



**UNIVERSIDAD MICHOACANA  
DE SAN  
NICOLAS DE HIDALGO**



**INGENIERIA**

**FACULTA DE INGENIERIA EN TECNOLOGIA DE LA MADERA**

**TESIS:**

**PRUEBAS DE RESISTENCIA DE PELICULAS APLICADAS DE ACABADOS DE LA MADERA DE 4 EMPRESAS DE BARNICES DE MEXICO.**

**PARA OBTENER EL GRADO DE:**

**INGENIERO EN TECNOLOGIA DE LA MADERA**

**AUTOR:**

**VICTOR HUGO DIAZ RIVERA**

**ASESOR:**

**DR. DAVID RAYA GONZALEZ**

**MORELIA, MICHOACAN. MAYO DEL 2016**



Facultad de  
**Ingeniería**  
en **Tecnología de la Madera**

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo



**OF. No. 13/2008**

Morelia, Mich., a 11 de Enero del 2008

**Asunto: Aprobación de Impresión de Tesis.**

**C. VICTOR HUGO DIAZ RIVERA**

PASANTE DE INGENIERO EN  
TECNOLOGÍA DE LA MADERA.  
P R E S E N T E .

En atención a su solicitud de aprobación de tema, me permito comunicarle que ha sido aceptado su Tema de Tesis intitulado: "**Pruebas de resistencia de Películas aplicadas de acabados de la madera de 4 Empresas de Barnices de México**", propuesto para presentar Examen Recepcional de Ingeniero en Tecnología de la Madera, que se desarrollará bajo el siguiente **ÍNDICE:**

1. INTRODUCCION.
2. OBJETIVOS.
3. ANTECEDENTES.
4. METODOLOGIA.
5. RESULTADOS.
6. DISCUSION DE RESULTADOS.
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.
8. ANEXOS.
9. BIBLIOGRAFIA.

Para tal efecto, fungirá como Director de Tesis el **Dr. David Raya González.**

ATENTAMENTE



*Jose Cruz de Leon*  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EN TECNOLOGIA DE LA MADERA

**DR. JOSE CRUZ DE LEON**

**Director**

JCDL/aaa.

## AGRADECIMIENTOS.

A Dios por haberme dado la oportunidad de hacer mi carrera y adquirir los conocimientos necesarios para luchar en la vida.

A mis padres por haberme enseñado y guiado por el buen camino, ya que gracias a ellos me he formado en lo que ahora soy.

A mis hermanos Elizabeth, Consuelo y Enrique por darme su apoyo moral durante tantos años y ser mis mejores amigos.

A mi Tía Rosa Larriva y a la Sra. Felicitas por su apoyo incondicional que me brindaron en todo momento de mi formación.

A mi hija Wendy Estrella por ser el motivo por quien he luchado todo este tiempo, para superarme y ofrecerle lo mejor de mí:

A mis parientes y amigos que me apoyaron, y confiaron en mí todo el tiempo sin esperar nada a cambio.

A mis profesores ya que ellos me guiaron y formaron académicamente para ser una persona preparada y así ser uno más de ellos, un profesional.

Por todo esto y ser de tal manera durante mucho tiempo solo me resta decirles GRACIAS.



# INDICE

1. INTRODUCCION	1
2. OBJETIVOS	3
3. ANTECEDENTES	4
3.1. Antecedentes Relacionados con los barnices	4
3.2. Exponencia personal de la industria de acabados para madera	7
3.2.1. Generalidades de los acabados	7
3.2.2. Lijado de las superficies de madera	8
3.2.3. Teñido de la superficie	11
3.2.4. La capa base y el acabado	12
3.2.5. Pulido y encerado	13
3.2.6. Resolviendo algunos problemas para el acabado	14
3.2.7. Algunos métodos para acabados	18
4. METODOLOGIA	21
4.1. Cálculo del contenido de humedad (CH) del sustrato.	22
4.2. Materia no volátil por peso	22
4.3. Tiempo de secado libre de polvo	24
4.4. Tiempo de secado al tacto	25
4.5. Tiempo de secado rígido	27
4.6. Resistencia a la abrasión	28
4.7. Resistencia a cambios de temperatura	30
4.8. Durabilidad al exterior	31
4.9. Resistencia al agua	32
4.10. Resistencia al álcali	33
4.11. Resistencia a detergentes	35
4.12. Resistencia a grasas, cosméticos y otros compuestos químicos caseros	35
4.12.1. Teñido por cosméticos	35
4.12.2. Resistencia al alcohol	36
4.12.3. Resistencia al agua hirviendo	36
4.12.4. Resistencia a aceites	36
4.13. Resistencia a impacto	37
4.14. Resistencia a solventes y a gasolina	41
5. RESULTADOS	42
5.1. Resultados del cálculo del CH del tablero	42
5.2. Resultados de la materia no volátil por peso	43
5.3. Resultados del tiempo de secado libre de polvo	48

5.4. Resultados del tiempo de secado al tacto	49
5.5. Resultados del tiempo de secado rígido	49
5.6. Resultados de la resistencia a la abrasión	51
5.7. Resultados de la resistencia a cambios de temperatura	53
5.8. Resultados de la durabilidad al exterior	53
5.9. Resultados de la resistencia al agua	57
5.10. Resultados de la resistencia al álcali	58
5.11. Resultados de la resistencia a detergentes	59
5.12. Resultados de la resistencia a grasas, cosméticos y otros compuestos químicos caseros	59
5.12.1. Resultados del teñido por cosméticos	59
5.12.2. Resultados de la resistencia al alcohol	60
5.12.3. Resultados de la resistencia al agua hirviendo	60
5.13. Resultados de la resistencia a aceites	61
5.14. Resultados de la resistencia a impacto	62
5.15. Resultados de la resistencia a solventes y gasolina	66
6. DISCUSION DE RESULTADOS	67
6.1. Materia no volátil por peso	67
6.2. Tiempos de secado	67
6.3. Prueba de abrasión	68
6.4. Prueba de resistencia al exterior	68
6.5. Prueba de resistencia a impacto	69
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	70
8. ANEXOS	73
9. BIBLIOGRAFIA	79

## INDICE DE TABLAS

1. Valoración de los resultados de impacto	39
2. Cálculo de materia no volátil del barniz de AQUIMEX	43
3. Cálculo de materia no volátil del barniz de IRURENA	44
4. Cálculo de materia no volátil del barniz de POLY FORM	45
5. Cálculo de materia no volátil del barniz de SAYER LACK	46
6. Valores del porcentaje de materia no volátil por peso (%MNV) de las cuatro empresas	47
7. Resultados del secado del fondo	48
8. Resultados del secado libre de polvo del brillo de poliuretano	48
9. Resultados de la prueba de secado al tacto	49
10. Resultados de la prueba de secado rígido o a presión	49
11. Cantidad de arena utilizada para la abrasión de cada película	51
12. Resultados del cálculo del coeficiente de abrasión	51
13. Resultados de resistencia a cambios de temperatura	53
14. Resultado de durabilidad al exterior de AQUIMEX	53
15. Resultado de durabilidad al exterior de IRURENA	54
16. Resultado de durabilidad al exterior de POLY FORM	54
17. Resultado de durabilidad al exterior de SAYER LACK	55
18. Tabla comparativa de los resultados al exterior	55
19. Resultados de la prueba de resistencia al agua	57
20. Resultados de la prueba de resistencia al álcali	58
21. Resultados de resistencia a detergentes	59
22. Teñido por cosméticos	59
23. Resistencia al alcohol	60
24. Resistencia al agua hirviendo	60
25. Resultados de la resistencia a aceites	61
26. Valoración del daño de impacto y grado de grietas	62
27. Diámetro de impacto en mm de AQUIMEX	62
28. Diámetro de impacto en mm de IRURENA	63
29. Diámetro de impacto en mm de POLY FORM	63
30. Diámetro de impacto en mm de SAYER LACK	64
31. Tabla comparativa de los resultados de impacto	64
32. Tabla de resultados de resistencia a solventes y gasolina	66

## INDICE DE FIGURAS

1. Forma correcta de aplicar la pulverización	17
2. Forma incorrecta de la aplicación de pulverización	17
3. Calentamiento de las muestras de barniz en el horno RIOSSA Mod. HOF-40	23
4. Ensayo de secado libre de polvo	25
5. Prueba de secado al tacto	26
6. Prueba de secado rígido	27
7. Aparato de prueba de falla por abrasión	28
8. Aparato de prueba de resistencia al álcali	34
9. Aparato de prueba de impacto utilizado	37
10. Aparato de prueba de impacto moderno	38
11. Forma en la que se realizará el ensayo de impacto	38
12. Tipo de grietas	40
13. Valores del %MNV de las cuatro empresas	47
14. Gráfica de los tiempo de secado	50
15. Gráfica del volumen de arena utilizado en la abrasión	52
16. Gráfica de los tiempos de exposición al exterior	56
17. Gráfica de la prueba de impacto	65
18. Aparato de prueba de impacto	73
19. Aparato moderno para la prueba de abrasión	74
20. Aparato de observación de luz blanca	74
21. Cabina de aplicación de cortina de agua	75
22. Equipos de aplicación Convencionales	76
23. Equipos de aplicación profesional	77
24. Equipos airless industriales	78



## **RESUMEN**

En esta tesis se realizaron pruebas de resistencia físico, mecánicas y químicas de acabados de poliuretano, específicamente del conocido comercialmente como Brillo Directo para madera de 4 empresas de barnices de México. Con los resultados de cada una de estas pruebas tenemos un panorama de las propiedades de desempeño de cada barniz y que, conforme a esas propiedades, se pueden recomendar para usos distintos de acuerdo al tipo de muebles, sistemas de aplicación, equipos de aspersión, uso final en que se desempeñara y servicio para lo cual ha sido diseñado.

El objetivo de estas pruebas no es demeritar la calidad de cada uno de estos barnices probados, sino realizar un mapeo para recomendar cada producto para cada uso, de acuerdo a sus mejores propiedades que los caracteriza.

## **ABSTRACT**

In this thesis were done chemical, mechanical and physical resistance tests to polyurethane finishes, specifically known commercially as High Gloss finished for wood of 4 varnishes companies from México. With corresponding results of each test we got an overview of performance properties of each varnish and that under those properties may be recommended for different uses according to the type of furniture, application systems, spray equipment, final use that will serve and service for which it has been designed.

The objective of these tests is not devalue the quality of each of these tested finishes, but get a mapping to recommend each product for each use, according to their best properties that characterizes them.

## 1. INTRODUCCION

Desde siglos atrás las personas han tenido contacto directo con la madera para su beneficio, al paso del tiempo se han descubierto formas y técnicas innovadoras para obtener tales beneficios convertidos en productos necesarios en el hogar y lugar de trabajo. La madera siempre ha sido motivo de estudio en diversos ámbitos de trabajo e investigación, que además de sus características naturales se ha empeñado en darle a la madera propiedades de protección para ampliar la vida útil, aportándole brillo y resaltando su grano también conocido como veta dándole cierta belleza.

Estas características se pueden aportar dependiendo del tipo de madera y del trabajo que se requiera, ya que en algunos casos solo es necesario aplicarle cera. En el mercado existe una gran variedad de productos que aportan a la madera todas las características necesarias, pero no todos dan los mismos resultados ya que existen productos que fallan en algunas de sus propiedades físicas y mecánicas, por lo contrario también podemos encontrar productos con excelentes propiedades con ciertas variables según su uso, aplicación y su precio. Estos últimos son productos innovadores, los cuales se han mejorado para ofrecer un mejor servicio, tales productos como poliuretanos, poliacrílicos, poliésteres, entre otros, sin mencionar la inmensa variedad que entre ellos existe.

Dichos barnices tienen excelentes características de resistencia, pero varían entre productos de una misma marca, y sobre todo entre empresas de barnices. Sería difícil conocer todas las propiedades, de todos los barnices que alrededor de México circulan constantemente a nivel industrial, por tal motivo en este trabajo de tesis se analizará únicamente los productos con más demanda en ciertas distribuidoras de marcas según un estudio de mercado y encuestas realizadas.

Después de conocer los resultados de las pruebas de resistencia de los productos, es importante mencionar que un factor determinante para obtener una mejor apariencia y belleza en la madera, que motive el gusto por la calidad de los acabados en los muebles es la técnica, tecnología, métodos de aplicación utilizados, así como la capacidad del aplicador, y un buen acondicionamiento del área de trabajo.

En este trabajo de tesis se tocará ese punto en el cual se mostrará según la experiencia obtenida, algunos acabados sencillos pero de buen gusto, que realcen la belleza dejándolo fuera de un proceso común o cotidiano, tal como se utiliza en algunos procesos de producción industrial del mueble. Se explicará paso a paso los procesos en los cuales con el debido cuidado se logrará el objetivo de calidad.

## 2. OBJETIVOS

1. Conocer la resistencia de las películas aplicadas estableciendo el criterio en base a las normas para conocer sus propiedades, y poder recomendar el producto adecuado de acuerdo a las condiciones de uso y exposición.
2. Mostrar el sistema de aplicación y algunos métodos de acabados finos para madera, como también las herramientas necesarias para una producción en serie Industrial.
3. Conocer los problemas más frecuentes y comunes en el proceso de producción del barnizado de muebles de madera, y cómo resolverlos.

### 3. ANTECEDENTES

#### 3.1. Antecedentes relacionados con los barnices.

**(Tesouro, 1982)** Los barnices de poliuretano, tienen en sus características una buena penetración en los poros, aún en las maderas más difíciles. Es el producto idóneo para aislar y sellar las maderas tropicales (Ej. Wengé, Beté, Palisandro, etc.) dando un gran embellecimiento a las chapas y su tacto es sedoso y agradable.

**(ASTM, 1985)** Las normas ASTM (American Society for Testing and Materials), establece que para las normas de calidad de las pinturas, pigmentos, resinas y polímeros deberán ser probados en base a lo que dice en el tomo 27, para evaluar la resistencia de los materiales en diversas circunstancias de exposición y uso, cuando estén prestando su servicio para lo que han sido hechos o diseñados.

**(Santini, 1985)** Los locales destinados para almacenar los barnices para su conservación, deben hallarse a la protección del frío, el polvo y la humedad, además deben tener una buena iluminación siendo de fácil acceso y deberán permanecer cerrados para tener los productos protegidos de los curiosos, o para prevenir percances que puedan provocarse por diversos motivos naturales.

**(Lesur, 1992)** El terminado generalmente resalta o destaca la belleza natural de la madera, aviva la riqueza de tonos de la veta, dibujo o grano y quita la apariencia opaca, aún cuando el acabado sea mate. Los acabados cubren la superficie de la madera y evitan que la suciedad y el polvo se metan y acumulen dentro de los poros, cambiando su color con el tiempo, también impide que se manche al caerle algún líquido, a la vez que facilita su limpieza. Al sellar la superficie de la madera se evita el intercambio de humedad entre la pieza y el ambiente, disminuyendo la posibilidad que los muebles sufran grietas y torceduras.

**(López, 1992)** El barnizado y pintado por pulverización es probablemente el método más usado después de la brocha. Se emplea mucho para pinturas y barnices de conservación cuando han de ser recubiertas grandes extensiones de superficies planas y hace posible un gran ahorro en el costo de mano de obra. En las operaciones de acabado exige mucho espacio de trabajo, con el fin de permitir un planeamiento adecuado de la producción, asegurar óptimas condiciones de secado, reducir el número de piezas rozadas o golpeadas por falta de espacio suficiente, y permitir la máxima flexibilidad de trabajo en la cabina de pintura y barnizado.

**(Segura, 1992)** La pintura se distingue de los barnices, ya que la pintura proporciona una película opaca que oculta la estructura de la madera, además que la pintura no se adhiere con facilidad en los poros de la madera, lo que ocasiona que con el tiempo la pintura la deje al descubierto y sin protección. Por el contrario los barnices pueden ser transparentes, resaltando la belleza viva de la estructura leñosa, ofreciendo una excelente protección.

**(Vargas, 1992)** La mayor parte de los trabajos hechos a base de madera a los que se les pueda aplicar algún acabado, requiere que realce el color y veteado de la madera, así como también de proporcionar protección a la superficie.

**(Casillas, 1993)** Los barnices de poliuretano se arraigan más en el sector de muebles para oficina, restaurantes, industrias, hospitales, escuelas, y laboratorios. Para limpiar una superficie que contenga este tipo de barniz, debe bastar con pasar un trapo húmedo, también le permite lijar y abrillantar con un mínimo de mantenimiento. Una desventaja de los poliuretanos es que se debe preparar la cantidad de material a usar para evitar el helamiento, ya que después de ser mezclados sus componentes, sólo cuenta con pocas horas para su uso.

**(Espinoza, 1993)** Antes de la aplicación de un recubrimiento a cualquier trabajo de madera, se debe encontrar un producto que garantice la durabilidad, belleza, y facilidad de aplicación de un acabado, así como su corto tiempo de secado, buena elasticidad y adherencia de sus películas y por lo tanto excelente penetración de las fibras.

**(Johnson, 1993)** Los acabados por pulverización son métodos modernos para aplicar acabado a superficies de madera, metal, plástico, etc. Este método para dar acabados es muy rápido, y ofrece películas homogéneas, tersas, y de buena extensión. Para obtener un acabado de buena textura y belleza, depende de la buena preparación de las superficies, del tipo y eficiencia del equipo, y del barniz.

**(Calderón, 1995)** El uso de poliuretanos como formadores de películas en los recubrimientos de superficies, ha aumentado rápidamente, ya que es posible fabricar con ellos acabados de un alto grado de tenacidad y resistencia a los agentes atmosféricos, a la corrosión, abrasión y ataque químico. Los poliuretanos se fabrican a partir de isocianatos, principalmente diisocianatos de tolueno.

### **3.2. Exponencia personal de la industria de acabados para madera.**

A continuación se expone la experiencia personal adquirida en el campo de tratamientos y acabados para madera, la cual es un tema completo de la relación de los barnices y acabados en la industria, como lo son el sistema de aplicación, equipos de aplicación, abrasivos, problemas más comunes, etc.

#### **3.2.1. Generalidades de los acabados.**

Desde cientos de años se ha buscado mejores sustancias que incremente la vida útil de la madera transformada en un producto elaborado por el hombre, con la finalidad de garantizar y ofrecer cierta rigidez, resaltando la belleza de la madera aportándole algún grado de brillo y protección contra algunos agentes de deterioro como son los agentes bióticos y abióticos dentro de los cuales encontramos a los hongos, insectos, moluscos, aves, roedores, desgaste mecánico, alcalinidad y el intemperismo por mencionar algunos. Tal protección se debe dar a la madera también para que la humedad del medio ambiente no penetre libremente y así evitar los cambios dimensionales drásticos que se dan en temporadas húmedas, provocándonos alabeos, acanalamientos, grietas y torceduras.

