y albúmina, con lo que se obtienen acabados transparentes que dejan ver el poro de la flor y sus defectos, para poder realizar este acabado es necesario tener una piel de buena calidad cuyas operaciones mecánicas y de fabricación de húmedo se hayan realizado correctamente ya que los defectos se resaltan al abrillantar. Al aumentarse la viscosidad de las fallas, se añade una capa cubriente plástica y una nitrocelulósica, luego se plancha para igualar la superficie de la piel y disimular los defectos (Rueda & Gabet, 2006).
- Acabados para el cuero al cromo esmerilados o Nubuck: Es un cuero de ternera o novillo curtido al cromo y ligeramente recurtido, cuyo lado de la flor se esmerila ligeramente para darle un aspecto afelpado es decir se obtiene una felpa del lado de la carne de la piel, para ello se usan máquinas fulminosas y ruedas de esmeril. En artículos afelpados, la fibra siempre es más grosera que en el nubuck, ya que las fibras del lado de la carne son más gruesas que las correspondientes al lado de la flor (Rueda & Gabet, 2006).

- Cuero pigmentado de grano corregido

Los fabricantes someten a las pieles a lijado y pulido para eliminar imperfecciones como cicatrices y marcas de mordiscos. Los fabricantes a menudo realzan la superficie tratada con grano y se rocían con una capa superior del sellador. Este revestimiento le da una sensación más plástica al cuero. El aspecto del cuero flor corregido puede variar dependiendo del proceso de estampado y pigmentación, si la flor es menos corregida puede implicar una mejor calidad del cuero. Su uso es en chaquetas, carteras, complementos, calzado y muebles (Ben, 2019).

- Cuero pigmentado

Se aplica un revestimiento de superficie de polímero que contiene ciertos pigmentos para producir el aspecto y las propiedades deseadas. Debido a su durabilidad, se usa para fabricar muebles y tapicería de automóviles (Ben, 2019).

- Corteza

El cuero con corteza se curtió, se secó, pero no se tiñó. Dependiendo del proceso de curtido, se le llama corteza de cromo o corteza vegetal. Sin embargo, el cuero corteza no se procesa hasta que se tiñe. Tiene todas las propiedades físicas, tamaño, grosor,

plenitud, la holgura y daños del grano. Se puede usar en fabricación de accesorios de cuero, calzado y muebles (Ben, 2019).

- Cuero repujado

Usa patrones artificiales impresos en la veta natural de la piel mediante calor y alta presión, por lo general se usan placas de acero con diferentes diseños. Se utilizan en tapicería y accesorios (Ben, 2019).

E. Contexto del cuero para calzado en Guatemala

En Guatemala la actividad con pieles o cuero inició en la época precolombina, cuando los pueblos indígenas procesaron estos materiales para la elaboración de artículos como forma de protección corporal y calzado. Con la llegada de los españoles en 1524, inició la manufactura de calzado, sillas de montar, pastas para libros y ropa. Con los artesanos españoles llegaron los curtidores de cuero y la cadena productiva fue integrada. La distancia obligó que las pieles se curtieran en Guatemala y no en Europa. La actividad se industrializó de 1950 a 1980. El calzado guatemalteco se distinguió por su elegancia, moda y calidad. La tradición de las familias guatemaltecas por la costura fue el valor agregado; y a pesar de la llegada de la tecnología, se requirió siempre la mano de obra. Algunos pequeños talleres familiares se transformaron en empresas formales que utilizaron maquinaria industrial, pero continuaron con el uso de diseños artesanales. De 1980 a 1995 se obtuvo una alta producción tanto de calzado a nivel industrial como de curtido de cuero, pero la falta de actividad ganadera, y en efecto la escasez y baja calidad de los cueros, como el atraso en tecnología, el contrabando, las importaciones de calzado usado y asiático a precios bajos y efectos de la recesión económica mundial causaron momentos difíciles en esta industria (DACE, 2015).

Por lo que, debido a los Tratados de Libre Comercio (TLC) con República Dominicana y México permitieron que se manifestara la creciente urgencia de actualizar la tecnología de la industria del calzado. A causa de lo anterior, el Instituto Técnico de Capacitación y Productividad (Intecap) incluyó programas de capacitación de acuerdo con lo solicitado por la Gremial de Calzado y Productos Afines (Grecalza) y la Gremial de Curtidores. Actualmente, la industria de calzado en Guatemala es de las mejor organizadas en el país. Está integrada por empresas de sectores como: fabricantes de calzado, curtidores de cuero y fabricantes de suelas, accesorios y productos afines. La mayor parte de las empresas son miembros de la Cámara de Industria de Guatemala por medio de Grecalza, que clasifica a los fabricantes en función del número de trabajadores empleados de la siguiente forma (DACE, 2015):

Cuadro V-1 No. de trabajadores y su clasificación en Grecalza

Tipo empresa	Cantidad de trabajadores
Grandes empresas	Más de 100
Medianas empresas	De 50 a 99
Pequeñas empresas	De 10 a 49
Microempresas	Hasta 9
Artesanos (talleres)	2 o menos

Fuente: Dace (2015)

La producción anual en la industria gira en torno a US\$84 millones y genera cerca de 36,500 empleos, entre directos e indirectos. El sector está conformado por empresas agroindustriales y empresas de la industria química y manufacturera (DACE, 2015):

Figura V-3 Sector de empresas involucradas en la fabricación de calzado



Fuente: Elaboración propia

Aunque la industria nacional encuentra una competencia intensa de otros proveedores internacionales, en el país existe mano de obra disponible que se puede integrar a la producción como en el sector de prendas de vestir. El Acuerdo de Asociación entre Centroamérica y la Unión Europea (AdA) presenta oportunidades para el desarrollo alianzas entre la industria de calzado europea y las empresas de Guatemala. Según datos de 2006, el sector de calzado europeo está integrado por 26,600 empresas. Dos tercios se encuentran en Italia (50%), España y Portugal (DACE, 2015).

Durante los últimos años, la industria europea ha trasladado su producción a terceros países mediante la subcontratación. Esto abre la posibilidad de explotar en Guatemala modalidades de producción similares a las de producción de prendas de vestir, con motivaciones tal cuales (DACE, 2015):

- Un acuerdo comercial que permite exportar a la Unión Europea sin pago de derechos arancelarios.
- Mano de obra calificada.
- Existencia de sectores y servicios conexos.
- Infraestructura vial hacia los dos océanos (DACE, 2015).

Para que el producto no pague derechos arancelarios, el ADA exige que el calzado sea elaborado a partir de materiales que provengan de otra partida. En cuanto a los requisitos que toma en cuenta el exportador, son los siguientes:

- La prohibición de comercialización de productos que contengan gases fluorados de efecto invernadero (aplicable a calzado que contenga este tipo de gases).
- Etiquetado de calzado.
- Restricción de uso en sustancias químicas en artículos textiles y de cuero.
- Normas técnicas aplicables en el caso de equipos de protección personal.
- Etiquetado ecológico cuando los productos se comercialicen de esa manera (DACE, 2015).

En Guatemala se exportaron \$1.773 millones en exportación en papel, cartón y cuero, entre las exportaciones del sector de manufacturas diversas que más crecieron en 2017, el sector de Manufacturas Diversas representa el 17% de las exportaciones totales de Guatemala, dentro de las cuales se encuentra las Manufacturas de Cuero. El exportador del año 2017 fue Grupo Cobán, socio del Sector de Manufacturas, ya que esta empresa genera trabajo formal a más de 700 colaboradores desde San Cristóbal Verapaz, ha producido calzado de calidad y durabilidad por más de 100 años (CentralAmericanData, 2018). Las exportaciones crecieron a \$2500 millones en el 2018, 5% más que en el 2017 y se proyectó 3% de crecimiento para 2019, la distribución de dichas exportaciones fueron Centroamérica (55%), Estados Unidos (16%), Panamá (7%), México (6%), República Dominicana (3%) y Belice (2%). Los sectores que abarca esta comisión son: productos farmacéuticos, calzado, hule y caucho, químicos, agroquímicos, material impreso, empaques, metalmecánica, productos para la construcción, productos de cuidado como papel higiénico, servilletas, pañales, entre otros productos manufacturados (CentralAmericanData, 2018). Cabe mencionar que solo la exportación de calzado con la parte superior en cuero natural o regenerado (partida 640510) solo se encuentran datos hasta el 2008, indicando un incremento del 2007 al 2008 del 28% con un valor de \$932,415 (Embajada Argentina en Guatemala, 2008).

La exportación de calzado de junio de 2020 con junio de 2021 se ha incrementado de \$12,290,378 a \$22,303,313, teniendo un crecimiento de 82%, y solo del producto “640510” el cual es calzado con parte superior de cuero natural, el valor exportado en 2020 fue de \$89,542 y se incrementó a \$264,922, teniendo una variación neta de \$175,380, representando un 195.9% (BANGUAT, 2021).

F. Sistemas de construcción de calzado

Existen sistemas de calzado cada uno tiene sus ventajas y desventajas. Los cuales son los siguientes:

- “Goodyear Welt”: Es un proceso de 200 años que se caracteriza por conferir cualidades de duración y resistencia. Se realizaba de forma manual hasta que, en 1869 Charles Goodyear, patentó una máquina que se popularizó a nivel mundial. Consiste en un doble cosido, tanto en la parte interna como en la externa que une una vira o tira de cuero con la palmilla y la parte superior, entre estas dos partes queda un hueco que es rellenado con corcho y goma para actuar como aislante térmico y soporte que absorbe la pisada de cada persona. Se utiliza en calzado de seguridad, tiene una vida útil de hasta 5 años y es costoso por insumos, horas hombre y personal calificado (HN, 2020).
 - Ventajas:
 - Con las capas y el doble cocido interno y externo el calzado es uno de los más resistentes. Se puede hacer el cambio de suela sin dañar la parte superior del calzado.
 - Al principio no es cómodo por las capas y el encorchado, sin embargo, con el uso guarda la pisada y se adapta al pie.
 - Es impermeable y posee buena transpiración del pie.
 - Desventajas:
 - Se necesitan diversas máquinas especializadas en áreas de gran valor económico.
 - Los materiales para el sistema son caros.
 - El producto final tiene un alto valor en el mercado.
 - Se necesitan hacer demasiadas tareas para cada par producido.
 - Se generan muchos desperdicios.
 - Requiere de personal altamente calificado en todos los procesos (HN, 2021).
- Pegado: Es un proceso utilizado en la industria pero no es altamente valorado porque se cree que no tendrá una largo tiempo de vida útil, pero con la aparición de pegamentos que garantizan el pegado de las partes eso se puede desmentir. Es un sistema de construcción versátil que se adapta a una producción artesanal y a empresas que optan por este método porque permite producir más pares en menor tiempo. La maquinaria en este proceso es mínima consistiendo en montado para las piezas y calentamiento del pegamento para activación, si se quisiera invertir en mayores, podría ser una distribuidora de pegamento como uso de tachuelas para las partes de abajo antes de aplicación de pegas, pero estas dos últimas no son indispensables. Los pegamentos se dejan secar a temperatura ambiente, y con hornos se vuelven a activar para unir partes de calzado superior y suela con una máquina prensadora; la intensidad, tiempos de presión y secado se toman para garantizar la homogeneidad del calzado producido. Se recomienda elegir materiales que garanticen la calidad del calzado, conservar pegamentos en tiempos y temperaturas recomendadas, y crear una fase final de supervisión (HN, 2020).

- Ventajas:
 - La rapidez del montaje y se puede sustituir la suela desgasta.
- Desventajas:
 - Si no se realiza de manera adecuada la unión del corte y la suela, puede tener menor duración el calzado (HN, 2021).
- “Lookstitcher”: Es un sistema análogo al “pegado”, más se agrega una costura lateral que une la suela y el corte, evitando cualquier desprendimiento de las partes involucradas, esto alarga el período de vida útil y lo hace más resistente. Se recomienda que la suela tenga un molde o canal que proteja la costura, para evitar rupturas del hilo por fricción. Los hornos de calor activan el pegamento por el que se adhiere la suela a la plantilla, posteriormente se realiza una costura manual o con una máquina “lookstitcher”, se hace interna y externa, y los clientes al ver esta costura genera confianza para que el calzado tenga mayor durabilidad (HN, 2020).
 - Ventajas:
 - Periodo de vida mayor al “pegado” únicamente.
 - Es durable y flexible.
 - Desventajas:
 - Es necesario la inclusión de canal por el que pase el hilo, sino la costura queda superficial y puede romperse con la fricción del suelo.
 - Realizar la costura requiere destreza y conocimiento por parte del operario.
 - Se puede filtrar líquido por la abertura de la aguja.
 - Con suelas de tacón integrado la costura solo llega a la boca del tacón (HN, 2021).
- Jareta: Es de los sistemas de producción más rápidos, se prefieren en las confecciones en masa donde no se requiere maquinaria para montado ni hormas de plástico en su construcción. Emplea costura para jalarlo cuando se hace el montaje, y por su procesos, tiempos y materiales, puede ser calzado de poca vida útil. Además de ser ligero por sus suelas delgadas. El pegado, inyectado y vulcanizado se pueden conjugar con este sistema (HN, 2020).
 - Ventajas:
 - El precio final suele ser económico.
 - Desventajas:
 - Para que sea rentable se deben producir gran cantidad de pares.
 - Es un sistema en el que se prefiere aplicación a suelas delgadas.
 - Si se requiere inyección de suela directa se necesita realizar inversión de maquinaria especializada.
 - El resultado no es calzado duradero (HN, 2021).
- Stitcher: Es un tipo de construcción jalado y montado hacia fuera, se cose la parte superior a suelas planas o plantillas con un cerquillo se usa en calzado infantil. La evolución de las máquinas permitió en 1920, el surgimiento de la máquina stitcher y con ella la posibilidad de hacer calzado de manera más fácil y rápida. No funciona con cualquier tipo de material y se recomienda uso de tenazas.

La costura hace al calzado muy resistente y se hace con la máquina stitcher de aguja curva (HN, 2020).

- Desventajas:
 - La maquinaria es indispensable si se escoge este método de producción, y es cara.
 - Se requiere personal altamente calificado.
 - Es un sistema que hace necesaria la presencia de una entresuela (incrementa el precio final).
 - En modelos de suela de hule o PVC puede tornarse pesado (HN, 2021).

- Corte o parte superior: es la zona que cubre el pie por la parte superior del pie cuando se tiene el calzado puesto.
- Plantilla: Es la pieza sobre la que descansa el pie cuando se coloca el calzado.
- Suela: Es la parte inferior del calzado en contacto con el piso al caminar. También es llamada piso o fondo. Los materiales de los que está hecha deben ser resistentes y antideslizantes.
- Entresuela: Es la parte que une la suela con el zapato, no se usa en todos los zapatos. Se agrega para dar mejor soporte y comodidad al pie empleando materiales ligeros.
- Talón: Es la parte en la que se apoya el talón. Algunas veces varía de tamaño con el resto de calzado por ejemplo en zapatos de tacón de mujer o casuales de hombre.
- Palmilla: No se ve a menos que se desarme el calzado, se encuentra entre la plantilla y la suela o entresuela.
- Plantilla: Es la capa en contacto con el pie.
- Punta: Es la parte delantera del zapato que cubre los dedos, en algunos diseños suele ser una pieza cocida a parte del resto.
- Empeine: Parte que envuelve al pie en la parte delantera.
- Lengüeta: Está por debajo de los cordones del zapato, le da mayor agarre con respecto al pie contribuyendo al amarre del calzado.
- Ojales: Orificios en la parte superior del calzado para amarrar las correas.
- Laterales: Se une con el empeine siendo piezas diferentes o una sola. Bordea toda la parte trasera del pie.
- Forro: Cubre toda la parte superior y lateral interna del zapato, está en contacto directo con el pie y debe ser un material suave que evite transpiración.

G. Técnicas de corte en calzado

La industria del cuero y calzado se caracteriza por su naturaleza dual, por un lado, existen empresas altamente tecnificadas y por otro, talleres con sistemas artesanales y maquinaria obsoleta. Por lo que se distinguen cuatro niveles: el artesanal, los talleres familiares, las empresas medianamente mecanizadas y las altamente mecanizadas.

No existen datos en Guatemala, de las que se encuentran en el cuarto nivel, sin embargo, se menciona que en México solo el 6% cuentan con tecnología moderna y competitiva internacionalmente. En el primer nivel artesanal; se produce huarache, con herramientas rudimentarias y con materiales de poca calidad, en el segundo nivel; los talleres familiares emplean algunas máquinas sobre todo de coser y se produce un calzado de más calidad, en el tercer nivel; se usan máquinas como troqueladoras pero existe gran cantidad de mano de obra para operar las máquinas y en los diferentes pasos del sistema de producción, el cuarto nivel; presenta características de alta tecnología, debido a que cuentan con maquinaria importada que disminuye los pasos del proceso, tiene alta capacidad de producción, lo que hace que el hombre se vea desplazado (Torres F. , 2008). Por lo que se diría que solo el cuarto nivel utiliza cortadoras láser siendo 6% del total en comparación a otros métodos de corte.

1. Grabado láser en cuero

Las pieles curtidas, en sus múltiples cualidades y variedades, se presentan tanto en trabajos de modelado como relieves, así como, soporte y base para todo tipo de decoración con colores, teñidos y pátina. Además, que su maleabilidad permite forrar cualquier forma y volumen. Dentro de estas técnicas se encuentra moldeado, repujado, el calado en cuero. El último se trata de trabajar sobre planchas de cuero realizando diseños de encaje al recortar con trincheta, cutter o bisturí. Se hace a mano, aunque en la industria se utiliza una máquina láser que se encarga tanto de calar como grabar el cuero. Esta máquina permite calar y grabar piel natural, ante, napa, nubuck, piel sintética, alcántar, polipiel, gamuza y microgamuza. El cuero ofrece una alta resistencia a las herramientas que se usan para trabajarlo, con excepción del rayo láser, que se realiza sin contacto y produce efectos homogéneos, sin desgastar el material. Además, que no hay contacto de pieza a pieza, por lo cual hay ahorros en cuchillas y no se pierde tiempo en sujetar el cuero para su procesamiento solo es necesario insertar la hoja en la cama del sistema láser. Esta técnica es utilizada por Cecilia Gadea y Coro Groppo (Leoncini, 2019).

El cuero es también un material popular para grabar debido a que las láminas de cuero crudo y los productos de cuero, son asequibles, duraderos y tienen un alto valor percibido, especialmente cuando son personalizados. Se puede trabajar en todos los tipos de cuero:

- Cuero de grano completo: la más alta calidad.
- Cuero de grano superior: la segunda mayor calidad.
- Grano corregido (cuero partido cortado/parte inferior) también conocido como cuero genuino.
- Cuero regenerado: de calidad inferior compuesto por restos de cuero.

Aunque también se puede usar gamuza. El cuero sintético se puede asegurar, siempre que no contenga cloruro de polivinilo (PVC) que puede ser perjudicial por los gases que deja escapar. Respecto a los colores, los colores claros producen un contraste de color significativo, y los oscuros, da un contraste más sutil. Si se necesita un contraste dinámico de color, se sugiere un cuero marrón claro, beige o café claro.

El grabado depende del tipo de cuero utilizado, la configuración de la velocidad, potencia y frecuencia láser. Esta dicho que se puede utilizar en espesores de hasta ¼ a 1/6”, y trabaja una amplia gama de objetos, como pulseras, maletines, portafolios, posavasos, parches de sombrero, diarios, llaveros, collares y adornos (Epilog, 2019).

a. Parámetros láser

El corte y el grabado láser se basa en una serie de parámetros que se han de fijar con el fin de conseguir el efecto que queremos obtener en cada material. Los parámetros varían según el tipo de material, solo se pueden conseguir resultados perfectos en el grabado y corte láser si se acierta a elegir los parámetros; los cuales son una combinación de los siguientes ajustes (Trotec, 2021):

- Potencia
- Velocidad
- Resolución PPI/ Frecuencia Hz
- Número de pasadas
- Flujo de aire
- Offset Z (desenfoque controlado)

Si se contara con una base de datos de materiales que han sido estudiados antes, entonces se requerirán pequeños ajustes de los parámetros para lograr resultados visualmente diferentes. Si se incrementa el tiempo de potencia, se estará aportando más energía al material, lo que hará que el grabado sea más oscuro. Se recomiendan hacer ajustes con pequeños incrementos. Se recomienda cambiar parámetros de uno en uno, para ver el efecto que tiene cada parámetro sobre el material. Por ejemplo, se puede comenzar con la potencia probando diferentes valores con incrementos de 5 a 10%. Luego se puede repetir el proceso con la velocidad (Trotec, 2021).

2. Corte con troquel

El corte se realiza con una máquina troquelado, que necesita limpieza, lubricación, revisión general y su principal elemento a verificar es el nivel de aceite. La altura de brazo de presión va de No. 10 a No. 60. Los troqueles tienen una altura de 19 mm, en la regulación de la altura de la máquina se darán 18mm, y que se penetra 1 mm al momento de corte. Se debe tener precaución al tomar los troqueles debido a que es cuándo se dan las cortadas en los dedos, debido al filo que poseen estos moldes en su perímetro (Paredes, 2010).

Figura V-4 Molde en troquel



Fuente: Paredes (2010)

El operario debe tener el hábito de mover el troquel, tomándolo con los dedos índices y pulgares, ya que ambos forman un arto que permite movilizar la pieza sin el peligro de tocar sus filos de corte, cuando se realiza una corrida en troqueles se adquiere nomenclaturas denominadas claves (Paredes, 2010):

Cuadro V-2 Clave en troqueles

Claves de troqueles	Equivalente a
	27,37
	28, 34, 38
	29, 35, 39
	30, 36, 40
	31, 41
	32, 42
	33, 43

Fuente: Paredes (2010)

Es importante que se tenga control visual sobre el troquel, porque la diferencia de tamaño puede ser el mismo. La corrida está compuesta por (Paredes, 2010):

Cuadro V-3 Numeración por tipo de corrida

Tipo de corrida	Numeración
Niño	27, 28, 29, 30, 31, 32
Adolescente	33, 34, 35, 36
Adulto	37, 38, 39, 40, 41, 42, 43

Fuente: Paredes (2010)

3. Corte con cuchilla

En la fabricación de cuero y materiales afines intervienen diferentes tipos de máquinas, en la fase de corte uno de los utensilios más utilizados es la cuchilla; herramienta manual, pequeña y versátil con una gran variedad de usos. La cuchilla consiste en una hoja de metal fija, que se sujeta al mango de madera o plástico, y dicha hoja de metal debe ser más dura que el material que se va a cortar (Castaño, y otros, 2019).

a. Herramientas de acero al carbono (P)

Este grupo comprende aceros cuyo contenido de carbono varía de 0.7% a 1.2%, una de sus características es que pierde su dureza a 250°C, por lo que no se puede exponer a altas temperaturas y no se recomienda su uso para ser montado en equipos que realicen trabajo en continuo. Se usan para herramientas que por la intensidad del trabajo no corren el riesgo de perder sus propiedades, como (Castaño, y otros, 2019):

2. Herramientas de acero inoxidable (M)

Cuando el acero tiene otros elementos aditivos, se le llama acero al carbono, siendo algunos sensibles a la oxidación. Para mejorar la resistencia a la oxidación se agrega cromo (Cr) en cantidades de 10.5% y el acero toma el nombre de acero inoxidable.

3. Herramientas de acero de alta velocidad (HSS)

Este tipo de acero contiene un alto contenido de carbono además de una cantidad de: tungsteno (W), molibdeno (Mo), cromo (Cr), etc.; agregando estos elementos, se mejora la dureza y la resistencia al desgaste de la herramienta de corte. Los HSS pierden su dureza a una temperatura de 650°C, por lo que se debe usar un líquido que la enfríe para aumentar la vida útil de la herramienta, como ocurre con los aceros al carbono. Estas son las que se usan en el corte manual del sector del cuero, se pueden volver a afilar por lo que se usan en proceso de alta velocidad como taladros, fresas, herramientas de un solo punto, brocas, etc (Castaño, y otros, 2019).

Figura V-5 Hoja de acero a alta velocidad empleado en la elaboración de cuchilla para corte manual en el sector del cuero



Fuente: Castaño, y otros (2019)

La funcionalidad de cuchilla puede depender del desgaste el cual se da después de cortes sucesivos en materiales blandos, dado es el caso del cuero, por lo que la herramienta pierde brillo en su punto y esto es un indicador cualitativo del desgaste. Los factores que pueden afectar esto son: las propiedades de los materiales, la forma y acabado de la superficie, la temperatura. Al desgastarse, en el caso del cuero, se da sin que trozos de este se adhieran a la superficie de la hoja o viceversa. Si se formara una capa de óxido, podría dificultar el corte debido a que la capa de óxido actúa como un abrasivo (Castaño, y otros, 2019).

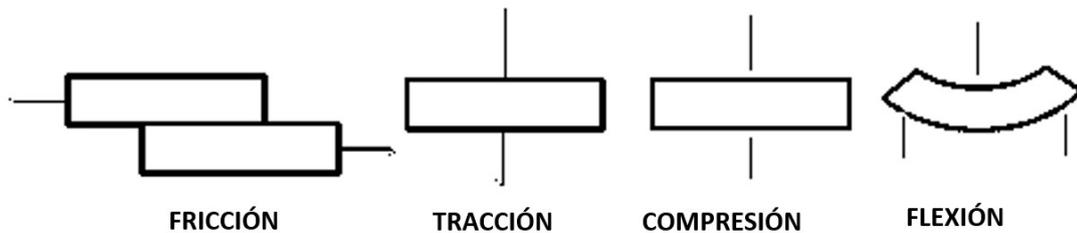
4. Propiedades mecánicas

La cuchilla se encuentra bajo diferentes fuerzas: fricción, tracción, compresión y flexión. La fricción es las fuerzas que se genera cuando dos superficies están en

contacto, la tracción es la fuerza que se genera cuando un material se somete a fuerzas de dirección opuestas.

La compresión se da cuando las fuerzas en sentidos opuestos se dirigen al mismo punto, y la flexión es la fuerza mediante la cual se dobla un material. Se ven de la siguiente forma:

Figura V-6 Representación de las fuerzas que se producen en un proceso de corte



Fuente: Castaño, y otros (2019)

Cuando se realiza corte con una cuchilla, la fricción aparece entre la pieza a ser cortada y la punta de la cuchilla. Por otra parte, dependiendo de las fuerzas de corte, se pueden generar fuerzas de tracción, compresión y flexión cuando se doble la cuchilla (Castaño, y otros, 2019).

Figura V-7 Fuerzas que intervienen en un proceso de corte con cuchilla



Fuente: Castaño, y otros (2019)

H. Descripción y requisitos de propiedades físicas de cuero bovino curtido al cromo para calzado

Los ensayos físicos al cuero son utilizados para determinar la resistencia del cuero, y acciones a las que se debe someter en su transformación en un objeto común. Las propiedades del uso del cuero se determinan midiendo y valorando las propiedades físicas.

1. Número de pieles

Sea cual sea el número debe cumplirse el principio de que todos los cueros de un lote tienen la misma probabilidad de ser tomados, entendiéndose por hacer la selección de cueros aleatoriamente. Según la norma IUC 2; la cantidad de cueros a tomar por lote son tres unidades independientemente del cuero del lote a muestrear. Según la ASTM, se sigue el siguiente cuadro:

Figura V-8 Muestreo según ASTM de un lote de artículos fabricados con cuero

Muestreo según ASTM de un lote de artículos fabricados con cuero	
Número de piezas del lote	Números de piezas que deben tomarse
50 o menos	2
51 a 500	3
501 a 3,200	5
Más de 3,201	8

Fuente: INEN (2016)

Estos valores son aplicados para todo tipo de cueros de ganado bovino curtidos al cromo acabados a plena flor y flor corregida. No aplica para cueros de serraje o carnaza por ambos lados denominados también como descarné, gamuzones o split y aquellos a ser utilizados en suela que no sean cortes para la fabricación de calzado. Los cueros pueden ser tipo A, B, C o D, de acuerdo con su área aprovechable (INEN, 2016):

Cuadro V-4 Requisitos en calzado en hombre

Requisito	Cuero a plena flor y flor corregida	Textil y tejidos recubiertos	Método de ensayo
Resistencia a la tracción y elongación (N/cm ²)	30,000 mínimo	-	NTE INEN-ISO 3376
Elongación a la rotura (%)	40	40	NTE INEN-ISO 3376
Rigidez Aparente (N/cm)	≥ 15,000 en cueros a plena flor	Sin forro ≥ 6000 Con forro ≥ 5000	NTE INEN-ISO 3376

Fuente: INEN (2017)

- Resistencia a la tracción:

$$S = \frac{F}{he}$$

Siendo:

S la resistencia a la tracción (kg Fuerza/cm²)

F es la carga en el momento de la rotura de la probeta en kg Fuerza.

h es el ancho promedio de la probeta en centímetros.

e es el espesor de la probeta en centímetros.

- Alargamiento bajo una carga preestablecida

$$S_c = \frac{L_c - L_0}{L_0} \times 100$$

Siendo:

S_c es alargamiento bajo la carga preestablecida en porcentaje

L_c es la longitud bajo la carga preestablecida (en mm)

L_0 es la longitud inicial de la probeta (en mm)

- Alargamiento de rotura:

$$S_r = \frac{L_r - L_0}{L_0} \times 100$$

Siendo:

S_r es alargamiento de rotura (en %)

L_r (longitud de la probeta en el momento de la rotura (en mm))

- Medición de la rigidez aparente.
 - Utilizar las medidas gráficas de las a a c, y determinar la rigidez aparente al graficar la fuerza aplicada vs la separación de las mordazas.
 - Siendo la rigidez aparente:
 - $E = \frac{P}{h_e} L_0$
 - l , es la extensión y P es la fuerza aplicada (N). Se transpone $P = \frac{E h_e l}{L_0}$ y la pendiente es $\frac{E h_e}{L_0}$

Errores

Respecto a los errores. No deben ser mayores al 15% entre dos probetas.

