

OBTENCIÓN DE UNA FORMULACIÓN DE BARNIZ CON BASE EN ACEITE DE
SOYA A ESCALA DE LABORATORIO

ANA MARÍA BRAVO SILVA
RAFAEL CARDONA ARANGO

UNIVERSIDAD EAFIT
ESCUELA DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE PROCESOS
MEDELLÍN
2009

OBTENCIÓN DE UNA FORMULACIÓN DE BARNIZ CON BASE EN ACEITE DE
SOYA A ESCALA DE LABORATORIO

ANA MARÍA BRAVO SILVA
RAFAEL CARDONA ARANGO

Proyecto de grado para optar por el título de Ingeniero de Procesos

Asesor:

DIEGO A. ACOSTA M.,PhD

Coasesora

ELIZABETH OCAMPO C.,G.,IP

UNIVERSIDAD EAFIT
GRUPO DE INVESTIGACIÓN DISEÑO Y DESARROLLO DE PRODUCTOS-DDP
ESCUELA DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE PROCESOS
MEDELLÍN

2009

Nota de aceptación:

Jurado

Jurado

Medellín, 8 de Octubre de 2009

DEDICATORIA

Dedicamos este proyecto a nuestra familia, especialmente a nuestros padres, amigos, compañeros y maestros, a todos aquellos que nos acompañaron en esta etapa de nuestra vida y que nos apoyaron, y ayudaron durante este período de aprendizaje y desarrollo.

AGRADECIMIENTOS

Gracias a nuestras familias, especialmente nuestros padres por su acompañamiento e incondicional apoyo, a nuestros amigos, compañeros y maestros.

A la Universidad EAFIT por su formación, especialmente a nuestra carrera Ingeniería de Procesos.

A los auxiliares de los laboratorios de Ingeniería de Procesos por su colaboración.

Al grupo DDP (Grupo de Investigación Diseño y Desarrollo de Productos), por brindarnos su acompañamiento durante el desarrollo de este proyecto.

A nuestro asesor Diego A. Acosta M., PhD y nuestra coasesora Elizabeth Ocampo C., G., IP por guiarnos a lo largo de este proyecto.

Especial agradecimiento al Ingeniero Químico Jose Alberto Orrego Delgado, por su asesoría durante el desarrollo de este proyecto.

Al profesor Guillermo León Palacio, por su colaboración.

A la empresa Grasas S.A. por suministrarnos el Aceite de Soya para nuestro proyecto.

A la empresa Colorquímica S.A por suministrarnos el pigmento Páprika.

Al Ingeniero de Procesos Juan Manuel Gonzalez por su colaboración.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
LISTA DE TABLAS _____	viii
LISTA DE FIGURAS _____	x
RESUMEN _____	xi
INTRODUCCIÓN _____	13
OBJETIVO GENERAL _____	14
OBJETIVOS ESPECÍFICOS _____	14
1. ESTADO DEL ARTE _____	15
1.1 Barniz _____	15
1.2 Tipos de barnices _____	15
1.3 Aceite de Soya _____	17
1.4 Aceite de linaza _____	17
1.5 Aditivos secantes _____	18
1.6 Antecedentes _____	20
2. MATERIALES Y METODOS _____	23
2.1 Materiales _____	23
2.2 Métodos _____	23
2.2.1 Refinación del Aceite de Soya crudo _____	23
2.2.1.1 Desgomado _____	23
2.2.1.2 Neutralización _____	24
2.2.2 Caracterización del Aceite de Soya _____	25
2.2.2.1 Índice de acidez _____	25

2.2.2.2 Índice de yodo _____	26
2.2.2.3 Índice de saponificación _____	26
2.2.3 Formulación del barniz _____	27
2.2.4 Prueba de Secado _____	28
2.2.5 Prueba de Adherencia _____	29
2.2.6 Diseño de experimentos _____	29
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN _____	31
3.1 Resultados de la refinación del aceite de soya _____	31
3.1.1 Desgomado _____	31
3.1.2 Neutralización _____	31
3.2 Resultados de la caracterización del aceite de soya _____	31
3.2.1 Índice de acidez _____	32
3.2.2 Índice de yodo _____	33
3.2.3 Índice de saponificación _____	35
3.3 Resultados de la formulación del barniz _____	37
3.4 Resultados del diseño de experimentos _____	39
3.5 Pruebas adicionales para el óptimo (formulación 2) _____	50
3.5.1 Densidad _____	50
3.5.2 Viscosidad _____	50
3.5.3 Porcentaje de sólidos _____	51
3.5.4 Estabilidad _____	52
3.6 Comparación cualitativa de impactos ambientales entre el barniz formulado y el barniz comercial. _____	53
3.7 Profit Margin _____	55

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. % peso componentes de barniz _____	21
Tabla 2. Formulaciones en porcentaje peso _____	27
Tabla 3. Discriminación de los porcentajes de octoatos en cada formulación____	27
Tabla 4. Relación Soya/linaza _____	28
Tabla 5. % Acidez Aceite de soya crudo y neutralizado _____	32
Tabla 6. Índice de Yodo Aceite de Soya crudo y neutralizado _____	34
Tabla 7. Índice de saponificación Aceite de Soya crudo y neutralizado _____	36
Tabla 8. Tiempo promedio de secado del barniz en una superficie de vidrio, para las cuatro formulaciones y el comercial _____	37
Tabla 9. Tiempo promedio de secado del barniz en una superficie de madera, para las cuatro formulaciones y el comercial _____	38
Tabla 10. Tabla ANOVA. Comparación de tiempo de secado vs. Porcentaje total de octoatos y superficie _____	40
Tabla 11. Tabla Contraste Múltiple de Rangos. Comparación de tiempo de secado vs. Porcentaje total de octoatos y superficie _____	41
Tabla 12. Tabla ANOVA. Comparación del tiempo de secado respecto a la relación de aceite Soya/linaza y superficie _____	44
Tabla 13. Tabla Contraste Múltiple de Rangos. Comparación del tiempo de secado respecto a la relación de aceite Soya/linaza y superficie _____	45
Tabla 14. Tabla ANOVA. Comparación del tiempo de secado respecto a la formula y la superficie de aplicación _____	47
Tabla 15. Tabla Contraste Múltiple de Rangos. Comparación del tiempo de secado respecto a la formula y la superficie de aplicación _____	48
Tabla 16. Densidad de formulación #2 de barniz y barniz comercial _____	50
Tabla 17. Viscosidad de formulación #2 de barniz y barniz comercial _____	51

Tabla 18. *Porcentaje de sólidos del barniz formulado (formulación 2) y del barniz comercial* _____ 52

Tabla 19. *Litros de material consumidos en la formulación 2 y precio respectivo de compra* _____ 55

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. % Acidez Aceite de Soya crudo y neutralizado _____	33
Figura 2. Índice de Yodo Aceite de Soya crudo y neutralizado _____	34
Figura 3. Índice de Saponificación Aceite de Soya crudo y neutralizado _____	36
Figura 4. Gráfico de dispersión. Comparación de tiempo de secado vs. Porcentaje total de octoatos y superficie _____	42
Figura 5. Gráfica de medias. Comparación de tiempo de secado vs. Porcentaje total de octoatos y superficie _____	43
Figura 6. Gráfico de dispersión. Comparación del tiempo de secado respecto a la relación de aceite Soya/linaza y superficie _____	46
Figura 7. Gráfica de medias. Comparación del tiempo de secado respecto a la relación de aceite Soya/linaza y superficie _____	46
Figura 8. Gráfico de dispersión. Comparación del tiempo de secado respecto a la formula y la superficie de aplicación _____	49
Figura 9. Gráfico de medias. Comparación del tiempo de secado respecto a la formula y la superficie de aplicación _____	49

RESUMEN

En este proyecto se desarrollaron cuatro formulaciones de barniz para madera con base en Aceite de Soya, por medio de un proceso de mezcla a escala de laboratorio; este proceso inició con la refinación de Aceite de Soya crudo, el cual fue desgomado y neutralizado, a su vez fue caracterizado tanto en su estado crudo como refinado, para esto se determinó su índice de acidez, yodo y saponificación respectivamente. Las cuatro formulaciones cuentan con Aceite de Soya, aceite de linaza, aditivos secantes (octoatos de calcio, manganeso, circonio y cobalto) y pigmento natural como Páprika; el porcentaje de estos componentes varía para cada formulación. Estas formulaciones fueron evaluadas por medio de pruebas de secado tanto en vidrio para determinar la formación de película de recubrimiento del barniz, como en madera triplex para observar el secado y adherencia en dicho material.

Los resultados de secado del barniz se analizaron por medio de un diseño estadístico completamente aleatorio, donde las variables de respuesta planteadas fueron la adherencia y el secado del mismo tanto en madera como en vidrio; con el fin de comparar las cuatro diferentes formulaciones desarrolladas, incluyendo dos réplicas para cada formulación, y de esta manera elegir la formulación que cumple con un menor tiempo de secado, y mejor formación de película y adherencia a la superficie para la que fue formulado. El desarrollo del diseño de experimentos se realizó en el programa de estadística Statgraphics Plus 5.1.

De las cuatro formulaciones desarrolladas, la que mejor formación de película, menor tiempo de secado y mejor adherencia presentó fue la formulación 2 (1.5% total de octoatos, 71.8% de Aceite de Soya y 26.8% de aceite de linaza). A pesar que los tiempos de secado de las formulaciones no fueron similares a los del barniz comercial, si presentaron buena formación de película de recubrimiento. Los tiempos de secado sobre el vidrio tanto del barniz comercial como del

formulado fueron 19.5 y 75.2 horas respectivamente; al igual que para la superficie de madera, los tiempos de secado tanto del barniz comercial como del formulado fueron 6 y 24.9 horas respectivamente, siendo en ambos casos cuatro veces mayor el tiempo de secado del barniz formulado. El secado sobre la superficie de madera fue de tipo mixto, debido a que presentó secado tanto por oxidación en contacto con el oxígeno del aire, como por absorción al ser la madera porosa; gracias a este tipo de secado la adherencia del barniz a la madera fue de 100%.

Adicionalmente la formulación 2, se sometió a pruebas de densidad, viscosidad, estabilidad y porcentaje de sólidos; donde el barniz formulado presentó estabilidad por lo menos durante un lapso de tres meses, a diferencia del barniz comercial, el cual no presentó estabilidad durante el mismo lapso, bajo las condiciones evaluadas. Según los resultados de la prueba de porcentaje de sólidos el barniz comercial, presentó un 32% de sólidos y 68% de contenido volátil, a diferencia del barniz formulado lo cual presentó 98% de sólidos y 2% de contenido volátil, debido a que este último se compone en su mayoría por aceites vegetales (soya y linaza) y un bajo contenido de octoatos, que a pesar de estar diluidos en varsol, sólo son un 1.5% de la formulación; por lo tanto se estima que disminuye el peligro de contaminación ambiental.

Para la formulación 2 fue evaluado el Profit Margin, lo cual arrojó resultados de rentabilidad del proceso de elaboración del barniz, ya que el margen de contribución fue positivo (\$4,629.96/L).

Palabras claves: barniz biodegradable, Aceite de Soya, aceite de linaza, octoatos, pigmento natural, secado, adherencia, refinación, VOC, caracterización aceites.

INTRODUCCIÓN

En el proceso de elaboración de barniz para madera, se utilizan solventes y aceites provenientes del petróleo generando así problemas de contaminación ambiental. Además del alto grado de contaminación que se genera con la utilización del aceite de petróleo como base para la elaboración del barniz, también se presentan otros agentes químicos que son aun más contaminantes que el aceite de petróleo mismo. Entre estos agentes se encuentran los aceites secantes como el octoato de plomo, que causan enfermedades pulmonares. Igualmente el barniz para madera comercial contiene resinas alquídicas, fenólicas y butiladas que son muy contaminantes para el medio ambiente debido a los altos niveles de COV (compuestos orgánicos volátiles) que estas contienen.