Hablando sobre la resistencia de un acabado en una madera, recordemos que la capa base como lo es el sellador o el fondo son los encargados de sellar la porosidad de la madera dándonos así también el cuerpo y mejorando la adherencia del acabado el cual, finalmente nos dará la resistencia necesaria de nuestro producto final. Para evaluar que producto es el adecuado para nuestra superficie de madera se debe hacer un análisis para conocer que tipo de servicio nos dará, y en que condiciones estará expuesto para entonces elegir o recomendar el adecuado para nuestro acabado. Todos estos puntos son esenciales para ofrecer un buen servicio a nosotros como especialistas en acabados para madera y con todas estas características podremos definirla como calidad completa.

Para obtener éxito en un proceso de barnizado, depende de varios factores como lo es el equipo de aplicación, el sistema de aplicación, el desarrollo del acabado final, las condiciones del área de aplicación dentro de la cuál incluimos el equipo de seguridad, y



finalmente la habilidad del aplicador, la cuál se irá adquiriendo con la práctica y con los conocimientos tanto químicos como físicos y estéticos para lograrlo.

Tal habilidad debe ser pulida con disciplina, cuidado extremo y paciencia, para que la belleza del acabado final resalte a simple vista, tanto que aparentará que fue sometido a un proceso riguroso y complicado. Todo sistema de aplicación debe seguir los siguientes pasos, sin importar que productos serán utilizados, ya que van desde recubrimientos vinílicos hasta productos epóxicos o de poliéster:

#### Sistema de aplicación.

- Acondicionamiento de área (Del área de aplicación y seguridad personal)
- Reparación de la superficie (Pegado, resanado, y cambio por piezas nuevas)
- Preparación de la superficie (Limpieza, lijado, y preservación)
- Aplicación de capa base (Entintado, y sellado)
- Aplicación de un intermedio (Esfume para entonar, sombra y/o patinado)
- Aplicación del acabado (Acabados)
- Protección extra (Opcional: Pulido y/o encerado)

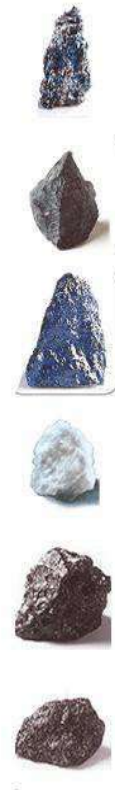
### **3.2.2. Lijado de las superficies de madera.**

Una vez que se acondicionó el área de aplicación para evitar contaminantes o partículas en el ambiente y con el equipo de seguridad como lo es ropa de trabajo adecuado ya sea overol o bata, guantes de látex, gógles, y mascarilla de carbón activado, pasamos a la siguiente fase de reparación de superficie, dónde se debe pegar piezas sueltas o flojas, se cambian también las piezas anteriores por nuevas cuando están deterioradas, se utiliza algún removedor para quitar algún barniz de la superficie si ya esta dañado o no es compatible con el producto que se aplicará, y se resana las grietas, hendiduras o barrenos de clavos o chilillos. Finalmente antes de iniciar el proceso de barnizado pasamos a los que es preservación, limpieza de la superficie para eliminar algún contaminante por utilizar productos anteriores y su lijado.

El lijado en nuestros productos de madera que recibirán algún acabado, se puede decir que es el 50% del éxito de una buena aplicación. Para ello existen diferentes granos y tipos de lija que nos ayudarán para lograrlo, dentro de las cuales podemos mencionar que encontraremos lijas de Carburo de Silicio (SiC), Alúmina de Zinc (AlZ), Oxido de Aluminio (AlO) blanco y café, Esmeril, y la gran novedad para lijas flexibles de Zirconia montadas en un colchón de poliuretano u otros materiales flexibles o elásticos y que se utiliza para superficies curvas y molduras.

## Abrasivos

- Carburo de Silicio (SiC)
- Alúmina de Zinc (ALZ)
- Óxido de Aluminio (ALO)
- Óxido de Aluminio Blanco
- Óxido de Aluminio Café
- Esmeril
- Zirconia



Al igual que para los acabados, también debemos escoger la lija adecuada para el material que vamos a utilizar. En nuestro caso debemos utilizar lijas de Alúmina de Zinc para maderas duras, las de Oxido de Aluminio café para maderas suaves, y las de Oxido de Aluminio blanco para el sellado y los acabados para madera. Es muy común que nos encontremos que la mayoría de las personas que trabajan la madera utilizan las lijas de Carburo de Silicio o también conocidas como lijas de agua, las cuales tienen un abrasivo de color oscuro montadas sobre una superficie de papel el cual tiene adicionado un porcentaje de parafina lo cuál le hace resistente al agua, pero estas dejan marcada la madera y el acabado notándose las ralladuras del lijado entre manos.

El grano de la lija que se deberá utilizarse en el caso de la madera es de 80, de 150 a 180, y de 220 a 280 estos márgenes flexibles para cambiar de calibre de abrasivos dependerá de las condiciones de la madera una vez procesada y maquinada, la finalidad de cambiar cada vez a un grano más fino es la de homogenizar la estructura física de la madera, para hacer que el tinte penetre de manera uniforme y que la madera absorba menor cantidad de capa base, esto para que en un menor número de manos cubra mas y así obtener el cuerpo del acabado. El grano de lija para la capa base y/o acabado deberá seguirse de 240 a 320, de 360 a 400, y 600 la lija con la que iniciaremos dependerá del grano con el que se terminó la madera, por ejemplo si terminamos la madera con una lija del 240, entonces en la primer mano de la capa base se utilizará una lija del 320, la segunda mano del 400 seguida de la 600 o en su defecto con fibra 3M media (verde) o fibra 3M fina (blanca) después del lijado, esto permite que la fibra penetre y abra poro en partes donde la lija no entra con facilidad y puede calar y despintar la madera. La función o finalidad de las lijas y fibras es la de mejorar la textura de la superficie para obtener un excelente acabado, pero también es la de permitir la adherencia del acabado, por lo que se genera cierto rayado invisible al ojo humano que es donde el material tiene el anclaje entre la capa base y el acabado.

### 3.2.3. Teñido de la superficie

A diferencia de tiempos de antaño en la actualidad existen tintas de última tecnología que nos ayudan a aportar color a la madera, las cuales se pueden aplicar por varios métodos dependiendo el sistema de producción o las características técnicas de estas. Cada una de estas tintas tiene características especiales, como lo es que sean de secado rápido, penetración y secado lento, con resistencia a los rayos UV, con excelente transparencia y efecto del metamerismo del color, tonos encendidos, tonos secos, y a tono cerrado. Estas tintas las podemos encontrar en el mercado con la siguiente clasificación:

- Tintas de alcohol.- Son tintas de secado muy rápido y ecológicamente media, con buena penetración y una excelente transparencia, y se pueden mezclar con cualquier tipo de barnices. Se recomienda para su aplicación a trapo adicionar de un 5 hasta un 15 % de un retardador para permitir que el tinte se extienda a través de toda la superficie y evitar que se noten líneas del teñido, por el contrario si se aplica con pistola que es lo ideal para este producto, se recomienda aplicar con poca salida de material, y un abanico medio a una presión de salida de la pistola de 20 lb/pulg<sup>2</sup> para evitar el sangrado en la aplicación y obtener un teñido uniforme.
- Tintas base agua.- Son tintas de secado medio ecológica, con buena penetración y transparencia, no se podrá mezclar con productos base solvente, pero una vez seca la película por lo regular después de 24 hrs se podrá aplicar cualquier acabado, principalmente se aplica a trapo.
- Tintas base solvente.- Son tintas de secado rápido, con buena penetración y de tonalidad seco, ya que si se excede de este en la mezcla con barnices podría cerrar el tono de la veta, se aplica a trapo o a pistola.
- Tintas base aceite.- Son tintas de secado lento, por su principal solvente activo se requiere permitir que penetre varios minutos el tinte y dejar que seque 24 hrs. mínimo para poder aplicar exclusivamente acabados de nitrocelulosa y barnices de aceite.
- Tintas UV.- Son tintas relativamente más caras, por lo general son concentradas y su principal característica es la resistencia a los rayos UV, por lo tanto no se degradan al exterior, y se pueden diluir con cualquier solvente.

### 3.2.4. La capa base y el acabado.

Recordando lo mencionado en las estructuras anteriores, la capa base es la mezcla de dos o varios productos que nos permiten sellar la porosidad de la madera, dar cuerpo y permitir la adherencia del acabado el cual nos dará la resistencia a los agentes de exposición de nuestro producto terminado como lo son a agentes químicos y mecánicos aportando también esteticidad y tersura.

Para la aplicación de estos productos nos ayudaremos de herramientas que nos darán los parámetros técnicos para lograrlo. Estos serán termómetros, la copa Ford 4 para medir la viscosidad, manómetro, regulador, filtros, espátulas para mezclar, vasos de precipitados desde 5 ml hasta 5 lt si es necesario, mallas para filtrar las mezclas. Hablando de una temperatura ambiente de 20 a 25 °C y una humedad relativa del 50% y un equipo de aplicación con pistola de gravedad, la capa base se deberá de aplicar a una viscosidad dependiendo el material, es decir, un Sellador de Nitrocelulosa a  $22 \pm 2$ ", un Fondo de Poliuretano a  $18 \pm 1$  ", un Fondo Poliacrílico a  $24 \pm 2$ " a una presión de 25 a 30 lb/pulg<sup>2</sup>. En los acabados los satinados y semimates a  $16 \pm 1$ ", y los brillantes a  $15 \pm 1$ " a una presión de 20 a 25 lb/pulg<sup>2</sup>. En el caso de los barnices para pisos ya sean con sellado o auto primarios se aplican a una viscosidad aproximada de  $20 \pm 3$ " a una presión de 20 a 30 lb/pulg<sup>2</sup>.

Un factor clave para una buena aplicación y terminado es el reductor o solvente, el cual dependerá del material que será aplicado y de las condiciones del tiempo como son la temperatura y la humedad relativa, para entonces saber que tipo de solvente será utilizado ya que existen en general de secado rápido (para capa base), secado intermedio, secado lento, anti humedad, y de extensión (para altas temperaturas o que secan extremadamente rápido). Si se desea conocer a más detalle esta parte de los solventes, ver el punto 6.5.

Existe una variedad de sistemas y métodos de aplicación que van desde la brocha, con muñeca o mona, pistolas de aplicación de baja presión, de alta presión, de gravedad, hasta los equipos de aplicación industriales como las ollas de presión, equipos de membranas o pistones, también pueden ser neumáticos o eléctricos como los Nordson, Coloratecni, Sagola, Kremlin, Graco, Titan entre otros.

Estos equipos son utilizados industrialmente para la producción en serie y de grandes volúmenes de productos terminados, con los cuales el área de aplicación debe ser un lugar aislado de corrientes de aire para evitar que las muestras se contaminen de polvo o partículas a lo que le llamamos cámaras de aplicación y de secado, y por lo tanto se debe contar con cabinas de extracción de partículas las cuales pueden ser de extracción seca, de cortina de agua, presurizadas o electrostáticas.

Para la aplicación con estos equipos la presión de aire es superior al de los sistemas mencionados anteriormente, por lo general es a 40 lb/pulg<sup>2</sup> y donde la habilidad del aplicador debe ser superior e importante ya que estos equipos solo utilizan el aire (si son neumáticos) para impulsar el pistón que es el que permite que succione el material de la mezcla a través de las mangueras e impregne sólo el líquido en las superficies sin que se llegue a mezclarse con el aire. Los equipos eléctricos funcionan de la misma manera sólo que el pistón trabaja con electricidad e impulsa los líquidos sin problema alguno. Una vez que se termina el uso de ese equipo de debe limpiar haciendo que circule a través de él y las mangueras que van a la pistola un solvente que tenga la capacidad de disolver y limpiar con facilidad, este puede ser la acetona industrial, o también una mezcla de acetona 50% y acetato de butilo 50 % para hacerlo menos agresivo con los empaques del equipo.

### **3.2.5. Pulido y encerado.**

Una vez que se ha aplicado y secado el acabado después de 48 hrs se podría pulir y encerar la superficie, esto para eliminar polvos o contaminantes impregnados cuando estaba en proceso de curado, obteniendo una textura uniforme y para evitar que materiales ajenos a este se adhieran y facilitar su limpieza. Si este paso se da como una protección extra, su tiempo de mantenimiento se prolongará un 50 % más de lo normal. Para realizarlo se tendrá que lijar con abrasivos de oxido de aluminio blanco de un calibre de 600, 800, y 1200 para finalmente levantar el brillo puliendo con pasta para pulir fina y una borla (esto en acabados brillantes y poliéster) y finalmente se encera, donde todo esto se deberá realizar a la sombra.

### **3.2.6. Resolviendo algunos problemas para el acabado.**

En el manejo de piezas cuando un mueble se está laborando puede sufrir ligeras abolladuras donde no se rompen las fibras pero se nota como se comprime, en ese caso se recomienda dejar unas gotas de agua en el área afectada para que las paredes celulares de las fibras se expandan lo necesario para que regresen lo más posible a su tamaño original y evitar un resanado el cual se puede notar al final.

El resanado es un paso importante donde un producto por lo general base agua se utiliza para cubrir algún defecto natural o de fabricación como lo son pequeñas grietas, unión de los ensambles, barrenos de clavos y chilillos, etc. Este resanado como se puede notar es sólo para pequeñas imperfecciones, por lo tanto se debe cubrir únicamente la parte del defecto para posteriormente lijar y obtener una superficie uniforme. Se debe evaluar daños más grandes como nudos u otras áreas afectadas para poder repararse, ya que no se podría cubrir con un resanador porque se craquelaría o se desprendería fácilmente; Para este caso debería barrenarse y colocar madera nueva como en los contrachapados, o en su defecto si el acabado será a tono cerrado (donde no se verá la veta de la madera) se podría cubrir con un resanador catalizado automotriz ya que esta hecho a base de resinas poliéster.

En el proceso de barnizado específicamente para la capa intermedia es muy común que los aplicadores mezclen la tinta con el fondo o acabado a lo cual se le denomina envenenado para hacer sombra. Finalmente se lija y la sombra adquirida es desprendida o rayada con la lija donde se vuelve a calar o despintar la madera si no se tiene el minucioso cuidado, y en ocasiones si se aplica con altas presiones o si se excede de producto al aplicar se nota el efecto del sangrado por acumulación de producto. Para evitar que se cale la madera con facilidad se recomienda aplicar un esfume sobre la capa base lijada, y antes de aplicar el acabado; Este esfume consiste en diluir una tinta base solvente con un solvente de secado rápido o en su defecto el que se utilice para el acabado, desde un 20 hasta un 100 % dependiendo el tono que se quiera, y adicionar de 2 a 5 % de la mezcla del acabado catalizado sin solvente, esta última adición hará la función de ligante el cual permitirá que el esfume que se aplique mejore la adherencia entre las películas y si tiene que tocar la

pieza inmediatamente evita que el color se desprenda con facilidad, también esta mezcla nos ayuda a retocar las piezas donde se haya calado anteriormente disfrazándolas de tal manera que uniformiza el tono de las piezas aportándole viveza a la madera con su acabado final, para esta mezcla ya no es necesario lijarse para aplicar el acabado final, ya que no forma película, únicamente aporta el tono final dándole un efecto tornasol (que da la apariencia, como si cambiara de tono al cambiar la posición de la pieza de acuerdo a la luz o reflejo) haciéndolo difícil de igualar a una sola tinta sobre la madera. Se recomienda aplicar a una presión de aplicación (presión de la salida de la pistola, no de la salida del compresor) entre 15 a 20 lb/pulg<sup>2</sup>.

Se decía que dependiendo de las condiciones del tiempo, tanto el secado como las propiedades técnicas en los barnices varían. La temperatura ideal para los acabados es de 18 a 25 °C y un 50% de humedad relativa, es por eso que a estas condiciones se debe aplicar como normalmente es recomendado. Cuando en el medio ambiente hace frío o humedad excesiva en las nitrocelulosas aparece un efecto que se le denomina velo y se caracteriza por el blanqueamiento en las superficies aplicadas, en este caso se recomienda adicionar de un 5 hasta un 10 % (en base a la resina o parte A) de un retardador que puede ser un solvente hecho de metil-etil glicol, o un acetato de cellosolve el cuál nos evitara que las películas posteriores se blanqueen, y para desvanecer este velo se deberá aplicar únicamente un solvente que contenga acetato de butilo sobre la película. Por el contrario si existe una temperatura elevada en nuestras aplicaciones se reflejará en que la película presenta un efecto denominado cascara de naranja que se debe a que el producto seca tan rápido que no permite que extienda o nivele adecuadamente; También puede presentar el efecto conocido como gaseado, que son burbujas en la superficie, y esto se debe a que seca tan rápido el material que la parte superior endurece primero encapsulando el solvente restante que al tratar de salir forma la burbuja, para ello se adicionará de 5 hasta un 15 % (en base a la resina o parte A) de un retardador de acetato de cellosolve, acetato de butilo o un solvente acrílico, el cual permitirá que el líquido extienda y posteriormente seque y cure como debiera.



Usualmente hay personas que aplican una capa base de nitrocelulosa como el sellador y posteriormente lo terminan con un acabado de poliuretano, esto para economizar un acabado por el precio y rendimiento; Esto no debería de hacerse de esa manera ya que el poliuretano es una resina más resistente que la nitrocelulosa, lo cual puede producir en la superficie aplicada un efecto craquelado, arrugado, cristalizado y todo esto produce fallas en la adherencia del acabado. Este efecto se debe a que el poliuretano remueve la nitro ya que esta última se levanta fácilmente con cualquier solvente, y aunque a veces en ese momento no se vea el efecto con el paso del tiempo de 1 a 6 meses y en ocasiones hasta 1 año se cristaliza el acabado y se ve como cuando se estrella un vidrio o se arruga. Es por eso que se debe recomendar aplicar capa base y acabados del mismo tipo de resina, o en su defecto por economía se podría aplicar de manera inversa, es decir, una superficie resistente de capa base como el Poliuretano o Poliacrílico y posteriormente un acabado económico.

Uno de los problemas comunes es en la aplicación, en la cual se debe mantener cierta disciplina para ello, esto se refiere a la habilidad para aplicar la cual no es cosa fácil y requiere dedicación y disciplina, es decir, que para obtener una película uniforme al aplicar aunque sean piezas grandes se deberá extender la mano a través de toda la pieza sin llegar a abanicar, ya que de hacerlo se concentrará el producto en el centro quedando las orillas pobres de producto, y por acumulación de material más al centro se podría provocar burbuja y brisando los extremos, ver figuras 1 y 2.