Resultados

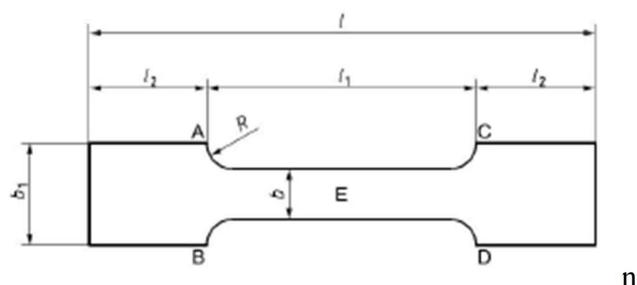
Para los resultados indicar el número de identificación de la muestra y/o cualquier indicación que la caracterice, como indicar el valor de la carga preestablecida en kilogramos fuerza por centímetro cuadrado, el valor promedio para la resistencia, alargamiento y rotura. Indicar también el tipo de probeta empleada A, B o C. También mencionar cualquier detalle, si la muestra presentara defectos.

VI. METODOLOGÍA

A. Metodología general

1. Se definió que para hacer el estudio comparativo del proceso de corte usando troqueladora manual y equipo láser, se seleccionó el modelo de zapato tipo Stitcher no. 40. Se comparó los resultados de las características estudiadas del cuero.
2. Se obtuvo y caracterizó los tres tipos de cuero con tratamiento de cromo que se utilizan para el calzado Stitcher.
3. Se solicitó la fabricación del troquel de las probetas estándar (piezas de cuero con forma y medidas definidas para hacer las evaluaciones, ver esquema en Figura VI-1) y cortar tres probetas según el método ISO 2418:2017 y SLP (IUP 2) mostrado en la siguiente sección en “Metodología específica” en la troqueladora GSB-8 de 25 toneladas métricas, con velocidad de corte de 0.085 m/s, instalada en la empresa Calzado Kevin de Santa Catarina Mita, Jutiapa (temperatura ambiental promedio de 28 °C, 62 % H.R. promedio y presión atmosférica promedio de 1 atm).

Figura VI-1 Medidas para probeta ISO 2419



Fuente: INEN (2017)

Cuadro VI-1 Dimensiones según las probetas tipo A (largas), B (estándar) en milímetros y C (método INEN)

Designación	l	l ₁	l ₂	b	b ₁	R
A (larga)	110	50	30	10	20	5
B (estándar)	190	100	45	20	40	10
C (Método INEN)	40	20	10	5	10	2.5

Fuente: INEN (2017)

De no contar con la suficiente cantidad de piezas se pueden seguir la medida de la probeta C, del proceso INEN.

2. Número de pieles

Sea cual sea el número debe cumplirse el principio de que todos los cueros de un lote tienen la misma probabilidad de ser tomados, entendiéndose por hacer la selección de cueros aleatoriamente. Según la norma IUC 2; la cantidad de cueros a tomar por lote son tres unidades independientemente del cuero del lote a muestrear. Según la ASTM, se sigue el siguiente cuadro:

Figura VI-2 Muestreo según ASTM de un lote de artículos fabricados con cuero

Muestreo según ASTM de un lote de artículos fabricados con cuero	
Número de piezas del lote	Números de piezas que deben tomarse
50 o menos	2
51 a 500	3
501 a 3,200	5
Más de 3,201	8

Fuente: INEN (2016)

Estos valores son aplicados para todo tipo de cueros de ganado bovino curtidos al cromo acabados a plena flor y flor corregida. No aplica para cueros de serraje o carnaza por ambos lados denominados también como descarné, gamuzones o split y aquellos a ser utilizados en suela que no sean cortes para la fabricación de calzado. Los cueros pueden ser tipo A, B, C o D, de acuerdo con su área aprovechable (INEN, 2016):

Cuadro VI-2 Requisitos en calzado en hombre

Requisito	Cuero a plena flor y flor corregida	Textil y tejidos recubiertos	Método de ensayo
Resistencia a la tracción y elongación (N/cm^2)	30,000 mínimo	-	NTE INEN-ISO 3376
Elongación a la rotura (%)	40	40	NTE INEN-ISO 3376
Rigidez aparente (N/cm)	$\geq 15,000$ en cueros a plena flor	Sin forro ≥ 6000 Con forro ≥ 5000	NTE INEN-ISO 3376

Fuente: INEN (2017)

Recomendaciones

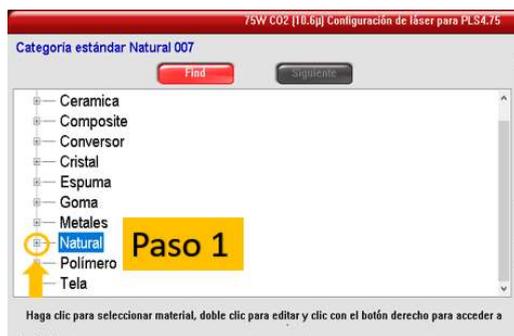
Usar probetas pequeñas solo si no se dispone de cuero suficiente para probetas mayores. Los resultados dependen no solo de factores como el tipo de cuero, métodos de curtición o acabado, sino también del lugar de la piel o cuero en que hayan sido tomadas las muestras y la dirección en la que la probeta haya sido cortada. Por este motivo para comparar dos o más cueros, será importante que se corten las probetas de la misma zona.

- a. Se realizaron las pruebas físicas con cada propiedad física, en triplicado de acuerdo con la norma ASTM (metodología, instrumentos y resultados a reportar especificados por separado en la siguiente sección) para el troquelado:
 1. Espesor
 2. Densidad aparente
 3. Alargamiento bajo carga preestablecida
 4. Alargamiento rotura
 5. Medición de la rigidez aparente
- b. Cortar con los tres tipos de cuero un par de calzado no. 40 tipo Stitcher en la en la troqueladora ATOM de 20 toneladas en Calzado Kevin 28°C y 62% H.R. y 1 atm en Calzado Kevin en Santa Catarina Mita Jutiapa. Sellar los tres pares en las cuatro piezas que se indican en antecedentes con timbradora Mac GT de 350 W (ver Placas de equipo en Anexos para mayor información).
- c. Corte de probetas en láser.
 1. Diseñar la probeta tipo A según el método ISO 2419 en AUTOCAD (ver Imagen VI-10). Guardarla con un ancho de línea de 0 mm y color del trazo RGB Rojo: 255, 0, 0.
 2. Uso de la cortadora láser PLS4.75
 - a. Encender la computadora de la cortadora
 - b. Encender la cortadora (SWITCH ON/OFF COSTADO o POWER por 3s)
 - c. Abrir programa diseño
 - d. Las líneas para cortar deben ser lo más delgadas.
 1. Inskape 0.05 mm
 2. Inventor 0.01 mm
 3. Adobe Illustrator 0.003 mm
 4. Autocad 0 mm
 5. Color de trazo RGB
 - a. Cortar: Rojo: 255,0,0
 - b. Marcar: Azul: 0,0, 255
 - c. Grabar: Negro: 0,0,0
 - e. Diseño listo, enviar a imprimir.
 - f. Seleccionar la cortadora láser presionar “Ok”
 - g. Abrir el programa de la cortadora láser
 - h. Usar la función de “vista enfoque” para mover el puntero (lucecita), con las flechas moverlo para ver SI cabe el material.

- i. Colocar el puntero en medio (fácil acceso)
- j. Enfocar el material a la altura (distancia focal), cambiarlo cada vez que cambie material, de no ser no se obtiene el resultado deseado.
 1. Colocar la muesca alineada al cabezal:
 2. En PLS4.75, subir o bajar la mesa primero seleccionar eje z, y luego moverse hasta base-material, muesca alineada cabezal con flechas.
 3. Sacar el enfocador de la cortadora (no dejarlo dentro)
 4. Alinear el material con el puntero, moviéndolo desde software o material manualmente
 5. Opción “vista de reubicar” para mover el diseño.
 6. Seleccionar una esquina o lado del diseño> Click botón “Al Puntero”  > Click “Vista reubicar” 
 7. Cerrar la cubierta de la cortadora láser. La luz roja se enciende, si la puerta está abierta la máquina no opera.
 8. Encender extractor de aire correspondiente a cortadora. SINO sobrecalentamiento, costo \$800.

3. Determinar las variables de ajuste para cuero
 - a. Se abre la pestaña de controlador para usuarios ocasionales (primera pestaña), se selecciona el material tipo “Natural” y el subtipo “Cuero”. Ver imagen posterior:

Figura VI-3 Selección tipo material



Fuente: Elaboración propia

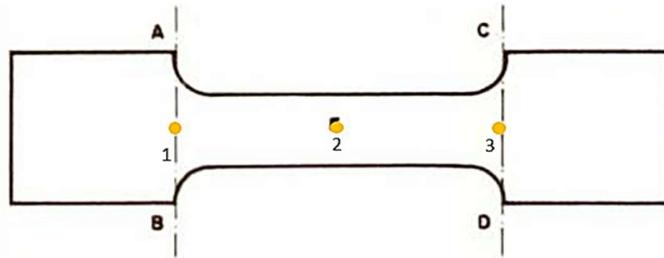
Figura VI-4 Selección subtipo material



Fuente: Elaboración propia

- b. Luego de señalar el material se determina el espesor de los tres tipos de cuero. Para esto se mide el espesor de 3 probetas cortadas con troqueladora en tres puntos y se hace el promedio de ellas (puntos amarillos).

Figura VI-5 Ubicación de las medidas del espesor en las probetas



Fuente: Elaboración propia

- c. Después de tener el espesor promedio se ingresa en la parte lateral izquierda que indica el “Grosor del material”:

Figura VI-6 Ingreso grosor de material



Fuente: Elaboración propia

- d. Se selecciona “Aplicar” y luego “Ok”:

Figura VI-7 Pasos para guardar ajustes de intensidad y espesor



Fuente: Elaboración propia

- e. Después del primer corte si se observan que no corta el material, se aumenta en combinación 2 mm en espesor y se 2% de ajuste de intensidad. Se repite este paso hasta comprobar que corta una probeta entera en cada tipo de cuero. Se utilizaron los siguientes cuadros (7.1 a 7.3) hasta obtener la configuración que cortara cada tipo de cuero que logre cortar una probeta:

Cuadro VI-3 Espesor ingresado y ajustes de intensidad de corte, utilizados en cuero tipo “Pullup” color café

No. probeta troquelada	Espesores probetas (± 0.01 mm)		
1	1.61	1.62	1.58
2	1.65	1.6	1.6
3	1.64	1.62	1.61
No. prueba	Espesor ingresado	Ajuste de intensidad	Corta (Sí/No)
1	1.61	0%	No
2	1.63	2%	No
3	1.65	4%	No
4	1.65	6%	No
5	1.65	8%	No
6	1.65	10%	No
7	1.65	11%	Sí

Cuadro VI-4 Espesor ingresado y ajustes de intensidad de corte utilizados en cuero Crazy beige

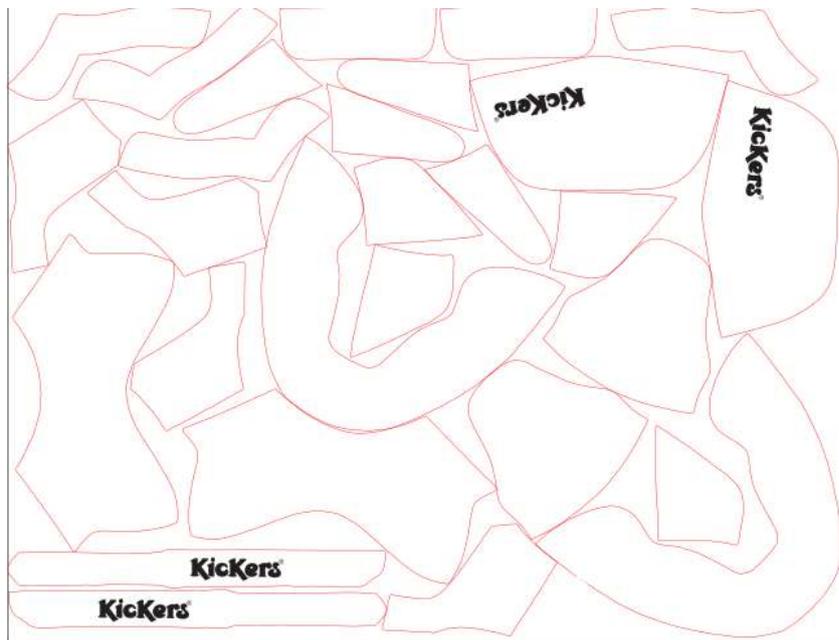
No. probeta troquelada	Espesores probetas (± 0.01 mm)		
1	1.70	1.74	1.78
2	1.70	1.70	1.75
3	1.72	1.70	1.68
No. prueba	Espesor ingresado	Ajuste de intensidad	Corta (Sí/No)
1	1.72	0%	No
2	1.74	2%	No
3	1.75	4%	No
4	1.75	6%	No
5	1.75	8%	No
6	1.75	9%	Sí

Cuadro VI-5 Espesor ingresado y ajustes de intensidad de corte utilizados en cuero Nubuck gris

No. probeta troquelada	Espesores probetas (± 0.01 mm)		
	1	1.82	1.80
2	1.80	1.60	1.79
3	1.86	1.62	1.83
No. prueba	Espesor ingresado	Ajuste de intensidad	Corta (Sí/No)
1	1.77	0%	No
2	1.79	2%	No
3	1.81	4%	No
4	1.83	6%	No
5	1.84	8%	No
6	1.84	11%	Sí

- f. Cuando se observe que se cortó una probeta entera guardar los ajustes con el nombre del tipo de cuero.
4. Enviar a corte presionando “Play”. Para pausar y reanudar en botón 
 - Asegurarse que la extracción esté encendida, si hay inconveniente parar.
5. Abrir la cubierta de la impresora y retirar la pieza.
6. Retirar resto de material y no empujar escombros porque puede dañar el equipo.
7. Dejar cubierta abierta y enfocador en su lugar.
8. Cuando se termine de cortar apagar el equipo con el botón switch de la PLS4.75.
- d. Corte de calzado tipo Stitcher no. 40 en Láser
 - Escanear las 28 piezas en color negro con fondo blanco como “.JPEG”.
 - Editar pieza por pieza en el programa “Graphic Pro Studio 2.81” con la función de autotrazado para que las líneas eviten imperfecciones por el escáner y se observe diseño homogéneo de las piezas.
 - Exportar a PDF cada pieza.
 - Abrir cada pieza en “Inkscape” y acomodar las piezas de una en una en una página de 40 x 65 cm debido a que es el largo y ancho de la cortadora láser PLS4.75. De la siguiente forma:

Figura VI-8 Piezas para un calzado Stitcher No. 40



Fuente: Elaboración propia

5. Agregar el logo en las 4 piezas que llevan grabado (ver anexos).
 6. Para las piezas que serán cortadas asignar un ancho de línea de 0.05mm y color del trazo RGB Rojo: 255,0,0 y para las piezas que serán grabadas el color de trazo RGB Negro: 0,0,0.
 7. Cortar las piezas siguiendo el proceso de corte láser con las variables de ajuste de operación guardadas del paso anterior.
- e. Determinar el rendimiento según las piezas que logró cortar sin necesidad de ajuste con cuchilla la troqueladora y cortadora láser.
 - f. Contar el tiempo por cada máquina para calcular el gasto en energía eléctrica.
 - g. Cortar 3 probetas con orientación vertical y horizontal en la cortadora láser y realizar de nuevo en triplicado las pruebas físicas en los tres tipos de cuero (metodología, instrumentos y resultados a reportar especificados por separado en la siguiente sección):
 1. Espesor
 2. Densidad aparente
 3. Alargamiento bajo carga preestablecida
 4. Alargamiento rotura
 5. Medición de la rigidez aparente
 - h. Comparar los resultados de las pruebas físicas y comparar con los de la literatura, y definir el cuero con mejor desempeño como comparar ambas máquinas con sus costos respecto a un uso de 5 años.

B. Metodología específica

Por cada reporte de presentación de resultados se debe incluir:

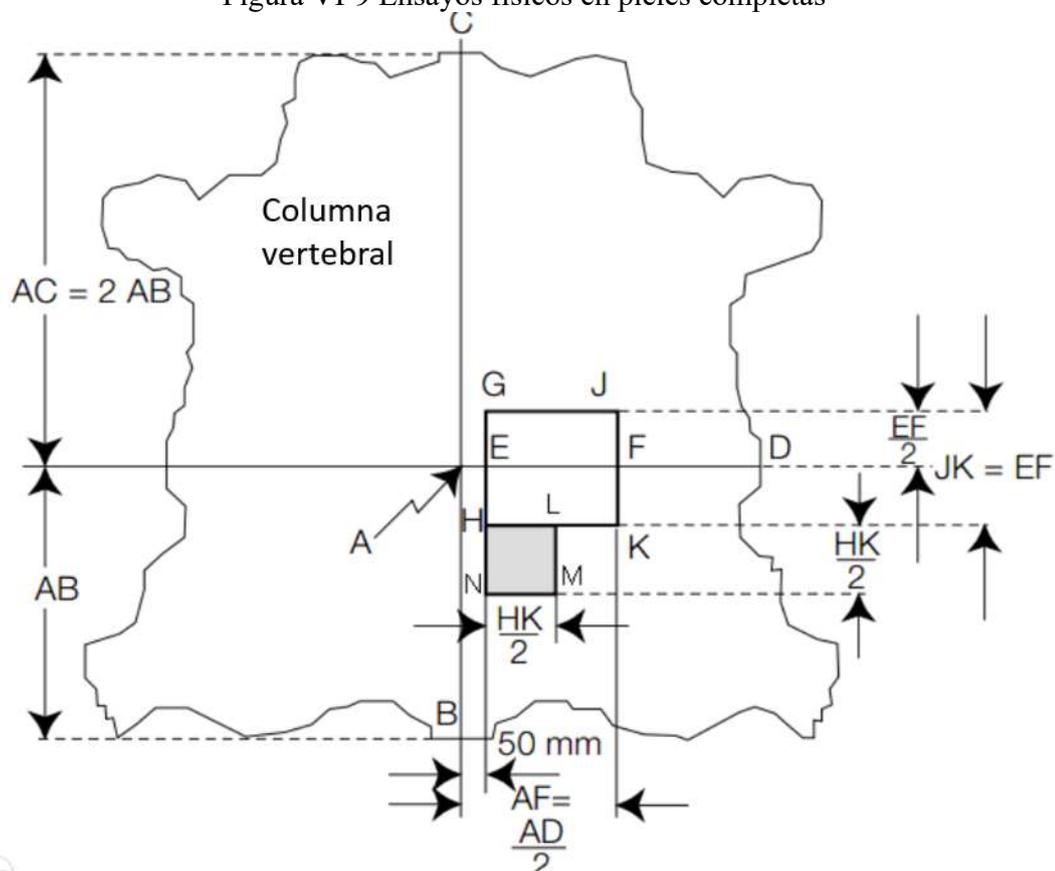
- Nombre
- Fecha
- Título
- Introducción y aparatos utilizados
- Materiales utilizados (si es posible incluir orígenes) de las muestras
 - Dimensiones
 - Tipo de piel
 - Tipo de cuero – curtido
 - Dirección del corte (paralelo o perpendicular)
 - Tipo de acabado si aplica
- Procedimiento
 - Se reporta lo que se hace, no lo que el método indica. Se reporta en pasado.
- Resultados y cálculos: Discusión al comparar con otros recursos, utilizando métodos estadísticos para comparar tendencias y correlaciones
- Conclusiones

1. Toma de muestras para los ensayos físicos

De acuerdo con estándar ISO 2418:2017 y SLP (IUP 2)

Se utilizó pieles completas para cuero tipo “Pullup” café y “Crazy” color beige, siguiendo:

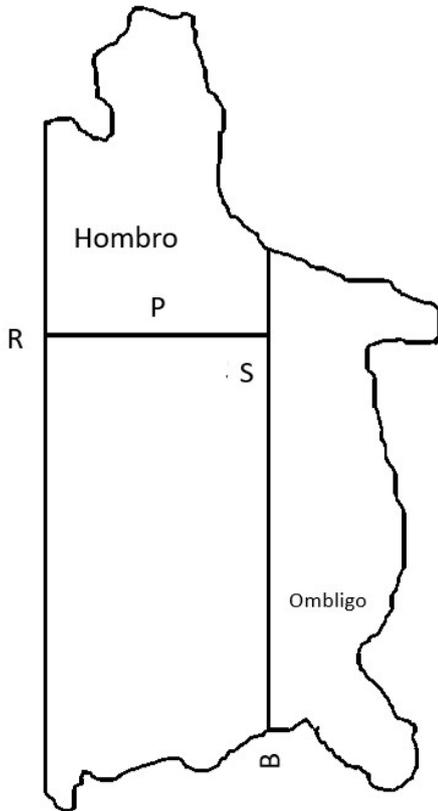
Figura VI-9 Ensayos físicos en pieles completas



Fuente: (INEN, 2017)

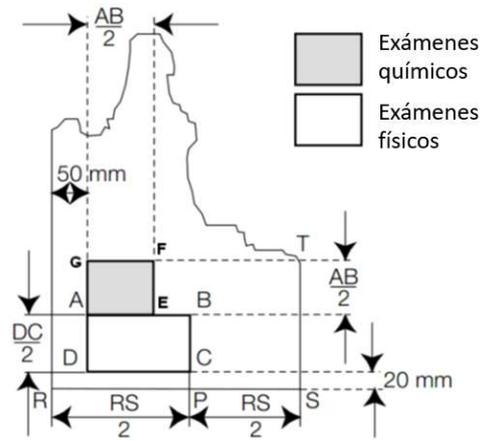
- Dibujar una línea de B a C a lo largo de la columna vertebral, en la que B es la cola y C es el final del cuello
- Dibujar una línea paralela a 50 mm de BC
- Dibujar una línea del punto A perpendicular (a ángulos rectos) a BC al punto al punto D y al borde del vientre
- Dibujar una línea de 50 mm paralela a BC. Punto E está en la misma posición del punto A, pero en esta línea paralela.
- Encontrar el punto medio entre AD y marcarlo como F. Medir EF.
- Marcar punto G por encima de E con la medida de $\frac{1}{2}$ EF.
- Marcar punto J por encima de F con la medida $\frac{1}{2}$ EF.
- Conectar J y G.
- Marcar el punto H por debajo de E a $\frac{1}{2}$ EF.
- Marcar el punto K por debajo de F a $\frac{1}{2}$ EF.
- Conectar los puntos H y K para formar un cuadrado que es OSP para la región del trasero.
- Cortar muestras físicas en el cuadrado HKJG, y cerca de la línea EF.

Figura VI-10 Pruebas físicas para el hombro y posiciones del ombligo



Fuente: INEN (2017)

Figura VI-11 Posiciones del ombligo



Fuente: INEN (2017)

1. Dibujar la línea BC en la región del ombligo, esta no siempre será paralela a la columna vertebral depende de la raza, estructura y sexo del animal.
2. Marcar una línea RS que sea perpendicular a BC y en línea con la pierna frontal.
3. El punto P es el punto medio de RS.
4. Dibujar una línea de 20mm paralela del punto RS, el punto C es en la línea del mismo punto P.
5. Dibujar una línea de 50 mm paralela a la columna vertebral.
6. Punto A es un $\frac{1}{2}$ DC sobre la línea paralela por encima de D.
7. Punto B es $\frac{1}{2}$ DC por encima del punto C.
8. Unir puntos A y B.
9. Tomar muestras del cuadrado ABCD.

3. En caso de que las probetas se tomen del pescuezo la extracción se hace en el rectángulo (A, B, C y D) lo más cerca del punto C.
4. Los resultados de algunos ensayos dependen de la dirección relativa al espinazo del cuero, en que se cortan las probetas. En cada caso debe convenirse la dirección a tomar en función del uso que se le da a los cueros.
5. Por lo general se sacan varias probetas de una misma muestra, con el fin de efectuar diversos ensayos.
6. Cuando se extraigan probetas o muestras obtenidas de mitades o medios crupones se debe tener en cuenta que algunos ensayos pueden estar influenciados por efectos locales, por la tensión que experimentan las mitades puestas por el proceso de estaqueado. En este caso las probetas o muestras no deben extraerse de la porción de cuero comprendida dentro de los 100 mm adyacentes al espinazo.
7. Se extrajeron las partes de las que se cortarían las probetas con una cuchilla.

2. Acondicionamiento de muestras

Es aplicable para todos los tipos de cuero seco en condiciones estándar. Las pieles con gran contenido de humedad deber ser secadas antes de acondicionarlas.

Atmósfera estándar para el acondicionamiento del cuero

Todos los tipos de cuero deben ser acondicionados a una atmósfera ya sea antes o después de cortar la muestra. Una atmósfera estándar es la que se diseña para llevar la muestra a condición específica en relación con la temperatura y humedad relativa al mantenerla por un periodo de tiempo de aproximadamente 48 horas en una atmósfera estándar con aire libre moviéndose en toda la superficie. La atmósfera estándar es de $25\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$, y una humedad relativa de $65\% \pm 5\%$.

Instrumental

- a. Termómetro o higrómetro, para registrar temperatura y humedad
- b. Psicrómetro, para controlar la humedad relativa
- c. Balanza analítica, sensible 0,1mg
- d. Habitación o cámara de acondicionamiento: Equipado para mantener condiciones de atmósfera normal de ensayo, con medios, para hacer circular aire sobre las muestras-probetas expuestas o dispositivo para mover éstas en la atmósfera acondicionada.

Procedimiento

- a. Controlar con el psicrómetro condiciones de temperatura y humedad relativa en la habitación y el gabinete, ajustar si es necesario a las condiciones definidas.
- b. Las muestras o probetas deben ser colocadas de manera tal que el aire tenga acceso a toda la superficie de la muestra, y debe mantenerse al mismo en continuo movimiento, salvo que existiera otra especificación.
- c. Cuando no se disponga de un sistema para trabajar en ambiente acondicionado, puedan obtenerse resultados que no difieran, al acondicionar las muestras y sacarlas una por una en el momento de ensayo del ambiente de acondicionamiento (este proceso no resulta satisfactorio para el ensayo de abrasión y algunos otros).

3. Ensayos físicos

b. Medida de la densidad aparente

La densidad es el cociente entre masa y volumen, debido a la porosidad del cuero por la cantidad de espacios entre las fibras vacías, el verdadero volumen de las fibras es muy difícil de medir con exactitud. Cuando el volumen se calcula a partir de las dimensiones de una probeta, sin restarle el volumen ocupado por los poros, el cociente entre masa y volumen se conoce como densidad aparente. Si se toma en cuenta el volumen de los poros, entonces el valor obtenido es la densidad real (de las fibras). Su utilidad es cuando el cuero es usado para suela (crupones) como medida directa de cargas pesadas.

- Instrumental
- Calibrador de dial micrométrico y base fija.
- Balanza analítica (incertidumbre de 0.001g)
- Calibrador Vernier

Procedimiento

- Cortar tres muestras con una cuchilla de acero cuya parte interior cilíndrica de 70 mm y cortar tres muestras con cortadora láser. Sea cual sea el número debe cumplirse el principio de que todos los cueros de un lote tienen la misma probabilidad de ser tomados, entiéndase por hacer la selección de cueros aleatoriamente. Según la norma IUC 2; la cantidad de cueros a tomar por lote son tres unidades independientemente del cuero del lote a muestrear. Según la ASTM, se sigue el siguiente cuadro:

Figura VI-13 Muestreo según ASTM de un lote de artículos fabricados con cuero

Muestreo según ASTM de un lote de artículos fabricados con cuero	
Número de piezas del lote	Números de piezas que deben tomarse
50 o menos	2
51 a 500	3
501 a 3,200	5
Más de 3,201	8

Fuente: INEN (2016)

- Tratar las muestras como se indica en el método de acondicionamiento.
- Mide el espesor en los tres vértices que corresponden al triángulo equilátero, y que están situados a 2 cm del centro de la superficie de la cara de la flor de probeta como el espesor del cuero toma la media aritmética de los tres resultados.

- Medir el diámetro de la probeta tanto en la cara de flor como en la carne en dos direcciones perpendiculares entre sí con el calibrador Vernier. Calcular la media de las cuatro lecturas.
- Pesar la muestra (incertidumbre 0.001g).

c. Resultados

Calcular el volumen de la probeta como si fuera un cilindro exactamente circular, cuyo diámetro y altura corresponden al diámetro y espesor medidos.

$$V = \frac{\pi \times d^2 \times e}{4}$$

Siendo d= diámetro (mm), e= espesor (mm) y m=masa (g).

Determinar la densidad aparente al utilizar la siguiente fórmula:

$$d_a = \frac{1.273 \times 10^6 \times m}{\prod d^2 e}$$

Los resultados dependen del tipo de cuero, la ubicación dentro de la piel y la materia prima utilizada. Registrar toda la información necesaria para asegurar un resultado satisfactorio.

Resistencia a las acciones de tipo mecánico y abrasivo:

4. Resistencia a la tracción

El método consiste en someter una probeta a una fuerza de tracción en un dinamómetro y medir la distancia entre mordazas al alcanzar una carga preestablecida, la carga y la distancia entre mordazas en que se produce la rotura de la probeta, con estos datos y la medida del espesor y ancho originales de la probeta y la distancia original entre mordazas, calcular la resistencia a la tracción, el alargamiento bajo una carga especificada.

Instrumental

- Se utilizó el Compresor Universal de Universidad del Valle de Guatemala accionado por sistema hidráulico (ver Cuadro 12.2 de Equipo en Anexos). Las mandíbulas de las mordazas deben medir como mínimo 40 mm en dirección de la carga aplicada. La máquina debe trabajar a una velocidad uniforme de separación de las mordazas entre 100 ± 20 mm/min.
- Prensa de troquelar y cuchillas para cortar las muestras.
- Calibrador de dial micrométrico y base fija.
- Calibrador Vernier

Preparación de las muestras

Seguir el acondicionamiento y cortarlas piezas de acuerdo con la ISO 2418, de no contar con suficiente material se puede optar por la probeta mediana (B) es conveniente para ensayar cueros flexibles de espesor reducido (tipo “box calf” o de capelladas) pero es menos satisfactoria la probeta grande (A) para cueros rígidos tipo suela, debido a la dificultad de obtener la medida del ancho con suficiente exactitud. La probeta pequeña (C) se usará solo si la dimensión de cuero no alcanza para tamaños mayores.

