

# **ESTUDIO COMPARATIVO SOBRE EL CUERO PARA TAPICERÍA AUTOMOTRIZ SECADO EN TOGGLING CONTRA EL SECADO AL VACÍO**

**Tutores: Ana Bacardit  
José Martín Calvillo Mares**

Fecha: 7 de Marzo de 2016

José Ricardo Ammar Reyes Saab

## Indice

|   |    |
|---|----|
| 1. Antecedentes del proyecto.....                     | 3  |
| 1.1 Objetivos.....                                    | 10 |
| 2. Marco conceptual y explicación técnica.....        | 12 |
| 3. Cortes transversales.....                          | 43 |
| 3.1 Cuello.....                                       | 44 |
| 3.2 Barriga.....                                      | 45 |
| 3.3 Culata.....                                       | 46 |
| 3.4 Después del abatanado en seco.....                | 47 |
| 4. Diferencias en el tacto.....                       | 49 |
| 5. Diferencias en el tamaño del cuero.....            | 50 |
| 6. Orientación de la deformación del cuero.....       | 52 |
| 7. Establecimiento de los parámetros del proceso..... | 54 |
| 7.1 Escalamiento de las pruebas.....                  | 55 |
| 8. Análisis sobre el contenido de humedad.....        | 56 |
| 8.1 Secado en “Toggling”.....                         | 56 |
| 8.2 Secado al vacío.....                              | 57 |
| 9. Conclusiones.....                                  | 59 |
| 10. Índice de figuras.....                            | 61 |
| 11. Bibliografía.....                                 | 62 |
| 12. Anexos.....                                       | 63 |

## 1. Antecedentes del proyecto

La actividad principal de GST Autoleather, es la transformación de cuero curtido en cuero terminado (ya con recubrimiento) para la industria automotriz. La producción de GST Autoleather puede ser entregada a los clientes de 2 formas, en la modalidad de cuero entero o una vez cortado, en las plantas de GST, en forma de sets, los cuales están listos para que al coserse, el cliente pueda producir las fundas para los asientos, paneles de puerta o accesorios en general (palancas de cambio, frenos de mano, descansa brazos, etc.).

GST Autoleather tiene plantas y centros de desarrollo de producto en 4 continentes, estratégicamente localizados para estar cerca de los clientes directos y de los principales focos automotrices: China, Alemania, Hungría, Sudáfrica y México. En nuestro país, GST Autoleather, cuenta con 3 plantas de manufactura localizadas en las ciudades de Saltillo, Nuevo Laredo y León.

El presente trabajo de investigación se realizará en la planta de León de GST Autoleather principalmente en el proceso de Secado, sin embargo al tener un impacto sistémico, se involucrará a los procesos de Recurtido, Acabado, Corte y Laboratorios.

En la actualidad, los productos de cuero para tapicería automotriz han evolucionado, de tal forma que los productos son cada vez más naturales, es decir estéticamente más agradables para el usuario de un auto, pero al mismo tiempo deben cumplir con requerimientos de desempeño de producto y ambientales (sustancias restringidas) cada vez más altos; por otro lado, al ser una industria muy competitiva siempre se está buscando tener mejoras en costo. En GST Autoleather se le conoce a lo anterior como el triángulo dorado, que es el conjunto intersección entre la estética, el desempeño y la rentabilidad. En base a lo anterior, el reto del presente trabajo es cómo maximizar el efecto resultante las 3 variables presentadas anteriormente.

Análisis del mercado automotriz (basado en datos anuales al cierre del 2014):

La producción de vehículos automotrices va en aumento, en la Figura 1 se muestra (proyección realizada al cierre del año 2014) que para el presente año, la producción de vehículos automotrices ligeros, es decir no incluye camiones de carga ni de transporte, sólo vehículos familiares, será de alrededor de 90 millones de autos. Y para el 2020 la proyección muestra una producción de más de 100 millones.

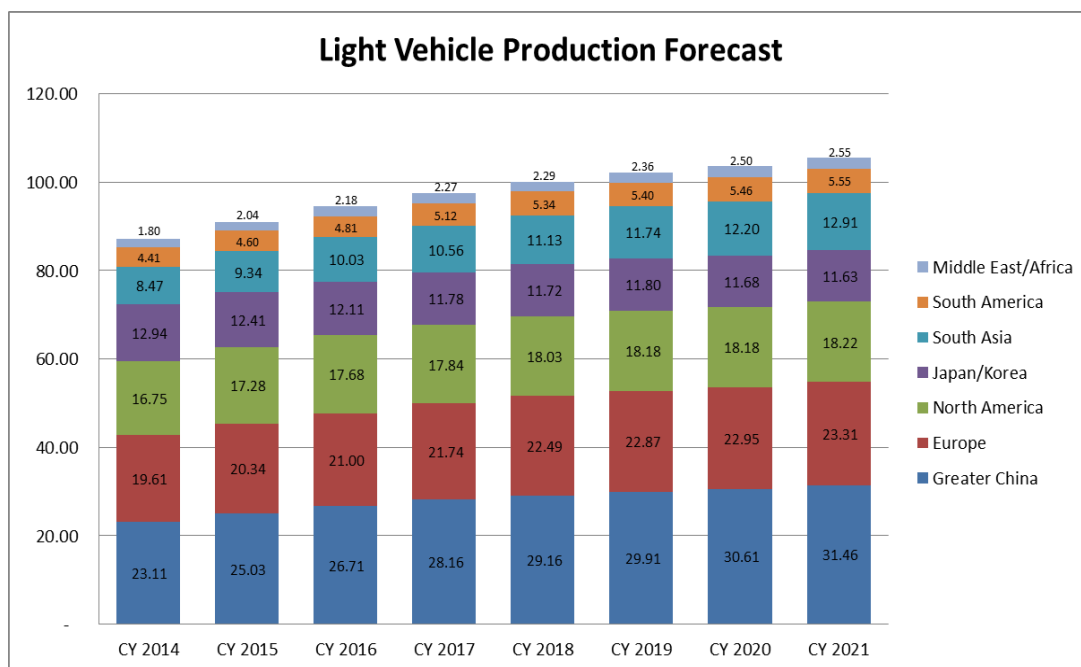


Fig. 1.- Pronóstico de producción mundial de vehículos ligeros

Sólo en Norteamérica (Canadá, Estados Unidos y México), la producción en 2015 será de más de 17 millones de vehículos, récord histórico. En prácticamente todas las regiones del mundo la proyección muestra incremento, excepto en Japón, ya que la producción se está moviendo a otros países de la misma zona Asia – Pacífico.

Es importante reconocer que de los 90 millones de autos que se fabricarán en 2015 sólo alrededor de 5.5 millones de ellos tendrán piel en su interior (asientos y accesorios), es decir la gran mayoría usan interiores de tela o sintéticos. Sin embargo, como se muestra

en la figura 2 (la barra azul indica tela o sintético y la barra roja indica piel), también la producción de autos con interiores de piel va en aumento; de acuerdo a la proyección en 2018, los autos con piel rebasarán la línea de los 6 millones de autos.

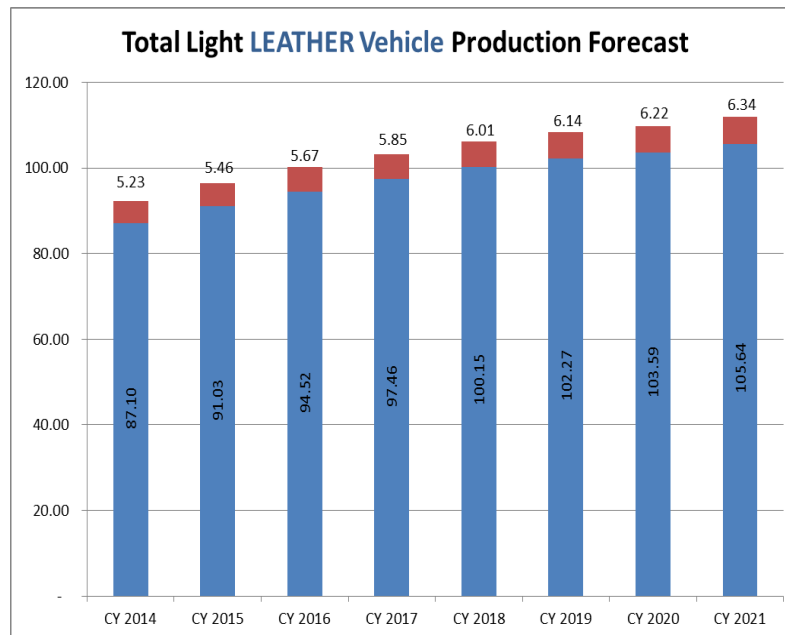


Figura 2.- Pronóstico de producción mundial de vehículos con tela/sintético (barra azul) y piel (barra roja)

La producción mundial de piel automotriz, está en total en un poco más de 150,000 cueros/día, las Figuras 3 y 4, muestran la producción mundial de cada uno de los principales jugadores. Como se puede observar, GST Autoleather está junto con Bader, disputando la posición 2 a nivel mundial, con un total de participación de mercado (medido en producción de cueros), de un 11% cada uno del total de la producción mundial. Definitivamente, en la actualidad Eagle Ottawa Leather (EOL) es el competidor que tiene la mayor participación de mercado con un 14%.

GST Autoleather a nivel mundial produce más de 16,000 cueros/día, mientras que EOL un poco más de 20,000.

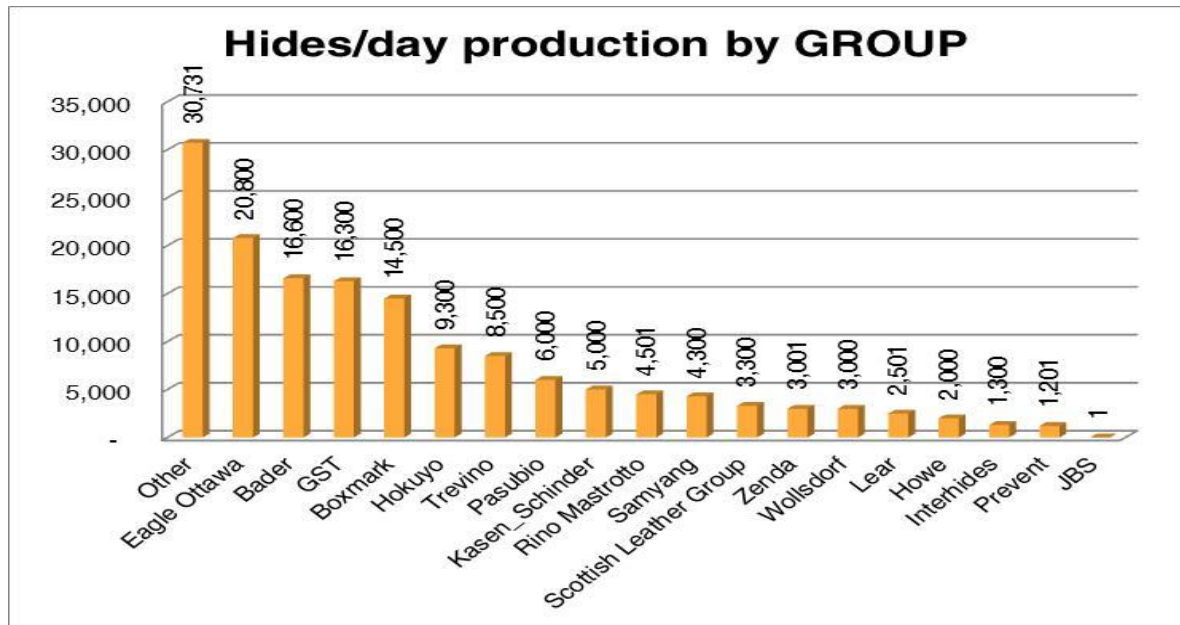


Figura 3.- Producción/día de productores de piel automotriz

En México, la producción total de piel automotriz es de un poco más de 36,000 cueros/día (esta cifra se muestra en las figuras 5 y 6) y coloca a nuestro país como el principal productor de piel automotriz a nivel mundial con una participación de la producción de un 24%, seguido de China con un 18%.

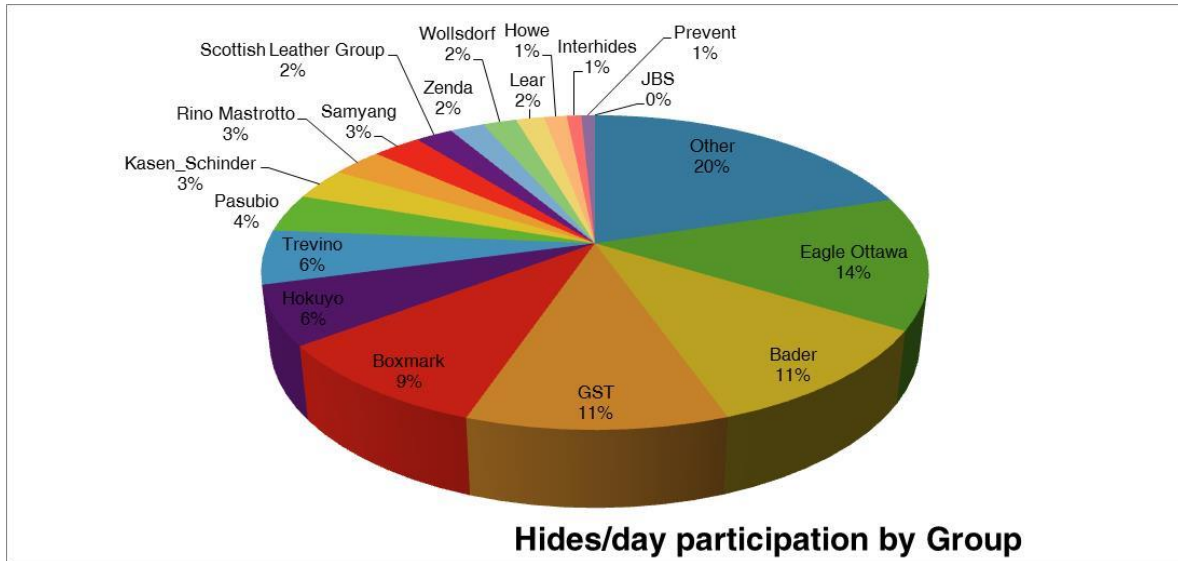


Figura 4.- Participación por producción de productores de piel automotriz

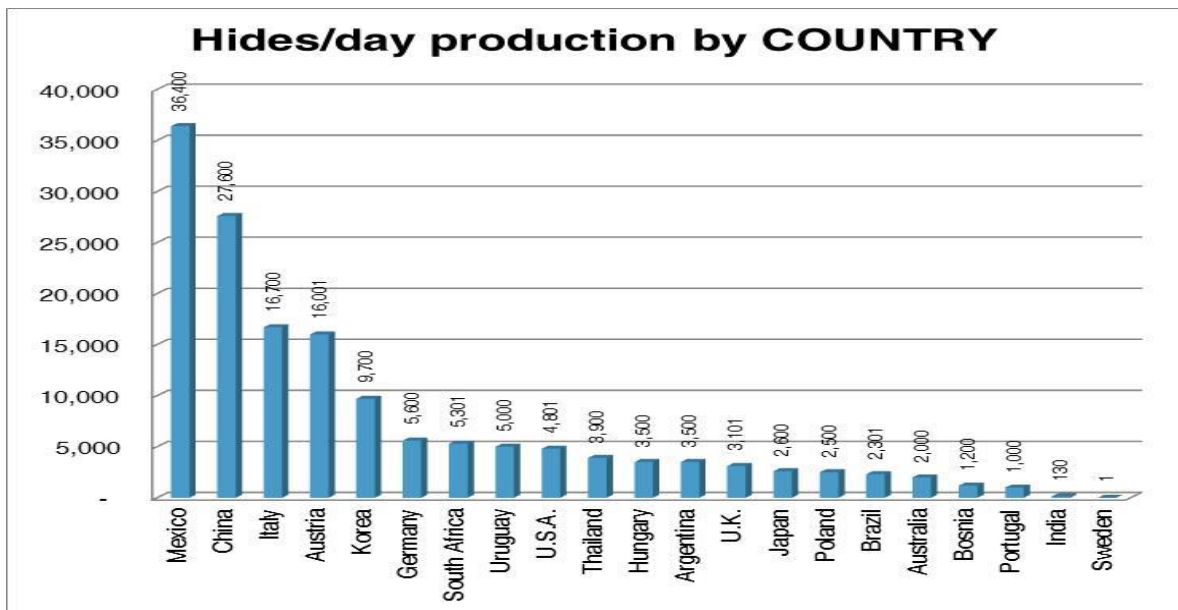


Figura 5.- Producción/día de piel automotriz por país

GST Autoleather está produciendo en México entre 9,000 y 10,000 cueros/día, dependiendo del periodo del año. Lo cual representa el 25% de la producción total de México.

