



INCREMENTO DE LA RESISTENCIA AL FROTE CON DEET EN ACABADO  
PARA TAPICERIA AUTOMOTRIZ

Presenta

Diego Eduardo García Trujillo

Tutor

Ing. José León Montoya Valadez

Marzo del 2023.



GOBIERNO DE  
MÉXICO



CONACYT  
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología



León, Guanajuato, a 27 de febrero de 2023.

Coordinación de Posgrados.  
CIATEC  
PRESENTE.

El abajo firmante Asesor del alumno, **Diego Eduardo García Trujillo**, una vez leído y revisado el Trabajo Terminal titulado "*Incremento de la resistencia al frote con DEET en acabado para tapicería automotriz*" autorizo que dicho trabajo sea presentado e impreso por el alumno (a) para aspirar al diploma de Especialización en Curtido de Pieles durante la defensa correspondiente.

Y para que así conste se firma la presente a los 27 días del mes de febrero del año 2023.

Ing. José León Montoya  
Valadez.

## Resumen del trabajo

En este trabajo, se analizaron algunas variables que causan rechazos en frotos DEET en cuero acabado para volante automotriz. Se analizó la cantidad de aplicación en las últimas 3 capas de del acabado (Top), así como la cantidad de pigmento en formulación de cada capa de TOP y también fue necesario evaluar el curado de la película, para verificar que al momento de realizar las pruebas de frotos DEET, el acabado esté curado por completo.

La primera serie de pruebas consistió en evaluar la prueba de frotos DEET en cada aplicación, es decir, se sometieron 3 pruebas; una con la primera capa de top, la segunda con la primera y segunda capa de top, y la tercera muestra se sometió con las 3 capas de top.

En el segundo lote de prueba se realizó en variar la cantidad de aplicación, y 2 métodos de curado (a temperatura ambiente y acelerando el curado en un horno a 100°C durante 1 hora), todo esto con la finalidad de identificar la cantidad óptima de aplicación y evaluar si el acelerar el curado es representativo de curado normal del acabado.

Durante el lote piloto 3 se evaluó la cantidad de pigmento en la fórmula en cada uno de los Top's, con la finalidad de identificar si la cantidad de pigmento influye en la falla de frotos DEET.

## AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología **CONACYT** por el apoyo brindado a través de una beca, sin ello no hubiera sido posible este logro.

Agradezco al Centro de Innovación Aplicada a Tecnologías Competitivas (CIATEC), por haberme brindado las instalaciones y a todos los profesores que sembraron en mí su conocimiento, en cada una de las materias que me impartieron de tal manera que yo comprendiera los temas abordados en cada materia. En especial al profesor José León Montoya Valadez quien me apoyo con su asesoría y su infinito conocimiento, para poder abordar la problemática del proyecto.

Quiero agradecer a mi esposa y mi hijo por el apoyo brindado moral e intelectual, lo cual me facilitó mi estancia por la especialidad, además del apoyo incondicional durante este tiempo de cada integrante de mi familia.

Agradezco a todos mis compañeros y amigos, por los buenos y malos momentos ya que sin duda alguna en todos obtuve un aprendizaje positivo, además de todo su apoyo durante la especialidad.

Sin demeritar a Bader de México, agradezco la oportunidad que me brindó dicha organización, para cursar la especialidad, dándome la oportunidad de ajustar mis horarios para poder atender las clases.

## Índice.

1. Introducción .....	5
2. Problemática:.....	7
3. Justificación .....	8
4. Objetivo general:.....	9
4.1 Objetivos específicos: .....	9
5. Alcance: .....	9
6. Marco teórico .....	10
7. Metodología .....	16
7.1 Flujo actual.....	18
7.2 Condiciones de aplicación de TOP´S.....	19
7.3 Relación de formulas entre ligantes y no ligantes. ....	20
7.4 Diseño de experimento: .....	22
8. Cronograma.....	24
9. Resultados.....	25
9.1 Evaluación del desempeño en frotos DEET en cada una de las aplicaciones de topcoat.....	25
9.2 Aplicación de top´s a nivel piloto con diferentes cantidades de aplicación, y someter a laboratorio a condiciones normales evaluando la prueba de frotos, y el impacto que tiene la aplicación de top en frotos DEET. ....	32
9.3 Desarrollar procedimiento especial de cantidad de pigmento en los tops para identificar la relación de pigmento y fallas en laboratorio.....	36
10. Conclusiones.....	43
11. Bibliografía.....	45

## **1. Introducción.**

El cuero es uno de los materiales más antiguos y más versátiles conocidos por la humanidad. Tuvo su origen cuando nuestros antepasados prehistóricos comenzaron a utilizar las pieles para protegerse de las inclemencias climáticas. Sin embargo, en ese tiempo no se le daban tratamientos de estabilidad a las pieles, lo cual generaba su rápida hidrólisis, además de ocasionar focos infecciosos.

Conforme fueron avanzando los años, se fueron creando procesos para estabilizar las pieles y detener la degradación, tales como el curtido vegetal, curtido con productos minerales, y algunos productos sintéticos.

En la actualidad, la fabricación de cuero terminado, tiene muchos usos, por ejemplo: calzado, vestimenta, marroquinera y tapicería. Esta última ha crecido exponencialmente, ya que muchas empresas automotrices, recubren el interior del automóvil con cuero natural.

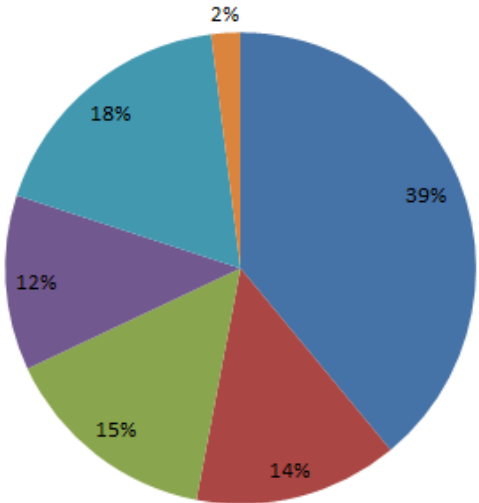
En 1998 se estableció una planta de acabado para piel automotriz en León, Guanajuato, México, la cual inicio con una plantilla de 50 empleados operativos y administrativos. En esta planta se comenzó produciendo 300 cueros a la semana, con maquinaria para procesar lados, posteriormente fue aumentando la demanda de vestiduras y en 2004 comenzaron a producir cuero entero, además de que se inició el cortado de vestiduras. Aquí la empresa contaba con 300 empleados. Y posteriormente en 2005 se dividió en 2 plantas una de Teñido y Acabado y otra planta exclusivamente para corte de vestiduras.

Actualmente en la planta de acabado se procesan entre 16,000 y 20,000 cueros por semana, entre diversos colores y texturas con una plantilla de 600 empleados en las áreas operativas. Para garantizar que la producción tenga las características necesarias, se cuenta con un departamento de R&D, en el cual se desarrollan los prototipos y se dejan listos para producción, se debe garantizar la reproducibilidad en todos los niveles, cuidando los aspectos técnicos del cuero y los productos que se utilizan para el recubrimiento del mismo.

En este momento la producción se destina a 5 clientes, y en la siguiente gráfica se muestra la demanda de cada uno:

### PRODUCCIÓN

■ BMW ■ AUDI ■ MERCEDES BENZ ■ FORD ■ GM ■ VOLVO



## **2. Problemática:**

En la planta de acabado, se procesa carnaza terminada curtida al cromo, en color ebony (negro) con espesor final de 1.2 – 1.4 mm, con este producto se forran volantes automotrices, con exigencias de laboratorio muy altas. En la vida activa de este producto, se han detectado fallas recurrentes en frotos con materiales que contienen DEET (Repelente de moscos), lo cual pone en riesgo el desempeño del producto y en ocasiones nos obliga a realizar re-trabajos.



### 3. Justificación.

En la recopilación de resultados de 4 meses consecutivos a lotes de producción, se puede ver el comportamiento en laboratorio, en las fallas a frotos a las diferentes sustancias que aplica a la norma de vestidura para volante.

Un resumen de los resultados se muestra en las siguientes tablas:

PORCENTAJE DE FALLAS		
46	LOTES	100%
11	LOTES SIN FALLA	24%
12	FALLAS CON 1 FROTE	26%
14	FALLA CON 2 FROTOS	30%
1	FALLA CON 3 FROTOS	2%
6	FALLA CON CUATRO FROTOS	13%
2	FALLA CON 5 FROTOS	4%

En la tabla anterior se muestra que del 100 % de los lotes procesados, solo el 24% superó los frotos en una primer evaluación, sin embargo, el 76 % tiene una o más fallas ante las diferentes sustancias de prueba.

TIPO DE FALLA		
# DE LOTES	TIPO DE FALLA	PORCENTAJE
21	FROTOS DEET	46%
16	FROTOS ALCALINO	35%
15	FROTOS CON ETANOL	33%
13	FROTOS ACIDO	28%
9	FROTOS HUMEDO	20%
3	Frotos MEK	7%

En la tabla anterior se muestra que los Frotos DEET tienen el mayor porcentaje de fallas, por tal motivo, hemos decidido enfocar el proyecto en superar los frotos con esta sustancia, con la expectativa que con ello, solucionaremos la mayoría de las fallas.