Procedimiento

- Escoger la escala de modo que la lectura de la carga se efectúe en la parte de la escala que por calibración se ha comprobado que no tiene error mayor a un 1%.
- Medir el ancho de cada probeta en tres puntos de la cara flor y en tres puntos de la cara carne con una exactitud de 0.1 mm. De cada grupo de tres medidas realizar una en el punto medio E y las otras en los puntos medios situados entre E y las líneas AB y CD. El ancho de la probeta tomar la medida de las medidas (ver Figura 7.11).
- Medir el espesor de cada probeta en centímetros como se especifica en INEN 558. Para probetas de tamaño grande y mediano deber efectuarse tres determinaciones, una sobre el punto E (ver Figura 7.11) y otras dos a la mitad de distancia entre el punto E y las líneas AB y CD, tomar la media aritmética de las tres medidas, como el espesor de la probeta. Si se usan probetas se acondiciona la muestra y se hace una medición de cada probeta en el punto E antes de cortar las probetas.
- Separar las mordazas del dinamómetro a 100mm, 50 mm o 20 mm, según se usen probetas grandes (A), medianas (B), pequeñas (C), respectivamente. Asegurarse que ha sido calibrado. En este estudio se utilizaron probetas tipo A.
- Sujetar las probetas en las mordazas, de manera que los bordes de las mordazas se encuentren a lo largo de las líneas AB y CD. Cuando las probetas estén sujetas, la flor deberá quedar en un solo plano.
- Medir la distancia entre las mordazas con una precisión de ± 0.5 mm y tomar distancia como la longitud inicial (L_0) de la probeta para los propósitos del ensayo.

Poner en marcha la máquina, a menos que la máquina posea un dispositivo autográfico que dibuje un gráfico de alargamiento en función de la carga, debe proseguirse la medición de distancia entre mordazas, a menos que la carga aumente.

- De no contar con un dispositivo autográfico, determinar la distancia entre mordazas cuando se llega a la carga preestablecida. Este valor se toma como la longitud de la probeta (L_c) bajo la carga especificada.
- Sin parar la máquina continuar con el ensayo hasta que la probeta se rompa, y salvo que la máquina posea un dispositivo autográfico, anotar la carga en el momento de la rotura (F) y la longitud en el momento de la rotura (L_f).
- Si durante la aplicación de la carga se suelta, la probeta de las mordazas de la máquina, o si la rotura de la probeta ocurre entre las partes no paralelas entre las mordazas desechar la lectura y repetir el ensayo con una nueva probeta.

VII. RESULTADOS

Cuadro VII-1 Resumen de propiedades de elongación para cada tipo de cuero

Tipo de Cuero	Tipo de corte	% Elongación rotura	Resistencia a la tracción (N/cm ²)	Rigidez aparente (N/cm)
Pullup café	Corte troquelado	24.95% ± 2.64%	40,164.91 ± 6956.73	77,641.93 ± 10295.26
	Corte láser	26.03% ± 2.61%	37,288.5 ± 2211.2	70,645.08 ± 8363.01
Crazy beige	Corte troquelado	22.74% ± 3.97%	19,085.51 ± 3939.74	37,319.61 ± 12855.52
	Corte láser	25.80% ± 2.13%	19,527.10 ± 3384.57	33,252.91 ± 6424.27
Nubuck gris	Corte troquelado	19.74% ± 2.72%	14,943.53 ± 3140.34	35,588.98 ± 7890.92
	Corte láser	24.11% ± 3.77%	14,453.66 ± 4797.58	29,465.73 ± 12160.39

Notas: Todas las medidas son en el Laboratorio de Ingeniería Civil 65±4% HR y 20±4°C con el Compresor Universal Forney con Indicador Digital TA-1253. Los cálculos de los datos presentados se pueden encontrar en Anexos 12.8 por tipo de cuero.

Cuadro VII-2 Valores de ajuste para la operación de corte láser en tres diferentes tipos de cuero

Tipo cuero	Ajustes manuales					Ajustes seteados por máquina			
	Ajustes de intensidad			Espesor del material (mm) ^B	Desempeño del Vector	Potencia	Velocidad	PPI	Eje Z
	Marcado	Grabado	Corte						
Pullup nacional ^A	0%	0%	11%	1.65	Estándar	99.9%	10%	500.00	1.70
Crazy beige ^A	0%	0%	9%	1.75	Estándar	96.1%	10%	500.00	1.80
Nubuck gris ^A	0%	0%	11%	1.84	Estándar	96.1%	10%	500.00	1.80

Notas: La máquina láser utilizada es PLS4.75 de 75 Watts de 60x45 cm. Se selecciona y cambia "Ajustes de Intensidad" y "Grosor promedio", que trae por defecto la máquina. Se selección el tipo de material "Natural" y el subtipo "Cuero" (código asignado 350102) como unidades métricas. Se hizo en condiciones de 24 °C y 57% H.R.

B. La caracterización de los cueros se describe en el Cuadro 13.7.

B. El grosor se obtiene al aumentar cierta cantidad de mm respecto al promedio de 18 probetas cortadas con troquelado según el método NTE INEN-ISO 3376 (INEN, 2017) ver Anexos 12.7.

Cuadro VII-3 Eficiencia en tiempos de operación y eficacia de corte láser vs corte por troqueladora

Tipo de cuero	Tipo de corte	% Residuos (± 0.04%)	Piezas defectuosas	% Piezas defectuosas	Corte (± 0.012 min)	Grabado (± 0.012 min)	Total (±0.22 min)
Pullup nacional ^A	Troqueladora ^C	24.66%	0.00	0.00%	6.617	0.483	7.10
	Láser	15.94%	2.00	7.14%	5.950	8.483	14.43
Crazy beige ^A	Troqueladora ^C	25.59%	0.00	0.00%	7.383	0.650	8.03
	Láser	23.73%	2.00	7.14%	6.033	8.250	14.28
Nubuck gris ^A	Troqueladora ^C	24.21%	0.00	0.00%	9.133	0.500	9.63
	Láser	32.02%	0.00	0.00%	6.017	8.533	14.55

Notas: Los cortes se hacen en la máquina láser utilizada es PLS4.75 de 75 Watts de 60x45 utilizada en el D-Hive de la Universidad del Valle de Guatemala a 24°C y 57% H.R. a 1 atm. Y los cortes se hacen con una troqueladora ATOM y una timbradora Mac GT 28°C y 62% H.R. y 1 atm en Calzado Kevin en Santa Catarina Mita Jutiapa

A. La caracterización de los cueros se describe en el Cuadro 13.7.

B. Se produce un lote de 24 pares al día en "Calzado Kevin" esa es la referencia para el corte y grabado láser.

C. La troqueladora requiere una timbradora que hace el grabado en el zapato. El grabado se realiza en 4 piezas de las 28.

Cuadro VII-4 . Comparación de Tasa Interna de Retorno entre la troqueladora (X) y la láser (Y)

AÑO	MAQ X	MAQ Y	FLU. INCRE (Y-X)
0	-Q 49,150.0	-Q 192,017.0	-Q 142,867.0
1	-Q 98,818.1	-Q 72,326.8	Q 26,491.2
2	-Q 98,818.1	-Q 72,326.8	Q 26,491.2
3	-Q 98,818.1	-Q 72,326.8	Q 26,491.2
4	-Q 98,818.1	-Q 72,326.8	Q 26,491.2
5	-Q 82,712.6	-Q 9,406.7	Q 73,305.9
		TIR	7%

1. La inversión inicial, los COA se basan en el Cuadro 13.8. Y el valor de salvamento se basa en el 20% de depreciación anual. Para los costos mostrados ver Anexos "Cálculos de Muestra" E.8 a E.12.

Fuente: Elaboración propia. Maq X es Troqueladora ATOM y Timbradora Mac GT, y Maq Y es Cortadora Láser PLS4.75.

VIII. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Con el objetivo de evaluar las propiedades físicas de elongación de diferentes tipos de cuero para comparar el efecto del grabado y el corte láser; se utilizaron este tipo de propiedades debido a que, para el calzado esta es la capacidad que tiene de aumentar su longitud sin daño cuando se tire y de retener la forma cuando se suelta, y para el montaje del calzado requiere poder elongarse y mantener su forma durante su uso (Manich, Castellar, González, Ussman, & Marsal, 2007). Asimismo, las propiedades físicas de elongación son más importantes al resto de propiedades en este estudio debido a que el proceso de curtimiento de los tres tipos de cueros evaluados; el cromo permite unir las cadenas de aminoácidos del colágeno, afectando las propiedades físicas, y no las restantes. Se evaluaron tres tipos de piel siendo Pullup Nacional, Crazy Beige y Nubuck Gris. Siendo el de mayor espesor el cuero Nubuck Gris con 1.83 ± 0.12 mm, con el mayor rango y desviación estándar (ver Cuadro 13.7). Este tipo de cuero es un cuero ternera que o novillo curtido al cromo, ligeramente recurtido cuyo lado de la flor se esmerila para darle un aspecto afelpado lo cual hace que sea una textura suave del lado de la carne de la piel (Rueda & Gabet, 2006). Este tipo de cuero conjunto al tipo Crazy y Pullup, son los cueros más utilizados para la elaboración de calzado en Guatemala según el distribuidor Innove (2021). Este es el tipo de cuero es más caro debido a que tiene un aspecto homogéneo (con menos de 3 defectos) por toda la flor con un costo de Q29.67/pie (ver Cuadro 13.7), pero, tiene la menor elongación a la rotura siendo $21.92 \% \pm 3.87 \%$, por lo que se dice que a pesar de su alto costo no logra sobrepasar lo necesario en la elongación a la rotura de 40 % para el calzado de hombre según el método NTE INEN-ISO 3376. Esto se explicará mejor al observar el análisis de esta prueba en la siguiente sección. Por el otro lado, el cuero Pullup Café, tiene el menor espesor siendo 1.71 ± 0.07 mm y también es el más barato Q9.39/pie. Este tipo de cuero con acabado con ceras y aceite, y se denomina de este modo, debido a que al estirar el cuero aparece un color claro generando un contraste de color cuyo acabado se logra por impregnación de aceites y planchado después a alta temperatura (Rueda & Gabet, 2006). Se le conoce también como piel anilina debido a que es un a piel curtida a la que no se le añade cobertura especial, se puede ver también que este cuero no cumple con la elongación a rotura mínima (ver siguiente sección). Por último, el cuero Crazy Beige, es el cuero con el espesor intermedio entre el Pullup Café y el Nubuck Gris, siendo 1.81 ± 0.08 mm, este cuero es el que cuenta con la mayor elongación a la rotura ($26.75 \% \pm 5.07 \%$) pero, aun así, no sobrepasa el 40% del método NTE INEN-ISO 3376 (INEN, 2017). Este tipo de cuero se le aplica una capa de cera natural al cuero, y luego se pule para tener un acabado suave. La piel posee golpes y rasguños cuyas irregularidades contribuyen al aspecto tonal, también utiliza ligantes como caseína y albúmina para obtener acabados transparentes para dejar ver la flor y sus defectos (Yukon, 2021). Entendiendo cómo son los procesos de curtido de cada tipo de cuero, es necesario profundizar en la comparación de las propiedades físicas de los mismos, para determinar el cuero que presente las mejores propiedades físicas de elongación para la fabricación del empeine de calzado según el método NTE INEN-ISO 3376.

Todos los resultados mostrados en el Cuadro 8.1, se hacen en triplicado en la Compresora Universal del Laboratorio de Ingeniería Civil de la UVG a $65\pm 4\%$ HR y $20\pm 4^\circ\text{C}$ (ver Cuadro 8.1), se denota que no se cumplió con el mínimo de elongación a la rotura de 40% según el método NTE INEN-ISO 3376 (INEN, 2017) en los tres tipos de cuero. Esta elongación a la rotura se requiere como mínimo debido a que el calzado debe ser capaz de estirarse para que pueda ser montado especialmente en la puntera, como alta flexibilidad para prevenir la aparición de fisuras y roturas en la zona de flexión del empeine del cazado. Para el cuero Pullup café se denota en la orientación de corte vertical que, tanto en el corte por troquelado como el corte láser, que es menor a la elongación al corte horizontal como en el Nubuck gris. Esto se debe a que el cuero tiene la orientación de sus fibras en esa dirección, que es cuando se produce una extensión más fácil al aplicar fuerza en esa dirección, este es un factor de los más importantes en la estructura del cuero según Ward (1974), debido a que las piezas del calzado que vayan a ser montadas en la puntera deben ser cortadas en esa dirección. Esto cambia con el Crazy beige, en el que en el caso del troquelado la orientación horizontal es mayor la elongación a la rotura en comparación a la vertical, pero en el corte láser cambia, esto se puede deber al tipo de cuero en sí, y que la orientación no se encuentre ni vertical ni horizontal en ese punto en el que se cortaron las probetas para pruebas físicas a pesar de utilizarse el método NTE INEN-ISO 3376 (INEN, 2017), debido a las capas propias del cuero y la organización de las fibrillas de las fibras en la capa del colágeno (Manich, *et al*, 2007)., por lo que se recomienda estudiar una orientación con 45° en este tipo de cuero para analizar si allí se encuentra la orientación. Una prueba fácil que realizan los maestros zapateros es hacer un pequeño tire mientras cortan el cuero para asegurarse que la orientación este en sentido vertical u horizontal, sin embargo se puede decir entonces que para los cueros Pullup café y Nubuck gris, la orientación de las fibras para montaje de piezas de puntera es más probable que esté en orientación horizontal, y para el cuero Crazy beige sea necesario un pequeño tire con las manos como prueba rápida para poder cortar esta pieza en el cuero en sentido horizontal, vertical u 45° . Al comparar el corte con troquelado y el corte láser en el cuero Pullup café, se observa que el corte láser tiene mayor elongación a rotura para ambos sentidos de orientación el de corte láser vertical $24.87\% \pm 2.27\%$ y el horizontal $27.18\% \pm 2.81\%$, versus el corte por troquelado $23.25\% \pm 2.15\%$ (vertical) y $26.64\% \pm 2.05\%$ (horizontal) esto se puede deber a que las fibras tienen un aspecto quemado en la orilla del corte por láser, lo que hace que sean más sensibles a la carga puesta, es decir es necesario aplicarles menos carga para que se estiren más que las probetas cortadas con láser (ver Cuadro 12.2 en Anexos). Esto también se observa para el cuero Nubuck gris, en el que la elongación de rotura para el corte láser en sentido vertical es $23.21\% \pm 2.09\%$ versus el corte de troquelado $19.23\% \pm 4.01\%$, y en sentido horizontal sería $25.00\% \pm 5.36\%$ versus $20.25\% \pm 1.29\%$. Lo mismo ocurre en el cuero Crazy beige en el que en sentido vertical el corte láser es mayor que el troquelado siendo, $23.21\% \pm 2.09\%$ versus $19.21\pm 4.01\%$ respectivamente, y en sentido horizontal $25.00\% \pm 5.36\%$, versus 20.25% para el troquelado (ver Cuadro 13.8 en Anexos).

Por otro lado, en resistencia a la tracción se define como la propiedad en que tanta fuerza se somete el cuero por área cuadrada, este tipo de propiedad también se relaciona con la capacidad del cuero para aguantar el peso del pie y sus movimientos, y debe ser por lo menos $30,000 \text{ N/cm}^2$, el cuero Pullup café es el único de los tres tipos de cuero que logra aguantar dicho peso por área cuadrada, con todos los cortes y en cualquier sentido de orientación esto se puede deber a que es el único tipo de cuero con tratamiento con aceites y planchado después a alta temperatura, que permite que la estructura pueda ser más elástica. En esta propiedad física se observa que las probetas cortadas con láser en el cuero Pullup café tienen una menor resistencia a la tracción que los troquelados, pero es el único tipo de cuero que se observa un comportamiento como tal, luego en el cuero Crazy beige, los valores de resistencia entre troquelado y láser, es mayor para las probetas troqueladas en sentido horizontal, siendo $17,886.41 \pm 3061.62 \text{ N/cm}^2$ mayor que $16,637.62 \pm 1082.82 \text{ N/cm}^2$ pero en vertical el valor es mayor en las cortadas con láser, siendo $22146.59 \pm 1555.10 \text{ N/cm}^2$ un valor superior a $20,284.60 \pm 5011.67 \text{ N/cm}^2$, y en el caso del cuero Nubuck gris las probetas troqueladas en sentido horizontal tienen mayor resistencia en sentido vertical, (ver Cuadro 13.50 en Anexos), por lo que se dice que no hay relación entre el método de corte y la resistencia de tracción para tres tipos de cueros a excepción del cuero Pullup café. Sin embargo, esto se puede relacionar más con el espesor del material, siendo el cuero Pullup café el de mayor resistencia a la tracción también es el de menor espesor (ver Cuadro 13.7), y esto conjugado con su tratamiento con aceites y planchado después a alta temperatura, que permite que aguante más libras por área cuadrada de la probeta. En cambio, los otros dos tienen un espesor promedio mayor a 1.80mm, y se denota que mientras mayor es el espesor también disminuye la rigidez aparente (ver Cuadro 13.7).

La rigidez aparente es la única característica con la que cumplen los tres tipos de cuero, siendo con cualquier corte y en cualquier sentido mayor a $15,000 \text{ N/cm}$, esta característica se refiere a la tasa de cambio de deformación de la tensión en una muestra sometida a carga y es “aparente” porque la muestra puede desviarse más allá de su límite proporcional, y esta es solo una medida significativa dentro del límite elástico del material, sin embargo, al realizar por cada tipo de corte un triplicado lo cuál es el estándar de pruebas según el método NTE INEN-ISO 3376 (INEN, 2017), se dice que se tiene un promedio que logra definir que todos los tipos de este estudio cuero superen este estándar. Esta es menor en el cuero Nubuck Gris cortada en láser con sentido vertical siendo $21,909.61 \pm 593.35 \text{ N/cm}$, esto se debe a que este tipo de cuero no es tratado ni con aceites (como el Pullup Café) ni con ceras naturales como el cuero Crazy beige. Sin embargo, se observa con respecto al tipo de corte realizado que la rigidez aparente es mayor en los cueros con corte troquelado, para el Pullup Café; siendo $77,641.93 \pm 10295.26 \text{ N/cm}$ mayor a $70,645.08 \pm 8363.01 \text{ N/cm}$, en el cuero Crazy Beige; de $37,319.61 \pm 12855.52 \text{ N/cm}$ mayor a $33,252.91 \pm 6424.27 \text{ N/cm}$ y por último para el cuero Nubuck Gris; siendo $35,588.98 \pm 7890.92 \text{ N/cm}$ mayor a $29,465.73 \pm 1216.39 \text{ N/cm}$ (ver Cuadro 8.1).

Esto se debe a que la rigidez aparente es un representativo de cómo se comporta la elongación del cuero durante toda la prueba hasta su ruptura, es decir cuánto va cediendo de extensión según la carga aplicada, y será mayor mientras menor sea la extensión por carga, y como los cueros cortados con troquel ceden menos milímetros por carga aplicada que los cortados con láser debido a que estos se estiran más por las cerdas quemadas en los extremos por el láser hace que el cuero soporte menos carga por extensión teniendo un valor mayor en rigidez aparente. Ningún cuero de este estudio (Pullup café, Crazy beige, Nubuck gris) cumple con el mínimo de estándar según el método NTE INEN-ISO 3376 (INEN, 2017), sin embargo, el cuero que presenta los valores mayores en las tres propiedades físicas es el cuero Pullup café, además de que su costo es el menor en comparación al Crazy beige y el Nubuck gris. Siendo Q9.39 por pie en comparación al cuero Crazy beige con un costo Q16.58/pie, y el Nubuck gris a pesar de ser el más caro (Q29.67/pie) no tiene las características para un calzado de hombre de trabajo (ver Cuadro 13.7).

Las operaciones de grabado y corte láser se realizaron en la cortadora láser PLS4.75 de Universal® Laser Systems del D-Hive de la Universidad de Guatemala a 24°C y 57% H.R. a 1 atm., se utilizó el sistema de configuración para *usuarios ocasionales* (Universal LS, 2020), en el que se escoge en la primera pestaña de controlador de impresor el tipo de material “Natural” y el subtipo “Cuero”, los cuales tienen preestablecido los valores de ajuste de: “Potencia de corte”, “Velocidad”, “PPI” y “Eje Z”. Los valores de ajuste que cambian para los *usuarios ocasionales* son: a) Ajustes de intensidad, b) Espesor del material y c) Desempeño del vector (ver Cuadro 8.2). El ajuste de intensidad y el espesor del material dependen de la metodología (ver Metodología determinación de Parámetros), en la que después de tener el espesor promedio de tres probetas troqueladas se fue incrementando en combinaciones de 0.02 mm más en grosor ingresado y 1% de ajuste de intensidad hasta lograr que se cortara una probeta entera. Puede decirse que este incremento en grosor e intensidad se debe a que no todo el material es homogéneo en espesor, es decir varía según la ubicación en la flor de cada tipo de cuero, aunque todas las probetas sean cortadas en el lugar destinado para pruebas físicas (INEN, 2017). El cuero es un material formado por tres capas; superficial, grano y capa fibrosa, la superficial es una red de fibras de colágeno curtidas, en las que la proteína colágena se presenta de manera helicoidal, y las fibrillas que componen las fibras pueden variar en diámetro de 5 a 200 nm; por lo que el espesor en la capa superficial depende de la asociación de estas fibrillas, luego está el espesor del grano que contiene componentes no colágenos, que corresponden a una serie de funciones biológicas especializadas, y esto origina que existan diferencias a medida que se avanza de la capa epidérmica externa a través de la capa de grano hasta la estructura fibrosa del resto de la piel (Manich, *et al*, 2007). Por lo que cada tipo de cuero; sin importar su curtido o tratamiento, varíe en espesor en toda la flor. En el caso del tipo de cuero Crazy beige se observa que es el que tiene un espesor promedio de 1.63mm con la menor desviación estándar (0.13mm) en comparación al resto de cueros (ver Cuadro 13.7); siendo la desviación del cuero Pullup café 0.19 mm y la del Nubuck gris 0.10 mm (ver Cuadro 13.7), por lo que se puede decir que se logró cortar una probeta entera con el menor ajuste de intensidad siendo 9% en comparación al resto de cueros que fue 11%.

En el caso de las probetas cortadas con láser se denota una orilla negra por el quemado del láser con un borde de hilos color más claro, esto sucede en todas las probetas cortadas con láser, en cambio en las de corte con troqueladora, no se denota el quemado orillas, y los bordes a pesar de no ser uniformes, denotan un color homogéneo (ver Anexos Ilustraciones 12.4 a 12.6). Asimismo, las probetas cortadas con troqueladora todas denotan que se mantiene el color original, en cambio las que son cortadas con láser se oscurecen y este efecto se denota mayormente en el cuero Crazy beige (ver Figura 12.7), el que es el color más claro en comparación al gris del Nubuck y al café del Pullup.

Se denota que “La Potencia” y el “Eje Z”, son las variables de ajuste que no se mantienen constantes, estos parámetros los define la cortadora láser en base al espesor definido y el ajuste de intensidad. Se puede decir respecto a la potencia que puede ser de 0 a 100%, y mientras mayor sea, mayor será la profundidad de corte, por lo que para los cueros Pullup café, Nubuck gris y Crazy beige, todas las potencias requeridas serán entre 96.1% a 99.9% debido al espesor del material. La velocidad también se puede ajustar entre 0 y 100%; la relación entre potencia y velocidad es que, a mayor potencia y menor velocidad, se obtiene profundidades mayores (Universal LS, 2020). En este caso para los tres tipos de cueros fue 10%, la comparación es que frente a un cuero de 1mm de espesor sin ajuste de intensidad de corte, la velocidad se mantiene en 12%, por lo que, al variar el ajuste de intensidad, la velocidad disminuye para tener un corte más profundo.

Las PPI, son las pulsaciones por pulgada del láser, dependen de la densidad de imagen para imágenes de densidades inferiores a 5, se fija el pulso de 500 PPI y para densidades de imagen de 6, los pulsos se fijan a 1000PPI (Universal LS, 2020), por lo que para el corte de las probetas y del calzado de trabajo de hombre no. 40 fue de una densidad menor a 5. Respecto al “Eje Z”, se define una altura de corte según colores de la imagen presente, en el caso de las probetas todas fueron cortadas con rojo (255, 0, 0) y espesor en Inskape 0.05mm (ver Figura 7.6 en Metodología). El “Eje Z” depende del grosor del material ingresado, al ser una variable preestablecida se observa que dependerá de la cifra después del punto ingresada y toma el entero decimal, en el caso de Pullup Nacional con espesor ingresado de 1.65 mm y ajuste de 11%, el eje Z se preestablece en 1.70 mm, y para los cueros Crazy beige y Nubuck gris con espesores y ajustes de intensidad en corte de 1.75 mm y 9%, y 1.84 mm y 11% respectivamente, el eje Z se ajustó a 1.80 mm (ver Cuadro 8.2).

Para definir la eficacia de la operación fue necesario comparar el corte y grabado de un calzado Stitcher no. 40, el calzado Stitcher es el calzado basado en un tipo de construcción jalado y montado hacia fuera, se cose la parte superior a suelas planas o plantillas con un cerquillo. Dicha costura hace al calzado resistente, mayor a 5 años de vida útil (HN, 2020), pero para este es necesario cortar 28 piezas de calzado para montar un par de calzado. Todas las piezas fueron cortadas con ambos métodos de corte, las de troqueladora fueron cortadas a 28°C y 62% H.R. en “Calzado Kevin” el cual es un taller de calzado en Santa Catarina Mita, Jutiapa con la troqueladora de 20 toneladas ATOM y una timbradora GT Mac; por el otro lado las piezas cortadas y grabadas con láser fueron hechas en la PLS4.75 el D-Hive de la Universidad del Valle de Guatemala a 24°C y 57% H.R. Se denota que la cantidad de residuos siempre es mayor al 10% es decir, sin importar cual sea el método de corte, existen residuos debido a que las 28 piezas son

cortadas, pero quedan espacios entre ellas, que no se pueden utilizar para cortar más piezas por esto a pesar de aprovechar el pedazo de cuero de 40 x 65 cm para cortar las 28 piezas, siempre quedan remanentes, dichos remanentes pueden aumentar en peso, dependiendo del corte que se hizo a la flor y el espesor variable que hay en cada tipo de cuero dicho esto se observa que la Nubuck gris tiene la mayor cantidad de porcentaje de residuos debido a que también es el que tiene mayor espesor (ver Cuadro 13.7). Respecto a las piezas defectuosas se denota que la eficacia de corte de las piezas, para el troquelado en los tres tipos de cuero, ninguna pieza sale defectuosa, todas las piezas son cortadas de una vez. En cambio, para el corte con láser, no logra cortar dos piezas para el cuero Pullup café y el Crazy beige, esto es debido a que el espesor es variable en toda la parte destinada al corte, y al cortar estas dos piezas el espesor se salía del rango de operación de los ajustes de variables para la cortadora láser debido a que los valores máximos 1.86 ± 0.01 mm y 1.96 ± 0.01 mm, superan el espesor ingresado en la láser. Estas dos piezas representan 7.14% del total de las piezas, y hacen que sea necesario utilizar cuchilla para arreglar el corte. Con respecto al tiempo se observa que el tiempo de corte de la cortadora láser toma el doble de tiempo en comparación a la troqueladora y timbradora, y esto es notorio en la grabación de las 4 piezas con la láser debido a que esta no puede colocar el sello de la marca y dejarlo listo en menos de un minuto como la timbradora, sino que va haciendo el grabado por líneas en el eje x, por lo que le toma entre 8.3 a 8.5 minutos hacer el grabado (ver Cuadro 8.3). Esto hace que esta operación tome de 51% más tiempo en el cuero Pullup café, 78% más tiempo en el cuero Crazy beige y más del doble de tiempo en el cuero Nubuck gris.

Para determinar el tipo de máquina que conviene más según los costos de instalación, mantenimiento y compra de las máquinas, se denota que en cuanto a gasto por luz eléctrica la láser tiene un mayor costo debido a que se tarda 50% más tiempo para hacer el grabado en comparación a la timbradora. Respecto a los operarios, son necesarios dos operarios para la troqueladora ATOM y timbradora Mac GT, debido a que la misma máquina no realiza las operaciones de corte y grabado como la láser PLS4.75, en este caso los operarios para la troqueladora y timbradora tienen un salario de Q2825.10 para salario de no agrícola mínimo de WageIndicator (2021), sin embargo, para la cortadora láser es un salario mayor debido a que es técnico de procesos químicos industriales que necesita conocimientos básicos sobre cómo manejar los programas que tienen compatibilidad con la cortadora láser siendo Inkscape, AutoCAD, Inventor y Adobe Illustrator asimismo también debe tener cuidado con el manejo de aire en la maquinaria como el prisma cuyo valor de recambio asciende a Q3,000.00, en el caso de instalación ambos métodos de corte necesitan la instalación de un compresor, sin embargo, en el caso de cambio de troquel solo aplica para la troqueladora el cual es necesario cada 8 años. En el caso del costo de maquinaria la troqueladora cuesta Q35,000.00 pero la cortadora láser al ser exportada, ya puesta en Guatemala su valor asciende a Q183,520.00 al examinar el periodo de la maquinaria en un plazo de cinco años como plazo sugerido para maquinaria de calzado según un estudio propuesto por Cruz (2015), se tiene que el valor de la TIR del flujo experimental es 4% al ser este un valor menor a una TMAR de 12% (Guzman, 2004), la cual se considera para economías con bajos niveles de inflación, y en el caso de Guatemala, se ha mantenido por debajo de 5% anuales por los últimos 10 años (Banguat, 2021). Y debido a que la TIR no es mayor a la TMAR comparando 7% al 12% no se aprobaría la inversión en la cortadora

láser PLS4.75 al compararla con la troqueladora ATOM y timbradora Mac GT (Ver Cuadro 8.5).

IX. CONCLUSIONES

- Los cueros evaluados en este estudio no superan el mínimo de las propiedades de elongación a la rotura, resistencia a la tracción y rigidez aparente según el método NTE INEN-ISO 3376 sin importar el método de corte utilizado, sin embargo, se observó que la elongación a la rotura de todos los tipos de cuero de este estudio cortados con láser es mayor a los cortados con troqueladora en 1 a 5%, pero en cuanto a rigidez aparente, será mayor en los tres tipos de cuero cortados con troquel en un rango de 10 a 24% versus a los cortados con láser.
- El cuero que presenta los valores mayores en las tres propiedades físicas es el cuero Pullup café, además de que su costo es el menor en comparación al Crazy beige y el Nubuck gris.
- Se determinaron que las variables de operación del grabado y corte láser de la PLS4.75 a 24 °C y 57% H.R. del tipo de cuero Pullup nacional; es 11% de intensidad en corte con un espesor de 1.65mm, del tipo Crazy beige; 9% de intensidad en corte y espesor de 1.75mm, y para el cuero Nubuck gris; 11% de intensidad en corte y 1.84mm de espesor.
- Se determina que el método con mayor eficiencia es el método por troquelado debido a que tiene tiempos los tiempos de operación de la cortadora láser por lo menos 51% menores. Al comparar costos de instalación, mantenimiento durante 5 años, la TIR de inversión de la cortadora PLS4.75 versus la troqueladora ATOM y la timbradora Mac GT, es de 7% la cual al no ser mayor a la TMAR de 12% hace que se rechace la inversión en la cortadora láser.