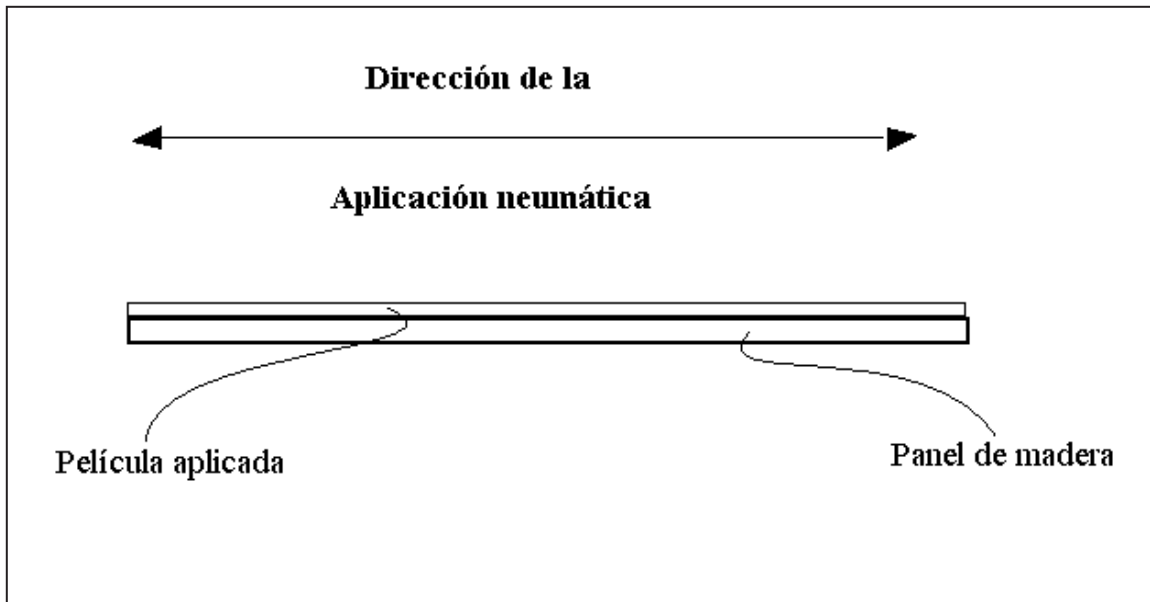


Figura 1. Forma correcta de aplicar la pulverización

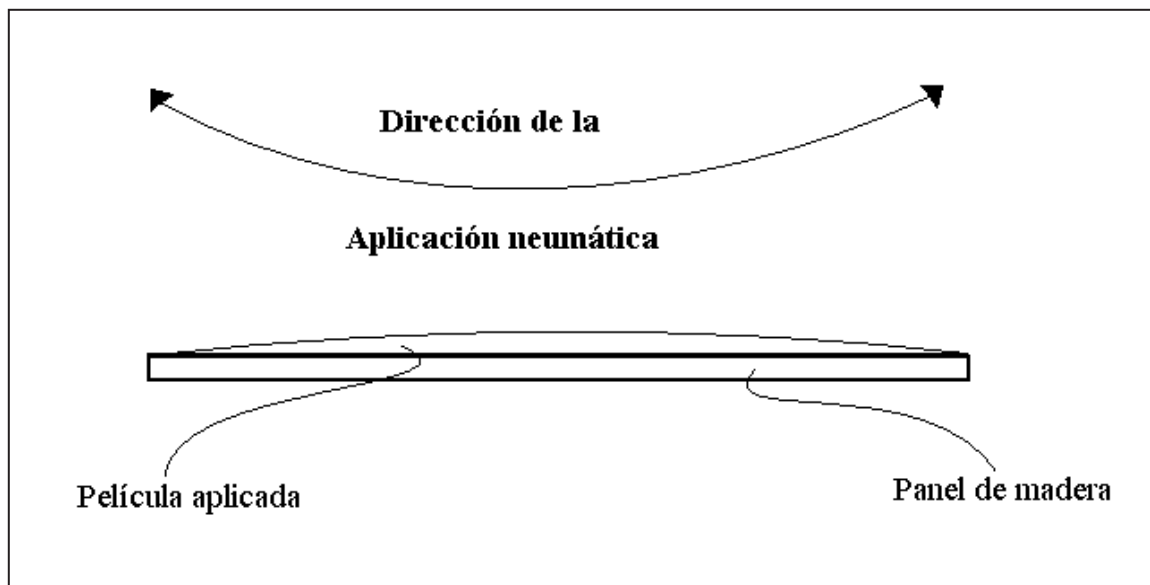


Figura 2. Forma incorrecta de la aplicación de pulverización

### 3.2.7. Algunos métodos para acabados

En esta parte se mostrará procesos de acabados los cuales siguiendo paso a paso se logrará tener éxito para obtenerlos físicamente. Antes que nada se aclara que los acabados finales pueden variar dependiendo el tipo de madera y sustrato (madera sólida, contrachapado, MDF, o tablero de partículas) que se utilice, así como el equipo y variantes de aplicación como la presión, viscosidad, temperatura y preparación de la superficie. Se recomienda ampliamente que se utilice para filtrar, malla de paso de 100, 150 o 200 micras, y vasos de precipitados para realizar mezclas exactas ya que de no hacerlo obtendremos variantes de la resistencia o texturas.

**Acabado 1.** Utilizamos madera de maple, donde una vez preparada y lista la pieza de madera hasta con una lija del 240, se aplica tinta de alcohol color miel y se aplica directa con pistola de gravedad a 3 pasadas (1 ½ mano) a una presión de 15 lb/pulg<sup>2</sup>, posteriormente se prepara y se mezcla fondo catalizado de poliuretano a una viscosidad de 18 ± 1" y se dan 2 manos completas (4 pasadas), permitiendo que seque entre cada mano y lijando con un calibre de 320. Una vez seca se lija con una del 400 y fibra 3M mediana (verde) y se prepara un esfume del mismo color diluyéndolo entre 30 a 50% (para la preparación del esfume ver la parte 6.6) y aplicando primero con poca salida de material y abanico de punto, a una presión de 10 a 15 lb/pulg<sup>2</sup> en las partes donde se calo o despintó la madera para posteriormente dar 1 mano completa a toda la pieza abriendo más salida de material y abanico a una presión de 15 a 20 lb<sup>2</sup>. Se prepara la mezcla de un acabado semi mate y se filtra con una malla de paso de 100 a 200 micras en la pistola, para realizar la primer mano a 20 lb/pulg<sup>2</sup>, donde posteriormente después de 15 minutos se da la segunda y se permite que cure 24 horas para su manejo total.

**Acabado 2.** En una madera de pino se desgasta con una carda o con una máquina neumática con pistola y arena de sílica. Posteriormente se limpia y retira las partículas para posteriormente aplicar una tinta de aceite o de alcohol con trapo de color del gusto y se aplica cera sólida rústica; Después de 1 hora se elimina el exceso y se deja secar 24 horas. Una vez seca se frota la superficie con una borla o un trapo de algodón para aportarle sedosidad y brillo requerido.

**Acabado 3.** Se utiliza madera contrachapada o una superficie chapada de Encino la cual una vez preparada y lijada con una del 240, se aplica a trapo tinta azul a trapo. Una vez que seca la tinta se aplica 2 manos de fondo de poliuretano para un acabado a poro semi abierto, lijando con 320 entre manos. Una vez que seca la 2ª mano se lija con una del 400 y fibra 3M mediana, para posteriormente aplicar a trapo una tinta blanca de secado lento y posteriormente retirar el exceso, esto para hacer que el tinte blanco solo penetre en los poros de la madera sin pigmentar completamente la superficie, y se da un tiempo de secado. Finalmente se mezcla un acabado satinado o brillante, y se aplica la primer mano a una presión de 20 lb/pulg<sup>2</sup>, esperando de 15 a 20 minutos para aplicar la segunda mano y dejando que cure de 18 a 24 horas para su manejo total.

**Acabado 4.** En una superficie de MDF, se prepara la superficie y se lija con una del 240, y posteriormente se aplican 2 manos de fondo de poliuretano blanco, lijando con 320 entre manos. Después se lija la 2ª mano con una del 360, 400 y fibra 3M fina (blanca) y se prepara una pátina (tinta de secado lento con pasta de fijación de superficie) de color arce o nogal según sea el gusto, y se da cierto dibujo de veta o nudo con veta. Se permite que seque 2 horas y se prepara un acabado de poliuretano brillante para poro cerrado. Se aplica la primera mano de brillo a 20 lb/pulg<sup>2</sup> y se deja que cure 8 horas. Una vez seca se lija con una del 600 y 800 con ayuda de agua para evitar que se raye fácilmente, y se aplican 2 manos de brillo directo esperando de 15 a 20 minutos entre manos.

**Acabado 5.** Para hacer el efecto mármol, se utiliza superficies de MDF y se dan 2 manos de fondo de poliuretano blanco, se lija entre manos con 320. Posteriormente se lija con 360 y da 2 manos de acabado de color claro del gusto por ejemplo un blanco, marfil, hueso, avellana, etc. Una vez que cura el secado se lija con 400 con ayuda de agua, y se limpia perfectamente la superficie. Se prepara tinta hidroalcohólica (tinta con agua, alcohol isopropílico y acetona) de color más oscuro que el anterior por ejemplo un nogal, roble, arce, etc. Se aplica la tinta con un trapo de algodón sobre la superficie; después de 15 minutos se esprea con la pistola a baja presión o con una brocha a cierta distancia para impregnar gotas de solvente para poliuretano, y esperar a que seque de nuevo. Después de una hora se prepara el acabado brillante y se aplican dos manos a 20 lb/pulg<sup>2</sup>, esperando de 15 a 20 minutos entre manos y permitir que cure 24 horas.

#### 4. METODOLOGIA

Para esta tesis se realizaron encuestas entre los clientes o consumidores principales de acabados para madera en las ciudades de Morelia y Uruapan Michoacán. El objetivo de tales encuestas fue conocer las necesidades de los consumidores, las marcas más utilizadas, y el producto con más demanda en ese entonces, para así obtener un producto en común y poder evaluarlas en base a las normas de calidad establecidas.

El resultado de las encuestas nos llevo a un producto en común de cuatro empresas de barnices que se pueden considerar como las más importantes a nivel industrial en estas zonas. Se llegó a la conclusión de someter a pruebas el producto conocido como Brillo Directo de Poliuretano de las empresas denominadas AQUIMEX, SAYER LACK, IRURENA, y POLY FORM.

Para la aplicación de las películas se realizaron por pulverización neumática con la ayuda de un compresor y una pistola de aplicación de gravedad, con la cuál obtendremos películas homogéneas y se pueden aplicar cantidades pequeñas o exactas, según lo marca la norma evitando el desperdicio de material o para medir el volumen utilizado.

Estas películas de poliuretano se sometieron a diversos ensayos según las normas ASTM, donde se llevaron a cabo a las mismas condiciones de aplicación, como son temperatura, viscosidad, presión, salida de producto, número de manos aplicadas y según las recomendaciones de cada distribuidora el porcentaje de solvente.

#### **4.1. Cálculo del Contenido de Humedad (CH) del sustrato.**

Antes de iniciar las pruebas y para conocer las propiedades en las condiciones evaluadas a película aplicada, se inició conociendo las características principales del sustrato como lo es el contenido de humedad (CH) del tablero. El panel utilizado para la aplicación de las películas es conocido comercialmente como tablero de caobilla de un espesor de 6 mm, según marca la norma ASTM D-115 las dimensiones del panel fueron de 4 x 10 pulgadas y se tomaron 4 muestras de tableros.

#### **4.2. Materia no volátil por peso.**

La materia no volátil por peso también conocido como el % de sólidos por peso, es importante en la industria para calcular el rendimiento teórico en una producción y así mismo el costo de la línea.

**ASTM D-115.** Se coloca una muestra de barniz pesando aproximadamente 1.5 gramos en un vidrio de reloj el cual ha sido anteriormente pesado y calentado por 30 minutos a una temperatura de 135°C y posteriormente colocado en un desecador para permitir su enfriamiento. Se pesa de nuevo el vidrio de reloj con la muestra de barniz (en mezcla) adicionada, y se determina el peso exacto de la muestra transferida al vidrio obteniéndolo por diferencia. Se prepara un total de 3 muestras de cada barniz. Para el secado se colocan las muestras en un horno a temperatura constante durante tres horas en las temperaturas descritas como sigue:

- Impregnación de barnices de resinas fenólicas. 132 – 138 °C (269.6 – 281 °F)
- Otros tipos de barnices. 105 – 110 °C (221 – 230 °F)

PRUEBAS DE RESISTENCIA DE PELICULAS APLICADAS DE ACABADOS DE LA MADERA DE CUATRO  
EMPRESAS DE BARNICES DE MÉXICO

Al terminar las tres horas de calentamiento, se colocan las muestras en el desecador y se dejan enfriar. Se pesa cada muestra inmediatamente después de sacarlas del desecador.

El porcentaje de materia no volátil por peso debe ser calculado como la porción del peso de la muestra seca por el peso de la muestra en estado original, expresado en porcentaje, es decir, tomar el porcentaje de sólidos por peso de la muestra.



Figura 3. Calentamiento de las muestras de barniz en el horno RIOSSA Modelo HOF-40.



### 4.3. Tiempo de secado libre de polvo.

Para la elaboración de esta prueba se prepararon los tableros lijando la superficie con una lija grano 240, para posteriormente dar dos manos de fondo de poliuretano, el cual será nuestra capa base para sellar la superficie.

Después de aplicar el sellado de la superficie a dos manos, se lija con un calibre 320 y se prepara la superficie para después aplicar el brillo directo, en las mismas condiciones de aplicación y a una presión de salida de 25-30 lb/pulg<sup>2</sup> con ayuda de una pistola de aplicación de gravedad marca Asturo uni/s y un compresor, con sus respectivos manómetros y filtros para evitar contaminación de agua o grasa.

**ASTM D-115.** Se aplican las películas de poliuretano sobre los paneles sellados. Una vez aplicados, permanecerán en un área o cámara de secado adecuado, donde en la observación se deberá de considerar un barniz seco al polvo, cuando una pieza de papel kraft de 2 pulgadas (50 mm) de ancho por 3 pulgadas (75 mm) de longitud y aproximadamente 0.0078 pulgadas (0.20 mm) de espesor no se adhiere al barniz, cuando éste no deberá ser presionado y permanecerá por un minuto en la superficie. El papel Kraft se deberá de colocar en el centro de la muestra y en sus ángulos correctos (ver la figura no. 4). La prueba debe estar realizada a temperaturas de aproximadamente  $23 \pm 1$  °C ( $73.4 \pm 1.8$  °F).

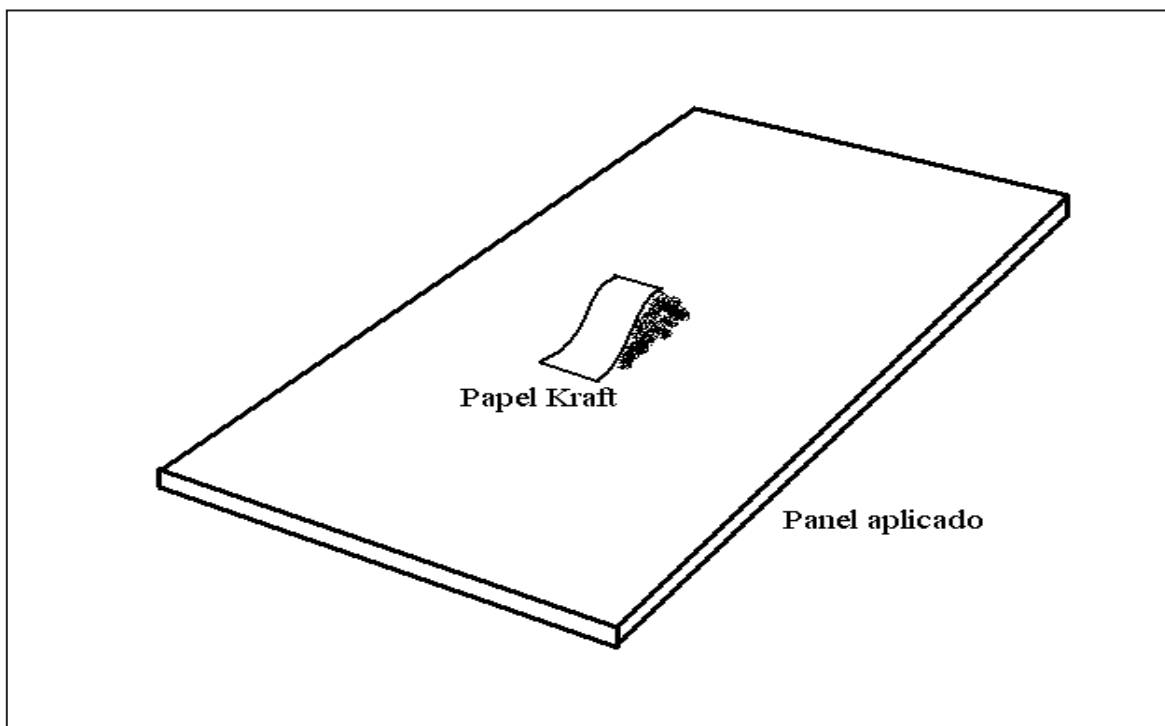


Figura 4. Ensayo de secado libre de polvo

#### 4.4. Tiempo de secado al tacto.

**ASTM D-1650.** Los barnices que contienen más de 36% de materia no volátil se deben ajustar con su respectivo diluyente, a un contenido no volátil menor o igual de 36%.

Se coloca una placa de vidrio en posición horizontal frente al aplicador teniendo una claridad para la aplicación donde se dará un espesor de película húmeda de 1.5 mils (milésimas de pulgada). Se deja que el tablero permanezca en una posición horizontal permitiendo que seque en una cámara libre de corrientes de aire y de polvo, y con ligera luz difusa (no en dirección de la luz del sol).

La temperatura del aire dentro de la cámara de secado debe ser de 21-32 °C; si la temperatura no está dentro de los límites especificados de la norma o uso del producto, se debe repetir la prueba en un cuarto o cámara de aplicación manteniendo una temperatura de  $23 \pm 2$  °C y 50 % de humedad relativa. Se debe ensayar la película para su secado al tacto

y secado rígido en los puntos mayores de 10 mm ( $\frac{1}{2}$  pulgada) de los límites del panel, es decir, cerca del centro del panel.

Se toca ligeramente la película con la punta o yema del dedo, e inmediatamente se coloca el dedo contra la pieza de vidrio limpio. Se observa si existe algo de barniz transferido al vidrio. El propósito de esta prueba donde la presión requerida no debe ser grande para transferir la mancha de barniz de  $\frac{1}{4}$  a  $\frac{1}{8}$  de pulgada (3.2 a 4.8 mm) de sección transversal. La película debe ser considerada seca al tacto cuando exhiba una condición pegajosa pero sin adherirse al dedo como se muestra en la figura 5.

