

29148

Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE QUIMICA

UNIVERSIDAD NACIONAL D MEXICO  
"FORMULACION, MANUFACTURA Y ANALISIS

DE ESMALTES AUTOMOTIVOS

POR ALIQUILAMINAS TERMOESTABLES



TESIS MANCOMUNADA

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO QUIMICO

P R E S E N T A N

CARLOS LOZANO AVILES

MOISES RODRIGUEZ RODRIGUEZ

México, D. F. 1988



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

# I N D I C E

## PROLOGO

CAPITULO I. INTRODUCCION. . . . .	3
- Importancia de los recubrimientos orgánicos. . . . .	3
- Concepto de recubrimiento. . . . .	5
- Tipos de recubrimientos en el mercado. . . . .	5
CAPITULO II. GENERALIDADES. . . . .	10
- Desarrollo de los recubrimientos automotivos. . . . .	10
- Recubrimientos a base de nitrocelulosa. . . . .	11
- Recubrimientos a base de resinas alquídicas . . . . .	12
- Recubrimientos a base de resinas acrílicas. . . . .	14
- El esmalte acrílico termofijo. . . . .	15
- Resinas termofijas y termoplásticas. . . . .	20
- Historia y desarrollo de las resinas industriales . . . . .	22
CAPITULO III. ANALISIS DE LAS MATERIAS PRIMAS. . . . .	30
- Vehículos (tipos, propiedades). . . . .	31
- Pigmentos. . . . .	33
- Disolventes. . . . .	34
- Aditivos. . . . .	35
- Extendedores . . . . .	35
- Análisis que se efectúan al vehículo. . . . .	36
- Análisis que se efectúan a los pigmentos.. . . .	39
- Análisis que se efectúan a los disolventes. . . . .	41
- Análisis que se efectúan a los aditivos. . . . .	50
- Análisis que se efectúan a los extendedores . . . . .	51

CAPITULO IV. FORMULACION. . . . .	53
- Diagrama de optimización del esmalte. . . . .	56
- Factores fundamentales para la formulación. . . . .	57
- Información necesaria para la formulación. . . . .	57
- Concepto de la relación P/B. . . . .	58
- Ecuaciones requeridas. . . . .	58
- Formulaciones más comunes para esmaltes automotivos acrílicos termofijos. . . . .	60
CAPITULO V. PROCESO DE MANUFACTURA. . . . .	66
- Diagrama de bloques. . . . .	68
- Recepción y almacenaje de las materias primas. . . . .	66
- Proceso de medida y pesaje. . . . .	69
- Surtido de la fórmula en materia prima . . . . .	70
- Dispersión. . . . .	71
- Molienda. . . . .	72
- Diferentes tipos de molinos. . . . .	72
- Dilución. . . . .	75
- Entinte . . . . .	76
- Filtrado. . . . .	78
- Control de calidad. . . . .	79
- Envasado. . . . .	80
- Etiquetado y empaquetado. . . . .	81
CAPITULO VI. DESARROLLO Y ANALISIS DE LA FORMULA TIPO . . . . .	82
- Preparación de superficies. . . . .	82
- Sistemas de limpieza de superficies. . . . .	83
- Requerimientos básicos de las compañías armadoras . . . . .	86

- Análisis del esmalte acrílico (métodos de prueba). . . . .	92
<b>CAPITULO VII. RESULTADOS Y CONCLUSIONES. . . . .</b>	<b>110</b>
- Resultados. . . . .	110
- Conclusiones. . . . .	124
<b>G L O S A R I O. . . . .</b>	<b>126</b>
<b>CAPITULO VIII. BIBLIOGRAFIA. . . . .</b>	<b>129</b>

## P R O L O G O

Concientes de la situación mundial actual, y en especial de nuestro país, así como de la labor del Ingeniero Químico, de aportar nuevos panoramas que vengan a mejorar o a -- adaptar la industria a estas condiciones, surgió la idea de -- explorar en una industria que, a pesar de ser importante, poca gente la reconoce e identifica como tal: La industria de las pinturas.

La pintura, y en general los recubrimientos, ofrecen un amplio panorama para su estudio y mejoramiento, ya que como se expone en este trabajo aporta grandes ventajas a la humanidad.

Al iniciarnos en el presente, nos fijamos como objetivos a desarrollar:

Conocer las diferentes clases de recubrimientos, así como los usos más relevantes de éstos.

Conocer los materiales que sirven de base a los recubrimientos, además de aprender las pruebas que se les efectúan y su importancia.

También tenemos como meta aprender, en base a los conceptos fundamentales, a formular correctamente un esmalte para automóviles, que sea lo suficientemente bueno como para -- que aguante los diversos agentes y factores a que se exponen tales productos a largo plazo.

Todo lo anterior lo haremos de acuerdo a las necesida

des, cada día más extensas en cuanto se refiere a obtener buena calidad, bajo costo y sobre todo, excelente durabilidad, - que solicitan las compañías armadoras de vehículos.

Esperando que sea sólo el primer paso de muchos otros que se efectúen por alumnos de ésta y otras instituciones de educación, para lograr concentrar nuestros esfuerzos hacia -- una sola meta:

**!CONSEGUIR UNA SUPERACION DE LA INDUSTRIA NACIONAL!**

**CAPLOS LOZANO A.**

**MOISES RODRIGUEZ R.**

## C A P I T U L O I

### INTRODUCCION

#### Razones básicas del uso de recubrimientos

Las enormes cantidades de pintura que se aplican - -  
anualmente, exceden de los cien millones de litros sólo en Mé  
xico. Es obvio que un gran número de personas están convenci-  
das que es necesario invertir dinero en pintar y en pintura.-  
Muchos de los materiales empleados en la construcción, gene--  
ralmente madera y metal, principalmente el acero, han sido y-  
continuarán siendo la espina dorsal de todo sistema indus- -  
trial desde la más pequeña manufactura hasta la instalación -  
más gigantesca.

El metal es dúctil, fuerte, resistente. Maneja enor-  
mes pesos, corta, perfora, moldea y aplasta; pero tiene un pun-  
to débil: El contacto con el medio ambiente. Pequeño y gran-  
de enemigo a la vez, el fenómeno de la oxidación y corrosión-  
es tenaz, insidioso; salta de un punto a otro y amenaza por -  
todos los costados a la vez. Es capaz de destruir todo lo --  
que el hombre ha levantado.

Por corrosión u oxidación se designa la destrucción -  
de ciertos metales, por agentes químicos o electroquímicos --  
que atacan su superficie. En el caso del acero, que es el me  
tal mayormente atacado por la oxidación, el producto de ese -



fenómeno o sea la herrumbre, se compone esencialmente de óxidos de hierro.

La oxidación comienza con la disolución de pequeñas cantidades de cationes hierro o fierro. La presencia de agua es indispensable para que esa disolución se produzca; complementariamente sustancias ácidas y elementos locales aseguran la reacción. El oxígeno del aire precipita el óxido de hierro bajo la forma de una masa esponjosa y amorfa.

La oxidación del hierro y el acero tiene esto de particular que en ella no se forma una película compacta, tal como sucede con el aluminio y otros metales no ferrosos; esta delgada y compacta película actúa como aislante contra mayores efectos y por esa causa la oxidación nunca pasa de ser superficial. En el hierro, la misma naturaleza porosa de la oxidación contribuye a que el fenómeno prosiga con la misma intensidad. Aún bajo capas de pintura o bajo capas de escamas de oxidación, la corrosión continúa penetrando.

La atmósfera y el medio ambiente influyen mucho en la velocidad de destrucción del óxido. Ciertas atmósferas, llamadas agresivas, como por ejemplo las de las costas, aceleran considerablemente la oxidación.

Puesto que el metal no se oxida mientras que en su superficie no trabajen factores químicos y de humedad, el recubrimiento con pinturas adecuadas, que actúan como aislantes, es el sistema más práctico y económico para prevenir la corrosión y evitar las ingentes pérdidas que ella representa.

Aunada a la protección de la corrosión, que es razón-

principal, se encuentran las de: embellecimiento, conservación, identificación y seguridad.

La lucha contra la destrucción depende, ante todo, de un factor humano: la voluntad de preservar. La gran cantidad de dinero que cada año se pierde en materiales deteriorados, no lo es por falta de medios, que los hay en abundancia, sino por la ausencia de esa voluntad de preservar. (Ref. 27)

#### RECUBRIMIENTOS ORGANICOS:

Como su nombre lo indica, son recubrimientos hechos con materiales orgánicos que se aplican en películas delgadas. El material orgánico puede cambiar desde líquido hasta sólido de varias maneras: Evaporación de un disolvente, oxidación del aceite constituyente, polimerización del ingrediente resinoso o combinación de estos tres métodos de secado.

Los recubrimientos orgánicos se pueden separar en varias clases que dependen del método y tipo de formulación. Por ejemplo:

#### PINTURA

Es una mezcla de un aceite y un pigmento. El aceite es el ingrediente líquido y es generalmente aceite de linaza, pero puede ser de otro tipo, como aceite de soya o aceite de semilla de algodón, coco, pescado y castor. El pigmento es el material sólido que se mezcla con el aceite. Le imparte -

color al acabado y también resistencia a los agentes atmosféricos o a la humedad en la película seca. Se añade un disolvente a la mezcla para diluirla hasta una consistencia adecuada para la aplicación. Después de la aplicación, el disolvente se evapora y el aceite, en contacto con el aire, se oxida y seca, dejando una película protectora sobre el objeto.

Lo anteriormente indicado es básicamente lo que compone una pintura doméstica. Para otras aplicaciones que pueden requerir secado más rápido o una película más flexible, se pueden añadir otros ingredientes a la pintura; éstos consisten en secantes metálicos, tales como sales de manganeso, calcio, cobalto, plomo, zirconio, etc., o ciertos plastificantes que le comunican flexibilidad a la película seca.

#### BARNIZ

Es una mezcla de una resina y un aceite secante\*. -- Los dos materiales se cuecen para prepararlo e impartir las propiedades deseadas. Sus propiedades para empleo como barnices marinos, para suelos, etc., se varían utilizando diferentes resinas y aceites secantes y cambiando las proporciones de cada ingrediente en la mezcla. Se añaden disolventes para reducir la viscosidad de la mezcla aceite-resina.

Los barnices secan principalmente por oxidación del aceite y polimerización de la resina. Cuando se utiliza alcohol como diluyente, una parte importante del secado se efectúa

\* Ver glosario.

tía por evaporación del disolvente. Estos materiales se llaman barnices al alcohol. Además de su utilización como un material transparente, pueden también ser la base o vehículo de las lacas.

#### LACA

Es un acabado orgánico formador de película que seca por evaporación del disolvente. Las lacas originales se hicieron de nitrocelulosa\* disuelta en tolueno o un disolvente equivalente mas un pigmento. Después de la aplicación, el disolvente se evapora, dejando una película de nitrocelulosa -- pigmentada. A causa de que se utilizan disolventes extremadamente volátiles, las lacas secan en un periodo de tiempo muy corto.

Actualmente, las lacas se modifican o se hacen con -- otros materiales distintos de la nitrocelulosa, como resinas acrílicas, vinílicas, etilcelulósicas, de estireno y otros materiales. Estos materiales comunican otras características, tales como dureza, resistencia a la abrasión y a la humedad, que mejoran a las de nitrocelulosa; sin embargo, como todavía secan por evaporación, quedan dentro de la familia de las lacas. Para modificar la plasticidad y otras características, las lacas se modifican con resinas y plastificantes.

#### GOMA LACA

Es un acabado orgánico en disolución y seca por evaporación del disolvente. La goma laca se prepara disolviendo -

\* = Ver glosario.

laca seca en alcohol. La proporción de laca a alcohol se varía y se obtienen grados de goma laca, tales como rebajado a 5, rebajado a 2, etc. La goma básica es de color naranja, pero por blanqueado y tratamiento de la misma se obtiene una goma laca blanca que se utiliza para el acabado de la madera.

#### EMULSION

Las emulsiones difieren de los barnices, de los esmaltes y de las lacas en que en éstos la resina y/o los aceites se disuelven en un disolvente. Una emulsión es una dispersión de partículas y aceite secante en agua. Después de la aplicación, el agua se evapora, dejando la mezcla de aceite y pigmento en forma de película orgánica. Cuando se utiliza el agua como disolvente, el peligro de fuego, normal en los disolventes altamente volátiles, se elimina y se reduce en gran manera el tiempo muerto por limpieza.

Las emulsiones están encontrando amplia aplicación -- en usos domésticos, pero como las películas secas no poseen las características deseables de otros acabados orgánicos, tales como lacas y esmaltes, se ha limitado su utilización industrial.

#### ESMALTE

Consiste básicamente en una mezcla de un pigmento y un vehículo. El vehículo es generalmente un barniz de alta calidad, formulado a partir de una gran variedad de resinas y aceites secantes. Se pueden adquirir en la actualidad pigmentos

tos para producir casi cualquier color que se desea.

Las características de los esmaltes pueden variarse - por la adición de otros ingredientes. Se puede cambiar el -- procedimiento de secado añadiendo secantes metálicos, resinas, disolventes o catalizadores. Dependiendo de los ingredientes utilizados, los esmaltes secarán al aire por oxidación del -- aceite, por calentamiento o por tratamiento en estufa o por - polimerización de la resina, con o sin la ayuda de catalizado res o calor. En aplicaciones industriales se emplea, para -- acelerar el ciclo de producción, el tratamiento en estufa o - secado forzado, con lo que se puede reducir el tiempo de seca do hasta en un 80%.

Los esmaltes se formulan en una amplia variedad de ca racterísticas de brillo. La escala se sitúa entre cero y - cien, siendo el cien el brillo ideal. En la práctica, el bri llo mínimo de una superficie plana es de alrededor de 25. El brillo se controla por la proporción de pigmento a vehiculo, - tipo de pigmento, ingredientes de opacidad en finura de mo - lienda del pigmento seco.

Los esmaltes se hicieron originalmente con resinas -- naturales, pero la activa investigación química ha producido resinas sintéticas que han desplazado a las naturales. Las - resinas sintéticas típicas, usadas corrientemente son: alqui dales\*, fenólicas, epoxi, acrílicas, vinílicas y de silicón. (Ref. 3,4).

## C A P I T U L O   I I

### GENERALIDADES

#### Desarrollo de la pintura automotiva:

Los automóviles, camiones, remolques y accesorios -- ofrecen un enorme mercado a la industria de la pintura. El -- mayor volúmen, naturalmente, recae en los acabados para carrocerías. Otras superficies que requieren acabados son los interiores que no van tapizados, la cajuela, la cabina, el compartimiento del motor, el motor mismo y sus accesorios, tales como generadores, mecanismos de arranque, filtro de aire y silenciador de escape; también las superficies debajo de la carrocería como chasis, caja de velocidades y ejes.

Ahora se pone más cuidado en evitar la corrosión en la carrocería de los automóviles como resultado de la demanda del público por vehículos que no se oxiden en la parte posterior de los guardapolvos, puertas y paneles de suspensión. -- Las partes sujetas a las condiciones de corrosión más duras -- ahora se hacen de fibra de vidrio.

A través del tiempo, los acabados para automóviles -- han sufrido muchas modificaciones que los han ido mejorando -- con respecto a los anteriores; por ejemplo, los acabados antiguos estaban formados por barnices y resinas naturales que se -- caban lentamente con muy poca retención del brillo y que empezaban a desintegrarse después de dos o tres meses de exposi--

ción exterior. Las pigmentaciones se limitaban casi exclusivamente a los colores oscuros, tales como negro, azul oscuro, verde, rojo y castaño. Los automóviles raramente se pintaban en blanco o colores claros a causa del limitado poder cubriente \* y duración de los pigmentos blancos entonces disponibles. Los pigmentos teñidores inalterables a la luz se reducían a los negros y los óxidos de hierro. Se necesitaban muchas manos - de pintura para conseguir el acabado de un automóvil, una operación que duraba semanas, ya que cada recubrimiento tenía -- que secar al aire libre antes de poder aplicar el siguiente. - (Ref. 9).

Es interesante detallar algunas de las mejoras más -- importantes a través de los años que condujeron a los acabados exteriores de los automóviles de alta calidad que se usan hoy en día.

Hablaremos generalizando por décadas los avances y/o modificaciones que sufrieron algunos de los materiales con -- que se fabrican los recubrimientos.

Primeramente, tenemos que durante la década de los -- 20's tienen lugar los siguientes acontecimientos:

- Introducción de las lacas de nitrocelulosa, \* las - cuales, al secar rápidamente, redujeron a unas pocas horas el tiempo requerido para recubrir un auto móvil.
- Introducción de la nitrocelulosa de baja viscosidad que hizo posibles las lacas de mayor contenido de slidos a la viscosidad de aplicación y, por tanto, -



menos capas para obtener el espesor de película requerido.

- Introducción del bióxido de titanio anatasa\* con -- sulfato de bario como carga, que hizo posible un -- pigmento blanco de mejor poder cubriente y duración que cualquiera de los anteriormente existentes.
- Introducción del bióxido de titanio anatasa sin carga, que mejoró aún más el poder cubriente.

Estos fueron los desarrollos más importantes que se presentaron durante esta década, pero no pararon aquí, sino que, prosiguieron en las siguientes, como citamos a continuación.

Así pues, tenemos que durante la siguiente década, la de los 30's se presentaron las siguientes innovaciones:

- Introducción de las resinas alquídicas\* modificadas con aceites secantes, que hizo posible la producción de esmaltes que mejoraron notablemente la inalterabilidad del brillo y la resistencia al cuarteamiento y duplicó los sólidos de película de las -- lacas de nitrocelulosa.
- Introducción de las resinas alquídicas modificadas con aceites no secantes\*, como un componente de las lacas de nitrocelulosa, que mejoró en gran modo su retención de brillo y su duración.
- Introducción del óxido de antimonio, un pigmento -- blanco resistente a la greñosidad\*, usado en unión del bióxido de titanio anatasa para incrementar la

retención de brillo y reducir la gran gredosidad característica de los pigmentos del bióxido de titanio anteriormente existentes.

- Introducción del pigmento azul de ftalocianina, que hizo posible por primera vez obtener acabados permanentes en tonos azul pastel y colores metálicos.
- Introducción del bióxido de titanio rutilo\*, que tenía mejor poder cubriente y mejor resistencia a la gredosidad que el tipo anatasa.
- Introducción del pigmento verde de ftalocianina, -- que hizo posible la obtención de acabados sólidos -- en metálicos y tintes verdes luminosos.

Estas fueron todas las aportaciones del período de -- tiempo citado, pero no pararon ahí para los recubrimientos -- orgánicos, pues en las épocas posteriores se presentaron:

Durante la década de los 40's que no fué precisamente la más prolífica, pero tampoco pasó desapercibida en el campo de las pinturas, teniendo lugar:

- Introducción del bióxido de titanio rutilo libre de gredosidad, que eliminó la necesidad del óxido de antimonio, un pigmento de poder cubriente mucho más bajo y de mayor costo.
- Introducción de las resinas amínicas usadas en pequeñas proporciones con esmaltes de secado al horno modificados con aceites secantes, para mejorar el -- curado\* y su dureza.

Es así como ahora nos encontramos con que la década -

de los 50's tampoco se queda atrás de las demás, trayendo consigo:

- Introducción de los pigmentos orgánicos inalterables a la luz, amarillos, naranjas, rojos, castaños y violeta; que incrementaron la escala de colores en los tonos metálicos y claros.
- Introducción de los vehículos de esmaltes al horno de resinas ricas en melamina-alquídica y resinas de aceite no secante, que aumentaron el brillo y la inalterabilidad del color, mejor que los vehículos de resinas alquídicas de aceites secantes y pobres en melamina.
- Introducción de las lacas acrílicas que incrementaron considerablemente el brillo y la inalterabilidad del color, comparados con los de las lacas de nitrocelulosa.

En ésta época fué que hicieron su aparición los materiales acrílicos, que tan importantes ventajas trajeron además de abrir un amplio espacio para la investigación y desarrollo de dichos materiales.