X. RECOMENDACIONES

- Evaluar los tintes y aditivos que se agregan a los cueros “Wet Blue” para determinar si los mismos afectan en las propiedades físicas de elongación del cuero terminado.
- Evaluar el proceso de esmerilado en el proceso de terminación de cuero, para verificar que el espesor del cuero sea constante.
- Se recomienda hacer pruebas modificando ajustes en usuarios avanzados en la cortadora láser PLS4.75, definir otro color como rosado para partes del cuero que sean más gruesas para que después de calibrar la altura de la máquina, pues se pueda variar de acuerdo con espesores en la flor lejana de la parte de central la cual suele ser más gruesa.
- Diseñar el calzado con un programa como Fusión 360 para pasar del 2D al 3D.

XI. BIBLIOGRAFÍA

- AutoPartes S.A. (2021). *Aceites Hidráulicos*. Obtenido de Lubricantes Amalie:
<https://www.autopartes.com.gt/aceites-hidraulicos>
- BANGUAT. (2021). *Exportaciones a Junio 2021*. Guatemala: Agexport Manufacturas Diversas.
- Banguat. (2021). *INFLACIÓN TOTAL RITMO INFLACIONARIO AÑOS 1996 - 2021 PORCENTAJES*. Obtenido de Banco de Guatemala:
<https://www.banguat.gob.gt/page/inflacion-total>
- Ben, L. (2019). *Leather Insights: A Comprehensive Guide for Buying the Best Leather*. Obtenido de Octane Seating: <https://octaneseating.com/blog/leather-buying-guide/>
- Brooks, F., & Ward, A. (1965). J. Soc. Leather Trades'. *Chem*, 361.
- Callister, W., & Rethwisch, D. (2017). *Ciencia e Ingeniería de Materiales*. Barcelona: Reverté.
- Castaño, S., Rivera, E., Tamayo, P., Rodríguez, C., Jaramillo, A., Zuleta, E., & Zapata, N. (2019). *Herramientas de Corte Manual para el Sector del Cuero*. Bogotá: SENA Sistema de Bibliotecas.
- CentralAmericanData. (Viernes 5 de Enero de 2018). *Guatemala: \$1.773 millones en exportación de papel, cartón y cuero*. Obtenido de Central American Data:
https://www.centralamericadata.com/es/article/home/Guatemala_1773_millones_en_exportacion_de_papel_carton_y_cuero
- CentralAmericanData. (Martes 18 de Diciembre de 2018). *Industria manufacturera cierra 2018 con optimismo*. Obtenido de Central American Data:
https://www.centralamericadata.com/es/article/home/Sector_manufacturero_cierra_2018_con_optimismo
- Córdova, H., Vargas, R., Téllez, L., Cesare, M., Becker, R., & Visitación, L. (2013). Influencia del uso de acompletejantes en el baño de curtido sobre la calidad final del cuero. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 79(4), 388-397. Obtenido de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2013000400010
- Cruz, L. (2015). *Instalación de Taller de Producción de Calzado para la Empresa Carco S.A.* Managua: UCA.
- DACE. (Agosto de 2015). *Sector Calzado*. Obtenido de Proyecto Ada-Integración:
<http://proyectoadaintegracion.minex.gob.gt/ada/docs/MINISTERIO%20DE%20ECONOMIA/Fichas%20tecnicas%20MINECO/03%20Calzado%20br.pdf>
- Embajada Argentina en Guatemala. (2008). *Perfil de Mercado Calzado*. Obtenido de Exportaa PYMES:
http://www.exportapymes.com/documentos/productos/RA5096_guatemala_calzados.pdf
- Epilog. (2019). *Corte y grabado láser de cuero*. Obtenido de Epilog:
<https://www.epiloglaser.co/c%C3%B3mo-funciona/aplicaciones/grabado-por-l%C3%A1ser-en-cuero/>
- Guzman, F. (2004). *Introducción a la Ingeniería Económica*. Bogota: Universidad Nacional de Colombia.

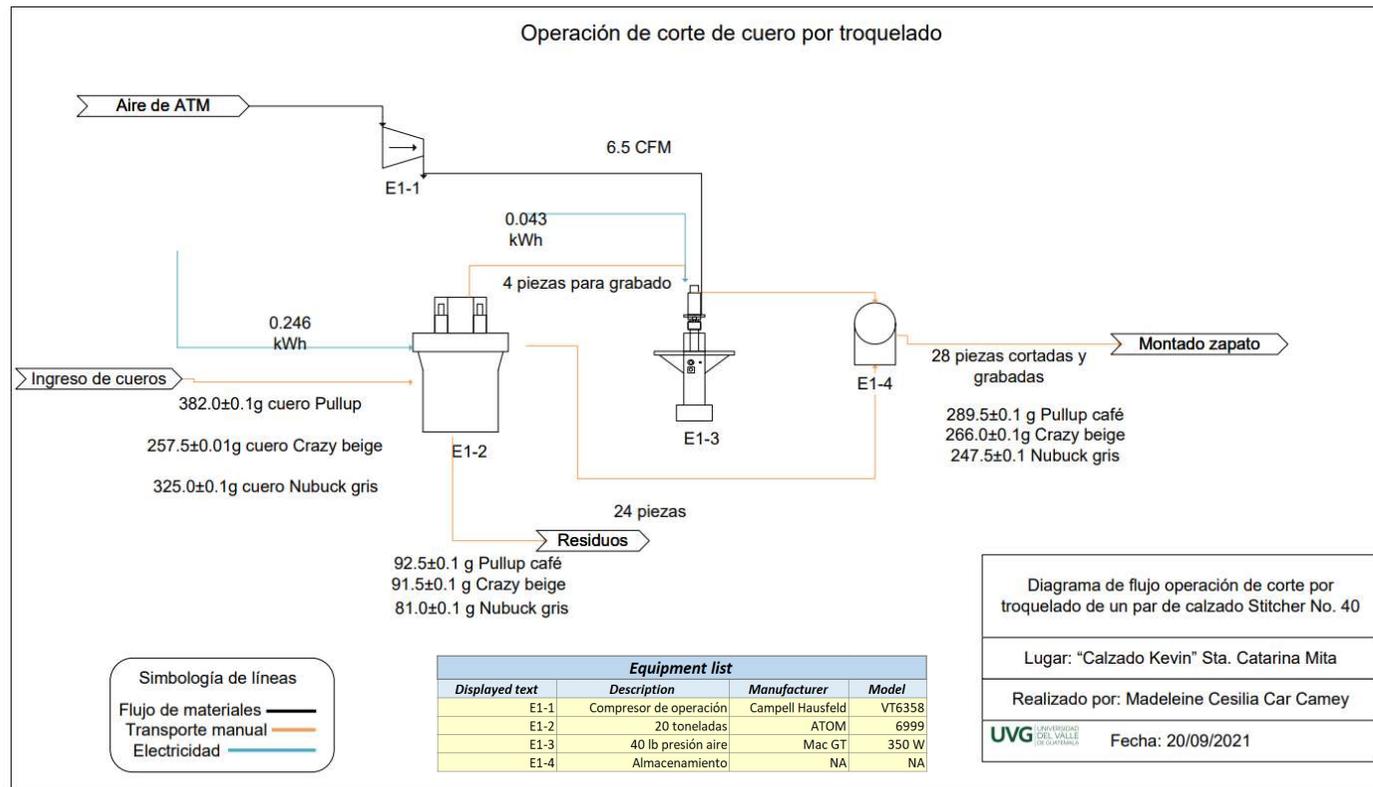
- HN. (2020). *Goodyear Welt. El sistema de construcción de calzado más valorado en la Industria*. Obtenido de La Horma de Tu Negocio: <https://lahormadetunegocio.com/2020/05/07/goodyear-welt/>
- HN. (2020). *Sistema de construcción Jareta y Stitcher*. Obtenido de La Horma de Tu Negocio: <https://lahormadetunegocio.com/2020/05/04/sistema-de-construccion-jarete-y-stitcher/>
- HN. (2020). *Sistemas de construcción Pegado y Loockstitcher*. Obtenido de Hormas para tu Negocio: <https://lahormadetunegocio.com/2020/04/24/sistemas-de-construccion-pegado-y-loockstitcher/>
- HN. (2021). *Desventajas de cada Sistema de Construcción de Calzado*. Obtenido de La horma de tu negocio: <https://lahormadetunegocio.com/2021/09/21/desventajas-de-cada-sistema-de-construccion-de-calzado/>
- Hymson Thailand. (2020). *Laser Engraver Guide – All About Laser Engraving*. Obtenido de <https://hymsonthailand.com/laser-engraver-guide/>
- INEN. (2016). *CUERO DE GANADO BOVINO CURTIDO AL CROMO PARA*. Obtenido de INEN: https://181.112.149.204/buzon/normas/nte_inen_1810-1.pdf
- INEN. (2017). *CALZADO. CALZADO DE HOMBRE. REQUISITOS*. Obtenido de Norma Técnica Ecuatoriana: https://181.112.149.204/buzon/normas/nte_inen_2953.pdf
- Intelaf. (2020). *Compu-Todoen1*. Obtenido de Intelaf.com: https://www.intelaf.com/Precios_stock_resultado.aspx?area=COMPU-TODOEN1
- Leoncini, J. (18 de Marzo de 2019). *TINTA, PIEL E INDUMENTO*. Obtenido de Universidad del Este: <http://dspace.biblio.ude.edu.ar:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/84/Tesis%20-%20Leoncini%20Jacqueline%20-%20copia%202.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Liu, C.-K., Latona, N., Ashby, R., & Ding, K. (2006). Environmental Effects on Chrome-Free Leather. *Jalca*, 368-375.
- MacroCity. (2021). *3HP 115 Litros Vertical 8.8 CFM BBT*. Obtenido de Macrocity: <https://macrocitygt.com/compresor-3hp-115-litros-vertical-8-8-cfm-bbt/>
- Maeser, M. (1965). The Principles of Leather Manufacture. *The Chemistry and Technology of Leather*, 310-332.
- MAGA. (2017). *DESPLEGADO DE PERMISOS DE IMPORTACIÓN “NOTAS DE LIBERACION JULIO DE 2017”*. Obtenido de Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación MAGA: <https://visar.maga.gob.gt/visar/2017/sa/nl17/nlj117.pdf>
- Manich, A., Castellar, M., González, B., Ussman, M., & Marsal, A. (2007). ELASTICITY AND SETTING OF STRETCHED LEATHER. *JALCA*, 43-51. Obtenido de <https://journals.uc.edu/index.php/JALCA/article/download/3032/2319#:~:text=Stretching%20favours%20the%20bedding%2Din,the%20network%20of%20collagen%20fibres.>

- Microgeo. (2021). *Microgeo USA*. Obtenido de Professional Laser Series 4.75: <https://www.microgeo-usa.com/ProductDetails.asp?ProductCode=universal-laser-PLS4.75>
- Novex. (2021). *Convertidores*. Obtenido de Electrico: <https://www.novex.com.gt/catalogo/202301/CONVERTIDORES.html>
- Paredes, J. (2010). *OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA INDUSTRIA DE CALZADO -INDESA-*. Guatemala: Universidad San Carlos de Guatemala.
- Popplewell, D. (1971). *Thesis Some Stress Relaxation and Set Properties of Full Chrome Side Leather*. Leeds: University of Leeds.
- Popplewell, D., & Ward, A. G. (1963). J. Soc. Leather Trades'. *Chem*, 502.
- Rueda, P., & Gabet, A. (2006). "Evaluación de dos diferentes técnicas de teñido en pieles curtidas artesanalmente. Guatemala : DIGI.
- Salvatierra, C. (2020). *Costo de Equipo y Accesorios*. Obtenido de Diseño e Instalación de un Sistema de Compresores y Línea Neumática según La Distribución en Planta de la Producción, para INHSA, Molinos Moderonos: <http://www.repositorio.usac.edu.gt/15508/1/Carlos%20Eduardo%20Salvatierra%20Portocarrero.pdf>
- Steve, R. (2019). "IMPLEMENTACIÓN DE GESTIÓN POR PROCESOS Y SU INFLUENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD EN LA FÁBRICA DE CALZADO JOY'S E.I.R.L. EN LA CIUDAD DE TRUJILLO 2019". Trujillo: Universidad Privada del Norte.
- Torres , F. (2008). *Calzado*. Obtenido de Inadem: http://www.contactopyme.gob.mx/estudios/docs/calzado_edomex.PDF
- Torres, G., & Lozano, E. (2018). RECUPERACIÓN Y TRATAMIENTO DE RESIDUOS EN LA INDUSTRIA DEL CALZADO DE LAGOS DE MORENO, JALISCO, MÉXICO. *Redalyc*, 51-65.
- Trotec. (2021). *¿Cómo se determinan los parámetros del láser para cada material?* Obtenido de trotec: <https://www.troteclaser.com/es/tutoriales-ejemplos/consejos/parametros-laser-ajustes/>
- Universal Laser Systems. (2020). Operation. En U. L. Systems, *Professional Laser Series (PLS) User Guide* (págs. 41-58). Scottsdale: Ulsinc.
- Upstone, P. (1969). *Thesis Subjective Assessment and Objective Measurement of the Physical Properties of Leather*. Leeds: University of Leeds.
- WageIndicator. (2021). *Técnicos en Ingeniería Química*. Obtenido de Tu Salario: <https://tusalarario.org/guatemala/Tucarrera/guatemala-ocupacion-y-salario/guatemala-tecnicos-en-ingenieria-quimica>
- Ward, A. (1974). The mechanical properties of leather. *Rheologica Acta*, 103-112.
- Ward, A., & Brooks, F. (1967). J. Soc. Leather Trades. *Chem* 51, 211.
- Wilson , J. (1929). The Chemistry of Leather Manufacture. *Chem*, 1054-1086.
- Yukon. (2021). *WHAT IS CRAZY HORSE LEATHER?* Obtenido de Yukon Bags: <https://yukonbags.com/pages/what-is-crazy-horse-leather>

XII. ANEXOS

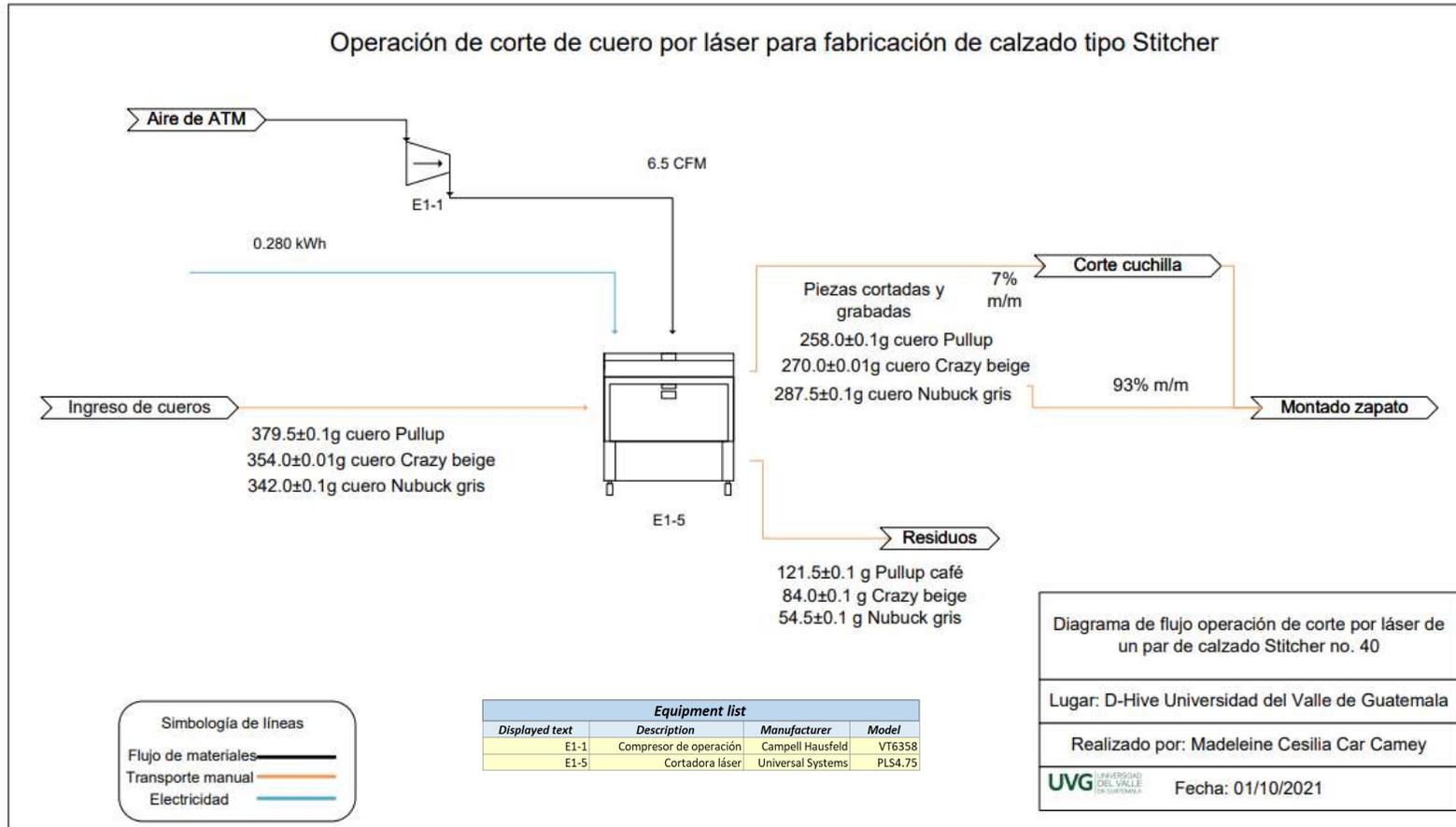
A. Diagramas de flujo

Diagrama de Flujo XII-1 Operación de corte por troquelado



Fuente: Elaboración Propia

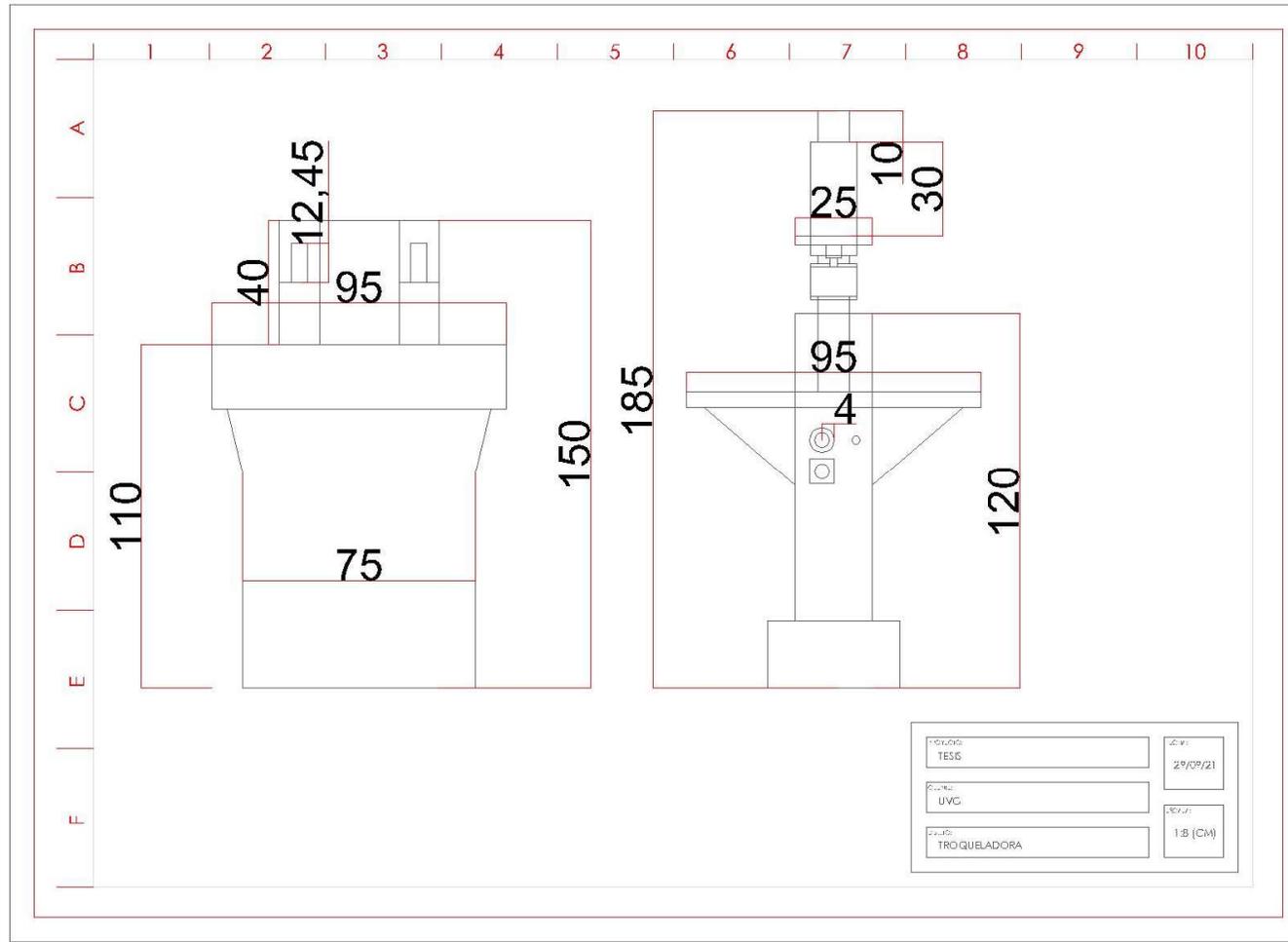
Diagrama de Flujo XII-2 Operación de corte cuero por láser



Fuente: Elaboración Propia

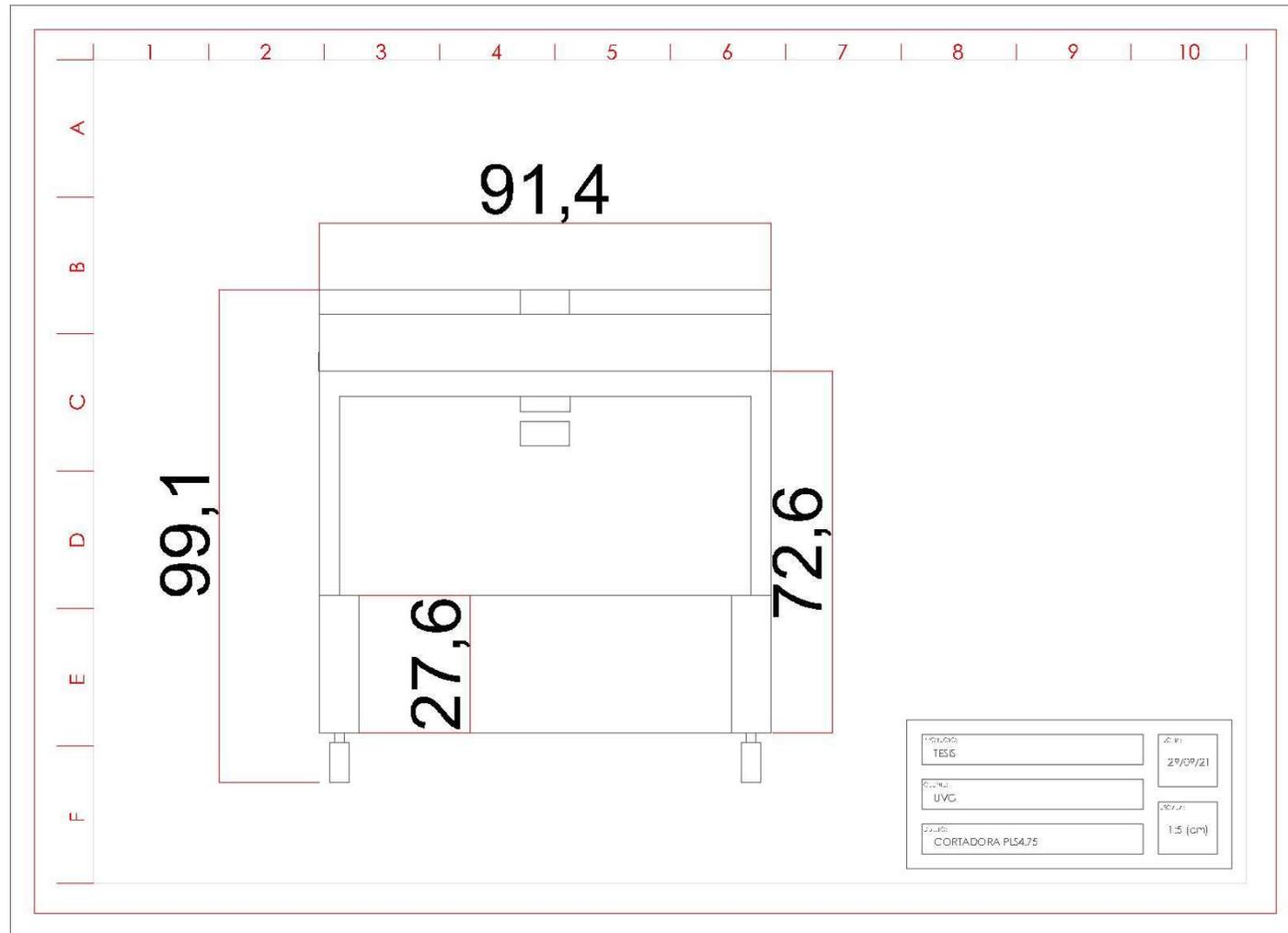
B. Planos de los equipos

Plano 1 Troqueladora (izquierda) y timbradora (derecha)



Fuente: Elaboración Propia

Plano 2 Cortadora láser PLS4.75



Fuente: Elaboración propia

C. Datos de placa del equipo

Cuadro XII-1 Compresor Universal Forney con indicador digital TA-1253

Marca	Forney
Modelo	Indicador digital TA-1253
Capacidad	500,000 lbf
Rango	5,000 lbf a 500,000 lbf
Unidad de compresión	El bastidor de carga es de acero Largueros verticales de 2"x12"
Ensamblaje de pistón	Diámetro de 8.5" de pistón
Sistema hidráulico de bombeo	Bomba de dos etapas. Cuando se excede 75 PSI, la segunda bomba se activa.
Control de sistema hidráulico	2,000 a 200,000 lb./min.
Avance máximo	3"/minuto
Incertidumbre	+/- 0.5% de la carga indicada
Especificaciones eléctricas	Motor de bomba de 110/220 V
Cumplimiento	El instrumento cumple con ASTM C-39, E-4. Especificaciones británicas BS- 1881, BS-1610
Calibración	2020-Enero-2015 por Edwin Barrios

Cuadro XII-2 Sistema hidráulico del Compresor Universal Forney

Marca	MacMillin Hydraulic Engineering
Tipo	Bomba hidráulica/Motor eléctrico
Modelo	S12S11AK25B/6689X
RPM	1725/1725
GPM	75/-
Fase ciclo	-/ 1/60
Fluido	Aceite hidráulico/-
VA	-/ 115/230
Especificación No.	S-21330
Serie No.	A-29720

Cuadro XII-3 Troqueladora ATOM

MARCA	ATOM
Modelo	6999
Dimensiones	A: 110 cm, An: 95 cm; Alt: 130 cm
Peso	700 kg
Potencia	2 kW
Capacidad	20 toneladas

Cuadro XII-4 Timbradora

Marca	Mac GT
Potencia	350 W
Corriente	220V/110V
Capacidad	40 lb de presión de aire
Capacidad del cronómetro	8-30s

Cuadro XII-5 Cortadora láser PLS4.75

Marca	Universal Laser Systems
Modelo	PLS4.75
Ambiente de trabajo	Oficina ventilada
Temperatura de operación	50°F (10°C) a 95°F (35°C) 73°F (22°C) a 77°F (25°C)
Temperatura de almacenamiento	50°F (10°C) a 95°F (35°C)
Humedad operación	No condensante
Consumo	Una fase 110/240V AC, 10/5Amp, 50/60Hz
Extractor	250 CFM de presión estática de 6 pulgadas
Requerimientos de computadora	Windows XP, Windows Vista, o Windows 7 2.0 GHz Procesador (mínimo) 1 GB RAM (mínimo) 40 GB Disco duro (mínimo)
Software requerido	Gráficos o basado en CAD
Área de trabajo	24x18 in (610 x 457 mm)
Máximo peso trabajo	40 lbs (18 kg)
Resoluciones	1000, 500, 333, 250, 200, 83 dpi/lpi
Peso	270 lbs

Cuadro XII-6 Compresor 100 Lb

Marca	Campbell Hausfeld
Modelo	VT6358
Motor	2.0 HP
Capacidad	113.5 L
Libras de presión	135 PSI
Posición	Vertical
Voltaje	120 VAC/7.5 Amps
Caudal de aire	6.5 CFM

D. Datos originales

Cuadro XII-7 Caracterización de cueros del estudio

Tipo de cuero	Pullup nacional	Crazy natural	Nubuck gris
Color ^A	Café	Beige	Gris
Espesor promedio (mm) ^B	1.71 ± 0.07	1.81 ± 0.08	1.83 ± 0.12
Espesor mínimo (± 0.01 mm) ^B	1.58	1.68	1.54
Espesor máximo (± 0.01 mm) ^B	1.89	1.96	2.00
Rango (± 0.01 mm) ^B	0.31	0.28	0.46
% Elongación a la rotura ^C	25.49% ± 2.57%	24.27% ± 3.43%	21.92% ± 3.87%
Resistencia a la tracción (N/cm ²)	38726.70 ± 5145.60	23432.15 ± 9839.93	14698.59 ± 3874.30
Rigidez aparente (N/cm)	74143.51 ± 9660.27	35286.26 ± 9919.18	32527.35 ± 10283.22
Densidad aparente (g/mm ³) ^D	0.14 ± 0.02	0.16 ± 0.04	0.07 ± 0.02
Curtiembre ^E	Cromo	Cromo	Cromo y Recurtido
Tratamiento ^E	Acabado con ceras y aceite.	Acabado con cera y pulido.	Flor esmerilada.
Antigüedad ^E	Nueve meses	Nueve meses	Nueve meses
Origen	Nacional	Nacional	Nacional
Tenería ^E	Tenería El Sol	Tenería el Sol	Piel S.A.
Costo (Q/pie) ^E	9.39	16.58	29.67
Tamaño de la flor (pie) ^E	23	22.2	12

Notas: Todas las medidas son en el Laboratorio de Ingeniería Civil 65±4% HR y 20±4°C.