Hasta nuestros días la industria maderera y de mueblería ha utilizado barnices con resinas y aceites contaminantes. Debido a esto las grandes empresas productoras de barniz para madera buscan alternativas para sustituir este barniz por otro tipo menos contaminante y más económico. Por lo tanto, para esta investigación a escala de laboratorio se busca el desarrollo y la obtención de formulaciones de barniz con base en aceites naturales como el de Soya al igual que la utilización de pigmentos naturales y aditivos menos contaminantes y sin el uso de resinas. Esto con el fin de generar un barniz para madera con un menor impacto ambiental y de mejores propiedades visuales que el barniz actualmente comercializado, y finalmente resolver esta problemática económica y ambiental. (PARKER, 1978).

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Obtener una formulación de barniz con base en Aceite de Soya a escala de laboratorio mediante diseño de experimentos, con el fin de proponer un sustituto de barnices con base en resina.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Realizar la refinación del Aceite de Soya crudo, con el fin de obtener un vehículo para la generación del barniz con baja cantidad de aditivos químicos.
2. Formular un barniz por medio de un proceso de mezcla, utilizando un pigmento natural como paprika, con el fin de sustituir barnices que utilizan pigmentos sintéticos.
3. Caracterizar el barniz por medio de pruebas de calidad, con el fin de obtener un producto en óptimas condiciones, estas pruebas son de carácter: visual, reológicas y permanencia a la luz (REED, 1969), (BAUDRY, 1970).
4. Evaluar el impacto ambiental de forma cualitativa, comparando el barniz formulado con un barniz comercial.
5. Determinar el costo unitario del producto desarrollado a escala de laboratorio, comparándolo con el precio de un barniz con base en resina.

1. ESTADO DEL ARTE

1.1 Barniz

Es una disolución de una o más resinas alquídicas, fenólicas o butiladas, en un disolvente proveniente del petróleo que se volatiliza en el aire con facilidad, dando como resultado una película sobre la madera. Existen barnices de origen natural, en general derivados de las resinas y aceites esenciales de plantas, y sintéticos. (FLEXNER, 1993)

1.2 Tipos de barnices

Hay muchos tipos de barnices y dependiendo de sus características se clasifican en diferentes clases entre las que se encuentran (FLEXNER, 1993):

- Barniz brillante: Altamente purificado, logra un acabado brillante sobre los trabajos. Tiene gran adherencia y durabilidad. De óptima transparencia, impermeabiliza y da protección a cualquier material ya pintado. Especial para la decoración y protección de toda clase de construcciones de madera natural o teñida en interiores y exteriores tales como ventanas, armarios, muebles, etc.
- Barniz mate: Tiene las mismas características del barniz brillante con la diferencia de la terminación mate. Es de secado rápido y puede ser aplicado con pincel o esponja.
- Barniz satinado: es algo más brillante que el mate, por lo que resiste mucho más las manchas. Es ideal para el barnizado de todo tipo de superficies de madera en interiores y exteriores cubiertas, tales como muebles, puertas, armarios, etc.
- Barniz impregnante anti termitas: Es un barniz preservante "poro abierto" de máxima vida útil, con base en pesticidas, que protegen a la madera de la agresividad natural ambiental, insectos y hongos, retardando por largo

tiempo su envejecimiento, y dejando una terminación mate en el color deseado

Los barnices con base en aceite de petróleo están compuestos básicamente de tres grupos principales los cuales son:

- Fase continua: vehículos ó disolventes.
- Fase dispersa: pigmentos y colorantes.
- Aditivos: secantes y ceras.

Los barnices con base en aceite de petróleo son viscosos y generalmente contienen tres tipos de resinas como alquídicas, fenólicas ó butliadas. Se secan por oxidación con el medio ambiente, aunque también existen diferentes métodos por los cuales estos barnices se pueden secar como: (REED, 1969):

- Oxidación de aceites y resinas que intervienen en el barniz.
- Evaporación de los aceites por efectos del calor.
- Combinación de absorción y oxidación para los barnices de máquinas para mueblería.

Pigmentos con fuerza colorante, resistencia a la luz, resistencia a los detergentes, resistencia a los ataques físicos y químicos, y resistencia al agua, se agregan al vehículo en forma de polvo fino o de forma líquida, lo cual hace que se disperse fácilmente en el mismo; Los pigmentos pueden ser minerales inorgánicos y orgánicos como la paprika. (PARRAMON, 1999).

1.3 Aceite de Soya

El aceite vegetal que proviene del prensado de la Soya, superando la producción mundial, de aceite de colza, palma y girasol. Este aceite se puede emplear en gastronomía, producción de biodiesel, plásticos y en la producción de Tintas. El Aceite de Soya se caracteriza por moléculas de cadena larga de 13 a 16 enlaces, los cuales tienen buenas propiedades como el uso industrial; en este proyecto se usa como vehículo para la elaboración del barniz. (MARKLEY, 1947).

1.4 Aceite de linaza

El aceite de linaza proviene de la semillas de la planta *Linum usitatissimum*, este aceite es rico en ácidos grasos como Omega 3, Omega 6, y Omega 9 . El aceite de linaza es muy utilizado en la industria cosmética, en la fabricación del linóleo y en la producción de pinturas y barnices. La calidad de este varía tanto con la calidad de la materia prima empleada como con los procesos de prensado empleados para su extracción. (FEDENIUK, ET AL., 1994).

En recubrimientos el aceite de linaza es muy utilizado en maderas debido a las siguientes razones:

- La madera es dimensionalmente inestable, se hincha cuando la humedad es alta y se encoge cuando es baja. Este cambio dimensional causa una gran tensión sobre el recubrimiento y este debe tener cierto grado de elasticidad o capacidad de elongarse. La flexibilidad no es una característica de las películas de alta cohesión y un acabado de este tipo no convendría en un sustrato de madera. (WITTCOFF, ET AL., 2006).
- Las casas de construcción fuerte y bien aislada acumulan humedad que tiende a escapar a través de las paredes. Si las películas de pintura no son porosas, se deslaminan y se desprenden algunas veces en trozos muy grandes. Las películas de alta cohesión no son porosas y por esta razón no son convenientes para aplicarse sobre madera, mientras que las películas

de aceite de linaza tienen cierto grado de porosidad que es una característica conveniente. (WITTCOFF, ET AL., 2006).

- El aceite de linaza presenta un tipo de reología que permite que se aplique rápidamente con brocha. A medida que aumenta el peso molecular del vehículo de un recubrimiento, la facilidad de aplicación con brocha disminuye. (WITTCOFF, ET AL., 2006).

1.5 Aditivos secantes

Los secantes son aditivos que actúan como catalizadores de los procesos de secado y son utilizados en la fabricación de recubrimientos formulados con vehículos cuyo secado y endurecimiento se produce por reacción química con el oxígeno atmosférico. Además, los secantes acortan el tiempo secado del barniz, aceleran la velocidad de captación de oxígeno y de las reacciones de propagación por radicales libres. (PARKER, 1978).

La correcta selección del tipo de secante permite un secado rápido y uniforme de la película, aumenta el tiempo de vida útil de la película y mejora la estabilidad durante el almacenamiento de los productos.

Los secantes se clasifican en dos grandes grupos:

- Secantes primarios o secantes activos.
- Secantes secundarios.

El grupo de secantes primarios contiene los carboxilatos de Cobalto y Manganeso, los cuales pueden existir en varios estados de oxidación, siendo más estables en el menor estado de valencia. Este tipo de secantes son llamados de profundidad debido a su contacto directo con el soporte y secado del interior de la película hacia el exterior de la misma.

Los secantes secundarios están constituidos por cationes que poseen un solo estado de valencia, excepto el Cerio y el Plomo los cuales se incluyen en este grupo, y son los que por sí mismos no muestran actividad catalítica, pero sí en combinación con los secantes primarios, aumentando su actividad en el secado. En este grupo también se encuentran los carboxilatos de Calcio, Zinc, Bario, Zirconio, Bismuto, Litio, Potasio. También llamados secantes intermedios o de superficie debido a la profundidad de la película en la que estos actúan.

Para obtener condiciones de secado óptimas se debe realizar una mezcla con ambos tipos de secantes debido a que por sí solos, no se consigue llegar a ese grado óptimo de secado y propiedades de la película. (PARKER, 1978).

Cada tipo de secante posee características las cuales se ven reflejadas en el secado final de la película, las cuales son:

- Cobalto: Es el más importante y más utilizado. Se incorpora en todos los sistemas alquídicos de secado al aire. Actúa como catalizador de las reacciones de oxidación. Generalmente se utiliza combinado con secantes secundarios ya que por sí solo, puede provocar un secado superficial de la película demasiado rápido creando problemas de arrugamiento y falta de homogeneidad en la película.
- Manganeso: Es el segundo secante primario en importancia después del cobalto. Se utiliza en combinación con secantes secundarios y también en formulaciones de esmaltes coloreados, como sustituto de parte del cobalto, con el fin de abaratar el coste de algunas formulaciones.
- Plomo: Ha sido el secante secundario más utilizado. Proporciona excelentes propiedades de secado en profundidad; además, mejora propiedades de la película como la flexibilidad, dureza y durabilidad. Su uso ha disminuido notablemente debido a su toxicidad.

- Zirconio: Es el secante secundario más usado como sustituto del plomo. Proporciona buen secado en profundidad, principalmente por formación de enlaces de coordinación.
- Calcio: Es muy utilizado, forma parte, junto con el cobalto, de la mayoría de los sistemas secantes utilizados. Por sí mismo tiene muy poco efecto en el secado pero es muy útil en combinación con otros secantes. Ayuda a mejorar la dureza y el brillo y previene el velado y los cambios de color. (PARKER, 1978).

1.6 Antecedentes

Los barnices utilizados como recubrimiento para madera, según lo reporta la literatura, son generalmente una mezcla de resina alquídica, fenólica y/o butilada, lo cual le proporciona cuerpo y brillo al barniz; solventes como xilol y varsol para solubilizar la resina; pigmentos minerales en caso de contener, ya que en su mayoría los barnices son incoloros; y agentes secantes como octoatos de plomo, cobalto, manganeso y calcio, y en algunos casos aceite vegetal neutralizado generalmente de soya, con el fin de regular la viscosidad del barniz. Adicionalmente, contiene otros aditivos que proporcionan diferentes características al producto final. Es posible que en el momento de formular el barniz varíen algunos de los componentes mencionados al inicio, al igual que sus proporciones en la mezcla; esto depende de las condiciones y características finales que el cliente requiera. (SEVIM, ET AL., 1995; CANO, ET AL., 2002; FOSTER ET AL., 1994).

Todos estos materiales son mezclados iniciando con la resina y el aceite a una temperatura que varía entre 65 y 75°C con el fin de facilitar la miscibilidad de ambos componentes, posteriormente se deja de calentar y se adicionan los demás componentes mezclando a una velocidad de 2500-3500 rpm durante 20 ó 40 minutos en un mezclador de discos dentados con el fin de garantizar una buena

dispersión del pigmento en polvo en caso de contenerlo, y también asegurar un buen mezclado e incorporación de todos los componentes, y finalmente un producto homogéneo. (SEVIM, ET AL., 1995).

Estos barnices comerciales generalmente cuentan con un tiempo de secado de 4 horas aproximadamente, una adherencia total (100%), una densidad de 0.89 g/ml, viscosidad de 162.8cp, un porcentaje de sólidos aproximadamente de 32.3%, y muy buena estabilidad evaluada a un tiempo de 3 meses.

Una opción del porcentaje de los componentes mencionados anteriormente, contenidos en un barniz comercial según lo reporta la literatura, es:

Tabla 1. % peso componentes de barniz

COMPONENTE	% PESO
Varsol	12.27
Resina	58.62
Pigmento	24.54
Octoato de plomo	2.45
Octoato de cobalto	0.46
Octoato de manganeso	0.35
Octoato de calcio	0.35
Aditivos	0.27
Xilol	0.68

Fuente: Cano, et al., 2002.

A diferencia de los barnices comerciales, en este proyecto se busca un barniz que no contenga resina, de este modo no es necesario calentar al momento de mezclar los componentes, ya que cuentan con densidades similares. Debido a que la formulación no cuenta con resina, tampoco es necesario el uso de solventes, que son nocivos para la salud humana por su alta volatilidad, produciendo efectos narcóticos, irritación en el organismo, quemaduras del tracto respiratorio, depresión del sistema nervioso central, entre otros. (HOJA DE SEGURIDAD DE MATERIALES, 2006). De igual forma se utilizará un pigmento natural como la

Páprika, ya concentrado en estado líquido, de esta manera es posible disminuir las rpm y tiempo de mezclado; facilitando la incorporación del mismo a la mezcla, a diferencia de un pigmento en polvo. También se hará uso de secantes como octoatos de circonio reemplazando al de plomo, al igual que de manganeso, cobalto y calcio. Esto proporciona un secado de profundidad, superficial e interior de la película, rápido secado al tacto respectivamente; finalmente el octoato de calcio se adiciona como auxiliar para reforzar los demás secantes.