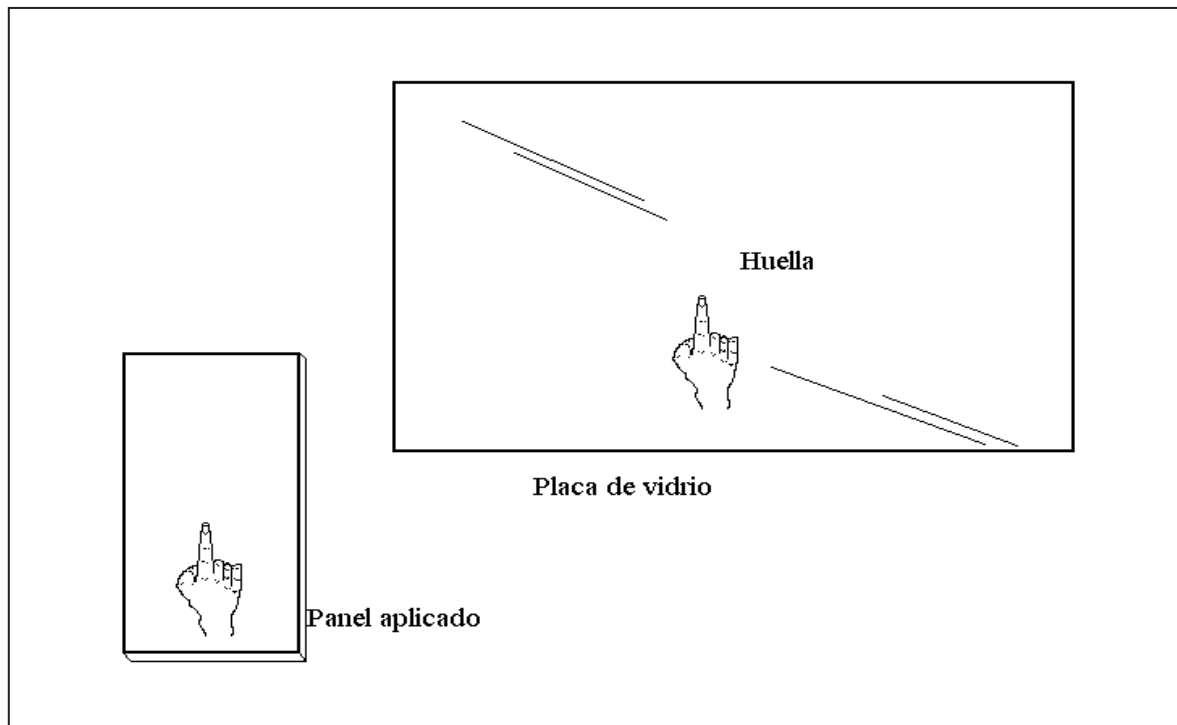


Figura 5. Prueba de secado al tacto.

#### 4.5. Tiempo de secado rígido.

Este tiempo a la presión es el tiempo requerido para el manejo de una pieza de madera, más no quiere decir que haya curado completamente para un uso rudo. Para esta parte puede auxiliarse con un trapo suave ya sea un trapo de lana, algodón o estopa. Se analizaron las muestras para este secado, checando el tiempo constantemente.

**ASTM D-1650.** Se apoya el dedo pulgar sobre la película de prueba y el dedo índice soportando el panel ejerciéndose así una pequeña presión del dedo pulgar sobre la película (sin torcer o dar vueltas) como se muestra en la figura 6. Se limpia ligeramente el área de contacto con un trapo suave. La película debe ser considerada seca a presión cuando la marca del dedo pulgar es eliminada por la operación de limpieza (esta limpieza también puede ser un leve lijado o pulido).

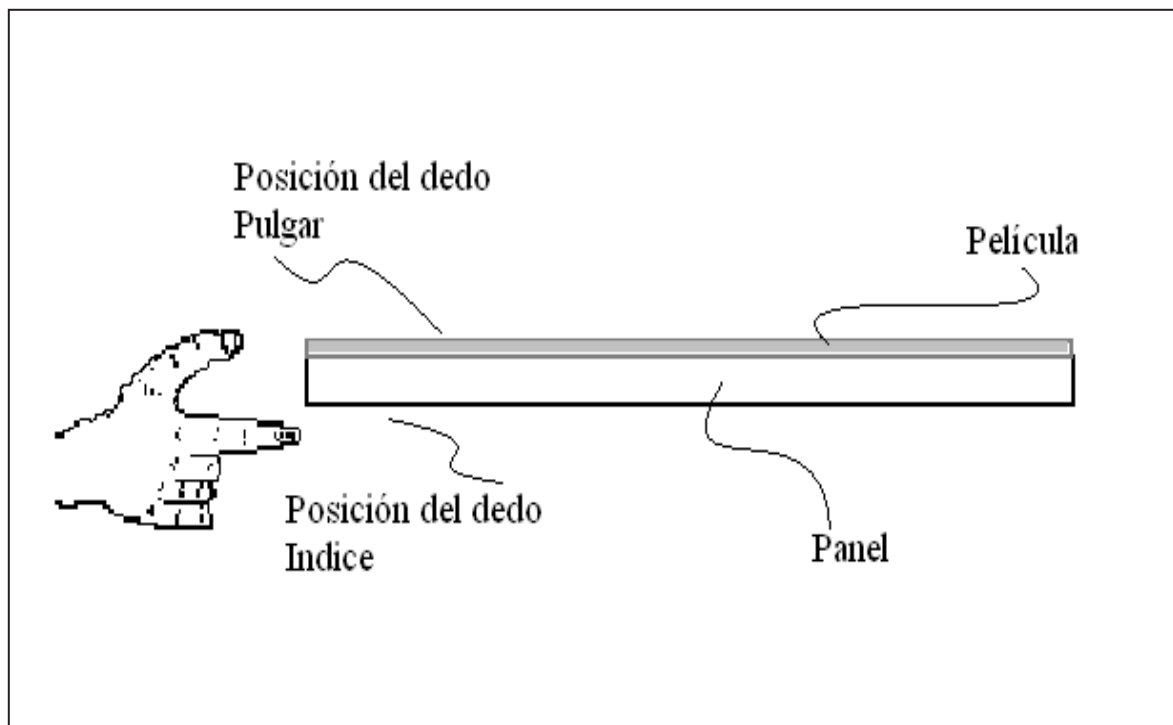


Figura 6. Prueba de secado rígido

#### 4.6. Resistencia a la abrasión.

**ASTM D-968.** Se aplica la película del material a ser ensayada uniformemente sobre el panel. Se acondiciona la película para el curado a una atmósfera de 77 °F y una humedad relativa del 50 % para posteriormente ensayar en el mismo medio ambiente. Después del acondicionamiento se coloca el panel barnizado en el aparato de prueba, donde posteriormente se vierte la arena Standard medida volumétricamente dentro del embudo graduado hasta de 5/32 pulgadas (3.9 mm) de diámetro, donde comenzará a caer libremente la arena sobre el centro del panel. Un incremento conveniente a emplear en el inicio de la prueba es  $2000 \pm 10$  ml, este podría disminuir a  $200 \pm 2$  ml al acercarse al punto final de la prueba. Se considera daño a la abrasión cuando se generen líneas en el centro del panel de 9/16 a 11/16 pulgadas (14.3 a 17.5 mm) donde el espesor de la película aplicada es aproximadamente de  $1.9 \times 10^{-3}$  pulgadas (0.0048 mm).

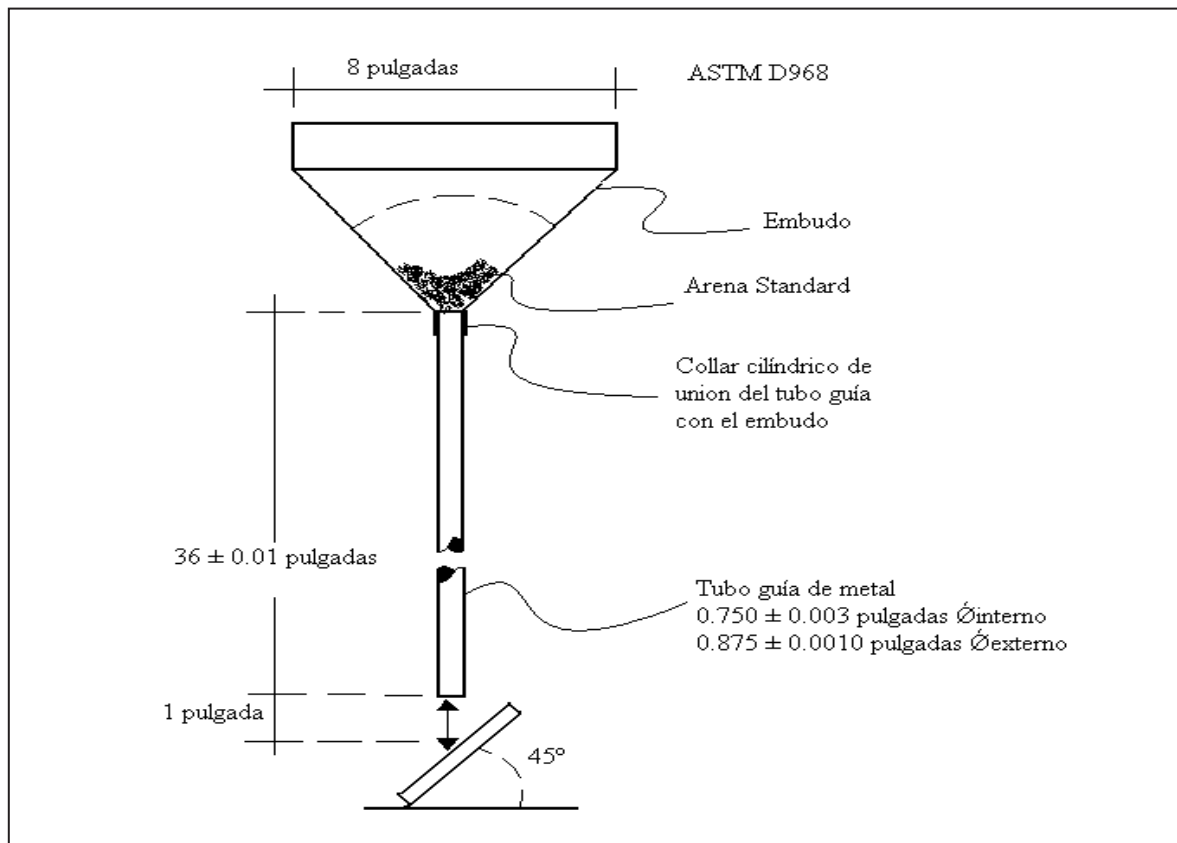


Figura 7. Aparato de prueba de falla por abrasión

**Cálculo.-** El coeficiente de abrasión para el material debe ser el promedio de los valores individuales calculados por la ecuación, la cuál se asume que la resistencia a la abrasión es proporcional al espesor de la película:

Mils = milésimas de pulgada

Coeficiente de abrasión (litros/mils) =  $V / T$

Donde:

V = Volumen de arena utilizado en litros

T = Espesor de la película en mils (1 mils = 0.001 pulgadas = 0.025 mm)

Espesor de la película =  $1.9 \times 10^{-3}$  pulgadas = 0.048 mm

#### **4.7. Resistencia a cambios de temperatura**

**ASTM D-1211.** Se colocan las muestras aplicadas en el horno por 1 hora a  $120 \pm 5$  °F ( $48.9 \pm 2.8$  °C) de tal manera que no pueda recalentarse. Al término de este periodo se transfieren los paneles por 1 hora dentro de un refrigerador o cámara de enfriamiento, manteniéndolo a una temperatura de  $-5 \pm 2$  °F ( $-21 \pm 1.1$  °C).

Retirar los paneles después de la exposición de una hora de enfriamiento permitiendo un periodo de reposo de 15 minutos, para posteriormente observar si los paneles sufrieron algún tipo de esfuerzos ligeros los cuales se deben marcar en círculos con algún marcador.

El periodo de calentamiento seguido del periodo de enfriamiento, con 15 minutos de reposo y 15 minutos de observación constituyen un ciclo completo, el cual deberá repetirse hasta que se haya obtenido cierto número de ciclos dentro de los cuales se observen resultados notables. La falla en el punto final es definida como los ciclos en los cuales aparecen líneas finas innumerables o en la cual en un total de 4 inspecciones aparecen, tales líneas deberán tener una longitud aproximada de 1 a 2 pulgadas (25 a 50 mm). Para tal ensayo deberá excluirse en su observación un perímetro de los lados externos de  $\frac{1}{2}$  pulgada (13 mm) del panel.

#### **4.8. Durabilidad al exterior.**

**ASTM D-1641.** Se pesa el panel de madera, después se aplica el barniz por lo regular 3 capas (1 mano = 2 capas) permitiendo que seque durante 24 horas, para posteriormente volver a pesar los paneles con el barniz seco y seguir con el paso de exposición.

Se deben exponer todos los paneles al aire libre a 45° encarados hacia el sur. Las condiciones del tiempo en el sitio o lugar de exposición deben duplicar las condiciones bajo las cuales el barniz será expuesto en usos regulares. Los paneles se deben observar y evaluar en intervalos mensuales inmediatamente después de ponerlos a la exposición de la norma. Se deberán limpiar con una almohadilla húmeda de estopa o una caída ligera de agua fría, secándolos inmediatamente con un trapo suave o una pasada de baja presión de aire. Se deben examinar los paneles dentro de las siguientes características de falla desde 1 hasta 10, donde 1 significa falla completa y el 10 no hay características o evidencias de falla alguna.



#### 4.9. Resistencia al agua.

**ASTM D-1647.** Se aplica el barniz en el panel, permitiendo que drene en una posición casi vertical y se deja secar 48 horas a una temperatura aproximada de  $25 \pm 2$  °C y una humedad relativa de  $50 \pm 10$  %. Posteriormente se coloca el panel en un vaso de precipitado conteniendo cerca de 2.5 pulgadas (63 mm) de agua destilada en una cámara acondicionada para la temperatura, donde se sumergen los paneles de un extremo y dejándolo dentro del agua por 18 horas o algún periodo conveniente. Se quita el panel del agua y se limpia cuidadosamente permitiendo que seque. Se debe poner en observación el tiempo necesario para que desaparezca el blanqueo o si no desaparece, lo cuál sucede algunas veces en la inmersión que es considerado como un daño o grado de blanqueo. Se debe reportar los resultados de la prueba como sigue:

- No daños visibles
- Desaparición del blanqueo dentro de 20 minutos
- Sin desaparición del blanqueo en 20 minutos pero desaparece en 2 horas
- Sin desaparición en 2 horas pero desaparece en 24 horas
- No desaparece el blanqueo en 24 horas

#### 4.10. Resistencia al álcali.

**ASTM D-1647.** Se disuelve 30 gramos de Hidróxido de Sodio (NaOH) en 1 litro de agua destilada para obtener nuestra solución alcalina para la prueba.

Se limpian completamente 2 tubos de ensaye de 1 x 6 pulgadas (25 x 150 mm) con Tolueno (en este caso se sustituyo el Tolueno por Xileno para la limpieza de los tubos). Después se baña o se sumergen los tubos limpios en las muestras de barniz preparados en mezcla, se retiran del barniz e inmediatamente se invierte la boca de los tubos permitiendo que sequen por un periodo de  $72 \pm 1$  horas en una atmósfera libre de polvo, corrientes de aire, productos de combustión o gases de laboratorio. Se debe mantener la cámara de secado o de reposo a una temperatura de  $25 \pm 2$  °C y una humedad relativa del  $50 \pm 10$  %.

En un vaso de precipitado de 1000 mililitros se debe introducir 300 ml de la solución de NaOH. Posteriormente se coloca un set de 2 tubos con el baño de cada barniz en cada uno de los vasos de precipitado de tal forma que los tubos no toquen la base o las paredes de este, donde los tubos deberán tener una distancia aproximada entre ellos de 2 pulgadas (51 mm) usando un soporte de madera para cubrir las piezas, se utilizarán también unas clavijas o pernos, y un tapón de corcho con un hueco en el centro. Los pernos y el corcho deben sellar el tubo y se debe tapar herméticamente (lo más apropiadamente o ajustado posible, ver figura 8), manteniendo la solución de NaOH a una temperatura aproximada de  $25 \pm 1$  °C. Se deben retirar el set de 2 tubos después de ser sumergidos en cada uno de los siguientes periodos de tiempo para ser observados como sigue: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 16 y 24 horas de exposición.

PRUEBAS DE RESISTENCIA DE PELICULAS APLICADAS DE ACABADOS DE LA MADERA DE CUATRO EMPRESAS DE BARNICES DE MÉXICO

Para la observación de los tubos se deben enjuagar con un ligero baño de agua limpia, seguido de un secado de 30 minutos donde se examinará si la película es blanqueada, forzada, arrugada o removida. El punto final de la prueba será el número de horas de inmersión en el cuál se encuentran los primeros signos de película dañada, y es notada en los costados de los tubos o en la parte inferior del tubo.

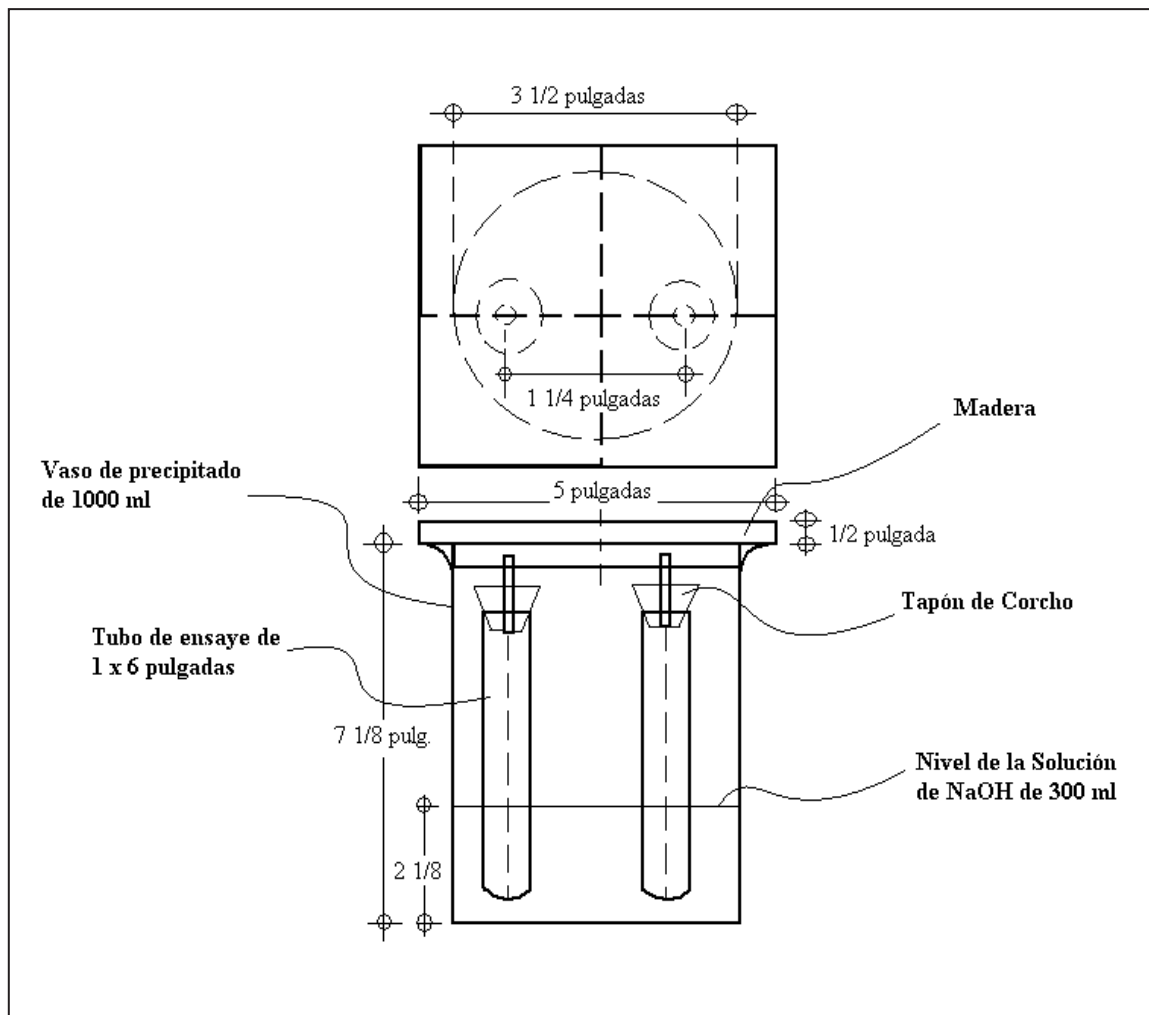


Figura 8. Aparato de prueba de resistencia al álcali

Se debe considerar el grado de las fallas por blanqueo, ablandamiento o removido de película se tomaron en cuenta desde el 1 al 5, donde:

1 = Falla ligera

5 = Falla total

#### **4.11. Resistencia a detergentes.**

**ASTM D-2248.** Se suspenden los paneles aplicados verticalmente dentro de un contenedor, con una solución de detergente. Se preparan las muestras de tal manera que no estén en contacto con algún metal y no cerca uno de otro, aproximadamente a una distancia entre los paneles de 1 pulgada (25 mm). Se tiene que remplazar la solución detergente por una solución nueva cada 168 horas.