Pero no es sino hasta finales de la década de los 60's cuando se logra la introducción de los vehículos de esmaltes acrílicos de secado al horno (termofijos), que mejoraron aún más la retención del brillo y el color con respecto a los ricos en melamina y resinas alquídicas con aceites no secantes, particularmente en materiales metálicos de alto contenido en aluminio.

El avance en los acabados para carrocerías de automóviles ha sido espectacular, ya que gran parte de él ha tenido lugar durante las últimas dos décadas (70's y 80's), aunque - no todo se ha fijado en los materiales, sino también en los - diferentes sistemas en que se aplican (Ref. 9,11).

#### Desarrollo del esmalte acrílico termofijo:

Debido a la constante investigación y el desarrollo - de nuevos productos, se ha pasado por diferentes tipos de materiales que poseían también diferentes propiedades, o solamente se iban mejorando las ya existentes. Es de esta manera que los recubrimientos para automóviles pasaron por varias -- etapas hasta llegar al moderno esmalte acrílico termofijo.

Los acabados de carros hoy día deben tener excelente estabilidad en los envases, en los tanques de almacenamiento y en las líneas de abastecimientos a las cabinas de pintar -- con respecto a la sedimentación del pigmento, formaciones are nosas, cambios de viscosidad o de color y propiedades generales de trabajo.

El escurrido y la formación de "piel de naranja" -- cuando se aplican por atomización deben ser mínimos.

La adherencia a los aparejos, lijados o no, debe ser buena y la reparación de las manchas fácil de realizar. Las capas de acabado deben ser lo suficientemente tenaces para resistir el descascarillamiento por piedras o grava, y no re--- blandecerse por la gasolina o decolorarse por el alquitrán -

de la carretera, ni cuartearse por temperaturas extremadamente frías. También deben ser resistentes a la humedad, a la niebla salina, al agua, al jabón, a los ácidos y a los vapores químicos.

Expuestos durante un año en Acapulco con un ángulo de 45° y de cara al mediodía, los recubrimientos de acabado deben sufrir solamente una pérdida de brillo y un cambio de color mínimo de acuerdo con las normas actuales. Se tiende hacia condiciones de duración más severas, posiblemente hasta - 18 a 24 meses con un ángulo de 5° sobre la horizontal.

Las lacas acrílicas que constituyeron un avance importante en los acabados de automóviles, reemplazaron completamente a las lacas de nitrocelulosa como recubrimientos de acabados para colores de carrocerías, debido a sus innumerables ventajas.

Se fabricaron para obtener recubrimientos superiores de gran brillo sin necesidad de pulimentar, mientras que las lacas de nitrocelulosa requerían frotado y pulimentado para obtener un brillo igual.

También incrementaron la inalterabilidad de los pigmentos, especialmente aquellos que estaban en el límite de duración; muchos considerados no satisfactorios en las lacas de nitrocelulosa, se usaron en gran volumen en las acrílicas con unas características de comportamiento aceptables.

En la tabla 2.1 se muestra el vehículo en su formulación, para una laca acrílica bastante representativa.

Tiene un contenido de sólidos del 32% que está consti

tuido en el 70% por sólidos de las resinas acrílicas y el 30% restante, de butil bencil ftalato como plastificante.

Los vehículos de las lacas acrílicas generalmente contenían otras resinas en cantidades pequeñas, tales como nitrocelulosa de 1/2 segundo o acetato butirato de celulosa (ABC) de 2 segundos. Los pigmentos se dispersaban en estas resinas modificadas, por triturado o molido en solución en molinos de bolas o arena. La nitrocelulosa o el ABC también favorecían la suspensión del pigmento sin reducir seriamente el color y la retención del brillo.

Resina acrílica ( Acryloid a 21 LV 32% N.V.)	74.3
Butil-bencil-ftalato	9.5
Acetato de cellosolve	7.0
Metil-etil-cetona	4.6
Tolueno	4.6
	100.0

TABLA 2.1 Formulación típica del vehículo de una laca acrílica.

Los ésteres acrílicos usados en las lacas acrílicas eran compuestos de peso molecular alto y, por lo tanto, sus soluciones muy viscosas. La laca especificada se debía diluir o rebajar hasta un 20% en sólidos para aplicaciones a pistola con un diluyente como el que se muestra en la formulación de la tabla 2.2

Acetato de cellosolve	17.0
Acetona	40.0
Tolueno	43.0
	100.0

TABELA 2.2 Diluyente para una laca acrílica.

La investigación siguió adelante y así se llegó a los esmaltes alquídicos de horneado, que tenían una alta resistencia al cambio de color y a la pérdida de brillo a la interperie.

Estos esmaltes eran mezclas de resinas de melamina y alquídicas no secantes, como lo ilustra la formulación presentada en la tabla 2.3. Las resinas alquídicas eran similares a las usadas durante muchos años en las lacas de nitrocelulosa para la industria automotriz. Los aceites eran principalmente el de coco, o los ácidos grasos de algunos de sus constituyentes, tales como el ácido láurico.

	Total %	Sólidos %	
Solución de resina alquídica de aceite de coco (60% N.V)	54.0	32.4	72.0
Solución de resina de melamina (60% N.V.)-----	21.0	12.6	28.0
Butanol-----	5.0	----	----
Xilol-----	10.0	----	----
Nafta aromática de alto punto de inflamación-----	10.0	----	----
	100.0	45.0	100.0

TABELA 2.3 Vehículo alquídico para esmalte de horneado.

Y para aplicación con pistola, se diluye con 10% de nafta, para una mejor aplicación.

Como se puede advertir, este vehículo tenía un contenido de sólidos más elevado que la laca acrílica de la tabla-

2.1

Una de las ventajas de los esmaltes sobre las lacas es que éstos generalmente tienen un contenido de sólidos más elevado para una viscosidad dada y se necesitan menos disolventes para aplicar un peso dado de sólidos de esmalte. Los disolventes para esmaltes son también, por lo general, de un costo más bajo. Los esmaltes se disuelven con hidrocarburos aromáticos que son mucho más baratos que las cetonas y ésteres usados en la mayoría de las lacas.

La aparición de los vehículos acrílicos y esmaltes de secado al horno ricos en melamina y resinas alquídicas no secantes, mejoraron de gran modo la conservación de brillo, reduciendo la necesidad del encerado y pulido. También hicieron posibles pigmentaciones con un alto contenido de aluminio que abrió un amplio camino para los diseñadores de pinturas.

Los materiales obtenidos hasta esos momentos, eran buenos y mejorados; sin embargo, el avance tenía que proseguir y fue así como combinaciones en diferentes porcentajes de resinas alquídicas y de melamina tienen lugar. Los esmaltes de secado al horno así obtenidos con altos porcentajes de resinas de melamina, aunque conservaban mucho mejor el brillo que los vehículos pobres en melamina con resinas alquídicas de aceites secantes, perdían mucho brillo con ciertas pigmentaciones como las de alto contenido en polvo de aluminio. - - (Ref. 9, 11).

Es en ese entonces que hacen su aparición los esmaltes acrílicos, impartiendo y mejorando las propiedades del recubrimiento.



Dentro de las resinas acrílicas, y en las resinas en general, existe una clasificación muy importante que se debe a su comportamiento y propiedades, así, podemos hablar de RESINAS ACRILICAS TERMOFIJAS Y RESINAS ACRILICAS TERMOPLASTICAS.

Resinas Termofijas.- Son aquellas que bajo la acción del calor endurecen formando moléculas tridimensionales en las cuales se logra primero su descomposición que su fusión.

Resinas Termoplásticas.- Son aquellas que bajo la acción del calor pasan a un estado pastoso y finalmente a un fluido viscoso, recuperando su estado original mediante el proceso contrario (enfriamiento). (Ref. 6)

Los polímeros acrílicos termofijos de peso molecular más bajo que los que se usaban en las lacas acrílicas se usaron entonces en los vehículos para los nuevos esmaltes que -- llevan alto contenido de melamina para incrementar la retención del brillo, mientras mantuvieron los altos contenidos de sólidos de los esmaltes de horneado a la viscosidad de aplicación. Para formar en las películas altos polímeros que retienen el brillo y son duraderos, los polímeros acrílicos que -- reaccionan por el calor se obtienen con los grupos reactivos tales como los hidroxílicos, carboxílicos y amidas, que durante el secado forman enlaces cruzados con otros constituyentes del vehículo (la melamina, por ejemplo).

La manera en que se llegó a este esmalte, fué modifi-

cando el vehículo y en especial las resinas alquídicas, con diversos porcentajes de resinas acrílicas. El incremento en la retención del brillo, era aproximadamente proporcional a la cantidad de resinas acrílicas.

Posteriormente la resina alquídica se pudo reemplazar por completo por un polímero acrílico de bajo peso molecular, uno de cuyos componentes era un monómero con grupos reactivos libres que forman enlaces cruzados con las resinas de melamina durante el secado.

Los recubrimientos para carrocerías de automóviles -- normalmente se aplican y secan durante 30 minutos a 120°C antes de las operaciones de montaje, porque los vehículos de -- los esmaltes acrílicos termofijos curan normalmente bajo estas condiciones.

La inspección final de los autos después de montados -- revela a veces daños en el acabado que deben ser reparados. -- Teóricamente, lo mejor sería reparar estos defectos con el esmalte de recubrimiento normalmente usado y poner nuevamente -- el coche en el horno 30 minutos a 120°C para secar al acabado convenientemente. Por desgracia esto no se puede hacer con -- el coche terminado debido a las diferentes piezas e instrumentos que lleva.

Un coche terminado no puede ser sometido a más de -- 90°C sin sufrir deterioro. Los esmaltes de reparación especial que curarían a esta temperatura no son prácticos, ya que se deberían formular de una manera diferente y su duración no igualaría la del acabado primitivo. El aspecto y color pue--

den ser buenos inicialmente, pero las zonas reparadas perden brillo mucho más aprisa que el resto de la superficie -- pintada.

Este problema se ha resuelto con la adición de pequeñas cantidades de aceleradores de curado a las pinturas normales, que les proporciona un curado adecuado con secados a -- 80°C. Los aceleradores de curado son de diferentes clases, -- generalmente derivados orgánicos del ácido fosfórico. Los esmaltes se formulan de modo que su brillo, color y fluidez -- no queden afectados por los aceleradores, y deben curar adecuadamente a los 80°C, pero teniendo las mismas características de duración que a 120°C sin acelerador. (Ref. 9,11)

#### Historia y desarrollo de las resinas Industriales:

Desde el nacimiento de la industria de los plásticos-sintéticos justo hace medio siglo, una gran cantidad de estructuras poliméricas han sido creadas, de las cuales solo -- unos pocos tipos genéricos lograron sitio comercial. Estos -- tipos básicos de resinas se combinan de muchas formas como -- compuestos o mezclas para dar lugar a cerca de 6000 grados -- para usos en fibras, películas, recubrimientos, adhesivos o -- formas moldeadas. Aunque los plásticos son caracterizados -- por sus propiedades eléctricas, mecánicas, químicas o físicas es su precio de venta lo que tiende a dominar el volumen de -- producción de cada resina.

Hoy, la ingeniería moderna de los plásticos usa compu

tadores interactivos de largo acceso (control remoto) para -- conducir el diseño y estudio de factibilidad empleándolos en su totalidad para la evaluación de los grados de resina. Un estudio general muestra la corriente de intentos de los investigadores para impartir longitud y modelos extraordinarios -- para los plásticos convencionales por medio del procesado en fase sólida.

Es generalmente aceptado que los materiales plásticos se pueden ubicar en tres categorías que citamos;

Productos plásticos de comercio

Plásticos de ingeniería y

Plásticos de especialidades

Los productos plásticos de comercio son aquellos plásticos que constituyen el mayor volumen de uso, los cuales exceden individualmente una tasa de consumo de un millón de toneladas por año sobre una escala global que incluye las poliolefinas, PVC, poliestirenos y fenólicas. Dichas resinas constituyen más de los dos tercios del consumo total de plásticos.

Los plásticos de ingeniería son definidos como aquellos plásticos que poseen "alto funcionamiento", propiedades de ingeniería, pueden procesarse por métodos convencionales y su consumo excede las mil toneladas por año.

Por consiguiente, los plásticos de especialidades -- constituyen el grupo restante, con un consumo global inferior a mil toneladas por año.

La historia del desarrollo de las resinas de ingenie-

ría ha sido recientemente estudiada por varios autores. A -  
inicios del siglo, sólo existían algunos materiales como la -  
gutapercha y el celuloide. Quizá el primer plástico sintéti-  
co notable fué el obtenido por Leo Hendrik Baekeland quien en  
1907 desarrolló técnicas para la producción industrial de re-  
sinas fenólicas.

Estas precursoras, fueron rápidamente seguidas por --  
otras resinas como las basadas en el formaldehído, la urea y -  
la melamina ahora clasificadas como aminoresinas.

La evolución de los plásticos de vinilo inició en Ale-  
mania en 1930 aproximadamente, con la introducción de dos - -  
plásticos importantes: cloruro de polivinilo (PVC) y poliesti-  
reno (PS) que todavía en nuestros tiempos son muy utilizados.

En este mismo período, Fawcett y Gibson de Imperial -  
Chemistry Industry (ICI) hicieron su descubrimiento de poli-  
merización a alta presión (300 MPa) del polietileno.

La llegada de la Segunda Guerra Mundial (1934-45) hi-  
zo posible el adelanto de los elastómeros sintéticos como sus-  
titutos del estratégico hule natural y es así como aparece el  
copolímero de acrilonitrilo-butadieno-estireno (ABS), el pri-  
mer material plástico modificado con hule; y este método de -  
pensamiento se ha extendido a muchos materiales teroplásti-  
cos y termoestables incluyendo PVC, acetales, poliésteres, --  
epóxicas, polipropileno y policarbonatos.

En 1941 se crea el primer nylon y con él una nueva --  
era de investigaciones para su superación, de tal manera que-  
los nylons aronáticos (aramidas) fueron introducidos a media-

dos de los 60's.

El desarrollo comercial de los uretanos inicia en Alemania en 1942; este periodo también mostró la introducción de las resinas epóxicas y poliésteres insaturados, los cuales son muy importantes en la manufactura de fibras plásticas reforzadas.

En 1954 Karl Ziegler y sus colaboradores introducen la era de la polimerización de coordinación partiendo con la polimerización a baja presión del etileno. Simultáneamente ocurrían desarrollos en los Estados Unidos con los procesos Phillips y Standard Oil (que todavía se practican). También Giulio Natta y colaboradores logran establecer reglas de caracterización y control de la tacticidad en esta nueva familia de polímeros.

Así con éstos y muchos más investigadores e investigaciones sobre la química de los polímeros se puede establecer la tabla 2.4 (Ref. 21).

Como nuestro vehículo está constituido por resinas de tipos acrílicos y de melamina, y nos interesa garantizar que nuestro esmalte funcione adecuadamente, hacemos mención de algunas investigaciones que se han hecho sobre cada uno de los materiales:

D.R. Bauer (Ref. 13) trabajó sobre la hidrólisis de las películas de melamina formaldehído entrecruzadas con copolímeros acrílicos usando espectroscopía de infrarojo y hallando que durante la hidrólisis, el entrecruzamiento entre los copolímeros acrílicos con el agente entrecruzante de la melamina

AÑO DE INTRODUCCION	TIPO DE RESINA
1909	Fenólicas
1920	Ureas
1927	Cloruro de polivinilo (PVC)
1930	Poliestireno
1936	Acrílicas
1938	Nylones
1939	Melamina-formaldehído
1939	Poliétileno (Alta presión)
1940	Epóxicas
1942	Poliésteres insaturados
1943	Silicones
1943	Fluoropolímeros
1948	ABS
1954	Uretanos
1954	Poliétileno (Baja presión)
1956	Acetales
1957	Policarbonatos
1957	Polipropileno (Isotáctico)
1960	Aramidas
1964	Poli-imidas
1964	Óxido de polifenileno (PPO)
1964	Ionómeros
1965	Poli-(4-metilpenteno-1)
1965	Poliésteres termoplásticos
1965	Polisulfas
1968	Polisulfuro de Fenileno (PPS)
1978	Poliéter-éter cetonas (PEEK)

Tabla 2.4. Reseña cronológica de algunas resinas industriales

mina, se formaba, además que la velocidad de hidrólisis depende de:

1).- El tipo de entrecruzante utilizado (las melaminas parcialmente alquiladas, se hidrolizan más rápidamente -- que las melaminas totalmente alquiladas).

2).- La cantidad y la longitud del catalizador ácido utilizado y ya sea o no que se extraiga durante la hidrólisis del recubrimiento.

3).- La densidad inicial del entrecruce.

4).- La temperatura de hidrólisis.

Estudios de este tipo son más comunes en los sistemas poliméricos acrílicos como por ejemplo:

Chen-Chong Ling y Yao-Feng Wang (Ref. 16) quienes establecen un modelo semiempírico que simula el comportamiento de radicales libres en la polimerización de metil metacrilato por el proceso de suspensión, donde correlacionan la conversión, con los efectos gelantes, la temperatura y el tamaño de la cadena.

A.E. Moustafa y colaboradores (Ref. 17) también estudiaron el sistema del Metacrilato de Metilo, sólo que ellos lo hacen en el proceso de emulsión verificando los efectos -- que presenta la existencia de sedimentos en el depósito del calentador, llegando a conclusiones interesantes sobre la presencia de varias sustancias, que se ve reflejada en la velocidad de polimerización.

Tohru Nagai y colaboradores (Ref. 18) estudian el comportamiento del flujo de fusión del Metil Metacrilato copoli-



merizado con Metil Acrilato en función de la estructura molecular, con objeto de relacionar ésta con la reología de dicho sistema. Este estudio está más enfocado que los anteriores - a la industria; pues en él se buscan y encuentran datos experimentales que aseguran la optimización de esfuerzos mecánicos para el trabajo con el citado sistema acrílico.

Existen numerosos documentos dedicados a estudiar la influencia de los monómeros de acrilato y metacrilato y tal es el caso a que se refieren los trabajos de Margareta Tomescu (Pef. 20) que está enfocado al estudio de la degradación - térmica en diferentes sistemas que contienen ya sea a uno o a los dos grupos funcionales referidos, haciendo énfasis de las variaciones de arreglo y efectos de inhibición que traen consigo.

Otra parte importante, es aquella que se refiere a -- las pruebas de intemperismo (ya sea natural o acelerado) a -- que se someterá el material y de los cuales también se han hecho estudios como los realizados por Feldam (Ref. 15) en los cuales se someten diferentes sistemas a ambos tipos de proceso de envejecimiento, y se obtienen conclusiones muy similares, aunque no idénticas, mostrándonos lo efectivo del método simulado, ya que el proceso de pérdida de peso molecular es - un poco más notable aquí que en el natural. Dicha pérdida o decremento en el peso molecular de estos compuestos ha sido - motivo de estudios a nivel de propiedades de transporte (Ref. 19) con la intención de correlacionarlo además a la adhesión e inicio de la corrosión.

Finalmente, también se han hecho estudios de las velocidades de disolución de películas de polimetacrilato de metilo en diferentes mezclas de disolventes (Ref. 14) comprobando que la adición de diferentes clases de disolventes a un adelgazador dado, modifican (en algunos casos acelerando y en - - otros retardando) la velocidad de disolución de la película - polimérica.

Y es así como con estudios como estos y otros más, -- que el campo de la investigación de los polímeros ha alcanzado magnitudes tales, que se han logrado materiales extraordinariamente fuertes que probablemente desafían la supremacía - del acero.

C A P I T U L O    I I I  
ANALISIS DE LAS MATERIAS PRIMAS

Los ingredientes de los recubrimientos de superficies se conocen en la industria de las pinturas como "materias primas" aunque están lejos de serlo en un sentido estricto. Muchos de ellos son naturales, y se emplean sin cambios químicos, pero deben lavarse, molerse, filtrarse, combinarse o ser sometidos a otros procesos para darles las propiedades necesarias y la uniformidad requerida. Algunas de las denominadas materias primas se fabrican mediante largos y costosos procesos químicos y físicos que requieren grandes inversiones e instalaciones de plantas y equipos.