Con estos cambios en la formulación del barniz se pretende incidir en ahorros de tiempo y energía por la facilidad del mezclado y agilidad en el proceso de formulación y elaboración, y lo más importante, finalmente obteniendo un producto amigable con el medio ambiente, disminuyendo la toxicidad para la salud de las personas.

2. MATERIALES Y METODOS

2.1 Materiales

El Aceite de Soya crudo fue suministrado por la empresa Grasas S.A, Buga, Valle. El aceite de linaza fue adquirido en Protokimica, Medellín, Antioquia. El pigmento natural de Páprika fue suministrado por Colorquímica S.A. Los secantes octoato de calcio, cobalto, manganeso y circonio fueron adquiridos en Exdequin S.A. Los reactivos ácido fosfórico 0.5%, hidróxido de Sodio 0.1028N, cloroformo, reactivo de Wijs, yoduro de potasio 15%, solución de almidón 1%, hidróxido de potasio 0.5N y ácido clorhídrico 0.5N fueron suministrados por el Laboratorio de Investigación y Desarrollo de la Universidad EAFIT.

2.2 Métodos

2.2.1 Refinación del Aceite de Soya crudo

2.2.1.1 Desgomado

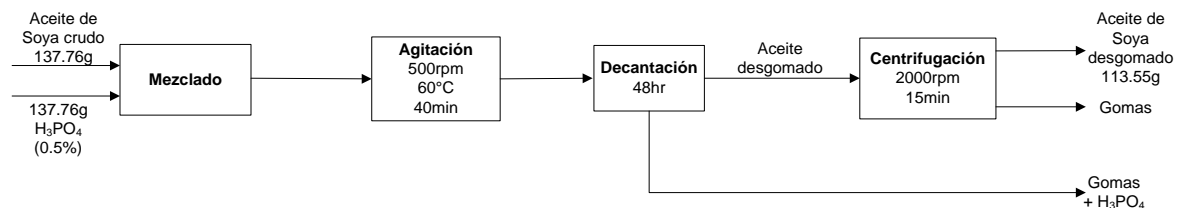
En su mayoría los aceites vegetales contienen impurezas como: mucílagos, fosfátidos, peróxidos, hidratos de carbono, fosfofenoles, polipéptidos, proteínas, esteroides, entre otros; comúnmente denominado sustancias insaponificables, o genéricamente conocidos como gomas.

Con el fin de eliminar estas impurezas, es necesario llevar a cabo el desgomado del aceite crudo de soya, utilizando ácido fosfórico (H_3PO_4), retirando este tipo de sustancias que afectan el proceso, como pigmentación y características del producto final, adicionalmente el aceite contiene ácidos grasos libres. Los aceites son inertes al ataque de los ácidos, al contrario de las gomas y las sustancias

albuminoides que contenga el mismo. (BENJUMEA ET AL., 2003; ANDERSEN, 1965).

Para el desgomado del aceite crudo de soya, se utiliza una solución de H_3PO_4 al 0.5% de concentración, en una relación 1:1 peso a peso, con respecto al aceite. En este caso se tomaron 137.76g de aceite, junto con la misma cantidad de la solución del ácido. (ALZATE, ET AL., 2008).

Posteriormente esta mezcla es llevada a una plancha eléctrica de agitación y calentamiento CORNING Discovering Beyond Imagination, a 500rpm, $T= 60^{\circ}C$ durante 40 minutos; pasado este tiempo la mezcla se retira de la plancha y se deja separar durante 48 horas. Luego de esta primera separación el aceite obtenido se lleva a una centrífuga eléctrica universal HETTICH, con el fin de separar el aceite de las gomas y agua, residuos de la primera separación, esto se realiza a 2000 rpm durante 15 minutos. (HOJAS DE REGISTRO 3, 2004; HOJAS DE REGISTRO 4, 2004).

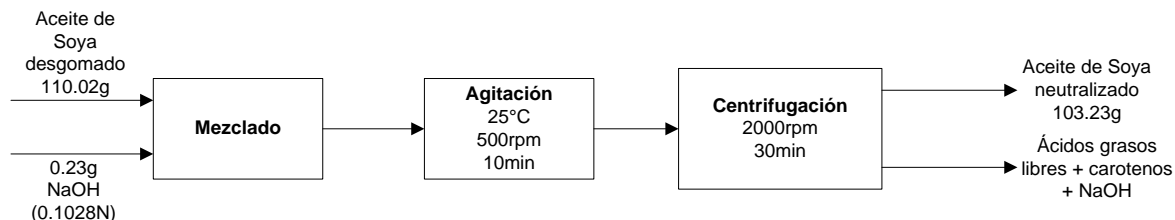


2.2.1.2 Neutralización

Este proceso se lleva cabo con el fin de retirar los ácidos grasos libres que le proporcionan acidez al Aceite de Soya. El aceite desgomado se trata con hidróxido de sodio (NaOH), utilizado en la industria debido a su bajo costo y eficiencia; así se eliminan impurezas y carotenos que proporcionan color, que pueden causar inestabilidad en el producto final.

Para la neutralización de 110.02g de aceite desgomado, se utilizaron 0.23g de NaOH a una concentración de 0.1028N. Este proceso se realizó a 25°C, agitando a

500 rpm, durante 10 minutos. Pasado este tiempo se emplea la centrífuga a 2000 rpm durante 30 minutos. (ALZATE, ET AL., 2008).



2.2.2 Caracterización del Aceite de Soya

El modelo de cálculo que se presenta a continuación corresponde al Aceite de Soya crudo, de igual forma se presentan en el capítulo 3 los resultados concernientes a la caracterización respectiva del Aceite de Soya neutralizado.

2.2.2.1 Índice de acidez

Esta prueba consiste en determinar la acidez del Aceite de Soya, cuantificando la cantidad de miligramos de NaOH requerido para neutralizar los ácidos grasos libres contenidos en 1g de aceite. La acidez para el Aceite de Soya se expresa en porcentaje de ácido oléico (NTC 218, 1978).

El proceso consiste en titular con NaOH 0.1028N de concentración, una muestra de 1.01g de aceite de soya crudo. Por medio del cual se cuantifican los miligramos de NaOH requeridos por 1g de aceite, en este caso fueron 2.4672mg de NaOH por 1g de aceite.

De igual forma según la norma respectiva, la Acidez del Aceite se define como "calidad determinada por el contenido de ácidos grasos libres de un aceite o grasa, expresada en gramos del ácido que indique la Norma ICONTEC correspondiente a cada producto por 100g de muestra".

2.2.2.2 Índice de yodo

Esta prueba consiste en medir las insaturaciones (dobles enlaces) presentes en los ácidos grasos que conforman un triglicérido, y por tanto está también relacionado con el punto de fusión o de dureza y densidad de la materia grasa. (NTC 283, 2002).

Para esta prueba se toma una muestra de 0.25g de aceite de soya crudo, se agrega cloroformo como solvente y reactivo de Wijs, y la mezcla se coloca en la oscuridad durante 30 min. Pasado este tiempo se adiciona yoduro de potasio KI al 15% y agua, se agita vigorosamente. Posteriormente se adiciona solución de almidón al 1%, como indicador y se procede a titular con tiosulfato de sodio al 0.1N. En este caso la cantidad de tiosulfato consumido en la prueba con el aceite fue 42.5ml.

Del mismo modo se lleva a cabo el procedimiento para el blanco (prueba sin aceite); donde se consumió 63.6ml de tiosulfato.

2.2.2.3 Índice de saponificación

Según la norma respectiva se define el índice de saponificación como el número de miligramos de hidróxido de potasio que se requieren para saponificar 1g de aceite.

En este método se hace saponificar una cantidad en exceso de hidróxido de potasio con cada uno de los ácidos grasos presentes en el triglicérido, titulándose luego, el exceso de KOH con un ácido fuerte de concentración conocida. (NTC 335,1970).

Para realizar la prueba con el aceite, se toma 2.5ml de muestra (aceite) y se adiciona la solución alcohólica de hidróxido de potasio KOH 0.5N, se agita; y se conecta a un condensador con reflujo, hasta que la mezcla hierva, luego se deja enfriar, y se procede a titular con ácido clorhídrico HCL al 0.5N.

Para hacer la prueba al blanco se repite el procedimiento anterior, pero sin utilizar el aceite.

2.2.3 Formulación del barniz

Para la formulación del barniz con base en Aceite de Soya se utilizaron componentes como: Aceite de Soya neutralizado, aceite de linaza y octoatos de circonio, manganeso, cobalto y calcio. Las cuatro formulaciones planteadas en porcentaje peso, son las siguientes:

Tabla 2. Formulaciones en porcentaje peso

	FORMULACIONES			
	1 (%)	2 (%)	3 (%)	4 (%)
Octoatos	1.0	1.5	0.5	0.7
Soya	49.5	71.8	64.8	59.7
Linaza	49.5	26.8	34.7	39.7

El porcentaje de octoatos se discrimina de la siguiente manera:

Tabla 3. Porcentajes en peso de octoatos en cada formulación

	FORMULACIONES			
	1 (%)	2 (%)	3 (%)	4 (%)
Octoatos	1.0	1.5	0.5	0.7
Circonio	0.7	1.0	0.34	0.48
Manganeso	0.1	0.1	0.05	0.07
Cobalto	0.1	0.2	0.06	0.09
Calcio	0.1	0.1	0.05	0.07

La relación de Aceite de Soya y linaza (Soya/linaza) es:

Tabla 4. Relación Soya/linaza

Formulación	Soya/linaza
1	1
2	2.68
3	1.87
4	1.50

Inicialmente se mezcló el Aceite de Soya con el aceite de linaza siguiendo las relaciones mostradas en la tabla 4, este último debido a que posee propiedades secantes las cuales aceleran el tiempo de secado del barniz en la madera. Posteriormente se agrega a la mezcla de aceites 1 ml del pigmento paprika con el fin de obtener una tonalidad naranja, para este caso también se puede utilizar achiote; posteriormente se adicionaron los aditivos secantes en las cantidades mencionadas en la tabla 3 los cuales según la proporción afectan el secado y la formación de capa, debido a que una mayor cantidad de aditivos secantes dificultan la formación de la misma, ya que esta reticula al ser aplicada sobre el soporte ya sea vidrio o madera, luego se deja en constante agitación durante una hora con un agitador de paletas estándar eléctrico HEIDOLPH.

2.2.4 Prueba de Secado

Esta prueba inicia aplicando el barniz con brocha sobre una superficie de madera, en este caso triplex, posterior a la aplicación se comienza la toma de tiempo, y se hace una revisión de la película cada media hora, donde se pasa suavemente la yema del dedo y se ejerce presión, en la cual si se siente tactoso y/o se observa huella, entonces se debe dejar secar durante más tiempo. Finalmente al estar completamente seca la película, es decir, al no presentarse huella o tacto, se detiene la toma de tiempo, y de esta manera se determina el tiempo de secado de la película. (GIL, 2007).

2.2.5 Prueba de Adherencia

Para llevar a cabo esta prueba se realiza un ensayo de corte enrejado, la cual consiste en hacer cortes perpendiculares y cruzados, con una cuchilla filosa, formando un enrejado de 25 cuadros, con 1mm de distancia entre cada una de las líneas de corte. Este procedimiento se realiza a la tabla previamente barnizada y ya seca. Luego de finalizar la elaboración del enrejado se procede a cubrir toda la cuadrícula con cinta adhesiva, teniendo cuidado de que esta quede bien adherida, luego de pasar 1min aproximadamente se retira la cinta con un movimiento rápido, en este momento se suma la cantidad de cuadros desprendidos y se aplica la siguiente fórmula con el fin de hallar el porcentaje de adherencia del barniz:

$$a = \frac{cd}{ct} \times 100$$

Donde:

a: adherencia en porcentaje

cd: cuadros no desprendidos

ct: total de cuadros tratados (GIL, 2007).