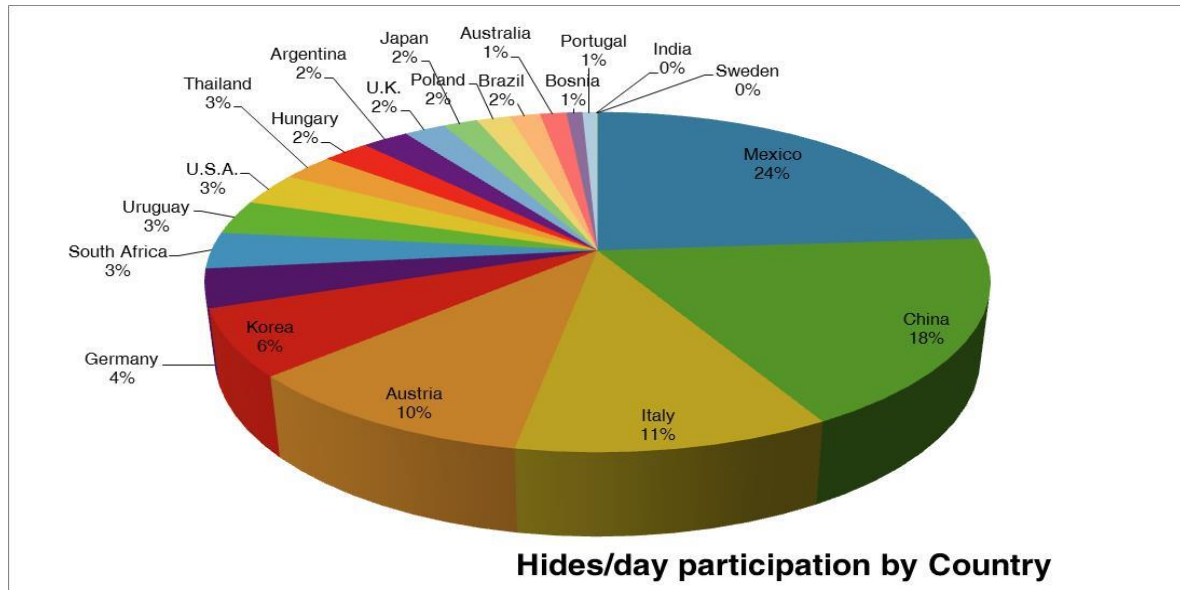


Figura 6.- Participación de la producción mundial de piel automotriz por país

Principales competidores:

a) Eagle Ottawa:

- Empresa global originaria de Estados Unidos de América, es el fabricante de piel automotriz más grande del mundo en este momento, cuenta con operaciones en 4 continentes. En México tiene operaciones en Ciudad Juárez, Chihuahua (acabado y corte) y en León, Guanajuato (recurtido, acabado y corte). En México tienen una capacidad instalada de 70000 cueros/sem. Sus instalaciones cuentan con equipo y maquinaria de última tecnología. Es reconocido por la calidad de sus productos y por su sistema de manufactura, pero tiene muy poca flexibilidad y servicio al cliente.



b) Bader:

- Originaria de Alemania, es una empresa global y junto con GST Autoleather ocupan las posiciones 2 y 3 en producción de cueros, tiene operaciones en Europa, América, África y China. En México tiene planta en la ciudad de León, Gto., con una capacidad instalada de 25000 cueros/sem. Es reconocido por la calidad de sus productos, por lanzar al mercado productos innovadores y por su sistema de calidad, por el contrario su capacidad de reacción a cambios de demanda de parte de clientes no es su mejor atributo y sus precios son caros.

c) Boxmark:

- Tiene sus orígenes en Austria y atiende principalmente el segmento de mercado automotriz de Europa. Es la cuarta fuerza en el mercado de la piel automotriz, tiene operaciones en Europa, China y está por comenzar operaciones en México en el estado de Puebla. Es reconocido por sus productos libres de Cromo, en este segmento de mercado son los líderes, la consistencia en la calidad y la estética de sus productos es muy buena. Son de los más caros de la industria.

d) Hokuyo:

- Empresa de origen Japonesa, ocupa la quinta posición en el mercado de la piel automotriz, tiene operaciones en Japón y en México está localizada en las ciudades de San Luis Potosí y León, Guanajuato. Está enfocada en atender el segmento de mercado de las marcas automotrices japonesas. Es reconocido por entender muy bien a las expectativas y requerimientos de Toyota y Honda. Su sistema de manufactura es muy tradicional y su producción la hacen en lados en lugar de cueros enteros (como el resto de los competidores), con la consecuente caída en utilización de corte.

Este proyecto surge de la necesidad de mejorar el aprovechamiento de los cueros destinados a la industria automotriz, ya que aquellas construcciones de piel que van desde las napas y hasta los grabados ligeros/medios son cada vez más populares en este segmento de mercado.

Los principales problemas que enfrentan las plantas de corte de partes automotrices son la soltura de flor y la variación de grano excesiva de los cueros, así como en algunas ocasiones un tacto no muy agradable.

A partir de este punto llevé a cabo un análisis de las posibles causas de estos problemas, donde gracias a un estudio teórico y diversas pruebas, pude determinar que uno de los factores que más afectaban dichas características fue el método de secado del cuero.

En base a que los dos tipos de secado más populares en la industria y en general en la región donde la empresa para la que trabajo está establecida, son el “Togging” y el secado al vacío, decidí limitar mi alcance a únicamente estos dos tipos de proceso, aunado a que actualmente el tren de secado más moderno es el que incluye el escurrido continuo, la máquina “Wet Stretch”, el “Vacío” y finalmente el “Taic”, decidí llevar a cabo el análisis comparativo utilizando el tren de secado en su totalidad.

Todo el material a utilizar durante este proyecto es cuero vacuno curtido al cromo de procedencia mexicana con la calidad necesaria para ser costurado en vestiduras automotrices.

### **1.1 Objetivos:**

- Determinar el método de secado más adecuado para el cuero automotriz de tipo napa y grabado ligeros/medios

- Definir los parámetros de proceso óptimos, dentro del método de secado idóneo, que nos entregue las mejores características en el cuero

## 2. Marco conceptual y explicación técnica

La transformación de la piel de un animal en el cuero que se conoce en forma de zapatos, cinturones, chaquetas, muebles o asientos de autos implica la realización de una serie de procesos, tanto físicos, químicos, como mecánicos que interactúan entre sí, con el objetivo de entregar un producto final que cumpla con los requerimientos específicos de los clientes en las diferentes industrias en que será utilizado; de esta forma, dichos procesos transformarán la piel en bruto, formada especialmente por proteínas, en un producto estable y bastante resistente a ataques externos (Soler, 2004).

### Partes de la piel

La piel tiene básicamente una función protectora y entre otras cosas regula la temperatura del cuerpo, almacena sustancias grasas y protege el cuerpo de la entrada de bacterias. A la piel desollada se le conoce como “piel fresca”, “piel en sangre” o “piel en verde” (Soler, 2004). En una piel se pueden diferenciar tres partes claramente diferenciadas por la calidad de la estructura del sustrato, tal como se muestra en la figura 7:

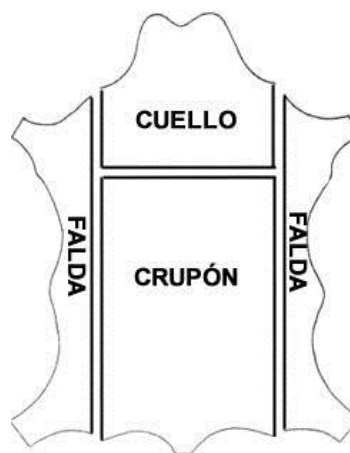


Figura 7.- Esquema genérico de la piel

- El crupón es la parte más homogénea, compacta y valiosa. Tiene un peso aproximado del 45% del total de la piel fresca.
- El cuello presenta muchas arrugas (obviamente producidas por el movimiento natural de la cabeza) y tiene un peso aproximado del 25% del total de la piel fresca.
- Las faldas son las partes más irregulares y menos consistentes y tienen un peso aproximado del 30% del total de la piel fresca.

A la parte superior de la piel se le conoce como “flor” y a la parte inferior “carne”. Cuando una piel es dividida, en 2 capas, a la inferior se le llama “carnaza” y a la superior “flor”. (Soler, 2004)

### **Histología:**

La piel constituye el revestimiento de los animales superiores. En la piel fresca se pueden distinguir 3 partes superpuestas, como se muestra en la figura 8:

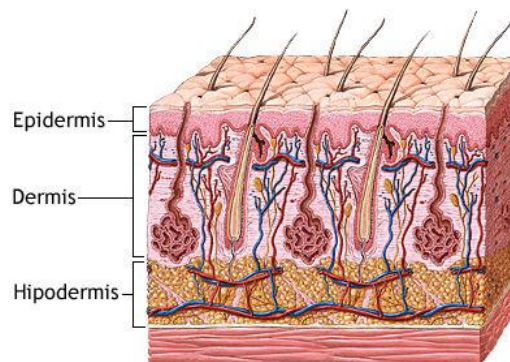


Figura 8.- Histología de la piel

- La epidermis (lado del pelo), es la parte más externa de la piel y sirve de revestimiento. Está constituida esencialmente por tejido epitelial, es decir, de células que se tocan unas a otras y que están superpuestas unas encima de las otras. Los folículos pilosos y las glándulas sudoríparas se hunden profundamente en la dermis. Los folículos pilosos tienen a media altura una glándula sebácea y en la base el músculo erector “pili”. La epidermis y el pelo se eliminan en las primeras

operaciones de ribera y después del encalado, ya deben haber sido eliminados totalmente. Entre la epidermis y la dermis hay una membrana o capa basal (capa mucosa de Malpighi), es una capa muy delgada, sin estructura celular y forma la superficie o “grano” del cuero cuando se ha eliminado la epidermis y da su aspecto característico a los cueros llamados de “plena flor” o “flor entera”.

- La dermis o córium, es la parte primordial para la industria de la curtiduría, porque es la que se transforma en cuero. Es posible distinguir 2 partes:
  - Una capa papilar llamada “flor”, con fibras elásticas, vasos sanguíneos, terminaciones nerviosas y fibras de colágeno finas y orientadas regularmente en un sentido perpendicular al de la superficie..
  - Una capa reticular llamada “serraje”, con células conjuntivas y fibras de colágeno oblicuas y más gruesas que las de la capa anterior.
- El tejido subcutáneo o hipodermis (lado de la carne), también llamado “carnaza”, tiene fibras de colágeno de la misma medida que las de la capa anterior, pero paralelas a la superficie de la piel. También contiene células grasa que forman la panícula o inflorescencia adiposa y las fibras elásticas, esta parte se elimina al descarnar el cuero. (Soler, 2004)

### **Química de la piel:**

La composición aproximada de una piel vacuna (tipo de piel utilizada en GST Autoleather), recién desollada es:

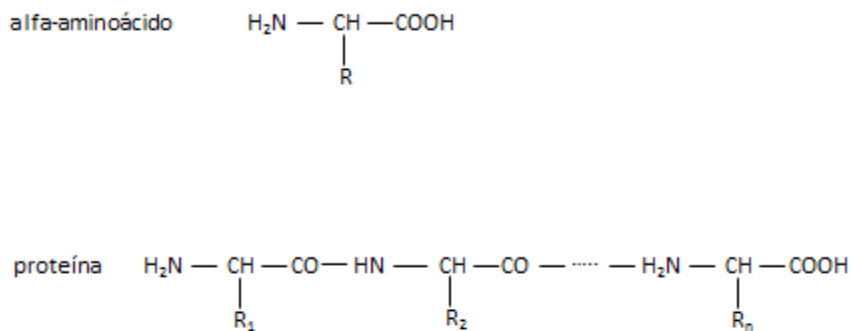
- |                        |      |
|------------------------|------|
| • Agua                 | 64%  |
| • Proteínas            | 33%  |
| • Grasas               | 2%   |
| • Sustancias minerales | 0.5% |
| • Otros                | 0.5% |

Estas proporciones varían ostensiblemente según el tipo de piel, una piel de cerdo puede contener hasta un 40% de grasa sobre peso seco, una de oveja hasta un 30% y una de cabra hasta un 10%. (Soler, 2004)

La dermis está constituida fundamentalmente por fibras de una proteína llamada colágeno (95% del total de proteínas), pero también contiene fibras elásticas, reticulina, vasos sanguíneos, nervios, células grasas y tejido muscular (Soler, 2004).

Actualmente se conocen 19 tipos diferentes de colágeno en los vertebrados, de la mayoría, se conoce la composición y la secuencia de los aminoácidos que los constituyen. Normalmente aparecen diversos tipos de colágeno en la piel de los animales, pero el llamado Tipo I es el mayoritario. (Soler, 2004)

El Colágeno es una proteína formada por la combinación de alfa-aminoácidos unidos entre sí por uniones amídicas llamadas enlaces peptídicos:



Según sea R será el aminoácido

Las moléculas de colágeno, llamada también protofibrilla está formada por tres cadenas polipeptídicas dispuestas en forma de alfa-hélice y contiene unos 1000 aminoácidos por cadena (Morera, 2000). La unión de unas 7000-8000 protofibrillas forma una fibrilla. Se

llama fibra a la unión de fibrillas y un haz de fibras, que tiene un diámetro aproximado de 5 micras, se forma por medio de la unión de las fibras.

El colágeno tiene un gran número de grupos ionizables ácidos y básicos en sus cadenas laterales y, por lo tanto, reacciona muy bien con los ácidos y las bases, por lo tanto es una sustancia anfótera. Los principales grupos ionizables son del tipo ácido carboxílico (-COOH), amino (-NH<sub>2</sub>), hidroxilo (-OH) y sulfhidrilo (-SH). Según sea el pH estarán en una forma u otra, definiendo la carga de la piel. Estos grupos ionizables son los responsables de la mayoría de las reacciones químicas entre la piel, los curtientes y otros productos que se le añadan. A pH bajos, habrá más grupos cargados positivamente que negativos y la piel es positiva; por el contrario, a pH altos, el efecto es el opuesto y la piel es aniónica (Morera, 2000).

Las coordinaciones o enlaces de los productos curtientes con el colágeno tienen lugar en la superficie de las moléculas de colágeno que forman las fibrillas, entre el curtiente y las cadenas laterales de los aminoácidos del colágeno. Se considera que los principales grupos químicos que intervienen en la curtición son los siguientes:

- Hidroxílicos, contenidos en la Serina, Treosina, Tirosina e Hidroxiprolina.
- Ácidos, contenidos en los ácidos Aspártico y Glutamina.
- Amida, contenidos en la Asparagina y Glutamina.
- Amina, contenido en la Lisina, Arginina, Histidina e Hidroxilisina.

Se puede definir entonces a la curtición como el tratamiento de la piel que produce la estabilización del colágeno respecto a los fenómenos hidrolíticos causados por el agua y/o enzimas, además de dar a la piel una resistencia a la temperatura superior a la que tiene en estado natural. (Morera, 2000)



## **Proceso de transformación de la piel:**

### ***Etapas de Ribera***

Conservación. Una vez que el animal ha sido sacrificado en el matadero, se separa la piel del resto de su cuerpo por acción mecánica y con el fin de que la piel llegue a la curtiembre en buen estado, se aplican diferentes procesos que permitan su conservación temporal, los más típicos son:

- Salado
- Secado
- Refrigeración

El objetivo en los 3 tratamientos es evitar la proliferación de bacterias en un campo abonado como es la piel, en la cual se encuentran además de las proteínas, las grasas, la sangre y el excremento. (Soler, 2004)

Remojo. Es un tratamiento en bruto con agua y persigue la humectación y la limpieza de la piel de sangre, microorganismos, globulinas, albúminas, excremento, y productos de conservación adicionados anteriormente como la sal. Regularmente el tiempo de este proceso oscila entre 12 y 24 hrs., aunque el tiempo, acción mecánica y productos añadidos dependerán del tipo de conservación utilizado. Es muy común que en este proceso sean utilizados agentes humectantes y tensoactivos, que disminuyan la tensión superficial del agua, favoreciendo su penetración en el interior de la piel, así como para emulsionar parte de las grasas naturales.

Pelambre. Consiste en la eliminación de la epidermis y el pelo de la piel, los productos más empleados para depilar son el sulfuro y el sulfhidrato de sodio, ya que debido a su carácter reductor, rompen los puentes de disulfuro de la queratina (proteína del pelo).

Encalado. Consiste en una hidrólisis de proteínas que produce un aflojamiento de la estructura fibrosa del colágeno, o dicho en otras palabras, el encalado “vacía” la piel. Para

esta etapa del proceso, se utiliza principalmente hidróxido de calcio para romper los puentes de hidrógeno que existen entre las fibras de colágeno.

Descarnado. Consiste en limpiar, de forma mecánica, el lado carne de la piel de restos de carne y grasa que puedan haber quedado en ella. Esto se realiza con la ayuda de una máquina que lleva un cilindro con cuchillas incorporadas en forma de “V”.

Dividido. Este proceso se utiliza para separar en 2 la piel, a través de una máquina que tiene una cinta de acero, afilada y muy fina; el objetivo es dejar el lado flor a un nivel de espesor establecido desde las etapas de diseño y va de acuerdo al producto final esperado; al lado restante (lado carne), se le llama carnaza y regularmente es curtida por separado y es utilizada para diferentes artículos, tales como calzado de seguridad, cinturones, calzado deportivo, etc.

Desencalado. En este punto del proceso la piel contiene álcalis en los líquidos presentes en los espacios interfibrilares e hidróxido de calcio precipitado entre las fibras de la piel, por lo que hay que eliminarlos, ya que de no hacerlo, producirán problemas de absorción impidiendo una buena curtición posterior y defectos en el producto final. Esta eliminación se efectúa con productos que forman compuestos solubles con los álcalis como el sulfato de amonio, el bisulfito o el metabisulfito de sodio, el ácido láctico, entre otros. El exceso de estos compuestos se eliminan mediante lavados de agua. Esta operación se efectúa normalmente a un pH entre 8 y 9 y a una temperatura alrededor de los 35 °C. Dependiendo del tipo de producto, se desencala totalmente (artículos blandos) o no (artículos duros).

Rendido. Tiene como objetivo el aflojamiento de la estructura del colágeno mediante la adición de enzimas proteolíticas. Este efecto se puede explicar químicamente por el hecho de que las enzimas utilizadas peptidizan ligeramente las fibras de colágeno. Es importante controlar este proceso, ya que un exceso de rendido producirá una piel vacía y sin cuerpo. Aquí también se eliminan los restos de epidermis y pelo que puedan quedar en la piel, así

como una parte de la grasa natural del animal. La temperatura para este proceso deberá estar alrededor de los 35 °C y se trabaja a pH básico, entre 8 y 9 en la mayoría de los casos.

Píquel. Esta operación impide definitivamente la acción de las enzimas del rendido y prepara la piel para la curtición. El píquel será más o menos suave según el curtiente a utilizar. Los productos más utilizados para esta operación son el ácido fórmico, el sulfúrico y el cloruro de sodio. Al final de este proceso la piel está en niveles de pH entre 2 y 3.5 Este grado de acidez hincharía la piel por ósmosis obstaculizando la entrada de productos, pero esto se evita con la previa adición de sal común hasta que se obtiene un baño de aproximadamente 6-7 °Baumé de densidad. (Soler, 2004)

### ***Curtido***

Como se había explicado anteriormente, el objetivo principal del curtido es conseguir una estabilización del colágeno respecto a los fenómenos hidrolíticos causados por agua y/o enzimas, además de dar a la piel una resistencia a la temperatura superior a la que tiene en su estado natural. Además, mediante la reacción de los productos curtientes con el colágeno, se genera un soporte adecuado para que las operaciones posteriores puedan tener un efecto positivo sobre la calidad del producto terminado en términos de suavidad, resistencias, cuerpo, etc.

Para curtir es necesario provocar la reacción química del colágeno con algún producto que sea capaz de propiciarla. Se debe conseguir no sólo la reacción con los grupos reactivos libres en las cadenas laterales de las fibras de colágeno, sino que además pueda reaccionar con la propia cadena de colágeno, substituyendo los puentes de hidrógeno y otros enlaces naturales de la proteína fibrosa, de manera que en la sustitución, se anule la posibilidad de que, al momento de secar la piel mojada, se vuelvan a formar la uniones naturales que la dejarían dura y translúcida.