Existen muchos materiales patentados en cientos de clases de compuestos químicos, que los fabricantes de pintura compran a los proveedores de materias primas. Cada uno debe satisfacer una cierta necesidad y ser competitivo en precio, o de otro modo no dura mucho en el mercado.

Las materias primas se pueden dividir en las cinco clases fundamentales siguientes:

- \* Aglutinantes
- \* Pigmentos
- \* Disolventes
- \* Aditivos
- \* Extendedores

AGLUTINANTES: También llamaços "vehículo", son sustancias formadoras de película, en los cuales se dispersa el pigmento y pueden ser aceites, resinas (naturales o sintéticas)- y polímeros. Los vehículos imparten las características especiales de brillo, adhesión, resistencias a la temperatura, -- intemperie, productos químicos, etc.

Antiguamente se emplearon vehículos naturales como:

Grasas vegetales, savia de algunos árboles, gelatina, goma arábiga, ceras de abejas y grasas naturales.

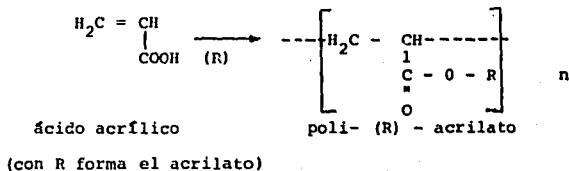
Actualmente se utilizan sustancias naturales en pequeñas cantidades, porque generalmente los vehículos son sintéticos.

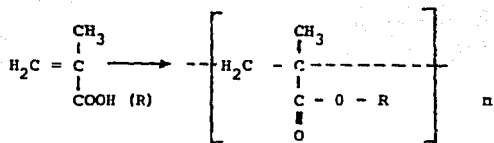
La estructura química de los vehículos es muy variada pueden ser óxidos, aductos, amidas, ésteres, éteres, hidrocarburos naturales y modificados, siloxanos, etc. (Ref. 6,8)

Para el Esmalte Automotivo Acrílico Termofijo, el -- vehículo está constituido por dos tipos de resinas:

- Una resina acrílica y
- Una resina de melamina-formaldehído butilada.

Las resinas acrílicas son polímeros y copolímeros de los ésteres de los ácidos acrílico y metacrílico.

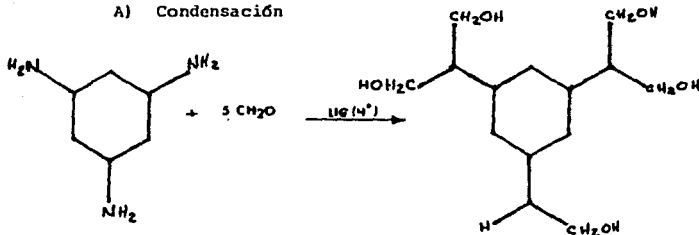




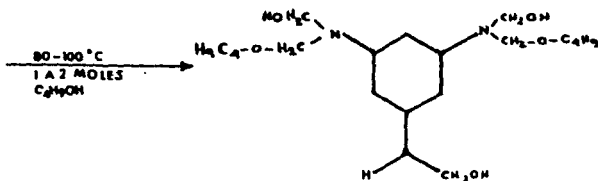
ácido metacrílico                      poli- (R)-metacrilato  
(con R forma el metacrilato)

Las resinas de melamina-formaldehído, son resinas nitrogenadas, estructuradas por el calor que se utilizan en acabados de horneado y, que mezcladas con otros tipos (acrílicas, -por ejemplo) tienen mayor resistencia al agua, productos químicos, disolventes, intemperie, etc. Estas resinas se obtienen por las siguientes reacciones:

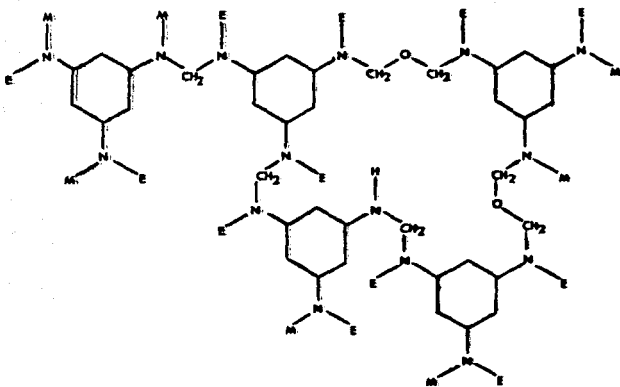
A) Condensación



B) Esterificación



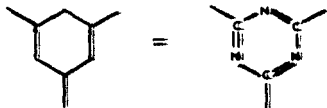
C) Polimerización



Donde:

M = Radical Metilol:  $-\text{CH}_2\text{OH}$ .

E = Radical del éter butílico:  $-\text{H}_2\text{C}-\text{O}-\text{C}_4\text{H}_9$ .



(Ref. 6,7,8)

**PIGMENTOS:** Son partículas sólidas, coloridas y finamente divididas, con alto índice de refracción (mayor que 1.70), dispersables en el vehículo al que protegen de la degradación por rayos solares, proporcionando color, poder cubriente, consistencia, cuerpo, duración y otras propiedades a

los recubrimientos. Pueden ser inorgánicos u orgánicos, naturales o sintéticos o bien, opacos o transparentes. Las tres - clasificaciones anteriores únicamente se refieren a la naturaleza de los pigmentos, pero también existe otra subclasificación basada en sus colores o tonalidades: Pigmentos blancos, - rojos, anaranjados, amarillos, verdes, azules, violetas, negros, metálicos y fluorescentes. (Ref. 6,22)

DISOLVENTES: Son líquidos incoloros (en su gran mayoría), con olor característico, volátiles a temperatura ambiente, que destilan sin descomponerse, disuelven a los vehículos, permiten la aplicación de la pintura y proporcionan la nivelación de la película. Todos son orgánicos con excepción del agua.

Los disolventes se pueden clasificar de varias maneras:

Según su velocidad de evaporación (respecto a la del acetato de butilo).

- Alta o rápida evaporación
- Mediana evaporación
- Baja o lenta evaporación

Utilidad en lacas de nitrato de celulosa o nitrocelulosa.

- Activos
- Latentes o cosolventes
- Diluyentes

Por su polaridad.

- Polares
- No polares

(Ref. 23,22)

**ADITIVOS:** Son sustancias que se usan para modificar - las propiedades de los recubrimientos. Protegen a los ingredientes que forman estos productos tanto en el envase como en la película seca. Su inclusión se hace necesaria porque ningún recubrimiento puede funcionar satisfactoriamente sin - -- ellos, aunque, se agregan en pequeñas cantidades que van desde partes por millón hasta un cinco por ciento aproximadamente.

Se les clasifica según las funciones que ejercen en:

- |                   |   |
|-------------------|---|
| a) Dispersantes   | h) Antioxidantes                            |
| b) Emulsionantes  | i) Niveladoras de película                  |
| c) Espesantes     | j) Absorbedores de rayos ultra--<br>violeta |
| d) Antiespumantes | k) Antisedimentantes                        |
| e) Fungicidas     | l) Alcalinizantes                           |
| f) Germicidas     | m) Acidificantes                            |
| g) Secantes       |   |

(Ref. 6,22)

**EXTENDEDORES:** También conocidos con los nombres de -- ampliadores, abaratadores o cargas, son polvos que tienen índices de refracción bajos (de 1.55 a 1.65), siendo este índice similar al de los vehículos oleorresinosos, razón por la - cuál, cuando se combinan con estos, su poder cubriente y opacidad son nulos.

Como los extendedores son más baratos que los pigmentos, inicialmente se usaron para reducir el costo del producto terminado; pero en la actualidad se usan para mejorar cier



tas propiedades de las pinturas, como la consistencia, resistencia a la corrosión, facilidad de lijado, penetración en superficies porosas, etc. En otras ocasiones se usan los extendedores para preparar pinturas mates o semibrillantes, por la propiedad que tienen estos polvos de impedir que se forme una capa de aceite o resina en la superficie de la película, que reflejaría la luz. (Ref. 6, 22)

#### ANALISIS QUE SE EFECTUAN AL VEHICULO.

Como ya sabemos, el vehículo es de gran importancia para el esmalte y por consiguiente, es necesario que presente las propiedades adecuadas. Para asegurar que el vehículo funcionará adecuadamente en nuestro producto, se le efectúan los siguientes análisis:

**ASPECTO.** Este parámetro es importante pues nos da una idea de posibles contaminaciones del material. Debe ser líquido viscoso, cristalino y sin impurezas visibles.

**COLOR:** La prueba del color se hace en el comparador - Gardner-Holdt, consistente en un disco con varios tonos designados por un número y que por comparación visual con la muestra se otorga el valor del color que se ajusta al estándar. - El valor del número de color para este tipo de aglutinantes - no debe exceder de uno.

**OLOR:** Es característico para cada material y básicamente el del disolvente de corte.

**VISCOSIDAD:** Para efectuar esta medida, existen varios métodos que dependen del aparato utilizado en la prueba; así,

podemos hablar de los sistemas: Gardner, Brookfield, Stormer, Ford, Dynn, A, B, Zahn, etc.

El primer sistema es también conocido como "viscosidad de burbuja", pues se trata de varias soluciones de silicón (o de glucosa) encerradas al vacío en tubos de vidrio y a diferentes concentraciones que se identifican con las letras del alfabeto siendo las últimas las de mayor viscosidad.

Se llena un tubo hasta el aforo, se tapa con un corcho o tapón de hule, se sumerge en un baño para alcanzar los 25°C de referencia, y se compara la velocidad de la burbuja de la muestra con las de los estándares hasta que coincidan ambas velocidades de desplazamiento a lo largo del tubo, otorgando el valor de la letra con la que correspondió.

Los dos siguientes sistemas se basan en el esfuerzo cortante de un eje, pala, barra o émbolo sumergido en la muestra, mientras que los demás, son copas que se llenan y se evalúa el tiempo que tardan en desalojar un volumen dado o su totalidad.

Para las resinas, emplearemos el sistema Gardner.

**PORCIENTO DE SÓLIDOS:** También conocido como porcentaje de no volátiles, es una prueba muy importante, pues como se verá un poco más adelante, es un factor trascendente en la formulación del esmalte.

Se pesa una cantidad conocida de muestra, se adiciona un poco de disolvente (con el fin de formar una película más homogénea y que el resultado sea más real) y se introduce a una estufa a una temperatura de 105-110°C durante un periodo-

fijo de tiempo. Se sacan, enfrían y pesan para por diferencia obtener el porciento de materia no volátil.

**PESO ESPECIFICO:** Esta propiedad, es la relación de -- los pesos de volúmenes iguales de resina (vehículo) y agua a una temperatura dada. Por lo general, se emplea el picnómetro para efectuar esta determinación y los valores entre los que se ubica son de 0.900±0.02

**NUMERO ACIDO:** El índice de acidez o número ácido se define como los miligramos de hidróxido de potasio necesarios para neutralizar los ácidos libres de un gramo de muestra, debiendo expresarse en materia sólida. Se pesan cinco gramos de muestras (con aproximación de 0.01 g.) se disuelven en -- aproximadamente 20 ml. de solución alcohólica (tolueno/etanol 1/1) y se adicionan dos o tres gotas de indicador de fenolftaleína. Se titula con solución 0.2 N de KOH hasta que vire a rosa.

$$I.A. = \frac{(\text{ml. gastados KOH}) (N \text{ KOH}) (56.11)}{(\text{peso muestra}) (\% \text{ N.V.})}$$

**TOLERANCIA A LA GAS NAFTA:** La tolerancia a la gas nafta, es una medida de la compatibilidad del polímero con Naftas Alifáticas. Se pesan cinco gramos de la muestra, se titulan con Gas Nafta hasta el punto en que la resina se torne -- turbia y no se pueda leer un papel impreso a través de la solución, el enturbiamiento debe perdurar un mínimo de 1 minuto-

$$T.C.N. = \frac{\text{volumen gastado de Gas Nafta}}{\text{peso de la muestra}} \times 100$$

**TOLERANCIA AL ÉTER DE PETRÓLEO:** La tolerancia al éter de petróleo es una medida de la compatibilidad del polímero con éteres alifáticos. El procedimiento y los cálculos son iguales a los de la Gas Nafta y los valores ligeramente menores los de ésta última. (Ref. 12, 24).

#### ANÁLISIS QUE SE EFECTUAN A LOS PIGMENTOS

Como ya hemos visto, son partículas coloridas y como es lógico pensar, lo que nos interesará serán todas las propiedades que se relacionan con este como:

- a).- **COLOR:** Es la impresión que causa en la retina -- del ojo la luz reflejada por los cuerpos. El -- factor básico que produce color en los pigmentos es el acomodamiento y las vibraciones características de los electrones en sus estructuras moleculares y atómicas. Sin embargo, la cualidad de cualquier pigmento se modifica por la forma y el tamaño de la partícula, así como el grado de dispersión en el vehículo.
- b).- **COLOR PURO:** Es aquel color que desarrolla el pigmento cuando se dispersa en aceite.
- c).- **COLOR SECUNDARIO:** Es el tono que imparte un pigmento a una pasta blanca.
- d).- **PODER TINTOREO:** Es la propiedad que tiene un pigmento para colorear con mayor o menor intensidad una pasta o pintura blanca que se toma como estándar.

- e).- **PODER CUBRIENTE:** Es la facilidad de un pigmento para cubrir completamente, mediante la dispersión en un vehículo apropiado, el color de un sustrato o superficie.
- f).- **TRANSPARENCIA:** Es lo contrario de poder cubriente, y es la facilidad de un pigmento que se ha dispersado en un vehículo apropiado, para permitir ver la superficie sobre la cual se aplicó.
- g).- **TONO;** Es el grado de intensidad de un color.
- h).- **GAMA:** Es el conjunto de tonos o escala del mismo color.
- i).- **MATIZ:** Es la modificación que presenta un color al agregarle otro que lo cambia sin empañarlo. Es la longitud de onda predominante que es reflejada por un objeto o cuerpo colorido.
- j).- **BRILLANTEZ:** Es el porcentaje de luz incidente reflejada por un objeto.
- k).- **SANGRADO:** Es la solubilidad parcial de los pigmentos en disolventes de cualquier naturaleza.
- l).- **AFLORAMIENTO:** Es la migración de partículas del pigmento a través y hacia la superficie de una película, en la cual se observa un polvo que al ser frotado con una tela blanca la mancha.
- m).- **FLOTACION:** Es la colocación del pigmento en la superficie de la película cuando se mezclan pigmentos de diferente peso específico y diferente tamaño de partículas.

- n).- FLOCULACION: Es la formación de coágulos, debido a un mal método de molienda o falta de agentes -tensoactivos.
- ñ).- GELACION: Es una reactividad de los pigmentos de naturaleza básica con vehículos ácidos, formando jabones.
- o).- ABSORCION DE ACEITE: Es la cantidad de aceite - de linaza que requieren 100 gramos de pigmento - para formar una pasta de consistencia homogénea. (Ref. 6,12,22,24).

#### ANALISIS QUE SE EFECTUAN A DISOLVENTES:

Los principales parámetros que se checan a un disolvente son:

- |                         |                             |
|-------------------------|-----------------------------|
| a) Poder disolvente     | h) Punto de inflamación     |
| b) Valor Kauri-Butanol  | i) Resistencia al Nublado   |
| c) Rango de Destilación | j) Acidez                   |
| d) Relación de Dilución | k) Peso Especifico          |
| e) Evaporación Relativa | l) Parámetro de Solubilidad |
| f) Color                | m) Índice de Refracción     |
| g) Contenido de Agua    |                             |

- a).- PODER DISOLVENTE: Es la habilidad de disolver -- las resinas que sirven de base para los recubrimientos. Este poder varía, desde luego, de un disolvente a otro y además, un mismo disolvente varía su poder disolvente dependiendo del tipo de resina que se quiera disolver.

Al obtener solución de una resina con un contenido de sólidos dado, se tendrá una viscosidad más baja mientras mayor sea el poder disolvente del disolvente empleado y viceversa.

El poder disolvente de un diluyente con respecto a la nitrocelulosa, se mide determinando la viscosidad a 25°C de una solución al 10% de nitrocelulosa de medio segundo en el disolvente cuyo poder se quiere determinar.

b).- VALOR DE KAURI-BUTANOL: Este es otro de los métodos más conocidos de medición de poder disolvente en la industria de los recubrimientos.

El valor se determina por titulación de 20 g. de solución al 3% de resina Kauri en Butanol y el punto final es el momento en que esta solución se enturbia al agregar el disolvente en cuestión, de tal manera que no se puede leer un papel impreso a través de esta solución. El número de ml. del disolvente requerido, es el valor Kauri-Butanol., mientras mayor sea el valor Kauri-Butanol el disolvente es más fuerte.

c).- RANGO DE DESTILACION: Por ser tan grande el número de variables que intervienen en la destilación, se requiere apegarse a un estricto procedimiento, que consiste en transferir 100 ml del disolvente directamente a un matraz de destilación conectando éste a un equipo de destilación simple teniendo mucho cuidado de que no exista ninguna fuga; regular el calentamiento para obtener entre los cinco y los diez primeros minutos la gota inicial de destilado. Tomar la lectura de la temperatura, que se considerará como la temperatura ini

cial y cada determinado volumen de destilado se harán lectu--  
ras de temperatura, hasta que el volumen de éste sea el total  
en cuyo punto se tomará la lectura final del rango de destila--  
ción y se podrá elaborar con estos datos la curva de destila--  
ción.

d).- RELACION DE DILUCION: La relación de dilución es  
el número máximo de unidades de volumen de diluyente que se -  
puede agregar a la unidad de volumen, de adelgazador, hasta -  
que persista la heterogeneidad a una concentración de 8 g. -  
de nitrocelulosa por 100 g. de disolvente o combinación de --  
disolvente y diluyente.

e).- EVAPORACION RELATIVA: La evaporación relativa de  
termina el uso o actividad del disolvente en el producto y es  
relativo, empleándose o considerándose como la unidad o el --  
100 a la del N-acetato de butilo como estándar. Bajo cuidado  
so control de flujo de aire, temperatura y humedad, se evapo--  
ran 0.7 ml. de disolvente sobre un papel filtro. El papel --  
filtro se pesa en una balanza analítica. A medida que el ma--  
terial se evapora, la pérdida de peso se registra automática--  
mente. Comparándola con la del acetato de butilo se obtiene--  
la evaporación relativa.

f).- COLOR: El color en su determinación indica las -  
trazas de los materiales coloridos (impurezas) que se encuen--  
tran en un disolvente. La determinación se efectúa por el mé--  
todo APHA comparando la muestra con tubos Nessler que contien--  
gan estándares previamente preparados, consistentes en solu--  
ciones de platino-cobalto para dar diferentes grados de color.



Los tubos Nessler son tubos incoloros de cristal, con fondos sin sombra. La muestra se iguala al color más similar de los estándares, empleando el aparato comparador. Esto permite que el color de la muestra y el disolvente sean observados uno al lado del otro y el color del disolvente se indica con el estándar respectivo o el inmediato superior en caso de ser intermedio.

La mayoría de los disolventes caen dentro del rango del color de 0 a 15. Mientras mayor es el número de la escala, más intenso es el color del disolvente.

g).- CONTENIDO DE AGUA: El método más común usado para la determinación de la humedad en los disolventes es el de Karl-Fischer. Este método es aplicable a los compuestos orgánicos pero no en presencia de mercaptanos, peróxidos o aminas. Se podrán efectuar determinaciones con carbonilos siempre y cuando se usen una mezcla de metanol (una parte), piridina (3 partes) y benceno (6 partes). 50 ml. de metanol o de la mezcla anterior se titulan con el reactivo de Karl-Fischer -- (solución de yodo, piridina y dióxido de azufre en relación molar de 1,10 y 3 respectivamente) hasta agotar la humedad. Una cantidad determinada de muestra se agrega a la solución y en condiciones tales que la entrada de la humedad sea mínima se efectúa la titulación hasta agotar la humedad, que se detecta por el vire a un color anaranjado-rojo.

$$g \text{ H}_2\text{O}/100 \text{ ml. mta.} = \frac{(\text{ml. KF}) (F) (0.1)}{\text{ml. muestra}}$$

ml. KF = ml. de reactivo Karl-Fischer gastados

F = Factor del reactivo de Karl-Fischer en mg, agua/ml. --  
react.

h).- PUNTO DE INFLAMACION: El punto de inflamación de un disolvente o materiales que contienen disolventes, es la mínima temperatura a la cual el vapor puede inflamarse o quemarse instantáneamente. Hay 4 aparatos que son empleados en esta determinación.