A. Ver fotos en Anexos 1.

B. Los espesores son el promedio de 36 datos de las probetas (ver Anexos en Cuadro 13.8), según el tipo de piel.

C. Los porcentajes de elongación son el promedio de 12 datos tomados de 12 probetas ver Anexos en Cuadro 13.9.

D. Se usa el promedio de 12 datos tomados de 12 probetas ver Anexos en Cuadro 13.10.

E. Datos obtenidos de la Distribuidora Innove. Recibo No. 000420.

Cuadro XII-8 Costos por método de corte por troquelado y láser según tipo cuero

Tipo de cuero	Método de corte	Luz ^C (Q/mes)	No Operarios	Salarios de operario mensual ^D	Instalación	Mantenimiento	Cambio de Troquel	Costo de Máquinas
Pullup Nacional ^A	Troqueladora	Q 172.19	2	Q 5,650.20	Q150 ^(E) Q7,500 ^(F)	Q1,000 cada dos años ^(G) Q150 cada 10 años ^(H)	Q150 ^(I)	Q 35,000 ^(O.1) Q 6,500 ^(O.2)
	Láser	Q 175.02	1	Q 4,011.34	Q 3,667 ^(J) Q1,530 ^(K) Q3,300 ^(L)	Q 3,000 ^(M) Q1,500 ^(N)	N.A.	Q183,520 ^(P)
Crazy beige ^A	Troqueladora	Q 194.82	2	Q 5,650.20	Q150 ^(E) Q7,500 ^(F)	Q1,000 cada dos años ^(G) Q150 cada 10 años ^(H)	Q150 ⁽⁹⁾	Q 35,000 ^(O)
	Láser	Q 173.20	1	Q 4,011.34	Q 3,667 ^(J) Q1,530 ^(K) Q3,300 ^(L)	Q 3,000 ^(M) Q1,500 ^(N)	N.A.	Q183,520 ^(P)
Nubuck gris ^A	Troqueladora	Q 134.21	2	Q 5,650.20	Q150 ^(E) Q7,500 ^(F)	Q1,000 cada dos años ^(G) Q150 cada 10 años ^(H)	Q150 ^(I)	Q 35,000 ^(O)
	Láser	Q 176.43	1	Q 4,011.34	Q 3,667 ^(J) Q1,530 ^(K) Q3,300 ^(L)	Q 3,000 ^(M) Q1,500 ^(N)	N.A.	Q183,520 ^(P)

A. La caracterización se ve en el cuadro 13.7

B. Se produce un lote de 24 pares al día en "Calzado Kevin" esa es la referencia para el corte y grabado láser.

C. Costo del tarifario en Guate de Baja Tensión Social es de Q1.29/kWh. Ver Cálculo 8 en Datos Calculados de Anexos.

D. Se compara el costo de técnicos operarios de procesos químicos industriales siendo Q4011.34 y salario de Q2825.10 para salario de no agrícola mínimo de WageIndicator (2021).

E. Costo de convertidor de inversor de voltaje que requiere la troqueladora Novex (2021)

F. Costo por instalación de compresor para timbradora dato por Calzado "Kevin".

G. Consiste en mantenimiento con el mecánico por aceite y filtro, dato provisto por Calzado "Kevin". Costo solo del aceite son Q 675 por una cubeta y media de AutoPartes S.A. (2021).

H. Costo por compra nueva de resistencia para timbradora, cada 10 años dato provisto de Calzado "Kevin".

I. Costo por cambio de troquel 1 cada 8 años de 8 troqueles para fabricar 28 piezas de un zapato.

J. Costo de compresor de 8.8 CFM (Macrocity, 2021)

K. Costo de instalación de extractor de gases y respectivas tuberías (Salvatierra, 2020)

L. Costo por compra de computadora para máquina (Intelaf, 2021)

M. Costo por mantenimiento de prisma del láser cada 8 años (Salvatierra, 2020)

N. Costo por mantenimiento de compresor anual (Salvatierra, 2020)

O. Costo de Troqueladora información por Calzado "Kevin" (Q35,000) y Costo Timbradora Mac GT (Q6,500)

P. Costo de Cortadora Láser PLS4.75. \$233680 a cambio Q7.71 dato por el Departamento de Ing. Mecánica. De la UVG

Cuadro XII-9 Espesores de las probetas según cuero

Tipo de cuero	Espesores probetas corte troquel (± 0.01 mm)			Espesores probetas corte troquel (± 0.01 mm)		
Pullup café	1.73	1.80	1.80	1.72	1.72	1.89
	1.65	1.67	1.72	1.74	1.72	1.70
	1.61	1.62	1.58	1.78	1.74	1.74
	1.67	1.60	1.60	1.76	1.78	1.73
	1.64	1.62	1.61	1.74	1.74	1.64
	1.76	1.72	1.70	1.75	1.74	1.70
Crazy natural	1.80	1.78	1.82	1.80	1.96	1.92
	1.72	1.76	1.72	1.94	1.94	1.88
	1.80	1.80	1.78	1.90	1.91	1.88
	1.70	1.74	1.78	1.86	1.88	1.84
	1.70	1.70	1.75	1.82	1.80	1.80
	1.72	1.70	1.68	1.82	1.84	1.82
Nubuck gris	1.82	1.80	1.79	1.78	1.78	1.80
	1.92	1.92	1.90	1.70	1.54	1.71
	2.00	1.94	1.92	1.80	1.65	1.70
	2.00	1.98	1.96	1.79	1.75	1.81
	1.80	1.60	1.79	1.94	1.92	1.92
	1.86	1.62	1.83	1.98	1.92	1.90

Notas: Todos son tomados a 65% HR y temperatura entre 20 a 24°C en el Lab. Ing. Civil.

Cuadro XII-10 Pruebas de elongación de la rotura de las probetas

Tipo de Cuero	No. de Corrida	Corte con Troqueladora								Corte con Láser							
		Vertical				Horizontal				Vertical				Horizontal			
		Elongación a la Rotura (%)	Incertidumbre Elongación (± %)	Resistencia a la Tracción (± 0.03 % N/cm2)	Rigidez Aparente (N/cm)	Elongación a la Rotura (%)	Incertidumbre Elongación (± %)	Resistencia a la Tracción (± 0.03 % N/cm2)	Rigidez Aparente (N/cm)	Elongación a la Rotura (%)	Incertidumbre Elongación (± %)	Resistencia a la Tracción (± 0.03 % N/cm2)	Rigidez Aparente (N/cm)	Elongación a la Rotura (%)	Incertidumbre Elongación (± %)	Resistencia a la Tracción (± 0.03 % N/cm2)	Rigidez Aparente (N/cm)
Pullup Café	1	25.64%	0.39%	52993.0245	89343.9482	29.00%	0.40%	41750.4061	71485.4037	22.27%	0.40%	34678.7304	73788.24571	25.35%	0.37%	35956.98	66565.22
	2	21.45%	0.41%	33634.433	82927.6385	25.65%	0.40%	38823.3338	74804.736	26.51%	0.40%	40558.6948	78197.98342	30.41%	0.37%	38641.32	60523.83
	3	22.67%	0.41%	39022.9069	85627.865	25.28%	0.39%	34765.3473	61662.0099	25.82%	0.40%	38193.9265	81273.03081	25.79%	0.39%	35701.33	63522.16
Crazy Natural	1	18.98%	0.39%	23850.0538	57080.6337	22.62%	0.38%	17674.181	33846.6648	24.09%	0.39%	22257.7152	41694.98823	28.77%	0.39%	17849.016	27688.8958
	2	19.37%	0.38%	14554.4101	30662.0345	24.57%	0.37%	14936.4229	23588.1271	25.91%	0.39%	20947.0209	36510.88248	24.77%	0.38%	16300.0136	27471.2994
	3	21.23%	0.40%	22449.3404	48921.9661	29.65%	0.38%	21048.627	29818.2261	27.85%	0.39%	24045.0257	38554.06615	23.42%	0.38%	15763.8205	27597.3269
Nubuck Gris	1	14.66%	0.40%	14165.20	44429.6272	20.91%	0.38%	13027.6568	28729.7707	22.77%	0.38%	10671.6913	21548.25807	19.57%	0.41%	22172.1802	51251.7261
	2	20.91%	0.40%	17338.3643	39915.7111	18.77%	0.38%	12728.3021	30742.9719	25.49%	0.36%	11970.1336	21586.18271	25.14%	0.44%	18524.1757	36702.7768
	3	22.13%	0.39%	20152.2984	43309.349	21.08%	0.38%	12249.3346	26406.4416	21.37%	0.39%	10424.3689	22594.40172	30.28%	0.43%	12959.4229	23111.0139

Notas: Los cortes se hacen en la máquina láser utilizada es PLS4.75 de 75 Watts de 60x45 utilizada en el D-Hive de la Universidad del Valle de Guatemala a 24°C y 57% H.R. a 1 atm. Y los cortes se hacen con una troqueladora y una timbradora a 28°C y 62% H.R. y 1 atm en Calzado Kevin en Santa Catarina Mita Jutiapa

Cuadro XII-11 Densidad aparente

Tipo cuero	Tipo Corte	Espesores (± 0.01 mm)			Diámetro probeta (± 0.01 mm)				Masa (± 0.0001g)	Volumen (mm ³)	Incertidumbre Volumen (mm ³)	Densidad aparente (g/mm ³)	Incertidumbre (g/mm ³)
Pullup café	Troquel	1.50	1.49	1.84	7.10	7.10	7.10	7.10	4.4534	63.74	7.89	0.130662	0.000008
		1.51	1.48	1.70	7.20	7.00	7.00	7.00	4.8914	61.03	4.74	0.170924	0.000009
		1.55	1.52	1.69	7.00	7.20	7.00	7.00	4.6900	61.94	3.65	0.154456	0.000007
	Láser	1.74	1.72	1.70	7.20	7.00	7.10	7.00	5.9632	67.62	1.21	0.138236	0.000003
		1.75	1.80	1.90	7.00	7.20	7.00	7.00	5.5170	70.92	3.15	0.105725	0.000003
		1.74	1.81	1.92	7.20	7.00	7.00	7.00	6.1675	71.18	3.68	0.116472	0.000004
Crazy natural	Troquel	1.67	1.63	1.55	7.10	7.10	7.10	7.10	5.9385	64.01	2.42	0.171379	0.000006
		1.59	1.62	1.68	7.10	7.00	7.00	7.00	5.9448	63.18	1.83	0.180763	0.000006
		1.62	1.55	1.65	7.00	7.20	7.30	7.00	5.5257	64.06	2.45	0.159151	0.000005
	Láser	1.90	1.54	1.74	7.00	7.00	7.10	7.00	5.4282	66.93	7.01	0.131083	0.000006
		1.95	1.48	1.90	7.00	7.20	7.00	7.00	4.9285	69.35	10.12	0.103244	0.000005
		1.48	1.52	1.48	7.20	7.00	7.10	7.00	5.0720	58.71	1.21	0.206922	0.000006
Nubuck gris	Troquel	1.92	1.64	1.68	7.10	7.10	7.10	7.10	4.5119	69.15	6.00	0.095561	0.000004
		1.96	1.72	1.87	7.20	7.00	7.00	7.00	4.6994	72.22	4.84	0.083740	0.000003
		1.90	1.91	1.89	7.00	7.20	7.00	7.00	4.3500	74.17	1.12	0.069671	0.000002
	Láser	1.76	1.75	1.93	7.00	7.00	7.10	7.00	4.0802	70.28	3.95	0.081002	0.000003
		1.90	1.93	2.01	7.00	7.20	7.00	7.00	4.1633	75.99	2.47	0.060513	0.000002
		2.13	2.07	2.03	7.20	7.00	7.00	7.00	4.1609	81.07	2.28	0.046698	0.000001

Notas: La densidad aparente se utiliza una balanza TM OHAUS utilizada en el Laboratorio de Operaciones Unitarias a 61% HR y 24°C.

Cuadro XII-12 Prueba elongación de probeta troquelada de cuero Pullup café vertical 1

Elongación (± 0.5 mm)	Carga (±0.05 Lb)	Carga total (±0.05 Lb)	Elongación total (0.71 mm)	% Elongación	Incertidumbre elongación (± %)	Resistencia a la tracción (N/cm ²)	(± N/cm ²)	Elongación (± 0.07 cm)
216.5	0.00	0.00	0.00	0.0%	0.0%	0.00	0.00	0.00
217.0	0.00	12.80	0.50	0.2%	0.0%	1702.74	31.26	0.05
224.0	20.00	32.80	7.50	3.5%	0.0%	4363.71	78.57	0.75
229.0	40.00	52.80	12.50	5.8%	0.4%	7024.69	126.20	1.25
232.0	60.00	72.80	15.50	7.2%	0.4%	9685.66	173.89	1.55
235.0	80.00	92.80	18.50	8.5%	0.4%	12346.63	221.60	1.85
239.0	100.00	112.80	22.50	10.4%	0.4%	15007.61	269.32	2.25
240.0	120.00	132.80	23.50	10.9%	0.4%	17668.58	317.05	2.35
244.0	140.00	152.80	27.50	12.7%	0.4%	20329.56	364.78	2.75
246.0	160.00	172.80	29.50	13.6%	0.4%	22990.53	412.51	2.95
250.0	180.00	192.80	33.50	15.5%	0.4%	25651.51	460.24	3.35
254.0	200.00	212.80	37.50	17.3%	0.4%	28312.48	507.98	3.75
258.0	220.00	232.80	41.50	19.2%	0.4%	30973.46	555.71	4.15
261.0	240.00	252.80	44.50	20.6%	0.4%	33634.43	603.45	4.45
266.0	260.00	272.80	49.50	22.9%	0.4%	36295.41	651.18	4.95
272.0	385.50	398.30	55.50	25.6%	0.4%	52993.02	950.73	5.55
Rigidez aparente 89343.95 N/cm								

Cuadro XII-13 Prueba elongación probeta troquelada de cuero Pullup café vertical 2

Elongación (± 0.5 mm)	Carga (±0.05 Lb)	Carga total (±0.05 Lb)	Elongación total (0.71 mm)	% Elongación	Incertidumbre Elongación (± %)	Resistencia a la tracción (N/cm ²)	(± N/cm ²)	Elongación (± 0.07 cm)
207.5	0.00	0.00	0.00	0.0%	0.0%	0.00	0.00	0.00
208.0	0.00	12.80	0.50	0.2%	0.0%	1702.74	31.26	0.05
215.0	20.00	32.80	7.50	3.6%	0.0%	4363.71	78.57	0.75
220.0	40.00	52.80	12.50	6.0%	0.4%	7024.69	126.20	1.25
223.0	60.00	72.80	15.50	7.5%	0.4%	9685.66	173.89	1.55
227.0	80.00	92.80	19.50	9.4%	0.4%	12346.63	221.60	1.95
230.0	100.00	112.80	22.50	10.8%	0.4%	15007.61	269.32	2.25
232.0	120.00	132.80	24.50	11.8%	0.4%	17668.58	317.05	2.45
235.0	140.00	152.80	27.50	13.3%	0.4%	20329.56	364.78	2.75
238.0	160.00	172.80	30.50	14.7%	0.4%	22990.53	412.51	3.05
240.0	180.00	192.80	32.50	15.7%	0.4%	25651.51	460.24	3.25
243.0	200.00	212.80	35.50	17.1%	0.4%	28312.48	507.98	3.55
245.0	220.00	232.80	37.50	18.1%	0.4%	30973.46	555.71	3.75
252.0	240.00	252.80	44.50	21.4%	0.4%	33634.43	603.45	4.45
Rigidez aparente 82927.64 N/cm								

Cuadro XII-14 Prueba elongación probeta troquelada de cuero Pullup café vertical 3

Elongación (± 0.5 mm)	Carga (± 0.05 Lb)	Carga total (± 0.05 Lb)	Elongación total (0.71 mm)	% Elongación	Incertidumbre Elongación (\pm %)	Resistencia a la tracción (N/cm ²)	(\pm N/cm ²)	Elongación (± 0.07 cm)
209.5	0.00	0.00	0.00	0.0%	0.0%	0.00	0.00	0.00
210.0	0.00	12.80	0.50	0.2%	0.4%	1702.74	31.26	0.05
219.0	20.00	32.80	9.50	4.5%	0.4%	4363.71	78.57	0.95
223.0	40.00	52.80	13.50	6.4%	0.4%	7024.69	126.20	1.35
227.0	60.00	72.80	17.50	8.4%	0.4%	9685.66	173.89	1.75
229.0	80.00	92.80	19.50	9.3%	0.4%	12346.63	221.60	1.95
233.0	100.00	112.80	23.50	11.2%	0.4%	15007.61	269.32	2.35
236.0	120.00	132.80	26.50	12.6%	0.4%	17668.58	317.05	2.65
238.0	140.00	152.80	28.50	13.6%	0.4%	20329.56	364.78	2.85
241.0	160.00	172.80	31.50	15.0%	0.4%	22990.53	412.51	3.15
244.0	180.00	192.80	34.50	16.5%	0.4%	25651.51	460.24	3.45
247.0	200.00	212.80	37.50	17.9%	0.4%	28312.48	507.98	3.75
249.0	220.00	232.80	39.50	18.9%	0.4%	30973.46	555.71	3.95
257.0	280.50	293.30	47.50	22.7%	0.4%	39022.91	700.11	4.75
Rigidez aparente	85627.87 N/cm							

Cuadro XII-15 Prueba elongación troquelada de cuero Pullup café horizontal 1

Elongación (± 0.5 mm)	Carga (± 0.05 Lb)	Carga total (± 0.05 Lb)	Elongación total (0.71 mm)	% Elongación	Incertidumbre Elongación (\pm %)	Resistencia a la tracción (N/cm ²)	(\pm N/cm ²)
215.5	0.00	0.00	0.00	0.0%	0.0%	0.00	0.00
216.0	0.00	12.80	0.50	0.2%	0.0%	1702.74	31.26
225.0	20.00	32.80	9.50	4.4%	0.4%	4363.71	78.57
231.0	40.00	52.80	15.50	7.2%	0.4%	7024.69	126.20
235.0	60.00	72.80	19.50	9.0%	0.4%	9685.66	173.89
240.0	80.00	92.80	24.50	11.4%	0.4%	12346.63	221.60
244.0	100.00	112.80	28.50	13.2%	0.4%	15007.61	269.32
246.0	120.00	132.80	30.50	14.2%	0.4%	17668.58	317.05
250.0	140.00	152.80	34.50	16.0%	0.4%	20329.56	364.78
255.0	160.00	172.80	39.50	18.3%	0.4%	22990.53	412.51
258.0	180.00	192.80	42.50	19.7%	0.4%	25651.51	460.24
261.0	200.00	212.80	45.50	21.1%	0.4%	28312.48	507.98
264.0	240.00	252.80	48.50	22.5%	0.4%	33634.43	603.45
272.0	280.00	292.80	56.50	26.2%	0.4%	38956.38	698.92
278.0	301.00	313.80	62.50	29.0%	0.4%	41750.41	749.04
Rigidez Aparente	71485.40 N/cm						

Cuadro XII-16 Prueba elongación troquelada de cuero Pullup café horizontal 2

Elongación (\pm 0.5 mm)	Carga (\pm 0.05 Lb)	Carga total (\pm 0.05 Lb)	Elongación total (0.71 mm)	% Elongación	Incertidumbre elongación (\pm %)	Resistencia a la tracción (N/cm ²)	(\pm N/cm ²)	Elongación (\pm 0.07 cm)
212.5	0.00	0.00	0.00	0.0%	0.0%	0.00	0.00	0.00
213.0	0.00	12.80	0.50	0.2%	0.0%	1702.74	152.74	0.05
221.0	20.00	32.80	8.50	4.0%	0.4%	4363.71	391.43	0.85
227.0	40.00	52.80	14.50	6.8%	0.4%	7024.69	630.12	1.45
231.0	60.00	72.80	18.50	8.7%	0.4%	9685.66	868.81	1.85
235.0	80.00	92.80	22.50	10.6%	0.4%	12346.63	1107.51	2.25
239.0	100.00	112.80	26.50	12.5%	0.4%	15007.61	1346.20	2.65
242.0	120.00	132.80	29.50	13.9%	0.4%	17668.58	1584.89	2.95
245.0	140.00	152.80	32.50	15.3%	0.4%	20329.56	1823.58	3.25
248.0	160.00	172.80	35.50	16.7%	0.4%	22990.53	2062.27	3.55
251.0	180.00	192.80	38.50	18.1%	0.4%	25651.51	2300.97	3.85
253.0	200.00	212.80	40.50	19.1%	0.4%	28312.48	2539.66	4.05
257.0	220.00	232.80	44.50	20.9%	0.4%	30973.46	2778.35	4.45
260.0	240.00	252.80	47.50	22.4%	0.4%	33634.43	3017.04	4.75
267.0	279.00	291.80	54.50	25.6%	0.4%	38823.33	3482.49	5.45
Rigidez aparente 74804.74 N/cm								

Cuadro XII-17 Prueba elongación troquelada de cuero Pullup café horizontal 3

Elongación (\pm 0.5 mm)	Carga (\pm 0.05 Lb)	Carga total (\pm 0.05 Lb)	Elongación total (0.71 mm)	% Elongación	Incertidumbre elongación (\pm %)	Resistencia a la tracción (N/cm ²)	(\pm N/cm ²)	Elongación (\pm 0.07 cm)
219.5	0.00	0.00	0.00	0.0%	0.0%	0.00	0.00	0.00
220.0	0.00	12.80	0.50	0.2%	0.0%	1702.74	31.26	0.05
230.0	20.00	32.80	10.50	4.8%	0.4%	4363.71	78.57	1.05
235.0	40.00	52.80	15.50	7.1%	0.4%	7024.69	126.20	1.55
239.0	60.00	72.80	19.50	8.9%	0.4%	9685.66	173.89	1.95
244.0	80.00	92.80	24.50	11.2%	0.4%	12346.63	221.60	2.45
247.0	100.00	112.80	27.50	12.5%	0.4%	15007.61	269.32	2.75
252.0	120.00	132.80	32.50	14.8%	0.4%	17668.58	317.05	3.25
256.0	140.00	152.80	36.50	16.6%	0.4%	20329.56	364.78	3.65
261.0	160.00	172.80	41.50	18.9%	0.4%	22990.53	412.51	4.15
264.0	180.00	192.80	44.50	20.3%	0.4%	25651.51	460.24	4.45
270.0	200.00	212.80	50.50	23.0%	0.4%	28312.48	507.98	5.05
272.0	220.00	232.80	52.50	23.9%	0.4%	30973.46	555.71	5.25
275.0	248.50	261.30	55.50	25.3%	0.4%	34765.35	623.73	5.55
Rigidez aparente 61662.01 N/cm								

Cuadro XII-18 Prueba elongación cortada por láser de cuero Pullup café vertical 1

Elongación (± 0.5 mm)	Carga (±0.05 Lb)	Carga total (±0.05 Lb)	Elongación total (0.71 mm)	% Elongación	Incertidumbre elongación (± %)	Resistencia a la tracción (N/cm ²)	(± N/cm ²)	Elongación (± 0.07 cm)
211.0	0	0.00	0.00	0.0%	0.0%	0.00	0.00	0.00
211.0	0	12.80	0.00	0.0%	0.0%	1635.89	28.91	0.00
218.0	20	32.80	7.00	3.3%	0.4%	4192.39	72.54	0.70
222.0	40	52.80	11.00	5.2%	0.4%	6748.90	116.50	1.10
228.0	60	72.80	17.00	8.1%	0.4%	9305.41	160.51	1.70
232.0	80	92.80	21.00	10.0%	0.4%	11861.91	204.55	2.10
235.0	100	112.80	24.00	11.4%	0.4%	14418.42	248.60	2.40
240.0	120	132.80	29.00	13.7%	0.4%	16974.92	292.65	2.90
243.0	140	152.80	32.00	15.2%	0.4%	19531.43	336.70	3.20
247.0	170	182.80	36.00	17.1%	0.4%	23366.19	402.79	3.60
250.0	190	202.80	39.00	18.5%	0.4%	25922.70	446.85	3.90
254.0	240	252.80	43.00	20.4%	0.4%	32313.96	557.00	4.30
258.0	258.5	271.30	47.00	22.3%	0.4%	34678.73	597.75	4.70
Rigidez aparente	73788.25 N/cm							

Cuadro XII-19 Prueba elongación probeta cortada por láser de cuero Pullup café vertical 2

Elongación (± 0.5 mm)	Carga (±0.05 Lb)	Carga total (±0.05 Lb)	Elongación total (0.71 mm)	% Elongación	Incertidumbre elongación (± %)	Resistencia a la tracción (N/cm ²)	(± N/cm ²)	Elongación (± 0.07 cm)
215.0	0.00	0.00	0.00	0.0%	0.0%	0.00	0.00	0.00
215.0	0.00	12.80	0.00	0.0%	0.0%	1635.89	28.91	0.00
228.0	30.00	42.80	13.00	6.0%	0.4%	5470.65	94.51	1.30
233.0	60.00	72.80	18.00	8.4%	0.4%	9305.41	160.51	1.80
239.0	90.00	102.80	24.00	11.2%	0.4%	13140.17	226.57	2.40
244.0	120.00	132.80	29.00	13.5%	0.4%	16974.92	292.65	2.90
248.0	150.00	162.80	33.00	15.3%	0.4%	20809.68	358.73	3.30
251.0	180.00	192.80	36.00	16.7%	0.4%	24644.44	424.82	3.60
255.0	210.00	222.80	40.00	18.6%	0.4%	28479.20	490.91	4.00
258.0	240.00	252.80	43.00	20.0%	0.4%	32313.96	557.00	4.30
264.0	270.00	282.80	49.00	22.8%	0.4%	36148.72	623.09	4.90
272.0	304.50	317.30	57.00	26.5%	0.4%	40558.69	699.09	5.70
Rigidez aparente	78197.98 N/cm							

Cuadro XII-20 Prueba elongación cortada por láser de cuero Pullup café vertical 3

Elongación (± 0.5 mm)	Carga (±0.05 Lb)	Carga total (±0.05 Lb)	Elongación total (0.71 mm)	% Elongación	Incertidumbre elongación (± %)	Resistencia a la tracción (N/cm ²)	(± N/cm ²)	Elongación (± 0.07 cm)
213.0	0	0.00	0.0	0.0%	0.0%	0.00	0.00	0.00
213.0	0	12.80	0.0	0.0%	0.0%	1635.89	28.91	0.00
230.0	40	52.80	17.0	8.0%	0.0%	6748.90	116.50	1.70
235.0	80	92.80	22.0	10.3%	0.4%	11861.91	204.55	2.20
242.0	120	132.80	29.0	13.6%	0.4%	16974.92	292.65	2.90
248.0	160	172.80	35.0	16.4%	0.4%	22087.94	380.76	3.50
255.0	200	212.80	42.0	19.7%	0.4%	27200.95	468.88	4.20
261.0	240	252.80	48.0	22.5%	0.4%	32313.96	557.00	4.80
268.0	286	298.80	55.0	25.8%	0.4%	38193.93	658.34	5.50
Rigidez aparente		81273.03 N/cm						

Cuadro XII-21 Prueba elongación probeta cortada por láser de cuero Pullup café horizontal 1

Elongación (± 0.5 mm)	Carga (±0.05 Lb)	Carga total (±0.05 Lb)	Elongación total (0.71 mm)	% Elongación	Incertidumbre elongación (± %)	Resistencia a la tracción (N/cm ²)	(± N/cm ²)	Elongación (± 0.07 cm)
217.0	0.00	0.00	0.00	0.0%	0.0%	0.00	0.00	0.00
217.0	0.00	12.80	0.00	0.0%	0.0%	1635.89	28.91	0.00
232.0	40.00	52.80	15.00	6.9%	0.3%	6748.90	116.50	1.50
240.0	80.00	92.80	23.00	10.6%	0.3%	11861.91	204.55	2.30
247.0	120.00	132.80	30.00	13.8%	0.3%	16974.92	292.65	3.00
251.0	160.00	172.80	34.00	15.7%	0.3%	22087.94	380.76	3.40
260.0	200.00	212.80	43.00	19.8%	0.4%	27200.95	468.88	4.30
268.0	240.00	252.80	51.00	23.5%	0.4%	32313.96	557.00	5.10
272.0	268.50	281.30	55.00	25.3%	0.4%	35956.98	619.78	5.50
Rigidez aparente		66565.22 N/cm						

Cuadro XII-22 Prueba elongación probeta cortada por láser de cuero Pullup café horizontal 2

Elongación (± 0.5 mm)	Carga (±0.05 Lb)	Carga total (±0.05 Lb)	Elongación total (0.71 mm)	% Elongación	Incertidumbre elongación (± %)	Resistencia a la tracción (N/cm ²)	(± N/cm ²)	Elongación (± 0.07 cm)
217.0	0.00	0.00	0.00	0.0%	0.0%	0.00	0.00	0.00
217.0	0.00	12.80	0.00	0.0%	0.0%	0.00	0.00	0.00
233.0	40.00	52.80	16.00	7.4%	0.3%	6748.90	116.50	1.60
242.0	80.00	92.80	25.00	11.5%	0.3%	11861.91	204.55	2.50
250.0	120.00	132.80	33.00	15.2%	0.3%	16974.92	292.65	3.30
257.0	160.00	172.80	40.00	18.4%	0.4%	22087.94	380.76	4.00
266.0	200.00	212.80	49.00	22.6%	0.4%	27200.95	468.88	4.90
273.0	240.00	252.80	56.00	25.8%	0.4%	32313.96	557.00	5.60
283.0	289.50	302.30	66.00	30.4%	0.4%	38641.32	666.05	6.60
Rigidez aparente		60523.83	N/cm					

Cuadro XII-23 Prueba elongación probeta cortada por láser de cuero Pullup café horizontal 3