#### **4. Objetivo general:**

Identificar las causas de fallas en los frotos con DEET (repelente de insectos) en carnaza para recubrimiento de volante automotriz a partir de la etapa de acabado en seco.

#### **4.1 Objetivos específicos:**

- Evaluar el desempeño en frotos DEET en cada una de las aplicaciones de topcoat
- Realizar aplicación de top's a nivel piloto con diferentes cantidades de aplicación, y someter a laboratorio a condiciones normales para evaluar la prueba de frotos, y evaluar el impacto que tiene la aplicación de top en frotos DEET.
- Evaluar los resultados de las muestras con diferentes aplicaciones, y definir la aplicación óptima, para continuar con el siguiente experimento.
- Desarrollar procedimiento especial de cantidad de pigmento en los tops para identificar la relación de pigmento y fallas en laboratorio
- Definir relación de pigmento en top's y aplicación óptima para superar la prueba de frotos DEET, considerando apariencia y color dentro del estándar de calidad, validado en lote piloto.

#### **5. Alcance.**

- Las recomendaciones, mejoras y procedimientos nuevos serán generados a nivel laboratorio, en base a un diseño experimental adecuado y validados en por lo menos 3 lotes piloto, posteriormente presentar a gerencia para escalamiento a producción.

## 6. Marco teórico.

La carnaza es la capa lamelar o tejido subcutáneo que tiene fibras de colágeno de la misma medida que las de la capa reticular y paralelas a la superficie de la piel. También contiene células grasas que forman la panícula o infloerencia adiposa y las fibras elásticas, localizadas sobre todo en la capa papilar y lamelar, son mucho menos importantes en cantidad y medida que las fibras de colágeno y son responsables de la nerviosidad del cuero. Se degradan en mayor y menor medida, según conveniencia en operación del rendido. (Prat, 2000).

En la actualidad por cuestiones de competitividad, así como de aprovechar en su totalidad el cuero curtido, la industria automotriz, ha implementado sistemas donde se puede utilizar la carnaza como sustrato, para ofertar al cliente recubrimientos para los autos a un menor costo y con cualidades muy parecidas con la parte flor.

El cuero es el producto de la transformación de la piel de diversos animales por medio de procesos físicos y químicos, logrando la estabilidad de la proteína. Dentro de estos procesos se encuentran:

- Remojo: Consiste en humectar las pieles hasta lograr un 60 % - 65 % de humedad (regresar el porcentaje de humedad de la piel cuando el animal estaba vivo). Además se eliminan las sales, proteínas globulares y suciedades existentes en la piel.
- Pelambre/Calero: Es el proceso donde se eliminan proteínas no colagénicas, como es la queratina, melanina. También es responsable de la hidrólisis y del abrimiento fibrilar del colágeno, generando grupos OH.
- Descarne: Consiste en la eliminación del tejido subcutáneo mediante procesos mecánicos.
- Desencalado: Consiste en la eliminación de la cal presente en el colágeno con productos neutros o ácidos, hasta lograr un corte transversal incoloro con indicador fenoftaleína y un Ph de baño entre 8 y 9.
- Rendido: Consiste en la eliminación de proteínas no colagénicas y es el último proceso donde se le pueden eliminar residuos de queratina y melanina.

- Curtido: picle y curtido. Consisten en estabilizar el colágeno con productos curtientes de base de productos minerales, vegetales o sintéticos.
- Escurrido/raspado: Consiste en eliminar el exceso de agua y posteriormente realizar un rebajado uniforme para brindarle el espesor deseado de la piel terminada.
- Recurtido, teñido y engrase: el objetivo es brindarle características de suavidad, llenura, color y aspectos específicos requeridos por el cliente.
- Secado: consiste en la eliminación del exceso de agua, por medio de procesos mecánicos hasta lograr una humedad de 12% a 18%.

#### Pre-Acabado:

En algunas tenerías se crea este proceso, el cual tiene el principal objetivo de mejorar las características de cuero mediante diversos procesos:

- Aflojado: Se pasan las pieles por una máquina llamada staker con el objetivo de ablandar las fibras y mejorar la apariencia armada y rígida ocasionada por el secado.
- Tambor en seco: Esta operación no se les aplica a todos los cueros, ya que depende mucho de las características finales buscadas, esta operación solo se le aplica a cueros que deben ir muy suaves, y que con el aflojado no se obtiene la suavidad deseada.
- Pulido: Consiste en someter las pieles por el lado carne y en algunas ocasiones por el lado flor, a una máquina de rodillo cubierto por papel lija. Cuando se pasan las pieles por el lado carne, el principal objetivo es rebajar la fibra de la carne y también ayuda a homogeneizar el espesor del cuero. Cuando se someten los cueros por el lado flor, es para disimular fallas y tener un cuero más homogéneo, sin embargo, en este último se quita la capa flor.

#### Acabado

Se entiende por el tratamiento superficial del cuero, con aplicación de productos químicos y procesos físicos/mecánicos, con el objetivo de brindarle color, uniformidad, tacto y resistencia al desgaste según lo requiera el cliente.

Generalmente se requieren propiedades como :

- Elevada solidez a la luz y al frote.
- Alto grado de flexibilidad y adherencia a la capa de flor.
- Una resistencia al desgarro suficiente para soportar los esfuerzos mecánicos en las costuras.

Productos utilizados en el acabado:

- Pigmentos: Estos productos pueden ser orgánicos e inorgánicos, depende del color y la intensidad requerida, estos le confieren al cuero, la tonalidad, sin embargo, no se pueden aplicar por sí solos ya que no forman película, tienen que ir en combinación con productos acrílicos o uretanos.
- Colorantes inorgánicos: Son extraídos de los minerales y se caracterizan por dar buen poder cubriente, no tienen poder de reflectancia y sus tonalidades son opacas.
- Colorantes orgánicos: Son de origen natural o pueden ser sintéticos, este tipo de colorantes tienen tonalidades muy cromáticas, pero su poder cubriente es mucho menor que los colorantes inorgánicos.
- Ligantes: Son polímeros emulsionados en base acuosa, los cuales corresponden a acrílicos o uretanos, estos tienen la característica de formar película, estos a su vez, se pueden clasificar en aromáticos (baja solidez al calor y la luz) y alifáticos (buena solidez al amarillamiento).
- Auxiliares: La tecnología en este sentido ha avanzado mucho, ya que existen diversas familias de productos que ayudan a mejorar las características del acabado, así como, el desempeño en laboratorio, entre estos existen: silicones, ceras, filler's, stucco's, poli-mate, silica, niveladores, espesantes.
- Reticulantes: Son productos que tienen la finalidad de reforzar la capa de acabado por medio de un entrecruzamiento entre los polímeros y el reticulante, esto le brinda a la película de acabado mayor resistencia al desgaste, así como, una permeabilidad mayor para pasar las pruebas de desgaste, normalmente se utilizan reticulantes a base de isocianato y carbodiamida.

Los reticulantes son materiales auxiliares que sirven para entrecruzar la estructura de las películas formadas con los ligantes de una forma más significativa, sin el uso de condiciones de temperatura ni presión como en la “vulcanización” normal, en este caso el factor más importante es el tiempo.

Un reticulante es un compuesto químico que reacciona con los grupos reactivos de las cadenas poliméricas, uniéndolas y formando un retículo o malla molecular muy ramificada.

Los reticulantes deben poseer al menos 2 puntos de reacción o grupos reactivos, para unir las cadenas. Los reticulantes actúan por reacción química, y como toda reacción química para que se produzca necesita un cierto nivel de energía que muchas veces se logra mediante la temperatura. También depende del tiempo. Lo ideal es tener un reticulante capaz de reaccionar a temperatura ambiente, que es la temperatura normal de trabajo y con un tiempo relativamente corto. (Cruz, 2021)

Tipos de reticulantes:

COMPARACIÓN ENTRE LOS DIFERENTES TIPOS DE RETICULANTES			
Tipo de reticulante	Afinidad con los ligantes utilizados	Grupos con los que reacciona	Toxicidad
Carbodiámidas	Limitado	"-COOH	Baja
Carbodiámidas activadas	Versátil	"-COOH	Baja
Epoxi	Limitado	"-NH <sub>2</sub> ; -OH -COOH	Media-alta
Formaldehído	Muy selectivo	"-NH <sub>2</sub> ; -OH -COOH	Alta
Isocianatos	Selectivo	"-NH <sub>2</sub> ; -OH -COOH	Media
Óxidos metálicos	Limitado	"-COOH	Baja
Poliaziridina	Versátil	"-NH <sub>2</sub> ; -OH -COOH	Alta

## **La calidad del cuero para tapicería.**

Las cualidades exigibles para la tapicería dependerá de su destino. Especialmente debe distinguirse entre tapicería para mobiliario común y tapicería para automóvil.

El nivel exigido por los fabricantes de automóviles es superior al de los fabricantes de mobiliario. Lamentablemente la necesidad de alcanzar las solidez y resistencias requeridas comporta a menudo una disminución del valor estético del cuero.

Es fundamental para la tapicería el ofrecer una elevada solidez al frote, tanto en seco, como en húmedo, al sudor y muchas otras sustancias de uso común por las personas.

La solidez a la luz debe ser también muy elevada.

El acabado debe poseer alto grado de flexibilidad y adherencia a la capa de flor. (Font, 2002)

Durante un estudio realizado se examina la termodinámica de la absorción de repelentes de insectos y lociones bronceadoras en una serie de resinas de poliuretano y poli acrílicas utilizadas en el cuero.