Los enlaces transversales en los que se basa el efecto curtiente pueden ser de diversos tipos. En la curtición con sales de cromo y aluminio, la fijación se basa principalmente en la formación de enlaces covalentes entre los grupos carboxílicos del colágeno y los complejos del metal. En el caso de la curtición con extractos vegetales se considera que el efecto curtiente se produce principalmente debido a la formación de múltiples enlaces de tipo puente de hidrógeno y enlaces dipolares con la intervención de los grupos hidroxílicos de los taninos y de los grupos amídicos o peptídicos de la proteína. Al ser la reacción en medio acuoso, los curtientes deben ser solubles en agua o formar disoluciones coloidales de micela muy pequeña (Soler, 2004).

Para el caso de la piel curtida al cromo, se tratan las pieles que están con un pH no mayor a 3.5, proveniente del píquel, con un 30-80% de baño salino y con una oferta de entre 6-12% de sales de cromo III, generalmente sulfato monobásico de cromo III. Después de la adición inicial de sales de cromo, se va subiendo poco a poco el pH, neutralizando a la vez el ácido que tenía la piel piquelada y el sulfúrico que se libera por la hidrólisis de las sales de cromo. Así éstas se van volviendo más básicas, aumentan su tamaño molecular y la reactividad por el colágeno, produciendo el fenómeno de la curtición. Para aumentar poco a poco el pH se utilizan: carbonato de sodio, bicarbonato de sodio, formiato de sodio, carbonato de calcio y óxido de magnesio, entre otros; las cantidades son del orden del 1 al 3%. El pH final para la curtición se sitúa entre 3.8 y 4.2 regularmente (Assomac servizi srl, 2002).

Ecurrido. Una vez que ha terminado el proceso de curtido, es necesario escurrir la piel para extraer el exceso de agua en la piel, lo cual se realiza en una máquina que tiene 2 cilindros rodeados de fieltro que presionan la piel provocando la salida del baño residual de curtición situado entre las fibras. La humedad de la piel a la salida de este proceso deberá estar alrededor de 60%.

5.2.3.- Recurtido, teñido y engrase (RTE).

Raspado. Es una operación previa al RTE que consiste en hacer pasar la piel por una máquina que tiene dos cilindros mecánicos, de los cuales uno es liso, mientras que el otro tiene cuchillas en forma de “V” que cortan, sacando viruta al cuero. Con este proceso se puede regular e igualar la diferencia de espesor entre las diferentes zonas del cuero y entre diferentes cueros. La distancia entre los 2 cilindros es graduable y esto permite obtener cueros de diferentes espesores de acuerdo al requerimiento del cliente. El espesor meta de esta operación es definido previamente en las etapas de diseño de producto y proceso.

Recurtición. Toda la operación de RTE se lleva a cabo en un tambor diseñado para este proceso. En esta operación se introducen diferentes sustancias en el cuero ya curtido. Estas sustancias acostumbran a tener carácter curtiente por sí mismas, pero lo que se intenta es modificar ciertas propiedades del cuero en función del artículo que se desea obtener. Algunos ejemplos de estas propiedades son el tacto, el relleno, la firmeza, la capacidad de teñido, la resistencia al sudor, etc. Los productos recurtientes más utilizados en cueros curtidos al cromo son:

- Sales de cromo de diferente basicidad y/o enmarascadas. Estas sales de cromo pueden ser igual de básicas que las utilizadas en la curtición o más básicas, lo que significa más fijación. Algunas de ellas llevan productos enmascarantes incorporados, tales como formiatos, sulfitos, polifosfatos o sintéticos neutros.
- Sales de aluminio basificadas. Son normalmente sulfatos o cloruros de aluminio de diferentes grados de basificación. Con esta recurtición se busca mejorar propiedades tales como la llenura, la solidez en los teñidos y la capacidad de esmerilado.
- Extractos vegetales. Son taninos como la tara, el quebracho y la mimosa. Provocan entre otras propiedades, un aumento en la llenura del cuero, lo que permite mejorar de forma significativa cuando los cueros están vacíos de origen. También mejoran características como el tacto, el color y la finura de flor entre otros atributos.
- Sintéticos. Son compuestos de base fenólica o naftalensulfónica, de comportamiento parecido a los extractos vegetales y pueden usarse en

combinación con éstos. Existen sintéticos que tienen buena solidez a la luz y dan color blanco; se utilizan para obtener cueros muy claros. Los más utilizados son el formaldehído y el glutaraldehído, aunque recientemente han aparecido aldehídos modificados con mejor desempeño. Con estos productos se obtienen cueros muy blandos.

- Resinas. Las más utilizadas son las acrílicas y las de urea-formol; con estos productos se pretende principalmente llenar las partes más vacías de los cueros, especialmente las faldas, para obtener más uniformidad.

Teñido. Esta operación sirve para cambiar el color que tiene el cuero debido a los productos curtientes. El color obtenido después de teñir se puede modificar en el engrase, así que debe tomarse en cuenta en las etapas de diseño de producto y proceso. Normalmente el color final del cuero se logrará con el recubrimiento del acabado, pero en el teñido se busca obtener un color lo más cercano al producto terminado. De esta manera se facilita la operación del acabado. En la mayoría de los casos, es de suma importancia que el teñido logre un 100% del atravesado del cuero, lo cual es muy sencillo de evaluar al hacer cortes transversales.

Los colorantes más utilizados son:

- Ácidos. Son aniónicos, de molécula relativamente pequeña y por tanto tienen una muy buena penetración.
- Directos. Son aniónicos, de molécula más grande que los ácidos y por tanto tienen buen poder cubriente.
- Básicos. Son catiónicos y se usan principalmente para remontar cueros teñidos anteriormente con colorantes aniónicos.
- Complejo metálicos. Son aniónicos y contienen un metal en su molécula. Permiten obtener una gran regularidad y fijación, pero su costo es más elevado que el resto.

Además del colorante, se adicionan una serie de productos que regulen el pH y la carga del cuero para facilitar la penetración y la correcta distribución del colorante en el cuero y

también para dar intensidad superficial del color. La fijación del colorante se realiza en el mismo baño, adicionándole un producto ácido, normalmente ácido fórmico.

Engrase. En esta operación se lubrican las fibras del cuero con el objetivo de obtener un cuero que no se rompa al secarlo y que presente la flexibilidad, el cuerpo y el tacto adecuado para el producto terminado, para el caso de productos automotrices es necesario cumplir requerimientos de anti empañamiento (fogging). Los productos empleados en esta operación se llaman comúnmente grasas, aunque actualmente existen muchos productos sintéticos que no se ajustan a la definición de una grasa, sino que se acercan más al concepto de tensoactivo o emulsionante.

La operación de engrase se realiza agregando las grasas, previamente emulsionadas con agua caliente, al tambor de RTE. El origen de las grasas puede ser animal, vegetal, mineral o sintético. Muchas grasas empleadas necesitan ser modificadas para hacerlas solubles o emulsionables al agua, ya que por naturaleza son insolubles en agua. Estas modificaciones pueden ser químicas (sulfitación, sulfonación, sulfatación, etc.) o también por emulsión con tensoactivos. Químicamente los productos engrasantes se pueden clasificar en:

- No iónicos o crudos.
- Aniónicos: sulfitados, sulfonados, sulfatados, sulfoclorados, ésteres fosfóricos, etc.
- Catiónicos: compuestos de amonio cuaternarios.

Una vez que se ha cumplido el tiempo para que las grasas hayan penetrado en el cuero, generalmente se termina agotando el baño, acidificando con ácido fórmico, favoreciendo la fijación de la grasa en el cuero.

Ecurrido. Para llevar a cabo este proceso, los cueros se pasan a través de una máquina que tiene dos cilindros recubiertos de fieltro. Al pasar el cuero entre ellos, se expulsa parte del agua que contiene debido a la presión a la que se somete. Esta operación tiene además, la finalidad de dejar el cuero completamente plano y sin arrugas, aumentando de forma significativa su tamaño. (Soler, 2004)

## **Secado**

La función primordial de la operación de secado es evaporar el agua que contienen los cueros. Esta operación influye sobre las características del cuero acabado. Según el tipo de curtido y el producto final deseado, la selección del sistema de secado será de suma importancia. Existen 2 sistemas genéricos de secado:

- Sin someter a tensión el cuero.
- Estirando el cuero.

Los sistemas de secado serán revisados a mayor profundidad en el punto 5.3

Es importante controlar la humedad de los cueros al final del proceso de secado, dependiendo del tipo de producto, la humedad deberá estar alrededor de 8 a 16%.

En esta etapa del proceso de transformación, se le conoce al cuero como en Costra, Crust o Russet. (Soler, 2004)

## **Pre acabado**

Existen una serie de operaciones mecánicas previas al acabado que pueden variar en orden y cantidad según el artículo final deseado:

- Acondicionado. Se da más humedad al cuero preparándolo para operaciones posteriores.
- Aflojado (staker). Se ablanda el cuero por acción mecánica para darle suavidad.
- Pulido. Se esmerila o pule el cuero, con una máquina de rodillo cubierto éste con un papel de lija, con el objetivo de disimular los defectos naturales de la flor, como son las cicatrices, ataques de mosquitos, daños de conservación, etc.
- Desempolvado. La función de esta operación es quitar el polvo procedente de la operación del pulido. Se realiza en una máquina que posee unos cepillos que giran en sentido inverso y un sistema de aspiración.



- Abatanado (milling). Se hacen girar los cueros en seco, dentro de un tambor de abatanado (milling), proporcionando mayor suavidad y mejorando el cuerpo del cuero.

### **Acabado**

Se entiende por acabado a un conjunto de operaciones basadas en el tratamiento superficial del cuero para darle el aspecto final en términos de estética (tacto, cuerpo, color, brillo, etc.) y de desempeño (resistencia a la abrasión, a la flexión, a la transferencia de color, al frío, al calor, etc.) para el que fue diseñado y que estará esperando el cliente.

En las operaciones de acabado se utilizan diversos productos, entre los que podemos encontrar:

- Pigmentos y colorantes. Son los responsables de proporcionar tanto el color, como la saturación y la intensidad, también son los responsables del desempeño del color ante la temperatura y el envejecimiento. Es posible utilizar pigmentos orgánicos como inorgánicos, sin embargo la elección del tipo de pigmento o colorante dependerá del tipo de producto y su uso.
- Ligantes. Son polímeros en emulsión en base acuosa, generalmente acrílicos o uretánicos, su característica principal es que son los formadores de película sobre quien se depositará el colorante o pigmento. Son los responsables del desempeño del producto en resistencias a la abrasión, a las flexiones, al amarillamiento, resistencia al frío, etc.
- Reticulantes (crosslinkers). Son polímeros que tienen la capacidad de generar entrecruzamientos entre los puntos reactivos de los polímeros utilizados e incrementar el desempeño de forma significativa. Regularmente se utilizan isocianatos y carbodiamidas.

- Auxiliares. Son diferentes materiales que se utilizan en pequeñas cantidades para obtener características específicas en el recubrimiento como son: agentes modificadores de tacto, silicones, mateantes, abrillantadores, etc.

El acabado se aplica en diferentes capas, cada una de ellas cumple con diferentes funciones, de forma genérica, se aplica una primera base de pintura la cual es la capa más gruesa del recubrimiento y es aquí donde se compromete el desempeño en flexiones; a continuación se aplica una segunda capa de recubrimiento llamada segunda base o capa de color, que ayuda a cubrir cualquier defecto de pintura de la primera base; la capa final del recubrimiento regularmente es más delgada en términos de espesor de película de pintura, sin embargo es donde el nivel de reticulación es mayor con ayuda del isocianato, de tal forma que esta capa del recubrimiento se endurece más que las anteriores pero se logran unas mayores resistencias a la abrasión, a los frotos, al frío, etc.

Existen diferentes tecnologías para aplicar el recubrimiento:

- Con felpa o cepillo. Es una operación manual, la cual por naturaleza es muy inconsistente y difícilmente se puede comprometer requerimientos de calidad de desempeño importantes.
- Con Pistolas. Existen diferentes tipos: HVLP (alto volumen y baja presión), Airless, AAA (airless asistida por aire), la aplicación por pistola puede hacerse manual o en máquina de pistolas, la cual es un sistema de trabajo rotatorio o lineal, muy simple, cómodo, con buena consistencia, pero la transferencia de pintura no es mayor a un 60%, es decir se desperdicia por lo menos un 40% de la pintura que es espreada.
- Máquina de rodillos. Es la tecnología más reciente para la aplicación de pintura, la cual tiene una transferencia de aplicación de pintura de más de 95%, adicionalmente es el sistema con el que se obtiene la mejor habilidad de proceso comparado con las anteriores.

En el proceso de acabado también se incluyen algunos procesos mecánicos:

- Aflojado (staker). Se ablanda el cuero por acción mecánica para darle suavidad.
- Abatanado (milling). Se hacen girar los cueros en seco, dentro de un tambor de abatanado (milling), proporcionando mayor suavidad y mejorando el cuerpo del cuero.
- Grabado (emboss). En este proceso se imprime en el cuero, a través de presión y temperatura, el dibujo de un rodillo o de una placa, dicho patrón o dibujo es establecido en las etapas de diseño de producto y proceso.

### **Corte**

El proceso de corte es una parte fundamental del proceso general, ya que es aquí donde se obtiene el “% de utilización” del cuero, que es uno de los indicadores globales más importantes de todo el proceso de transformación de la piel. Puede parecer simple, sin embargo este proceso tiene una complejidad importante ya que se tiene que cortar de acuerdo a las especificaciones del cliente tanto dimensionales, como de defectos naturales y ambos criterios aplican a cada pieza cortada. El corte se puede realizar de diferentes formas:

- A mano. En este proceso el corte se realiza, como su nombre lo indica a mano del operador utilizando una cuchilla y patrones regularmente metálicos.
- Con suajes y máquina de corte. En este proceso el corte se realiza a través de presión, utilizando suajes; esta tecnología puede realizarse con máquinas pequeñas tipo clicker, o con máquinas para cuero entero donde se colocan todos los suajes y de un solo golpe se corta todo el cuero.
- Con chorro de agua. Es una tecnología muy precisa pero la velocidad es realmente lenta. Se recomienda para cuando no se cuenta con suajes o para eventos de prototipos o preproducción.
- Máquinas electrónicas. Es la tecnología más moderna, se utiliza un software con el que automáticamente el algoritmo calcula y decide cual es el mejor acomodo de los

patrones, con la ventaja de que no depende del factor humano y no tiene la pérdida por la distancia entre suaje y suaje. Es una tecnología todavía muy costosa en este momento.

## **SECADO DEL CUERO**

### **Conceptos Básicos**

El secado consiste en evaporar gran parte del agua que contienen los cueros hasta reducir su contenido a niveles entre 8 y 14% aproximadamente. Algunos conceptos básicos se muestran a continuación:

- Calor latente de evaporación, es el calor absorbido cuando se evapora una cantidad definida de líquido y se expresa por gramo o por mol.
- Humedad absoluta ( $H_a$ ), es la relación entre la masa de vapor de agua y la masa de aire seco que la contiene.
- Humedad relativa ( $H_r$ ), es la relación porcentual entre la cantidad de vapor de agua que contiene una masa de aire y la que contendría si estuviese saturado a la misma temperatura.
- Diagrama psicométrico. El estado del aire húmedo queda definido por la presión, la temperatura y la humedad. Si consideramos constante la presión en un diagrama humedad-temperatura, se pueden representar los estados del aire húmedo como se muestra en la figura 9.

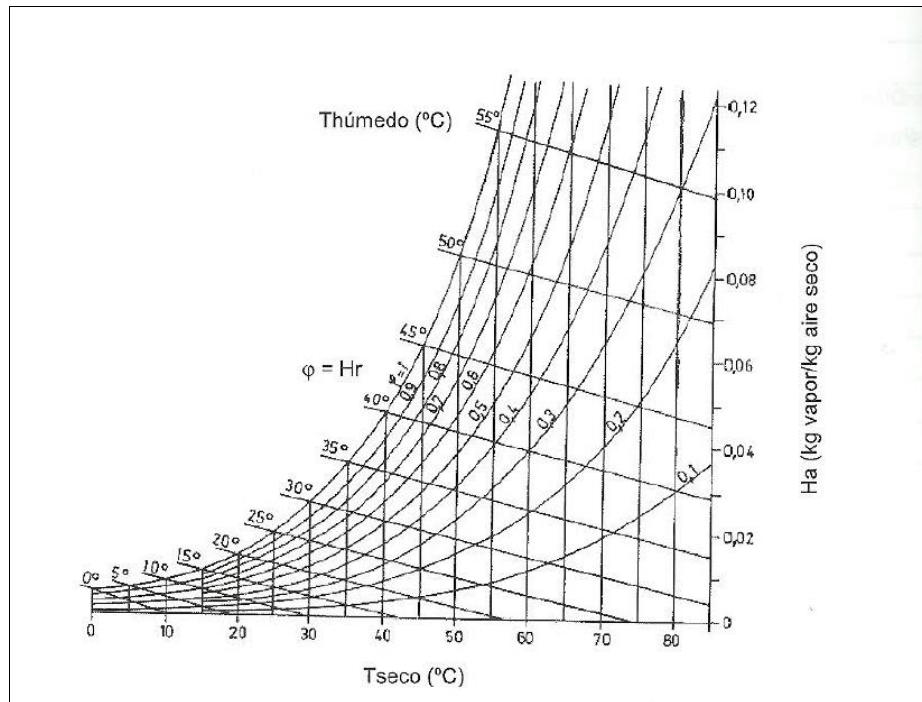


Figura 9.- Diagrama psicrométrico

Conociendo la temperatura del bulbo seco y del húmedo, se puede conocer  $H_a$  y  $H_r$ , ya que  $H_a$  es el corte con las ordenadas y  $H_r$  la intersección de las dos temperaturas, por ejemplo, si  $T_{seco} = 40^{\circ}\text{C}$  y  $T_{húm} = 30^{\circ}\text{C}$ , entonces  $H_r = 50\%$  y  $H_a = 0,02$  kg vap/kg aire seco. En cambio, si  $T_{seco} = 60^{\circ}\text{C}$  y  $T_{húm} = 40^{\circ}\text{C}$ , entonces  $H_r = 30\%$  y  $H_a = 0,04$  kg vap/kg aire seco.