2.2.6 Diseño de experimentos

Se seleccionó un diseño estadístico completamente aleatorio, donde las variables de respuesta planteadas son la adherencia y el secado del barniz tanto en madera como en vidrio, este último con el fin de analizar la capacidad del mismo para formar película de recubrimiento. La madera elegida para las pruebas respectivas fue el triplex. El desarrollo del diseño de experimentos se realizó en el programa de estadística Statgraphics Plus 5.1.

Este diseño se llevó a cabo con el fin de comparar las 4 diferentes formulaciones desarrolladas, que incluyen dos réplicas para cada formulación; con los diferentes

tiempos de secado obtenidos respectivamente. De este modo elegir la formulación que cumple con un menor tiempo de secado y mejor formación de película y adherencia a la superficie para la que ha sido destinado.

Al utilizar Statgraphics, este plantea dos hipótesis para el análisis de los resultados, las cuales son:

H_0 (hipótesis nula): todas las medias son iguales, es decir, que no existen diferencias significativas entre los datos analizados.

H_a (hipótesis alterna): al menos una de las medias es diferente, lo que quiere decir, que existen diferencias significativas entre los datos analizados.

Esto con el fin de analizar el valor-p, dato arrojado por el programa, donde:

Valor-p $>$ 0.05 entonces acepto la hipótesis H_0

Valor-p \leq 0.05 entonces rechazo H_0

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Resultados de la refinación del aceite de soya

3.1.1 Desgomado

De una solución de aceite de soya crudo (137.76g) y H_3PO_4 , en una relación 1:1 peso a peso, se obtuvieron 113.55g de aceite desgomado. Por lo tanto el rendimiento del proceso de desgomado fue:

$$\%rendimiento = \frac{wobtenido}{wesperado} \times 100 = \frac{113.55gr}{137.76gr} \times 100 = 82.43\%$$

3.1.2 Neutralización

En este proceso se neutralizaron 110.02g de aceite desgomado, con NaOH 0.1028N; donde se obtuvieron 103.23g de aceite neutralizado. De este modo el rendimiento de la neutralización fue:

$$\%rendimiento = \frac{wobtenido}{wesperado} \times 100 = \frac{103.23gr}{110.02gr} \times 100 = 93.83\%$$

3.2 Resultados de la caracterización del aceite de soya

A continuación se presentan los resultados obtenidos de porcentaje de acidez, índice de yodo e índice de saponificación, tanto para el aceite de soya crudo, como para el neutralizado. De igual manera son representados por medio de gráficas, donde se puede apreciar según los resultados que la acidez, el índice de saponificación y el índice de yodo disminuyen al refinarse el aceite crudo de soya, tal como se esperaba y como se había planteado desde un inicio con el fin de generar un aceite apto para la elaboración de un barniz; eliminando gomas,

carotenos, ácidos grasos libres, entre otras impurezas, que puedan afectar el producto final.

3.2.1 Índice de acidez

Para determinar el índice de acidez, se presenta a continuación el modelo de cálculo para hallar la acidez expresada en % de ácido oléico:

$$A = \frac{282 \times v \times N}{m}$$

$$A = \frac{282 \frac{gr}{mol} \times 0.6 cm^3 \times 0.0001028 \frac{mol}{cm^3}}{1.01 gr} = 0.017 \times 100\% = 1.72\%$$

Donde:

v= Volumen de solución de hidróxido de sodio empleado en el ensayo, en cm³.

N= Normalidad de la solución de hidróxido de sodio empleado en el ensayo.

m= La masa de la muestra, en gramos.

282= Masa molecular del ácido oleico.

Tabla 5. % Acidez Aceite de soya crudo y neutralizado

Variables	Valor	
	Crudo	Neutralizado
m (g)	1.01	1.01
NaOH (cm ³)	0.6	0.5
N (mol/cm ³)	0.0001028	0.0001028
% Acidez	1.72	1.44

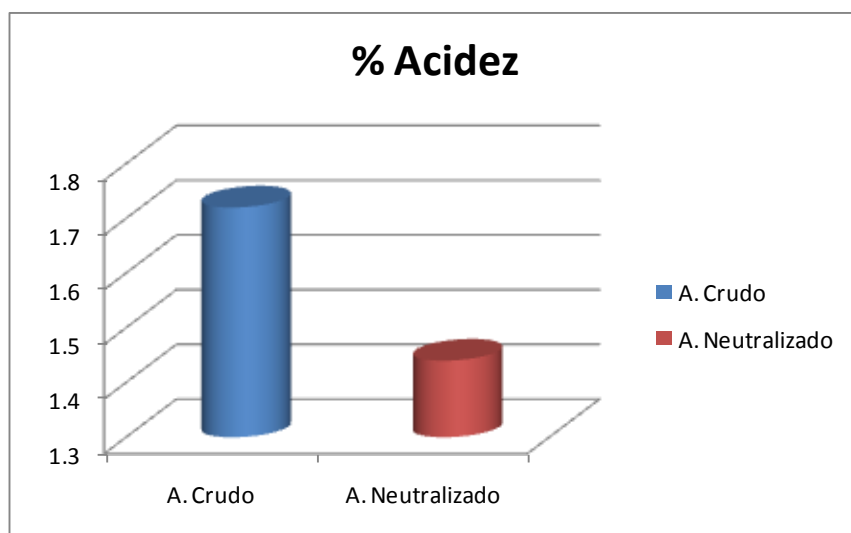


Figura 1. % Acidez Aceite de Soya crudo y neutralizado

El índice de acidez determina la cantidad de ácidos grasos libres; según los resultados se puede observar que este disminuye conforme se refina el Aceite crudo de Soya. De este modo disminuyen los ácidos grasos libres, lo cual de no ser así, pueden ocasionar una degradación del aceite y posterior mal olor del mismo. Igualmente estos ácidos grasos libres pueden producir jabón al entrar en contacto con alguna base durante el proceso de elaboración del barniz, finalmente obteniendo productos indeseables. (VIAN, 1994).

3.2.2 Índice de yodo

Teniendo en cuenta el procedimiento planteado con anterioridad para determinar el índice de yodo, se presenta a continuación el modelo de cálculo respectivo:

$$V.I = \frac{12.69 \times c \times (V_1 - V_2)}{m}$$

$$V.I = \frac{12.69 \times 0.1N \times (63.6ml - 42.5ml)}{0.25} = 107.10$$

V.I= Índice de yodo, expresado en gramos por 0.25g de aceite.

c= Valor numérico de la concentración de la solución de tiosulfato de sodio.

V₁= mililitros de la solución de tiosulfato de sodio empleado en el blanco.

V₂= mililitros de tiosulfato de sodio consumidos en la prueba con el aceite.

m= gramos utilizado para la prueba con el aceite.

Tabla 6. Índice de Yodo Aceite de Soya crudo y neutralizado

Variables	Valor			
	A. Neutralizado		A. Crudo	
	Aceite	Blanco	Aceite	Blanco
Aceite (g)	0.25	-	0.25	-
Tiosulfato (ml)	42.5	63.6	21.8	63.6
Tiosulfato (N)	0.1	0.1	0.1	0.1
V.I índice de yodo (g/25g aceite)	107.10		212.18	

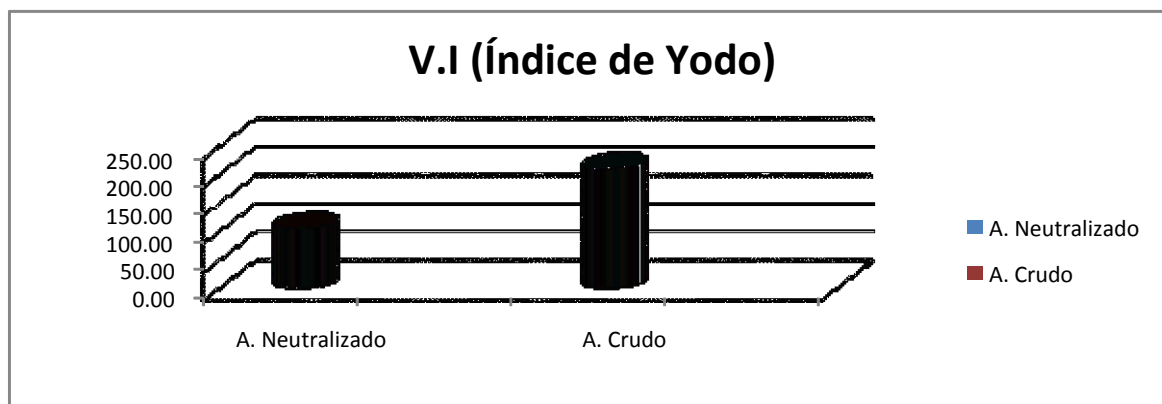


Figura 2. Índice de Yodo Aceite de Soya crudo y neutralizado

Como se mencionó con anterioridad, este índice permite conocer si se cuenta con un alto o bajo nivel de insaturaciones (dobles enlaces), en este caso en el aceite

de Soya tanto crudo como neutralizado. Los resultados de la prueba demuestran como disminuye este índice luego de refinar el aceite, lo que indica que el número de insaturaciones disminuye. Esto se debe al retiro de impureza del aceite crudo además de las gomas y ácidos grasos libres, los cuales también poseen insaturaciones, aumentando de esta manera el consumo de yodo y por ende el índice; por tal motivo al ser retiradas estas impurezas durante el desgomado y la neutralización, se retiran también insaturaciones, disminuyendo de esta manera el consumo de yodo a la vez que disminuye el índice, lo cual indica que posee propiedades de un aceite semisecante. A pesar que esta propiedad disminuye, es necesario llevar a cabo este procedimiento ya que el contenido de gomas, ácidos grasos libres y demás impurezas aceleran la degradación del aceite, disminuyendo el tiempo de vida útil. (BAILEY, 1984).

Los dobles enlaces son los sitios más propensos a reaccionar con el oxígeno, por lo tanto su cantidad determina la susceptibilidad a la oxidación. En este caso el aceite se polimeriza y se convierte en un sólido parecido al plástico. (VILLARQUIDE, 2004).

Según los cálculos previos, se puede apreciar que el índice de yodo del Aceite de Soya crudo es de 212.18, lo cual corresponde a un aceite secante; mientras que luego que este es refinado hasta el grado de neutralización, el índice de yodo disminuye hasta 107.10 siendo este menor que 170 correspondiendo así a un aceite semisecante. (VIAN, 1994).

3.2.3 Índice de saponificación

Teniendo en cuenta el procedimiento planteado con anterioridad para determinar el índice de saponificación, se presenta a continuación el modelo de cálculo respectivo:

$$I_s = \frac{(V_o - V_1) \times c \times 56.1}{m}$$

$$I_s = \frac{(21.2 - 4.2) \times 0.5 \times 56.1}{2.216} = 215.19$$

V_0 = mililitros ácido clorhídrico que se usa para el ensayo en blanco.

V_1 = mililitros ácido clorhídrico que se usa para el ensayo con el aceite.

c = concentración N del ácido clorhídrico.

m = gramos del aceite tomado como muestra.