- 1) Copa abierta TAG
- 2) Copa cerrada TAG
- 3) Copa cerrada Pensky Martens
- 4) Copa abierta Cleveland

En los cuatro sistemas, se calienta una copa con el material y a intervalos determinados de temperatura se aplica la flama sobre la copa hasta que llegue a inflamarse.

La determinación del punto de inflamación de los disolventes es muy importante, ya que es una medida de la flama bilitad del disolvente. Muchos reglamentos de envfo se basan en esta prueba'. Generalmente los disolventes de punto de inflamación menor de 26°C (80°F) son considerados como disolventes de "etiqueta roja".

i).- RESISTENCIA AL NUBLADO: Al aumentar la evaporación relativa, aumenta la temperatura de niebla de la laca, - que es la precipitación de la nitrocelulosa de la película de bido a la condensación de la humedad en la superficie fría. - La determinación se efectúa "nublando" realmente el material - a una temperatura y humedad controladas. Para el control de humedad se emplea una caja de cristal, con un humidificador -

controlado electrónicamente. La laca o la disolución estándar del disolvente se vierte sobre una placa de cristal y se coloca dentro del aparato. La humedad se aumenta gradualmente mientras se mantiene a una temperatura constante de 23°C, hasta el punto en que se observa la precipitación de la nitrocelulosa (partículas blancas).

El porcentaje de humedad (relativa) que cause el nublado se anota como punto crítico. Si es necesario, se efectúan otras pruebas rociando el material bajo condiciones controladas de temperatura y humedad.

La resistencia a la niebla también puede medirse por el tiempo que tarda la película en nublarse a una temperatura y humedad controladas.

j).- ACIDEZ: En esta prueba se determina el porcentaje de ácido presente en un disolvente, calculado como ácido acético regularmente.

Para disolventes solubles en el agua, se toman exactamente 50 ml. de disolventes por medio de una pipeta volumétrica, se vierten en un matraz Erlenmeyer que contenga 75 ml. de agua destilada recientemente hervida, se agregan a la muestra 5 gotas de indicador de fenolftaleína y se titulan con una solución 0,1 N. de hidróxido de sodio, hasta observar el vire de incoloro a rosa.

$$\% \text{ de ácido acético en peso} = \frac{(\text{ml}) (\text{N}) (0.060)}{(50) (\text{densidad mta})} \times 100$$

N = normalidad de la solución de NaOH

ml = mililitros de la solución gastados en titular.

El porcentaje de ácido acético presente en disolventes insolubles en agua, se determina midiendo 50 ml. de alcohol propílico o isopropílico y se agregan 5 gotas de indicador azul de bromotimol y se titula con solución 0.1 N. de hidróxido de sodio hasta observar el vire de azul a verde (esto se hace únicamente con el fin de neutralizar el alcohol). A continuación, se toman 50 ml. de esta solución neutra con la pipeta volumétrica y se mezclan con otro tanto igual de disolvente y se titula esta mezcla con solución 0.01 N. de hidróxido de sodio, hasta obtener el mismo vire a verde.

Los cálculos se efectúan de la misma forma que para los disolventes solubles en agua.

La acidez de los disolventes es crítica en aquéllos que tienen relación con los materiales de construcción para embarques, almacenamientos y equipos de proceso. Es significativo conocer que la acidez puede aumentar durante el almacenamiento, particularmente en el caso de las cetonas cuando se someten al aire y rayos solares anormalmente. Los disolventes del tipo de ésteres pueden hidrolizarse ligeramente cuando se calientan o cuando hay presencia de agua, liberando el ácido.

k).- PESO ESPECIFICO: El peso específico es la relación de los pesos de iguales volúmenes de disolventes y agua a temperatura fija definida. Este parámetro se puede evaluar por cualquier método que dé una aproximación hasta la tercera

cifra decimal. En uno de los métodos se emplea el picnómetro que es un pequeño recipiente con tapa móvil y termómetro; aunque, las determinaciones más precisas se logran con el picnómetro del tipo Reischau que son pequeños matraces aforados - de cuello muy largo con tapa removible, que se introducen con la muestra en un baño de temperatura constante. Todas las pesadas se hacen con balanza analítica.

El peso específico es una medida de la pureza del disolvente o la consistencia de composición de una mezcla de disolventes.

$$\text{Peso Especifico } T/T = \frac{\text{Peso del disolvente a } T}{\text{Peso del agua a } T}$$

Donde T = temperatura fija de referencia

#### 1) PARAMETRO DE SOLUBILIDAD:

Se ha tratado de encontrar la propiedad que pueda reflejar la solubilidad de un filmógeno (formador de película) en un disolvente. Se han estudiado varios parámetros pero en general, los especialistas en el ramo han concluido en que -- los dos principales son densidad de energía de cohesión y la fuerza del puente de hidrógeno.

La densidad de energía de cohesión se ha podido medir cuantitativamente pero en cuanto al puente de hidrógeno todavía no se obtiene una clasificación cuantitativa, sino sólo cualitativa. Los de puente de hidrógeno fuerte, como alcoholes, aminas y ácidos; los de puente de hidrógeno moderado, co

mo éteres, ésteres y cetonas; los de puente de hidrógeno débil como los aromáticos, alifáticos, clorados y nitrocarbonos.

La utilidad de los parámetros de solubilidad estriba en el hecho de que mientras más semejantes sean los parámetros de solubilidad del soluto y del disolvente, más solubles son entre sí. Así mismo un disolvente será sustituible por otro de parámetro de solubilidad semejante, aunque, desde el punto de vista de adelgazador para lacas, habrá necesidad -- de tomar en cuenta también otras propiedades como resistencia al nublado, velocidad de evaporación, etc.

Los parámetros de solubilidad para los disolventes -- pueden ser calculados a partir de la raíz cuadrada de la densidad de energía de cohesión, mientras que los de los distintos filmógenos se determinan de la siguiente manera:

Colocar un gramo de filmógeno, cuyo parámetro se vá-- a determinar, en un tubo de ensayo, agregar la cantidad de -- disolvente en la proporción representativa del uso comercial. Disolver el filmógeno con o sin el uso de calor, llevar a -- 25°C para su observación. La solución debe estar clara y libre de gel para que se considere soluble en el disolvente en que se probó. De no presentarse la solución como se especificó, se variará de disolventes hasta llegar al más apropiado. Este filmógeno entonces podrá tomarse como estándar en caso de querer verificar el parámetro de solubilidad de algunos di-- solventes posteriores.

m).- INDICE DE REFRACCION: El índice de refracción -- de cualquier sustancia es la relación de velocidades de la --

luz en el vacío y en dicha sustancia.

Dado que la velocidad de la luz en el aire es más rápida que la que tiene en cualquier otro objeto, la dirección en la cual viaja, cambia cuando pasa del aire al otro medio.- En este caso la trayectoria de la luz se desvía hacia la perpendicular. Parte de la luz es reflejada en la superficie -- con un determinado ángulo, que es igual al ángulo con que incidió, y parte de la luz es transmitida a través del objeto - con un ángulo llamado de refracción que es más pequeño que el de incidencia.

PROCEDIMIENTO: Se requiere de un refractómetro de -- Abbe previamente calibrado con alguna solución estándar. Colocar en la platina unas gotas de la sustancia en cuestión, - cerrar con el prisma móvil, encender la fuente luminosa y mediante el uso de los tornillos de ajuste ubicar la línea divisora de sombra, en el cruce de las diagonales. Tomar la lectura del índice de refracción en la escala del aparato. (Ref. 6,12,23,24).

#### ANALISIS QUE SE EFECTUAN A LOS ADITIVOS:

Como ya lo hemos citado en este mismo capítulo, son - sustancias que usamos para modificar las propiedades de los - recubrimientos. Para nuestro esmalte acrílico, utilizaremos - sólo algunos de los que se mencionaron así, emplearemos:

Dispersantes, fungicidas, niveladores de películas.

En cada uno de estos productos (y en los aditivos en - general) nos interesa que cumplan con la función para la cual

han sido creados, y por tanto sería necesario efectuar pruebas funcionales para cada uno de ellos, cosa que no es recomendable por el tiempo y el costo de dicha prueba; sin embargo, se les efectúan para tener un margen de confiabilidad - - aceptable, solamente unos análisis sencillos como: aspecto, - color, olor, que esté libre de impurezas o contaminaciones, - peso específico, índice de refracción, pH y en general las -- propiedades físicas y/o fisicoquímicas de cada una de las substancias, con los métodos descritos para los componentes anteriores.

#### ANÁLISIS QUE SE EFECTUAN A LOS EXTENDEDORES:

Esta clase de materiales la podemos encontrar en dos - diferentes tipos según su origen: naturales y precipitados.

Los NATURALES se obtienen por pulverización de ciertas rocas y depósitos sedimentarios.

Los PRECIPITADOS se obtienen por reacción química de - síntesis. En general, los extendedores naturales tienen tamaños de partícula mayores que los tipos precipitados. Así, -- los naturales pueden medir desde 5 a 25 micrones y los precipitados de 0.03 a 10 micrones.

Por lo anterior, nos interesa básicamente que estas - sustancias satisfagan los requisitos de: color al aceite, aspectos, retenido en malla, absorción de aceite. El aspecto y el color al aceite deben ser similares a los de un estándar - fijo: el retenido en malla nos da idea del tamaño de partícula y se efectúa de la siguiente manera:

Pesar .100 g. de la muestra en una malla 325 previamente



te secada en una estufa, humectar la muestra con un poco de -  
agua y finalmente ayudado por una brocha de pelo muy fino y -  
un leve chorro de agua hacer pasar el material por los espa-  
cios en la malla dejando caer agua hasta que ésta salga li-  
bre de coloraciones. Secar la malla en la estufa y por dife-  
rencias de peso evaluar la cantidad de materia retenida, no -  
debiendo ser mayor de 1.0% pues de lo contrario tendríamos --  
problemas en la finura del esmalte.

La absorción de aceite, se realiza de la misma forma-  
que para los pigmentos o sea, la cantidad de aceite de linaza  
requerida para formar unapasta homogénea. (Ref. 12, 13, 24).

## C A P I T U L O   I V

### FORMULACION

Al referirse a pinturas, la palabra abarca un sinnúmero de acabados o recubrimientos tanto transparentes como pigmentados.

La gran industria de pinturas ha crecido y se ha ramificado a tal grado que podrían escribirse muchos volúmenes para incluir en detalle no todos sino la mayoría de los recubrimientos de uso en la actualidad.

No se puede asegurar que una fórmula es perfecta o representa lo más indicado para cierto uso. La realidad es que teniendo a la mano una gran variedad de materias primas y procesos, así como el talento de tantos de los miles de técnicos especializados en el mundo, lo factible es que existan muchas fórmulas de composiciones distintas pero que en la práctica - den resultados muy similares. También no hay que perder de vista el hecho de que en un campo tan altamente competido, el factor costo resulta importante y que en la mayoría de los -- casos es necesario sacrificar en cierto grado la calidad para poder competir.

El ramo de pinturas o recubrimientos puede dividirse en dos partes:

- + Productos para uso doméstico.
- + Acabados industriales.

Dentro de estas dos categorías, hay acabados relativamente fáciles de formular y otros altamente especializados y con propiedades críticas que a veces presentan ciertos problemas.

El técnico debe conocer las propiedades que se esperan de un material y cual va a ser su costo. Con este punto de vista, se seleccionan las materias primas adecuadas y se procede a transcribir sobre papel la fórmula de partida en pequeña escala. Se elabora el producto en el laboratorio y se determinan sus propiedades. De no ser ellas satisfactorias, se repite el proceso haciendo los cambios o adiciones pertinentes y se vuelve a probar. Lo anterior puede requerir la elaboración de varias partidas. Una vez obtenido el producto deseado, es aconsejable convertir la fórmula al equivalente de cien litros o kilogramos, según el caso y se calcula el rendimiento teórico.

La fórmula final debe ser asentada en fichas de formulación, cada establecimiento por lo general diseña las suyas para adaptarse a sus necesidades y en ellas deben enumerarse las propiedades del producto tales como:

- Peso específico.
- Secado: si es al aire, si horneado, dando el tiempo y la temperatura de horneo.
- Cubrimiento
- Grado de dureza
- Método de aplicación
- Adelgazador recomendado

CLAVE MATERIALES	NOMBRE		CLIENTE	FECHA	FORMULO
	KGS.	LITROS	REV. No.	REFERENCIA	
			P. especff.	Sustrato	
			Viscosidad	Finura	
			% sólidos		
			Brillo		
			Oreo		
			Diluyente		
O B S E R V A C I O N E S					

Figura 4.1 Ficha de formulación

Con una adecuada formulación, se pueden tener las características requeridas tanto físicas como de comportamiento, la materia prima debe seleccionarse y aprobarse cuidadosamente, considerando las características de cada una de ellas.

Si el producto cumple con los requisitos, puede enviarse una muestra al cliente que será quien decida si el producto es adecuado o no para fabricarse. (Ref. 1,9)

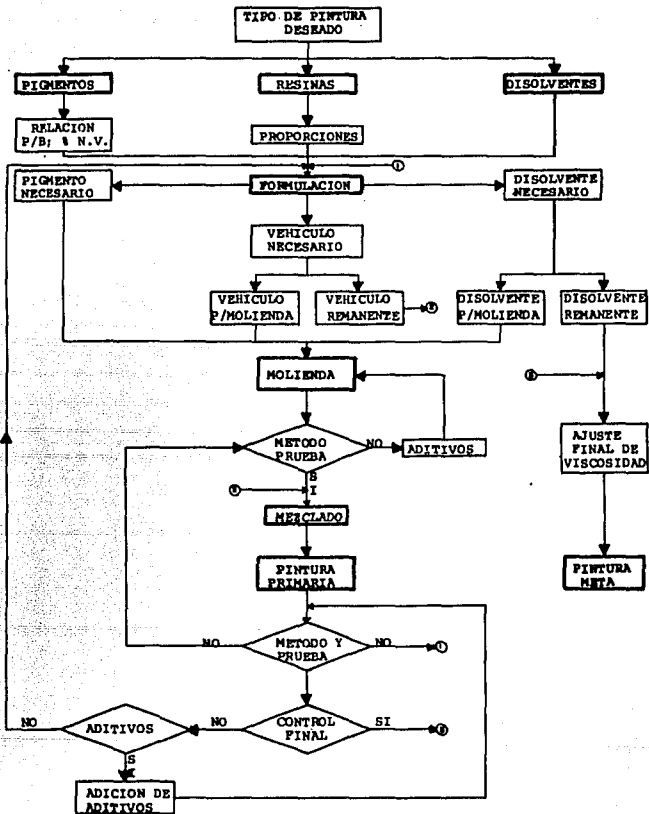


Figura 4.2 Diagrama de optimización del esmalte

### FACTORES FUNDAMENTALES QUE FIJAN LA FORMULACION

Antes de formular cualquier producto, debe contarse - con toda la información posible acerca de él. Los siguientes datos son indispensables.

- 1.- Tipo de producto (esmalte, laca, primario, etc.)
- 2.- Color exacto (con muestra húmeda y sustrato aplicado de ser posible).
- 3.- Necesidades en el comportamiento (resistencia al calor, intemperie, etc.)
- 4.- Contenido porcentual de materia sólida.
- 5.- Clase de disolventes o materia volátil.
- 6.- Disolvente o mezcla de disolventes para diluir.
- 7.- Métodos de aplicación (brocha, aspersión, inmersión, etc.).
- 8.- Condiciones de secado (al aire, al horno, etc.)
- 9.- Precio de venta del competidor.
- 10.- Costo de materia prima requerida.

Generalmente las formulaciones se cierran a cien unidades en peso. Al calcular teóricamente una formulación, no se considera las pérdidas que se tienen en la producción; pero el rendimiento siempre se estima para efectos de costo y - también para que la cantidad producida cumpla el pedido del - cliente.

### INFORMACION NECESARIA PARA LA FORMULACION

- 1.- Vehículo (tipo y rango del vehículo)

- 2.- Pigmentación y concentración en volumen del pigmento .
- 3.- Disolvente (mezclas de disolventes).
- 4.- Volúmenes de sólidos de la pintura o recubrimiento.

#### CONCEPTO DE LA RELACION P/B

La relación que existe entre pigmento y vehículo, se representa con las letras "P" que significa "pigmento" y la "B" que significa "binder" (aglutinante en el idioma inglés).

El pigmento se relaciona siempre a cien partes de vehículo sólido. Por ejemplo un esmalte que tiene una P/B = 80/100, indica que se deben tener 80 partes de pigmento por cada 100 de vehículo sólido.

Esta relación depende de la clase de pigmento que se usa en la formulación; así, los productos negros requieren bajas concentraciones de pigmento, en cambio los productos blancos las necesitan altas para tener un buen cubrimiento.

Para fabricar un producto pigmentado se parte de esta relación y del porcentaje de sólidos que se necesite en la especificación del consumidor.

#### ECUACIONES REQUERIDAS

$$1.- P/B = \frac{\text{Concentración de pigmento}}{\text{Concentración de vehículo}}$$

$$2.- \% \text{ de sólidos en la pintura} = \left( \% \text{ volumen del pigmento sólido} \right) + \left( \% \text{ volumen del vehículo sólido} \right)$$

$$3.- \text{Densidad} = \left( \frac{\text{masa}}{\text{volumen}} \right)$$

$$4.- \% \text{ volumen disolvente} = 100 (\text{volumen pintura}) - \left( \% \text{ volumen sólidos} \right)$$

(Ref. 1,6)



FORMULACIONES TIPO:

DATOS:

- \* Esmalte acrílico automotivo termofijo blanco.
- \* Vehículo: Resina acrílica/Resina melamina 50/50 peso.
- \* Pigmentación: Bióxido de titanio rutflico.
- \* P/B = 60/100
- \* Volumen de sólidos del recubrimiento: 51 %
- \* Disolvente: Aromina 100
- \* Dispersante: 1% del producto
- \* Materia no volátil en las resinas:
  - Resina acrílica = 50%
  - Resina melamina = 60%

Partiendo de los datos podemos realizar ya nuestra formulación.

Sabemos que:

$$(1) \frac{P}{B} = \frac{60}{100}$$

$$(2) P + B = 51$$

De (2) tenemos:

$$(3) P = 51 - B$$

Sustituyendo (3) en (1):

$$(4) \frac{51 - B}{B} = \frac{60}{100} = \frac{6}{10}$$

$$(5) 10 (51 - B) = 6 B$$

- (6)  $510 - 10 B = 6 B$   
 (7)  $510 - 10 B = + 6 B$   
 (8)  $510 = 16 B$   
 (9)  $\frac{510}{16} = B$

(10)  $B = 31.88$

Sustituyendo (10) en (2):

- (11)  $P + 31.88 = 51$   
 (12)  $P = 51 - 31.88$   
 (13)  $P = 19.12$

Teniendo una relación de resina acrílica y resina melamina de 50% en peso cada una y conociendo las composiciones de dichas resinas, podemos obtener las cantidades de resinas líquidas requeridas para el esmalte.

Total de vehículo  $\begin{cases} 50\% & \text{R. Acrílica al 50\% no volátiles} \\ 50\% & \text{R. Melamina al 60\% no volátiles} \end{cases}$

	Resina sólida	Resina Líquida
Resina acrílica	15.94	31.88
Resina melamina	<u>15.94</u>	<u>26.56</u>
T O T A L	31.88	58.44

Tabla 4.2 Composición del vehículo.