### Equilibrio higroscópico del cuero

El cuero es una sustancia higroscópica que puede variar su contenido en humedad en función de la humedad relativa del aire en contacto con él. Esto pasa así porque el cuero puede retener agua por los enlaces físicos o químicos. Las curvas de equilibrio se muestran la figura 10.

Por lo tanto, si ponemos a 20°C un cuero con el 20% de agua con un aire del 50% de Hr, este cuero se secará hasta que sólo quede un 17% de agua en el cuero, que es el equilibrio. Por el contrario, si el cuero tiene un 7% de agua, se humedecerá hasta el 17% de agua, que es el equilibrio. Es importante señalar que el equilibrio puede cambiar un poco dependiendo de la química de la curtición o del engrase, aunque no varía mucho, por ejemplo, a 20°C y una Hr del 50%, dicho contenido puede fluctuar entre un 13 y un 17% en agua (Assomac servizi srl, 2002). Además, a más temperatura e igual Hr del aire, menos porcentaje de agua retiene el cuero (Bacardit, 2004).

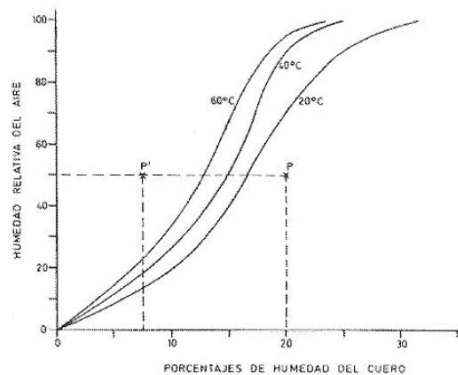


Figura 10.- Equilibrio higroscópico del cuero

Si el cuero es almacenado por mucho tiempo puede presentar variaciones importantes, puede contraerse y perder área si se seca más, o si se humedece, puede volverse más blando e incrementar su área. Los cueros muy higroscópicos pueden incluso humedecerse lo suficiente para sufrir un ataque de hongos.

Si se relaciona la velocidad de secado con el % de agua contenida en el cuero, se obtiene la gráfica que se muestra en la figura 11.

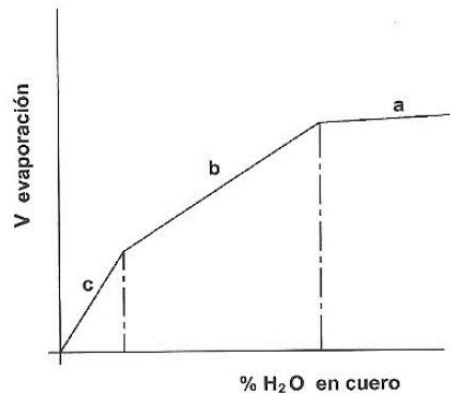


Figura 11.- Velocidad de secado en el cuero

En la primera fase del secado (a), se evapora el agua libre en la superficie del cuero. La velocidad de evaporación es rápida y constante. En la segunda fase (b) la velocidad de evaporación disminuye, ya que se evapora el agua de los espacios interfibrilares y primero hay que lograr que migre hasta la superficie. En la tercera fase (c) aún disminuye más, ya que se evapora el agua enlazada químicamente en las fibras del cuero (Morera, 2000).

### Sistemas de Secado del cuero

Después de escurrir y desvenar se procede a las etapas de secado. El calor necesario para secar los cueros puede transmitirse por convección (de aire), por conducción (placa caliente) o por radiación.

Para secar los cueros se dispone de una serie de máquinas con las cuales se consiguen distintos resultados tanto en estética como en desempeño. Los diferentes sistemas de secado de cuero entero se pueden clasificar en:

- Secado al aire (convección):
  - Natural.
  - Cámaras de secado.

- Secadero de túnel.
- Secadero de pinzas (toggle dryer)
- Secado al vacío (conducción).
- Una combinación de los anteriores.

### **Secado al aire Natural**

En el secado natural, la piel después de ser escurrida y desvenada se coloca en tabloncillos de madera a través de ganchos de acero inoxidable o simplemente colgados sobre unos tubos también de inoxidable. El secado se realiza en una habitación con ventanas al exterior, con el fin de que haya circulación de aire y que el proceso de secado se lleva a cabo. Es un sistema que genera una variación significativa sobre la calidad del producto, ya que se depende al 100% de las condiciones climáticas ambientales y de la Hr que tenga el aire en ese momento, de esta forma, un cuero puede secarse entre 1 y 3 días, generando niveles de elongación irregulares.

### **Cámara de secado**

El secado al aire también puede realizarse en una sala cerrada. En este tipo de secado se puede controlar la temperatura y la humedad relativa del aire, así como el tiempo de estadía en la cámara para conseguir un secado más uniforme sin tener que depender de las condiciones climáticas estacionales. Este proceso puede realizarse en una habitación, o en una máquina (LTD), como se muestra en la figura 12, en la que se inyecte aire caliente mediante una turbina con radiador calefactor, además de tener una recirculación de aire. El aire caliente pasa a través de una tubería con una salida para cada célula del secadero. Los cueros son colgados por el espinazo, sobre unos tubos de acero inoxidable o perfectamente recubiertos, en el caso del LTD, se considera un proceso por lote (batch), es decir no es un proceso continuo.





Figura 12.- Cámara de secado LTD

Para obtener un secado uniforme puede regularse la temperatura y la humedad relativa. La primera se controla mediante un termostato y existe una válvula de vapor que regula la cantidad de vapor que llega al calefactor, la segunda se controla con un hidrómetro y se regula según la recirculación de aire. Un ejemplo esquemático se muestra en la figura 13. Este proceso permite un sistema de secado lento, entre 10 y 24 hrs., dependiendo de las condiciones del aire inyectado, sin embargo reduce de forma significativa la variabilidad del secado al aire natural. Se considera un tipo de secado muy suave que ayuda a tener cueros con muy buen quiebre, bajos niveles de soltura de flor y muy buen cuerpo y suavidad, sin embargo se pierde tamaño de cuero al permitir que las fibras vayan secando de forma gradual y natural. Puede aplicarse este proceso después del secado al vacío.

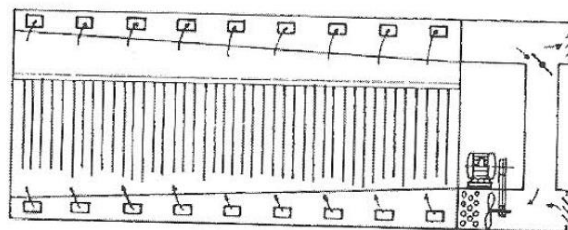


Figura 13.- Vista interior de una cámara de secado

### Túnel de secado

La tecnología más reciente para cuero entero es un túnel de secado comercialmente llamado TAIC. El principio del TAIC es muy parecido al de la cámara de secado, sin embargo el túnel consta de un tapete que va circulando a lo largo de todo el túnel, pero con diferentes niveles, son comunes los de 3 , 5 y 7 niveles, de esta forma el cuero va caminando sobre el tapete a lo largo del túnel, en el nivel más alto, al llegar al final del túnel, el cuero baja al siguiente nivel y así hasta llegar al nivel más bajo y sale de la máquina. En la figura 14 se muestra un TAIC.



Figura 14.- Túnel de secado TAIC

Este es un tipo de secado de flujo continuo, en el que la Temperatura y la humedad relativa del aire son controladas de la misma forma que en la cámara de secado a través de inyección de aire caliente y con recirculación de aire, además tiene un sistema de extracción del aire húmedo de la cámara. Además de la temperatura y la humedad, en este proceso se controla la velocidad del tapete, y con esto se determina el ritmo y la velocidad de salida de los cueros de la máquina, bajo condiciones regulares un cuero para tapicería automotriz toma entre 30 y 40 minutos dependiendo de las condiciones definidas en las etapas de diseño de producto y proceso. Este secado sigue considerándose un secado suave y normalmente se utiliza después de aplicarse secado al vacío.

## **Secadero de Pinzas (Toggle dryer)**

Existen 2 tipos de secadero de pinzas, al cual nos estaremos refiriendo como toggle dryer, los estáticos y los móviles, los primeros tiene máximo 20 marcos, cuando se requieren niveles de producción mayores se utilizan los de 60 marcos o más, los cuales son móviles, la figura 15 muestra un toggle dryer automático. Las pieles se fijan a unas placas galvanizadas y perforadas mediante unas pinzas que tienen una zona dentada para fijarse a la piel y en el otro extremo están formadas por un pie en forma de gancho para sujetarse a la placa; cuando el cuero se coloca sobre el marco, éste último debe colocarse en posición horizontal y cuando el marco entra a la cámara de secado se coloca en posición vertical, hay máquinas que hacen este movimiento de marcos de forma automática. Para pinzar las pieles hay que procurar que queden lo más planas posibles, evitando que queden deformadas, para ello, los operadores (al menos 2) necesitan, una vez que el marco está en posición horizontal, desclavar la piel que estaba en el marco y clavar la siguiente en forma de X, es decir, desde un extremo de la cabeza a la garra de detrás y después al revés, para terminar pinzando el resto del cuero. Con este sistema, las pieles se tensan y se obtienen más lisas, planas y con mayor tamaño de cuero.

La cámara de secado inyecta aire caliente hacia su interior, a través de quemadores de gas o vapor de agua; las temperaturas de trabajo regularmente varían entre 35 y 60°C, dependiendo del nivel de humedad de los cueros a la entrada del proceso y del tipo de producto. Obviamente el Toggle dryer también cuenta con un sistema de extracción de humedad.



Figura 15.- Toggle dryer

Es un sistema de secado muy productivo, ya que además de incrementar el área del cuero, el tiempo de ciclo varía entre 3 a 6 hrs., dependiendo del tipo de producto y de las condiciones de operación determinadas en las etapas de diseño y producto y proceso. Se considera un secado agresivo, ya que además de ser de alta velocidad, se mantiene el cuero estirado y no se le permite reducir su tamaño. Se debe tener cuidado con niveles altos de quiebre, variación de grano y soltura de flor.

### **Secado al vacío**

Este sistema de secado se fundamenta en el calentamiento de la piel por conducción. El secado se realiza sobre una placa calefactada de acero inoxidable, muy lisa y con orificios y una cubierta que puede tapar en forma de bisagra o subiendo y bajando (figura 16), se utiliza la presión más baja posible mediante una bomba de vacío para que el agua que contiene la piel se evapore más fácilmente y a la menor temperatura posible.

La mesa de trabajo o placa calefactada, normalmente es de acero inoxidable, es extremadamente pulida para conferir a la flor de la piel la máxima lisura. Esta placa está calentada a través de intercambiadores térmicos por agua/vapor o agua/aceite con bomba

de recirculación. La temperatura normal de trabajo es entre 55<sup>0</sup>C y 90<sup>0</sup>C, dependiendo del tiempo de permanencia o bien de si lleva incorporada una bomba de calor. En la parte lateral se encuentran los serpentines condensadores por donde circula agua fría, pasando a través de las perforaciones laterales de la placa los vapores de la piel hacia la cámara de vacío, donde se condensa el vapor por contacto con el serpentín frío (Bacardit, 2004).

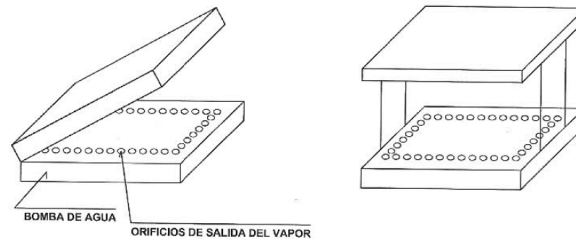


Figura 16.- Ilustración de las placas de la máquina de vacío

Cuanto más fría sea el agua de los condensadores, mayor será el gradiente de temperatura habrá entre la placa y el serpentín y más rápido y mejor secará el vacío. El consumo de agua de los condensadores es alto, pero se puede recircular el agua que pasa de los 18<sup>0</sup>C a los 35<sup>0</sup>C con una torre de enfriamiento o si es a través de la bomba de calor, por el mismo circuito cerrado (Landmann, 2003). Hay máquinas de vacío de una mesa o de varias, para piel automotriz y mueble se utiliza regularmente los vacíos de 5 o más placas, en la figura 17 se muestra una máquina de vacío.



Figura 17.- Máquina de secado al vacío

El método operacional es el siguiente, se coloca la piel en la placa calefactada de acero inoxidable con el lado flor hacia abajo, es decir que toque el lado flor contra la superficie lisa de la placa). Para ello se utiliza una herramienta para aplanar la piel a la superficie de la mesa de manera que no queden bolsas de aire entre la placa y la piel. Una vez plantada la piel se cierra herméticamente la placa contra el cabezal y se hace el vacío, la piel se calienta a la temperatura de la placa y el agua transformada en vapor atraviesa la tela del cabezal hacia la zona de los condensadores donde se condensa el vapor de agua. Este condensado antes de pasar al anillo de vacío atraviesa un ciclón que separa el agua de los productos arrastrados durante el secado, de esta forma, el consumo de agua se reduce de forma importante al poder recircularla (Bacardit, 2004).

Este sistema se utiliza de forma importante en la manufactura de la piel automotriz por las buenas características que confiere al producto como son una superficie completamente plana y lisa, con un grano de flor muy compactado y dando muy buena firmeza de flor, evitando los problemas de soltura y quiebre largos.

## Comparativo Toggling vs Vacío

De manera general, el secado de los cueros supone el retiro de humedad a través de diferentes mecanismos que son influenciados por la tecnología aplicada.

En el secado al “Toggling”, el cuero es alargado en todas direcciones (Figuras 18 y 19) con el uso de mordazas para evitar un encogimiento excesivo y este alargamiento obliga a un incremento de la tensión a lo largo de las fibras que naturalmente encogen al perder humedad. Conforme avanza el secado, las fibras principales son comprimidas causando una deformación estructural. Esta deformación de las fibras es más pronunciada en las áreas donde la fuerza de tensión de las fibras es más baja a lo largo del cuero, generalmente en la periferia, donde la mayoría de las mordazas son colocadas.

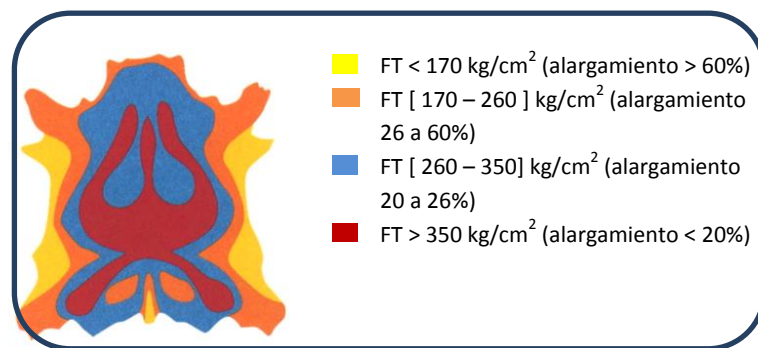


Figura 18.- Silueta de un cuero mostrando las diferencias en cuanto a fuerza de tensión

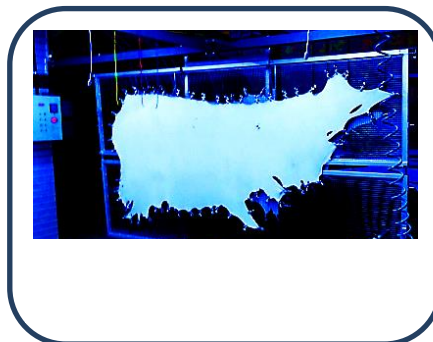


Figura 19.- Silueta de un medio cuero alargado en el toggling

La mayor parte de la humedad que se remueve, se lleva a cabo por evaporación del agua libre a través tanto del lado flor, como del lado carne y a diferentes tasas de pérdida de humedad (Figuras 20 y 21), dependiendo de la permeabilidad del “corium”. El agua migra a través de la estructura de las fibras por difusión y provee de humedad a las superficies de las fibras desde donde ésta es evaporada. Debido a que la superficie de las fibras es más larga en el lado de la carne, comparado por el lado flor, mayor cantidad de humedad se pierda por el lado carne.

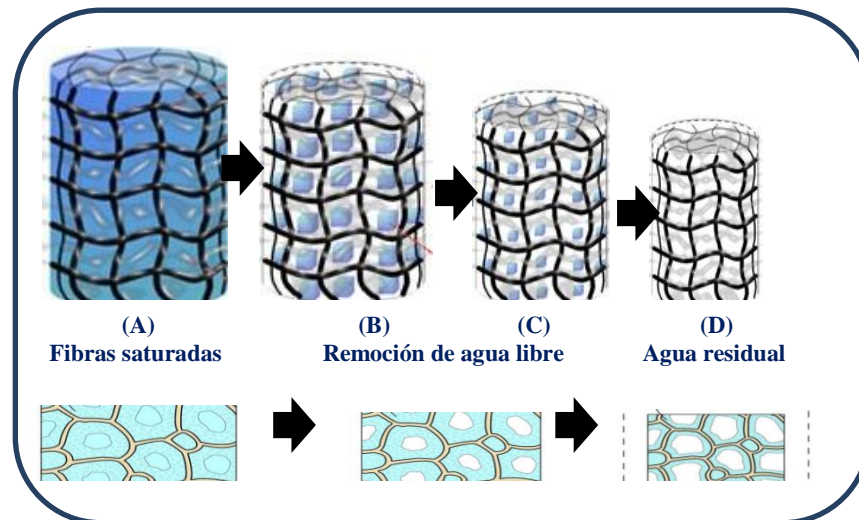


Figura 20.- Etapas de la remoción del agua de las fibras del cuero

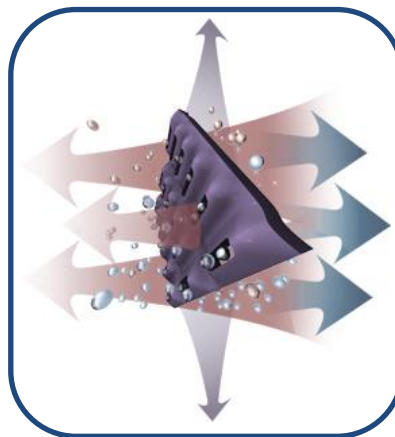


Figura 21.- Eliminación multidireccional de humedad



El alargamiento durante el secado induce la deformación de las fibras. El alargamiento estructural es creado debido al encogimiento des-uniforme y a las restricciones físicas generadas por la acción del “Toggling” usado para limitar la contracción de la superficie debido a la pérdida de humedad durante el secado. Las fibras tienden a encoger, pero son forzadas a alargarse en el “Toggling”.