Tabla 7. Índice de saponificación Aceite de Soya crudo y neutralizado

Variables	Valores	
	Crudo	Neutralizado
V_0 (ml)	21.2	22
V_1 (ml)	4.2	15
c (N)	0.5	0.5
m (g)	2.216	2.216
I_s (mg KOH/g aceite)	215.19	88.61

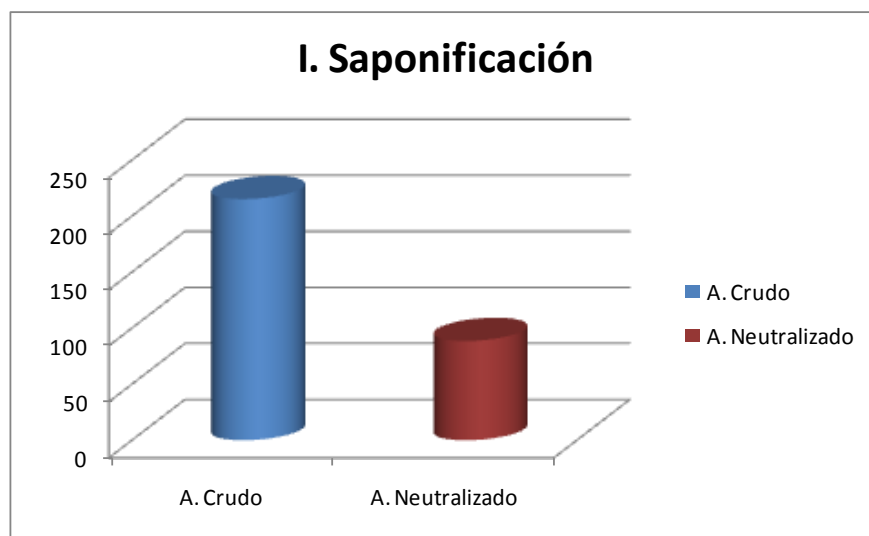


Figura 3. Índice de Saponificación Aceite de Soya crudo y neutralizado

Como se mencionó anteriormente, el índice de saponificación indica los miligramos de KOH necesarios para saponificar un gramo de aceite. Pero además

de esto permite saber la facilidad de saponificación del aceite, es decir, de formar jabón; en este caso a lo largo del proceso de elaboración del barniz, donde el aceite es el componente principal. De este modo se puede observar como disminuye el índice de saponificación luego que el aceite es neutralizado, al igual que se reducen los ácidos grasos, tal como lo indica también el índice de acidez; además de este modo disminuye la posibilidad de formación de jabón durante la mezcla con los demás componentes requeridos para la elaboración del barniz. (ORTUÑO, 2006).

3.3 Resultados de la formulación del barniz

Luego de obtener las cuatro formulaciones de barniz para madera, se procedió a realizar las respectivas pruebas de secado tanto en vidrio como en madera, y adherencia en madera.

La prueba de secado en vidrio se realizó con el fin de determinar la formación de película del barniz, al igual que el tiempo de secado del mismo. Para esto se procedió aplicando el barniz con brocha, con un espesor de película aproximado de 0.1mm, en las cuatro formulaciones con el fin de obtener uniformidad en el espesor de la película. Los tiempos promedio del secado del barniz sobre el vidrio se presentan en la tabla 8.

Tabla 8. Tiempo promedio de secado del barniz en una superficie de vidrio, para las cuatro formulaciones y el comercial

Formulación	tiempo de Secado (promedio) (horas)
1	75.67
2	75.2
3	86.43
4	83.63
Comercial	19.5

Según los datos obtenidos se puede apreciar como las cuatro formulaciones obtenidas tienen un mayor tiempo de secado, comparado con el barniz para madera comercial, puesto que este último presenta un tiempo de secado de 19.5 horas, un valor cuatro veces menor que la mejor formulación obtenida.

Analizando las cuatro formulaciones se puede observar como la segunda presenta un menor tiempo de secado con respecto a las otras tres formulaciones, sin variar o ser grande la diferencia entre estos tiempos, en especial con la primera. El tiempo de secado de la segunda formulación concuerda con esto debido a que contiene una mayor cantidad de aditivos secantes (octoatos).

Respecto a la formación de la película se pudo observar que aunque todas formaron película, la formulación dos fue la mejor, debido a que no presentó reticulación en ningún punto de la misma, características que si presentaron las otras tres formulaciones. Cabe mencionar que el barniz estándar tampoco presentó reticulaciones.

La prueba de secado también se llevó a cabo en madera (triplex), debido a que este es el fin último del barniz. Para esta prueba el barniz fue aplicado en tablas de triplex de 15x15 cm y 4 mm de espesor, con brocha. En este caso se aplicaron dos capas de barniz, con el fin de garantizar homogeneidad y recubrimiento del mismo sobre la superficie. Los tiempos promedio de secado del barniz sobre la superficie de madera, se pueden observar en la tabla 9.

Tabla 9. Tiempo promedio de secado del barniz en una superficie de madera, para las cuatro formulaciones y el comercial

Formulación	tiempo de Secado (promedio) (horas)
1	25.085
2	24.875
3	26.25
4	25.375
Comercial	6

Durante el proceso de secado en madera, se observó que este presentó un secado de tipo mixto, debido a que secó tanto por oxidación gracias al contacto con el aire, como por absorción, ya que la madera presenta porosidad. Se puede observar que los tiempos de secado sobre la superficie de madera son mucho menores que los presentado en la superficie de vidrio, gracias al secado mixto que presenta la madera. De estos tiempos de secado, nuevamente se puede observar que la segunda formulación presenta el menor; como se mencionó anteriormente gracias a la presencia de mayor cantidad de aditivos secantes (octoatos). En comparación con el barniz comercial, el tiempo de secado es mayor, debido a que el barniz comercial tiene un tiempo de secado de 6 horas, un valor cuatro veces menor a la mejor formulación obtenida.

Debido a la porosidad de la madera, la cual absorbió parte del barniz; al momento de realizar la prueba de adherencia se pudo percibir que no hubo desprendimiento del mismo, por lo cual se puede decir que hay una adherencia del 100%, esto se presentó en las cuatro formulaciones, además del barniz comercial.

3.4 Resultados del diseño de experimentos

Para el análisis de los resultados obtenidos, se utilizó el programa estadístico Statgraphics, como ya se mencionó anteriormente. Especialmente se realizó un análisis de varianza multifactorial ANOVA.

Comparando el tiempo de secado respecto al porcentaje total de aditivos secantes (octoatos) utilizados en las cuatro formulaciones, y a las dos superficies evaluadas (vidrio y madera), se obtuvieron los siguientes resultados representados por medio de tablas y gráficos.

Tabla 10. Tabla ANOVA. Comparación de tiempo de secado vs. Porcentaje total de octoatos y superficie

Análisis de la Varianza paratiempo de secado - Sumas de Cuadrados de Tipo III					
Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Octoatos	347.15	3	115.717	21.08	0.0000
B:Superficie	36084.2	1	36084.2	6574.55	0.0000
RESIDUOS	236.004	43	5.48847		
TOTAL (CORREGIDO)	36667.3	47			
Los cocientes F están basados en el error cuadrático medio residual.					
El StatAdvisor					
<p>La tabla ANOVA descompone la variabilidad de tiempo de secado en las contribuciones debidas a varios factores. Puesto que se ha elegido la suma de cuadrados Tipo III (valor por defecto), se ha medido la contribución de cada factor eliminando los efectos del resto de los factores. Los P-valores comprueban la importancia estadística de cada uno de los factores. Dado que 2 p-valores son inferiores a 0.05, estos factores tienen efecto estadísticamente significativo en tiempo de secado para un 95.0%.</p>					

Los resultados arrojados por el programa, representados en la tabla 10, permiten comparar en este caso, como se comporta el tiempo de secado de las cuatro formulaciones, respecto al porcentaje total de octoatos utilizados y la superficie en la que fue aplicado el barniz. De este modo permite identificar si existe o no una diferencia significativa entre los mismos. En este caso al ser menor que 0.05 el valor-p, indica que si existen diferencias significativas, como se discrimina en la tabla siguiente.

Tabla 11. Tabla Contraste Múltiple de Rangos. Comparación de tiempo de secado vs. Porcentaje total de octoatos y superficie

Contraste Múltiple de Rangos para tiempo de secado según Octoatos				
Método: 95.0 porcentaje LSD				
Octoatos	Recuento	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
1.5	12	50.0375	0.676293	X
1	12	50.3775	0.676293	X
0.7	12	54.5025	0.676293	X
0.5	12	56.34	0.676293	X
Contraste			Diferencias	+/- Límites
0.5 - 0.7			1.8375	1.92881
0.5 - 1			*5.9625	1.92881
0.5 - 1.5			*6.3025	1.92881
0.7 - 1			*4.125	1.92881
0.7 - 1.5			*4.465	1.92881
1 - 1.5			0.34	1.92881
* indica una diferencia significativa.				

Los resultados representados en la tabla 11 indican que existen grupos homogéneos, es decir, en este caso es indiferente utilizar un porcentaje de 1.5 ó 1% de octoatos, y 0.7 ó 0.5% de octoatos, debido a que entre cada uno de estos dos grupos se presenta un tiempo de secado similar, tanto para vidrio como para madera, siendo menor el tiempo de secado del grupo 1.5 y 1% de octoatos, tal como se había analizado anteriormente. Como se discrimina en la parte inferior de la tabla 11 (Contraste), se puede observar de un modo más específico la diferencia entre los porcentajes de octoatos utilizados, confirmando las diferencias mencionadas anteriormente. Ya que el grupo de porcentaje total de octoatos, que presentó un menor tiempo de secado fue el de 1.5 y 1%, y además de ser indiferente utilizar alguno de los dos porcentajes presentando un tiempo de secado similar, se puede optar por utilizar un 1% total de octoatos debido a que se incidiría en ahorro de costos de material, pero se elige la formulación 2, ya que presenta una mejor formación de capa, debido a que no presenta reticulación en ningún punto de la misma, a diferencia de las demás formulaciones.

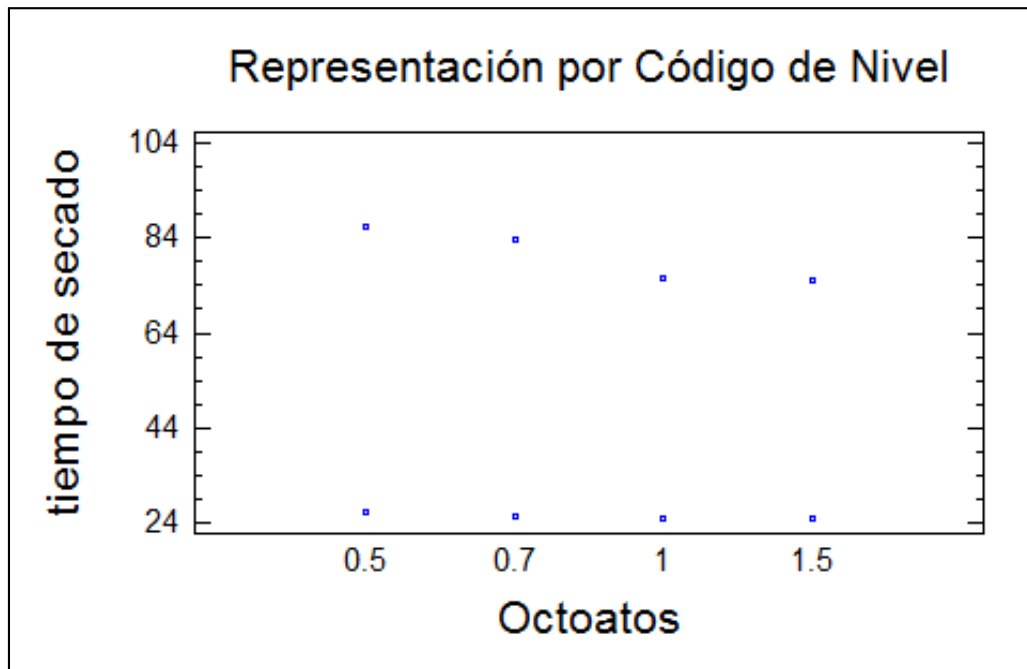


Figura 4. Gráfico de dispersión. Comparación de tiempo de secado vs. Porcentaje total de octoatos y superficie

La gráfica de dispersión muestra como el tiempo de secado se ve afectado tanto por la cantidad total utilizada de octoatos y la superficie en la que ha sido aplicado. De este modo se reconfirma que el tiempo de secado en madera es menor que el secado en vidrio, a la vez que se aumenta la cantidad de octoatos. Esto se debe al secado mixto en la madera, explicado anteriormente.