Cuando las muestras están listas para examinarse, se quitan cuidadosamente y se lavan con cautela o se limpia dejando correr agua limpia que no sea más caliente que la temperatura de la solución detergente. Al retirar el detergente de la superficie se debe secar por medio de una cautelosa corriente de aire o usando un papel absorbente. Durante el proceso de la prueba se debe examinar la deterioración de la película inmediatamente, y de ser necesario se debe regresar a la inmersión donde el tiempo para la observación del panel fuera del líquido, no debe ser mayor de ½ hora.

#### **4.12. Resistencia a grasas, cosméticos y otros compuestos químicos caseros.**

##### **4.12.1. Teñido por cosméticos.**

**ASTM D-2571.** Se aplica en la superficie seca del acabado una porción espesa de lápiz indeleble en el centro del panel, para posteriormente introducirlos al horno donde deberán permanecer a una temperatura de 125 °F (52 °C) por toda la noche. Después de su respectiva exposición se debe limpiar la superficie con un algodón y alcohol para observarlos y evaluar el daño.

#### **4.12.2. Resistencia al alcohol.**

**ASTM D-2571.** Se coloca 0.5 mililitros de Etanol puro a una concentración de 50 % sobre la película seca y se tapa con un vidrio de reloj. A una distancia aproximada de 2 pulgadas (51 milímetros) se pone también alcohol Etilico puro sin diluir o también se puede utilizar alcohol desnaturalizado conformado para la formación de 2-B de los US, el cual también se debe cubrir con otro vidrio de reloj. Después de un mínimo de 6 horas se quita el vidrio de reloj para permitir que volatilice el líquido.

Se observan las muestras para poder reportar el tipo de daño de las superficies si sufren algún tipo de blanqueo o manchado el cual no desaparece con una limpieza ligera usando un trapo de algodón seco.

#### **4.12.3. Resistencia al agua hirviendo.**

**ASTM D-2571.** Se coloca 0.5 mililitros de agua destilada hirviendo sobre el panel aplicado seco, donde se debe dejar enfriar. Se seca para examinar y se examina para reportar el machado, ablandamiento, forzado u otras deterioraciones de la película.

#### **4.12.4. Resistencia a aceites.**

**ASTM D-115.** Se sumergen 4 pulgadas (100 milímetros) de los extremos de la muestra aplicada por 48 horas en un contenedor de aceite para autos. Pasado el lapso de prueba se debe limpiar y secar el panel con un trapo de algodón para evaluar si la película es diluida, forzada, arrugada, suelta o si no es visible el defecto a simple vista.

El efecto de esta exposición, fue realizada con un aceite para autos de motor a gasolina tipo SB SAE HD40 donde se tomaron 2 datos distintos, uno con la exposición del aceite a temperatura ambiente y el otro con aceite caliente.

#### 4.13. Resistencia a impacto.

(Calderón, 1995) Se dejará caer un peso cilíndrico de alturas específicas a través de una guía en una base verticalmente montada sobre una bola de acero de diámetro y dureza específica, situado firmemente sobre el panel de prueba como se muestra en la figura 9. El grado de daño en el área de prueba es evaluado por referencia de acuerdo a un código de clasificación numérico descriptivo.

El tablero debe ser completamente liso y no menor de 120 x 140 milímetros. Después de aplicar la película deberá dejarse secar a una temperatura no menor de 15 °C con libre acceso de aire por un mínimo de 28 días. Se deberá de acondicionar el panel por lo menos 7 días antes de la prueba llevando los paneles a una temperatura de  $23 \pm 2$  °C y una humedad relativa de  $50 \pm 5$  %.

Los puntos de impacto deberán estar a una distancia no menor de 20 milímetros de cualquiera de las orillas del tablero de prueba, así como también de los centros de los puntos de cada impacto y con la separación como lo muestra la figura 11.

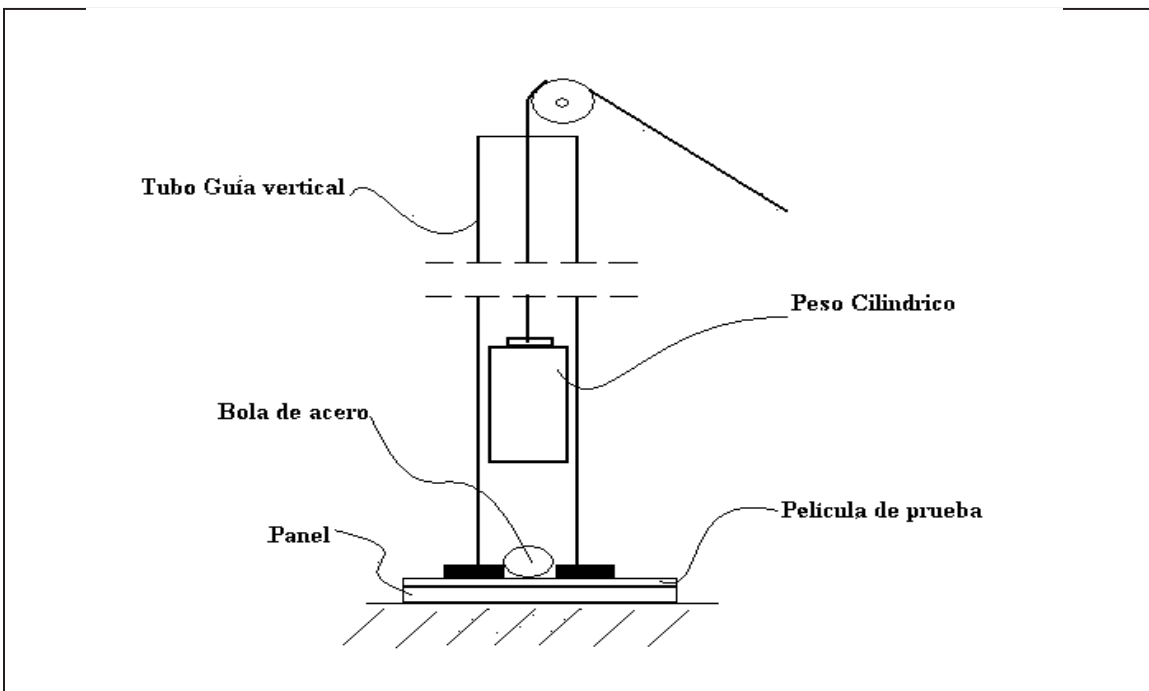


Figura 9. Aparato de prueba de impacto utilizado

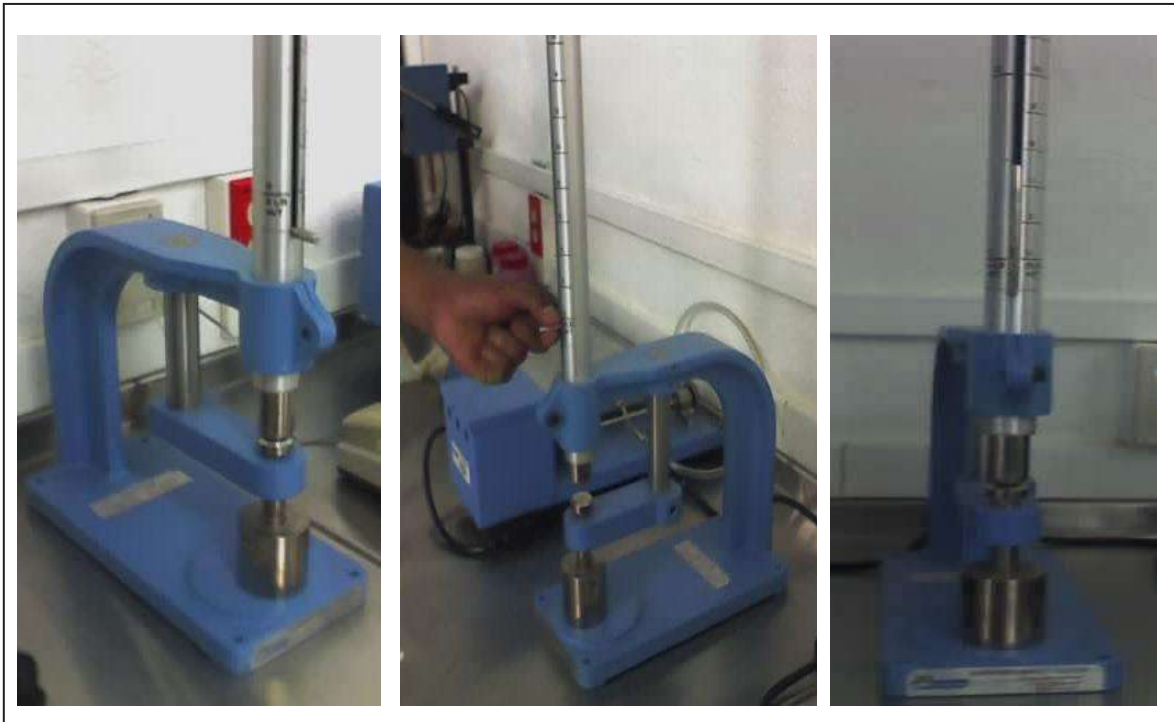


Figura 10. Aparato de prueba de impacto moderno

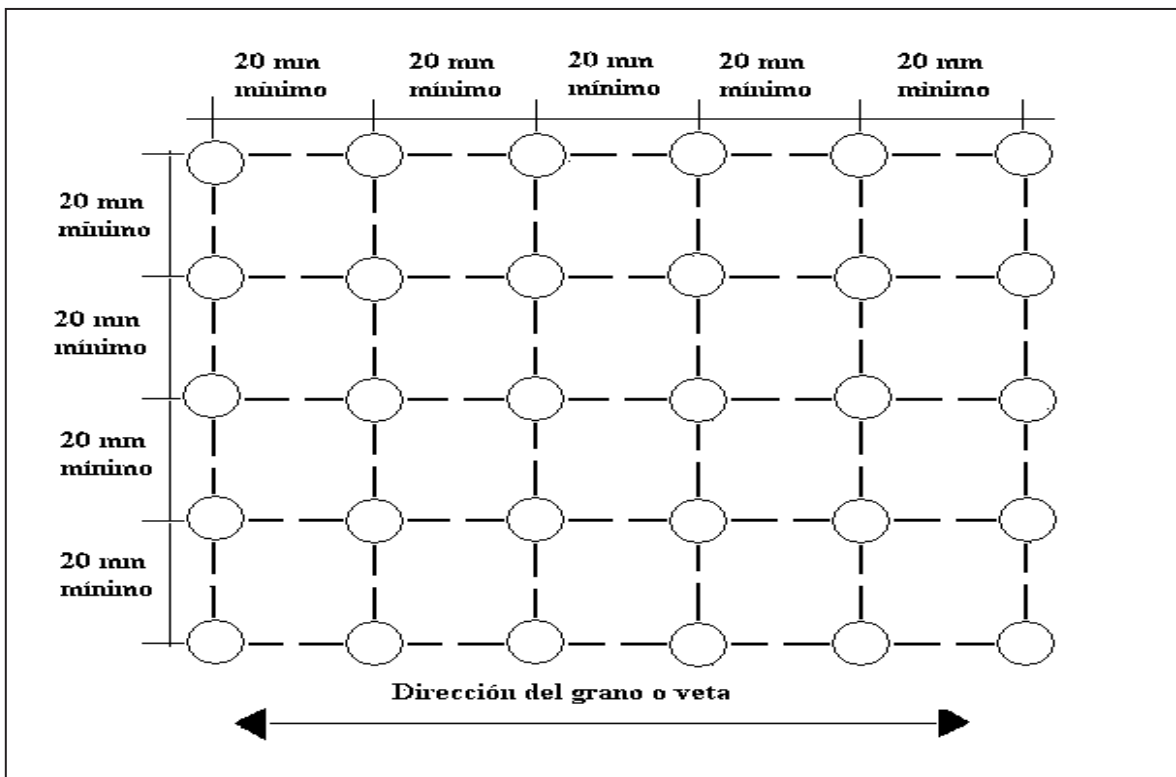


Figura 11. Forma en que se realizará el ensayo de impacto

Las distancias con las que se evaluará el impacto de la película son:

- En la línea 1 desde una altura de 10 mm
- En la línea 2 desde una altura de 25 mm
- En la línea 3 desde una altura de 50 mm
- En la línea 4 desde una altura de 100 mm
- En la línea 5 desde una altura de 200 mm
- En la línea 6 desde una altura de 400 mm

Se deberán examinar cuidadosamente el área de prueba bajo un lente de 7X y con buena iluminación directa, balanceando el panel a contra luz. La valoración de los resultados deberá reportarse según la siguiente tabla y figura de las fallas:

Tabla 1. Valoración de los resultados de impacto

<b>Valoración</b>	<b>Descripción</b>
5	Sin cambios visibles
4	Sin grietas pero la marca de impacto es visible a contra luz
3	Ligero agrietamiento en la superficie, generalmente 1 o 2 grietas circulares en la marca de impacto
2	Agrietamiento de moderado a fuerte, limitado a la marca de impacto
1	Círculos que se extienden fuera de la marca de impacto y despostillan el acabado



PRUEBAS DE RESISTENCIA DE PELICULAS APLICADAS DE ACABADOS DE LA MADERA DE CUATRO  
EMPRESAS DE BARNICES DE MÉXICO

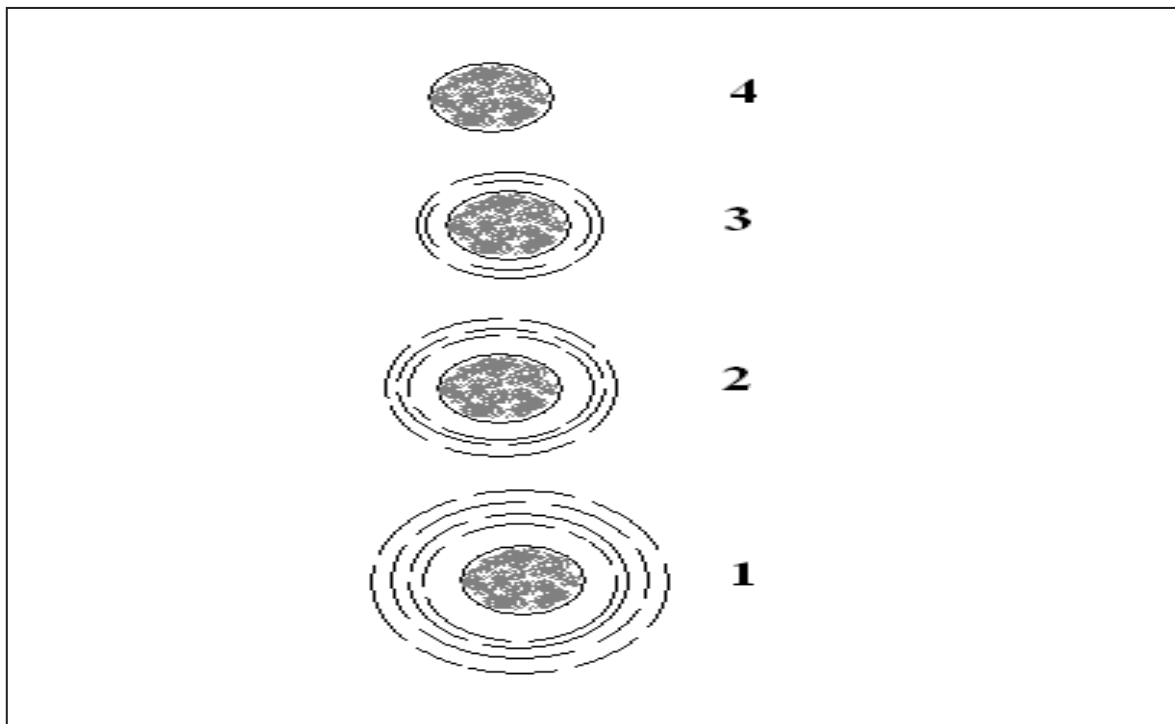


Figura 12. Tipo de grietas

#### **4.14. Resistencia a solventes y gasolina.**

Los líquidos utilizados que se eligieron son los más comunes para el uso y manejo en diferentes condiciones según sea el paso de un proceso de producción, el cuál puede ser en la industria del mueble y en construcciones de madera principalmente, y su principal finalidad es la de experimentar tal proceso en el cual el líquido es introducido a las fibras de la madera y reacciona según su especialidad, ya que dependiendo de cada uno puede alterar la penetración y adherencia de los barnices.

**ASTM D-2792.** Se limpian los tableros completamente con un solvente, y se pule ligeramente la superficie, donde se deberá preparar un mínimo de 3 paneles por cada película. Posteriormente se elimina cualquier tipo de pelusa presente en el panel, y se le aplica el material donde se producirá un espesor aproximado de 3 a 6 mils (3-6 milésimas de pulgada = 76-142  $\mu\text{m}$ ) de película húmeda. Se deje secar al aire libre por el tiempo necesario a una temperatura de 70 a 90 °F (21 a 32 °C). Después del tiempo requerido para su secado, normalmente de 4 a 8 horas se examinan las películas si existe algún tipo de falla como un arrugado, forzado o pérdida de la adhesión. Posteriormente 24 horas después se examinan de nuevo los paneles a causa de falla en comparación con la porción no absorbida por los tableros.