En el secado al vacío, el cuero es puesto sobre una placa caliente y perforada, después una presión gradiente es aplicada una vez que el sistema es sellado (Figura 22). El vacío genera la extracción del exceso de agua a través del lado carne (Figura 23), después de la cual, la humedad debajo del nivel de saturación de las fibras es removida por difusión y flujo de vapor de agua que es generada cuando el vacío reduce el punto de ebullición. El alargamiento sobre las fibras es nulo comparado con el secado al “Toggling” y existe un encogimiento de las fibras y el “corium” conforme la humedad va saliendo del cuero.



Figura 22.- Cuero siendo colocado en la máquina para secar al vacío

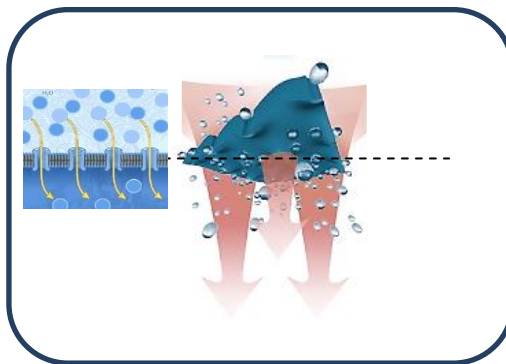


Figura 23.- Esquema del secado al vacío

En ambos sistemas de secado, el agua entre las fibras fluye a través de los espacios que existen entre ellas y sobre la superficie de las mismas, debido a la atracción molecular entre el líquido y el sustrato de la piel. Este proceso sucede desde una región de alto contenido de humedad hasta una región de bajo contenido de humedad y esta tasa de transferencia de agua se incrementa al incrementar la temperatura externa y flujo/succión de aire. Estos dos sistemas de secado son diferentes en cuanto al alargamiento y deformación de las fibras, con el “Toggling” como contribuidor de soltura de flor una vez que las fibras se relajan nuevamente mediante procesos mecánicos como el abatanado en seco. Como consecuencia, la variación de grano se ve afectada cuando la superficie es comprimida y la deformación a lo largo de las líneas de alargamiento que fueron creadas durante el secado en “Toggling” se vuelve visible.

Se pueden observar diferencias físicas en los cortes transversales de la piel mediante observación con magnificador. Para analizarlas a detalle vaya por favor al anexo 1.

### 3. Cortes transversales

En esta sección se busca evaluar la estructura de las fibras, relacionada con el sistema de secado utilizado, así como sus posibles efectos sobre la soltura de flor y variación de grano.

Las muestras fueron tomadas de “Crust” sin abatanar en seco, procedente tanto de secado en “Toggling”, como de secado al vacío, con la finalidad de analizar ambos métodos con la ayuda del microscopio. Las muestras fueron tomadas de las áreas de cuello, barriga y culata, como se indica en la figura 24. Se tomaron secciones transversales y luego fueron fotografiadas bajo un microscopio digital Keyence VHX-2000 a una magnificación de 200X.

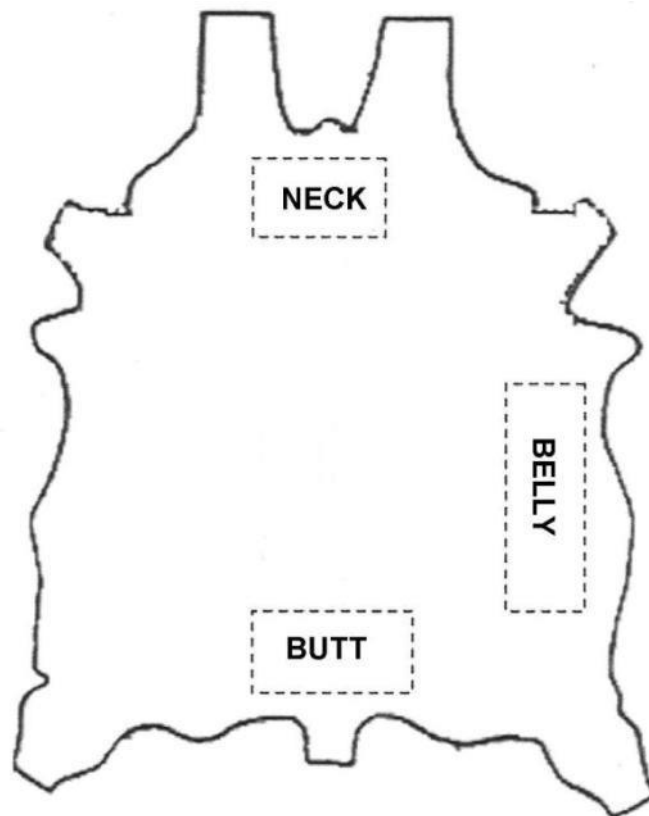
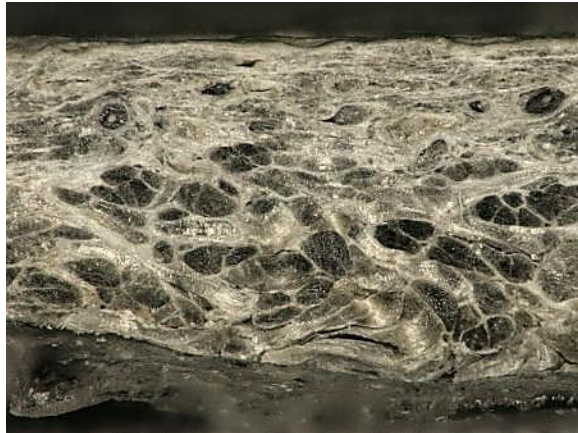


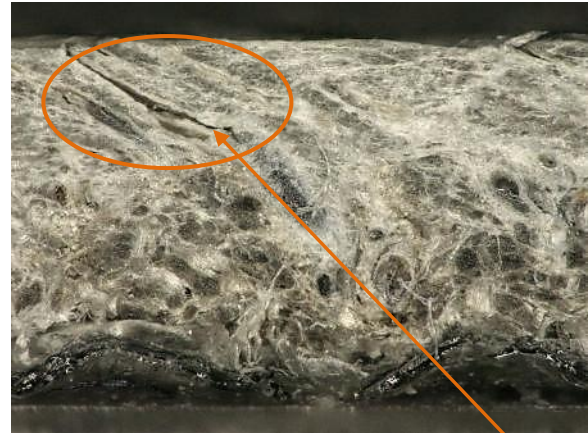
Figura 24.- Esquema de las zonas del cuero

Las muestras fueron también examinadas después del abatanado en seco, cortando muestras adyacentes a las cortadas previamente.

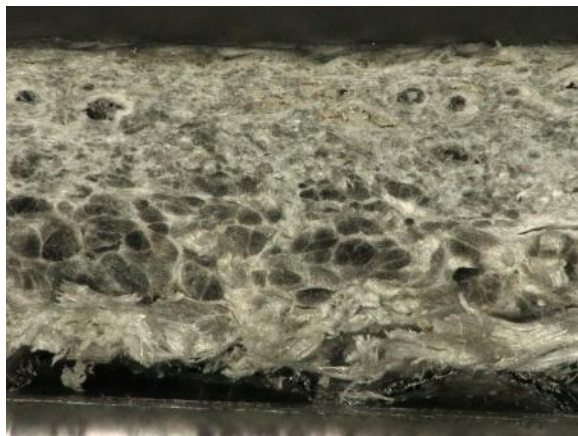
### 3.1 Cuello:



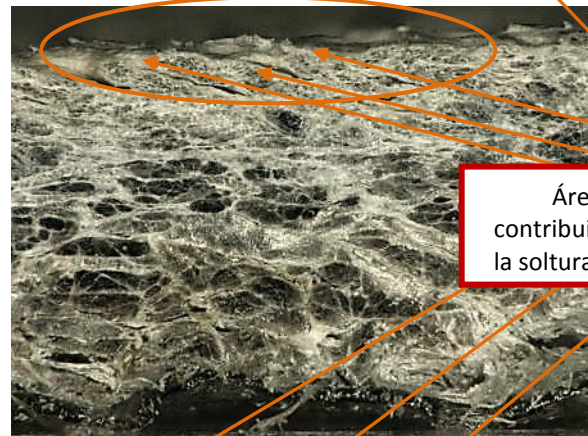
Vacío Cuello Muestra 1



Toggling Cuello Muestra 1



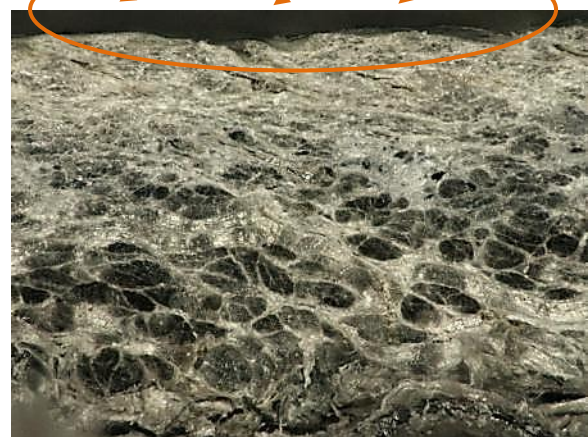
Vacío Cuello Muestra 2



Toggling Cuello Muestra 2



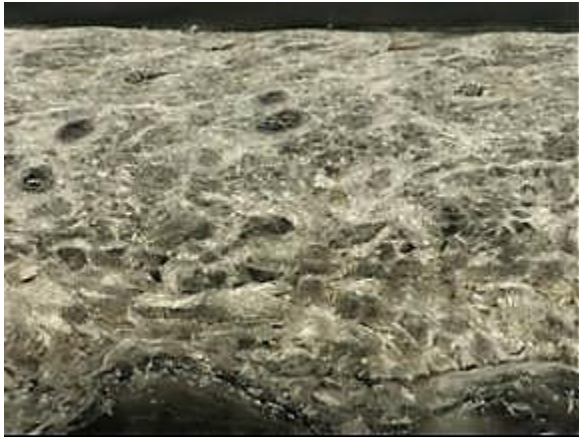
Vacío Cuello Muestra 3



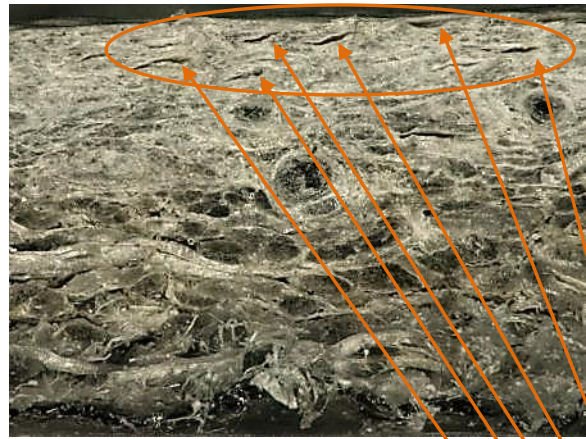
Toggling Cuello Muestra 3

Áreas  
contribuidoras a  
la soltura de flor

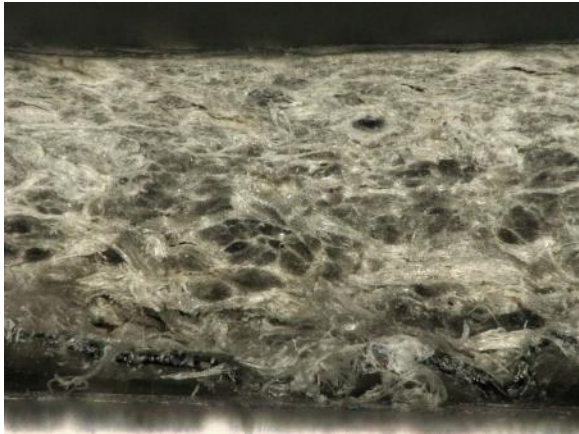
### 3.2 Barriga:



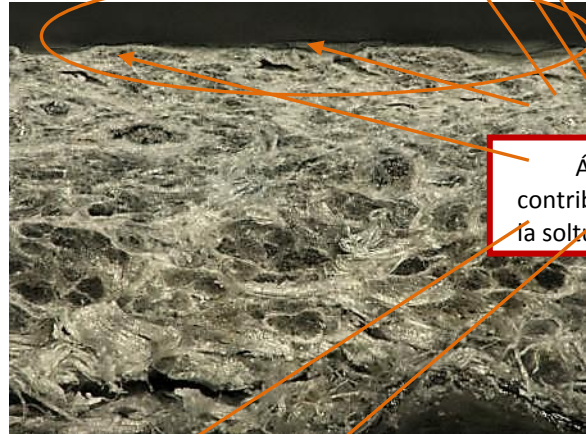
Vacío Barriga Muestra 1



Toggling Barriga Muestra 1

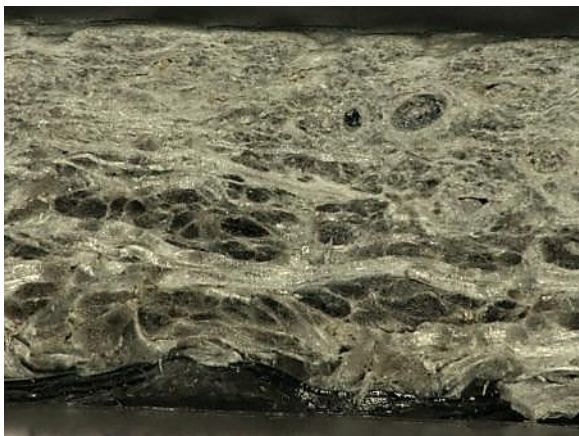


Vacío Barriga Muestra 2



Toggling Barriga Muestra 2

Áreas  
contribuidoras a  
la soltura de flor

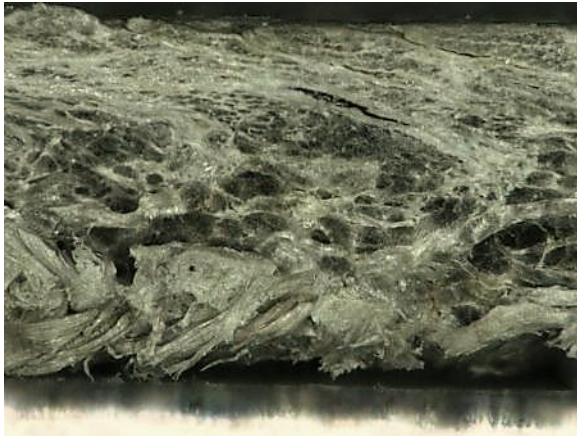


Vacío Barriga Muestra 3

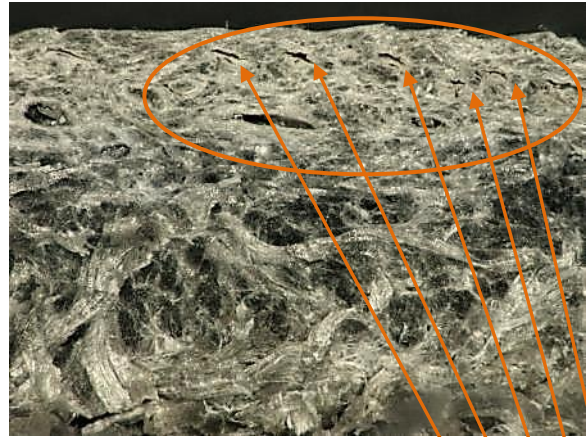


Toggling Barriga Muestra 3

### 3.3 Culata:



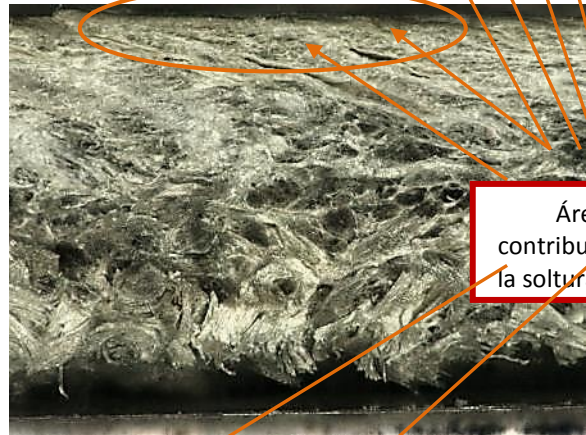
Vacío Culata Muestra 1



Toggling Culata Muestra 1



Vacío Culata Muestra 2



Áreas  
contribuidoras a  
la soltura de flor

Toggling Culata Muestra 2



Vacío Culata Muestra 3



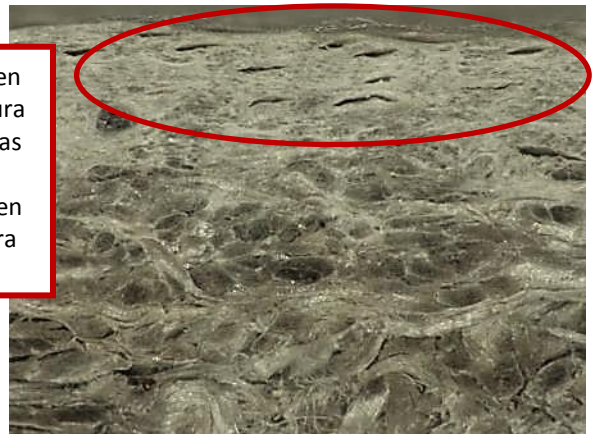
Toggling Culata Muestra 3

### 3.4 Después del abatanado en seco:

SECADO AL VACÍO



SECADO EN TOGGLING



Agujeros en la estructura de las fibras que contribuyen a la soltura de flor

Las fotografías muestran que las secciones transversales de las muestras secadas en el “Toggling” tienen muchas pequeñas aperturas en la estructura inmediatamente debajo de la capa flor (áreas marcadas en las imágenes), las cuales son más frecuentes que en el secado al vacío. Dichas aperturas pueden ser el resultado de los alargamientos llevados a cabo durante el proceso de secado en “Toggling”, con el objetivo de prevenir el encogimiento en dirección longitudinal. Esto puede derivar en una apariencia de soltura de flor de la piel secada en “Toggling” comparada con aquella secada al vacío, diferencias que son más pronunciadas cuando se observa la piel sobre el “Crust” abatanado en seco.

Las fuerzas y alargamientos inherentes del secado en “Toggling” pueden resultar en numerosas aperturas en la estructura interna de la piel, justo debajo de la capa flor, resultando en piel con soltura de flor, el subsecuente abatanado en seco expandirá dichas aperturas y contribuirá a una estructura de soltura de flor.