Las pruebas físicas de estas resinas aplicadas como láminas finas reticuladas y no reticuladas sobre el cuero muestran que la exposición al DEET provoca una reducción drástica de la solidez al frote seco (mejora notablemente con un periodo de desorción antes de la prueba). Las reducciones en la solidez al frote de las muestras expuestas a la loción bronceadora fueron algo menos severas que con DEET y mejoraron mucho con la reticulación, pero el amarillamiento severo observado durante el envejecimiento indica una degradación continua por los penetrantes no volátiles. Los coeficientes de difusión efectivos y los niveles de absorción de peso de saturación en equilibrio se calcularon a partir de experimentos de sorción gravimétrica de película libre. Estos resultados indican niveles de saturación muy altos 1000-4000 para la absorción de DEET (200 % en peso para la absorción de manchas solares) e incluso la disolución total de poli-caprolactona no reticulada/uretanos a base de poliéster en DEET

## Características de la sustancia DEET.

La N, N-Dietil-meta-toluamida, conocida como DEET, es el ingrediente mas habitual de los repelentes de insectos.

El DEET es, a temperatura ambiente, un líquido ligeramente amarillento. Se puede obtener a partir del ácido M-toluico (ácido m-metilbenzoico) y la dietilamina. Para ello hay que prepararlo en ácido clorhídrico y hacerla reaccionar con la dietilamina.

El DEET puede actuar como disolvente y por tanto, puede llegar a estropear algunos plásticos (rayon, expandex) y superficies pintadas o barnizadas. Este producto se considera de pH neutro.

En la norma ISO 11640:2019 que nos aplica, se tienen establecidas especificaciones para el cuero de tapicería automotriz sobre los frotos que debe cumplir:

3.9.5	Leather Test for Color Fastness-Rub Resistance (ISO 11640, 10% elongation/mount felt pad 2-3 mm in the holder/ AATCC Evaluation Procedure 2)	Rating 4 min
	The surface shall show no evidence of wear through of top coat or painted layer, including bubbling of surface coating or particulate transfer onto felt pad.	
3.9.5.1	Dry Felt	2000 cycles
3.9.5.2	Wet Felt	500 cycles
3.9.5.3	Commercially Available Window Cleaner	100 cycles
3.9.5.4	Leather Cleaner per FLTM BN 112-08	100 cycles
3.9.5.5	Acetic Acid Solution (5% in deionized water)	100 cycles
3.9.5.6	Ethyl Alcohol/ Deionized water 70% v/v	100 cycles
3.9.5.7	Suntan Lotion (Apply 0.16 +/- 0.01 grams of Sunscreen or sunblock lotion with SPF factor of 30, water-proof and commercially available)	100 cycles
3.9.5.8	Insect Repellant (20-30% DEET commercially available)	100 cycles



## **7. Metodología**

Principalmente se procederá a evaluar los frotos DEET en cada aplicación de top, para valorar si se presenta la falla en todas las aplicaciones o solo en alguna, se buscará identificar si las condiciones de aplicación son las óptimas. Ya que la falla en frotos DEET, según el Ishikawa realizado en producción, nos dice que entre las causas posibles está una aplicación inadecuada de los top's o una sobrecarga de pigmento a la fórmula,

A este primer evento se revisará el desempeño en Frotos DEET en cada una de las aplicaciones de top, así como el espesor del acabado, para observar si existe una correlación entre espesor y falla en frotos DEET.

Se realizará un segundo experimento, donde por medio de variación en la aplicación de top y los resultados obtenidos en frotos DEET se definirá la aplicación con mayor desempeño.

A las probetas del segundo estudio se someterán a pruebas de frotos DEET y se tomará también el espesor del acabado, para ver el comportamiento.

Una vez obtenido las conclusiones del segundo experimento se procederá a realizar un nuevo ensayo, para identificar la cantidad de pigmento que se le puede ofertar al preparado de top para pasar las pruebas de frotos DEET.

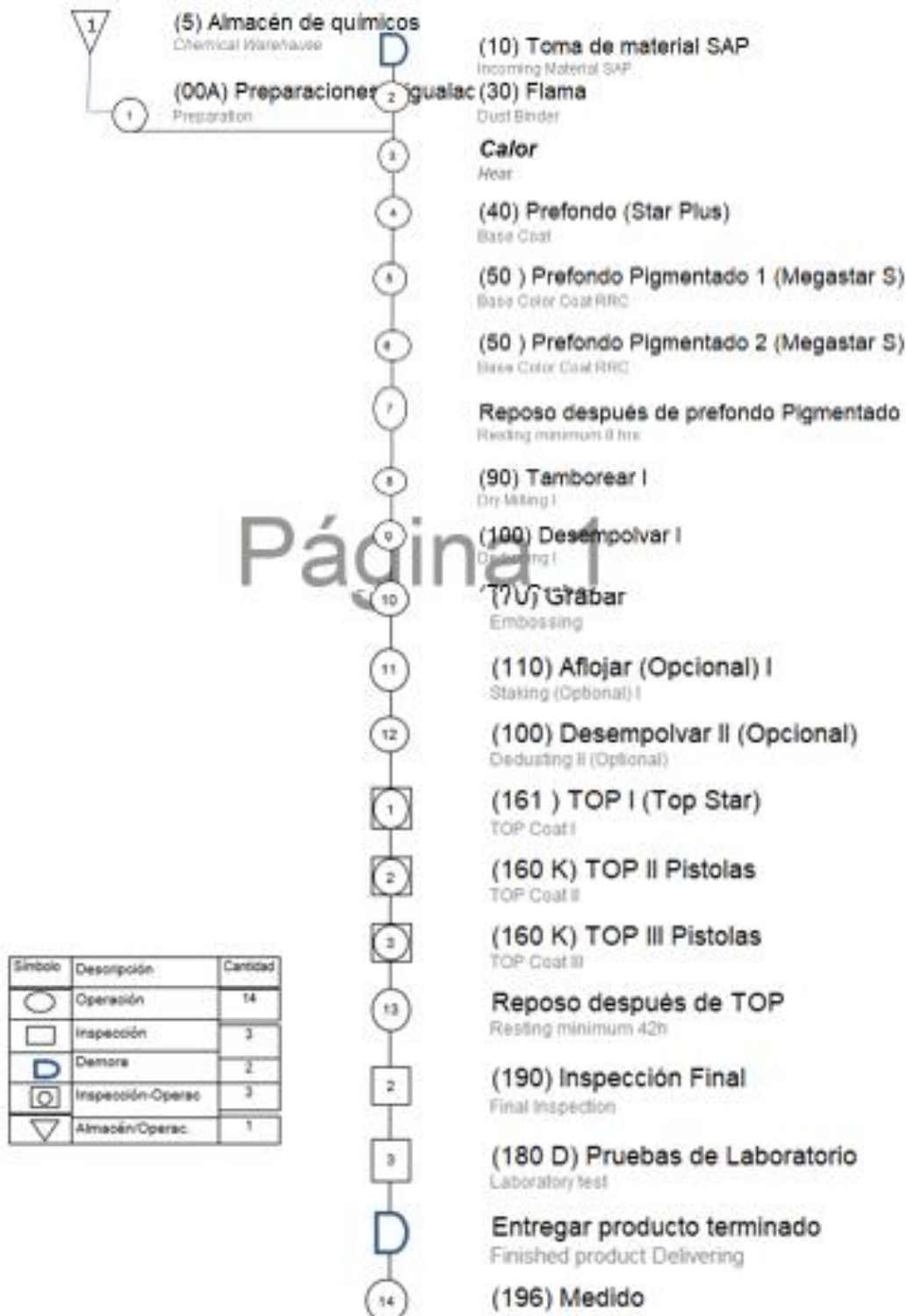
Una vez evaluados los resultados obtenidos se procederá a realizar un desarrollo validando la aplicación óptima y la cantidad ideal de pigmento para poder superar la prueba de frotos DEET al primer muestreo.

Se analizarán tanto los métodos de preparación, como las pinturas mismas, y los diferentes ajustes que se le realizan a lo largo de todo el proceso: % de sólidos y viscosidades de las fórmulas, % sólidos en preparación y en aplicación. También se estudiará el grosor de película generado, en función de los gramos aplicados por unidad de área y la calidad de la película formada tanto visualmente, al tacto como al microscopio.

Una vez analizada toda la información, de los estudios experimentales y análisis teóricos, se desarrollarán los procedimientos mejorados y se trabajará en su optimización, validando en un lote piloto.

## 7.1. Flujo actual

En la siguiente imagen se puede observar el diagrama de flujo del proceso de carnaza para volante automotriz, desde que se recibe de crust, hasta el medido de piel terminada.



## 7.2. Condiciones de aplicación de TOP´S

En la siguiente imagen se aprecian las condiciones en las que actualmente trabajamos el proceso de TOP´S en las cuales se estarán monitoreando los lotes durante 2 meses en la producción normal. Al monitorear la producción y valorar los resultados de laboratorio junto con las aplicaciones de TOP´S, podremos encontrar que la aplicación es deficiente, en cuanto a gramos de aplicación, puede ser también un sobre-ajuste, incluso un mal secado.