Elongación (± 0.5 mm)	Carga (±0.05 Lb)	Carga total (±0.05 Lb)	Elongación total (0.71 mm)	% Elongación	Incertidumbre elongación (± %)	Resistencia a la tracción (N/cm ²)	(± N/cm ²)	Elongación (± 0.07 cm)
221	0	0.00	0.00	0%	0.0%	0.00	0.00	0.00
221	0	12.80	0.00	0%	0.0%	1635.89	28.91	0.00
234	40	52.80	13.00	6%	0.4%	6748.90	116.50	1.30
244	80	92.80	23.00	10%	0.4%	11861.91	204.55	2.30
249	120	132.80	28.00	13%	0.4%	16974.92	292.65	2.80
257	160	172.80	36.00	16%	0.4%	22087.94	380.76	3.60
264	200	212.80	43.00	19%	0.4%	27200.95	468.88	4.30
272	240	252.80	51.00	23%	0.4%	32313.96	557.00	5.10
278	266.5	279.30	57.00	26%	0.4%	35701.33	615.38	5.70
Rigidez aparente		63522.16	N/cm					

Cuadro XII-24 Prueba de elongación probeta troquelada de cuero Crazy beige vertical 1

Elongación (± 0.5 mm)	Carga (±0.05 Lb)	Carga total (±0.05 Lb)	Elongación total (0.71 mm)	% Elongación	Incertidumbre elongación (± %)	Resistencia a la tracción (N/cm ²)	(± N/cm ²)	Elongación (± 0.07 cm)
216.0	0	0.00	0.00	0.0%	0.0%	0.00	0.00	0.00
216.0	0	12.80	0.00	0.0%	0.0%	1629.65	28.70	0.00
229.0	40	52.80	13.00	6.0%	0.4%	6723.15	115.61	1.30
237.0	80	92.80	21.00	9.7%	0.4%	11816.65	202.99	2.10
244.0	120	132.80	28.00	13.0%	0.4%	16910.16	290.42	2.80
253.0	160	172.80	37.00	17.1%	0.4%	22003.66	377.86	3.70
257.0	174.5	187.30	41.00	19.0%	0.4%	23850.05	409.56	4.10
Rigidez aparente	57080.63	N/cm						

Cuadro XII-25 Pruebas de elongación probeta troquelada de cuero Crazy beige vertical 2

Elongación (± 0.5 mm)	Carga (±0.05 Lb)	Carga total (±0.05 Lb)	Elongación total (0.71 mm)	% Elongación	Incertidumbre elongación (± %)	Resistencia a la tracción (N/cm ²)	(± N/cm ²)	Elongación (± 0.07 cm)
222.0	0.00	0.00	0.00	0.0%	0.0%	0.00	0.00	0.00
222.0	0.00	12.80	0.00	0.0%	0.0%	1629.65	28.70	0.00
244.0	40.00	52.80	22.00	9.9%	0.4%	6723.15	115.61	2.20
257.0	80.00	92.80	35.00	15.8%	0.4%	11816.65	202.99	3.50
265.0	101.50	114.30	43.00	19.4%	0.4%	14554.41	249.98	4.30
Rigidez aparente	30662.03	N/cm						

Cuadro XII-26 Pruebas de elongación de probeta troquelado cuero Crazy beige vertical 3

Elongación (± 0.5 mm)	Carga (±0.05 Lb)	Carga Total (±0.05 Lb)	Elongación total (0.71 mm)	% Elongación	Incertidumbre Elongación (± %)	Resistencia a la tracción (N/cm ²)	(± N/cm ²)	Elongación (± 0.07 cm)
212.0	0.00	0.00	0.00	0.0%	0.0%	0.00	0.00	0.00
212.0	0.00	12.80	0.00	0.0%	0.0%	1629.65	28.70	0.00
227.0	40.00	52.80	15.00	7.1%	0.4%	6723.15	115.61	1.50
237.0	80.00	92.80	25.00	11.8%	0.4%	11816.65	202.99	2.50
245.0	120.00	132.80	33.00	15.6%	0.4%	16910.16	290.42	3.30
255.0	160.00	172.80	43.00	20.3%	0.4%	22003.66	377.86	4.30
257.0	163.50	176.30	45.00	21.2%	0.4%	22449.34	385.51	4.50
Rigidez aparente	48921.97	N/cm						

Cuadro XII-27 Pruebas de elongación probeta troquelado cuero Crazy beige horizontal 1

Elongación (± 0.5 mm)	Carga (±0.05 Lb)	Carga total (±0.05 Lb)	Elongación total (0.71 mm)	% Elongación	Incertidumbre elongación (± %)	Resistencia a la tracción (N/cm ²)	(± N/cm ²)	Elongación (± 0.07 cm)
221.0	0.00	0.00	0.00	0.0%	0.0%	0.00	0.00	0.00
221.0	0.00	12.80	0.00	0.0%	0.0%	1629.65	28.70	0.00
244.0	40.00	52.80	23.00	10.4%	0.4%	6723.15	115.61	2.30
257.0	80.00	92.80	36.00	16.3%	0.4%	11816.65	202.99	3.60
268.0	120.00	132.80	47.00	21.3%	0.4%	16910.16	290.42	4.70
271.0	126.00	138.80	50.00	22.6%	0.4%	17674.18	303.53	5.00
Rigidez aparente	33846.66	N/cm						

Cuadro XII-28 Prueba de elongación probeta troquelado cuero Crazy beige horizontal 2

Elongación (± 0.5 mm)	Carga (±0.05 Lb)	Carga total (±0.05 Lb)	Elongación total (0.71 mm)	% Elongación	Incertidumbre elongación (± %)	Resistencia a la tracción (N/cm ²)	(± N/cm ²)	Elongación (± 0.07 cm)
232	0	0.00	0.00	0.0%	0.0%	0.00	0.00	0.00
232	0	12.80	0.00	0.0%	0.0%	1629.65	28.70	0.00
261	40	52.80	29.00	12.5%	0.4%	6723.15	115.61	2.90
279	80	92.80	47.00	20.3%	0.4%	11816.65	202.99	4.70
289	104.5	117.30	57.00	24.6%	0.4%	14936.42	256.54	5.70
Rigidez aparente	23588.13	N/cm						

Cuadro XII-29 Prueba de elongación probeta troquelada de cuero Crazy beige horizontal 3

Elongación (± 0.5 mm)	Carga (±0.05 Lb)	Carga total (±0.05 Lb)	Elongación total (0.71 mm)	% Elongación	Incertidumbre elongación (± %)	Resistencia a la tracción (N/cm ²)	(± N/cm ²)	Elongación (± 0.07 cm)
226.0	0.00	0.00	0.00	0.0%	0.0%	0.00	0.00	0.00
226.0	0.00	12.80	0.00	0.0%	0.0%	1629.65	28.70	0.00
251.0	40.00	52.80	25.00	11.1%	0.4%	6723.15	115.61	2.50
267.0	80.00	92.80	41.00	18.1%	0.4%	11816.65	202.99	4.10
281.0	120.00	132.80	55.00	24.3%	0.4%	16910.16	290.42	5.50
293.0	152.50	165.30	67.00	29.6%	0.4%	21048.63	361.46	6.70
Rigidez aparente	29818.23	N/cm						

Cuadro XII-30 Prueba de elongación probeta cortada con láser de cuero Crazy beige vertical 1

Elongación (± 0.5 mm)	Carga (±0.05 Lb)	Carga total (±0.05 Lb)	Elongación total (0.71 mm)	% Elongación	Incertidumbre elongación (± %)	Resistencia a la tracción (N/cm ²)	(± N/cm ²)	Elongación (± 0.07 cm)
220.0	0.00	0.00	0.00	0%	0.0%	0.00	0.00	0.00
220.0	0.00	12.80	0.00	0%	0.0%	1524.91	25.21	0.00
239.0	40.00	52.80	19.00	9%	0.4%	6291.07	101.25	1.90
249.0	80.00	92.80	29.00	13%	0.4%	11057.24	177.75	2.90
259.0	120.00	132.80	39.00	18%	0.4%	15823.40	254.30	3.90
268.0	160.00	172.80	48.00	22%	0.4%	20589.56	330.86	4.80
273.0	174.00	186.80	53.00	24%	0.4%	22257.72	357.66	5.30
Rigidez aparente		41694.99 N/cm						

Cuadro XII-31 Prueba de elongación probeta cortada con láser de cuero Crazy beige vertical 2

Elongación (± 0.5 mm)	Carga (±0.05 Lb)	Carga total (±0.05 Lb)	Elongación total (0.71 mm)	% Elongación	Incertidumbre elongación (± %)	Resistencia a la tracción (N/cm ²)	(± N/cm ²)	Elongación (± 0.07 cm)
220.0	0.00	0.00	0.00	0%	0.0%	0.00	0.00	0.00
220.0	0.00	12.80	0.00	0%	0.0%	1524.91	25.21	0.00
240.0	40.00	52.80	20.00	9%	0.4%	6291.07	101.25	2.00
252.0	80.00	92.80	32.00	15%	0.4%	11057.24	177.75	3.20
262.0	120.00	132.80	42.00	19%	0.4%	15823.40	254.30	4.20
274.0	160.00	172.80	54.00	25%	0.4%	20589.56	330.86	5.40
277.0	163.00	175.80	57.00	26%	0.4%	20947.02	336.60	5.70
Rigidez aparente		36510.88 N/cm						

Cuadro XII-32 Prueba de elongación probeta cortada con láser de cuero Crazy beige vertical 3

Elongación (± 0.5 mm)	Carga (±0.05 Lb)	Carga total (±0.05 Lb)	Elongación total (0.71 mm)	% Elongación	Incertidumbre elongación (± %)	Resistencia a la tracción (N/cm ²)	(± N/cm ²)	Elongación (± 0.07 cm)
219.0	0.00	0.00	0	0	0	0	0	0
219.0	0.00	12.80	0.00	0.0%	0.0%	1524.91	11.45	0.00
238.0	40.00	52.80	19.00	8.7%	0.4%	6291.07	23.27	1.90
250.0	80.00	92.80	31.00	14.2%	0.4%	11057.24	30.85	3.10
261.0	120.00	132.80	42.00	19.2%	0.4%	15823.40	36.90	4.20
271.0	160.00	172.80	52.00	23.7%	0.4%	20589.56	42.09	5.20
280.0	189.00	201.80	61.00	27.9%	0.4%	24045.03	45.49	6.10
Rigidez aparente		38554.07 N/cm						

Cuadro XII-33 Prueba de elongación probeta cortada con láser de cuero Crazy beige horizontal
1

Elongación (± 0.5 mm)	Carga (±0.05 Lb)	Carga total (±0.05 Lb)	Elongación total (0.71 mm)	% Elongación	Incertidumbre elongación (± %)	Resistencia a la tracción (N/cm ²)	(± N/cm ²)	Elongación (± 0.07 cm)
219.0	0.00	0.00	0	0	0	0	0	0
219.0	0.00	12.80	0.00	0.0%	0.0%	1524.91	25.21	0.00
240.0	40.00	52.80	21.00	9.6%	0.4%	6291.07	101.25	2.10
254.0	80.00	92.80	35.00	16.0%	0.4%	11057.24	177.75	3.50
268.0	120.00	132.80	49.00	22.4%	0.4%	15823.40	254.30	4.90
282.0	137.00	149.80	63.00	28.8%	0.4%	17849.02	286.84	6.30
Rigidez aparente		27688.90 N/cm						

Cuadro XII-34 Prueba de elongación probeta cortada con láser de cuero Crazy beige horizontal
2

Elongación (± 0.5 mm)	Carga (±0.05 Lb)	Carga total (±0.05 Lb)	Elongación total (0.71 mm)	% Elongación	Incertidumbre elongación (± %)	Resistencia a la tracción (N/cm ²)	(± N/cm ²)	Elongación (± 0.07 cm)
222.0	0.00	0.00	0.00	0.0%	0.0%	0.00	0.00	0.00
222.0	0.00	12.80	0.00	0.0%	0.0%	1524.91	25.21	0.00
245.0	40.00	52.80	23.00	10.4%	0.4%	6291.07	101.25	2.30
261.0	80.00	92.80	39.00	17.6%	0.4%	11057.24	177.75	3.90
276.0	120.00	132.80	54.00	24.3%	0.4%	15823.40	254.30	5.40
277.0	124.00	136.80	55.00	24.8%	0.4%	16300.01	261.95	5.50
Rigidez aparente		27471.30 N/cm						

Cuadro XII-35 Prueba de elongación probeta cortada con láser de cuero Crazy beige horizontal
3

Elongación (± 0.5 mm)	Carga (±0.05 Lb)	Carga total (±0.05 Lb)	Elongación total (0.71 mm)	% Elongación	Incertidumbre elongación (± %)	Resistencia a la tracción (N/cm ²)	(± N/cm ²)	Elongación (± 0.07 cm)
222.0	0.00	0.00	0.00	0.0%	0.0%	0.00	0.00	0.00
222.0	0.00	12.80	0.00	0.0%	0.0%	1524.91	25.21	0.00
245.0	40.00	52.80	23.00	10.4%	0.4%	6291.07	101.25	2.30
261.0	80.00	92.80	39.00	17.6%	0.4%	11057.24	177.75	3.90
274.0	119.50	132.30	52.00	23.4%	0.4%	15763.82	253.34	5.20
Rigidez aparente		27597.33 N/cm						

Cuadro XII-36 Prueba de elongación probeta troquelada de cuero Nubuck gris vertical 1

Elongación (\pm 0.5 mm)	Carga (\pm 0.05 Lb)	Carga total (\pm 0.05 Lb)	Elongación total (0.71 mm)	% Elongación	Incertidumbre elongación (\pm %)	Resistencia a la tracción (N/cm ²)	(\pm N/cm ²)	Elongación (\pm 0.07 cm)
211.1	0	0.00	0.00	0.0%	0.0%	0.00	0.00	0.00
214.0	0	12.80	2.93	1.4%	0.4%	1532.44	25.46	0.29
227.0	40	52.80	15.93	7.5%	0.4%	6322.11	102.25	1.59
238.0	80	92.80	26.93	12.8%	0.4%	11111.79	179.51	2.69
242.0	105.5	118.30	30.93	14.7%	0.4%	14165.20	228.79	3.09
Rigidez aparente	44429.63	N/cm						

Cuadro XII-37 Prueba de elongación probeta troquelada de cuero Nubuck gris vertical 2

Elongación (\pm 0.5 mm)	Carga (\pm 0.05 Lb)	Carga total (\pm 0.05 Lb)	Elongación total (0.71 mm)	% Elongación	Incertidumbre elongación (\pm %)	Resistencia a la tracción (N/cm ²)	(\pm N/cm ²)	Elongación (\pm 0.07 cm)
214.2	0.00	0.00	0.00	0.0%	0.0%	0.00	0.00	0.00
218.0	0.00	12.80	3.79	1.8%	0.4%	1532.44	25.46	0.38
234.0	40.00	52.80	19.79	9.2%	0.4%	6322.11	102.25	1.98
244.0	80.00	92.80	29.79	13.9%	0.4%	11111.79	179.51	2.98
255.0	120.00	132.80	40.79	19.0%	0.4%	15901.46	256.81	4.08
259.0	132.00	144.80	44.79	20.9%	0.4%	17338.36	280.01	4.48
Rigidez aparente	39915.71	N/cm						

Cuadro XII-38 Prueba elongación probeta troquelada Nubuck gris vertical 3

Elongación (\pm 0.5 mm)	Carga (\pm 0.05 Lb)	Carga total (\pm 0.05 Lb)	Elongación total (0.71 mm)	% Elongación	Incertidumbre elongación (\pm %)	Resistencia a la tracción (N/cm ²)	(\pm N/cm ²)	Elongación (\pm 0.07 cm)
218.6	0.00	0.00	0.00	0.0%	0.0%	0.00	0.00	0.00
222.0	0.00	12.80	3.38	1.5%	0.4%	1532.44	25.46	0.34
239.0	40.00	52.80	20.38	9.3%	0.4%	6322.11	102.25	2.04
249.0	80.00	92.80	30.38	13.9%	0.4%	11111.79	179.51	3.04
257.0	120.00	132.80	38.38	17.6%	0.4%	15901.46	256.81	3.84
267.0	155.50	168.30	48.38	22.1%	0.4%	20152.30	325.43	4.84
Rigidez aparente	43309.35	N/cm						

Cuadro XII-39 Pruebas de elongación probeta troquelada de cuero Nubuck gris horizontal 1

Elongación (± 0.5 mm)	Carga (±0.05 Lb)	Carga total (±0.05 Lb)	Elongación total (0.71 mm)	% Elongación	Incertidumbre elongación (± %)	Resistencia a la tracción (N/cm ²)	(± N/cm ²)	Elongación (± 0.07 cm)
222.5	0.00	0.00	0.00	0.0%	0.0%	0.00	0.00	0.00
228.0	0.00	12.80	5.51	2.5%	0.4%	1532.44	25.46	0.55
247.0	40.00	52.80	24.51	11.0%	0.4%	6322.11	102.25	2.45
261.0	80.00	92.80	38.51	17.3%	0.4%	11111.79	179.51	3.85
269.0	96.00	108.80	46.51	20.9%	0.4%	13027.66	210.43	4.65
Rigidez aparente		28729.77	N/cm					

Cuadro XII-40 Prueba de elongación probeta troquelada de cuero Nubuck gris horizontal 2

Elongación (± 0.5 mm)	Carga (±0.05 Lb)	Carga total (±0.05 Lb)	Elongación total (0.71 mm)	% Elongación	Incertidumbre elongación (± %)	Resistencia a la tracción (N/cm ²)	(± N/cm ²)	Elongación (± 0.07 cm)
223.1	0.00	0.00	0.00	0.0%	0.0%	0.00	0.00	0.00
228.0	0.00	12.80	4.87	2.2%	0.4%	1532.44	25.46	0.49
247.0	40.00	52.80	23.87	10.7%	0.4%	6322.11	102.25	2.39
260.0	80.00	92.80	36.87	16.5%	0.4%	11111.79	179.51	3.69
265.0	93.50	106.30	41.87	18.8%	0.4%	12728.30	205.60	4.19
Rigidez aparente		30742.97	N/cm					

Cuadro XII-41 Prueba de elongación probeta troquelada de cuero Nubuck gris horizontal 3

Elongación (± 0.5 mm)	Carga (±0.05 Lb)	Carga total (±0.05 Lb)	Elongación total (0.71 mm)	% Elongación	Incertidumbre elongación (± %)	Resistencia a la tracción (N/cm ²)	(± N/cm ²)	Elongación (± 0.07 cm)
221.3	0.00	0.00	0.00	0.0%	0.0%	0.00	0.00	0.00
227.0	0.00	12.80	5.66	2.6%	0.4%	1532.44	25.46	0.57
248.0	40.00	52.80	26.66	12.0%	0.4%	6322.11	102.25	2.67
264.0	80.00	92.80	42.66	19.3%	0.4%	11111.79	179.51	4.27
268.0	89.50	102.30	46.66	21.1%	0.4%	12249.33	197.87	4.67
Rigidez aparente		26406.44	N/cm					

Cuadro XII-42 Pruebas de elongación probeta cortada con láser de cuero Nubuck gris vertical
1

Elongación (± 0.5 mm)	Carga (±0.05 Lb)	Carga total (±0.05 Lb)	Elongación total (0.71 mm)	% Elongación	Incertidumbre elongación (± %)	Resistencia a la tracción (N/cm ²)	(± N/cm ²)	Elongación (± 0.07 cm)
221.5	0.00	0.00	0.00	0.0%	0.0%	0.00	0.00	0.00
229.0	0.00	12.80	7.45	3.4%	0.4%	1582.60	27.10	0.75
244.0	20.00	32.80	22.45	10.1%	0.4%	4055.82	67.91	2.25
255.0	40.00	52.80	33.45	15.1%	0.4%	6529.04	109.04	3.35
265.0	60.00	72.80	43.45	19.6%	0.4%	9002.27	150.23	4.35
272.0	73.50	86.30	50.45	22.8%	0.4%	10671.69	178.05	5.05
Rigidez aparente	21548.26	N/cm						

Cuadro XII-43 Pruebas de elongación probeta cortadas con láser Nubuck gris vertical 2

Elongación (± 0.5 mm)	Carga (±0.05 Lb)	Carga total (±0.05 Lb)	Elongación total (0.71 mm)	% Elongación	Incertidumbre elongación (± %)	Resistencia a la tracción (N/cm ²)	(± N/cm ²)	Elongación (± 0.07 cm)
223.1	0.00	0.00	0.00	0.0%	0.0%	0.00	0.00	0.00
231.0	0.00	12.80	7.88	3.5%	0.3%	1582.60	12.11	0.79
257.0	40.00	52.80	33.88	15.2%	0.3%	6529.04	24.60	3.39
277.0	80.00	92.80	53.88	24.1%	0.4%	11475.49	32.61	5.39
280.0	84.00	96.80	56.88	25.5%	0.4%	11970.13	33.31	5.69
Rigidez aparente	21586.18	N/cm						

Cuadro XII-44 Prueba de elongación probeta cortada con láser de cuero Nubuck gris vertical 3

Elongación (± 0.5 mm)	Carga (±0.05 Lb)	Carga total (±0.05 Lb)	Elongación total (0.71 mm)	% Elongación	Incertidumbre elongación (± %)	Resistencia a la tracción (N/cm ²)	(± N/cm ²)	Elongación (± 0.07 cm)
220.0	0.00	0.00	0.00	0.0%	0.0%	0.00	0.00	0.00
227.0	0.00	12.80	7.02	3.2%	0.4%	1582.60	12.11	0.70
241.0	20.00	32.80	21.02	9.6%	0.4%	4055.82	19.39	2.10
250.0	40.00	52.80	30.02	13.6%	0.4%	6529.04	24.60	3.00
261.0	60.00	72.80	41.02	18.6%	0.4%	9002.27	28.88	4.10
267.0	71.50	84.30	47.02	21.4%	0.4%	10424.37	31.08	4.70
Rigidez aparente	22594.40	N/cm						

Cuadro XII-45 Prueba de elongación probeta cortada láser de cuero Nubuck gris horizontal 1

Elongación (± 0.5 mm)	Carga (±0.05 Lb)	Carga total (±0.05 Lb)	Elongación total (0.71 mm)	% Elongación	Incertidumbre elongación (± %)	Resistencia a la tracción (N/cm ²)	(± N/cm ²)	Elongación (± 0.07 cm)
219.1	0.00	0.00	0.00	0.0%	0.0%	0.00	0.00	0.00
222.0	0.00	12.80	2.88	1.3%	0.5%	1582.60	27.10	0.29
235.0	40.00	52.80	15.88	7.2%	0.5%	6529.04	109.04	1.59
244.0	80.00	92.80	24.88	11.4%	0.4%	11475.49	191.45	2.49
255.0	120.00	132.80	35.88	16.4%	0.4%	16421.94	273.90	3.59
262.0	166.50	179.30	42.88	19.6%	0.4%	22172.18	369.76	4.29
Rigidez Aparente 51251.73 N/cm								

Cuadro XII-46 Prueba de elongación probeta cortada láser de cuero Nubuck gris horizontal 2

Elongación (± 0.5 mm)	Carga (±0.05 Lb)	Carga total (±0.05 Lb)	Elongación total (0.71 mm)	% Elongación	Incertidumbre elongación (± %)	Resistencia a la tracción (N/cm ²)	(± N/cm ²)	Elongación (± 0.07 cm)
214.2	0.00	0.00	0.00	0.0%	0.0%	0.00	0.00	0.00
218.0	0.00	12.80	3.85	1.8%	0.8%	1582.60	27.10	0.38
235.0	20.00	32.80	20.85	9.7%	0.5%	4055.82	67.91	2.08
241.0	40.00	52.80	26.85	12.5%	0.5%	6529.04	109.04	2.68
248.0	60.00	72.80	33.85	15.8%	0.5%	9002.27	150.23	3.38
254.0	80.00	92.80	39.85	18.6%	0.5%	11475.49	191.45	3.98
260.0	100.00	112.80	45.85	21.4%	0.5%	13948.71	232.67	4.58
264.0	120.00	132.80	49.85	23.3%	0.4%	16421.94	273.90	4.98
268.0	137.00	149.80	53.85	25.1%	0.4%	18524.18	308.94	5.38
Rigidez aparente 36702.78 N/cm								

Cuadro XII-47 Prueba de elongación probeta cortada láser de cuero Nubuck gris horizontal 3

Elongación (± 0.5 mm)	Carga (±0.05 Lb)	Carga total (±0.05 Lb)	Elongación total (0.71 mm)	% Elongación	Incertidumbre elongación (± %)	Resistencia a la tracción (N/cm ²)	(± N/cm ²)	Elongación (± 0.07 cm)
198.0	0.00	0.00	0.00	0.0%	0.0%	0.00	0.00	0.00
204.0	0.00	12.80	5.97	3.0%	0.4%	1582.60	27.10	0.60
227.0	20.00	32.80	28.97	14.6%	0.4%	4055.82	67.91	2.90
239.0	40.00	52.80	40.97	20.7%	0.4%	6529.04	109.04	4.10
245.0	60.00	72.80	46.97	23.7%	0.4%	9002.27	150.23	4.70
252.0	80.00	92.80	53.97	27.3%	0.4%	11475.49	191.45	5.40
258.0	92.00	104.80	59.97	30.3%	0.4%	12959.42	216.18	6.00
Rigidez aparente 23111.01 N/cm								

E. Cálculo de muestra

1. Cálculo de la densidad aparente

Se utiliza la siguiente fórmula para la densidad aparente del círculo 1 del cuero Pullup café:

$$d_a = \frac{1.273 \times 10^6 \times m}{\prod_n^3 d^2 e}$$
$$= \frac{1.273 \times 10^6 \times (4.4534 \pm 0.0001g)}{\left(\frac{(1.61 \pm 0.01mm) + (1.62 \pm 0.01mm) + (1.583 \pm 0.01mm)}{3} \right) * (7.10 \pm 0.01mm)^2 * (7.10 \pm 0.01mm)^2 * (7.10 \pm 0.01mm)^2}$$
$$= 0.130662 \pm 0.000008 \text{ g/mm}^3$$

m, es masa (g)

d, es diámetro (mm)

e, es espesor (mm)

Se calcula de la misma forma para el resto de cueros Crazy beige y Nubuck gris, y se hace el promedio análogo al cálculo 1 que se muestra en el cuadro 13.7.

2. Cálculo de elongación a la rotura de muestra

Se realiza un ej. Con la Probeta troquelada vertical de cuero Pullup café:

$$Sr = \frac{Lr - Lo}{Lo} * 100 = \frac{272.0(\pm 0.05mm) - 216.5(\pm 0.05mm)}{216.5(\pm 0.05mm)} = 25.6 \pm 0.4\%$$

Lo es longitud inicial de la probeta (mm)

Lr es longitud en el momento de rotura (mm)

Sr es elongación de rotura (mm)

Se realiza un cálculo análogo por cada probeta cortada con troquelado del cuero Pullup café (ver en cuadros 12.10 al 12.22).

Luego es necesario un promedio la elongación de rotura de todas las probetas cortadas troqueladora.

$$\bar{x} = \frac{\sum_n^i x_i}{n} = \frac{(25.6 \pm 0.4\%) + (21.4 \pm 0.4\%) + (22.7 \pm 0.4\%) + (29.0 \pm 0.4\%) + (25.6 \pm 0.4\%) + (25.3 \pm 0.4\%)}{6} = 24.9 \pm 2.6\%$$

Se calcula la elongación de rotura por tipo de corte para cada tipo de cuero de la misma forma ver en Cuadros 13.7.

3. Cálculo de la resistencia a la tracción

Se calcula la resistencia a la tracción por cada punto tomado por cada prueba de elongación, de la siguiente forma:

$$S = \frac{F}{he} = \frac{mg}{he} = \frac{(0.58 \pm 0.02 \text{ kg}) \left(9.81 \frac{m^2}{s}\right)}{(0.167 \pm 0.003 \text{ cm})(0.20 \text{ cm})} = 1702.24 \pm 152.74 \text{ N/cm}^2$$

F es la carga en el momento de la rotura de la probeta en Newtons.

h es el ancho promedio de la probeta en centímetros.

e es el espesor de la probeta en centímetros.

g es la gravedad siendo $9.81 \text{ m}^2/\text{s}$.

La resistencia a la tracción se presenta en los cuadros 13.7 y 8.1, en el punto de elongación de rotura.

4. Cálculo de la rigidez aparente

La rigidez aparente se calcula a partir de obtener la pendiente entre la resistencia a la tracción (eje x) y la elongación (l) en el eje y. De la siguiente forma:

$$\frac{P}{he} (\text{eje } x) * \left(\frac{1}{E} Lo\right) = l (\text{eje } y)$$

Luego se despeja la rigidez aparente de la siguiente forma para la probeta de cuero Pullup café vertical 1:

$$\left(\frac{1}{E} Lo\right) = m \rightarrow E = \frac{Lo}{m} = \frac{10 \text{ cm}}{0.000111927 \frac{\text{cm}^2}{\text{N}}} = 89343.95 \text{ N/cm}$$

De la misma forma se calcula el resto de rigidez aparente para cada tipo de probeta y luego se hace el promedio como en el Cálculo 1, para obtener la rigidez aparente de 6 probetas cortadas por cada método de corte (troquelado y láser). Se puede ver todos los resultados en el Cuadro 13.7 y 8.1.

5. Cálculo de los ajustes para determinar el espesor promedio

Se determinó el espesor promedio de tres probetas troqueladas del cuero Pullup café:

$$\bar{x} = \frac{\sum_n^i x_i}{n} = \frac{(1.61 \pm 0.01mm) + (1.62 \pm 0.01mm) + (1.58 \pm 0.01mm) + (1.65 \pm 0.01mm) + (1.60 \pm 0.01mm) + (1.60 \pm 0.01mm) + (1.64 \pm 0.01mm) + (1.62 \pm 0.01mm) + (1.61 \pm 0.01mm)}{9}$$

$$= 1.61 \pm 0.02mm$$

Con este espesor mostrado en los cuadros 7.1 a 7.3. Se utilizan estos datos para determinar los ajustes de intensidad de corte y espesor en el cuadro 8.2.

6. Cálculo de tiempo de corte y grabado por método de corte

$$t_o = t_c + t_g = (9.13 \pm 0.01min) + (0.50 \pm 0.01min) = 9.63 \pm 0.22min$$

t_c es el tiempo de corte

t_t es el tiempo de grabado

t_o es el tiempo de operación de corte y grabado

Se calcula según los tiempos de cada operación. Todos los tiempos de cada operación se observan en el Cuadro 8.3 y se calculan de manera análoga.