Conociendo la cantidad de resina líquida (58.44) y pigmento (19.12), por diferencia podemos obtener la cantidad de disolvente cuando cuadramos nuestra fórmula a cien unidades, así:

Resina	58.44
Pigmento	19.12
Disolvente	<u>22.44</u>
	100.00

De la parte del disolvente podemos restar un uno por ciento para dar entrada al dispersante que se empleará.

Por lo anterior, nuestra fórmula queda como:

"Cargar en molino de bolas de porcelana:

Resina acrílica. . . . .	6.50
Bióxido de titanio. . . . .	19.12
Dispersante. . . . .	1.00
Aromina 100. . . . .	1.60

Moler hasta alcanzar finura de 10  $\mu$ , descargar y completar:

Resina acrílica. . . . .	25.38
Resina melamina. . . . .	26.56
Aromina 100. . . . .	14.84

Ajustar viscosidad con:

Aromina 100. . . . .	<u>5.00</u>
	100.00

Ahora, para un esmalte metálico procederemos de manera similar a la del blanco.

DATOS:

- \* Esmalte acrílico automotivo termofijo metálico.
- \* Vehículo: Resina acrílica/Resina melamina 3/1 peso.
- \* Pigmentación: Pasta de aluminio.
- \* P/B = 5/100
- \* Volumen de sólidos del recubrimiento: 40%
- \* Disolvente: Aromina 150/xilol 2/1
- \* Dispersante: no es necesario.
- \* Materia no volátil en las resinas:
  - Resina acrílica = 50%
  - Resina melamina = 60%

Nuevamente con los datos podemos efectuar el desarrollo de la formulación como sigue:

$$\frac{P}{B} = \frac{5}{100}$$

$$P + B = 40$$

$$P = \frac{5 B}{100}$$

$$\frac{5 B}{100} + B = 40$$

$$105 B = 4000$$

$$B = \frac{4000}{105}$$

$$B = 38.1$$

P = 1.9

Como la pasta de aluminio viene al 80% de sólidos en Gas Nafta, se tendrá que se requiere 2.38.

Teniendo ahora una relación de resinas de 75/25, acrílica/melamina y conociendo las cantidades de no volátiles de éstas, obtenemos lo necesario para nuestro producto.

Total de vehiculo  $\left\{ \begin{array}{l} 75 \% \rightarrow \text{R. Acrílica al 50\% no volátiles} \\ 25 \% \rightarrow \text{R. Melamina al 60\% no volátiles} \end{array} \right.$

	Resina sólida	Resina líquida
Resina acrílica	28.56	57.12
Resina melamina	<u>9.54</u>	<u>15.90</u>
T O T A L	38.10	73.02

Tabla 4.3 Vehículo para esmalte metálico

Siguiendo los pasos anteriormente realizados para el esmalte blanco:

Resina	73.02
Pigmentos	2.38
Disolventes	<u>24.60</u>
	100.00

Con los datos ya obtenidos nuestra formulación quedacomó:

"Cargar con agitación continua:

Resina acrílica. . . . .	40.00
Pasta de aluminio. . . . .	2.37
Mezcla de disolventes. . . . .	20.00
Resina melamina. . . . .	15.90
Dispersar hasta alcanzar finura de 30 $\mu$ , completar	

agitando

Resina acrílica. . . . .	17.12
Ajustar viscosidad con:	
Mezcla de disolventes. . . . .	<u>4.60</u>
	100.00

(Ref. 1)

C A P I T U L O V  
PROCESO DE MANUFACTURA:

La necesidad cada día mayor de arreglar y ordenar de una manera sistemática y lógica el producto terminado en sus diferentes tamaños, colores y características, así como los constituyentes que forman parte de éste, y todas las operaciones que se efectúan, ha originado el interés por planear y programar la fabricación, para que de una manera ordenada y conveniente, se lleve a cabo la elaboración con la mayor rapidez y eficiencia posibles.

Un diagrama general de una fábrica tipo puede observarse en la figura 5.1.

Recepción y almacenaje de las materias primas: Las materias primas se reciben en camiones cisterna, vagones cisterna, barriles y sacos. Los materiales recibidos en los diferentes camiones son generalmente disolventes de "movimiento rápido", aceites y soluciones de resina.

La forma normal de descargarlos, es bombear a través de un sistema de bombeo central a los tanques de almacenamiento, o en el caso de soluciones de resinas y barriles, los tanques de almacenamiento deben ser interiores para mantener la temperatura ambiente para una manipulación más fácil en la fábrica.

La recepción y manejo en almacenes de barriles, cajas de cartón y sacos de materiales secos es un problema mucho --

más complicado porque requiere mucha mano de obra o equipos -  
especiales tales como cintas transportadoras, carretones ele-  
vadores y plataformas de rodillos.

Las plantas más modernas se proyectan para recibir bi  
dones, cajas de cartón y sacos sobre cintas transportadoras.



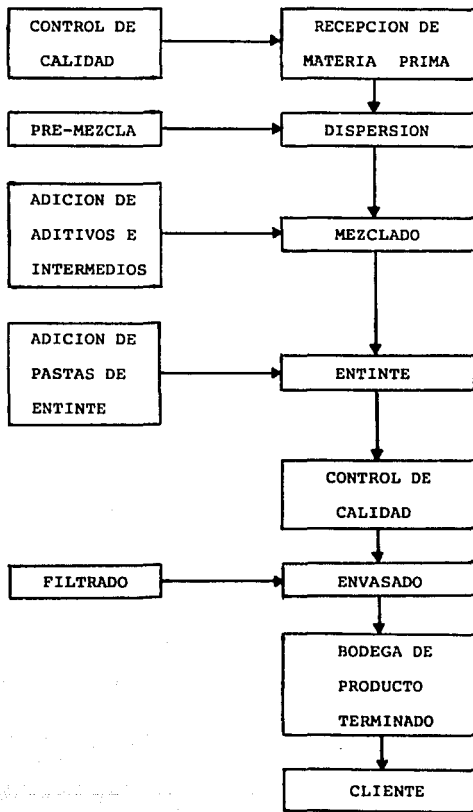


Figura 5.1 Diagrama de bloques del proceso de manufactura.

Los poderosos carretones elevadores que transportan - las cargas requieren un espacio adecuado de trabajo y grandes montacargas. Si la capacidad de carga del suelo es lo suficientemente grande, las cargas se pueden apilar en varias filas mediante los carretones elevadores, de tal modo que sea - mínima la superficie de suelo requerida para almacenar las ma-  
terias primas.

Las plantas más antiguas no están proyectadas para un sistema completo de cintas transportadoras. Los montacargas- son demasiado pequeños o la capacidad de carga del suelo no - es lo suficientemente grande para numerosos apilamientos.

Sin embargo, cada planta puede y debe equiparse con - plataformas de rodillos para moverse manualmente o mediante - vagonetas. Las materias almacenadas se pueden dejar en plata-  
formas en la zona de almacenamiento para llevarlas a los mez- cladores o a los diferentes equipos, sin que exista la necesi-  
dad de tener que cargarlas nuevamente.

La superficie más lógica para el almacenamiento debe- ser aquella que se encuentre lo más cerca posible de los mez- cladores así como de los conductos de carga de los diferentes molinos.

#### Proceso de medida y pesaje:

Se requiere muy poca mano de obra para recibir y alma-  
cenar disolventes, aceites y soluciones de resinas, y es muy- sencillo trasladar estos líquidos a la planta para el proceso

de fabricación de los diferentes tipos de recubrimientos. --  
Los disolventes no son difíciles de medir, pero generalmente  
es más sencillo pesar la mayoría de los líquidos viscosos, ta  
les como soluciones de resinas y barnices.

Los medidores y las básculas modernos, combinados con  
muchos aparatos de control, proporcionan gran eficiencia a la  
fábrica. Los operadores normalmente son más cuidadosos y exac  
tos cuando utilizan estos aparatos para medir los ingredien  
tes de las partidas.

#### Surtido de la fórmula en materia prima:

Cuando llega el momento apropiado o conveniente, la -  
orden de producción se manda surtir, con la seguridad de que  
se cuenta con todas las materias primas necesarias y se proce  
de de inmediato a efectuar las operaciones en las máquinas co  
rrespondientes inspeccionando el surtido, que deberá coinci--  
dir exactamente con la fórmula

#### Dispersión:

En términos generales, podemos hablar de dispersar:

- a) polvos y líquidos
- b) polvos
- c) líquidos

a) Polvos y líquidos.

En la actualidad se cuenta en el mercado con una gran  
variedad de máquinas revolventoras o mezcladoras; en éstas se-

obtiene una primera dispersión de los pigmentos con el vehículo (polvos y líquidos); a pesar de tratarse de una dispersión burda, la formación de la "pasta" desempeña un factor muy importante en la calidad del producto ya que si el tamaño de la partícula por dispersar en la siguiente operación es lo menor posible, mayor será la eficiencia en los molinos. Otro factor será la consistencia; esta característica dependerá del vehículo, de la velocidad con que se agregan al sistema los ingredientes, y desde luego, de la temperatura, lo cual determina que el control sea sumamente complejo ya que solamente se cuenta con la experiencia de supervisores y operadores.

b) Polvos. Se emplean equipos especiales para obtener mezclas adecuadas de dos o más polvos.

c) Líquidos. Solamente se necesita obtener una homogeneización con los componentes líquidos, la cual se logra con cualquier sistema de agitación.

La incorporación de los pigmentos a los recubrimientos de superficies requiere de considerables conocimientos e inversiones costosas en equipos de dispersión. Los diferentes molinos requieren relaciones completamente diferentes de pigmentos, sólidos de vehículos y volátiles, para obtener la máxima eficiencia de dispersión.

Estas dispersiones de pigmentos son también llamados como: "bases de molienda", "pastas de pigmentos" o, con frecuencia, únicamente BASES o PASTAS.

### Molienda

Una vez obtenida la "pasta" se procede a molerla. Aun que en esta operación en realidad no se trata de trituración, pues todos los componentes poseen características de tamaño - de partícula de antemano escogidas, es muy común llamarla bajo dicho nombre.

Consiste en obtener una buena dispersión al pasarla a través de los molinos, los cuales tendrán características diferentes según los materiales con que se fabrican y los fines para los que fueron diseñados.

Para conocer el grado de molienda o dispersión de -- una pasta se utiliza el medidor de molienda o Grindómetro figura 5.2.

El contenido del pigmento debe ser el mayor posible, conforme a la buena eficiencia de dispersión en cada tipo de molino empleado y a las características del sistema pigmento-vehículo que se considera. Por supuesto, un elevado contenido de pigmento permite mayor flexibilidad de formulación cuando se utilizan bases de molienda en los recubrimientos de superficies.

### Molinos de bolas:

Son cilindros horizontales de hierro con bolas de acero, o forrados de porcelana con bolas del mismo material, en su interior algunas veces cuentan con algunas barras de acero, las cuales hacen que no se tengan inactivas en el centro las bolas pues al girar a una velocidad de 30 revoluciones por mi

nuto origina una cascada de éstas; del contacto y fricción entre las mismas se obtiene la dispersión de los pigmentos en el vehículo.

#### Molinos de bolas de porcelana

Actualmente es común el uso de estos molinos aunque sean el tipo más antiguo usado en la industria de pinturas. Tienen la habilidad de producir una molienda fina a bajo costo, con un mínimo de operarios. Los agentes de molienda pueden ser piedras naturales y "bolas" de porcelana sintética hechas en diferentes tipos, tamaños y densidades.

La molienda más rápida se obtiene cuando las bolas ocupan la mitad del molino (incluyendo los huecos que las rodean), con la pintura justa para llenar estos huecos. La carga de pintura ocupará solamente alrededor del 20% del volumen total del molino. Las bolas deberán ser tan pequeñas y pesadas como sea posible desde un punto de vista práctico, un buen promedio de diámetro es de alrededor de una pulgada. No es recomendable la variedad de tamaños. La velocidad rotativa deberá ser de 50-80% de la velocidad crítica o sea la velocidad en que las bolas sin carga de pintura, son retenidas contra la pared interna del molino a causa de la fuerza centrífuga.

Aunque la mayoría de los pigmentos de color se pueden moler en molinos de bolas de porcelana, la tendencia es a usar molinos de bolas de acero en donde se obtienen dispersiones más rápidas a pigmentaciones más elevadas. (Ref. 1,9)

### Molinos de bolas de acero

El vocablo "molino de bolas", con frecuencia se aplica erróneamente a lo que llamamos molinos de bolas de porcelana. En la industria de los recubrimientos el término "molino de bolas" generalmente se refiere a bolas de acero en un tambor de acero. Debido al manchado del pigmento por la abrasión del acero, tales molinos raramente se usan en pigmentaciones blancas, pero con frecuencia se usan en colores en donde es casi indispensable una acción más intensa sobre las partículas para algunos materiales duros de "moler". La "molienda" es mucho más rápida y se puede hacer a consistencias más altas que en un molino de bolas de porcelana, debido a la mayor densidad de las bolas.

Los recipientes llevan aletas interiores para evitar la tendencia mayor de las bolas muy pulidas y pesadas que resbalan con facilidad y no pueden ser elevadas por la rotación del molino para que logren hacer la cascada debidamente.

La molienda con molinos de bolas de acero es un método importante para dispersar pigmentos de colores. Unos cuantos colores orgánicos que no se pueden moler en molinos de arena, pueden dispersarse en molinos de bolas de acero. Los requerimientos de tiempo difieren gradualmente; los pigmentos orgánicos requieren de alrededor de 48 horas, mientras que los colores inorgánicos suaves como el naranja molibdato pueden molerse en 4 horas.

Además de los molinos citados, también existen otros tipos de aparatos para efectuar la dispersión de las particu-

las en el vehfculo. Entre ellos tenemos a:

- Molinos coloidales
- Molinos de acción o dispersión contfnua.

#### Molinos coloidales

Estos aparatos constan básicamente de dos partes, de las cuales una es fija, con características y forma definida y la otra parte es móvil, complementaria de la primera y que gira a alta velocidad, pudiéndose acercar a la parte fija a voluntad. Entre ésta fluye la "pasta" por dispersar.

#### Molinos de dispersión contfnua

Este tipo, consiste básicamente en arena, perlitas de vidrio especial o cerámica, que se encuentran girando a alta-velocidad en un recipiente de metal. La "pasta" se pone en contacto con el medio dispersante, hasta obtener el grado de molienda requerido. (Ref. 1)

#### Dilución

El proceso de molienda va seguido de un proceso de dilución, llamado también de reducción. Las bases de molienda tienen una gran concentración que se reduce con la adición de un vehfculo de dilución, formado por disoluciones de resinas, aceites y disolventes. Este proceso, es fundamentalmente una operación de mezclado producido por paletas móviles, - propulsores o turbinas. Las cargas pequeñas, de hasta 400 litros, se reducen en tanques portátiles, colocados debajo de -



las paletas mezcladoras, que se construyen de tal modo que - las hojas de las paletas se pueden subir o bajar para permitir el cambio del tanque portátil. Las cargas mayores se reducen en tanques fijos equipados con paletas mecánicas, en algunos casos álabes de turbinas o propulsores. Las paletas mecánicas son más seguras en los fluidos espesos, mientras que los álabes de turbina y los propulsores se pueden usar en productos de menor viscosidad.

Los tanques fijos están mejor situados en las zonas - del suelo que estén debajo de la sala de molienda. Se debe tener el máximo cuidado en añadir los vehículos y los disolventes en el orden correspondiente y bajo agitación constante para evitar la separación de los ingredientes sólo parcialmente compatibles. Este es un requisito esencial cuando se van a reducir esmaltes y lacas sintéticas.

Entinte:

Un problema que es de gran importancia y se presenta en la fabricación de pinturas, es la igualación de color, entinte o teñido, ya que al ofrecer al público un muestrario -- con ciertos tonos, es obligación del fabricante proporcionarlos en estas condiciones o lo más parecidos posible.

Es un hecho que casi todas las cargas de pinturas necesitan de algún tintado o igualación de color. Aún los blancos también se tiñen puesto que existen muchos matices de -- blancos.

La igualación de color se hace en el mismo equipo uti

lizado en la reducción, con el mismo sistema de agitación para mezclar los colores del teñido. Este proceso debe ser realizado por operadores muy experimentados que comprendan perfectamente los fundamentos de la igualación del color. El operario teñidor debe también conocer de sus colores de teñido para mantener la inalterabilidad y la duración del color al exponerlo a la luz. Por lo mismo, al tratar de igualar los colores con un estándar previamente determinado se podrán seguir los siguientes pasos:

- a) Partiendo de pintura blanca igualar los tonos con bases de entintado preparadas de antemano.
- b) Agregar a la pasta pigmentos de color para obtener el tono deseado y solamente en caso necesario con un poco más de bases de entintado lograr el igualamiento. En algunos casos es posible obtener directamente el tono.

Cuando se trabaja según el primer sistema, se tiene la propiedad de facilitar la formulación y las operaciones de mezcla, molienda, etc. Sin embargo, se tendrán por necesidad en existencia todos los colores básicos y un consumo elevado de éstos, lo cual aumenta el costo por litro de producto, sobre todo en el caso de colores oscuros.

Con el segundo sistema se facilitará el problema de entintado ya que se acortará el tiempo del mismo pero se necesitará una formulación especial para cada color, necesitándose un cierto sistema de programación por colorearse los molinos y por consiguiente, una mayor existencia de pigmentos de

color como materia prima.

Independientemente del sistema de trabajo implantado, se necesita igualar el tono para poder obtener el color final deseado.

El departamento de teñido debe estar situado en una zona de la fábrica bien provista de luz natural. Se debe evitar todo lo posible la luz del sol directa. La mayoría de las fábricas hoy día suplementan su iluminación natural con lámparas llamadas de luz diurna, a prueba de explosiones para la igualación del color en los días nublados. En algunas fábricas la iluminación artificial puede servir de referencia para la entonación del color en todo momento.

#### Filtrado

El filtrado de los productos después de obtener el material de una dispersión, en algunos casos se hace necesario para mejorar la calidad en apariencia, ya que hay partículas extrañas como natas o basura procedente del vehículo o del medio ambiente y que impiden que se tenga la calidad estipulada.

El filtrar los diferentes productos de las pinturas puede ser simple si se ha tenido el suficiente cuidado de evitar la contaminación y el polvo, haber molido todas las partes uniformemente finas, usar vehículos bien filtrados solamente, etc.

Los procesos de filtración que se utilizan con más frecuencia están basados en la vibración o en la rotación de los tamices de la malla deseada. En la mayoría de sus aplica

ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA

ciones las mallas más satisfactorias son las siguientes:

Pinturas y acabados mates de paredes. . .	40 mallas
Esmaltes semibrillantes. . . . .	80 mallas
Esmaltes de interiores. . . . .	120 mallas
Esmaltes industriales. . . . .	140 - 200 mallas

Algunos fabricantes utilizan también estopilla de algodón, muselina y fieltro para el filtrado de distintos grados de pinturas. La centrifugación y el filtrado a través de filtros prensa tipo cápsula tal como el marca "Cuno" también son empleados.

#### Control de calidad

Esta sección tendrá la responsabilidad de aprobar los lotes de productos intermedios y acabados en todas las características deseadas según sea el tipo de pintura que se trate, así como de las características de cada uno de ellos como por ejemplo, secamiento, color, viscosidad, textura, flexibilidad, adherencia, brillo, resistencia a agentes químicos, resistencia al rayado, horneado, dispersión, escurrimiento, aplicación con brocha, etc.

En momentos determinados a lo largo del proceso de manufactura, se verifican las pruebas básicas para el tipo de recubrimiento, se comparan contra los estándares aplicados -- con el mismo sistema y sobre el mismo sustrato para observar su similitud; cuando se encuentran lo suficientemente aproximados, son autorizados para ser envasados; de no ser lo sufi-

cientemente parecidos, se harán los ajustes pertinentes hasta obtener las características deseadas.