## 4. Diferencias en el tacto

Ambos sistemas de secado involucran cambios a un nivel micro-estructural de la piel en diferentes grados, en consecuencia afectan sus características a una escala perceptible por quien juzga la apariencia de la piel. La pérdida de agua que ocurre durante el secado resulta en una rigidez de las paredes de las fibras. Puede ocurrir un daño en las paredes celulares debido al exceso de alargamiento creado en el secado en “Toggling”, debido a la falta de uniformidad en la extracción del agua que provoca que la superficie se seque antes que la parte interna.

En el secado al vacío se lleva a cabo una distribución más uniforme de la humedad y un acondicionamiento más gradual de la capa del lado flor, la cual está en contacto con la placa inferior de la máquina, lo cual también le proporciona un tacto más agradable, del tipo de un sistema de planchado (Figura 25).

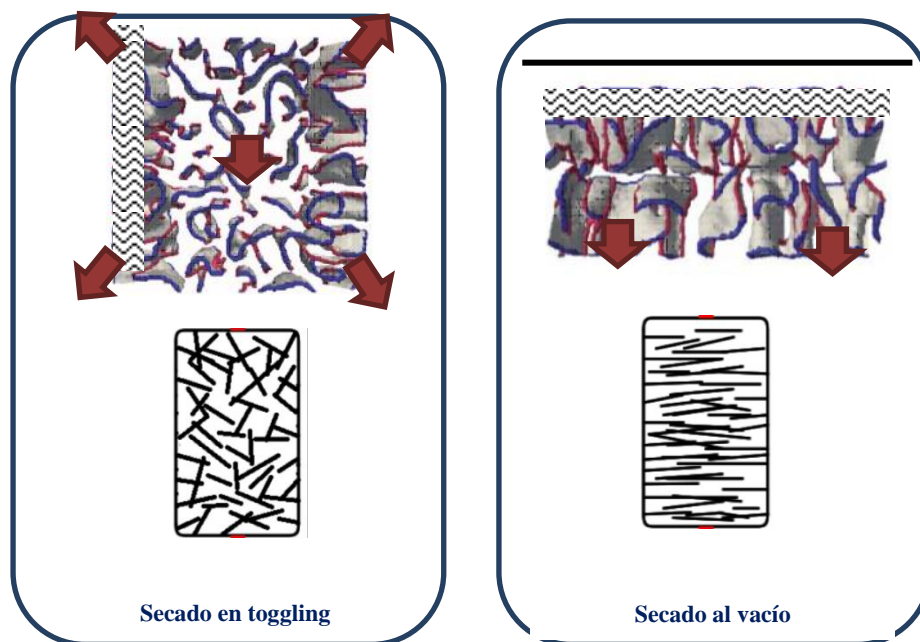
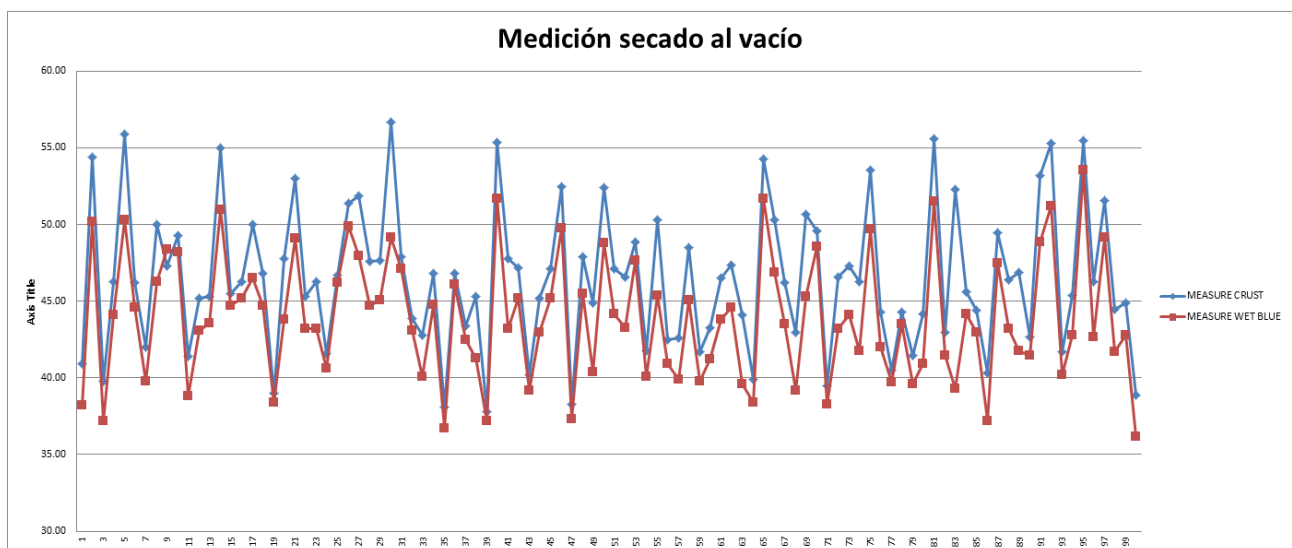
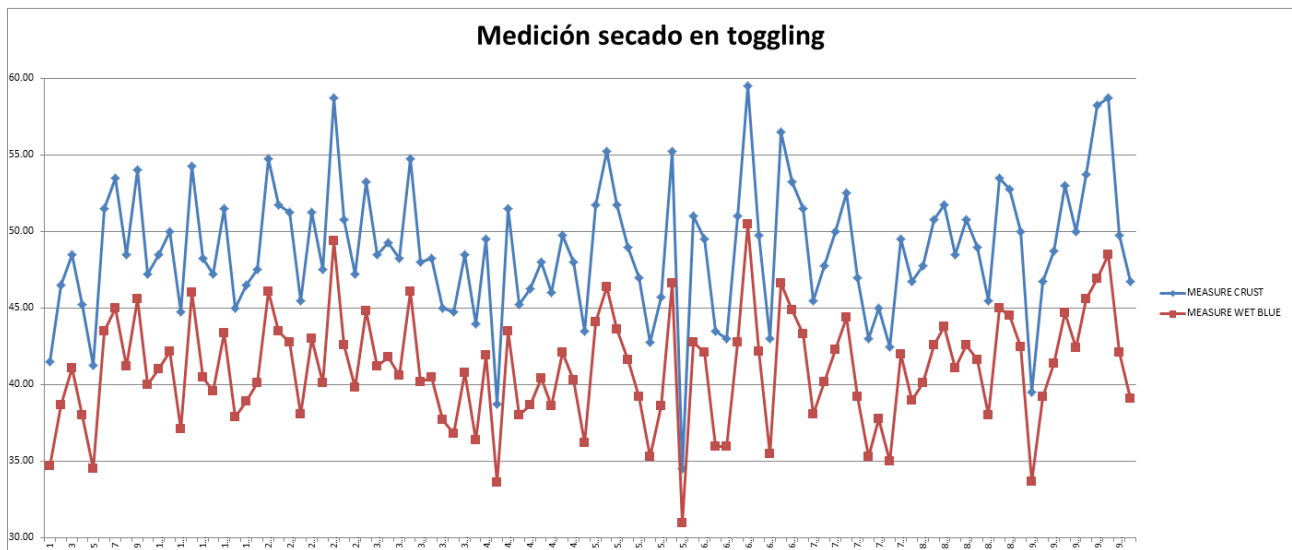


Figura 25.- Dirección de las fuerzas en ambos tipos de secados

## 5. Diferencias en el tamaño del cuero

Se llevó a cabo un estudio donde se midió una muestra de cueros en “Wet Blue” de tamaño 100 y posteriormente después del proceso de secado, contrastando el secado al vacío con el secado en “Toggling”, obteniendo los siguientes resultados:



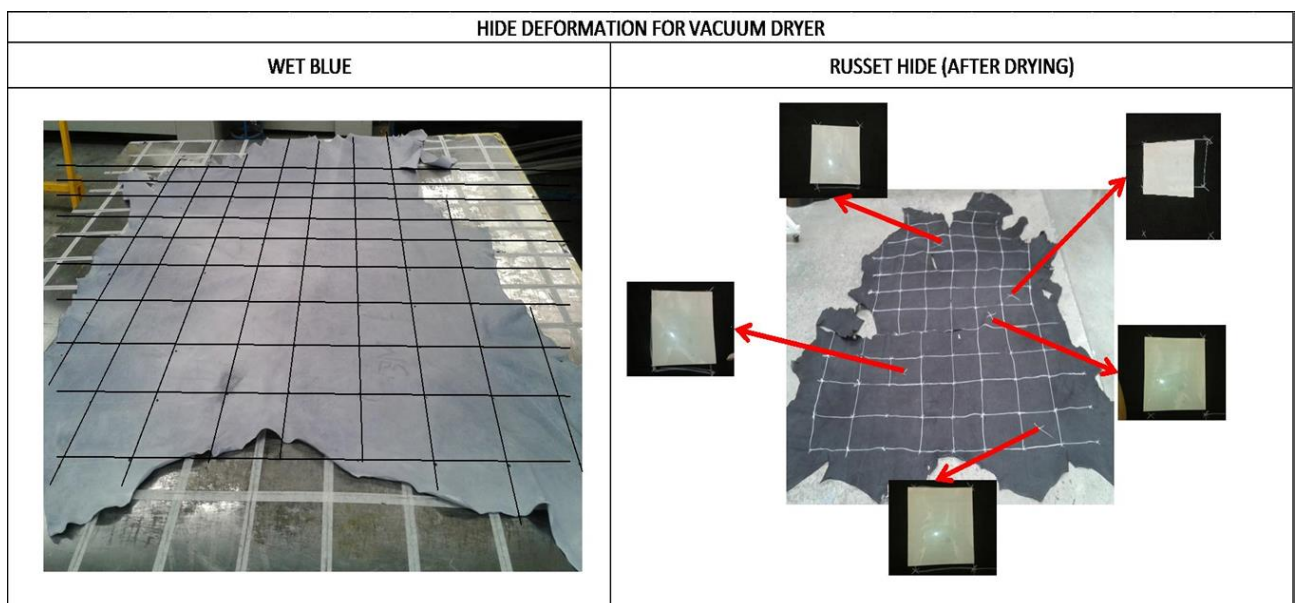
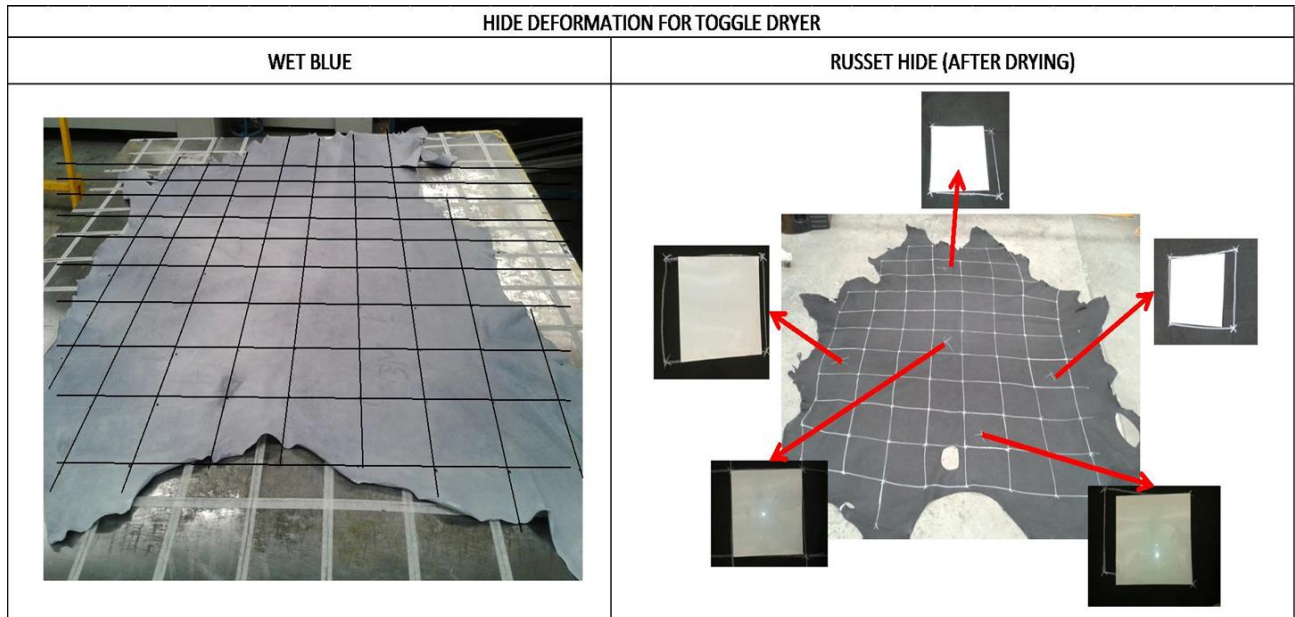
El análisis de las gráficas anteriores nos arroja las siguientes conclusiones:

|                              | <b>Secado en Toggling</b> | <b>Secado al Vacío</b> |
|------------------------------|---------------------------|------------------------|
| <b>Medición en WB</b>        | 4102.4                    | 4386.5                 |
| <b>Medición en Crust</b>     | 4878.5                    | 4651.7                 |
| <b>Diferencia</b>            | 776.1                     | 265.2                  |
| <b>% Incremento</b>          | 18.92%                    | 6.05%                  |
| <b>Tamaño promedio/cuero</b> | <b>48.785</b>             | <b>46.517</b>          |

El secado al vacío impacta en el tamaño final del cuero, debido a la reducción del tamaño del cuero, la utilización de corte se reduce en alrededor de un 2%, pero debido a la disminución de soltura de flor y variación de grano, la calidad de cada pieza cortada aumenta considerablemente.

## 6. Orientación de la deformación del cuero

Para llevar a cabo este análisis se tomaron dos cueros en “Wet Blue” y se rayaron con una navaja haciendo cuadros del mismo tamaño. Uno de los cueros se secó en el “Toggling” y el otro al vacío, al final de ejercicio se comparó cada cuadro contra la geometría original y gráficamente se obtuvo lo siguiente:



Como se puede observar en las fotografías de la página anterior, el sistema de secado en “Toggling” aporta al cuero una mayor deformación que el secado al vacío, esto es debido a que la fijación del cuero en el “Toggling” requiere de un estiramiento en todas direcciones y en el caso del secado al vacío el cuero se coloca a lo largo de la placa con la culata en dirección paralela al lado más largo del rectángulo.

Sin importar qué sistema de secado se utilice, ya sea “Toggling” o vacío, se lleva a cabo cierta deformación dimensional debido a dos factores:

1. El factor mecánico del proceso, tomando en cuenta que a pesar de que en el secado al vacío las fibras se estresan mucho menos, también hay algunas operaciones que abren las fibras de la piel, tal como:
  - a. Escurrido y desvenado
  - b. “Wet stretch”
  - c. Estiramiento del cuero sobre la placa de la máquina de vacío
  - d. Ablandado
2. Como en todo proceso de secado, tanto en el “Toggling” como al vacío, se generan cambios en el contenido de humedad y la temperatura que provocan cierto encogimiento de la estructura de las fibras creando cambios dimensionales

Para ver el detalle de las mediciones de ambos cueros, refiérase al Anexo 2.

## 7. Establecimiento de los parámetros del proceso

Los flujos de proceso que se están comparando son los que se pueden observar en la Figura 26 (Refiérase al Anexo 3 para ver el esquema al respecto):

| Flujo de Proceso Toggling     | Flujo de Proceso Vacío        |
|-------------------------------|-------------------------------|
| Esmerilado                    | Esmerilado                    |
| RTE                           | RTE                           |
| Escurrido y Desvenado (Rizzi) | Escurrido y Desvenado (Bauce) |
| Toggling                      | Wet Stretch                   |
|                               | Vacío                         |
|                               | Taic                          |
| Ablandado                     | Ablandado                     |
| Inspección Crust              | Inspección Crust              |

Figura 26.- Flujos de proceso en ambos métodos de secado

La especificación de humedad que se busca, previo al ablandado es de 10 – 14%, la cual se logra actualmente con el secado en “Toggling”.

Se llevaron a cabo repetidas iteraciones, cuyo desempeño en cuanto a contenido de humedad se fue validando a través de un análisis en doce puntos del cuero como se esquematiza en la Figura 27:

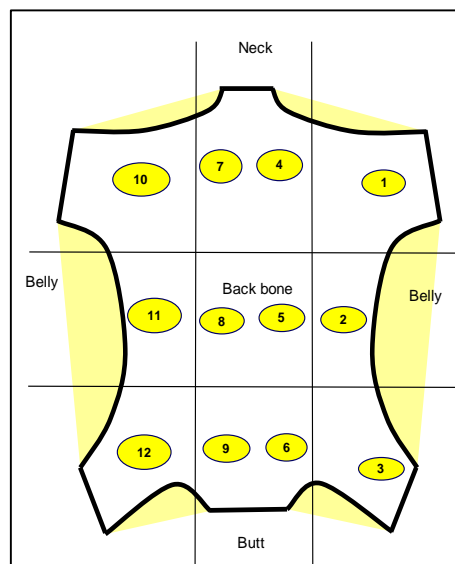


Figura 27.- Zonas de lectura para la determinación de parámetros

## 7.1 Escalamiento de las pruebas:

Una vez que se encontró la combinación ideal de parámetros, se corrieron 10 lotes de 100 cueros cada uno, de los cuales se tomaron 20 cueros de cada uno para repetir la validación y comprobar que el desempeño siempre se mantiene dentro de especificación.