	Aplicación g/m2	Tipo de Rodillo Impresor	Velocidad Rodillo inferior m/min	Temperatura del Cuero y/o Carnaza (°C)								Modo	Stand by %	Max IR %
				Sección 1	Sección 2	Sección 3	Sección 4	Sección 5						
TOP I (Top Star)	35 - 37 - 39	GX 35 GX 25 GX 40	General 10 - 11 - 12  Línea continua 8.5 - 10 - 11.5	35 - 45 - 55	40 - 50 - 60	50 - 62 - 75	58 - 69 - 80	55 - 65 - 75	Automático	30	98			
TOP II Pistolas	Aplicación	Velocidad Transporte (m/min)	Presión de aire (bar)	Presión regulador de flujo (bar)	Temperatura del Cuero y/o Carnaza (°C)									
					Sección 1	Sección 2	Sección 3	Sección 4	Sección 5	Modo	Stand by %	Max IR %		
TOP II	40 - 42.5 - 45	General 8.5 - 10 - 11.5	General 0.6 - 0.75 - 0.9	General 2.5 - 3.2 - 4.0	Programado 60 % Real 38 - 50 - 62 °C	Programado 70 % 58 - 70 - 82 °C	Programado 80 % 76 - 88 - 100 °C	Programado 65 % 76 - 88 - 100 °C	Programado 65 % 57 - 69 - 81 °C	Manual	20	85		
TOP III Pistolas	Aplicación	Velocidad Transporte (m/min)	Presión de aire (bar)	Presión regulador de flujo (bar)	Temperatura del Cuero y/o Carnaza (°C)									
					Sección 1	Sección 2	Sección 3	Sección 4	Sección 5	Modo	Stand by %	Max IR %		
TOP III	28 - 30 - 32	General 8.5 - 10 - 11.5	General 0.6 - 0.75 - 0.9	General 2.5 - 3.2 - 4.0	Programado 60 % Real 38 - 50 - 62 °C	Programado 70 % 58 - 70 - 82 °C	Programado 80 % 76 - 88 - 100 °C	Programado 65 % 76 - 88 - 100 °C	Programado 65 % 57 - 69 - 81 °C	Manual	20	85		

### 7.3. Relación de formulas entre ligantes y no ligantes.

TOP COAT TOPSTAR:

TOP COAT TOPSTAR					
CLASIFICACIÓN	Producto	Cantidad	% de solidos	% de solidos en preparado	
NO LIGANTE	AGUA	179	0	0	
NO LIGANTE	IPA	10	0	0	
LIGANTE	POLIURETANO MATE	60	21	1.26	
LIGANTE	POLIURETANO MATE	170	21.5	3.655	
LIGANTE	POLIURETANO	20.5	40	0.82	
LIGANTE	POLIURETANO BRILLOSO	206	35	7.21	
LIGANTE	POLIURETANO BRILLOSO	96	32	3.072	
NO LIGANTE	NIVELADOR	9	100	0.9	
NO LIGANTE	SILICON	51	45	2.295	
NO LIGANTE	SILICON	20.5	43.5	0.89175	
LIGANTE	ISOCIANATO	100	80	8	
NO LIGANTE	ESPELANTE	8	11	0.088	
LIGANTE	CARBODIAMIDA	20	39	0.78	
NO LIGANTE	NEGRO	50	12	0.6	
	TOTAL DE SOLIDOS	1000		29.57175	0.2957175
	LIGANTES			24.797	
	NO LIGANTES			4.77475	
	% DE LIGANTES			83.85367792	
	% DE NO LIGANTES			16.14632208	
	TOTAL DE SOLIDOS			100	

La aplicación del top 1 se realiza en topstar (máquina de rodillo con funcionamiento sincronizado) con este tipo de aplicación, se busca la máxima adhesión con las capas anteriores y un buen soporte para la siguiente aplicación, y con ello alcanzar los resultados satisfactorios de frotos DEET y todos los demás. Este preparado nos dice teóricamente que cuenta con 29.23 % de sólidos, de los cuales, 24.58 son ligantes, y 4.65 son no ligantes, manteniendo una relación aproximada de 5 partes de ligante por 1 parte de no ligantes.

TOP 2 y TOP 3 SPRAY:

TOP COAT SPRAY					
CLASIFICACIÓN	Producto	Cantidad	% de solidos	% de solidos en preparado	
NO LIGANTE	AGUA	184	0	0	
NO LIGANTE	IPA	10	0	0	
LIGANTE	POLIURETANO MATE	70	21	1.47	
LIGANTE	POLIURETANO MATE	195	21.5	4.1925	
LIGANTE	POLIURETANO	20.5	40	0.82	
LIGANTE	POLIURETANO BRILLOSO	190	35	6.65	
LIGANTE	POLIURETANO BRILLOSO	107	32	3.424	
NO LIGANTE	NIVELADOR	9	100	0.9	
NO LIGANTE	SILICON	51	45	2.295	
NO LIGANTE	SILICON	20.5	43.5	0.89175	
LIGANTE	ISOCIANATO	100	80	8	
NO LIGANTE	ESPESANTE	8	11	0.088	
LIGANTE	CARBODIAMIDA	20	39	0.78	
NO LIGANTE	NEGRO	15	12	0.18	
	TOTAL DE SOLIDOS	1000		29.69125	0.2969125
	LIGANTES			25.3365	
	NO LIGANTES			4.35475	
	% DE LIGANTES			85.33322107	
	% DE NO LIGANTES			14.66677893	
	TOTAL DE SOLIDOS			100	

La aplicación de top 2 y top 3 se realiza en máquinas de pulverizar de 24 pistolas, en esta aplicación se busca obtener la apariencia óptima, así como, el color y brillo dentro de la especificación requerida por el cliente, son las capas responsables de superar las pruebas de frotos. Este preparado tiene 29.05 % de sólidos de los cuales 24.79 % son ligantes y 4.25 % son no ligantes, manteniendo una relación de 5.5 % de ligantes por 1 de no ligantes.

#### 7.4. Diseño de experimento:

Se realiza un diseño de experimentos convencional, en el cual se está analizando las variables que influyen en los resultados en frotos DEET, en base a las variables asignadas por el equipo de técnicos de la fábrica, se procede a realizar las siguientes series de pruebas

El primer ejercicio se basará en evaluar los valores en frotos DEET con 1, 2 y 3 tops, para validar que entre más aplicación, mayor será el resultado de laboratorio, además se evaluará el espesor del acabado, para ir obteniendo datos y evaluar la relación existente entre espesor del acabado y frotos DEET.

La segunda corrida de pruebas, se realizará tomando un preparado de TOP nuevo, sin meter ajustes de color ni de brillo, con la finalidad de valorar los resultados en laboratorio, solo en cuanto a variables de aplicación y diferencias de curado. Se estará probando con la aplicación de producción máxima y mínima para evaluar la efectividad de las aplicaciones.

PRUEBA	APLICACIÓN (g/m <sup>2</sup> )						Tiempo de curado	Frotos DEET
	TOP 1	Verificar peso seco	TOP 2	Verificar peso seco	TOP 3	Verificar peso seco		
1	32 g/m <sup>2</sup>		35 g/m <sup>2</sup>		25 g/m <sup>2</sup>		1 hora a 100°C	
2	32 g/m <sup>2</sup>		35 g/m <sup>2</sup>		30 g/m <sup>2</sup>		1 hora a 100°C	
3	32 g/m <sup>2</sup>		45 g/m <sup>2</sup>		25 g/m <sup>2</sup>		1 hora a 100°C	
4	32 g/m <sup>2</sup>		45 g/m <sup>2</sup>		30 g/m <sup>2</sup>		1 hora a 100°C	
5	37 g/m <sup>2</sup>		35 g/m <sup>2</sup>		25 g/m <sup>2</sup>		1 hora a 100°C	
6	37 g/m <sup>2</sup>		35 g/m <sup>2</sup>		30 g/m <sup>2</sup>		1 hora a 100°C	
7	37 g/m <sup>2</sup>		45 g/m <sup>2</sup>		25 g/m <sup>2</sup>		1 hora a 100°C	
8	37 g/m <sup>2</sup>		45 g/m <sup>2</sup>		30 g/m <sup>2</sup>		1 hora a 100°C	
9	32 g/m <sup>2</sup>		35 g/m <sup>2</sup>		25 g/m <sup>2</sup>		72 Horas a T.A	
10	32 g/m <sup>2</sup>		35 g/m <sup>2</sup>		30 g/m <sup>2</sup>		72 Horas a T.A	
11	32 g/m <sup>2</sup>		45 g/m <sup>2</sup>		25 g/m <sup>2</sup>		72 Horas a T.A	
12	32 g/m <sup>2</sup>		45 g/m <sup>2</sup>		30 g/m <sup>2</sup>		72 Horas a T.A	
13	37 g/m <sup>2</sup>		35 g/m <sup>2</sup>		25 g/m <sup>2</sup>		72 Horas a T.A	
14	37 g/m <sup>2</sup>		35 g/m <sup>2</sup>		30 g/m <sup>2</sup>		72 Horas a T.A	
15	37 g/m <sup>2</sup>		45 g/m <sup>2</sup>		25 g/m <sup>2</sup>		72 Horas a T.A	
16	37 g/m <sup>2</sup>		45 g/m <sup>2</sup>		30 g/m <sup>2</sup>		72 Horas a T.A	

Una vez evaluada la 2da corrida de experimentos, se valorará la aplicación óptima en combinación con el curado acelerado mas representativo al curado natural, se proseguirá a realizar un nueva corrida de experimentos, en la cual la variable será la cantidad de pigmento en el preparado, esto con la finalidad de identificar cual es el impacto que tiene la cantidad de pigmento en los resultados de frotos DEET.