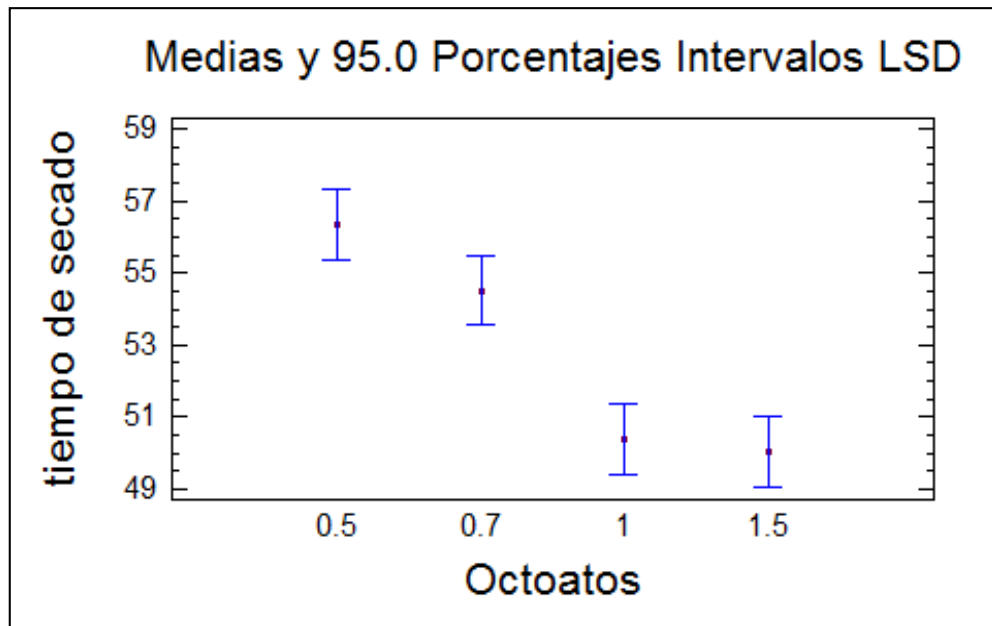


Figura 5. Gráfica de medias. Comparación de tiempo de secado vs. Porcentaje total de octoatos y superficie

Esta gráfica toma el tiempo de secado tanto de la superficie del vidrio, como de la madera, para cada formulación; arrojando así la media de los mismos. Por medio de estos resultados se sigue confirmando que las formulaciones uno y dos cuentan con menor tiempo de secado comparado con las otras formulaciones, para los dos tipos de superficie.

Tabla 12. Tabla ANOVA. Comparación del tiempo de secado respecto a la relación de aceite Soya/linaza y superficie

Análisis de la Varianza paratiempo de secado - Sumas de Cuadrados de Tipo III					
Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
EFEKTOS PRINCIPALES					
A:Soya linaza	347.15	3	115.717	21.08	0.0000
B:Superficie	36084.2	1	36084.2	6574.55	0.0000
RESIDUOS	236.004	43	5.48847		
TOTAL (CORREGIDO)	36667.3	47			
Los cocientes F están basados en el error cuadrático medio residual.					
El StatAdvisor					
<p>La tabla ANOVA descompone la variabilidad de tiempo de secado en las contribuciones debidas a varios factores. Puesto que se ha elegido la suma de cuadrados Tipo III (valor por defecto), se ha medido la contribución de cada factor eliminando los efectos del resto de los factores. Los P-valores comprueban la importancia estadística de cada uno de los factores. Dado que 2 p-valores son inferiores a 0.05, estos factores tienen efecto estadísticamente significativo en tiempo de secado para un 95.0%.</p>					

De nuevo se puede observar que el valor-p al ser menor que 0.05, indica que existen diferencias significativas entre el tiempo de secado y la relación de Soya/linaza utilizada en las cuatro formulaciones obtenidas, al igual que la superficie en que son aplicadas. Lo cual se explica con más detalle en la tabla 13.

Tabla 13. Tabla Contraste Múltiple de Rangos. Comparación del tiempo de secado respecto a la relación de aceite Soya/linaza y superficie

Contraste Múltiple de Rangos para tiempo de secado según Soya linaza				
Método: 95.0 porcentaje LSD				
Soya linaza	Recuento	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
2.68	12	50.0375	0.676293	X
1	12	50.3775	0.676293	X
1.5	12	54.5025	0.676293	X
1.87	12	56.34	0.676293	X
Contraste			Diferencias	+/- Límites
1 - 1.5			*-4.125	1.92881
1 - 1.87			*-5.9625	1.92881
1 - 2.68			0.34	1.92881
1.5 - 1.87			-1.8375	1.92881
1.5 - 2.68			*4.465	1.92881
1.87 - 2.68			*6.3025	1.92881
* indica una diferencia significativa.				

Estos resultados reafirman la existencia de dos grupos homogéneos, uno de ellos está conformado por la formulación 1 y 2, y el otro por la 3 y la 4, siendo las formulaciones 1 y 2 las de menor tiempo de secado; lo cual es coherente con los resultados obtenidos anteriormente en el análisis de los octoatos.

Analizando el grupo con menor tiempo de secado, la formulación 2 utiliza menor cantidad de aceite de linaza incurriendo en ahorros de este material, los cuales se puede invertir en octoatos, además de esto esta formulación presenta el menor tiempo de secado, lo que conlleva a confirmar que esta relación entre octoatos y Soya/linaza, muestra buenos resultados.

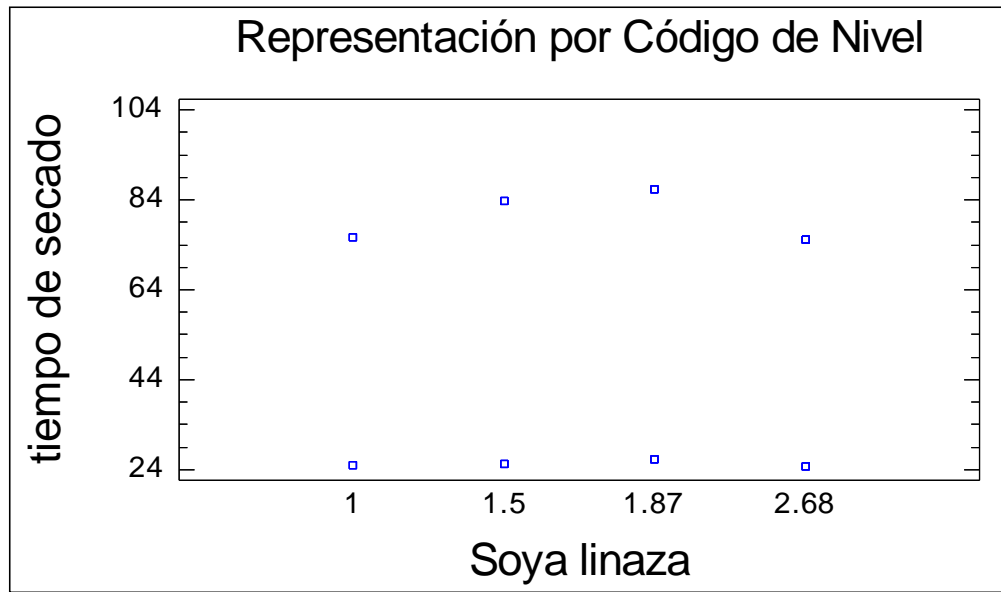


Figura 6. Gráfico de dispersión. Comparación del tiempo de secado respecto a la relación de aceite Soya/linaza y superficie

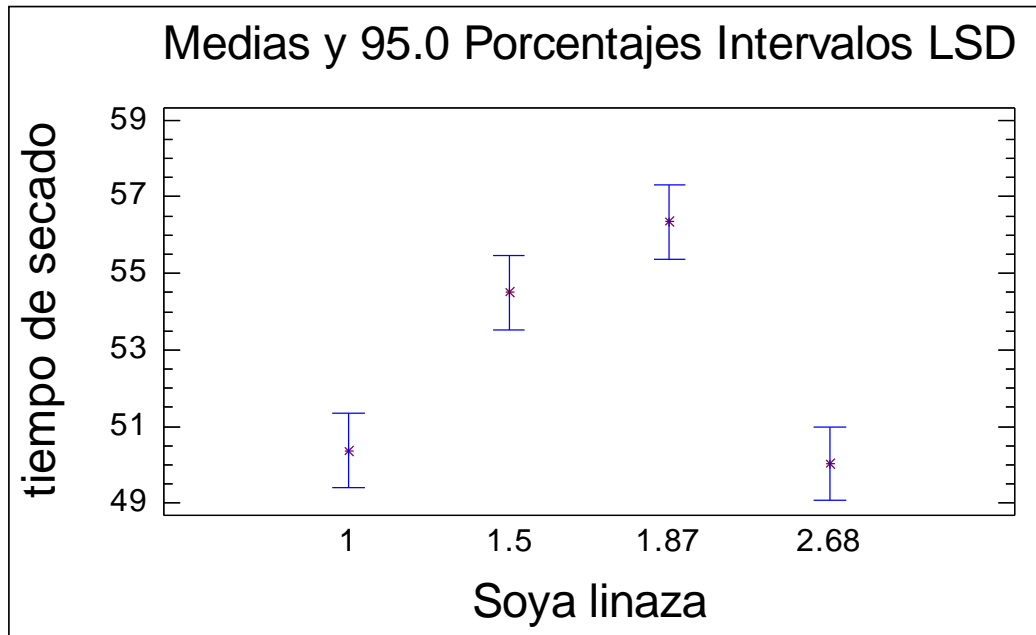


Figura 7. Gráfica de medias. Comparación del tiempo de secado respecto a la relación de aceite Soya/linaza y superficie

Las gráficas 6 y 7 muestran como el tiempo de secado en la madera es menor, en comparación con el vidrio; como ya se explicó anteriormente. Adicional a esto se analiza que las relaciones de Soya/ linaza para las formulaciones 1 y 2, siguen presentando menor tiempo de secado.

Tabla 14. Tabla ANOVA. Comparación del tiempo de secado respecto a la formula y la superficie de aplicación

Análisis de la Varianza paratiempo de secado - Sumas de Cuadrados de Tipo III					
Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
EFEKTOS PRINCIPALES					
A:Formulación	347.15	3	115.717	21.08	0.0000
B:Superficie	36084.2	1	36084.2	6574.55	0.0000
RESIDUOS	236.004	43	5.48847		
TOTAL (CORREGIDO)	36667.3	47			
Los cocientes F están basados en el error cuadrático medio residual.					
El StatAdvisor					
<p>La tabla ANOVA descompone la variabilidad de tiempo de secado en las contribuciones debidas a varios factores. Puesto que se ha elegido la suma de cuadrados Tipo III (valor por defecto), se ha medido la contribución de cada factor eliminando los efectos del resto de los factores. Los P-valores comprueban la importancia estadística de cada uno de los factores. Dado que 2 p-valores son inferiores a 0.05, estos factores tienen efecto estadísticamente significativo en tiempo de secado para un 95.0%.</p>					

El valor-p representado en la tabla 14, es menor que 0.05, lo que indica que existen diferencias significativas al comparar el tiempo de secado respecto a las cuatro formulaciones de barniz obtenidas y a la superficie de aplicación. Esto se ve en más detalle en la tabla 15.

Tabla 15. Tabla Contraste Múltiple de Rangos. Comparación del tiempo de secado respecto a la formula y la superficie de aplicación

Contraste Múltiple de Rangos para tiempo de secado según Formulación				
Método: 95.0 porcentaje LSD				
Formulación	Recuento	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
2	12	50.0375	0.676293	X
1	12	50.3775	0.676293	X
4	12	54.5025	0.676293	X
3	12	56.34	0.676293	X
Contraste			Diferencias	+/- Límites
1 - 2			0.34	1.92881
1 - 3			*-5.9625	1.92881
1 - 4			*-4.125	1.92881
2 - 3			*-6.3025	1.92881
2 - 4			*-4.465	1.92881
3 - 4			1.8375	1.92881
* indica una diferencia significativa.				

La tabla 15 presenta los grupos homogéneos resultantes, de este modo se puede analizar que es indiferente utilizar la formulación 1 ó 2, debido a que presentan tiempos de secado similares, al igual que las formulaciones 3 y 4, aunque estas últimas presentan un mayor tiempo de secado. Como se ha mencionado anteriormente se elije el grupo de formulaciones que tiene el menor tiempo de secado (1 y 2), y de estas se puede optar por la formulación 1, ya que se requiere menor cantidad de aditivos secantes, ahorrando costos; pero se elije la formulación 2, ya que presenta una mejor formación de capa, debido a que no presenta reticulación en ningún punto de la misma, a diferencia de las demás formulaciones.

En la parte inferior de la tabla 15 (contraste), se puede observar más detalladamente las diferencias significativas entre las diferentes formulaciones.