## 5. RESULTADOS.

### 5.1. Resultados del Cálculo del CH del tablero.

$W_{H1} = 71 \text{ gr.}$	$W_{H2} = 64 \text{ gr.}$	$W_{H3} = 66.5 \text{ gr.}$	$W_{H4} = 67 \text{ gr.}$
$W_{S1} = 63.7 \text{ gr.}$	$W_{S2} = 57.2 \text{ gr.}$	$W_{S3} = 59.1$	$W_{S4} = 60.4 \text{ gr.}$

$$CH_1 = (W_H - W_S) / W_S \times 100 = (71 - 63.7) / 63.7 \times 100 = 11.46 \%$$

$$CH_2 = (64 - 57.2) / 57.2 \times 100 = 11.88 \%$$

$$CH_3 = (66.5 - 59.1) / 59.1 \times 100 = 12.52 \%$$

$$CH_4 = (67 - 60.4) / 60.4 \times 100 = 10.93 \%$$

$$\text{Promedio CH} = (11.46 + 11.88 + 12.52 + 10.93) / 4 = 11.7 \%$$

CH = 11.7 % del tablero

## 5.2. Resultados de la materia no volátil por peso.

Tabla 2. Cálculo de materia no volátil del barniz de AQUIMEX

T <sub>AMBIENTE</sub> = 22 °C			
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Temperatura del horno después de ½ hora t = 138 °C			
Vidrio de reloj	30.4 gr	27.0 gr	30.5 gr
Peso de muestra h	1.5 gr	1.5 gr	1.5 gr
Temperatura del horno después de 3 hrs. t = 132 °C			
Peso seco vidrio + Muestra	31.0 gr	27.5 gr	31.0
Peso seco muestra	0.6 gr	0.5 gr	0.5 gr

$$\text{Muestra 1: \% MNV} = (P_s / P_0) \times 100 = (0.6 / 1.5) \times 100 = 40 \%$$

$$\text{Muestra 2: \% MNV} = (0.5 / 1.5) \times 100 = 33.33 \%$$

$$\text{Muestra 2: \% MNV} = (0.5 / 1.5) \times 100 = 33.33 \%$$

$$\text{Prom. \%MNV} = (40 + 33.33 + 33.33) / 3 = 35.55 \%$$

$$\% \text{MNV} = 35.6 \%$$

Tabla 3. Cálculo de materia no volátil del barniz de IRURENA

T <sub>AMBIENTE</sub> = 22 °C			
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Temperatura del horno después de ½ hora t = 131 °C			
Vidrio de reloj	27.8 gr	27.3 gr	27 gr
Peso de muestra h	1.5 gr	1.5 gr	1.6 gr
Temperatura del horno después de 3 hrs. t = 133 °C			
Peso seco vidrio + Muestra	27.9 gr	27.8 gr	27.8 gr
Peso seco muestra	0.1 gr	0.5 gr	0.8 gr

Muestra 1: % MNV =  $(P_s / P_0) \times 100 = (0.1 / 1.5) \times 100 = 6.66 \%$

Muestra 2: % MNV =  $(0.5 / 1.5) \times 100 = 33.33 \%$

Muestra 3: % MNV =  $(0.8 / 1.5) \times 100 = 50 \%$

Prom. % MNV =  $(6.66 + 33.33 + 50) / 3 = 29.99 \%$

%MNV = 30.0 %

Tabla 4. Cálculo de materia no volátil del barniz de POLY FORM

T <sub>AMBIENTE</sub> = 22 °C			
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Temperatura del horno después de ½ hora t = 133 °C			
Vidrio de reloj	30.6 gr	27.1 gr	30.5 gr
Peso de muestra h	1.5 gr	1.6 gr	1.5 gr
Temperatura del horno después de 3 hrs. t = 135 °C			
Peso seco vidrio + Muestra	31 gr	27.9 gr	31 gr
Peso seco muestra	0.4 gr	0.8 gr	0.5 gr

$$\text{Muestra 1: \% MNV} = (P_S / P_0) \times 100 = (0.4 / 1.5) \times 100 = 26.66 \%$$

$$\text{Muestra 2: \% MNV} = (0.8 / 1.6) \times 100 = 50 \%$$

$$\text{Muestra 3: \% MNV} = (0.5 / 1.5) \times 100 = 33.33 \%$$

$$\text{Prom. \% MNV} = (26.66 + 50 + 33.33) / 3 = 36.6 \%$$

$$\% \text{MNV} = 36.6 \%$$

Tabla 5. Cálculo de materia no volátil del barniz de SAYER LACK

T <sub>AMBIENTE</sub> = 22 °C			
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Temperatura del horno después de ½ hora t = 131 °C			
Vidrio de reloj	30.9 gr	30.4 gr	27.3 gr
Peso de muestra h	1.5 gr	1.5 gr	1.5 gr
Temperatura del horno después de 3 hrs. t = 133 °C			
Peso seco vidrio + Muestra	31 gr	31 gr	27.8 gr
Peso seco muestra	0.1 gr	0.6 gr	0.5 gr

Muestra 1: % MNV =  $(P_s / P_0) \times 100 = (0.1 / 1.5) \times 100 = 6.66 \%$

Muestra 2: % MNV =  $(0.6 / 1.5) \times 100 = 40 \%$

Muestra 3: % MNV =  $(0.5 / 1.5) \times 100 = 33.33 \%$

Prom. % MNV =  $(6.66 + 40 + 33.33) / 3 = 26.66 \%$

%MNV = 26.7 %

Tabla 6. Valores del porcentaje de materia no volátil por peso (%MNV) de las cuatro empresas.

Empresa	% MNV
AQUIMEX	35.6
IRURENA	30.0
POLY FORM	36.6
SAYER LACK	26.7

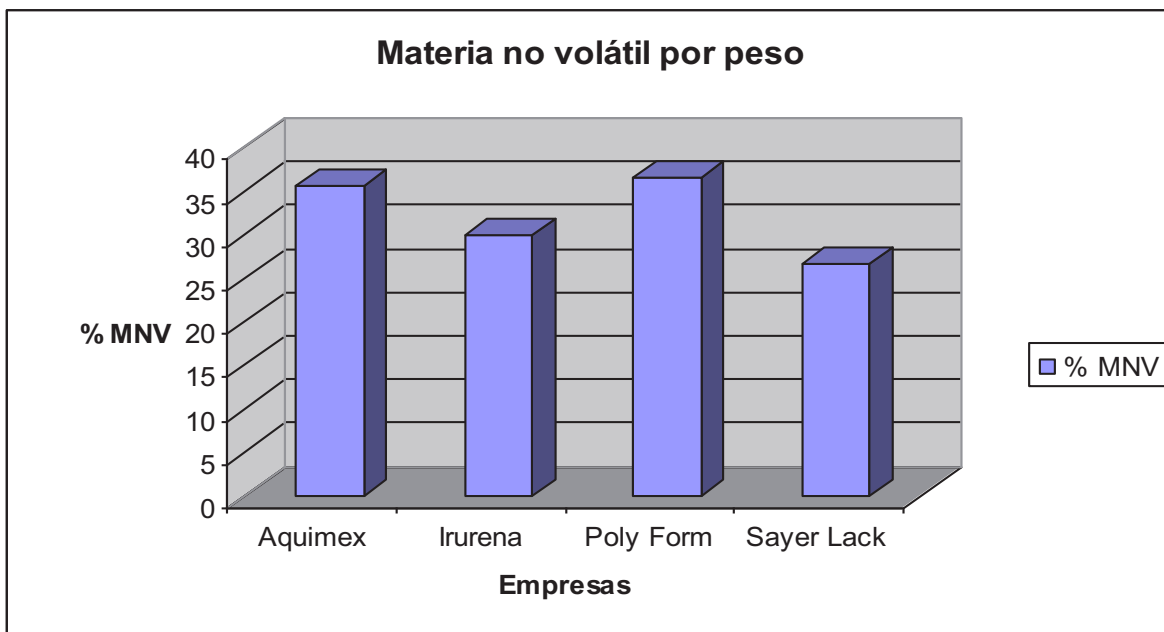


Figura 13. Valores del %MNV de las cuatro empresas



### 5.3. Resultados del tiempo de secado libre de polvo.

Tabla 7. Resultados del secado del fondo.

<b>Marca</b>	<b>Clave de Producto</b>	<b>Tiempo para el manejo del panel</b>	<b>Tiempo para el lijado</b>
AQUIMEX	Fondo 2044	7 min	12 min
IRURENA	Fondo F-476	13 min	23 min
POLY FORM	Sellador 2060	44 min	75 min
SAYER LACK	Fondo UF-042	27 min	38 min

Tabla 8. Resultados del secado libre de polvo del brillo directo de poliuretano.

<b>Empresa</b>	<b>Clave de Producto</b>	<b>Tiempo de secado libre de polvo</b>
AQUIMEX	Brillo 2087 BB	15 minutos
IRURENA	Brillo 024	20 minutos
POLY FORM	Barniz 3000	40 minutos
SAYER LACK	Brillo T-28	20 minutos

#### 5.4. Resultados del tiempo de secado al tacto.

Para la elaboración de este ensayo se utilizó una placa de vidrio transparente de un espesor de 9 mm para cada uno de los barnices.

Tabla 9. Resultados de la prueba de secado al tacto

<b>Empresa</b>	<b>Tiempo de secado al tacto</b>
AQUIMEX	22 minutos
IRURENA	26 minutos
POLY FORM	1 hora 20 minutos
SAYER LACK	25 minutos

#### 5.5. Resultados del tiempo de secado rígido.

Tabla 10. Resultados del tiempo de secado rígido o a presión

<b>Empresa</b>	<b>Tiempo de secado a presión</b>
AQUIMEX	1 hora 9 minutos
IRURENA	45 minutos
POLY FORM	3 horas 10 minutos
SAYER LACK	1 hora 18 minutos

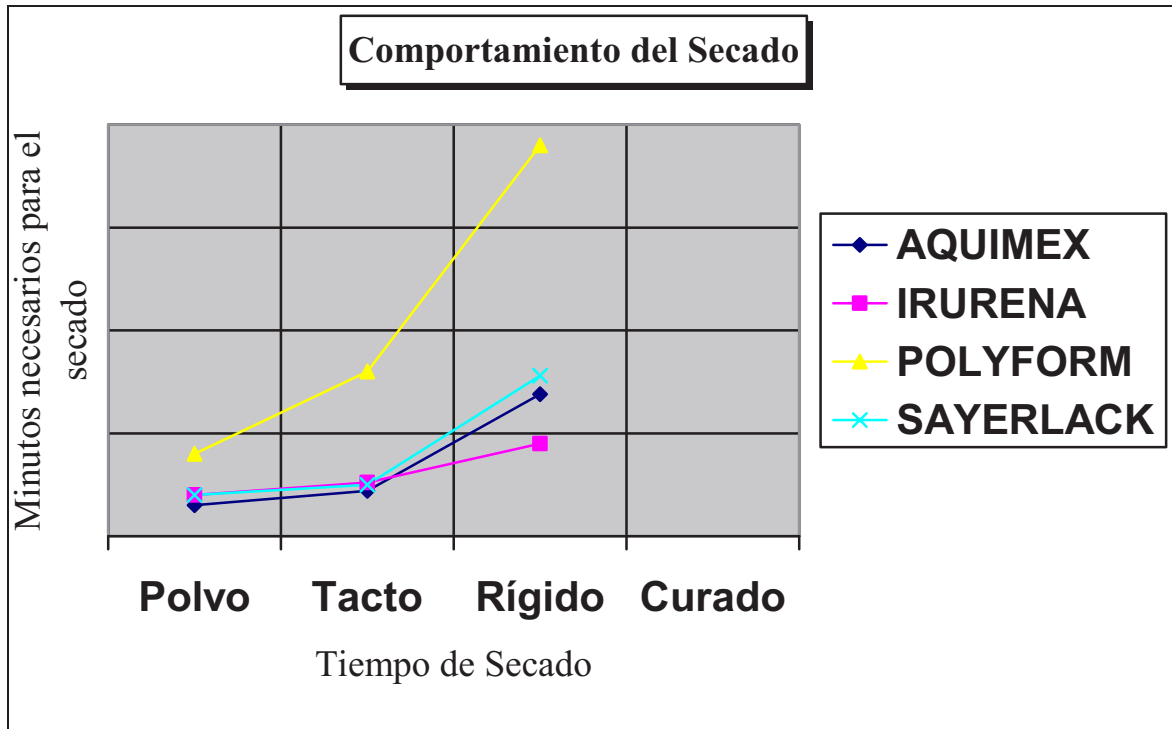


Figura 14. Gráfica de los tiempos de secado

### 5.6. Resultados de la resistencia a la abrasión.

Tabla 11. Cantidad de arena utilizada para la abrasión de cada película

<b>Empresa</b>	<b>Volumen de arena utilizado</b>
AQUIMEX	6000 ml
IRURENA	5800 ml
POLY FORM	4500 ml
SAYER LACK	3400 ml

$$\text{Coef.}_{\text{AQUIMEX}} = v / t = 6 \text{ lt} / 1.9 \text{ mils} = 3.158 \text{ lt/mils}$$

$$\text{Coef.}_{\text{IRURENA}} = 5.8 \text{ lt} / 1.9 \text{ mils} = 3.053 \text{ lt/mils}$$

$$\text{Coef.}_{\text{POLY FORM}} = 4.5 \text{ lt} / 1.9 \text{ mils} = 2.368 \text{ lt/mils}$$

$$\text{Coef.}_{\text{SAYER LACK}} = 3.4 \text{ lt} / 1.9 \text{ mils} = 2.0 \text{ lt/mils}$$

Tabla 12. Resultados de cálculo del coeficiente de abrasión

<b>Empresa</b>	<b>Coeficiente</b>
AQUIMEX	3.2 lt/mils
IRURENA	3.1 lt/mils
POLY FORM	2.4 lt/mils
SAYER LACK	2.0 lt/mils

PRUEBAS DE RESISTENCIA DE PELICULAS APLICADAS DE ACABADOS DE LA MADERA DE CUATRO EMPRESAS DE BARNICES DE MÉXICO

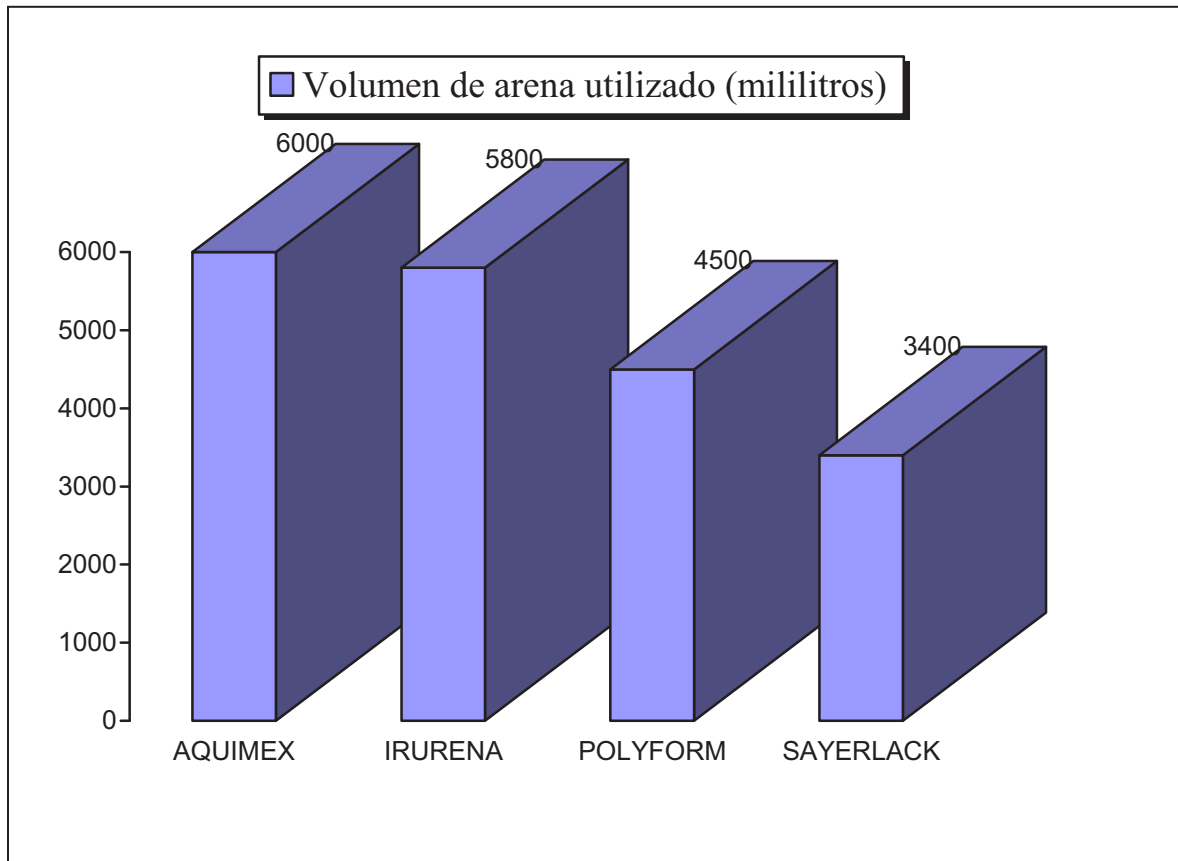


Figura 15. Gráfica del volumen de arena utilizado en la abrasión

### 5.7. Resultados de la resistencia a cambios de temperatura.

Tabla 13. Resultados de resistencia a cambios de temperatura

Empresa	Número de Ciclos y tipo de falla
AQUIMEX	3 (Pequeñas líneas)
IRURENA	No falla después de 4
POLY FORM	No falla después de 4
SAYER LACK	4 (Pequeñas líneas)

### 5.8. Resultados de la durabilidad al exterior.

En la escala de 1 a 10:

- 1 = Falla Completa
- 10 = No hay evidencias de falla alguna

Tabla 14. Resultados de durabilidad al exterior de AQUIMEX

Tiempo de Prueba	Grado de Falla	Descripción de la Falla
Primer Mes	10	No evidencia de falla
Segundo Mes	10	No evidencia de falla
Tercer Mes	9	Ligero amarillamiento
Cuarto Mes	7	Amarillamiento y bajo brillo
Quinto Mes	6	Desprendimiento ligero
Sexto Mes	4	Desprendimiento $\varnothing = 4$ mm

Se nota un considerable amarillamiento y pérdida de brillo, notándose un desprendimiento de película en el área del centro del panel de un diámetro de 4 mm.

Tabla 15. Resultados de durabilidad al exterior de IRURENA

<b>Tiempo de Prueba</b>	<b>Grado de Falla</b>	<b>Descripción de la Falla</b>
Primer Mes	10	No evidencia de falla
Segundo Mes	10	No evidencia de falla
Tercer Mes	10	No evidencia de falla
Cuarto Mes	9	Ligero amarillamiento
Quinto Mes	9	Película estable físicamente
Sexto Mes	8	Amarillamiento grado intermedio

Se nota un ligero amarillamiento de película pero estable físicamente, en el cuál no existe desprendimiento por exposición y con buen brillo.