En la actualidad se está tratando de introducir en el control de calidad, el método estadístico, pero la gran variedad de líneas, colores y la fluctuación de propiedades en la materia prima han hecho difícil que se pueda adaptar este sistema y obtener resultados satisfactorios.

### Envasados

Los procedimientos de envase requieren un considerable tiempo de estudio en cada fábrica, para determinar cuándo esta operación se debe realizar a mano y cuál es el tamaño mínimo de envase que se puede manejar mediante máquinas automáticas, teniendo en cuenta el tiempo y gastos extra de instalación, limpieza y mantenimiento. Esta cantidad no puede determinarse realmente en litros debido a que los recipientes utilizados en las máquinas automáticas varían de  $125 \text{ cm}^3$  a 20 l. Considerar una carga de 400 litros envasada en latas de 20 litros, necesitando sólo 20 latas, comparado con las 3200 latas que se necesitarían utilizando envases de  $125 \text{ cm}^3$ . Evidentemente, se necesita considerar las unidades que se manejan para poder llegar a un punto de equilibrio. Sin embargo, el equipo de envasado automático se usa en todas las fábricas que manejan cualquier cantidad importante de pintura, y produce buenos ahorros en el costo de explotación.

Hay dos tipos generales de máquinas de envasar:

- De desplazamiento

- De gravedad

En las de desplazamiento, se emplea un émbolo que se ajusta para descargar un volumen dado.

El tipo de las de gravedad es más simple, pero no tan rápido, y funciona con un contador de peso que cierra automáticamente la válvula de descarga al llegar al peso requerido.

Etiquetado y empaquetado

Para un máximo rendimiento es conveniente tener las máquinas de empaquetado a continuación de las máquinas de etiquetado en una línea directa. Las máquinas de etiquetado son eficientes aún para cargas pequeñas y se usan con frecuencia en cargas consideradas demasiado pequeñas para las máquinas de envasado. Las máquinas de etiquetado ajustadas adecuadamente proporcionan un acabado más pulcro y presentable que el etiquetado a mano. La mayoría de las máquinas se pueden ajustar a tamaños de etiquetas que varían desde latas de 125 cm<sup>3</sup> a latas de 4 litros.

En algunas fábricas grandes y modernas de recubrimientos, las máquinas automáticas de empaquetado y precintado de cajas de cartón están equipadas con potentes transportadores para llevar las cajas precintadas a los depósitos de almacenamiento. (Ref. 1).

## C A P I T U L O V I

### DESARROLLO Y ANALISIS DE LA FORMULA TIPO

Una vez que hemos pasado por los pasos que se siguen durante el proceso de manufactura, ahora lo correspondiente es estudiar el cómo responde nuestro material a las diferentes pruebas que se le efectuarán.

Las pruebas o análisis que se efectúan al esmalte se pueden clasificar en dos grupos:

- \* Pruebas en fase líquida
- \* Pruebas en fase sólida

Los controles para el esmalte en fase líquida son de grado de dificultad pequeño y no requieren de mucho tiempo para su realización; sin embargo, para los verificados en fase sólida el grado de dificultad se incrementa, puesto que es en éste en el cual depende de gran manera una correcta y adecuada preparación de superficie.

Siendo de primordial importancia la manera y estado en que se halla el sustrato sobre el cual se aplicará un recubrimiento, no podemos hacer menos y describir dentro de este capítulo lo referente a:

#### PREPARACION DE SUPERFICIES

Mucho se ha escrito sobre la importancia de una buena preparación de la superficie y a pesar de ello impera un descuido general, que arruina todos los principios y planteamientos

tos de una buena protección.

La pintura debe fijarse a la superficie, sólidamente, para hacer cuerpo con ella, seguirlo en sus dilataciones y -- contracciones e impedir que se formen bolsas, desprendimien-- tos, cuarteos y todos los accidentes que vengan a romper la - continuidad de la capa protectora.

Para que el recubrimiento quede anclado sólidamente - al metal , a la madera o a otras superficies, es imprescindible que nada se oponga a esa adherencia. Las partículas suel tas de toda especie, el polvo, la suciedad grasosa, los aceites, el óxido, todo cuanto es ajeno a la superficie sólida y firme, constituye un impedimento para lograr esa buena adhe-- rencia.

Existe una numerosa bibliografía sobre preparación de superficies; organismos de varios países han editado especificaciones a seguir para que esa primordial operación se haga con todo cuidado. Un ejemplo es la publicación del "Steel -- Structures Painting Council" (Surface Preparation Guide and - Specifications) demostrativa de la importancia que se concede a esta técnica.

Los sistemas generalmente usados para eliminar suciedad grasa, aceites, pinturas antiguas en mal estado, etc., se clasifican en:

- 1.- Disolventes o detergentes.
- 2.- Removedores.
- 3.- Limpieza con llama.



- 4.- Limpieza manual (cepillos, rasquetas)
- 5.- Limpieza a máquina.
- 6.- Limpieza con chorro de arena.
- 7.- Limpieza química.

1. Limpieza con disolventes o detergentes.

Se usa únicamente cuando se trata de eliminar grasa o aceite en superficies con recubrimientos antiguos pero en buen estado, o en metales de toda especie, particularmente planchas, láminas y hierros que vienen de laminación con aceites-grasas etc. o que han sido cubiertos accidentalmente con estos materiales.

2. Removedores.

Se emplean para quitar pintura antigua en mal estado, que se desea eliminar. Su uso se limita a pequeñas superficies.

3. Limpieza con llama.

Es un sistema que se usa en contadas ocasiones, para eliminar pintura antigua (soplete) o capas de escamas de laminación (acetileno).

4. Limpieza manual.

Es el sistema más común. Utiliza cepillos metálicos, raquetas y otros instrumentos enteramente manuales.

5. Limpieza a máquina.

Consiste en la utilización de diversos aparatos accionados neumáticamente o por electricidad, tales como cepillos giratorios, fratas, martillos neumáticos, etc.

6. Limpieza con chorro de arena.

Consiste en el uso de compresores y equipos diversos para lanzar un chorro de arena de gran poder sobre la superficie a limpiar.

7. Limpieza química.

Se verifica con ácidos y materiales alcalinos, es aplicable en general a piezas que puedan ser sumergidas en estos materiales. (Ref. 27)

Una vez que hemos visto la importancia y diferentes técnicas de la preparación de superficies, nos concentraremos en las condiciones requeridas para el esmalte.

Como el material que se está diseñando será de uso automotivo, fijaremos nuestras condiciones de entrega y funcionalidad en base a las que requieren las compañías armadoras de automóviles, haciendo una selección de las condiciones más severas a que deba enfrentarse nuestro producto.

Primeramente haremos mención de los requerimientos básicos y posteriormente de los diferentes métodos de prueba.

## REQUERIMIENTOS BASICOS DE LAS COMPAÑIAS ARMADORAS:

### COMPOSICION:

El material descrito en esta especificación será un esmalte sintético de horneado, elaborado a base de resinas acrílicas y disolventes adecuados que permitan tener un tiempo -- máximo de aereado a temperatura ambiente de 5 minutos previo al ciclo de horneado.

### VEHICULO:

El material puede ser modificado con melamina-formaldehído, urea-formaldehído o cualquier otro modificador de durabilidad conocido equivalentemente.

### TOXICIDAD:

El esmalte no debe contener bencol, clorinados u -- otros compuestos tóxicos, a fin de evitar olores desagradables e intoxicaciones.

### ESTABILIDAD:

El esmalte no debe gelarse o sedimentarse en forma -- tal que no pueda dispersarse con agitación normal, después de haber sido almacenado durante seis meses a temperatura ambiente.

### COMPATIBILIDAD:

El esmalte debe ser compatible con los disolventes co

munes y no debe causar contaminación con otros esmaltes alquídicos o acrílicos del mismo proveedor o diferente, cuando se aplica en producción.

ESCURRIMIENTO:

Por ningún concepto debe presentarse escurrimiento, - cuando se apliquen dos manos húmedas del esmalte con un minuto de aereado entre mano y mano y sobre primario.

RESISTENCIA A DISOLVENTES:

Después de 24 horas de haber sido horneado, no debe - ser atacado por:

- 1.- Disolventes comunmente usados en producción para su dilución (aromina 100, aromina 150, xilol).
- 2.- Gasolina y gas nafta.
- 3.- Lubricantes normales de producción.

COLOR Y TONO:

El color y tono de las muestras y lotes de producción, deben ser iguales al patrón previamente establecido.

LIJADO Y PULIDO:

El esmalte debe tener facilidad de lijado sin afectar la película en durabilidad cuando se aplique lija de carburo de silicio del número 500 al 600. Además, debe mantener su - apariencia general cuando se le somete al pulido.

### HORNEO:

Para las condiciones de prueba, el esmalte debe ser - horneado a una temperatura de 130°C (266°F) durante un tiempo efectivo de 17-18 minutos, al cabo del cual la película del - esmalte debe curar completamente.

### APARIENCIA DESPUES DEL HORNEO:

Después del ciclo de horneo especificado, el esmalte - debe presentar una superficie libre de cráteres, apariencia de cáscara de naranja, asperezas, sangrado u otras anomalías, además de presentar una tolerancia razonable al pulido. Los - colores metálicos no deben presentar zonas de manchas o motas.

### ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO

#### CONTENIDOS DE SOLIDOS

<u>Colores</u>	<u>% en peso</u>
Metálicos	40 mfn.
Negros	39 mfn.
Blancos	51 mfn.
Lisos claros 95% TiO <sub>2</sub>	51 mfn.
Lisos medios 80-55% TiO <sub>2</sub>	47 mfn.
Lisos oscuros 20-50% TiO <sub>2</sub>	45 mfn.
Rojos, naranjas y marrón	45 mfn.

#### VISCOSIDAD DE ENVASE

La viscosidad de envase debe ser de 30-35 segundos a-

25°C (77°F) en copa Ford #4, cuando se pruebe de acuerdo al método 4 de este capítulo.

#### VISCOSIDAD DE APLICACION

El esmalte debe ser reducido a una viscosidad de 18 ± 1 seg. en copa Ford #4 a 25°C (77°F) con los disolventes comúnmente usados en producción, cuando se pruebe de acuerdo al método #4.

#### PORCENTAJE DE REDUCCION

La reducción volumétrica no debe exceder del 25% para obtener la viscosidad de aplicación (100 partes de esmalte -- por 25 partes de disolvente).

#### PODER CUBRIENTE

El esmalte debe cubrir totalmente el papel contraste con un espesor máximo de película seca de 0.0432 mm. (0.0017-pulg.), cuando se pruebe de acuerdo con el método número 5.

#### BRILLO

Con un espesor máximo de 0.0432 mm. de película seca, el esmalte debe tener un brillo mínimo de 92 puntos en la escala del brillómetro, cuando se pruebe de acuerdo con el método número 6.

#### DUREZA

##### Método del lápiz

Debe ser "F-H"

##### Método del péndulo Sward

36 unidades, mínimo.

Los procedimientos para determinar la dureza están indicados en el método (7).

#### SENSIBILIDAD AL CALOR

No debe haber cambios de tono, el brillo no debe bajar más de 2 puntos y la dureza no debe aumentar más de 4 puntos medida por el método del péndulo Sward, cuando se prueba de acuerdo al método número (8).

#### RESISTENCIA A LA CORROSION (CAMARA SALINA)

No debe presentar ampollamiento, pérdida de adherencia, flexibilidad o brillo después de ser sometidos a la exposición de la cámara salina como se muestra en el método (9).

#### ADHERENCIA

No debe desprenderse la película de esmalte, cuando se prueba de acuerdo al método (10).

#### ADHERENCIA ENTRE CAPAS

No debe desprenderse la película del esmalte, cuando se prueba según se indica en el método (11).

#### RESISTENCIA AL IMPACTO

No debe haber desprendimiento, sólo permitiéndose la formación de círculos concéntricos, los que no deben desprenderse cuando se prueba de acuerdo al método (12).

#### RESISTENCIA A LA HUMEDAD

La película del esmalte no debe presentar ampolladuras, cambio de tono, pérdida de adhesión, flexibilidad o bri-

llo tal y como se especifica en los incisos respectivos. El método de prueba es el número (13).

#### RESISTENCIA A LA INTEMPERIE

El esmalte debe retener sustancialmente sus propiedades originales del tono, brillo y estar libre de ampollamiento, grietas, polvo o moho, después de lavar los paneles con agua jabonosa y secados con una franela fina.

#### RESISTENCIA A LOS ACIDOS PARA ESMALTES METALICOS

No deben existir cambios en la apariencia de la película, cuando se pruebe con el método (14).

#### PANELES DE PRUEBA

Los paneles de prueba deben ser láminas metálicas bonderizadas o fosfatizadas. El calibre de la lámina debe ser número 20 y las dimensiones del panel de 7.5 x 20 cm. (3 x 8-pulg.) ó 10 x 30 cm. (4 x 12 pulg.) según se requiera.

La preparación de los paneles se indica en el método (1). (Ref. 5, 28).



## MÉTODOS DE PRUEBA

### M.P. 1 PANELES DE PRUEBA

El procedimiento para la preparación de los paneles - de prueba es el siguiente:

- 1.1 Limpiar las láminas fosfatizadas con alcohol iso - propílico.
- 1.2 Preparar la muestra de primario a viscosidad de - aplicación (21  $\pm$  1 seg. C.F. #4 a 25°C).
- 1.3 Preparar el equipo de aplicación ajustando la -- presión del aire a 62 lb/pulg<sup>2</sup>.
- 1.4 Esprear sobre los paneles una capa de primario - para obtener un espesor de película seca de - - 0.0008-0.001 pulg.
- 1.5 Orear 2 minutos.
- 1.6 Preparar el esmalte a la viscosidad de aplica - ción (18  $\pm$  1 seg. C.F. # 4 a 25°C).
- 1.7 Esprear sobre los paneles dos manos dobles de es - malte para obtener un espesor de película seca - de 0.0017 - 0.002 pulg. dando un minuto de oreo - entre mano y mano.
- 1.8 Orear 5 minutos previos al ciclo de horno.
- 1.9 Hornear 17 minutos a 130°C.

### M. P. 2 RESISTENCIA A DISOLVENTES

La resistencia a los disolventes, la gasolina, la gas

nafta y los lubricantes, se verifica haciendo una aplicación de las mismas sobre el esmalte con una franela (formando círculos rápidamente) durante 10 veces, permitiendo que el esmalte repose por 30 minutos después del frotado, al cabo de este tiempo el esmalte no debe estar reblandecido, ni perder su brillo y tono originales.

### M.P. 3 CONTENIDO DE SÓLIDOS

#### 3.1 Aparatos y equipo:

- a) Horno de aire circulante con temperaturas controladas dentro de 1°C.
- b) Balanza analítica.
- c) Desecador.
- d) Espátula.
- e) Charolas de aluminio.

#### 3.2 Procedimiento:

Se tara la charola y se registra como  $P_2$ .

Se colocan sobre la charola tarada de 1.000 a 1.500 g. de esmalte virgen (se pesa con aproximación de 0.001 g.) y registrar el peso como  $P_0$ .

Se calienta la muestra en el horno una hora a 130°C

Se saca la charola del horno y se deja enfriar en el desecador.

Pesar la charola y registrar como  $P_1$ .

El % de sólidos viene dado por la fórmula:

$$\% \text{ s\u00f3lidos} = \frac{P_1 - P_2}{P_0 - P_2} \times 100$$

#### M.P. 4 VISCOSIDAD DE ENVA\u00d1E

##### 4.1 Aparatos y equipo

- a) Copa Ford No. 4
- b) Term\u00f3metro
- c) Cron\u00f3metro
- d) Parrilla de calentamiento.

##### 4.2 Procedimiento:

Una muestra representativa de aproximadamente 1/4 de litro, debe acondicionarse a una temperatura - de 25\u00b0C, la copa debe acondicionarse en un "ba\u00f1o - Marfa" a esa misma temperatura.

Nivelar la copa y llenarla al ras con el esmalte. Tomar el tiempo que tarde en vaciarse.

Seguir el mismo procedimiento para la viscosidad de aplicaci\u00f3n.

#### M.P. 5 PODER CUBRIENTE

##### 5.1 Aparatos y equipo:

- a) Elc\u00f3metro (se debe calibrar cada 5 mediciones)
- b) Hojas est\u00e1ndar para calibraci\u00f3n del elc\u00f3metro.

##### 5.2 Procedimiento:

A un p\u00e1nel se le adhiere un papel contraste blan- co y negro de 5 cm.

Aplicar el esmalte tantas veces como sea necesario con el fin de eliminar dicho contraste.  
Hornear como se indicó en M.P. 1; dejar enfriar.  
Medir el espesor de la película de esmalte con el elcómetro.

#### M.P. 6 BRILLO

##### 6.1 Aparatos y equipo:

- a) Brillómetro "Gardner" de 60°
- b) Mosaicos estándar de calibración a 94 puntos  
(vienen incluidos con el brillómetro)

##### 6.2 Procedimiento:

Se prepara un pánel como lo indica el M.P. 1.  
Colocar el pánel sobre una superficie plana.  
Colocar el brillómetro previamente calibrado sobre el pánel de prueba y tomar la lectura de brillo.

#### M.P. 7 DUREZA

##### Métodos de prueba:

- a) Del lápiz
- b) Del péndulo Sward

##### 7.1 Método del lápiz

###### 7.1.1 Aparatos y equipo:

Lápices comprendidos en las escalas de dureza de la "B" a la "2H" conteniendo todas las graduaciones existentes entre estas escalas.

Carretilla de deslizamiento de peso constante.

**7.1.2 Procedimiento:**

Preparar un pñel como lo indica el M.P. 1

El lápiz de menor dureza debe colocarse en la carrgetilla (dicho lápiz debe tener la punta aguda) y se hace deslizar sobre la superficie del pñel de prueba. Si no se raya, debe sustituirse por el de la dureza inmediata superior; así sucesivamente debe efectuarse el cambio de lápiz hasta lograr rayar la superficie. La dureza queda determinada por la última graduación del lápiz que no rayó la superficie.

**7.2 Método del péndulo Sward:**

**7.2.1 Aparatos y equipo:**

Péndulo de Sward

Cronómetro

**7.2.2 Procedimiento:**

La calibración del péndulo se efectúa de la siguiente manera:

- a) Se nivela la plataforma de vidrio con un nivel de burbuja.  
Con el mismo nivel de burbuja y el jinete ajustable se nivela el péndulo.
- b) Se ajusta a  $50 \pm 1$  oscilaciones por minuto, por medio de las pesas gravitacionales y el jinete ajustador.
- c) Por último se determina el número de oscilaciones como sigue:

Se deja oscilar el péndulo libremente y se empiezan a contar las oscilaciones cuando la burbuja de la ampollita izquierda deje de rebasar la marca negra de la misma, entonces se determina el número de veces que la burbuja de la ampollita derecha rebasa la marca negra. Se deja de contar - - cuando la burbuja de la ampollita derecha deja de rebasar su marca.

Medición de la dureza del esmalte:

- a) Una vez calibrado el péndulo se coloca sobre el pánel a probar.
- b) Se nivela y se hace oscilar el péndulo contando el número de oscilaciones sin tomar en cuenta el tiempo.
- c) Cálculo.- El número de oscilaciones contadas se multiplica por dos y el resultado será el valor de la dureza.

M.P. 8 SENSIBILIDAD AL CALOR

8.1 Aparatos y equipo:

- a) Horno de aire circulante con temperaturas controladas dentro de  $\pm 1^\circ\text{C}$ .
- b) El equipo descrito en los M.P. 6 y 7.

8.2 Procedimiento:

A un pánel previamente preparado como lo indica el M.P. 1, se deja enfriar durante una hora y se

vuelve a hornear a la misma temperatura durante-  
20 minutos, se saca del horno y se deja enfriar-  
durante una hora. Se mide el brillo y la dureza  
como se ha indicado en los M.P. 6 y 7 y se compa-  
ra el tono con el patrón establecido.