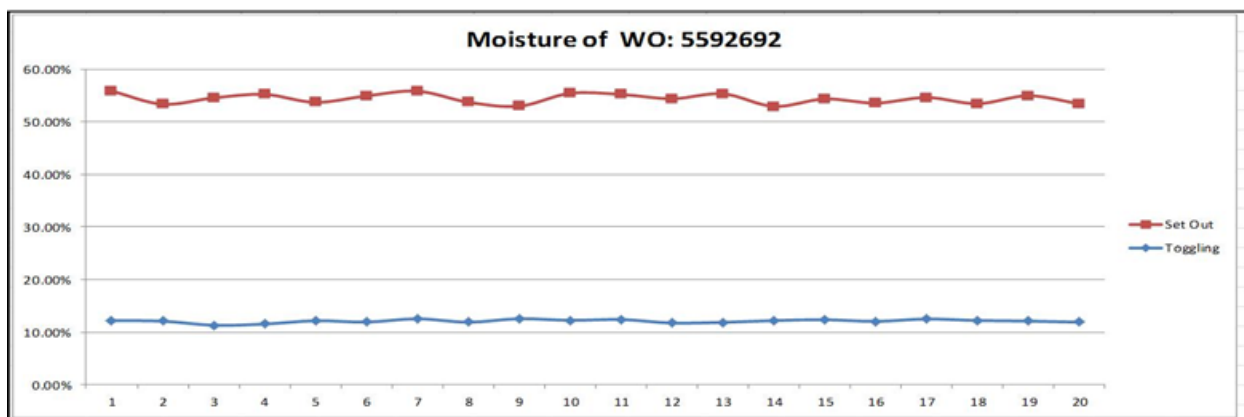
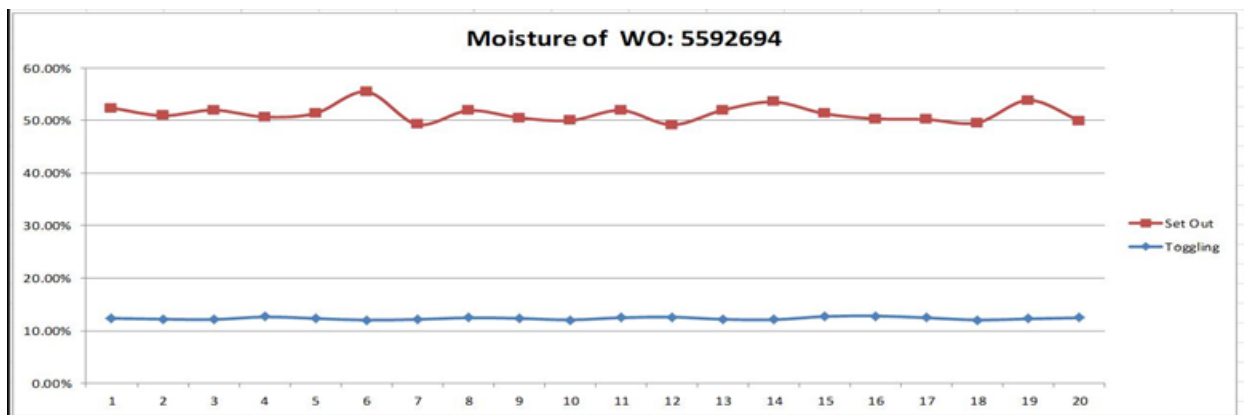
Los parámetros de proceso que se determinaron óptimos son los siguientes:

| Proceso                       | Parámetros                  |               |
|-------------------------------|-----------------------------|---------------|
| Ecurrido y Desvenado (Baucce) | Presión del fieltro 1       | 30 bar        |
|                               | Presión del fieltro 2       | 35 bar        |
|                               | Presión de la cuchilla 1    | 0.8 mm        |
|                               | Presión de la cuchilla 2    | 0.9 mm        |
|                               | Velocidad del fieltro       | 8.5 m/min     |
|                               | Velocidad del transportador | 7.0 m/min     |
| Wet Stretch                   | Presión del cabezal         | 6 - 6 - 6     |
|                               | Velocidad del transportador | 9 m/min       |
| Vacío                         | Temperatura                 | 40°C          |
|                               | Tiempo de retención         | 250 seg       |
| Taic                          | Temperatura                 | 40°C          |
|                               | Velocidad del transportador | 4 +/- 1 m/min |

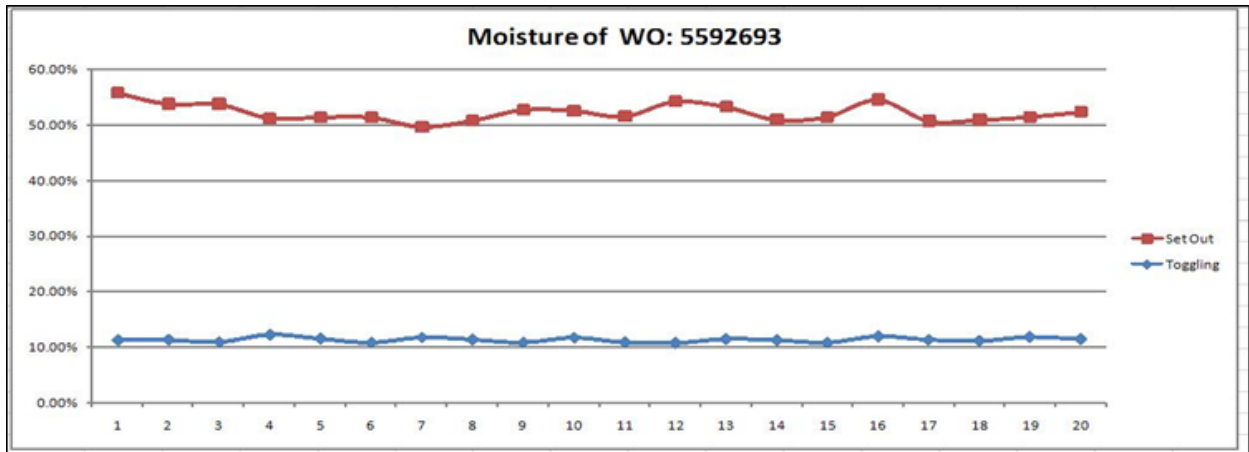
## 8. Análisis sobre el contenido de humedad

Con la finalidad de conocer la pérdida gradual de humedad en el cuero, conforme avanza por los procesos de secado, se llevó a cabo una prueba utilizando los parámetros de proceso fijados para el secado al vacío, comparándolos con los parámetros actuales de secado en “Toggling”, en este caso se secaron tres lotes de 20 cueros cada uno en cada tipo de secado, con lo cual se obtuvieron los siguientes gráficos:

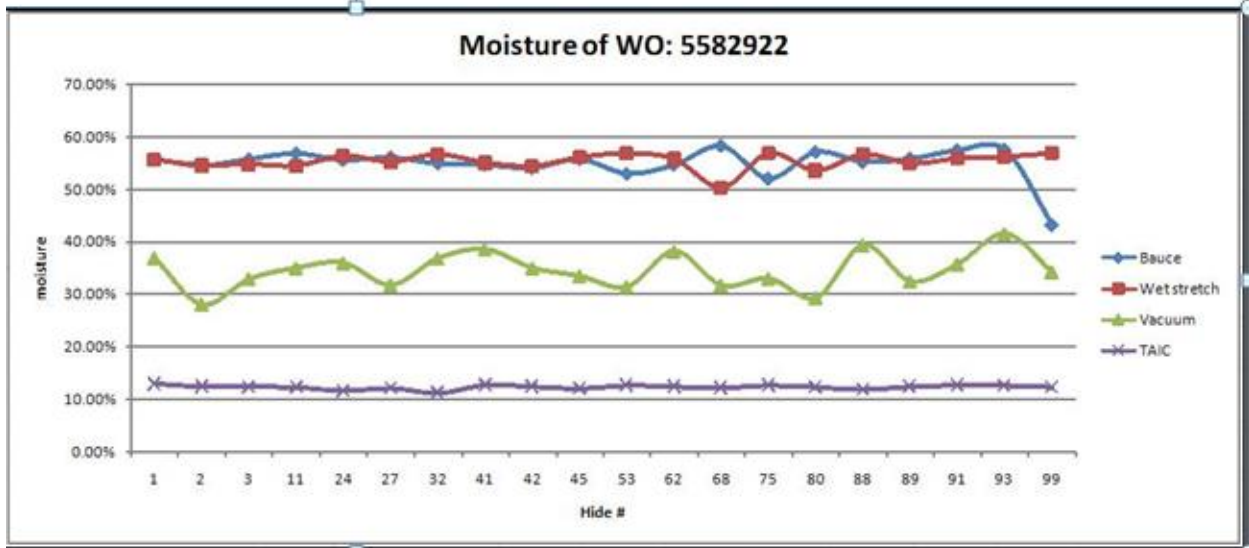
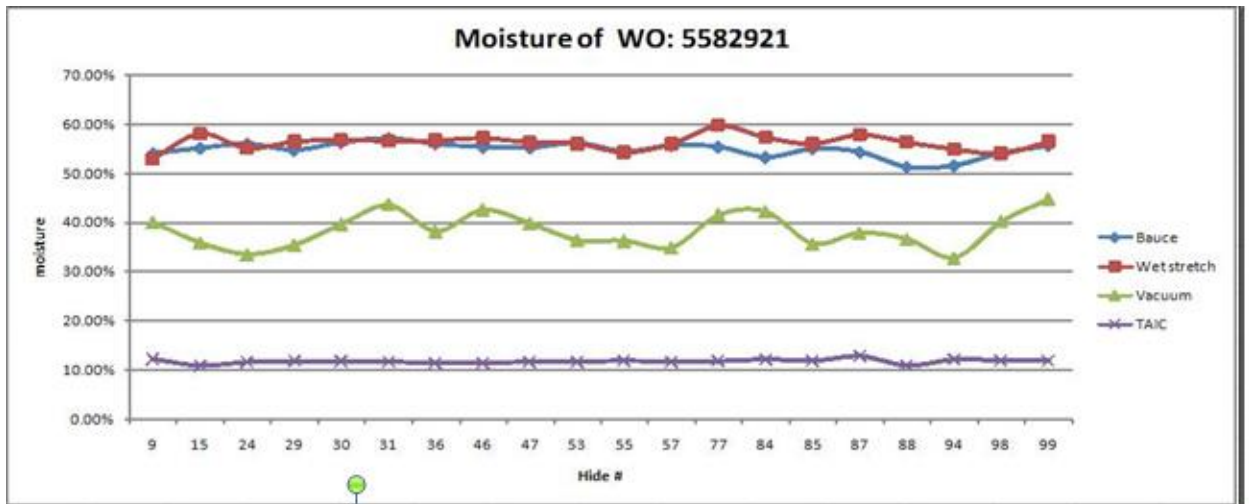
### 8.1 Secado en “Toggling”:

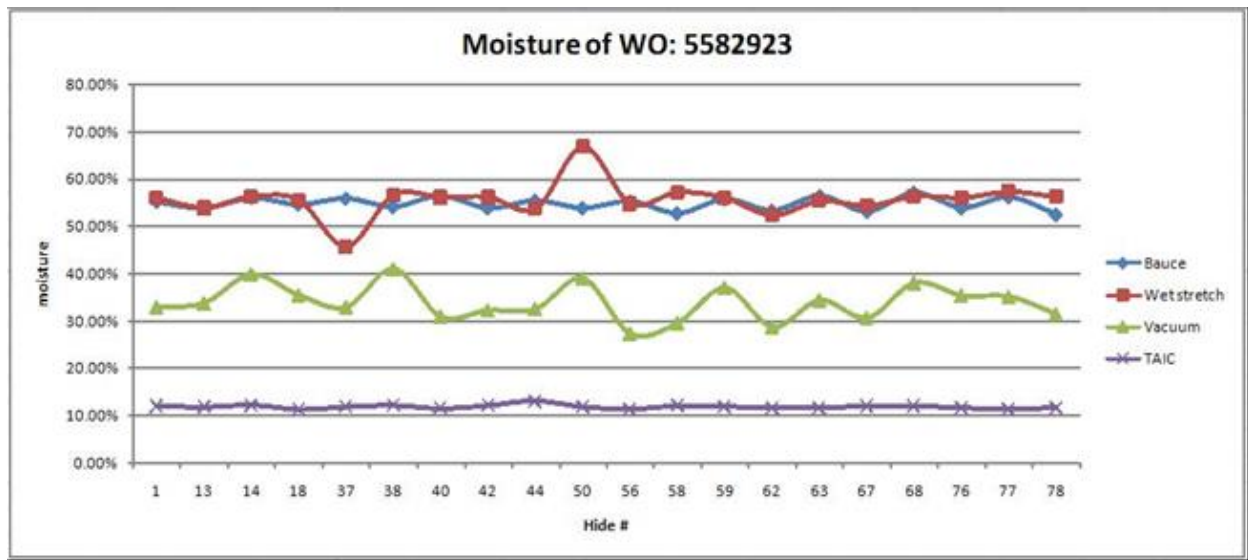






## 8.2 Secado al Vacío:





Como se puede observar en las gráficas anteriores, finalmente se obtiene el mismo nivel de humedad con ambos procesos, con la ventaja de que en el secado al vacío, la pérdida de humedad es más gradual que en el secado en “Togging”.

## 9. Conclusiones

Una vez concluido este estudio comparativo, podemos obtener varias conclusiones encaminadas a la mejora que se planteó en los antecedentes del presente documento, las cuales están sustentadas tanto cualitativa como cuantitativamente.

En primer lugar, debo mencionar que es evidente el daño que el secado en “Toggling” causa a las fibras, generando espacios muy amplios y alargados por encima del “corium”, los cuales quizás no marquen diferencia en una piel de grabado profundo o sin alta exigencia de suavidad, sin embargo cuando hablamos de vestiduras automotrices en napa o grabados ligeros/medios este es un factor determinante para la apariencia de la flor.

Por otro lado, el tacto del lado flor de la piel es mucho más agradable en un secado al vacío, debido al contacto del mismo con la placa de la mesa de vacío, esta sensación pueda cambiar con un acabado incorrecto en términos de aplicación o productos químicos, sin embargo con el acabado correcto esta característica se mantiene o inclusive mejora.

Cabe mencionar que la variable tamaño se ve afectada negativamente con el secado al vacío, sin embargo si la compañía se dedica a la venta de piezas cortadas y la exigencia es la calidad, este costo se pueda absorber, ya que si el producto final es el cuero entero vendido por unidad de área, la facturación será menor, aunque con cueros muy firmes y carentes de variación de grano.

A pesar de que el tamaño final del cuero es inferior en el secado al vacío, es muy notorio que la deformación multidireccional es mayor en el secado en “Toggling”, debido al esfuerzo que se le hace pasar al cuero en todas direcciones.

Los parámetros de proceso establecidos una vez terminadas las pruebas de comprobación del mejor desempeño con el secado al vacío, son congruentes con la especificación de contenido de humedad deseada, previo al ablandado de los cueros, lo cual nos evitará problemas de ruptura de flor o en su defecto un exceso de humedad que no permita culminar el proceso físico que se está llevando a cabo entre las fibras del cuero.

No solamente se está logrando la especificación de humedad requerida antes del ablandado, sino que se está llevando a cabo un secado más gentil yendo poco a poco desde poco más del 50% de humedad hasta el 10 – 14% de humedad deseado.

Finalmente sólo resta mencionar que se cumple con el objetivo de obtener cueros más firmes y con menor variación de grano a través de este proceso y que las afectaciones negativas que se pudieran tener son absorbidas por los beneficios obtenidos, refiérase al Anexo 4 para conocer la información cuantitativa a este respecto.

## 10. Índice de figuras

|                |   |
|----------------|---|
| Figura 1.....  | Pronóstico de producción mundial de vehículos ligeros                       |
| Figura 2.....  | Pronóstico de producción mundial de vehículos con tela/sintético y piel     |
| Figura 3.....  | Producción/día de productores de piel automotriz                            |
| Figura 4.....  | Participación por producción de productores de piel automotriz              |
| Figura 5.....  | Producción/día de piel automotriz por país                                  |
| Figura 6.....  | Participación de la producción mundial de piel automotriz por país          |
| Figura 7.....  | Esquema genérico de la piel   |
| Figura 8.....  | Histología de la piel   |
| Figura 9.....  | Diagrama psicométrico   |
| Figura 10..... | Equilibrio higroscópico del cuero   |
| Figura 11..... | Velocidad de secado en el cuero   |
| Figura 12..... | Cámara de secado LTD  |
| Figura 13..... | Vista interior de una cámara de secado                                      |
| Figura 14..... | Túnel de secado TAIC  |
| Figura 15..... | Toggle dryer  |
| Figura 16..... | Ilustración de las placas de la máquina de vacío                            |
| Figura 17..... | Máquina de secado al vacío  |
| Figura 18..... | Silueta de un cuero mostrando las diferencias en cuanto a fuerza de tensión |
| Figura 19..... | Silueta de un medio cuero alargado en el toggling                           |
| Figura 20..... | Etapas de la remoción del agua de las fibras del cuero                      |
| Figura 21..... | Eliminación multidireccional de humedad                                     |
| Figura 22..... | Cuero siendo colocado en la máquina para secar al vacío                     |
| Figura 23..... | Esquema del secado al vacío   |
| Figura 24..... | Esquema de las zonas del cuero  |
| Figura 25..... | Dirección de las fuerzas en ambos tipos de secados                          |
| Figura 26..... | Flujos de proceso en ambos métodos de secado                                |
| Figura 27..... | Zonas de lectura para la determinación de parámetros                        |

## 11. Bibliografía

J.M. Morera. *Química técnica de curtición*. Escola Universitària d'Enginyeria Tècnica d'Igualada: España, 2004

A. Bacardit, Ll. Ollé. *Maquinaria de curtidos*. Escola Universitària d'Enginyeria Tècnica d'Igualada: España, 2004

Soler, J. (2004). *Procesos de Curtidos*. Escola Universitària d'Enginyeria Tècnica d'Igualada: España, 2004

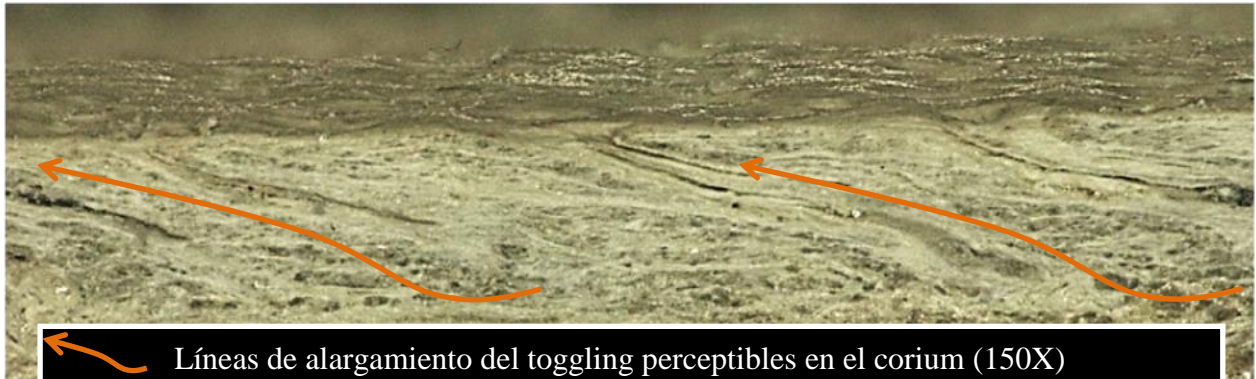
Gerhard John. *Possible defects in leather production*. Duck Partner Rubelmann GmbH: 1997