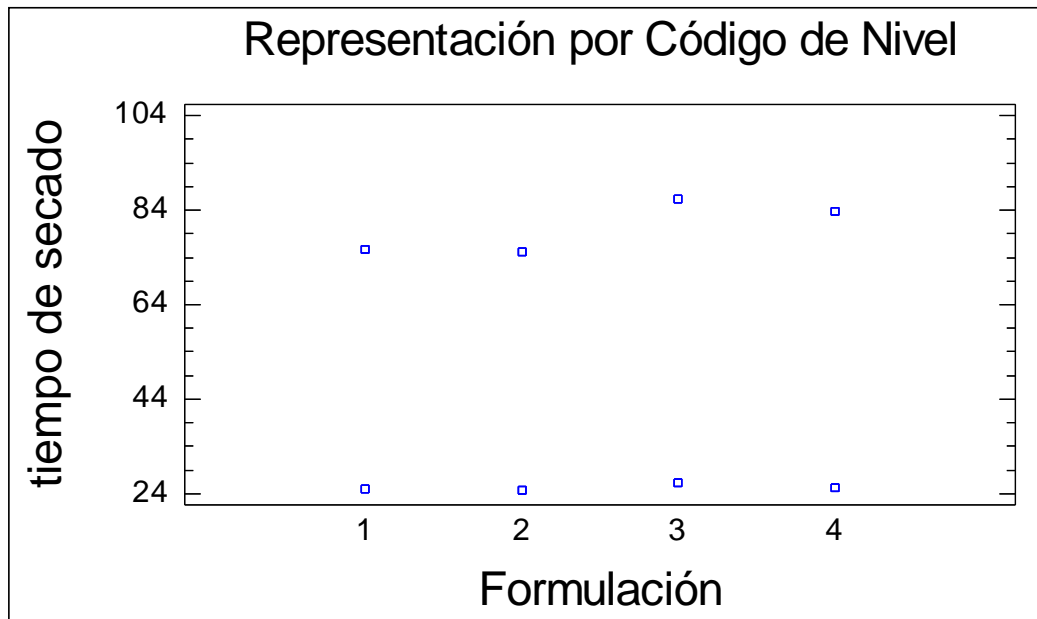


Figura 8. Gráfico de dispersión. Comparación del tiempo de secado respecto a la formula y la superficie de aplicación

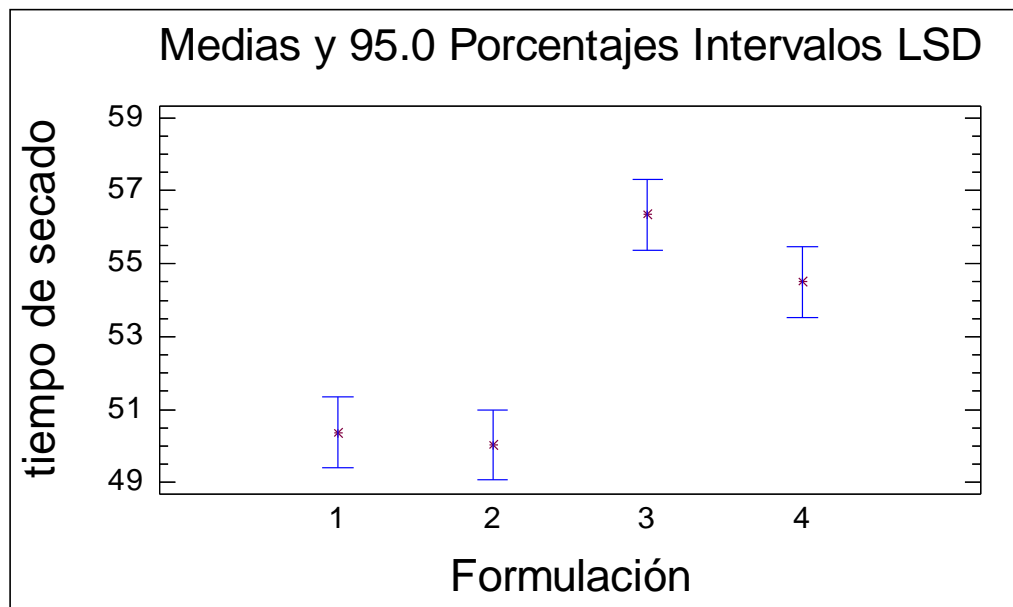


Figura 9. Gráfico de medias. Comparación del tiempo de secado respecto a la formula y la superficie de aplicación

Tanto la figura 8 como la 9, reafirman lo mencionado en los análisis anteriores, pero en este caso se analiza toda la formulación, es decir, el conjunto de octoatos, y aceites de Soya y linaza. Lo cual como se observa en el análisis anterior la relación aceite Soya/linaza contribuye a un menor tiempo de secado del barniz, gracias a las propiedades de aceite secante que estos contienen. De esta manera se puede decir que los análisis sólo con octoatos arrojaron un tiempo menor de secado para la formulación 2, de este modo analizando ya la combinación tanto de octoatos como de la relación aceite Soya/linaza, se sigue conservando esta tendencia, al igual que para las demás formulaciones.

3.5 Pruebas adicionales para el óptimo (formulación 2)

3.5.1 Densidad

Para realizar esta prueba se hizo uso de un picnómetro, lo cual permite calcular la densidad en unidades de masa (g) sobre volumen (ml); los resultados arrojados en esta prueba, tanto para el barniz formulado como para el comercial fueron:

Tabla 16. Densidad de formulación #2 de barniz y barniz comercial

DENSIDAD (g/ml)	
Formulación 2	0.92
Barniz comercial	0.89

Basado en los resultados, se puede determinar que ambos barnices, tanto el formulado como el comercial, presentan densidades similares.

3.5.2 Viscosidad

Esta prueba se realizó con ayuda del viscosímetro eléctrico BROOKFIELD, para determinar la viscosidad tanto del barniz formulado, como del barniz comercial. Los resultados se presentan a continuación:

Tabla 17. Viscosidad de formulación #2 de barniz y barniz comercial

	AGUJA	RPM	VISCOSIDAD (cp)
Formulación 2	1	50	101.8
Barniz comercial	2	100	162.8

Como se puede observar el barniz comercial presenta mayor viscosidad, esto debido a la presencia de resina.

3.5.3 Porcentaje de sólidos

Esta prueba permite determinar el contenido no volátil del barniz. Para su desarrollo se fabricaron inicialmente cuatro recipientes en papel de aluminio dos para cada tipo de barniz, es decir, tanto para el barniz comercial como para el barniz formulado (formulación 2), esto con el fin de realizar la prueba por duplicado. Los recipientes inicialmente se pesaron vacíos y este peso respectivo se denominó (w1), peso en gramos. A continuación se procedió a agregar 1g de barniz a cada recipiente, este peso de la muestra antes de su calentamiento y sin tener en cuenta el peso del recipiente de aluminio, se denominó (w2) peso en gramos. Posteriormente se procedió a llevar los recipientes de aluminio que contenían las muestras del barniz respectivo al horno, precalentado a 145°C durante 1 hora. Pasado este tiempo se retiraron las muestras del horno y se tomó el peso final del recipiente de aluminio con la muestra, peso denominado (w3) peso en gramos.

Finalmente se halla el porcentaje de sólidos con esta fórmula:

$$\frac{w3 - w1}{w2} \times 100$$

Estos resultados se promediaron tanto para el barniz comercial como para el formulado, los resultados se presentan en la tabla 18.

Tabla 18. Porcentaje de sólidos del barniz formulado (formulación 2) y del barniz comercial

	Porcentaje de sólidos (%)
Formulación 2	98
Barniz comercial	32.3

Básicamente por medio de esta prueba se determina la pérdida de peso de las muestras sometidas a calentamiento y el material que no se evapora constituye el elemento sólido de la muestra. Según los resultados se puede observar que el barniz comercial contiene menos sólidos que el barniz formulado, y que por ende contiene más material volátil. (ASTM D 1644-75, 1993).

3.5.4 Estabilidad

Esta prueba simula la vida útil del barniz por 3 meses en almacenamiento, esta fue aplicada tanto al barniz formulado (formulación 2), como al barniz comercial. Para llevar a cabo esta prueba se agregaron 100g de barniz a un frasco de vidrio con tapa, posteriormente se sometió a calentamiento en un horno precalentado a 60°C por 3 días; pasado este tiempo ambas muestras se retiraron del horno y se observaron en búsqueda de formación de nata o gelación, separación en capas, precipitación, suspensión y/o sedimentación.

En este caso el barniz formulado no presentó ningún cambio aparente, se mantuvo estable durante este tiempo, lo que indica una buena estabilidad, no presentó gelación, formación de nata, y tampoco ningún tipo de separación. Esto demuestra que su rendimiento y comportamiento no se alterará por lo menos en un lapso de 3 meses.

Esto a diferencia del barniz comercial, el cual si sufrió cambios, a pesar de que no se presentó formación de nata o gelación, si se notó sedimentación del mismo, indicando esto inestabilidad del barniz durante un lapso de 3 meses. (ASTM D 1849, 1995).

3.6 Comparación cualitativa de impactos ambientales entre el barniz formulado y el barniz comercial.

FACTOR	BARNIZ COMERCIAL*	BARNIZ FORMULADO
AIRE	<ul style="list-style-type: none"> • SEGÚN EL PORCENTAJE DE SÓLIDOS DETERMINADO ES DEL 32%, LO QUE INDICA QUE EL 68% SON COMPUESTOS VOLÁTILES EMITIDOS A LA ATMÓSFERA, LO CUAL POR SU CONTENIDO DE SOLVENTES, SE ESTIMA QUE GRAN PARTE DE ESTOS PUEDAN SER ORGÁNICOS VOLÁTILES. 	<ul style="list-style-type: none"> • EN SU MAYORÍA SE COMPONE DE ACEITES VEGETALES CON BAJO CONTENIDO DE COMPUESTOS VOLÁTILES, SEGÚN EL PORCENTAJE DE SÓLIDOS DETERMINADO ES DEL 98%, LO QUE INDICA QUE SÓLO EL 2% SON COMPUESTOS VOLÁTILES EMITIDOS A LA ATMÓSFERA.
	<ul style="list-style-type: none"> • INFLAMABLE (37-93°C). 	
	<ul style="list-style-type: none"> • NO ES COMBUSTIBLE, DEBIDO A QUE NO PRESENTA REACTIVIDAD, ES ESTABLE. 	<ul style="list-style-type: none"> • COMBUSTIBILIDAD (INFORMACIÓN NO DISPONIBLE).
AGUA	<ul style="list-style-type: none"> • INSOLUBLE EN AGUA. 	<ul style="list-style-type: none"> • INSOLUBLE EN AGUA.
	<ul style="list-style-type: none"> • CONTAMINACIÓN DEL AGUA POR EFLUENTES DE LAVADO DE EQUIPOS. 	<ul style="list-style-type: none"> • CONTAMINACIÓN DEL AGUA POR EFLUENTES DE LAVADO DE EQUIPOS.
	<ul style="list-style-type: none"> • NO ES UN PRODUCTO BIODEGRADABLE; POR LO TANTO AL CAER A FUENTES DE AGUA IMPIDE LA OXIGENACIÓN NATURAL Y CAUSA DAÑO EN LA FLORA Y FAUNA EXISTENTES. 	<ul style="list-style-type: none"> • DEBIDO A QUE ESTÁ COMPUESTO POR ACEITE DE SOYA Y LINAZA, ADEMÁS DE OCTOATOS, LOS CUALES SON EL 1.5% DE LA FORMULACIÓN, POR ENDE SU PROPORCIÓN ES MUY PEQUEÑA DENTRO DE LA FORMULACIÓN, LO CUAL SE ESTIMA QUE SE DISMINUYE EL PELIGRO DE CONTAMINACIÓN AMBIENTAL.