#### M.P. 9 RESISTENCIA A LA CORROSION (CAMARA SALINA)

##### 9.1 Aparatos y equipo:

- a) Cabina de rocío salino con mamparas interiores de ángulo ajustable.

##### 9.2 Procedimiento:

Se preparan los paneles de la siguiente manera:  
A un panel preparado como lo indica el M.P. 1 se le trazan dos líneas diagonales que se interseccionen en el centro del mismo, dichas líneas deben ser de 10 pulg. de largo. Los trazos deben penetrar a través del recubrimiento hasta la base del material.

Los arillos del panel se deben cubrir con laca o primario anticorrosivo.

Colocar el panel en la cabina de rocío salino en un ángulo de 60° de la vertical.

Inspeccionar el panel a intervalos de 24 horas. Una vez completado el tiempo de exposición (250- horas) retirar el panel e inmediatamente lavarlo con agua, secar con trapo suave y limpio. Exami

nar la superficie después de 24 horas de reposo- aplicar cinta celulósica de tal manera que esta- cubra completamente una de las líneas trazadas.- Desprender totalmente la cinta con un movimiento rápido en un ángulo de 180° de la superficie pa- ra determinar la pérdida de adhesión.

#### M.P. 10 ADHERENCIA

##### 10.1 Aparatos y equipo:

- a) Cinta celulósica
- b) Un peine con cuchillas de 1.00 mm. de separa- ción.

##### 10.2 Procedimiento:

A un pñel preparado como lo indica el M.P. 1, - se le deja reposar una hora a temperatura ambien- te; debe rayarse la superficie del pñel a fin - de formar una cuadrícula de 1.00 mm. delado. - - Adhiérase la cinta celulósica sobre la cuadrícu- la y tñrese fuertemente de ella con un esfuerzo- de tensión a fin de desprenderla totalmente de - un solo jalón.

#### M.P. 11 ADHERENCIA ENTRE CAPAS

##### 11.1 Aparatos y equipo:

- a) Cinta celulósica
- b) Navaja con filo agudo que no desgarre la su--



perficie a rayar.

c) Regla metálica.

d) Cinta adhesiva de papel de 2.54 cm. de ancho.

#### 11.2 Procedimiento:

A un pñel preparado como lo indica el M.P. 1 se le deja enfriar a temperatura ambiente y posteriormente se hornea nuevamente a las condiciones establecidas y se deja enfriar a temperatura ambiente. Limpiar el pñel con agua, secarlo y colocar al centro y a todo lo ancho una tira de -- cinta adhesiva de papel.

Aplicar una segunda película de esmalte (del mismo espesor que la primera). Desprender la cinta adhesiva y hornear nuevamente a las condiciones fijadas, dejando enfriar durante una hora a temperatura ambiente.

Trazar líneas en diagonal que sobre la superficie del pñel se intersecten formando un ángulo aproximado de 20° y tratando que el vértice quede entre las capas superior e inferior del esmalte.

Adherir la cinta celulósica cubriendo las diagonales y tirar fuertemente de ella a fin de desprenderla de un solo jalón.

## M.P. 12 RESISTENCIA AL IMPACTO

### 12.1 Aparatos y equipo:

- a) Medidor de impacto Gardner.

### 12.2 Procedimiento:

A un pánel preparado como lo indica el M.P. 1 se le deja reposar una hora a temperatura ambiente. Se coloca el pánel en el medidor, de manera que el impacto se ejerza sobre la película del esmalte; se ajusta el peso a 69.44 Kg-cm. (60 lb-pulg.) y se deja caer libremente. No debe haber desprendimiento de película.

## M.P. 13 RESISTENCIA A LA HUMEDAD

### 13.1 Aparatos y equipo:

- a) Cámara de humedad como la descrita en el M.P. 9.

### 13.2 Procedimiento:

A un pánel preparado de acuerdo al M.P. 1 se envuelve adicionalmente la periferia con cinta celulósica a fin de evitar la oxidación, también - debe verificarse que la superficie est  libre de grasa o alguna otra clase de materiales que la - cubren. Se coloca el pánel en los ganchos de la cámara y se expone un mínimo de 100 horas en - agua atomizada a 37°C. No se debe presentar cambio en la apariencia de la película.

M.P. 14 RESISTENCIA A LOS ACIDOS PARA ESMALTES METALICOS

14.1 Aparatos y equipos:

- a) Horno de convección forzada con escala 0-100°C y control de temperatura de  $\pm 1^\circ\text{C}$
- b) Solución de HCl 1% en peso
- c) Vidrio de reloj
- d) Trapo limpio y absorbente

14.2 Procedimiento:

A un pánel preparado como se indica en el M.P. 1, antes de meterse a hornear, se le aplican rápida-  
mente 4 gotas de la solución de HCl y se cubre -  
con el vidrio de reloj después se introduce el -  
conjunto al horno y se calienta durante 30 min.-  
a una temperatura de 63-66°C.

Posteriormente se saca y se deja en reposo duran-  
te 30 min. a temperatura ambiente, se lava el --  
pánel con agua fraa y se seca con el trapo.  
No deben presentar cambio de aspecto las zonas -  
donde se aplicó el  cido.

(Ref. 28)

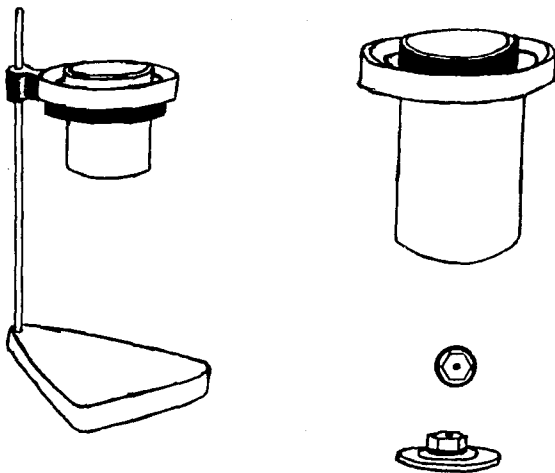


Fig. 6.1 Copa Ford.

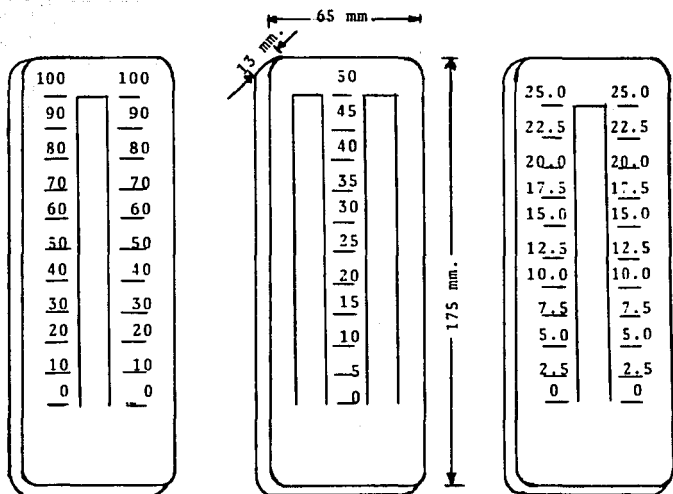


Fig. 6.2 Medidores más usados para leer finura.

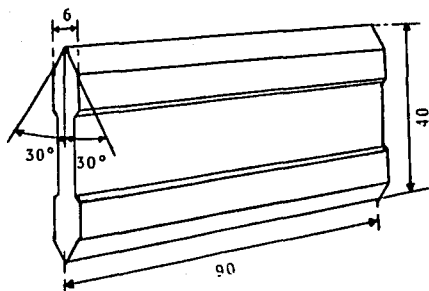


Fig. 6.3 Rasador. (Dimensiones en milímetros)

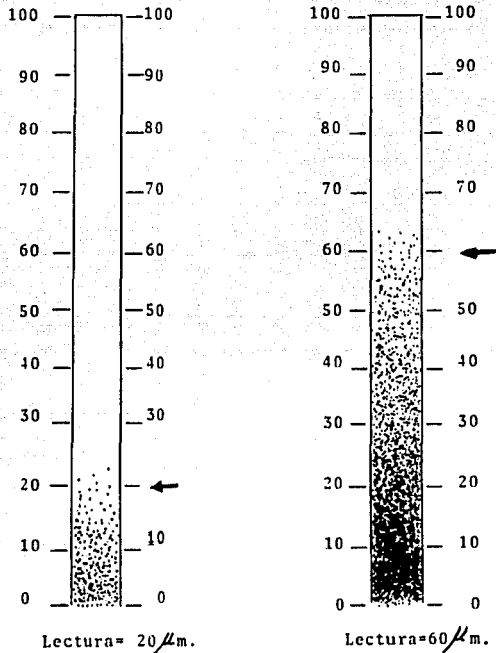


Fig. 6.4 LECTURAS DE FINURA.

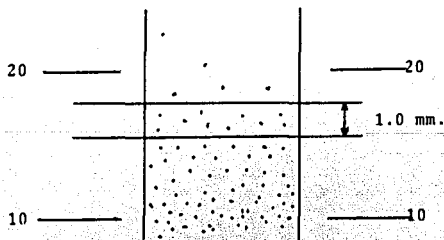


Fig. 6.5 Forma correcta de tomar la lectura.

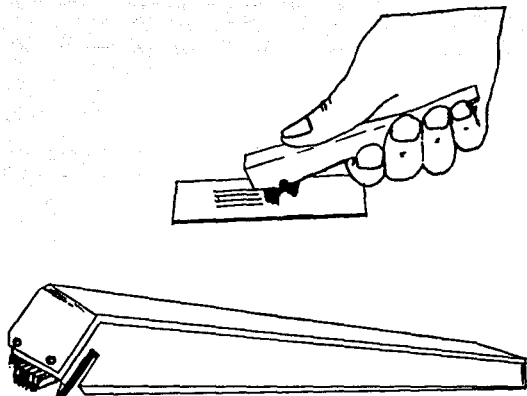


Fig. 6.6 Peine de ranuras.

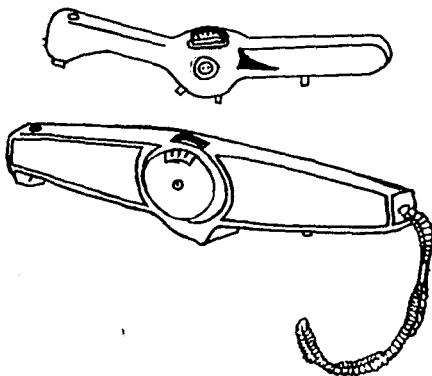


Fig. 6.7 Medidores de espesor de película seca.

**D E S C R I P C I O N**

**ILUSTRACION DE LA SUPERFICIE DESPRENDIDA**

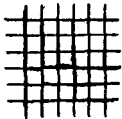
La pintura se desprende en los bordes de los cortes en franjas amplias y total o parcialmente en un solo fragmento. Superficie desprendida: Aproximadamente 65% ó más del área total. NO PASA.



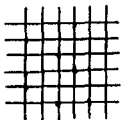
La pintura se desprende total o parcialmente en los bordes de los cortes en franjas amplias y total o parcialmente en un solo fragmento. Superficie desprendida: 35% del área total. NO PASA.



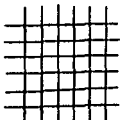
La pintura se desprende en los bordes de los cortes en franjas amplias y en los puntos de intersección de las líneas del enrejado. Superficie desprendida: Aproximadamente 15% del área total. NO PASA.



La pintura se desprende en pequeños fragmentos en los puntos de intersección del enrejado. Superficie desprendida: Aproximadamente 5% del área total. SI PASA.



La pintura no se desprende. Los bordes permanecen intactos. SI PASA.



**Fig. 6,8** Criterios de aceptación para adherencia a la cuadrícula.



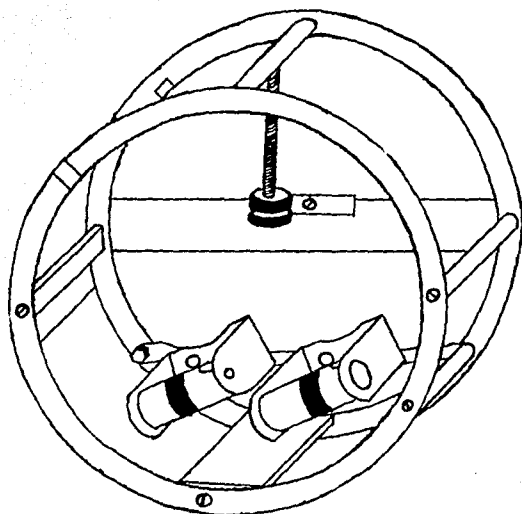


Fig. 6.9 Medidor de dureza Sward.  
(Péndulo Sward)

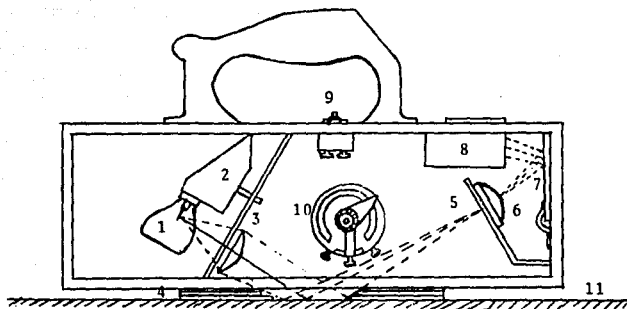


Fig. 6.10 Brillómetro "Gardner" 60°

- 1.- Lámpara.
- 2.- Contacto de la lámpara.
- 3.- Lente de Proyección.
- 4.- Barras paralelas de plástico para localizar el plano del espécimen.
- 5.- Ventana receptora.
- 6.- Lente receptor para uniformizar la recepción de los rayos de luz.
- 7.- Espejo.
- 8.- Luzómetro sensibilizador.
- 9.- Interruptor.
- 10.- Reóstato y resistores para el ajuste de voltaje de la lámpara.
- 11.- Panel de prueba.

# CAPITULO VII

## RESULTADOS

En este capítulo se estudian los resultados obtenidos en los análisis efectuados tanto a las materias primas, como al esmalte, por duplicado para los primeros y por triplicado para los segundos, sobre la misma muestra.

TABLA 7.1. ANALISIS DE LA RESINA ACRILICA

PRUEBA	LIMITES DE TOLERANCIA ESPECIFICACIONES	PRIMER ANALISIS	SEGUNDO ANALISIS	PROMEDIO
1) Aspecto	Líquido incoloro, transparente, sin impurezas visibles o materia en suspensión.	BIEN	BIEN	BIEN
2) Peso Específico.	0.974-0.986	0.972	0.972	0.972
3) Color Gardner	1 máximo	1	1	1
4) Viscosidad Gardner	T - U	T - U	T - U	T - U
5) Número Acido	9-12	8.6	8.8	8.7
6) Índice de Refracción	1.500 +/- 0.01	1.507	1.508	1.5075
7) % Sólidos	50 <sup>±</sup> 1	49.80	49.73	49.765
8) Finura	Sin grumos	S/G	S/G	S/G
PRUEBAS ESPECIALES:				
9) Adherencia entre capas	No debe desprenderse la película según el procedimiento del M.P. 11	BIEN	BIEN	BIEN
10) Resistencia al XILOL	No debe ser atacado.	BIEN	BIEN	BIEN

TABLA 7.2. ANALISIS DE LA RESINA DE MELAMINA

PRUEBA	ESPECIFICACIONES	A N A L I S I S		
		PRIMERO	SEGUNDO	PROMEDIO
Aspecto	Líquido incoloro, - transparente, sin - impurezas visibles- o materia en suspen- sión.	BIEN	BIEN	BIEN
Peso es- pecífico	1.02 ± 0.02	1.036	1.036	1.036
Color Gardner	1	1	1	1
Viscosi- dad G.	W - X	X - Y	Y (-)	X - Y
% Sólidos	59 ± 2	60.80	60.82	60.81
Número Acido	1	0.37	0.38	0.375
Finura	Sin grumos	S/G	S/G	S/G
<b>PRUEBAS ESPECIALES</b>				
Adheren- cia entre capas	No debe desprender- se la película.	BIEN	BIEN	BIEN
Resisten- cia al xilol	No debe ser ataca- do.	BIEN	BIEN	BIEN
Dureza - Sward	36 - 42 unidades	38	38	38
Dureza al lápiz	F - H	F	F	F
Brillo	92 mínimo	94	94	94
Toleran- cia a la GasNafta	200 - 400	385	380	382
Toleran- cia al - éter de P.	200 - 300	300	290	295

TABLA 7.3. ANALISIS DEL BIOXIDO DE TITANIO

PRUEBA	ESPECIFICACIONES	A N A L I S I S		
		PRIMERO	SEGUNDO	PROMEDIO
Aspecto	Polvo fino blanco - sin impurezas visibles.	BIEN	BIEN	BIEN
Color	Blanco como STD	BIEN	BIEN	BIEN
Peso específico	4.10	4.106	4.106	4.106
Absorción de aceite	17 ± 2%	18.60	18.60	18.60
Retenido en malla # 325	0 %	0 %	0 %	0 %

TABLA 7.4. ANALISIS DE LA PASTA DE ALUMINIO

PRUEBA	ESPECIFICACIONES	A N A L I S I S		
		PRIMERO	SEGUNDO	PROMEDIO
Aspecto	Pasta brillante plateada en forma de - bolas.	BIEN	BIEN	BIEN
Color	Plateado como STD	BIEN	BIEN	BIEN
Peso específico	1.47 ± 0.02	1.51	1.51	1.51
Finura	30	30	30	30
Dispersabilidad	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
Prueba - funcional	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN

TABLA 7.5. ANALISIS DEL XILOL (MEZCLA DE XILENOS)

PRUEBA	ESPECIFICACIONES	A N A L I S I S		
		PRIMERO	SEGUNDO	PROMEDIO
Aspecto	Líquido cristalino - sin impurezas visuales.	BIEN	BIEN	BIEN
Color G.	1	1	1	1
Olor	Característico	BIEN	BIEN	BIEN
Peso específico	0.860 - 0.865	0.865	0.865	0.865
Indice de refracción	1.497 - 1.498	1.497	1.498	1.497
Rango de destilación	120 - 130°C	122-133	124-135	123-134
Kauri-Butanol	98 mínimo	98.4	98.8	98.6
Evaporación relativa	0.60 ± 0.1	0.67	0.72	0.69
Flash-Point	28.3 + 2°C	31.1	31.1	31.1
Humedad	No debe haber	No hay	No hay	No hay

TABLA 7.6. ANALISIS DE LA AROMINA 100

PRUEBA	ESPECIFICACIONES	A N A L I S I S		
		PRIMERO	SEGUNDO	PROMEDIO
Aspecto	Líquido cristalino - sin impurezas visibles.	BIEN	BIEN	BIEN
Color G.	1	1	1	1
Olor	Característico	BIEN	BIEN	BIEN
Peso específico	0.860 - 0.865	0.865	0.865	0.865
Indice - de re--- fracción	1.497 - 1.498	1.498	1.498	1.498
Rango de destilac.	142 - 164°C	141-159	142-162	141-160
Kauri-Bu tanol	91 mínimo	98	98	98
Evaporación relativa.	0.2 ± 0.1	0.31	0.35	0.33
Flash-Point	50 ± 5°C	60	62	61
Humedad	No debe haber	No hay	No hay	No hay

TABLA 7.7. ANALISIS DEL DISPERSANTE (NUOSPERSE 657)

PRUEBA	ESPECIFICACIONES	A N A L I S I S		
		PRIMERO	SEGUNDO	PROMEDIO
Aspecto	Líquido café oscuro sin impurezas visuales.	BIEN	BIEN	BIEN
Color G.	11 - 12	11 - 12	11 - 12	11 - 12
Olor	Característico	BIEN	BIEN	BIEN
Peso específico	$0.940 \pm 0.02$	0.936	0.936	0.936
Viscosidad Gardner	H - I	H	H	H
% Sólidos	$67 \pm 1$	67.5	67.3	67.4



TABLA 7.8. ANALISIS DEL ESMALTE BLANCO # 1

PRUEBA	ESPECIFICACIONES	A N A L I S I S			
		PRIMERO	SEGUNDO	TERCERO	PROMEDIO
Aspecto	Líquido viscoso blanco sin impurezas visibles.	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN
Peso específico	1.120 ± 0.02	1.164	1.164	1.164	1.164
Viscosidad	28-32" CF4/25°C	32	33	33	33
% Sólidos	51.0 ± 1	51.22	51.32	50.99	51.18
Poder Cubriente vía seca	1.7 mils.	2.4	2.4	2.6	2.5
P. Cubriente vía húmeda	7-8 placa #7	11	11	11	11
Finura	10	10	10	10	10
Brillo	92 mínimo	96.4	97	96.8	96.7
D. Sant	36 mínimo	42	42	40	42
D. al lápiz	F - H	2H	2H	2H	2H
Impacto	Formación de círculos concéntricos	MAL	MAL	MAL	MAL
Flexibilidad	No debe haber desprendimiento	MAL	MAL	MAL	MAL
Adherencia a cuadrícula	No debe haber desprendimiento	REG.	REG.	REG.	REG.
Adherencia al rayado	No debe haber desprendimiento	REG.	REG.	REG.	REG.
Adherencia entre capas	No debe haber desprendimiento	MAL	MAL	MAL	MAL
Niebla Salina	No debe ser atacado	BIEN	REG.	REG.	REG.
Resistencia al ácido	No debe ser atacado	REG.	REG.	REG.	REG.
Resistencia agua y jabón	No debe ser atacado	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN
Resistencia al xilol	No debe ser atacado	MAL	MAL	MAL	MAL
Intemperismo	No debe haber amarillamiento a las 500 - horas	REG.	MAL	REG.	REG.