Assomac, Servizi srl. *Los cuadernos de ingeniería del curtido*. Ediciones Assomac: 2002

Walter Landmann. *The machines in the tannery*. World trade publishing: 2003

## 12. Anexos

### ANEXO 1



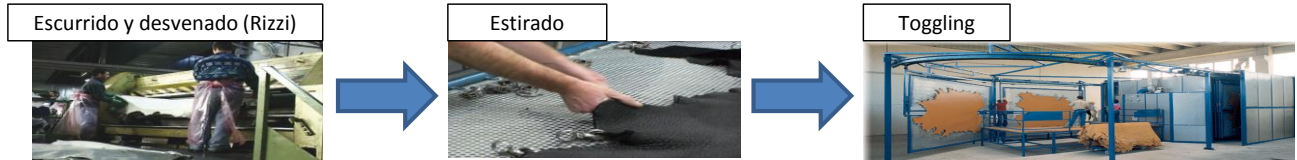
ANEXO 2

| Estándar |          |                      | Secado al Vacío |          |                           |          | Secado en Toggling        |        |          |                           |          |                           |
|----------|----------|----------------------|-----------------|----------|---------------------------|----------|---------------------------|--------|----------|---------------------------|----------|---------------------------|
| Ancho Cm | Largo Cm | Area Cm <sup>2</sup> | Cuadro          | Ancho Cm | % Incremento / Decremento | Largo Cm | % Incremento / Decremento | Cuadro | Ancho Cm | % Incremento / Decremento | Largo Cm | % Incremento / Decremento |
| 20       | 20.00    | 400.00               | 1               | 23.50    | 17.50%                    | 17.00    | -15.00%                   | 1      | 24.00    | 20.00%                    | 19.00    | -5.00%                    |
| 20       | 20.00    | 400.00               | 2               | 21.00    | 5.00%                     | 17.50    | -12.50%                   | 2      | 21.50    | 7.50%                     | 20.50    | -2.50%                    |
| 20       | 20.00    | 400.00               | 3               | 22.50    | 12.50%                    | 16.50    | -17.50%                   | 3      | 21.00    | 5.00%                     | 21.50    | 7.50%                     |
| 20       | 20.00    | 400.00               | 4               | 20.00    | 0.00%                     | 17.00    | -15.00%                   | 4      | 22.00    | 10.00%                    | 21.00    | 5.00%                     |
| 20       | 20.00    | 400.00               | 5               | 20.00    | 0.00%                     | 18.00    | -10.00%                   | 5      | 23.00    | 15.00%                    | 19.50    | -2.50%                    |
| 20       | 20.00    | 400.00               | 6               | 24.00    | 20.00%                    | 18.00    | -10.00%                   | 6      | 22.00    | 10.00%                    | 21.00    | 5.00%                     |
| 20       | 20.00    | 400.00               | 7               | 22.50    | 12.50%                    | 17.50    | -12.50%                   | 7      | 23.00    | 15.00%                    | 20.50    | 2.50%                     |
| 20       | 20.00    | 400.00               | 8               | 22.00    | 10.00%                    | 17.50    | -12.50%                   | 8      | 25.00    | 25.00%                    | 19.50    | -2.50%                    |
| 20       | 20.00    | 400.00               | 9               | 26.00    | 30.00%                    | 19.00    | -5.00%                    | 9      | 22.00    | 10.00%                    | 20.50    | 2.50%                     |
| 20       | 20.00    | 400.00               | 10              | 20.50    | 2.50%                     | 18.00    | -10.00%                   | 10     | 21.50    | 7.50%                     | 21.50    | 7.50%                     |
| 20       | 20.00    | 400.00               | 11              | 22.00    | 10.00%                    | 18.50    | -7.50%                    | 11     | 21.50    | 7.50%                     | 20.50    | 2.50%                     |
| 20       | 20.00    | 400.00               | 12              | 21.50    | 7.50%                     | 19.50    | -2.50%                    | 12     | 23.50    | 17.50%                    | 20.00    | 0.00%                     |
| 20       | 20.00    | 400.00               | 13              | 20.00    | 0.00%                     | 20.00    | 0.00%                     | 13     | 21.00    | 5.00%                     | 19.50    | -2.50%                    |
| 20       | 20.00    | 400.00               | 14              | 23.00    | 15.00%                    | 20.00    | 0.00%                     | 14     | 22.50    | 12.50%                    | 20.00    | 0.00%                     |
| 20       | 20.00    | 400.00               | 15              | 22.00    | 10.00%                    | 20.00    | 0.00%                     | 15     | 23.50    | 17.50%                    | 19.50    | -2.50%                    |
| 20       | 20.00    | 400.00               | 16              | 24.00    | 20.00%                    | 20.00    | 0.00%                     | 16     | 23.00    | 15.00%                    | 20.50    | 2.50%                     |
| 20       | 20.00    | 400.00               | 17              | 24.50    | 22.50%                    | 17.50    | -12.50%                   | 17     | 22.00    | 10.00%                    | 21.00    | 5.00%                     |
| 20       | 20.00    | 400.00               | 18              | 20.50    | 2.50%                     | 17.00    | -15.00%                   | 18     | 21.00    | 5.00%                     | 21.50    | 7.50%                     |
| 20       | 20.00    | 400.00               | 19              | 22.00    | 10.00%                    | 17.00    | -15.00%                   | 19     | 23.50    | 17.50%                    | 21.00    | 5.00%                     |
| 20       | 20.00    | 400.00               | 20              | 22.50    | 12.50%                    | 17.50    | -12.50%                   | 20     | 21.50    | 7.50%                     | 22.00    | 10.00%                    |
| 20       | 20.00    | 400.00               | 21              | 20.00    | 0.00%                     | 17.50    | -12.50%                   | 21     | 22.50    | 12.50%                    | 21.50    | 7.50%                     |
| 20       | 20.00    | 400.00               | 22              | 23.50    | 17.50%                    | 17.50    | -12.50%                   | 22     | 25.00    | 25.00%                    | 20.00    | 0.00%                     |
| 20       | 20.00    | 400.00               | 23              | 23.00    | 15.00%                    | 17.00    | -15.00%                   | 23     | 23.50    | 17.50%                    | 20.00    | 0.00%                     |
| 20       | 20.00    | 400.00               | 24              | 23.50    | 17.50%                    | 16.50    | -17.50%                   | 24     | 22.00    | 10.00%                    | 20.00    | 0.00%                     |
| 20       | 20.00    | 400.00               | 25              | 24.00    | 20.00%                    | 17.50    | -12.50%                   | 25     | 21.00    | 5.00%                     | 21.00    | 5.00%                     |
| 20       | 20.00    | 400.00               | 26              | 21.00    | 5.00%                     | 17.00    | -15.00%                   | 26     | 23.50    | 17.50%                    | 20.50    | 2.50%                     |
| 20       | 20.00    | 400.00               | 27              | 21.00    | 5.00%                     | 18.50    | -7.50%                    | 27     | 21.00    | 5.00%                     | 20.30    | 1.50%                     |
| 20       | 20.00    | 400.00               | 28              | 23.00    | 15.00%                    | 18.50    | -7.50%                    | 28     | 24.30    | 21.50%                    | 21.50    | 7.50%                     |
| 20       | 20.00    | 400.00               | 29              | 20.00    | 0.00%                     | 19.50    | -2.50%                    | 29     | 23.00    | 15.00%                    | 18.50    | -7.50%                    |
| 20       | 20.00    | 400.00               | 30              | 22.50    | 12.50%                    | 19.00    | -5.00%                    | 30     | 23.90    | 19.50%                    | 19.00    | -5.00%                    |
| 20       | 20.00    | 400.00               | 31              | 25.00    | 25.00%                    | 19.50    | -2.50%                    | 31     | 22.00    | 10.00%                    | 20.00    | 0.00%                     |
| 20       | 20.00    | 400.00               | 32              | 21.00    | 5.00%                     | 19.50    | -2.50%                    | 32     | 20.50    | 2.50%                     | 20.00    | 0.00%                     |
| 20       | 20.00    | 400.00               | 33              | 21.00    | 5.00%                     | 20.00    | 0.00%                     | 33     | 23.50    | 17.50%                    | 20.50    | 2.50%                     |
| 20       | 20.00    | 400.00               | 34              | 22.00    | 10.00%                    | 19.50    | -2.50%                    | 34     | 21.00    | 5.00%                     | 20.50    | 2.50%                     |
| 20       | 20.00    | 400.00               | 35              | 20.00    | 0.00%                     | 19.50    | -2.50%                    | 35     | 24.50    | 22.50%                    | 20.50    | 2.50%                     |
| 20       | 20.00    | 400.00               | 36              | 20.00    | 0.00%                     | 18.50    | -7.50%                    | 36     | 24.50    | 22.50%                    | 16.00    | -20.00%                   |
| 20       | 20.00    | 400.00               | 37              | 21.50    | 7.50%                     | 18.50    | -7.50%                    | 37     | 23.50    | 17.50%                    | 18.50    | -7.50%                    |
| 20       | 20.00    | 400.00               | 38              | 24.50    | 22.50%                    | 17.50    | -12.50%                   | 38     | 22.00    | 10.00%                    | 19.00    | -5.00%                    |
| 20       | 20.00    | 400.00               | 39              | 20.00    | 0.00%                     | 16.50    | -17.50%                   | 39     | 20.80    | 4.00%                     | 20.00    | 0.00%                     |
| 20       | 20.00    | 400.00               | 40              | 21.00    | 5.00%                     | 17.50    | -12.50%                   | 40     | 23.50    | 17.50%                    | 19.70    | -1.50%                    |
| 20       | 20.00    | 400.00               | 41              | 21.00    | 5.00%                     | 18.50    | -7.50%                    | 41     | 21.50    | 7.50%                     | 19.50    | -2.50%                    |
| 20       | 20.00    | 400.00               | 42              | 20.00    | 0.00%                     | 18.50    | -7.50%                    | 42     | 25.00    | 25.00%                    | 18.00    | -10.00%                   |
| 20       | 20.00    | 400.00               | 43              | 21.50    | 7.50%                     | 18.00    | -10.00%                   | 43     | 22.70    | 13.50%                    | 21.00    | 5.00%                     |
| 20       | 20.00    | 400.00               | 44              | 24.50    | 22.50%                    | 17.00    | -15.00%                   | 44     | 23.30    | 16.50%                    | 20.20    | 1.00%                     |
| 20       | 20.00    | 400.00               | 45              | 20.00    | 0.00%                     | 17.00    | -15.00%                   | 45     | 22.00    | 10.00%                    | 20.50    | 2.50%                     |
| 20       | 20.00    | 400.00               | 46              | 21.00    | 5.00%                     | 17.00    | -15.00%                   | 46     | 21.50    | 7.50%                     | 21.00    | 5.00%                     |
| 20       | 20.00    | 400.00               | 47              | 23.50    | 17.50%                    | 17.00    | -15.00%                   | 47     | 24.30    | 21.50%                    | 20.30    | 1.50%                     |
| 20       | 20.00    | 400.00               | 48              | 21.00    | 5.00%                     | 17.50    | -12.50%                   | 48     | 22.00    | 10.00%                    | 20.00    | 0.00%                     |
| 20       | 20.00    | 400.00               | 49              | 21.50    | 7.50%                     | 17.00    | -15.00%                   | 49     | 25.00    | 25.00%                    | 19.20    | -4.00%                    |
| 20       | 20.00    | 400.00               | 50              | 24.00    | 20.00%                    | 17.00    | -15.00%                   | 50     | 23.00    | 15.00%                    | 19.50    | -2.50%                    |
| 20       | 20.00    | 400.00               | 51              | 20.50    | 2.50%                     | 17.50    | -12.50%                   | 51     | 22.50    | 12.50%                    | 19.30    | -3.50%                    |
| 20       | 20.00    | 400.00               | 52              | 21.50    | 7.50%                     | 19.50    | -2.50%                    | 52     | 22.00    | 10.00%                    | 19.50    | -2.50%                    |
| 20       | 20.00    | 400.00               | 53              | 24.50    | 22.50%                    | 20.00    | 0.00%                     | 53     | 25.50    | 27.50%                    | 19.50    | -2.50%                    |
| 20       | 20.00    | 400.00               | 54              | 21.50    | 7.50%                     | 20.00    | 0.00%                     | 54     | 23.50    | 17.50%                    | 19.00    | -5.00%                    |
| 20       | 20.00    | 400.00               | 55              | 24.00    | 20.00%                    | 20.00    | 0.00%                     | 55     | 27.00    | 35.00%                    | 18.00    | -10.00%                   |
| 20       | 20.00    | 400.00               | 56              | 23.00    | 15.00%                    | 19.00    | -5.00%                    | 56     | 21.00    | 5.00%                     | 19.00    | -5.00%                    |
| 20       | 20.00    | 400.00               | 57              | 21.00    | 5.00%                     | 18.00    | -10.00%                   | 57     | 22.50    | 12.50%                    | 20.00    | 0.00%                     |
| 20       | 20.00    | 400.00               | 58              | 21.50    | 7.50%                     | 18.50    | -7.50%                    | 58     | 23.50    | 17.50%                    | 19.50    | -2.50%                    |
| 20       | 20.00    | 400.00               | 59              | 21.50    | 7.50%                     | 19.00    | -5.00%                    | 59     | 26.00    | 30.00%                    | 19.50    | -2.50%                    |
| 20       | 20.00    | 400.00               | 60              | 22.50    | 12.50%                    | 17.00    | -15.00%                   | 60     | 23.00    | 15.00%                    | 20.00    | 0.00%                     |
| 20       | 20.00    | 400.00               | 61              | 24.50    | 22.50%                    | 16.00    | -20.00%                   | 61     | 22.00    | 10.00%                    | 20.00    | 0.00%                     |
| 20       | 20.00    | 400.00               | 62              | 25.00    | 25.00%                    | 15.50    | -22.50%                   | 62     | 24.00    | 20.00%                    | 19.50    | -2.50%                    |
| 20       | 20.00    | 400.00               | 63              | 20.00    | 0.00%                     | 18.50    | -7.50%                    | 63     | 25.00    | 25.00%                    | 18.50    | -7.50%                    |
| 20       | 20.00    | 400.00               | 64              | 21.50    | 7.50%                     | 18.50    | -7.50%                    | 64     | 21.00    | 5.00%                     | 20.00    | 0.00%                     |
| 20       | 20.00    | 400.00               | 65              | 23.00    | 15.00%                    | 18.50    | -7.50%                    |        |          |                           |          |                           |
| 20       | 20.00    | 400.00               | 66              | 24.00    | 20.00%                    | 18.50    | -7.50%                    |        |          |                           |          |                           |
| 20       | 20.00    | 400.00               | 67              | 21.00    | 5.00%                     | 17.50    | -12.50%                   |        |          |                           |          |                           |
| 20       | 20.00    | 400.00               | 68              | 24.50    | 22.50%                    | 15.00    | -25.00%                   |        |          |                           |          |                           |

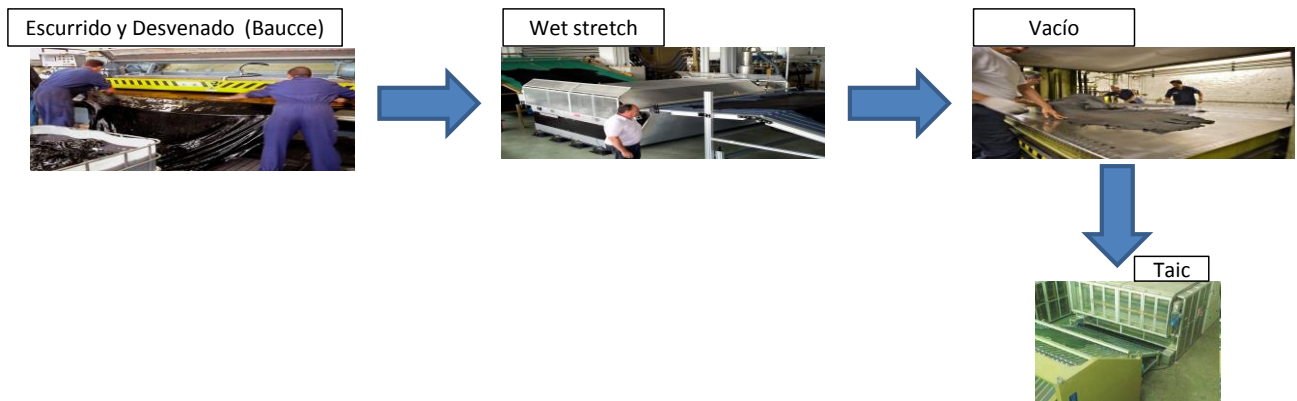


ANEXO 3

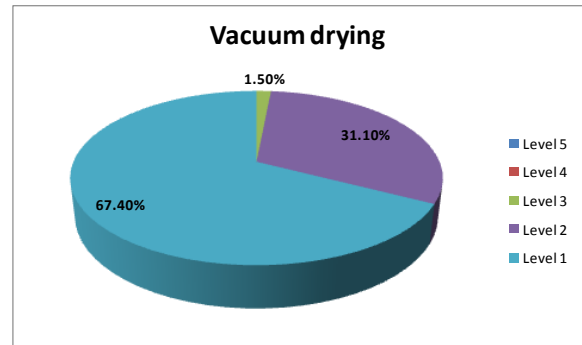
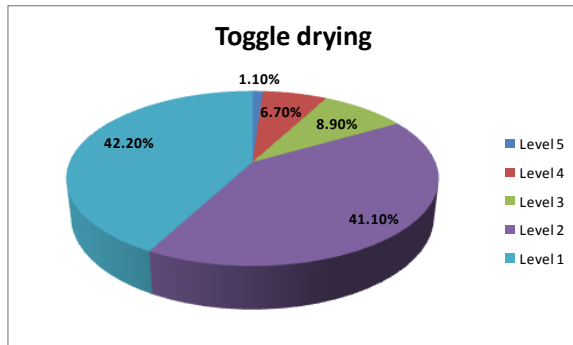
***Proceso actual***



***Proceso propuesto***



## ANEXO 4



- 10 lotes por opción
- 14 cueros por lote
- 9 zonas por cuero
  
- **TOTAL: 1,260 lecturas**