PRUEBA	APLICACIÓN						Gramos de pigmento	Frotos DEET
	TOP 1	Verificar peso seco	TOP 2	Verificar peso seco	TOP 3	Verificar peso seco		
1	32 g/m2		35 g/m2		25 g/m2		TOP 1=40 / TOP 2= 7 TOP 3 =7	
2	37 g/m2		45 g/m2		30 g/m2		TOP 1=40 / TOP 2= 7 TOP 3 =7	
3	32 g/m2		35 g/m2		25 g/m2		TOP 1=30 / TOP 2= 5 TOP 3 =5	
4	37 g/m2		45 g/m2		30 g/m2		TOP 1=30 / TOP 2= 5 TOP 3 =5	
5	32 g/m2		35 g/m2		25 g/m2		TOP 1=30 / TOP 2= 10 TOP 3 =10	
6	37 g/m2		45 g/m2		30 g/m2		TOP 1=30 / TOP 2= 10 TOP 3 =10	
7	32 g/m2		35 g/m2		25 g/m2		TOP 1=60 / TOP 2= 5 TOP 3 =5	
8	37 g/m2		45 g/m2		30 g/m2		TOP 1=60 / TOP 2= 5 TOP 3 =5	
9	32 g/m2		35 g/m2		25 g/m2		TOP 1=60 / TOP 2= 7 TOP 3 =7	
10	37 g/m2		45 g/m2		30 g/m2		TOP 1=60 / TOP 2= 7 TOP 3 =7	
11	32 g/m2		35 g/m2		25 g/m2		TOP 1=40 / TOP 2= 5 TOP 3 =5	
12	37 g/m2		45 g/m2		30 g/m2		TOP 1=40 / TOP 2= 5 TOP 3 =5	



## 8. Cronograma

			<b>Cronograma</b>																																				
Cliente Producción		CONTACT: Diego García																																					
Proyecto		Programa NIA																																					
Artículo Carnaza para volante automotriz		Aplicación																																					
COLOF Varios		Cliente Cortes																																					
SOP:		fecha 18.04.22																																					
No.	Pasos del proyecto	STATUS	Junio		Julio			Agosto			Septiembre			Octubre			Noviembre			Diciembre			Enero			Febrero													
			22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	1	2	3	4	5	6
1	Introducción	Planeado																																					
		Real																																					
2	Marco teórico	Planeado																																					
		Real																																					
3	Metodología	Planeado																																					
		Real																																					
4	Cronograma y bibliografía	Planeado																																					
		Real																																					
5	Evaluar desempeño de frotos en cada top	Planeado																																					
		Real																																					
6	Analizar resultados de laboratorio	Planeado																																					
		Real																																					
7	Desarrollar procedimiento de aplicación	Planeado																																					
		Real																																					
8	Analizar resultados de laboratorio	Planeado																																					
		Real																																					
9	Desarrollar procedimiento de cantidad de pigmento en top	Planeado																																					
		Real																																					
9	Analizar resultados de laboratorio	Planeado																																					
		Real																																					
10	Correr lote piloto y validar pruebas de laboratorio	Planeado																																					
		Real																																					
11	Evaluar los resultados	Planeado																																					
		Real																																					
12	Conclusiones	Planeado																																					
		Real																																					

Comentarios y observaciones

## **9. Resultados.**

### **9.1 Evaluación del desempeño en frotos DEET en cada una de las aplicaciones de topcoat**

Durante la primera prueba se experimentó el desempeño en frotos DEET y el espesor del acabado en cada aplicación de TOP:

Las 3 pruebas cuando se aplicaron de top se sometieron a un túnel a 100°C durante 1 hora para acelerar el curado, para posteriormente someter las probetas a laboratorio a un acondicionado de 24 horas y después comenzar las pruebas pertinentes, mostrando los siguientes resultados.


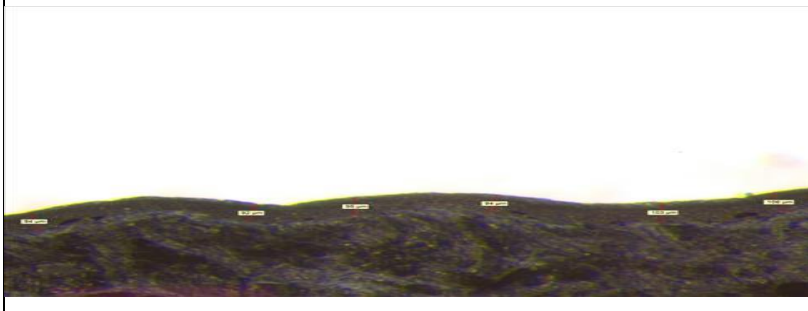
Top 1 ( Topstar)	
Aplicación	36.57 g/m2
Viscosidad	26 " Copa ford 6
Viscosidad despues de reticular	31 " Copa ford 6
Resultados de Frotos	Nota 1/5
Resultado de espesor del acabado	78 micras
Muestra de frotos	
	
Foto de espesor del acabado	
	

En la imagen anterior se muestran las condiciones de aplicación, viscosidad, los resultados obtenidos en frotos DEET y espesor del acabado de la aplicación de top 1. Observando que la prueba 1 no superó los frotos DEET.

Se puede observar que con la aplicación de top 3 esta vez superó la prueba en el límite inferior, sin embargo, debemos encontrar las condiciones óptimas para que la prueba sea superada en todos los lotes.

Prueba 2 ( Pistolas)	
Aplicación	42.26 g/m2
Viscosidad	26 " Copa ford 4
Viscosidad despues de reticular	32 " Copa ford 4
Resultados de Frotos	Nota 2/5
Resultado de espesor del acabado	82 micras
Muestra de frotos	
	
Foto de espesor del acabado	
	

En la tabla anterior se muestran los resultados obtenidos en la prueba 2, la cual residió en la aplicación de TOP 1 a Topstar y la aplicación de TOP 2 en pistolas, dando y resultado no satisfactorio en la prueba de frotos DEET.

Prueba 3 ( Pistolas)	
Aplicación	31.75g/m2
Viscosidad	26 " Copa ford 4
Viscosidad despues de reticular	32 " Copa ford 4
Resultados de Frotos	Nota 4/5
Resultado de espesor del acabado	97 micras
Muestra de frotos	
	
Foto de espesor del acabado	
	


En la tabla anterior se muestran las condiciones en las cuales se sometió la prueba 3, esta prueba superó los frotos DEET, sin embargo, debemos encontrar las condiciones óptimas para que la prueba sea superada en todos los lotes.

Durante el primer estudio, también se sacó el porcentaje de sólidos de cada aplicación, antes y después de reticular, con el objetivo de evaluar cada preparado e ir obteniendo datos de porcentaje de sólidos óptimos en preparado. Dando los siguientes resultados:

Preparado	Peso de charola seca final	Peso de charola vacía	Charola con peso	% de sólidos
Top 2 y 3 sin reticulante	1.2163	1.0019	1.0009	21.40%
Top 2 y 3 con reticulante	1.3036	1.0215	1.0031	27.62%
Top 1 sin reticulante	1.2255	1.012	1.0025	21.10%
Top 1 despues de reticular	1.2748	1.0307	1.0004	23.68%
Top 1 en maquina	1.2744	1.0065	1.0001	26.62%

Como se muestra en la tabla anterior, el porcentaje de sólidos después de reticulado aumentan, esto es debido a que el reticulante utilizado presenta un 95% -100% de sólidos. Cabe mencionar que la viscosidad después de reticular sube y en el caso del top 1 durante la aplicación, tiende a aumentar el volumen, por tal motivo la aplicación no es uniforme, ya que en su interior presenta muchas burbujas de aire, el cual nos afecta para los frotos DEET.

En la siguiente tabla se muestra las películas realizadas de top 1 en sus diferentes condiciones:

Preparado	Top 1 Sin reticulante	Top 1 con reticulante	Top 1 con reticulante en maquina
Foto de película			
Observaciones	Película blanda, con brillo alto, buena homogeneidad de la película, no se aprecia grumos ni burbujas de aire	Película con una dureza mayor, se aprecia una tonalidad más mate, apariencia menos elástica mantiene buena homogeneidad.	En esta se aprecia muchas burbujas de aire, y en general se aprecia una menor densidad, textura áspera y superficie rugosa

En la siguiente tabla se muestra las películas realizadas de top 2 y 3 en sus diferentes condiciones:

Preparado	Top 2 y 3 sin reticulante	Top 2 y 3 con reticulante
Foto de película		
Observaciones	Película blanda, con brillo alto, buena homogeneidad de la película, no se aprecia grumos ni burbujas de aire, presenta una tonalidad más blanquecina que el top 1.	Película con una dureza mayor, se aprecia una tonalidad más mate, apariencia menos elástica mantiene buena homogeneidad se siente un tacto más siliconado.

Los resultados de este primer evento, la probeta que contiene los 3 top's salió aceptable de frotos DEET, sin embargo, se pudo observar algunas carencias, por ejemplo; en la aplicación del top 1 en rodillo se presentó una reducción en la densidad, lo cual fue ocasionado por la incorporación de aire en el producto químico, por efecto mecánico generado entre rodillo-top-cuchilla y el tiempo que dura el material en máquina sin ser aplicado en la carnaza. Este efecto puede provocar que en la película del acabado tenga burbujas, las cuales permiten que la película del acabado sea más propensa a fallas en frotos DEET.