7. Cálculo de costo por energía por cada operación de corte y grabado por mes

Cálculo del costo para la operación con cuero Pullup café:

$$E_o = C_{pares} * \frac{t_o}{1 \text{ par}} * kW \text{ (de máquina)} * C_{energía}$$

$$= \frac{24 \text{ pares}}{\text{día}} * \frac{9.63 \pm 0.22 \text{ min}}{1 \text{ par}} * \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} * 2.35 \text{ kW}$$

$$* \frac{5 \text{ días de trabajo}}{1 \text{ semana}} * \frac{4 \text{ semanas}}{1 \text{ mes}} * \frac{Q1.29}{\text{kWh}} = \frac{Q172.19}{\text{mes}}$$

E_o es la energía por día en kWh/día

C_{pares} es la cantidad de pares de producción en un día (24 por un día).

t_o es el tiempo de operación de corte y grabado

kW de máquina dependen si es troqueladora ATOM y timbradora Mac GT (2.35kW), o solo la cortadora láser PLS4.75 (1.175kW)

$C_{energía}$ el costo de energía es Q1.29/kWh de Baja Tensión Social

El resto de energía por tipo de cuero se calcula de la misma forma, este resultado se observa en el Cuadro 8.3 y se utiliza para calcular los costos del Cuadro 13.8.

8. Cálculo de Valor Inicial para la troqueladora

$$C_t = C_{troqueladora} + C_{compresor} + C_{timbradora} + C_{Invertor \text{ Voltaje}}$$

$$= Q35,000 + Q7,500 + Q6,500 + Q150 = Q42,650$$

Los valores de cada máquina se observan en “Instalación” y “Costo máquinas” en el Cuadro 13.8, y el valor inicial se muestra en el Cuadro 8.5.

9. Cálculo de Valor Inicial para la cortadora láser

$$C_l = C_{láser} + C_{compresora} + C_{computadora} + C_{extractor \text{ gases}}$$

$$= Q35,000 + Q3,300 + Q3667 + Q1,530 = Q192,017$$

Los valores de cada máquina se observan en “Instalación” y “Costo máquinas” en el Cuadro 13.8, y el valor inicial se muestra en el Cuadro 8.5.

10. Cálculo de Costo de Operación Anual para la troqueladora y timbradora

$$COA_t = C_{mantenimiento} + C_{mano\ de\ obra} + C_{luz}$$

$$= Q98,818.10$$

$$C_{mantenimiento} = C_{troquel} + C_{aceite\ compresora} + C_{resistencia}$$

$$= \left[\frac{Q150}{10\ años} + \frac{Q1000}{2\ años} + \frac{Q150}{10\ años} \right] = Q590$$

$$C_{mano\ de\ obra} = Salario * No. Operarios * factor\ prestaciones\ (1.42)$$

$$= \left[\frac{Q2825.1}{mes} * \frac{12\ meses}{1\ año} (2\ operarios) * 1.42 \right] = Q96,279.41$$

$$C_{luz} = \frac{Promedio\ de\ Costo\ Luz\ por\ Tipo\ de\ Cuero}{Mes} * \frac{12\ meses}{1\ año}$$

$$= \left[\frac{\left(\frac{Q172.19 + Q194.82 + Q134.21}{3} \right)}{1\ mes} * \frac{12\ meses}{1\ año} \right] = Q2004.88$$

Los costos de operación anual se basan en el costo de mantenimiento, salario y luz, en el Cuadro 13.8, y el costo de operación anual se muestra en el Cuadro 8.5.

11. Cálculo de Costo de Operación Anual para la cortadora láser

$$COA_l = C_{mantenimiento} + C_{mano\ de\ obra} + C_{luz} = Q78,326.80$$

$$C_{mantenimiento} = C_{prisma} + C_{compresor} = \left[\frac{Q3000}{8\ años} + \frac{Q1500}{año} \right] = Q1,875.00$$

$$C_{mano\ de\ obra} = Salario * No. Operarios * factor\ prestaciones\ (1.42)$$

$$= \left[\frac{Q4,011.34}{mes} * \frac{12\ meses}{1\ año} (1\ operarios) * 1.42 \right] = Q68353.23$$

$$C_{luz} = \frac{Promedio\ de\ Costo\ Luz\ por\ Tipo\ de\ Cuero}{Mes} * \frac{12\ meses}{1\ año}$$

$$= \left[\frac{\left(\frac{Q175.02 + Q173.20 + Q176.43}{3} \right)}{1\ mes} * \frac{12\ meses}{1\ año} \right] = Q2,098.60$$

Los costos de operación anual se basan en el costo de mantenimiento, salario y luz, en el Cuadro 13.8, y el costo de operación anual se muestra en el Cuadro 8.5.

12. Cálculo de Valor de Salvamento de la maquinaria de corte

Se hace en base al costo inicial de la maquinaria con una depreciación del 20% anual, siendo para la troqueladora y timbradora:

$$\sum_n^5 C_{inicial} * (1 - 0.2) = Q49,150.00 * (0.8)^5 = Q16,105.50$$

Este valor sale del valor inicial mostrado en el Cuadro 8.5, y el valor de salvamento se muestra en el mismo cuadro. El cálculo es análogo para la cortadora láser y se muestra en dicho cuadro.

13. Cálculo de la TIR

Se realiza el cálculo según la diferencia entre el valor inicial, costo de operación y salvamento de la máquina X (troqueladora y timbradora) y la Y (cortadora láser) utilizando la fórmula =TIR(valores) de Excel 2016:

$$\begin{aligned} &= TIR(Q \\ &- 142,867.0; Q26,491.2; Q26,491.2; Q26,491.2; Q26,491.2; Q26,491.2; Q73,305.9 \\ &= 7\% \end{aligned}$$

Dicho resultado se muestra en el Cuadro 8.5.

F. Datos calculados

Cuadro XII-48 Cuadro de las propiedades de elongación, resistencia a la tracción y rigidez aparente del cuero Pullup

No. Corrida	Vertical				Horizontal				Vertical				Horizontal			
	Elongación a la rotura (%)	Incertidumbre elongación (± %)	Resistencia a la tracción (± 0.03 %N/cm ²)	Rigidez aparente (N/cm)	Elongación a la rotura (%)	Incertidumbre elongación (± %)	Resistencia a la tracción (± 0.03 %N/cm ²)	Rigidez aparente (N/cm)	Elongación a la rotura (%)	Incertidumbre elongación (± %)	Resistencia a la tracción (± 0.03 %N/cm ²)	Rigidez aparente (N/cm)	Elongación a la rotura (%)	Incertidumbre elongación (± %)	Resistencia a la tracción (± 0.03 %N/cm ²)	Rigidez aparente (N/cm)
1	25.6%	0.4%	52993.02	89343.95	29.0%	0.4%	41750.41	71485.40	22.3%	0.4%	34678.73	73788.25	25.3%	0.4%	35956.98	66565.22
2	21.4%	0.4%	33634.43	82927.64	25.6%	0.4%	38823.33	74804.74	26.5%	0.4%	40558.69	78197.98	30.4%	0.4%	38641.32	60523.83
3	22.7%	0.4%	39022.91	85627.87	25.3%	0.4%	34765.35	61662.01	25.8%	0.4%	38193.93	81273.03	25.8%	0.4%	35701.33	63522.16
Promedio	23.3%	0.4%	41883.45	85966.48	26.6%	0.4%	38446.36	69317.38	26.2%	0.4%	39376.31	77753.09	27.2%	0.4%	36766.54	63537.07

Gráfico XII-1 Corte troquelado horizontal vs vertical en cuero Pullup café

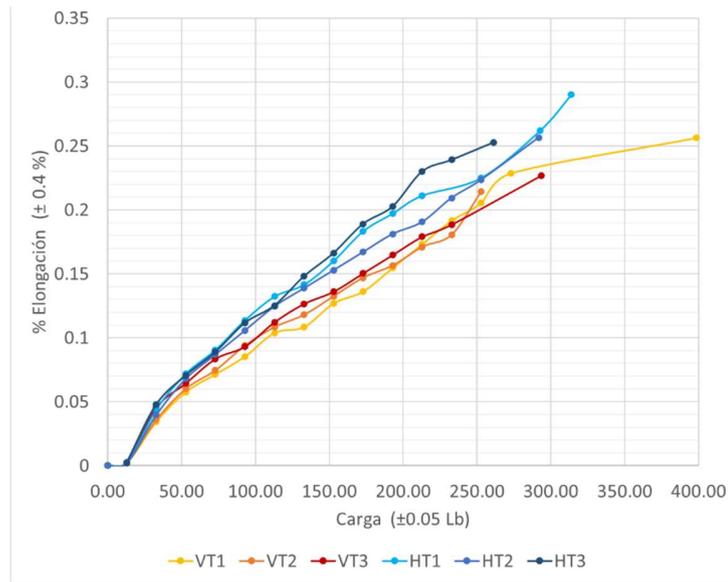


Gráfico XII-2 Corte troquelado horizontal vs vertical en cuero Pullup café

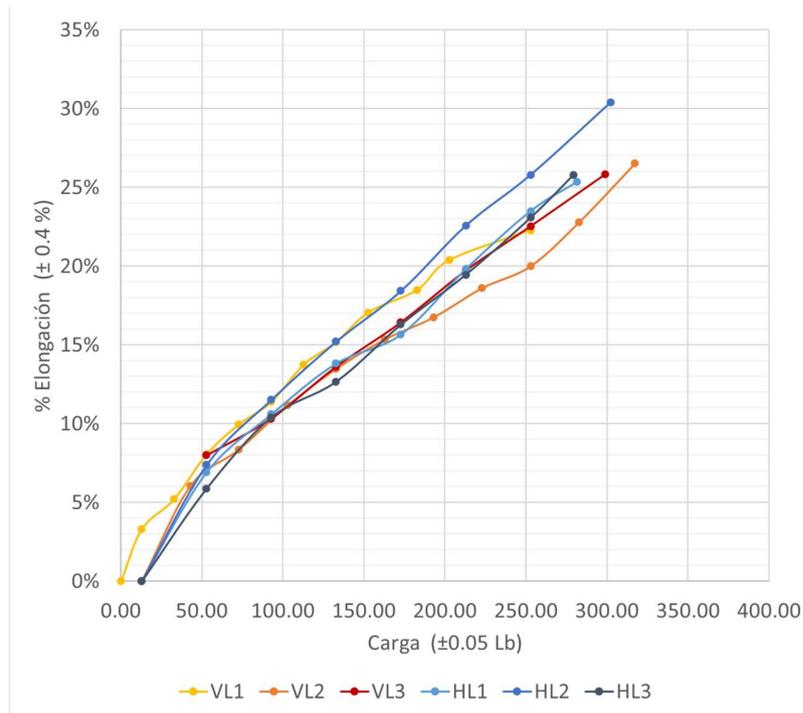


Gráfico XII-3 Probetas vertical troquelado vs láser en cuero Pullup café

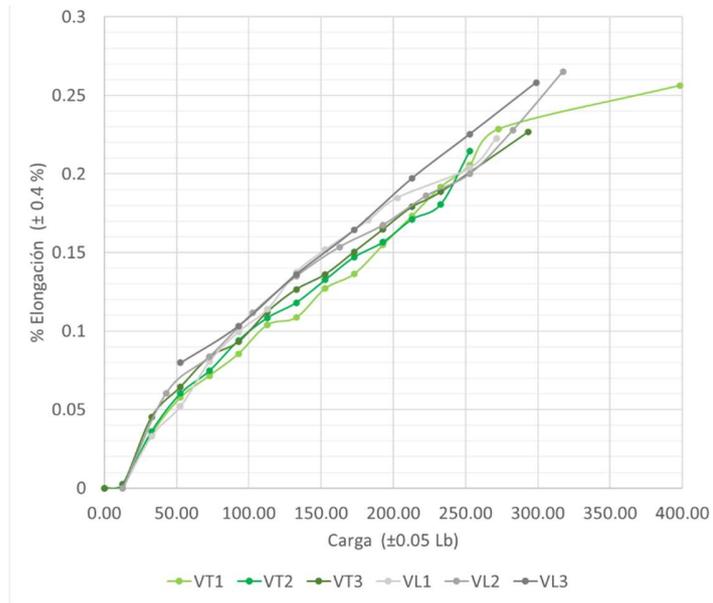
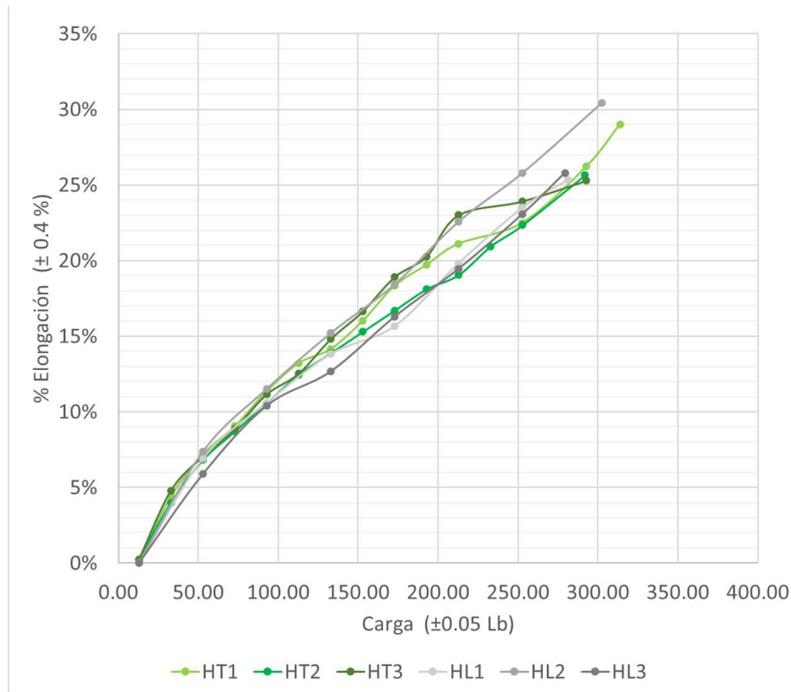


Gráfico XII-4 Probetas horizontal troquelado vs láser en cuero Pullup café



Cuadro XII-49 Propiedades de elongación, resistencia a la tracción y rigidez aparente del cuero Crazy beige

No. Corrida	Vertical				Horizontal				Vertical				Horizontal			
	Elongación a la rotura (%)	Incertidumbre elongación (± %)	Resistencia a la tracción (± 0.03 %N/cm ²)	Rigidez aparente (N/cm)	Elongación a la rotura (%)	Incertidumbre elongación (± %)	Resistencia a la tracción (± 0.03 %N/cm ²)	Rigidez aparente (N/cm)	Elongación a la rotura (%)	Incertidumbre elongación (± %)	Resistencia a la tracción (± 0.03 %N/cm ²)	Rigidez aparente (N/cm)	Elongación a la rotura (%)	Incertidumbre elongación (± %)	Resistencia a la tracción (± 0.03 %N/cm ²)	Rigidez aparente (N/cm)
1	19.0%	0.4%	23850.05	57080.63	22.6%	0.4%	17674.18	33846.66	24.1%	0.4%	22257.72	41694.99	28.8%	0.4%	17849.02	27688.90
2	19.4%	0.4%	14554.41	30662.03	24.6%	0.4%	14936.42	23588.13	25.9%	0.4%	20947.02	36510.88	24.8%	0.4%	16300.01	27471.30
3	21.2%	0.4%	22449.34	48921.97	29.6%	0.4%	21048.63	29818.23	27.9%	0.4%	24045.03	38554.07	23.4%	0.4%	15763.82	27597.33
Promedio	19.9%	0.4%	20284.60	45554.88	25.6%	0.4%	17886.41	29084.34	26.0%	0.4%	22416.59	38919.98	25.7%	0.4%	16637.62	27585.84

Gráfico XII-5 Corte troquelado horizontal vs vertical en cuero Crazy beige

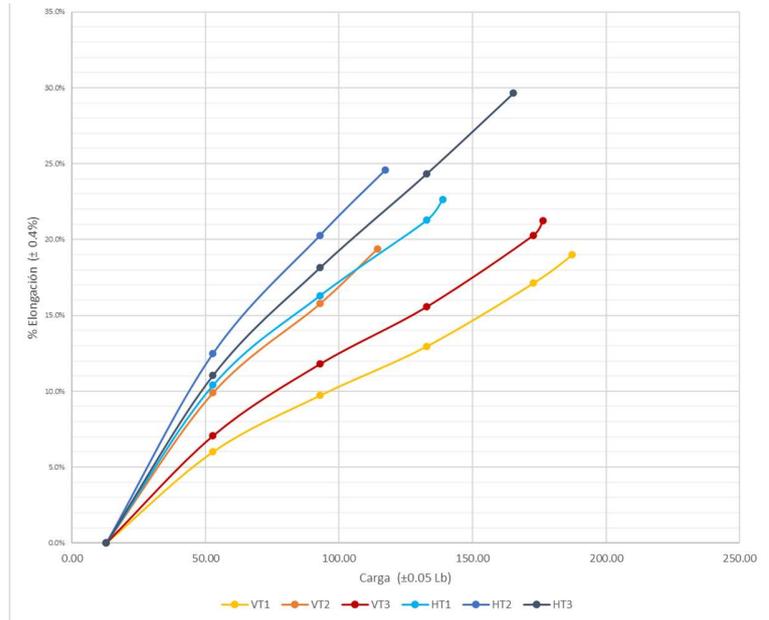


Gráfico XII-6 Corte láser horizontal vs vertical en cuero Crazy beige

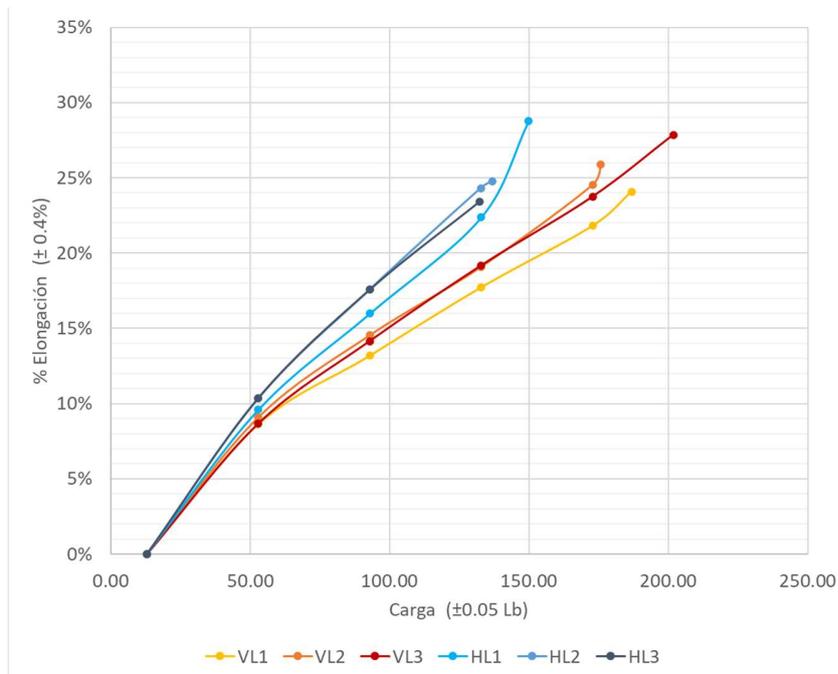


Gráfico XII-7 Probetas vertical troquelado vs láser Crazy beige

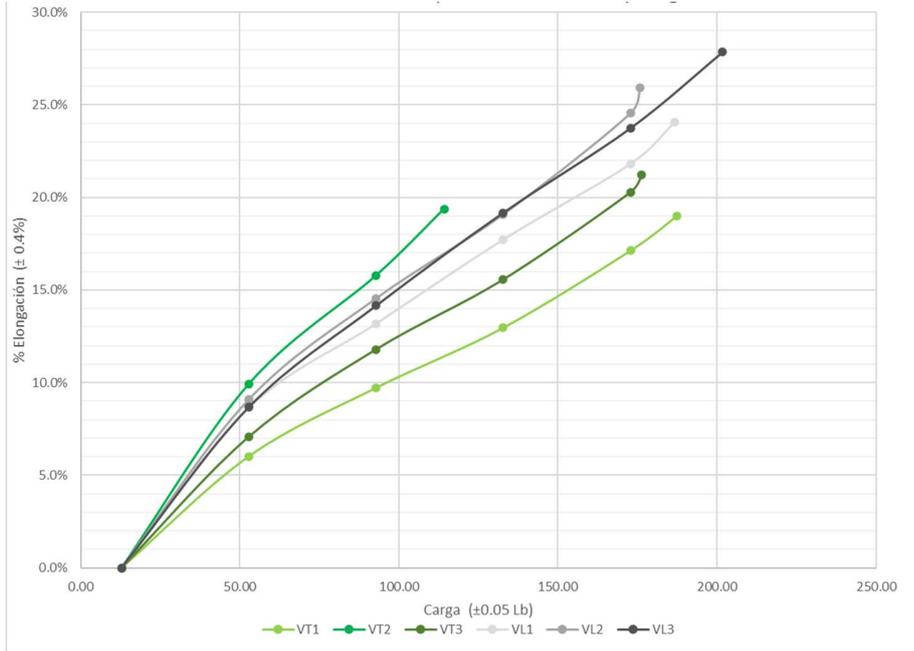
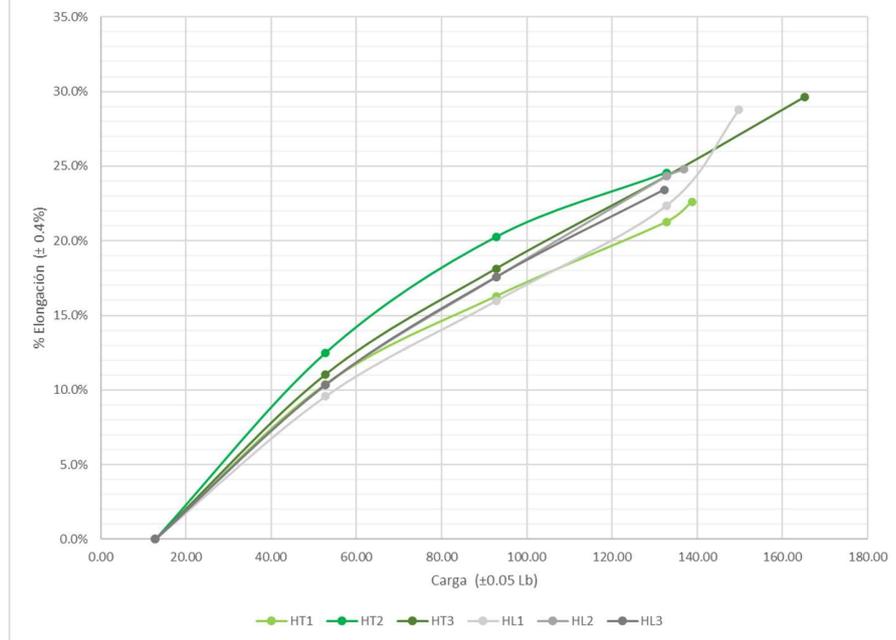


Gráfico XII-8 Probetas horizontal troquelado vs láser Crazy beige



Cuadro XII-50 Propiedades de elongación, resistencia a la tracción y rigidez aparente del cuero Nubuck gris

No. Corrida	Vertical				Horizontal				Vertical				Horizontal			
	Elongación a la rotura (%)	Incertidumbre elongación (± %)	Resistencia a la tracción (± 0.03 %N/cm ²)	Rigidez aparente (N/cm)	Elongación a la rotura (%)	Incertidumbre elongación (± %)	Resistencia a la tracción (± 0.03 %N/cm ²)	Rigidez aparente (N/cm)	Elongación a la rotura (%)	Incertidumbre elongación (± %)	Resistencia a la Tracción (± 0.03 %N/cm ²)	Rigidez aparente (N/cm)	Elongación a la rotura (%)	Incertidumbre elongación (± %)	Resistencia a la tracción (± 0.03 %N/cm ²)	Rigidez aparente (N/cm)
1	14.7%	0.4%	14165.20	44429.63	20.9%	0.4%	13027.66	28729.77	22.8%	0.4%	10671.69	21548.26	19.6%	0.4%	22172.18	51251.73
2	20.9%	0.4%	17338.36	39915.71	18.8%	0.4%	12728.30	30742.97	25.5%	0.4%	11970.13	21586.18	25.1%	0.4%	18524.18	36702.78
3	22.1%	0.4%	20152.30	43309.35	21.1%	0.4%	12249.33	26406.44	21.4%	0.4%	10424.37	22594.40	30.3%	0.4%	12959.42	23111.01
Promedio	19.2%	0.4%	17218.62	42551.56	20.3%	0.4%	12668.43	28626.39	23.2%	0.4%	11022.06	21909.61	25.0%	0.4%	17885.26	37021.84

Gráfico XII-9 Troquelado horizontal vs vertical en cuero Nubuck gris

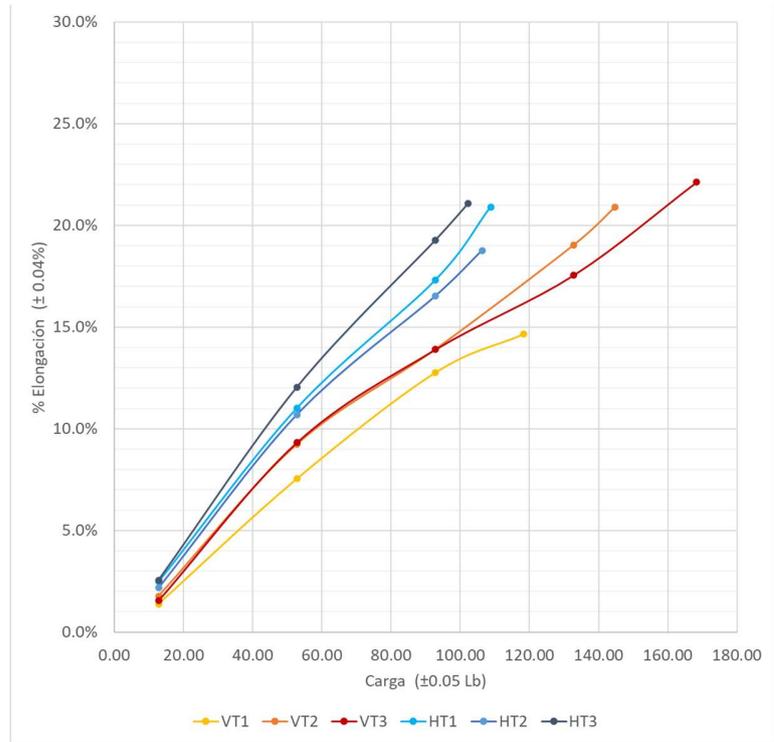


Gráfico XII-10 Corte láser horizontal vs vertical en cuero Nubuck gris

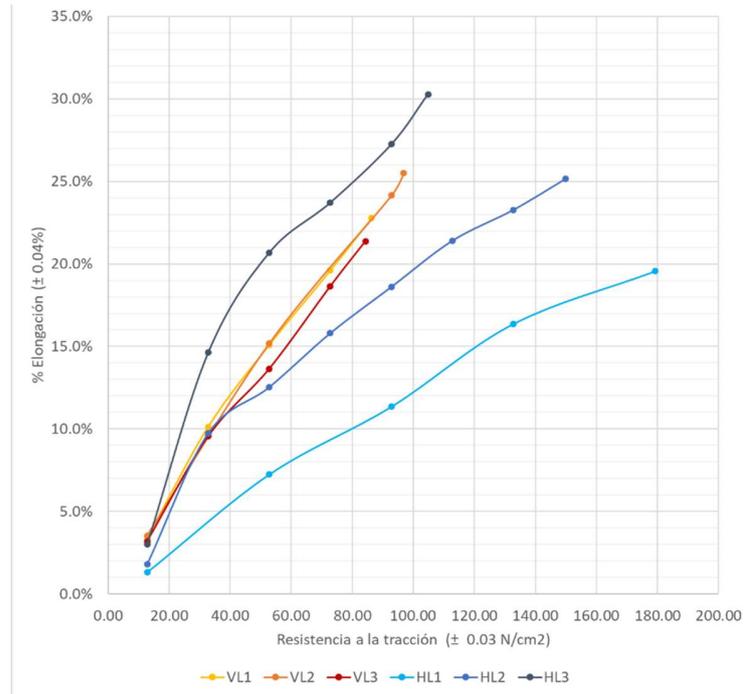


Gráfico XII-11 Corte vertical troquelado vs láser en cuero Nubuck gris

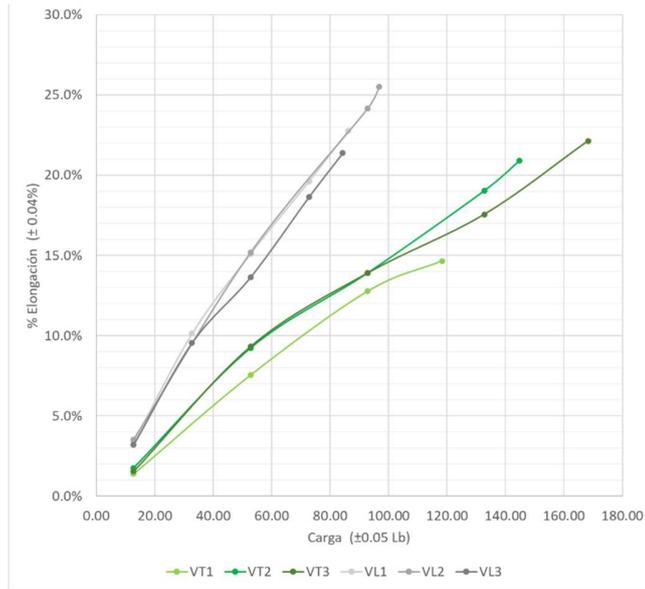
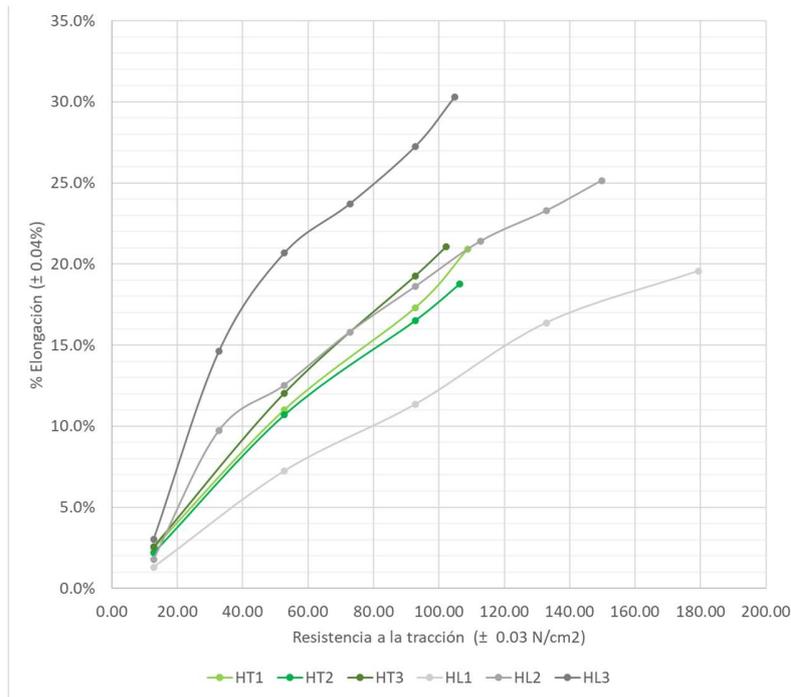


Gráfico XII-12 Corte láser horizontal vs vertical en cuero Nubuck Gris



Cuadro XII-51 Comparación entre troquelado y láser

Tipo de piel	Tipo de corte	Masa de cuero entrante (±0.1g)	Piezas cortadas (±0.1g)	Residuos (±0.14g)	% Residuos (± 0.04%)	Corte (± 0.012 min)	Grabado (± 0.012 min)	Corte de 24 pares (± 0.01 h/24 pares) ²	Energía por día produce 24 pares (± kW/día)	Piezas defectuosas
Pullup nacional ¹	Troquelado ³	328.5	247.5	81.00	24.66%	6.617	0.483	4.05	9.53	0
	Láser	342.0	287.5	54.50	15.94%	5.950	8.483	5.82	6.84	2
Crazy beige ¹	Troquelado ³	357.5	266.0	91.50	25.59%	7.383	0.650	3.21	7.55	0
	Láser	354.0	270.0	84.00	23.73%	6.033	8.250	5.71	6.71	2
Nubuck gris ¹	Troquelado ³	382.0	289.5	92.50	24.21%	9.133	0.500	2.84	6.67	0
	Láser	379.5	258.0	121.50	32.02%	6.017	8.533	5.77	6.78	0

Notas: Los cortes se hacen en la máquina láser utilizada es PLS4.75 de 75 Watts de 60x45 utilizada en el D-Hive de la Universidad del Valle de Guatemala a 24°C y 57% H.R. a 1 atm. Y los cortes se hacen con una troqueladora y una timbradora a 28°C y 62% H.R. y 1 atm en Calzado Kevin en Santa Catarina Mita Jutiapa

1. La caracterización de los cueros se describe en el Cuadro 13.7.

2. Se produce un lote de 24 pares al día en "Calzado Kevin" esa es la referencia para el corte y grabado láser.

3. L a troqueladora requiere una timbradora que hace el grabado en el zapato. El grabado se realiza en 4 piezas de las 28.