FACTOR	BARNIZ COMERCIAL*	BARNIZ FORMULADO
SUELO	<ul style="list-style-type: none"> • CONTAMINACIÓN DE FLORA Y FAUNA. NO DEBE SER ARROJADO EN RELLENOS, NI A BOTADEROS DE CIELO ABIERTO. AL SER UN MATERIAL PELIGROSO LOS DESECHOS SE DEBEN RECOGER Y ENVIAR A INCINERAR. • LA MAYORÍA DE LOS VAPORES SON MÁS PESADOS QUE EL AIRE, ESTOS SE DISPERSAN A LO LARGO DEL SUELO Y SE JUNTAN EN ÁREAS BAJAS O CONFINADAS (ALCANTARILLAS, SÓTANOS, TANQUES). 	<ul style="list-style-type: none"> • EN CASO DE DERRAME SE ESTIMA QUE SE PUEDE FACILITAR LA DEGRADACIÓN NATURAL DEBIDO A SU COMPOSICIÓN (71.8% ACEITE DE SOYA, 26.8% ACEITE DE LINAZA, 1.5% DE OCTOATOS Y 1ml DE PIGMENTO PÁPRIKA); DE ESTA MANERA NO AFECTA LA FLORA Y FAUNA DE LOS SUELOS.
FACTOR HUMANO	<ul style="list-style-type: none"> • PELIGROSO PARA LA SALUD, PRESENTA LAS SIGUIENTES CONSECUENCIAS: <ul style="list-style-type: none"> • ALERGIAS CUTANEAS, PUEDE GENERAR DERMATITIS. • IRRITACIÓN EN LOS OJOS. • TOXICIDAD POR INGESTIÓN. IRRITACIÓN EN BOCA, GARGANTA, ESÓFAGO Y ESTÓMAGO. • DAÑO EN EL SISTEMA NERVIOSO POR INHALACIÓN. 	<ul style="list-style-type: none"> • AUNQUE NO SE CUENTAN CON RESULTADOS CUANTITATIVOS DE PUEBAS DE TOXICIDAD, DEBIDO A SU COMPOSICIÓN (71.8% ACEITE DE SOYA, 26.8% ACEITE DE LINAZA, 1.5% DE OCTOATOS Y 1ml DE PIGMENTO PÁPRIKA), SE ASUMEN NIVELES MÁS BAJOS DE COMPUESTOS VOLÁTILES EN COMPARACIÓN CON EL BARNIZ COMERCIAL. PUEDE PRESENTAR ALERGIAS CUTÁNEAS Y TOXICIDAD POR INGENSTIÓN.

*Fuente: Hoja de Seguridad de Materiales. Barniz para madera. Compañía Global de Pinturas S.A, 2006.

3.7 Profit Margin

Para el cálculo del Profit Margin, se tuvo en cuenta la cantidad de componentes (en litros) consumidos en la formulación 2; de igual forma teniendo en cuenta el precio de compra de los mismos, se determinó el precio de los litros consumidos de cada material, esta información se expone en la tabla 19.

Tabla 19. Litros de material consumidos en la formulación 2 y precio respectivo de compra

	Formulación 2 (L)	Precio (\$)
Octoatos		
Circonio	0.0051	\$ 78.02
Manganeso	0.0007	\$ 7.77
Cobalto	0.0010	\$ 23.47
Calcio	0.0007	\$ 6.13
Soya	0.3588	\$ 416.47
Linaza	0.1338	\$ 1,203.75
Pigmento	0.0010	\$ 208.80
TOTAL	0.5010	\$ 1,944.40

Finalmente se concluye que para la formulación 2 se consumió en total 0.5010 L entre todos los componentes y según los precios a los que fueron comprados en el mercado estos costaron en total \$1,944.40; es decir, que el precio total por litro es \$3,881.04/L; que comparado con el precio de compra del barniz comercial utilizado en este proyecto, es mucho menor, ya que el precio del barniz comercial utilizado en este proyecto fue \$8,511/L. Teniendo en cuenta estos datos, se procede a hallar el Profit Margin así:

$$\begin{aligned} \text{Profit Margin} &= \Sigma \text{Revenue Products} - \Sigma \text{Cost Raw Materials} \\ \text{Profit Margin} &= (\$8,511 / L) - (\$3,881.04 / L) = \$4,629.96 / L \end{aligned}$$

Este margen de contribución positivo, indica que es prometedor llevar a cabo este proceso, a pesar que no es un método que permite tomar una decisión definitiva al

respecto, debido a que se debe tener en cuenta otros costos que intervienen en el mismo, pero si da una idea clara cuando de materiales se habla. (TURTON, 2003).

CONCLUSIONES

- La refinación del Aceite crudo de Soya se debe llevar hasta la neutralización, pasando por el desgomado donde se eliminan impurezas o gomas que afectan el producto final, y la neutralización con el fin de retirar los ácidos grasos libres que proporciona acidez al aceite, lo cual disminuye el tiempo de degradación. Además se estableció que en la fase de neutralización, el aceite posee propiedades semisecantes, como lo demostraron las pruebas de índice de yodo, igualmente se determinó llevar la refinación hasta este punto por razones económicas puesto que la fase de blanqueo, en este caso, no proporciona propiedades significativas al aceite, como propiedades de secado, sobre todo en la aplicación para lo cual este fue elaborado.
- Respecto a la caracterización del aceite refinado, se puede concluir que los resultados fueron satisfactorios, debido a que el índice de acidez, el índice de saponificación y el índice de yodo disminuyen, dándole características semisecantes al aceite.
- Según los resultados obtenidos, la formulación 2 presentó el menor tiempo de secado y la mejor formación de película, esto debido a la relación Soya/linaza, y el porcentaje de aditivos secantes (octoatos) utilizado.
- Para que exista una buena formación de película, se recomienda no exceder la cantidad total de octoatos en 1.5%, debido a que al aumentar su cantidad se produce reticulación del barniz.
- El tiempo de secado de las formulaciones obtenidas respecto al barniz comercial fue 4 veces mayor, esto se debe a que tales formulaciones no contienen resinas alquídicas, butiladas o fenólicas, ni solventes, los cuales aceleran el tiempo de secado.

- Se estima que el secado del barniz se ve afectado por la ausencia de resina en la formulación, ya que este componente ayuda al secado, proporcionando brillo y uniformidad en el secado de la película.
- Según los resultados de la prueba de porcentaje de sólidos se concluye que el barniz comercial cuenta con mayores emisiones de VOC en comparación con el barniz formulado, debido a que este último se compone en su mayoría por aceites vegetales (soya y linaza) y un bajo contenido de octoatos, lo que lo hace un producto biodegradable, a la vez que disminuye el peligro de contaminación ambiental.
- El Profit Margin evaluado para la formulación 2, arrojó un margen de contribución positivo, indicando que es prometedor llevar a cabo este proceso. El precio total por litro de la formulación 2 comparado con el precio de compra del barniz comercial utilizado en este proyecto, es menor en un 46%.

RECOMENDACIONES

- Agregar resina de colofonia maléica, esto con el fin de ayudar al secado, proporcionar brillo y dureza, además de uniformidad en la película.
- Elaborar nuevos ensayos utilizando aceite de linaza, tung o ricino, o una combinación de algunos de estos aprovechando sus propiedades secantes.
- Dado que el impacto ambiental del barniz fue evaluado de manera cualitativa, se recomienda realizar pruebas de impacto en los factores agua, aire, suelo y factor humano, con el fin de obtener resultados cuantitativos.

BIBLIOGRAFIA

- ALZATE, Carolina. FRANCO, Diana. HINCAPIÉ, Catalina. Obtención de biodiesel a partir del aceite extraído de la semilla de *Jatropha curcas* L. a escala de laboratorio. Trabajo de grado Ingeniero de procesos. Medellín: Universidad EAFIT. Escuela de Ingeniería. Departamento de Ingeniería de Procesos, 2008.
- ANDERSEN, Aage J. Refinación de aceites y grasas comestibles. Medellín, Colombia: 1965. Ed: Continental S.A.
- BAILEY. Alton E. Aceites y grasas industriales. España: 1984. Ed: Reverté S.A.
- BAUDRY, Georges. Relaciones Tinta Papel. España: 1970.
- BENJUMEA, P. et al. Biodiesel, Una revisión del proceso de obtención mediante la transesterificación de Aceites vegetales. En: Energética Vol 29. (Julio, 2003); p. 9-18.
- CANO, Liliana. PEREZ, Yolanda. ESPINEL, Jorge. Producción de resinas alquídicas a partir de los desechos del proceso del poliéster. Medellín. Universidad Nacional de Colombia. 2002. P. 1-9.
- FEDENIUK, Ricky W. BILIADERIS, Costas G. Composition and Physicochemical Properties of Linseed. Winnipeg. Canada. 1994.
- FLEXNER, Bob. Understanding Wood Finishing: How to Select and Apply the Right Finish. Estados Unidos. 1993.
- GIL, Gloria. Instructivo Pinturas Prime. Medellín, Colombia: 2007.

- HOJA DE REGISTROS 3. Hoja de registro de equipos laboratorio de Fenómenos químicos. Universidad EAFIT. Agitador magnético con calentamiento, 2004.
- HOJA DE REGISTROS 4. Hoja de registro de equipos laboratorio de Fenómenos químicos. Universidad EAFIT. Centrifuga universal, 2004.
- HOJA DE REGISTROS 5. Hoja de registro de equipos laboratorio de Fenómenos químicos. Universidad EAFIT. Balanza electrónica. 2002.
- HOJA DE REGISTROS 6. Hoja de registro de equipos laboratorio de Fenómenos químicos. Universidad EAFIT. Viscosímetro eléctrico. 2002.
- HOJA DE SEGURIDAD DE MATERIALES. Barniz para madera. Compañía Global de Pinturas S.A, 2006.
- MARKLEY, Klare Stephen. Fatty acids, their chemistry and physical properties. New York, EEUU: 1947. Ed: Interscience Publishers.
- Norma Standard Test Methods for Nonvolatile Content of Varnishes (ASTM D 1644-75), 1993.
- Norma Standard Test Method for Package Stability of Paint (ASTM D 1849), 1995.
- Norma Técnica colombiana (NTC 335). Imprenta y editoriales. Grasas y aceites. Método de determinación del índice de saponificación. Editada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC), Bogotá, 1970.
- Norma Técnica colombiana (NTC 218). Imprenta y editoriales. Grasas y aceites. Método de determinación de la acidez. Editada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC), Bogotá, 1978.

- Norma Técnica colombiana (NTC 289). Imprenta y editoriales. Grasas y aceites. Método de determinación del índice de refracción. Editada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC), Bogotá, 2002.
- Norma Técnica colombiana (NTC 283). Imprenta y editoriales. Grasas y aceites. Método de determinación del índice de yodo. Editada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC), Bogotá, 2002.
- ORTUÑO, Manuel F. Manual práctico de aceites esenciales, aromas y perfumes. España: 2006. Ed: Aiyana.
- PARKER, Dean H. Tecnología de los Recubrimientos de Superficies. Michigan, Estados Unidos. 1978.
- PARRAMON EDICIONES. Curso completo de dibujo y pintura. Barcelona, España: 1999. Ed: Parramon.
- REED, Robert F. CASALS, Ricardo. Tintas para Offset. España: 1969.
- SEVIM Z. Erhan. MARVIN O. Bagby. Vegetable-oil-based printing ink formulation and degradation. En: Industrial Crops and Products an International Journal. Peoria, IL: Elsevier, 1995. p. 237-246.
- TURTON, Richard. BAILIE, Richard C. WHITING, Wallace B. SHAEIWITZ, Joseph A. Analysis, synthesis, and desing of chemical processes. New Jersey: 1998. Ed: Pearson Education, Inc.
- U.S. PATENTE # 5.320.670. Soybean oil paint base. Inventors: A A, Foster. J Viscione. United State Patent.
- U.S. PATENTE # 4.045.232. Printing ink composition. Inventor: H B, Parkinson. United State Patent.

- U.S. PATENTE # 2.310.419. Varnish. Inventors: Wells W. Ginn. United State Patent.
- VIAN, Ángel. Introducción a la química industrial. Barcelona, España: 1994. Ed: Reverté S.A.
- VIGNOTE, Santiago. MARTÍNEZ, Isaac. Tecnología de la madera. España: 2005. Ed: Mundi-Prensa.
- VILLARQUIDE, Ana. La pintura sobre tela I. Historiografía, técnicas y materiales. 2004. Ed: Nerea S.A.
- WITTCOFF, Harold A. REUBEN, Bryan G. Productos Químicos Orgánicos Industriales. España. 2006.