**9.2 Aplicación de top´s a nivel piloto con diferentes cantidades de aplicación, y someter a laboratorio a condiciones normales evaluando la prueba de frotos, y el impacto que tiene la aplicación de top en frotos DEET.**

Durante el segundo desarrollo, se procesó un lote de carnaza con diferentes cantidades de aplicaciones, en la primera aplicación se realizó en máquina de rodillos, con un sistema sincronizado y un rodillo de contraste de goma GX 40 con una viscosidad antes de reticular de 24" con la copa Ford 6.

Después de reticulado, se midió nuevamente la viscosidad dando un valor de 33" con la copa Ford 6, posteriormente se realizó la puesta a punto con una apertura entre rodillos de 0.35 mm y una velocidad de rodillo impresor y el inferior de 11 m/min (las velocidades de los rodillos normalmente tienen que ir a la misma velocidad, ya que, estamos hablando de una máquina con sistema sincronizado, y al desfasar algún rodillo puede dar problemas de aplicación). La máquina Topstar cuenta con un túnel de secado por medio de lámparas infrarrojo de 5 secciones el cual se programó para secar la prueba de la siguiente manera:

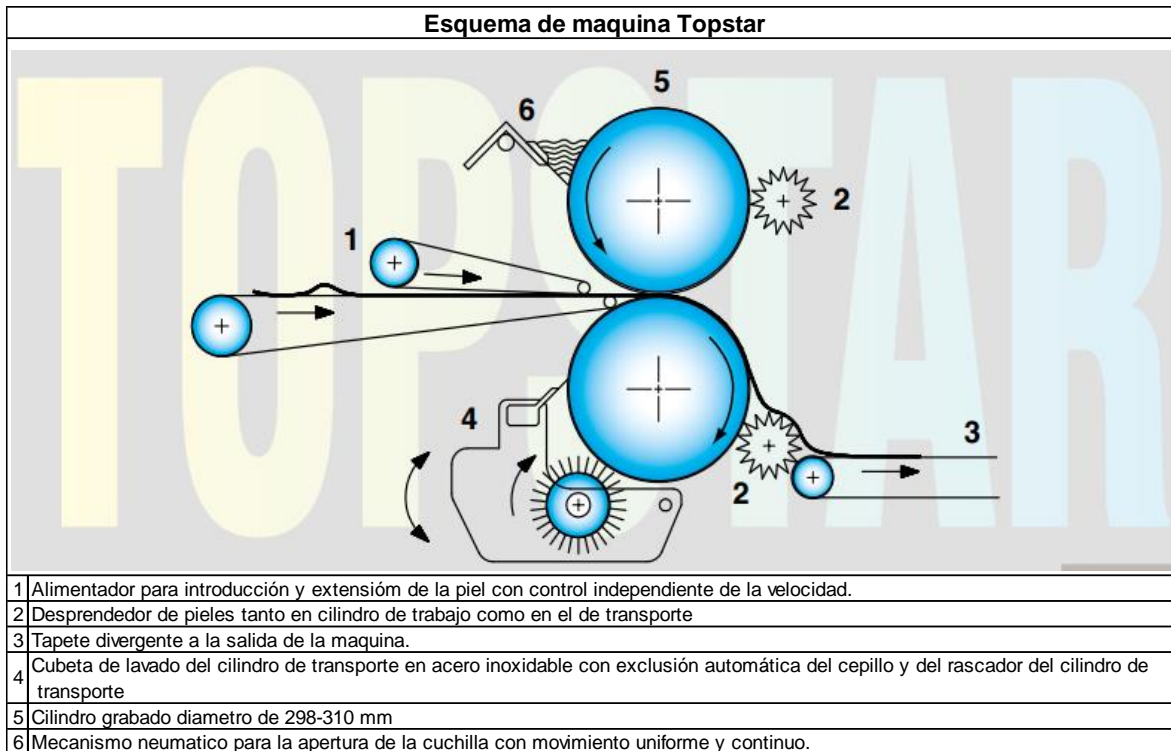
Sección 1; 45°C

Sección 2; 50°C

Sección 3; 70 °C

Sección 4; 70 °C

Sección 5; 65°C



La aplicación del top II y top III se realizó en máquina de pistolas, la cual cuenta con 24 pistolas, con sistema HVLP (High volumen low presurre), alto volumen baja presión. Los parámetros utilizados en máquina fueron los siguientes:

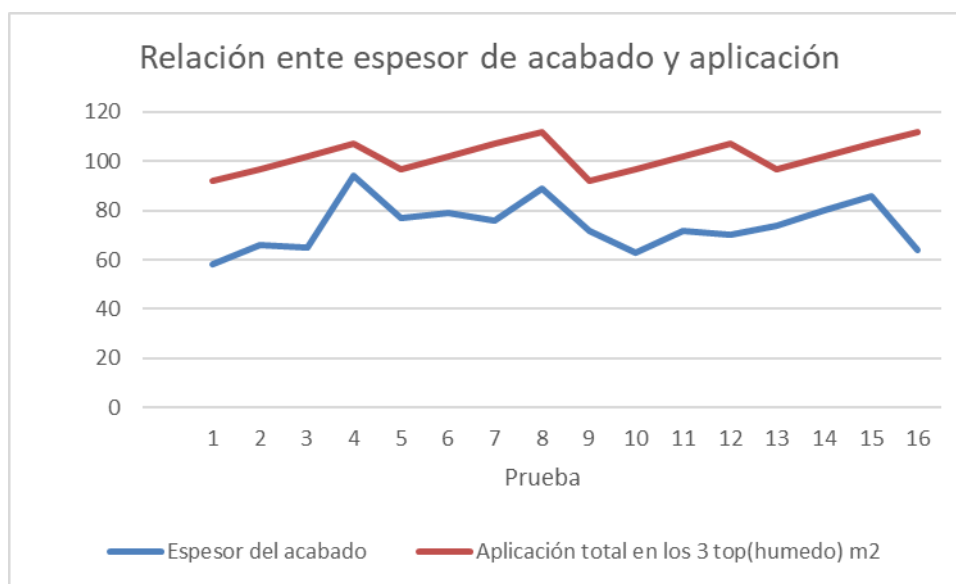
Condiciones de maquina	Valor	Parametro
Aplicación:	25 - 45	g/m2
Velocidad de carrusel:	12	rpm
Velocidad de transporte:	10	m/min
Presión de aire:	0.75	bar
Presión de producto:	0.45 - 0.72	bar
Presión regulador de flujo	3	bar
Temperatura seccion 1	46	°C
Temperatura seccion 2	72	°C
Temperatura seccion 3	88	°C
Temperatura seccion 4	79	°C
Temperatura seccion 5	70	°C

Esta prueba se realizó con la finalidad de observar el impacto que tiene la aplicación en cada uno de los Top's, con los frotos DEET. Mostrando el siguiente comportamiento:

PRUEBA	APLICACIÓN (g/m2)						Tiempo de curado	Frotos DEET
	TOP 1	Verificar peso seco	TOP 2	Verificar peso seco	TOP 3	Verificar peso seco		
1	32	11.51	35	10.11	25	8.82	1 hora a 100°C	'4/5
2	32	11.51	35	10.11	30	12.8	1 hora a 100°C	'4
3	32	11.51	45	15.06	25	8.82	1 hora a 100°C	'4/5
4	32	11.51	45	15.06	30	12.8	1 hora a 100°C	'4/5
5	37	14.96	35	10.11	25	8.82	1 hora a 100°C	'4
6	37	14.96	35	10.11	30	12.8	1 hora a 100°C	'3/4
7	37	14.96	45	15.06	25	8.82	1 hora a 100°C	'4/5
8	37	14.96	45	15.06	30	12.8	1 hora a 100°C	'4
9	32	11.51	35	10.11	25	8.82	72 Horas a T.A	'4
10	32	11.51	35	10.11	30	12.8	72 Horas a T.A	'4/5
11	32	11.51	45	15.06	25	8.82	72 Horas a T.A	'3/4
12	32	11.51	45	15.06	30	12.8	72 Horas a T.A	'4
13	37	14.96	35	10.11	25	8.82	72 Horas a T.A	'4/5
14	37	14.96	35	10.11	30	12.8	72 Horas a T.A	'4/5
15	37	14.96	45	15.06	25	8.82	72 Horas a T.A	'4/5
16	37	14.96	45	15.06	30	12.8	72 Horas a T.A	'4

En la tabla anterior se muestran los resultados obtenidos en la prueba realizada. De todas las pruebas solo 2 probetas salieron rechazadas, sin embargo, no se tiene una relación lógica o entre ellas, porque fueron pruebas diferentes.

A estas pruebas también se les evaluó el espesor del acabado y se evaluará cada uno de los resultados y ver la correlación entre espesor del acabado y aplicación de top en húmedo mostrando el siguiente comportamiento:



- Nota: En la gráfica se muestra graficado en el eje Y el espesor del acabado en valores "micras", mientras que la aplicación se representa en gramos aplicados sobre metro cuadrado en peso húmedo.