Tabla 16. Resultados de durabilidad al exterior de POLY FORM

<b>Tiempo de Prueba</b>	<b>Grado de Falla</b>	<b>Descripción de la Falla</b>
Primer Mes	10	No evidencia de falla
Segundo Mes	10	No evidencia de falla
Tercer Mes	9	Ligero amarillamiento
Cuarto Mes	7	Sin brillo y manchas blancas
Quinto Mes	6	Desprendimiento ligero
Sexto Mes	5	Desprendimiento menor a 4 mm

Se nota desprendimiento de película menor a 4 mm de diámetro, un considerable amarillamiento y pérdida de brillo.

Tabla 17. Resultados de durabilidad al exterior de SAYER LACK

<b>Tiempo de Prueba</b>	<b>Grado de Falla</b>	<b>Descripción de la Falla</b>
Primer Mes	10	No evidencia de falla
Segundo Mes	10	No evidencia de falla
Tercer Mes	9	Ligero amarillamiento
Cuarto Mes	8	Perdida de brillo y considerable amarillamiento
Quinto Mes	7	Aparecen líneas en la película
Sexto Mes	6	Líneas de ½ pulgada

Se nota un amarillamiento considerable y pérdida del brillo, notando que aparecen líneas sobre la película en los extremos del panel.

Tabla 18. Tabla comparativa de los resultados al exterior.

<b>Tiempo de exposición</b>	<b>EMPRESAS</b>			
	<b>Aquimex</b>	<b>Irurena</b>	<b>PolyForm</b>	<b>SayerLack</b>
1er Mes	10	10	10	10
2º Mes	10	10	10	10
3er Mes	9	10	9	9
4º Mes	7	9	7	8
5º Mes	6	9	6	7
6º Mes	4	8	5	6
Promedio	7.67	9.33	7.83	8.33



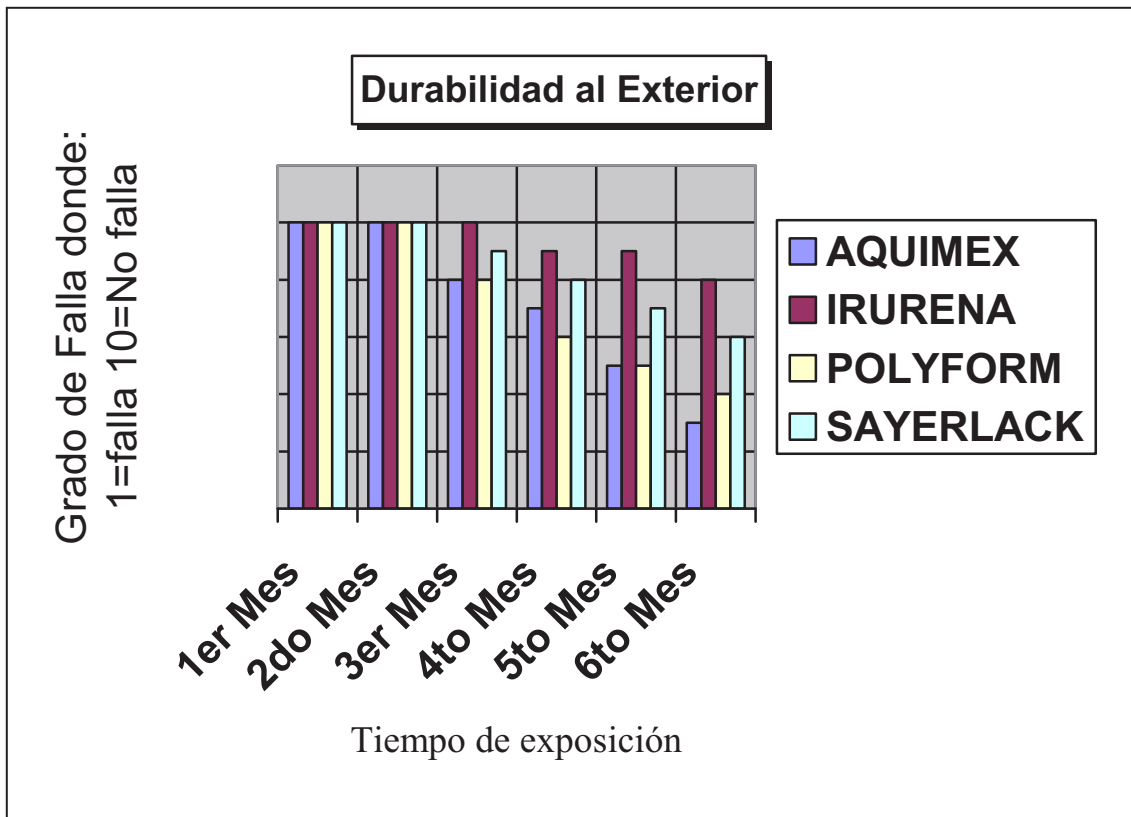


Figura 16. Gráfica de los tiempos de exposición al exterior.

### 5.9. Resultados de la resistencia al agua

Al inicio de la prueba se realizó el procedimiento que indica la norma, donde no se obtuvieron resultados de daños visibles en algún panel aplicado después de un periodo de 18 horas de exposición, resultado por lo cual se aprovechó el fin de semana para permitir la exposición de ese lapso dentro del cuál se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 19. Resultados de la prueba de resistencia al agua

<b>Tablero</b>	No daño visible	Desaparece en 20 min.	Desaparece en 2 hr.	Desaparece en 24 hrs.	No desaparece
<b>AQUIMEX</b>				X	
<b>IRURENA</b>			X		
<b>POLY FORM</b>	X				
<b>SAYER LACK</b>			X		

### 5.10. Resultados de la resistencia al álcali.

Tabla 20. Resultados de la prueba de resistencia al álcali

	<b>Blanqueo</b>	<b>Arrugado o forzado</b>	<b>Removido</b>	<b>No daño visible</b>	<b>Grado de Falla</b>
<b>AQUIMEX</b>	3 horas		4 horas		4
<b>IRURENA</b>		6 horas			1
<b>POLY FORM</b>	4 horas		4 horas		2
<b>SAYER LACK</b>			5 horas		3

Se debe considerar el grado de las fallas por blanqueo, ablandamiento o removido de película se tomaron en cuenta desde el 1 al 5, donde:

1 = Falla ligera

5 = Falla total

**Nota:** El blanqueo en los casos registrados, desapareció una hora después del secado al aire libre, a excepción de la película de POLY FORM.

### 5.11. Resultados de la resistencia a detergentes.

Tabla 21. Resultados de resistencia a detergentes.

<b>Empresa</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Tipo de falla</b>
<b>AQUIMEX</b>	1 Mes	Película blanqueada y suavizamiento de esta
<b>IRURENA</b>	2 Meses	No daño a simple vista
<b>POLY FORM</b>	2 Meses	No daño a simple vista
<b>SAYER LACK</b>	1.5 Meses	Blanqueamiento de la película

### 5.12. Resistencia a grasas, cosméticos y otros compuestos químicos caseros.

#### 5.12.1. Resultados del teñido por cosméticos.

Tabla 22. Teñido por cosméticos

<b>Empresa</b>	<b>Tipo de daño</b>
<b>AQUIMEX</b>	Daño no visible
<b>IRURENA</b>	Daño no visible
<b>POLY FORM</b>	Daño no visible
<b>SAYER LACK</b>	Daño no visible

### 5.12.2. Resultados de la resistencia al alcohol.

Tabla 23. Resistencia al alcohol

<b>Empresa</b>	<b>Tipo de Daño</b>
<b>AQUIMEX</b>	Daño no visible
<b>IRURENA</b>	Daño no visible
<b>POLY FORM</b>	Presenta pequeñas líneas que no se borran
<b>SAYER LACK</b>	Manchado ligero en el área expuesta

### 5.12.3. Resultados de la resistencia al agua hirviendo.

Tabla 24. Resistencia al agua hirviendo

<b>Empresa</b>	<b>Tipo de Daño</b>
<b>AQUIMEX</b>	Blanqueamiento
<b>IRURENA</b>	Daño no visible
<b>POLY FORM</b>	Ligero ablandamiento
<b>SAYER LACK</b>	Daño no visible

### 5.13. Resultados de la resistencia a aceites.

Tabla 25. Resultados de la resistencia a aceites

	<b>Aceite Frío</b>	<b>Aceite Caliente</b>
<b>AQUIMEX</b>	Daño no visible	Película arrugada
<b>IRURENA</b>	Daño no visible	Película suavizada
<b>POLY FORM</b>	Daño no visible	Película suelta
<b>SAYER LACK</b>	Daño no visible	Película suelta

### 5.14. Resultados de la resistencia a impacto.

Tabla 26. Valoración del daño de impacto y Grado de grietas.

Empresa	Valoración						Tipo de grieta					
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
<i>Líneas</i>												
<b>AQUIMEX</b>	3	2	2	1	1	1	2	2	1	1	1	1
<b>IRURENA</b>	4	4	3	3	2	2	4	4	3	3	2	2
<b>POLY FORM</b>	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	3
<b>SAYER LACK</b>	4	3	3	2	2	2	4	4	3	3	2	2

Tabla 27. Diámetro del impacto en mm de **AQUIMEX**

Altura	Número de impacto					Promedio
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	
<b>1</b>	3.6	3.78	3.98	3.58	3.3	3.648
<b>2</b>	4.76	3.92	4.46	3.3	3.12	3.912
<b>3</b>	3.8	3.84	3.98	3.36	4.0	3.8
<b>4</b>	3.88	4.12	3.3	3.96	3.86	3.824
<b>5</b>	3.64	3.69	4.58	4.1	3.3	3.862
<b>6</b>	4.5	6.6	6.9	6.74	7.5	6.448

Tabla 28. Diámetro del impacto en mm de **IRURENA**

<b>Altura</b>	<b>Número de impacto</b>					<b>Promedio</b>
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	
<b>1</b>	3.46	2.46	2.85	3.26	2.0	2.806
<b>2</b>	3.3	3.72	2.96	4.0	3.48	3.5
<b>3</b>	3.62	4.2	3.91	4.66	3.18	3.914
<b>4</b>	3.49	3.86	4.3	3.78	3.86	3.858
<b>5</b>	4.56	3.99	4.8	4.81	3.65	4.362
<b>6</b>	3.9	4.26	5.16	3.8	4.8	4.384

Tabla 29. Diámetro del impacto en mm de **POLY FORM**

<b>Altura</b>	<b>Número de impacto</b>					<b>Promedio</b>
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	
<b>1</b>	3.52	3.42	3.38	3.66	3.49	3.5
<b>2</b>	4.4	4.26	4.35	3.76	3.36	4.026
<b>3</b>	5.7	5.16	4.42	4.96	5.24	5.096
<b>4</b>	5.67	5.39	4.54	4.78	5.25	5.126
<b>5</b>	5.65	6.14	6.84	6.57	6.6	6.372
<b>6</b>	7.42	5.79	6.84	6.51	6.9	6.692



Tabla 30. Diámetro del impacto en mm de **SAYER LACK**

<b>Altura</b>	<b>Número de impacto</b>					<b>Promedio</b>
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	
<b>1</b>	3.11	3.45	3.16	3.22	3.35	3.26
<b>2</b>	4.1	3.9	4.06	4.12	4.03	4.04
<b>3</b>	5.53	3.94	5.46	4.82	4.72	4.89
<b>4</b>	5.86	5.6	4.96	4.72	4.7	5.168
<b>5</b>	5.66	4.7	6.44	5.74	6.0	5.71
<b>6</b>	5.38	6.44	6.24	7.18	6.88	6.424

Tabla 31. Tabla comparativa de los resultados de impacto.

<b>Empresa</b>	<b>Valoración del impacto</b>	<b>Tipo de Grietas</b>	<b>Diámetro promedio en mm de impacto</b>
<b>AQUIMEX</b>	1.67	1.33	4.25
<b>IRURENA</b>	3	3	3.80
<b>POLY FORM</b>	3.83	3.83	5.14
<b>SAYER LACK</b>	2.67	3	4.92

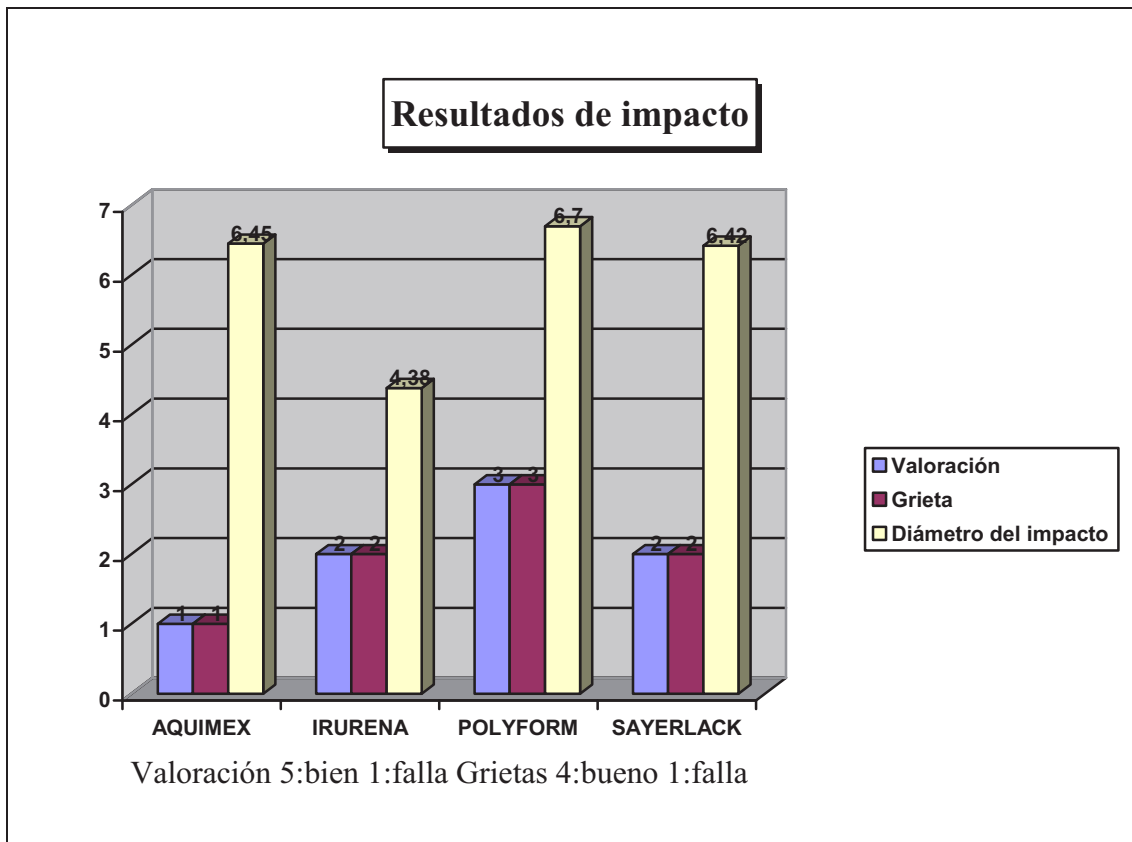


Figura 17. Gráfica de la prueba de impacto.

### 5.15. Resultados de la resistencia a solventes y gasolina.

Tabla 32. Resultados de resistencia a solventes y gasolina

<b>Empresa</b>	<b>Líquidos utilizados</b>			
	<i>Gasolina Bca.</i>	<i>Thiner Std.</i>	<i>Pentaclorofenol</i>	<i>Hipoclorito Sodio</i>
<b>AQUIMEX</b>	No daño visible	No daño visible	No daño visible	No daño visible
<b>IRURENA</b>	No daño visible	No daño visible	No daño visible	No daño visible
<b>POLY FORM</b>	No daño visible	No daño visible	No daño visible	No daño visible
<b>SAYER LACK</b>	No daño visible	No daño visible	No daño visible	No daño visible

Al examinar los resultados de esta prueba como se puede observar en la tabla número 29, no se obtuvieron datos de fallas negativas en la adhesión con estos materiales, sin embargo en el panel de la solución de Hipoclorito de Sodio solo hubo un cambio de coloración que no afecta en las propiedades estructurales de la madera y de fijación de barnices, ya que este producto se puede utilizar para desvanecer el manchado que deja el ataque de un hongo cromógeno como lo es el comúnmente denominado hongo de mancha azul haciendo una ligera decoloración en la madera para posteriormente ser teñido y disfrazar el efecto.

## 6. DISCUSION DE RESULTADOS

### 6.1. Materia no volátil por peso.

La materia no volátil por peso expresado en porcentaje es también conocido como el % de sólidos por peso que existe en los recubrimientos, y está dado por la densidad del producto. Lo cual indica que un producto con una alta densidad representará un % de sólidos en peso mayor, pero no quiere decir que cubra más que los otros productos, ya que depende del % de sólidos en volumen, el cual es significativo en el cuerpo de un acabado final y se calcula con medidores de película húmeda y de película seca.

### 6.2. Tiempos de secado.

En la gráfica de la figura número 14 se muestra los tiempos de secado los cuales son variables principalmente al inicio del secado, esto se refiere a que los barnices dependen primero del solvente con el cual han sido disueltos en la fabricación de ellos y en la mezcla para ser aplicados, ya que tienen varias funciones, como reductor o transportador de materiales, y por el otro lado como nivelante para la extensión de las películas. En los acabados se utilizan diversos nivelantes y reductores los cuales hacen la variedad de los tiempos de secado (Como en el caso de los poliuretanos evaluados). Los solventes pueden estar hechos a base de MEK (Metil-etil Cetona), MIBK (Metil-IsoButil Cetona), Acetato de Butilo, Acetato de Cellosolve, Butil Cellosolve, o Ciclohexanona.

Una vez que el solvente se volatiliza, el catalizador continúa la reacción de la mezcla haciendo que seque la película, iniciando con un gelado hasta llegar al curado total, por lo tanto, el tiempo de secado libre de polvo en gran parte se debe al disolvente y los demás tiempos por parte de la catalización, por esa razón es que se recomienda que las mezclas de la parte A y B (Resina y Catalizador) se realicen lo más exacto posible para obtener la dureza que marca las propiedades técnicas de cada producto y evitar que la película sea mas blanda o tan rígida que nos pueda provocar un problema y reclamación de calidad.

### **6.3. Prueba de abrasión.**

En la gráfica de la figura número 7 se analiza la resistencia de las películas a la abrasión, donde el mayor volumen de arena utilizado nos indica tal resistencia la cual es la dureza del acabado que evita que con el uso cotidiano se raye o marque con facilidad, desgastando la superficie terminada, y a su vez que el tiempo para su mantenimiento sea largo.