Como pudimos notar en los resultados de la evaluación del primer esmalte, no cumple en muchas de sus propiedades, - por lo cual se formula un segundo material con las siguientes características:

$$\frac{P}{B} = \frac{60}{100}$$

$$P + B = 51$$

$$R . \text{ Acr./R. Mel.} = 60/40$$

Que con los cálculos tenemos:

$$P = 51 - B$$

$$51 - B = \frac{6B}{10}$$

$$510 - 10B = 6B$$

$$16B = 510$$

$$B = 31.88$$

$$P = 51 - 31.88$$

$$P = 19.12$$

Como  $B = 31.88$  y  $R.\text{Acr./R. Mel} = 60/40$ , con los porcentajes de no volátiles conocidos tenemos:

	Resina sólida	Resina Líquida
Resina Acrílica	19.13	38.26
Resina Melamina	12.75	21.25
T O T A L	31.88	60.51

Resinas	60.51
Pigmentos	19.12
Disolventes	<u>20.37</u>
	100.00

Como se pudo apreciar en las tablas 7.9 y 7.10 aún no se logra satisfacer por completo las especificaciones, por lo cual hubo necesidad de efectuar nuevas formulaciones con las siguientes características:

Para la formulación del tercer esmalte, se tomarán - las relaciones de:

$$P/B = 70/100$$

$$P + B = 51$$

$$\text{Relación de resinas: Acr./Melam.} = 70-30$$

Y para el cuarto esmalte:

$$P/B = 65/100$$

$$P + B = 55$$

$$\text{Con relación de resinas Acr./Melam.} = 70/30$$

Los cálculos se efectúan de la manera indicada.

TABLA 7.9. ANALISIS DEL ESMALTE BLANCO #2

PRUEBA	ESPECIFICACIONES	A N A L I S I S			
		PRIMERO	SEGUNDO	TERCERO	PROMEDIO
Aspecto	Líquido viscoso blando sin impurezas visuales.	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN
Peso específico	1.120 ± 0.02	1.110	1.110	1.110	1.110
Viscosidad	28-32° CP/25°C	30	30	31	30
% Sólidos	51.0 ± 1	50.82	50.69	50.68	50.73
Poder Cubriente vía seca	1.7 mils.	2.2	2.3	2.3	2.3
P. Cubriente vía húmeda	7-8 placa #7	10	10	10	10
Finura	10	10	10	10	10
Brillo	92 mínimo	96.2	95.8	96.0	96.0
D. Sward	36 mínimo	38	42	40	40
D. al lápiz	F - H	H-2H	2H	2H	2H
Impacto	Formación de círculos concéntricos	MAL	MAL	MAL	MAL
Flexibilidad	No debe haber desprendimiento	REG.	MAL	MAL	MAL
Adherencia a la cuadrícula	No debe haber desprendimiento	REG.	MAL	MAL	MAL
Adherencia al rayado	No debe haber desprendimiento	MAL	MAL	MAL	MAL
Adherencia entre capas	No debe haber desprendimiento	REG.	MAL	MAL	MAL
Niebla Salina	No debe ser atacado	BIEN	REG.	BIEN	BIEN
Resistencia al ácido	No debe ser atacado	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN
Resistencia agua y jabón	No debe ser atacado	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN
Resistencia al xilol	No debe ser atacado	REG.	BIEN	BIEN	BIEN
Intemperismo	No debe haber amarillamiento a las 500 horas	REG.	REG.	REG.	REG.

TABLA 7.10. ANALISIS DEL ESMALTE BLANCO # 3

PRUEBA	ESPECIFICACIONES	A N A L I S I S			
		PRIMERO	SEGUNDO	TERCERO	PROMEDIO
Aspecto	Líquido viscoso blanco sin impurezas visuales	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN
Peso específico	1.120 ± 0.02	1.122	1.122	1.122	1.122
Viscosidad	28-32" CP4/25°C	26	28	27	27
% sólidos	51.0 ± 1	50.90	50.78	50.75	50.81
Poder Cubriente -- vía seca	1.7 mils.	2.0	2.0	2.0	2.0
P. Cubriente vía húmeda	7-8 placa # 7	9	8	9	9
Finura	10	10	10	10	10
Brillo	92 mínimo	94	94.2	94	94
D. Sward	36 mínimo	38	38	38	38
D. al lápiz	P - H	H	H	H	H
Impacto	Formación de círculos concéntricos	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN
Flexibilidad	No debe haber desprendimiento	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN
Adherencia a la cuadrícula	No debe haber desprendimiento	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN
Adherencia al rayado	No debe haber desprendimiento	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN
Adherencia entre capas	No debe haber desprendimiento	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN
Niebla Salina	No debe ser atacado	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN
Resistencia al ácido	No debe ser atacado	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN
Resistencia agua y jabón	No debe ser atacado	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN
Resistencia al xilol	No debe ser atacado	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN
Intemperismo	No debe haber amarillamiento a las 500 horas	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN

TABLA 7.11. ANALISIS DEL ESMALTE BLANCO # 4

PRUEBA	ESPECIFICACIONES	A N A L I S I S			
		PRIMERO	SEGUNDO	TERCERO	PROMEDIO
Aspecto	Líquido viscoso blanco sin impurezas visuales	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN
Peso específico	$1.120 \pm 0.02$	1.152	1.152	1.152	1.152
Viscosidad	28-32° CP4/25°C	30	31	30	30
% Sólidos	$51.0 \pm 1$	54.99	54.73	54.90	54.89
Poder Cubriente vía seca	1.7 mils.	1.5	1.7	1.6	1.6
P. Cubriente Vía húmeda	7-8 placa # 7	7	8	7	7
Finura	10	10	10	10	10
Brillo	92 mínimo	94	94	94	94
D. Sward	36 mínimo	38	38	38	38
D. al lápiz	F - H	H	H	H	H
Impacto	Formación de círculos concéntricos	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN
Flexibilidad	No debe haber desprendimiento	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN
Adherencia a cuadrícula	No debe haber desprendimiento	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN
Adherencia al rayado	No debe haber desprendimiento	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN
Adherencia entre capas	No debe haber desprendimiento	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN
Niebla Salina	No debe ser atacado	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN
Resistencia al ácido	No debe ser atacado	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN
Resistencia agua y jabón	No debe ser atacado	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN
Resistencia al xilol	No debe ser atacado	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN
Intemperismo	No debe haber amarillamiento a las 500 horas	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN

TABLA 7.12. ANALISIS DEL ESMALTE METALICO # 1

PRUEBA	ESPECIFICACIONES	A N A L I S I S			
		PRIMERO	SEGUNDO	TERCERO	PROMEDIO
Aspecto	Líquido viscoso plateado sin impurezas visibles	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN
Peso específico	0.94 ± 0.002	0.978	0.978	0.978	0.978
Viscosidad	28-32° CP4/25°C	32	32	32	32
% Sólidos	40 mínimo	39.35	39.46	39.24	39.35
Poder cubriente vía seca	1.7 mils.	1.8	1.8	1.8	1.8
Brillo	75 mínimo	77	78	77	77
D. Sward	36 mínimo	40	40	40	40
Impacto	Formación de círculos concéntricos	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN
Aderencia a cuadrícula	No debe haber desprendimiento	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN
Aderencia entre capas	No debe haber desprendimiento	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN
Resistencia al ácido	No debe haber desprendimiento	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN
Intemperismo	No debe haber amarillamiento a las 500 horas	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN
Resistencia al xilol	No debe ser atacado	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN

Como se puede apreciar, las especificaciones de poder cubriente y sólidos aún no han sido cubiertas por lo cual se reformula el esmalte manteniendo la relación P/B y la de Resinas, modificando solamente la de sólidos como: P + B = 42.

TABLA 7.13. ANALISIS DEL ESMALTE METALICO # 2

PRUEBA	ESPECIFICACIONES	A N A L I S I S			
		PRIMERO	SEGUNDO	TERCERO	PROMEDIO
Aspecto	Líquido viscoso plateado sin impurezas visibles	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN
Peso específico	0.974 ± 0.02	0.984	0.984	0.984	0.984
Viscosidad	38-32" CP4/25°C	33	33	33	33
% Sólidos	40 mínimo	41.82	41.95	41.93	41.90
Poder cubriente vía seca	1.7 mils.	1.6	1.6	1.6	1.6
Brillo	75 mínimo	79	79	79	79
D. Sward	36 mínimo	42	42	42	42
Impacto	Formación de círculos concéntricos	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN
Adherencia a cuadrícula	No debe haber desprendimiento	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN
Adherencia entre capas	No debe haber desprendimiento	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN
Resistencia al ácido	No debe haber desprendimiento	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN
Resistencia al xilol	No debe ser atacado	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN
Intemperismo	No debe haber amarillamiento a las 500 horas	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN



## C O N C L U S I O N E S

I.- A lo largo del trabajo desarrollado, nos pudimos dar cuenta de que gracias a que se siguió un estricto sistema para la selección y aprobación de las materias primas - - (Cap. III), empleadas en la manufactura de nuestros esmaltes, no se tuvieron problemas para obtener un producto de buena ca lidad.

II.- Siguiendo el proceso de manufactura, nos percatamos de que la etapa crítica se presenta en la dispersión, -- que aún contando con la moderna tecnología, es necesario uti lizar un aditivo (dispersante) que nos ayuda a humectar las partículas de pigmento con el vehículo y así facilita su dis gregación.

III.- Los resultados obtenidos al analizar el esmalte blanco (Tablas 7.8, 7.9, 7.10) nos mostraron la presencia de problemas, principalmente de bajo poder cubriente, debidos - fundamentalmente al pigmento utilizado. A consecuencia de - esto, las compañías armadoras de vehículos evitan emplear un color blanco puro mediante la adición de pastas de entinte - con colores más oscuros para mejorar el poder cubriente.

IV.- Los resultados obtenidos con el esmalte metálico (Tabla 7.12), nos indicaron que no se presentaron tantos pro

blemas como con el esmalte liso, debido a que se tomó como referencia la composición del vehículo de este último (Cap. VII).

V.- Los resultados finales al aplicar los métodos de prueba para la resistencia de nuestros esmaltes ante diferentes condiciones climatológicas y de duración (Tablas 7.11, - 7.13), fueron bastante buenas, lo cual, nos permite garantizar un magnífico tiempo de vida de nuestros productos.

VI.- Finalmente, podemos concluir que los pasos seguidos en el diseño (Cap. IV), la manufactura (Cap. V) y los métodos de análisis (Cap. III y VI), son los necesarios y fundamentales para implantar y/o mejorar una tecnología sobre los diferentes tipos de recubrimientos orgánicos, habiendo logrado de esta manera cubrir satisfactoriamente los objetivos planteados al inicio del presente trabajo.

## GLOSARIO

- 1.- ACEITES SECANTES. El secado de un aceite está en relación con los dobles enlaces entre los carbonos del ácido-graso. Si los enlaces son conjugados, es decir, que las dobles ligaduras se encuentran en carbonos vecinos, el aceite seca más rápidamente que otro que presente el mismo número de enlaces; pero no conjugados. (Ref. 6)
  
- 2.- CURADO. Es la palabra comunmente utilizada en el ramo de los recubrimientos para referirse al secado y endurecimiento de los recubrimientos. (Ref. 22).
  
- 3.- GREDOSIDAD. Es la acción desgastadora que se presenta sobre los materiales al estar expuestos a materiales arcillosos. (Ref. 3).
  
- 4.- LACAS DE NITROCELULOSA. Son recubrimientos orgánicos que llevan como vehículo a la "nitrocelulosa" que es en realidad el nitrato de celulosa. Los grados de viscosidad se miden en un aparato especial muy simple, formado por un tubo de vidrio o probeta de 25 cm. de longitud y 2.5 cm. de diámetro interior, además de una esfera de acero con un diámetro y densidad variables de acuerdo con la viscosidad de la solución, (el diámetro de la bola puede ser de 0.15 a 0.75 cm. y el material acero o aluminio). Así, la viscosidad de la solución al 12.2% de nitrocelulosa en

una mezcla de disolventes (activos, latentes y diluyentes): acetato de etilo/etanol/tolueno, 20/25/55., será -- igual al tiempo que tarde la bola de acero en caer atravesando una distancia de 5 cm. de la solución. (Ref. 6)

5.- MINERALES DE TITANIO. Están formados por óxidos de este elemento, o por titanatos simples o complejos; entre los óxidos, el más importante es el  $TiO_2$  que se encuentra en tres formas distintas: ANATASA, cristalizada en octaedros de base cuadrada, truncados en las aristas de color variable entre el blanco amarillento al azul y el pardo oscuro; el RUTILO, formado por prismas acanalados, mates, - poco brillantes, o por octaedros de caras planas de color variable entre el amarillo rojizo y el pardo rojo o amarillo de oro que existe en los esquistos micáceos o arcillosos, así como en el cuarzo, y la BROOKITA, que se presenta en láminas del sistema ortorómbico de color rojo, - - (Ref. 2).

6.- PODER CUBRIENTE. El poder cubriente u opacidad es una -- medida de la habilidad de un objeto (película o recubrimiento) para impedir la penetración de la luz incidente. La penetración se reduce cuando la luz es absorbida (como en un objeto negro) o desviada totalmente (como en un objeto blanco) o absorbida y desviada (como en un objeto de color pastel) (Ref. 26).

7.- RENDIMIENTO TEORICO. Es la cantidad estimada en base a las propiedades de poder cubriente, densidades y pérdidas promedio, durante el proceso que se calcula para tener una idea de la eficiencia de dicho proceso (Refs. 1,6).

8.- RESINAS ALQUIDICAS. También conocidas con los nombres de alquidales o alcídicas, se refiere a los productos resinosos de la reacción entre alcoholes polihídricos y ácidos orgánicos polibásicos o bien sus anhídridos. La palabra deriva de las sílabas "Al" de alcohol y "cid" de acid en el idioma inglés, para formar Alcid que por eufonía se cambió a Alkyd (Ref. 6)

## C A P I T U L O   V I I I

### BIBLIOGRAFIA

- 1.- BLANCO Y VILLEGAS.  
"Tecnología de pinturas y recubrimientos orgánicos".  
Ed. Química, S.A.  
Tomos I y II México 1966 y 1974.
- 2.- CALVET, Enrique.  
"Química general aplicada a la industria"  
Ediciones Salvat  
Tomo II, 3a. edición  
España 1959.
- 3.- DICCIONARIO DE MATERIALES Y PROCESOS DE INGENIERIA  
Editorial Labor, S.A.  
México, 1970.
- 4.- KIRK & OTHMER  
"Enciclopedia de tecnología química".  
U. T. E. H. A.  
México, 1986.
- 5.- THE MERCK INDEX  
"An encyclopedia of chemical and drugs"  
Publicado por Merck & Co., Inc.  
Octava edición N. J. U.S.A. 1968.
- 6.- MONTIEL T. Hilda.  
"Pinturas y recubrimientos orgánicos"  
Instituto Politécnico Nacional.  
México, 1981.

- 7.- MORRISON & BOYD  
"Química orgánica"  
Fondo Educativo Interamericano, S.A.  
U.S.A. 1973.
- 8.- MYERS, R.r. & LONG, S.s.  
"Treatise on coatings. Film forming compositions"  
Part I.  
New York, 1967.
- 9.- PARKER, H. Dean.  
"Enciclopedia de la química industrial".  
Tomo 7. Tecnología de los recubrimientos de superficies"  
Ediciones URMO, España, 1978.
- 10.- PAYNE, F. Henry  
"Organic coating technology"  
John Wiley & Sons, Inc.  
Tomos I y II, New York, 1954 y 1960.
- 11.- WILLIAMS, I. Trevor  
"A history of technology"  
Vol. VI. The twentieth century  
Clarendon Press, Oxford, 1978.
- 12.- ANNUAL BOOK OF A.S.T.M. STANDARDS  
Section 6. "Paints, related coatings, and aromatics"  
Vol. 1 Paint-tests for formulated products and applied  
coatings  
Vol. 3 Paint-fatty oils and acids, solvents, miscella-  
neous.  
Vol. 2 Paint-pigments, resins and polymers  
A. S. T. M. U.S.A., 1985.
- 13.- BAUER, D.R. J. App. Polym. Sci. 27, 3651-3662 (1982)

- 14.- COOPER, J. Wendy y otros. J. App. Polym. Sci. 31, 65-73- (1986).
- 15.- FELDMAN, D. J. App. Polym. Sci. 26, 3493-3501 (1981)
- 16.- LIN, Chen-Chong y otros. J. App. Polym. SCI. 26, 3909- - 3915 (1981).
- 17.- MOUSTAFA, A.B. y otros. J. App. Polym. Sci. 29, 3687- - 3695 (1984).
- 18.- NAGAI, Tohru y otros. J. App. Polym. Sci. 29, 3479-3490- (1984).
- 19.- NEWEY, Hebert y otros. J. App. Polym. Sci. 30, 675-694 (1985)
- 20.- TOMESCU, Margareta y otros. J. App. Polym. Sci. 26 4103- 16 (1981).
- 21.- WOODHAMS, Raymond. Polym. Eng. & Sci. 25, 446-452 (1985).
- 22.- ASOCIACION NACIONAL DE FABRICANTES DE PINTURAS Y TINTAS.  
"Apuntes del curso: Formulación de pinturas y tintas"  
México, agosto 1985.
- 23.- CELANESE MEXICANA, S.A.  
"Disolventes y sus especificaciones".  
México, 1985.
- 24.- ICI DE MEXICO, S.A.  
"Métodos de prueba en materia prima".  
México, 1985.
- 25.- PIGMENTOS Y PRODUCTOS QUIMICOS, S.A. DE C.V.  
"Pigmentos blancos de bióxido de titanio".  
Laboratorio de servicio técnico  
México, 1985.



- 26.- PIGMENTOS Y PRODUCTOS QUIMICOS, S.A. DE C.V.  
"Teoría y medición del poder cubriente de pigmentos blancos".  
Laboratorio de servicio técnico.  
México, 1985.
- 27.- PINTUCO  
"Manual de protección industrial"  
Editorial Colina.  
Medellín, 1974.
- 28.- V. A. M. S. .A  
"Especificaciones y métodos de prueba".  
Vehículos Auto Motores, S.A.  
México, 1985.