A cada uno de las preparaciones se les validó el porcentaje de sólidos reales después de reticular, mostrando el siguiente valor:

Preparado	Peso de charola seca final	Peso de charola vacía	Preparado	% de solidos
Top 1 reticulado	1.307	1.027	1.005	27.23%
Top 2 y 3 reticulado	1.318	1.032	1.000	27.75%

Posteriormente se corrobora que los datos de laboratorio coincidan con los datos que arroja en el pesado en seco, tomando como referencia el peso en húmedo y realizando las conversiones para validar los datos.

Aplicación	Peso húmedo en m2	Peso seco en m2	Porcentaje de solidos reales	Peso seco teórico m2	Diferencia en %
TOP 1	32.00	11.51	27.23	8.71	132.09
TOP 1	37.00	14.96	27.23	10.08	148.48
TOP 2	35.00	10.11	27.75	9.71	104.09
TOP 2	45.00	15.17	27.75	12.49	121.48
TOP 3	25.00	8.82	27.75	6.94	127.14
TOP 3	30.00	12.80	27.75	8.33	153.75

Al momento de corroborar los datos teóricos contra los reales se puede observar que existe una diferencia teóricamente muy amplia, por lo que se puede notar que el túnel de secado no alcanza a eliminar toda la humedad del acrílico de 1 ft2, por tal motivo el peso en seco siempre da resultados por encima de lo real, como se puede observar en la tabla anterior.

### 9.3 Desarrollar procedimiento especial de cantidad de pigmento en los tops para identificar la relación de pigmento y fallas en laboratorio.

En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos de la serie de pruebas con aplicación de top´s con diferentes cantidades de pigmento en el top, también se muestra la aplicación en húmedo y la real, obtenida en peso seco.

PRUEBA	APLICACIÓN						Gramos de pigmento	Frotes DEET
	TOP 1	Verificar peso seco	TOP 2	Verificar peso seco	TOP 3	Verificar peso seco		
1	32 g/m2	10.37	35 g/m2	11.42	25 g/m2	8.47	TOP 1=40 / TOP 2= 7 TOP 3 =7	4/5
2	37 g/m2	11.37	45 g/m2	14.85	30 g/m2	9.89	TOP 1=40 / TOP 2= 7 TOP 3 =7	4/5
3	32 g/m2	10.48	35 g/m2	11.92	25 g/m2	8.63	TOP 1=30 / TOP 2= 5 TOP 3 =5	4/5
4	37 g/m2	11.22	45 g/m2	14.73	30 g/m2	9.52	TOP 1=30 / TOP 2= 5 TOP 3 =5	4/5
5	32 g/m2	10.48	35 g/m2	11.7	25 g/m2	8.56	TOP 1=30 / TOP 2= 10 TOP 3 =10	3
6	37 g/m2	11.22	45 g/m2	14.78	30 g/m2	9.64	TOP 1=30 / TOP 2= 10 TOP 3 =10	3/4
7	32 g/m2	10.4	35 g/m2	11.92	25 g/m2	8.63	TOP 1=60 / TOP 2= 5 TOP 3 =5	4
8	37 g/m2	11.02	45 g/m2	14.73	30 g/m2	9.52	TOP 1=60 / TOP 2= 5 TOP 3 =5	4/5
9	32 g/m2	10.4	35 g/m2	11.42	25 g/m2	8.47	TOP 1=60 / TOP 2= 7 TOP 3 =7	4/5
10	37 g/m2	11.02	45 g/m2	14.85	30 g/m2	9.89	TOP 1=60 / TOP 2= 7 TOP 3 =7	4/5
11	32 g/m2	10.37	35 g/m2	11.92	25 g/m2	8.63	TOP 1=40 / TOP 2= 5 TOP 3 =5	4/5
12	37 g/m2	11.37	45 g/m2	14.73	30 g/m2	9.52	TOP 1=40 / TOP 2= 5 TOP 3 =5	4

En los resultados obtenidos se puede verificar que la prueba que salió con valores bajos en los resultados fueron la prueba 5 y 6, las cuales se aplicó el top1 con 30 gramos de pigmento, y el top 2 y 3 con 10 gramos de pigmento. Esto nos indica que el último top debe llevar menos cantidad de pigmento, ya que las pruebas donde se aplicó mayor cantidad de pigmento en top 1 salieron satisfactorias, debido a que el top 2 y 3 solo se agregó 5 partes de pigmento.

Durante esta serie de pruebas, también se realizaron la validación de sólidos teóricos como reales, con su verificación en peso húmedo obteniendo los siguientes resultados:

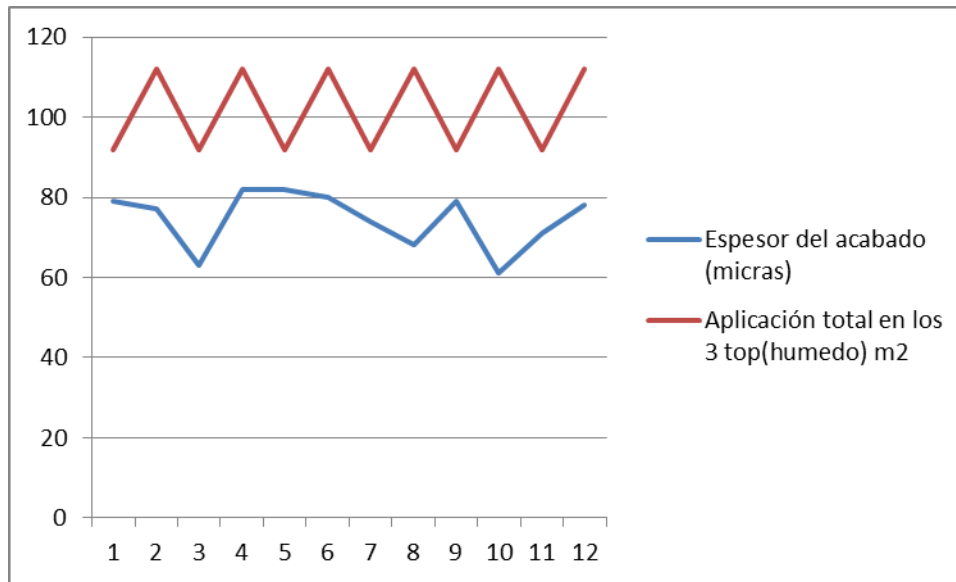
Aplicación	Peso húmedo en m2	Peso seco en m2	Porcentaje de sólidos reales	Peso seco teórico m2	Diferencia en %
TOP 1 (30g de pigmento)	32.00	10.48	27.23	8.71	120.27
TOP 1 (30g de pigmento)	37.00	11.22	27.23	10.08	111.36
TOP 1 (40g de pigmento)	32.00	10.37	27.75	8.88	116.78
TOP 1 (40g de pigmento)	37.00	11.37	27.75	10.27	110.74
TOP 1 (60g de pigmento)	32.00	10.40	26.72	8.55	121.63
TOP 1 (60g de pigmento)	37.00	11.02	26.72	9.89	111.47
TOP 2 (5g de pigmento)	35.00	11.92	27.36	9.58	124.48
TOP 2 (5g de pigmento)	45.00	14.73	27.36	12.31	119.64
TOP 2 (7g de pigmento)	35.00	11.42	27.42	9.60	119.00
TOP 2 (7g de pigmento)	45.00	14.85	27.42	12.34	120.35
TOP 2 (10g de pigmento)	35.00	11.70	27.04	9.46	123.63
TOP 2 (10g de pigmento)	45.00	14.78	27.04	12.17	121.47
TOP 3 (5g de pigmento)	25.00	8.63	27.36	6.84	126.17
TOP 3 (5g de pigmento)	30.00	9.52	27.36	8.21	115.98
TOP 3 (7g de pigmento)	25.00	8.47	27.42	6.86	123.56
TOP 3 (7g de pigmento)	30.00	9.89	27.42	8.23	120.23
TOP 3 (10g de pigmento)	25.00	8.56	27.04	6.76	126.63
TOP 3 (10g de pigmento)	30.00	9.64	27.04	8.11	118.84

En la tabla mostrada anteriormente nuevamente se detectó que el peso seco, no concuerda con el porcentaje de sólidos que se analiza del preparado, lo cual indica que no se está eliminado el 100% de agua durante el secado de la aplicación, por tal motivo el pesado en seco no es el adecuado.

Nuevamente se procede a analizar si se encuentra relación entre la aplicación, espesor del acabado y la falla en frotos DEET, mostrando el siguiente comportamiento.

Prueba	Frotos DEET	Espesor del acabado (micras)	Aplicación total en los 3 top(humedo) m2
1	4/5	79	92
2	4/5	77	112
3	4/5	63	92
4	4/5	82	112
5	3	82	92
6	3/4	80	112
7	4	74	92
8	4/5	68	112
9	4/5	79	92
10	4/5	61	112
11	4/5	71	92
12	4	78	112

En esta tabla se muestran los resultados que se obtuvieron en frotos DEET y los valores de espesor del acabado, al igual que la cantidad de aplicación de top entre las 3 pasadas, para evaluar si existe una relación entre estas 3 variables.



En esta gráfica se muestra que la cantidad de aplicación de top's, no tiene una relación con el espesor del acabado, esto puede ser debido a que se está partiendo de una materia prima con absorción irregular, por tal motivo en las primeras capas del acabado, puede que la aplicación y el espesor del acabado se vea afectado por la irregularidad del sustrato. Con estos nuevos resultados, podemos reiterar que el espesor del acabado no tiene relación con las fallas en frotos con DEET.