### **6.4. Prueba de resistencia al exterior.**

Una de las pruebas más interesantes es la exposición al exterior, ya que directa o indirectamente estarán en contacto con los rayos del sol. Dependiendo el uso o servicio de un producto terminado, será necesario elegir o recomendar el material adecuado para las necesidades de resistencia requeridas. A pesar de que las películas evaluadas son de poliuretano, cada uno de ellos se han fabricado con resinas de diferentes tipos para un uso específico, los cuales nos darán a su vez distintas características de resistencia, por ejemplo, existen resinas de poliuretano fenólicas, alquidálicas, acrílicas (o inalterables), etc. Las cuales pueden utilizar en las mismas condiciones de aplicación y exposición pero sus resultados a esta última serán distintas entre ellos. En resumen, existe a la venta en el mercado productos con características parecidas, pero es necesario conocer sus principales propiedades técnicas para poder recomendarlos para un uso específico, y así complementar el ciclo de una asesoría profesional.

### **6.5. Prueba de resistencia a impacto.**

Otra de las pruebas interesantes en esta tesis es la resistencia al impacto, la cual depende no solo de la dureza del barniz, sino también de la elasticidad y capacidad de flexión para que no llegue a su punto de ruptura, esto se refiere por ejemplo en el poliéster, que es un material que nos deja una película de excelente sólidos, pero tan rígida que si sufre un impacto considerable o se somete a temperaturas altas por la fricción (como en el pulido y abrillantado), este tiende a cristalizarse, donde la superficie se estrella y desprende con facilidad. Por lo tanto un barniz que sea sometido a un impacto sin llegar a romperse, es un excelente material de buena dureza y elasticidad, que por el grado de impacto puede llegar a formar un cráter inducido en la madera, pero la película de barniz por su grado de elasticidad no llega a su punto de ruptura.

## 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Finalmente en relación a los resultados obtenidos de las pruebas del Brillo Directo de Poliuretano a película seca, se tiene una idea clara de que producto nos conviene utilizar dependiendo las condiciones de servicio, en las cuales estará trabajando constantemente.

1. La finalidad de estas pruebas, donde los productos aun siendo el contratipo uno de otro en el mercado, es que trabajan de maneras distintas, por lo cual podremos recomendar el adecuado según su uso, exposición o necesidades de resistencia. Lo que NO quiere decir que uno sea el mejor en todos los aspectos que cualquier otro utilizado en esta tesis, simplemente vamos a utilizar cada uno dependiendo el uso o destino para lo cual ha sido diseñado y fabricado.
2. Los productos de AQUIMEX, conocidos comercialmente con claves Fondo 2044, Catalizador para Fondo K-2010 , Solvente SV-2010 con un precio por litro mezcla en el año 2001 venta al publico de (Resina 100% + Catalizador 50% + Solvente 50%) de \$41.00 M.N. y el Brillo Directo 2087-BB, Catalizador para Brillo K-2087 con un precio por litro mezcla de \$46.75 M.N. se recomienda para muebles de madera los cuales tendrá, un secado rápido y acabados a poro semi abierto, por su tixotropía para la aplicación en vertical y sillería, donde no tendrá contacto con el exterior, con productos alcalinos, libre de impactos de medianos a fuertes, una abrasión promedio, y donde el costo sea económico.
3. Los productos de IRURENA, conocidos comercialmente con las claves para el Azpifond F-476, Catalizador C-476, Disolvente DPN con un precio por litro mezcla en el año 2001 venta al publico de \$44.75 M.N. y el Brillo Directo con clave Goylake A-024, Catalizador C-024, Diluyente DPO, con un precio por litro mezcla de \$58.75 M.N. se recomienda para muebles de madera con un proceso de secado rápido, para acabados a poro cerrado, donde tendrá contacto con álcalis, alcoholes, aceites, medianamente a rayos UV, y con impactos medianos, ideal para mesas, puertas, guitarras, closets, etc.

4. Los productos de POLYFORM, conocidos comercialmente con claves del Sellador de Poliuretano 2060, Thinner THV (Es un Solvente para Poliuretanos, totalmente distinto al Thinner que normalmente se conoce) con un precio por litro mezcla en el año 2001 venta al publico de \$107.86 M.N. y el Brillo Directo como Barniz 3000, Thinner THV con un precio por litro mezcla de \$132.82 M.N. se recomienda para superficies de secado lento, con contacto ligero de aceites, cosméticos y agua pero libre de productos alcalinos, alcoholes, por lo tanto es ideal para acabados a poro cerrado como cubiertas de mesas, puertas al interior, e ideal para pisos al interior y ladrillos o paredes libre de salitre.
5. Los productos de SAYERLACK, conocidos comercialmente con las claves del Fondo UF-042, Catalizador para UF-042 con un precio por litro mezcla en el año 2001 venta al publico de \$46.16 M.N. y el Brillo Directo T-28/A, Catalizador T-28/B con un precio por litro mezcla \$50.94 M.N. se recomienda para muebles de madera de acabados a poro semi abierto de un secado promedio, libre de contacto con soluciones alcalinas, agua caliente, aceites calientes, pero que pueden estar en contacto con alcoholes, cosméticos, y sin abrasión por lo tanto es ideal para muebles como roperos, salas, artesanías, etc.
6. Los precios manejados en esta parte al igual que los productos fueron adquiridos en tiendas o distribuidoras de esas marcas y son de fechas del 2001, por lo tanto habrá una variable con la actual, por lo tanto es recomendable para hacer un balance comparativo adquirir los precios de lista actualizadas.



7. Es recomendable para las evaluaciones de exposición que se evalúen durante un tiempo más extenso para que los resultados en las gráficas se puedan disparar y se note una diferencial mayor. En el caso de las otras pruebas se recomienda que se realice con equipos actualizados como en el caso de la abrasión, y la de impacto. También es recomendable diferenciar las películas a luz de día o en un aparato de luz artificial el cual nos dará en el laboratorio desde una luz blanca o de día hasta una amarilla o de habitación, ver las figuras 18,19 y 20.
  
8. En el mercado mexicano cada día hay más productos nuevos de diferentes marcas, por lo cual para extender o ampliar esta tesis se recomienda evaluar más marcas de barnices y por lo menos dos productos de cada una para obtener una diversidad, evaluadas y aplicadas a las mismas condiciones entre barnices tal y como se realizó en esta tesis.

## 8. ANEXOS.

Conforme la tecnología sigue avanzando, obtenemos herramientas y aparatos que nos ayudan a obtener mejores resultados, un ejemplo de ello son las siguientes figuras, las cuales son aparatos de prueba para medir la resistencia de recubrimientos como lo es el aparato de prueba de impacto y el aparato de prueba de la abrasión, como también el aparato de luz blanca para observar muestras de colorimetría y diferencias entre muestras.



Figura 18. Aparato de prueba de impacto.

PRUEBAS DE RESISTENCIA DE PELICULAS APLICADAS DE ACABADOS DE LA MADERA DE CUATRO EMPRESAS DE BARNICES DE MÉXICO



Figura 19. Aparato moderno para la prueba de abrasión.

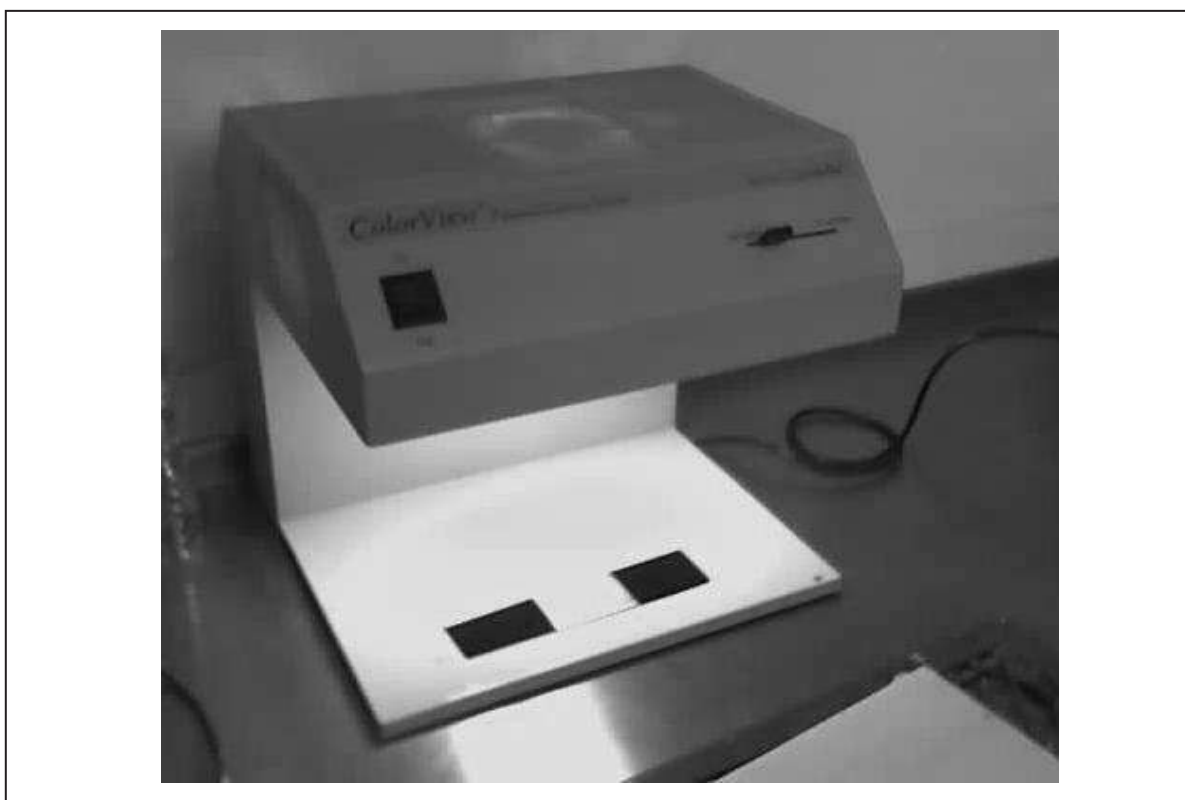


Figura 20. Aparato de observación de luz blanca.



Figura 21. Cabina de aplicación de cortina de agua.

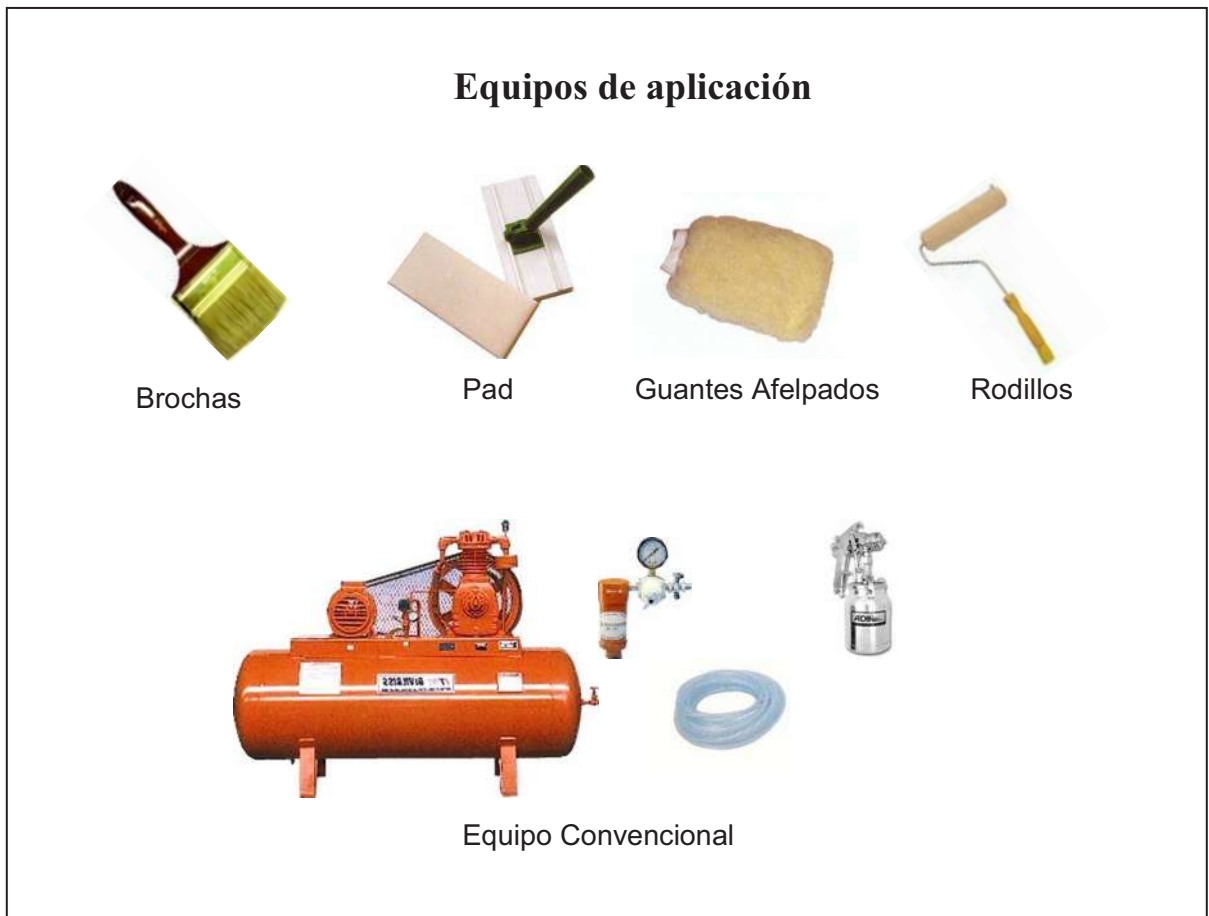


Figura 22. Equipos de aplicación Convencionales.

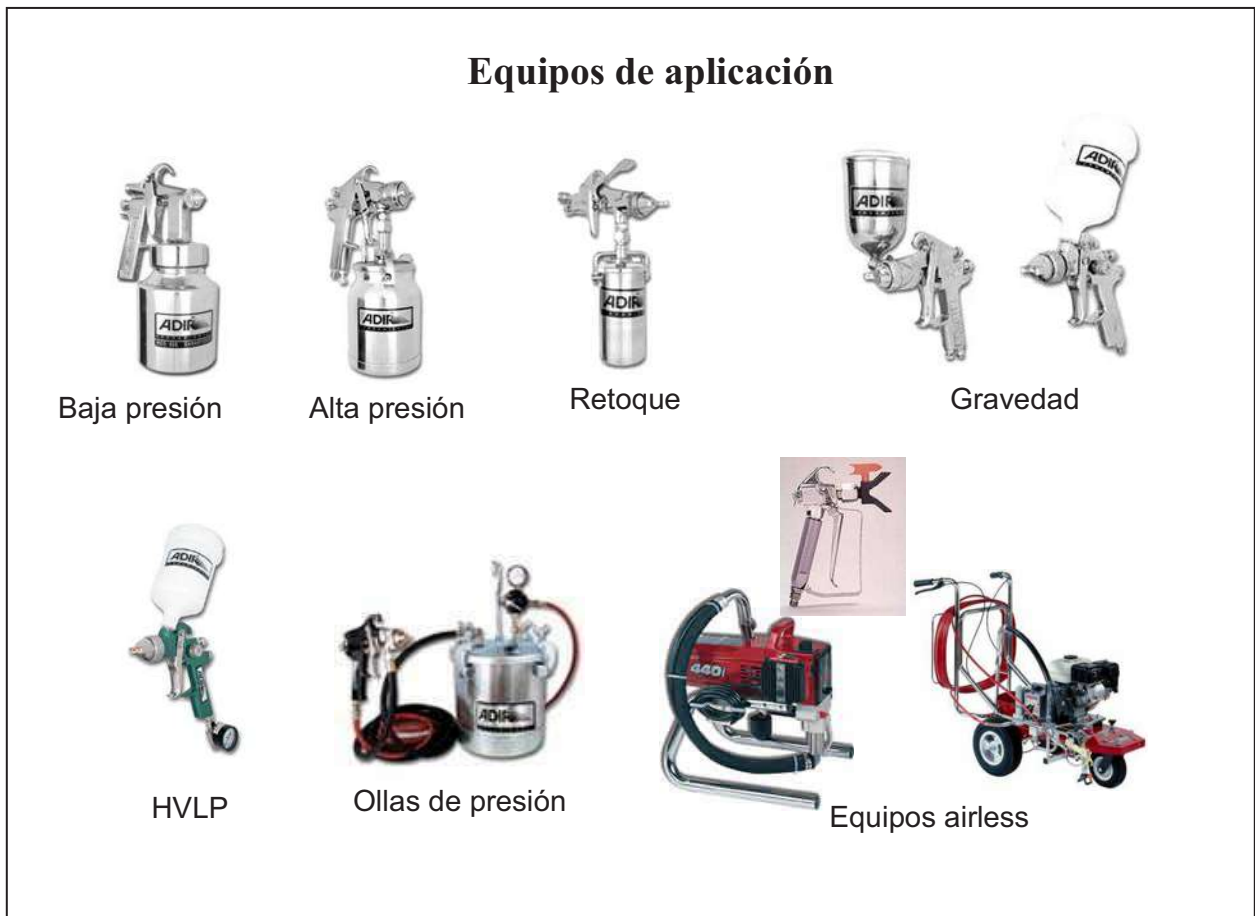


Figura 23. Equipos de aplicación profesional.

## Equipos de aplicación

Equipos airless

- Nordson
- Kremlin
- Graco
- Sagola
- Titan
- Devilbiss
- Adir



Figura 24. Equipos airless industriales.

## 9. BIBLIOGRAFÍA.

1. ASTM. 1985. Annual Book of ASTM Standards, American Society for Testing and Materials. Part 27. Paint, Pigments, Resins and Polymers. 602 pp. Editorial Staff. Revision issued annually. Library of Congress Catalog. Card number 40-10712.
2. Calderón Muñoz, R. 1995. Caracterización de algunos recubrimientos comerciales para madera de México a base de poliuretano. Tesis Profesional. Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México. 105 pp.
3. Casillas Rivas, R. 1993. El uso de los barnices de isocianato o poliuretano en la madera. Tesina Profesional. Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México. 43 pp.
4. Espinoza Calderón, J.L. 1993. Resinas de secado para recubrimientos. Tesina Profesional. Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México. 68 pp.
5. Vargas Delgado, J.C. 1992. Métodos de aplicación de los recubrimientos. Tesina Profesional. Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México. 74 pp.
6. Segura, J.M. 1992. Tintes para Madera. Tesina Profesional. Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México. 44 pp.



7. López Martínez, H. 1992. Aplicación de pinturas y barnices por pulverización neumática. Tesina Profesional. Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México. 75 pp.
8. Tesouro Vallejo, J. 1982. Acabado industrial de superficies de Madera. Editorial CEDEL. España. 193 pp.
9. Santini, L. 1985. Limpieza, pulido, teñido y barnizado de la madera. Editorial SINTES. Quinta Edición. Barcelona, España. 238 pp.
10. Johnson Leach, N. 1993. Modern Wood Finishing Techniques. British Library. 235 pp.
11. Lesur, L. 1992. Manual de Barniz y pinturas de muebles. Editorial TRILLAS. Primera Edición. México. 144 pp.