G. Análisis de error

1. Incertidumbre de la densidad aparente

Respecto al primer dato de la densidad aparente del Cuadro 13.10 de la muestra circular troquelada 1 del tipo de cuero Pullup café:

Espesor promedio (e): $1.61 \pm 0.01 \text{ mm}$

Masa (m): $4.4534 \pm 0.0001 \text{ g}$

Diámetro promedio (d): $7.10 \pm 0.01 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} \Delta R &= R * \sqrt{\left(\frac{s_a}{a}\right)^2 + \left(\frac{s_b}{b}\right)^2} \\ &= 0.130662 \text{ g/mm}^3 * \sqrt{\left(\frac{0.01 \text{ mm}}{1.61 \text{ mm}}\right)^2 + \left(\frac{0.0001 \text{ g}}{4.4534 \text{ g}}\right)^2 + \left(\frac{0.01 \text{ mm}}{7.10 \text{ mm}}\right)^2} \\ &= \pm 0.000008 \text{ g/mm}^3 \end{aligned}$$

Se calcula de la misma forma para el resto de las muestras de troquelado y láser, de los tres tipos de cueros Pullup café, Crazy beige y Nubuck gris, y se muestra la incertidumbre de cada uno en el Cuadro 13.11.

2. Cálculo del espesor de las probetas troqueladas del cuero Pullup café

$$\begin{aligned} \bar{x} &= \frac{\sum_n^i x_i}{n} \\ &= \frac{\left[\begin{array}{l} (1.71 \pm 0.01 \text{ mm}) + (1.80 \pm 0.01 \text{ mm}) + (1.65 \pm 0.01 \text{ mm}) + (1.67 \pm 0.01 \text{ mm}) + \\ (1.72 \pm 0.01 \text{ mm}) + (1.61 \pm 0.01 \text{ mm}) + (1.62 \pm 0.01 \text{ mm}) + (1.58 \pm 0.01 \text{ mm}) \\ + (1.80 \pm 0.01 \text{ mm}) + (1.67 \pm 0.01 \text{ mm}) + (1.60 \pm 0.01 \text{ mm}) + (1.60 \pm 0.01 \text{ mm}) \\ + (1.72 \pm 0.01 \text{ mm}) + (1.70 \pm 0.01 \text{ mm}) \end{array} \right]}{18} \\ &= 1.67 \pm 0.03 \text{ mm} \end{aligned}$$

Se realiza la media de las 18 medidas en 3 puntos diferentes según el método NTE INEN-ISO 3376. Esos se promedian siendo 18 datos. Luego de manera análoga se promedia el espesor de las probetas troqueladas con el espesor de las probetas cortadas por cada tipo de cuero (todos los datos son tomados de Cuadro 12.1) y se ve el promedio de ambos en el cuadro 13.7. Este cálculo se repite para los cueros Crazy beige y Nubuck gris.

3. Desviación estándar de los espesores de las probetas

Se realiza la media de las 18 medidas en 3 puntos diferentes según el método NTE INEN-ISO 3376 según cada método de corte, para el corte por troquelado en las probetas Pullup Café es (datos de Cuadro 13.8)

$$s = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$
$$= \sqrt{\frac{(1.73mm - 1.67mm)^2 + (1.80mm - 1.67mm)^2 + (1.80mm - 1.67mm)^2 + (1.65mm - 1.67mm)^2 + (1.67mm - 1.67mm)^2 + (1.72mm - 1.67mm)^2 + (1.61mm - 1.67mm)^2 + (1.62mm - 1.67mm)^2 + (1.58mm - 1.67mm)^2 + (1.67mm - 1.67mm)^2 + (1.60mm - 1.67mm)^2 + (1.60mm - 1.67mm)^2 + (1.64mm - 1.67mm)^2 + (1.62mm - 1.67mm)^2 + (1.61mm - 1.67mm)^2 + (1.76mm - 1.67mm)^2 + (1.72mm - 1.67mm)^2 + (1.70mm - 1.67mm)^2}{18 - 1}}$$
$$= \pm 0.03mm$$

Se realiza de la misma forma para el espesor de las probetas cortadas con láser de cada tipo de cuero empleando los datos del Cuadro 13.8. Se presentan sus resultados en el Cuadro 13.7.

Análisis de error de la elongación con carga respecto a la original (mm)

Respecto al primer dato de la Prueba de elongación de rotura de la probeta vertical 1 Pullup café (ver Cuadro 13.11).

Propagación error 1: Diferencias en la elongación

Largo inicial (Lo): $216.5 \pm 0.5mm$

Largo en la rotura (Lr): $272.0 \pm 0.5mm$

$$\Delta R = \sqrt{s_a^2 + s_b^2} = \sqrt{0.5mm^2 + 0.5mm^2} = \pm 0.7mm$$

$$Lr - Lo = 272.0 \pm 0.5mm - 216.5 \pm 0.5mm = 55.5 \pm 0.7mm$$

Se realiza de la misma forma para todas las diferencias de elongación de los cuadros 12.10 a 12.45 empleando la columna "Elongación total".

4. Análisis de error de porcentaje de elongación

Respecto al primer porcentaje Prueba de elongación de rotura de la probeta vertical 1 Pullup café (ver Cuadro 13.11).

Propagación de error 2: Incertidumbre en porcentaje de elongación

Diferencia entre L_o y L_r : $55.5 \pm 0.7mm$

Largo inicial (L_o): $216.5 \pm 0.5mm$

$$\Delta R = R * \sqrt{\left(\frac{s_a}{a}\right)^2 + \left(\frac{s_b}{b}\right)^2} = 25.6\% * \sqrt{\left(\frac{0.7mm}{55.5mm}\right)^2 + \left(\frac{0.5mm}{216.5mm}\right)^2} = 0.4\%$$

$$S_r = \frac{L_r - L_o}{L_o} * 100 = \frac{55.5 \pm 0.7mm}{216.5(\pm 0.05mm)} = 25.6 \pm 0.4\%$$

Se realiza de manera análoga para todas las diferencias de elongación de los cuadros 12.10 a 12.45 empleando la columna "Elongación total". Incertidumbre utilizada en Cálculo 3.

5. Análisis de error de la resistencia a la tracción

Respecto al primer porcentaje Prueba de elongación de rotura de la probeta vertical 1 Pullup café (ver Cuadro 13.11).

Masa de la carga (m): $180.66 \pm 0.02 kg$

Espesor (e): $0.167 \pm 0.003cm$

Constantes:

Ancho probeta (h): 20 cm

Gravedad (g): $9.81m^2/s$

$$\Delta R = R * \sqrt{\left(\frac{s_a}{a}\right)^2 + \left(\frac{s_b}{b}\right)^2} = 1702.24 \frac{N}{cm^2} * \sqrt{\left(\frac{0.02kg}{180.66kg}\right)^2 + \left(\frac{0.003cm}{0.167cm}\right)^2}$$

$$= \pm 31.26 \frac{N}{cm^2}$$

$$S = \frac{F}{he} = \frac{mg}{he} = \frac{(0.58 \pm 0.02 kg) \left(9.81 \frac{m^2}{s}\right)}{(0.167 \pm 0.003cm)(0.20cm)} = 1702.24 \pm 31.26 N/cm^2$$

Se realiza de manera análoga para el resto de las resistencias en la tracción mostradas del Cuadro 13.11 a 12.45.

La resistencia a la tracción se presenta en los cuadros 13.7 y 8.1, en el punto de elongación de rotura.

6. Análisis de error de la elongación con carga respecto a la original (en cm)

Respecto al primer dato de la prueba de elongación de rotura de la probeta vertical 1 Pullup café (ver Cuadro 13.11).

Propagación error 1: Diferencias en la elongación

Largo inicial (L_0): $21.65 \pm 0.05 \text{ cm}$

Largo en la rotura (L_r): $27.20 \pm 0.05 \text{ cm}$

$$\Delta R = \sqrt{s_a^2 + s_b^2} = \sqrt{0.05\text{cm}^2 + 0.05\text{cm}^2} = \pm 0.07\text{cm}$$

$$L_r - L_0 = 27.20 \pm 0.05\text{cm} - 21.65 \pm 0.05\text{cm} = 5.55 \pm 0.07\text{cm}$$

Se realiza de la misma forma para todas las diferencias de elongación de los cuadros 12.10 a 12.45 empleando la columna “Elongación ($\pm 0.07 \text{ cm}$)”.

H. Normas de pruebas para propiedades de elongación

- Link de consulta a la norma:
 - <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/n-te-inen-iso-3376-unido-ext.pdf>

I. Parámetros establecidos en cortadora láser

Es necesario hacer un apartado con los controles de operación con los que la PLS4.75 cuenta, aparece una pestaña de controladores para usuarios ocasionales y calcula automáticamente la configuración de trabajo láser apropiada para un efecto nominal basada en el material seleccionada y la potencia máxima del láser instalado. Cuando se usa esta pestaña todos los ráster, corteo y marcas vectoriales se usan usando un conjunto de datos. Solo existen tres conjuntos de configuraciones; corte, grabado y marcado, para objetos en trama (color no definido) se convertirán a escala de grises con espacios de punto variable, los puntos más separados aparecerán en gris más claro, y los más juntos en gris más oscuro (así se imprimen fotografías). Los objetos para cortar y marcar deben tener un grosor de 0.0254mm o menos. La biblioteca de datos se explica mejor según (Universal Laser Systems, 2020):

- Lista de categoría: Se selecciona la categoría del material.
- Lista de materiales: Con base en la lista de materiales aparecen subtipos.
- Ajustes de intensidad: Se ajustan las intensidades hasta $\pm 50\%$, al incrementar la intensidad se obtienen resultados más profundos y al revés. Se comienza de 0 y luego se puede cambiar la intensidad.

- Espesor del material: Se puede ingresar el espesor, este valor es utilizado por la base de datos para calcular los ajustes del trabajo de vector de corte y también se utiliza para saber la altura (distancia en Z) que se mueve el láser.
- Unidades: se puede seleccionar métricas o inglesas.
- Desempeño del vector: Este ajuste permite cambiarlo de “Estándar” a “Transmisión” y “Transmisión n+1” (hasta n=3); esto permite como las pequeñas geometrías y curvas en la gráfica son procesadas. El modo “Transmisión+4” incrementa el tiempo de operación, pero incrementa la calidad del vector.
- Fusionar páginas: Esto permite tratar documentos con páginas múltiples en diferentes formas, si se selecciona esta opción una vez, con autoencendido, las páginas se imprimen una tras otra con la misma configuración. Si se necesitan cambiar las configuraciones o hacer una pausa para cargar nuevo material, al seleccionar esta opción de nuevo, se imprimen una tras otra, pero el sistema láser pausa entre páginas (Universal Laser Systems, 2020).

Figura XII-1 Pestaña de controlador de impresor



Fuente: Elaboración propia

Para la cortadora láser utilizada PLS4.75 existen parámetros de operación preestablecidos para el tipo de material que se pueden escoger a partir del tipo y subtipo de material, en este caso “Natural” y “Cuero”, estos materiales predefinidos tienen variables que no se pueden modificar, por lo que se describen a continuación, sin embargo, sí se puede variar el espesor, rendimiento de vectores, ajustes de intensidad, que es lo que se describe en la parte de “Resultados” según cada tipo de cuero. Los materiales en el banco de materiales de la cortadora láser PLS4.75 son (Universal Laser Systems, 2020):

- Cerámica
- Composite
- Conversor
- Cristal
- Espuma
- Goma
- Metales
- Natural
- Polímero
- Tela

Figura XII-2 Banco de materiales en cortadora láser



Fuente: Elaboración propia

Y se escoge “Natural” que contiene el material “Cuero” dentro de sus subtipos, “Natural tiene parámetros de CO2 preestablecidos (ver figura).

- Cartón
- Corcho
- Cuero
 - Blando
 - Balsa
 - Madera-Blando
 - Pino
 - Duro
 - Arce
 - Cerezo
 - Madera – Duro
 - Nogal
 - Madera – Muy Dura
 - Ironwood
 - Madera muy dura
 - Teak
 - Mediano
 - Abedul
 - Aliso
 - Madera-Mediano
 - Medium Density Fiberboard
- Nácar
- Papel
 - Papel de construcción
 - Papel de copia
- Pergamino
- Piedra
 - Granito

Figura XII-3 Variables de operación establecidas para tipo material natural



Fuente: Elaboración propia

Figura XII-4 Variables de operación establecidas para subtipo cuero



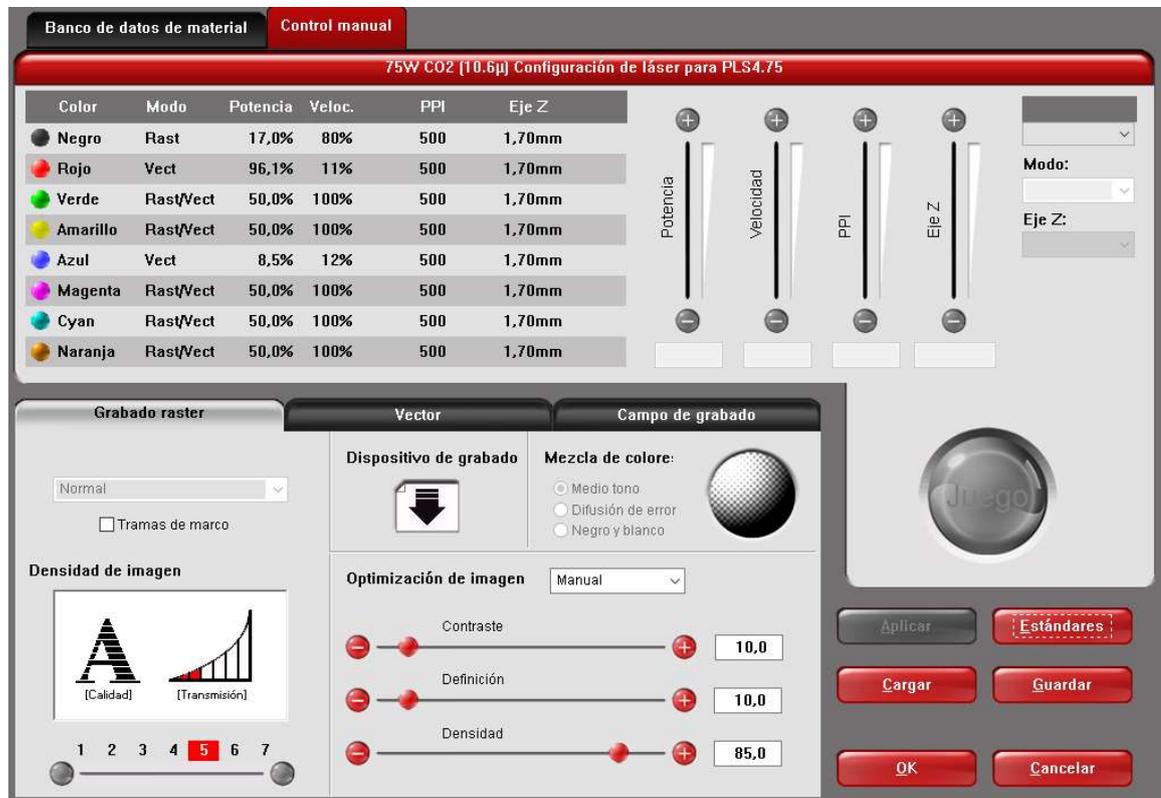
Fuente: Elaboración propia

- Mármol
 - Mármol – blando
 - Mármol – duro
- Taskboard Basswood Tone
- Taskboard White

Para usuarios avanzados, después de configurar el tipo de material, como se mostró anteriormente se puede modificar lo siguiente:

- La tabla de color: Se puede seleccionar el color que se modifica según diferentes colores y se puede seleccionar varios colores a la vez o uno solo.
- % de potencia: Se puede aplicar de 0 a 100 %. Si se incrementa, el corte será más profundo.
- % de velocidad: Permite procesar un incremento de velocidad de 0 a 100 %. Si el movimiento del sistema no se puede alcanzar la velocidad indicada, se ajusta al máximo en la que se puede lograr el grabado y corte. Mientras mayor sea la potencia, y menor la velocidad se logran cortes más profundos.
- PPI: Permite cambiar la frecuencia de los pulsos del láser, si se aumento puede causar derretimiento, quemado y más bajo puede que produzca un aspecto serrado.
- Eje Z: permite establecer dependiendo del color una altura indicada. Y así se puede enfocar en el espesor del material utilizado (Universal Laser Systems, 2020).

Figura XII-5 Panel de control para usuarios avanzados



Fuente: Elaboración propia

Y por último se describen los botones del lado izquierdo inferior que se mantienen en cualquier operación:

- Botón “Guardar”: Abre una caja de diálogo que permite guardar los ajustes y se guarda en archivos “. IAS”.
- Botón “Cargar”: Al seleccionar el botón de cargar se puede seleccionar cualquier archivo “. IAS” y esto permite guardar los cambios primero con “Ok” y luego “Aplicar”.
- Botón “Estándares”: Reinicia los valores a los originales de la fábrica.
- Botón “Cancelar”: Cierra la ventana de ajustes y lleva a la ventana de interfaz sin cambios en los ajustes.
- Botón “Aplicar”: Guarda los cambios hechos a los ajustes de la impresora.
- Botón “Ok”: Guarda los cambios hechos a los ajustes de la impresora y cierra la ventana de los ajustes de la interfaz de la ventana (Universal Laser Systems, 2020).

J. Fabricación calzado tipo Stitcher en Taller de Calzado Kevin

Es el taller en el que se hace la operación de troquelado y timbrado en el tipo de calzado Stitcher. Empezó sus operaciones en el año 2,000. Su dueño, Carlos Recinos comenzó con tres trabajadores y actualmente cuenta con seis. Llegó a tener 12 trabajadores, pero por la situación de pandemia Covid-19 se quedó con 6. En Catocha hay un aproximado de 100 talleres, y les dan trabajo a 500 personas.

Stitcher: Es un tipo de construcción jalado y montado hacia fuera, se cose la parte superior a suelas planas o plantillas con un cerquillo se usa en calzado infantil. La evolución de las máquinas permitió en 1920, el surgimiento de la máquina stitcher y con ella la posibilidad de hacer calzado de manera más fácil y rápida. No funciona con cualquier tipo de material y se recomienda uso de tenazas. La costura hace al calzado muy resistente y se hace con la máquina stitcher de aguja curva (HN, 2020). Este tipo de calzado se compone de 28 piezas, que se describen el cuadro 2.2.

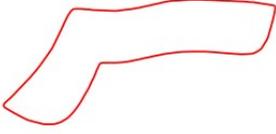
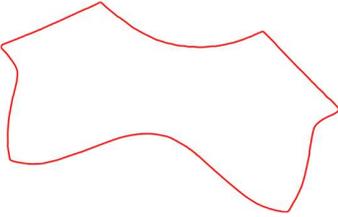
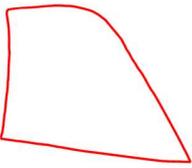
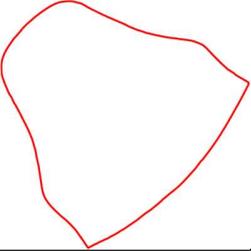
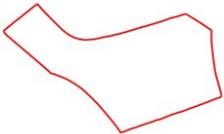
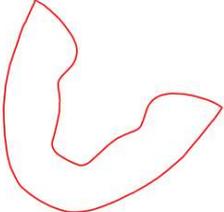
Cuadro XII-52 Operación de troqueladora en Calzado Kevin



Nota: A la izquierda su dueño Carlos Recinos, a la derecha la troqueladora ATOM de 20 ton.

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro XII-53 Piezas cortadas para un calzado stitcher por Calzado Kevin de Santa Catarina
Mita, Jutiapa

Figura	Cantidad de Piezas	Figura	Cantidad de Piezas
Figura XII-6 Ojetera 	4	Figura XII-7 Tubo 	2
Figura XII-8 Lateral 1 	4	Figura XII-9 Correa 	2
Figura XII-10 Lateral 2 	4	Figura XII-11 Plato 	2
Figura XII-12 Lateral 3 	4	Figura XII-13 Lengüeta 	2
Figura XII-14 Pala 	2	Figura XII-15 Trasera 	2

K. Impacto ambiental

La mayoría de las empresas de calzado deposita sus residuos no peligrosos sin ningún tipo de separación, aunque en algunas empresas los recortes de la piel curtida son recogidos y destinados a otra parte; esta práctica no favorece el posterior reciclaje de los residuos. Para esto se deben separar los residuos y evitar que se contaminen con químicos empleados en el proceso de fabricación, empleando estrategias de reciclaje de prevención, reutilización, eliminación y vertidos. Aquellos residuos que no se pueden reutilizar deben ser destinados al reciclaje secundario (reciclaje en el que se transforma a otro con composición química diferente). Gran parte de los residuos sólidos de la industria de la curtiduría está compuesta de piel defectuosa no procesada, pedazos de cuero procesados que representan más de 150,000 toneladas al año en todo el mundo, y contienen productos como cromo, titanio y otros. Por lo que se disponen en rellenos sanitarios o vertederos (Torres & Lozano, 2018).

Estos desechos se pueden tratar con pirólisis al calentar el material orgánico en una atmósfera inerte para que sean fuente de combustión. Cuando se utilizaron virutas de cuero curtidas al cromo y/o con tintes vegetales en forma de polvo esmerilado presentó el más alto rendimiento en producción de aceite (23% en peso) en comparación a otros desechos. Asimismo se puede fabricar carbón activado, la activación química necesita la impregnación de residuos de cuero en compuestos químicos activantes como el ácido fosfórico, el cloruro de zinc, el hidróxido de sodio o el carbonato de potasio; esos activantes degradan el material orgánico remanente en residuo carbonoso, promoviendo reacciones de deshidratación u oxidación. También se puede utilizar los residuos de cuero para la producción de biodiesel por transesterificación, o ya sea usando ácido y catalizadores alcalinos; y por último se utilizan para mejorar las características de muestras asfálticas (Torres & Lozano, 2018).

L. Aplicación en la industria

La producción mundial de calzado alcanzó los 24,200 millones de pares en 2018, lo que supuso un crecimiento de 2.7% con respecto al año anterior. A cada habitante de la tierra le correspondió 3.1 pares en el 2017. La fabricación de calzado está concentrada en Asia, donde se producen 9 de cada 10 pares de zapatos en todo el mundo. La exportación del sector textil y confecciones incluyendo el calzado ascendió a \$124 millones en enero de 2019, creciendo 22% respecto al 2018 (Steve, 2019). Para más información ver “J.Contexto del Calzado en Guatemala” en Capítulo VI “Marco Teórico”.

M. Problema resuelto

Se tienen los datos 12.10 al 12.45 con datos sobre la elongación de tres tipos de cueros por dos tipos de corte troquelado y corte láser, obtener la rigidez aparente, la resistencia a la tracción y la elongación a la rotura. Determinar cuál es más cercano a los estándares de cada propiedad física antes mencionada del método NTE INEN-ISO 3376. Luego tienen los costos en el cuadro 13.8 hacer un análisis de la eficiencia y eficacia por cada método, y determinar cuál método es mejor para el corte de calzado tipo Stitcher no. 40.

N. Otros

Cuadro XII-54 Links a youtube de cada operación

Tipo de Piel	Tipo de corte	Link a youtube de la operación	
		Corte	Grabado
Pullup nacional ¹	Troquelado ³	https://www.youtube.com/watch?v=lqWAL2FZCdo	https://www.youtube.com/watch?v=n7hRkJnJgs4
	Láser	https://www.youtube.com/watch?v=-JqIF5UrLSE	
Crazy beige ¹	Troquelado ³	https://www.youtube.com/watch?v=pVVGX50qCpw	https://www.youtube.com/watch?v=-zvKelpvUXo
	Láser	https://youtu.be/n1mIuOQoIMg	
Nubuck gris ¹	Troquelado ³	https://www.youtube.com/watch?v=20SzFXX3qZg	https://www.youtube.com/watch?v=-zvKelpvUXo
	Láser	https://www.youtube.com/watch?v=XvYS6_LoLC0	

Notas: Los cortes se hacen en la máquina láser utilizada es PLS4.75 de 75 Watts de 60x45 utilizada en el D-Hive de la Universidad del Valle de Guatemala a 24°C y 57% H.R. a 1 atm. Y los cortes se hacen con una troqueladora y una timbradora a 28°C y 62% H.R. y 1 atm en Calzado Kevin en Santa Catarina Mita Jutiapa

1. La caracterización de los cueros se describe en el Cuadro 13.7.

Figura XII-16 Probetas cortadas por láser en Pullup café



Fuente: Elaboración Propia

Figura XII-17 Probetas cortadas por láser en Crazy beige



Fuente: Elaboración Propia

Figura XII-18 Probetas cortadas por láser cuero Nubuck gris



Fuente: Elaboración Propia

Figura XII-19 Probetas cortadas por troquelado en cuero Pullup café



Fuente: Elaboración Propia

Figura XII-20 Probetas cortadas por troquelado en cuero Crazy beige



Fuente: Elaboración Propia

Figura XII-21 Probetas cortadas en troquelado por cuero Nubuck gris



Fuente: Elaboración Propia

Figura XII-22 Probetas comparadas por corte (todas las del lado derecho son cortadas con láser y las del izquierdo con troqueladora)



Figura XII-23 Operación de troqueladora en Calzado Kevin



Figura XII-24 Corte con cortadora láser



XIII. GLOSARIO

- Corte o parte superior: es la zona que cubre el pie por la parte superior del pie cuando se tiene el calzado puesto.
- Elongación: Es la capacidad del cuero se estira considerablemente y retiene algo de extensión cuando se suelta.
- Empeine: Parte que envuelve al pie en la parte delantera.
- Enfardar: Hacer fardos o paquetes de algo.
- Entresuela: Es la parte que une la suela con el zapato, no se usa en todos los zapatos. Se agrega para dar mejor soporte y comodidad al pie empleando materiales ligeros.
- Forro: Cubre toda la parte superior y lateral interna del zapato, está en contacto directo con el pie y debe ser un material suave que evite transpiración.
- Laterales: Se une con el empeine siendo piezas diferentes o una sola. Bordea toda la parte trasera del pie.
- Lengüeta: Está por debajo de los cordones del zapato, le da mayor agarre con respecto al pie contribuyendo al amarre del calzado.
- Ojales: Orificios en la parte superior del calzado para amarrar las correas.
- Palmilla: No se ve a menos que se desarme el calzado, se encuentra entre la plantilla y la suela o entresuela.
- Plantilla: Es la capa en contacto con el pie.
- Plantilla: Es la pieza sobre la que descansa el pie cuando se coloca el calzado.
- Punta: Es la parte delantera del zapato que cubre los dedos, en algunos diseños suele ser una pieza cocida a parte del resto.
- Suela: Es la parte inferior del calzado en contacto con el piso al caminar. También es llamada piso o fondo. Los materiales de los que está hecha deben ser resistentes y antideslizantes.
- Talón: Es la parte en la que se apoya el talón. Algunas veces varía de tamaño con el resto de calzado por ejemplo en zapatos de tacón de mujer o casuales de hombre.
- Tanino: Es un proceso de curtición vegetal que le otorga propiedades de resistencia al cuero.
- Troquelado: Técnica de corte de calzado que se realiza con una máquina troquelado, que necesita limpieza, lubricación, revisión general y su principal elemento a verificar es el nivel de aceite.