#### 9.4. Validación de proceso piloto.

Se realizó un proceso piloto realizando las mejores opciones que salieron del diseño experimental, procesando de la siguiente manera.

A continuación, se puede ver las formulaciones de TOP 1, 2 y 3, con los ajustes en cuanto a pigmento, para reducir el rechazo de frotos DEET.

En esta imagen se observa la formula de TOP 1, la cual es aplicada en máquina topstar, dicha receta ya esta modificada a la mejor opción para pasar los frotos DEET.



TOP COAT TOPSTAR				
Clasificación	Producto	Cantidad	% de solidos	% de solidos en preparado
NO LIGANTE	AGUA	169	0	0
NO LIGANTE	IPA	10	0	0
LIGANTE	POLIURETANO MATE	60	21	1.26
LIGANTE	POLIURETANO MATE	170	21.5	3.655
LIGANTE	POLIURETANO	20.5	40	0.82
LIGANTE	POLIURETANO BRILLOSO	206	35	7.21
LIGANTE	POLIURETANO BRILLOSO	96	32	3.072
NO LIGANTE	NIVELADOR	9	100	0.9
NO LIGANTE	SILICON	51	45	2.295
NO LIGANTE	SILICON	20.5	43.5	0.89175
LIGANTE	ISOCIANATO	100	80	8
NO LIGANTE	ESPELANTE	8	11	0.088
LIGANTE	CARBODIAMIDA	20	39	0.78
NO LIGANTE	NEGRO	60	12	0.72
	TOTAL, DE SOLIDOS	1000		29.69175
	LIGANTES			24.797
	NO LIGANTES			4.89475
	% DE LIGANTES			83.51478104
	% DE NO LIGANTES			16.48521896
	TOTAL, DE SOLIDOS			100

En la siguiente imagen se muestra la fórmula de TOP 2 y 3, la cual es aplicada en máquina de pulverizar, y esta receta ya tiene la modificación en cantidad de pigmento, para mejorar los frotos DEET.

TOP COAT SPRAY				
Clasificación	Producto	Cantidad	% de solidos	% de solidos en preparado
NO LIGANTE	AGUA	194	0	0
NO LIGANTE	IPA	10	0	0
LIGANTE	POLIURETANO MATE	70	21	1.47
LIGANTE	POLIURETANO MATE	195	21.5	4.1925
LIGANTE	POLIURETANO	20.5	40	0.82
LIGANTE	POLIURETANO BRILLOSO	190	35	6.65
LIGANTE	POLIURETANO BRILLOSO	107	32	3.424
NO LIGANTE	NIVELADOR	9	100	0.9
NO LIGANTE	SILICON	51	45	2.295
NO LIGANTE	SILICON	20.5	43.5	0.89175
LIGANTE	ISOCIANATO	100	80	8
NO LIGANTE	ESPELANTE	8	11	0.088
LIGANTE	CARBODIAMIDA	20	39	0.78
NO LIGANTE	NEGRO	5	12	0.06

	TOTAL, DE SOLIDOS	1000		29.57125
	LIGANTES			25.3365
	NO LIGANTES			4.23475
	% DE LIGANTES			85.6795029
	% DE NO LIGANTES			14.3204971
	TOTAL, DE SOLIDOS			100

Durante la preparación de los Top's, se realizó nuevamente la validación de sólidos en cada preparado, con la finalidad de validar que dicha fórmula esté con la cantidad de sólidos similar a la de los estudios anteriores, en la siguiente tabla se muestra los resultados obtenidos.

Preparado	Peso de charola seca final	Peso de charola vacía	Preparado	% de solidos
Top 1 reticulado	1.279	1.002	1.001	27.66%
Top 2 y 3 reticulado	1.347	1.061	1.004	26.96%

Posteriormente se aplicó cada uno de los top, dando los siguientes resultados en cuanto a viscosidad y aplicación.

Top 1 (Topstar)	
Aplicación	33.25 g/m <sup>2</sup>
Viscosidad	24 " Copa Ford 6
Viscosidad después de reticular	30" Copa Ford 6
Prueba 2 (Pistolas)	
Aplicación	35.6 g/m <sup>2</sup>
Viscosidad	26 " Copa Ford 4
Viscosidad después de reticular	30 " Copa Ford 4
Prueba 3 (Pistolas)	
Aplicación	25.77g/m <sup>2</sup>
Viscosidad	25 " Copa Ford 4
Viscosidad después de reticular	32 " Copa Ford 4

Una vez aplicado las pieles se sometió 2 probetas a laboratorio, una de ellas fue acelerando el curado en un túnel de secado a una temperatura de 100 °C durante

1 hora, mientras que la segunda muestra se sometió a laboratorio después de 72 horas de reposo a temperatura ambiente.

PRUEBA	APLICACIÓN (g/m <sup>2</sup> )				
	TOP 1	TOP 2	TOP 3	Tiempo de curado	Frotes DEET
1	33.25 g/m <sup>2</sup>	35.6 g/m <sup>2</sup>	25.77 g/m <sup>2</sup>	1 hora a 100°C	4
2	33.25 g/m <sup>2</sup>	35.6 g/m <sup>2</sup>	25.77 g/m <sup>2</sup>	72 horas a T. A	4/5

## **10. Conclusiones.**

Durante el primer desarrollo, se pudo observar que la aplicación de 3 pasadas de top´s en este artículo son necesarias, ya que los resultados con solo aplicación de top 1 y top 1 más top 2, no superaron la prueba, mientras que la probeta que tiene los 3 top´s superó la prueba de frotos con DEET.

También se realizó una evaluación del espesor del acabado, en cada una de las aplicaciones, y estas a su vez no tienen una relación coherente, entre aplicación y espesor del acabado, y esto se debe a que partimos de un sustrato con mucha diferencia de absorción, y por ende la película del acabado es muy irregular, añadiendo que la estructura final del artículo, tiene un grabado profundo, el cual también influye a que el espesor del acabado, no sea uniforme en toda el área del cuero.

A su vez se apreció durante la aplicación del top 1 en máquina de rodillo que aumentaba su volumen, por el efecto mecánico que la rotación de los rodillos genera en el preparado de top, este efecto puede ser factor de falla en frotos DEET, ya que la película aplicada de top 1 no es uniforme y en la película presenta burbujas.

En el segundo experimento, se realizó un desarrollo para validar las condiciones de gramos de aplicación y tiempo de curado, ya que se tenía el mito de que el acelerar el proceso de curado, pudiera no ser el adecuado, sin embargo, se pudo apreciar que el curado en un horno a 100°C, es muy representativo al dejar curar la película durante 72 horas a temperatura ambiente, obteniendo un resultado muy parecido.

Mientras que la cantidad de aplicación en top 1, top 2 y top 3, relativamente el rango que definimos fue el óptimo, ya que en todas las aplicaciones se tuvo resultados favorables, esto es satisfactorio, ya que, si se procesan lotes con cantidad en el límite inferior, se ahorra producto químico, y se obtiene una apariencia más fina y uniforme en el artículo final.

Durante el ensayo 3 se puede determinar, que la cantidad de pigmento, en el top 1, no afecta directamente la prueba de frotos DEET, ya que las probetas que contenían 60 partes de pigmento en top 1 superaron la prueba, y los resultados obtenidos

muestran que el principal factor para que los frotos DEET salgan insatisfactorios, está relacionado directamente al top 3, debido que la prueba que tenía 10 partes de pigmento en top 3 fueron las que salieron rechazadas, por tal motivo se recomienda que el top 3 se prepare con 5 gramos de pigmento, y como máximo ajustar con 2 gramos de pigmento por kilo, esto con el objetivo de asegurar que el lote supere la prueba de frotos DEET.

Durante la validación de parámetros, así como gramos de pigmento en top, con el objetivo de tener toda la producción satisfactoria en prueba de frotos DEET, se trabajó con el límite inferior de aplicaciones en tops, obteniendo una mayor calidad en aplicación, superando la prueba de frotos DEET, y reduciendo el consumo de producto de un 10 – 20 % menos.

En la siguiente tabla se muestra un análisis del consumo de producto en cada aplicación en el cual se puede ver que en la validación del lote piloto se muestra una reducción de consumo de producto en las 3 capas de top.

Antes				Después			
	Aplicación m2	Consumo m2	Lote 400 piezas		Aplicación m2	Consumo m2	Lote 400 piezas
Top 1 (g)	34.5	51.75	25875	Top 1 (g)	32	48	24000
Top 2 (g)	42.5	106.25	53125	Top 2 (g)	35	87.5	43750
Top 3 (g)	27.5	68.75	34375	Top 3 (g)	25	62.5	31250

En la siguiente tabla se muestra el ahorro en porcentaje.

Ahorro %	
Top 1	7.8125
Top 2	21.42857
Top 3	10
Promedio	13.08036

## **11. Bibliografía**

(s.f.). *ISO11640:2019*.

Cruz, P. (2021). *Cálculo de fórmulas para el acabado del cuero para calzado, tapicería de mueble y automotriz*. México: Copyrigh 2021CIATEC, A.C.

Font, J. (2002). *Análisis y ensayos en la industria del curtido*.

Otero, A. B. (2002). *El acabado del cuero*.

Prat, J. M. (2000). *Química técnica de curtición*.

Tice, R. (1999). *Review of Toxicological Literature*. Carolina.