

2 E. Do. 104

# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

---

FACULTAD DE QUIMICA



## ESTUDIO TECNICO MERCADOLOGICO DE LOS PIGMENTOS PARA PLASTICO EN MEXICO

**T E S I S**  
**M A N C O M U N A D A**  
PRESENTAN LOS ALUMNOS

**ALEJANDRO CUAUHTEMOC VILLARREAL CORRALES**  
**SERGIO DESATNIK MIECHINSKY**

PARA OBTENER EL TITULO DE  
**INGENIERO QUIMICO**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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 esta 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

-----

Capítulo I	INTRODUCCION .....	6
Capítulo II	GENERALIDADES .....	12
II.1	Teoría del Color .....	13
II.2	Clasificación de los Pigmentos .....	30
II.3	Propiedades de los Pigmentos .....	37
Capítulo III	PARTE EXPERIMENTAL .....	68
III.1	Selección del Pigmento .....	69
III.2	Métodos de Pigmentación .....	78
III.3	Descripción de las Pruebas de Laboratorio .....	87
III.4	Requerimientos de los Pigmentos para ser usados en los Principales Polímeros .....	92
III.5	Pigmentos para los Principales Plásticos .....	98
Capítulo IV	DATOS OBTENIDOS .....	131
IV.1	Panorama de la Industria de Pigmentos en México .....	132

IV.2	Panorama General de los Plásticos en México .....	150
IV.3	Análisis del Mercado de Pigmentos para Plástico en México .....	175
Capítulo V	CONCLUSIONES .....	195
Capítulo VI	BIBLIOGRAFIA .....	200

# CAPITULO I

## INTRODUCCION

El desarrollo industrial debe constituir parte de un --- plan que permita hacer a nuestra economía menos vulnerable frente a las fluctuaciones internacionales, sobre todo en aquellos sectores que se consideren estratégicos.

Dentro del programa para la defensa de la planta productiva podemos definir a la petroquímica como una de las actividades esenciales cuyo sostenimiento y desarrollo se considera prioritario.

La industria petroquímica desempeña un papel importante -- en el proceso de cambio económico y social del país. Este sector industrial, al incrementar el grado de transformación de los energéticos, adquiere una importancia significativa como generador de insumos para la actividad económica nacional. Su carácter estratégico no sólo reside en la contribución que realiza a la inversión y al producto interno bruto sino también a su potencial para aprovechar y transformar las reservas de hidrocarburos de una manera más racional (comparada con su uso como combustible, petróleo -- crudo, gas natural, combustóleo, etc.)

Su importancia también se basa en que es una de las principales fuentes generadoras de empleo del país. El desarrollo acelerado que ha tenido esta industria en los últimos años se refleja en el incremento sustancial del volumen de producción y en su -- gran diversificación en cuanto a productos elaborados se refiere, ya que su uso se extiende desde las actividades primarias como la

agricultura, hasta las más avanzadas como los bienes de capital y la industria de la electrónica. Esta situación es debida al gran desarrollo logrado tanto por el Sector Público como por el Sector Privado. Como ya es sabido, la explotación del área de la petroquímica básica corresponde por ley únicamente al Estado y sus empresas; sin embargo, en la petroquímica secundaria, principal mercado de los petroquímicos básicos, la participación de la iniciativa privada es determinante.

Dentro de la petroquímica secundaria, la industria de las resinas sintéticas ha tenido un gran auge en los últimos años habiéndose alcanzado altos niveles de producción y satisfaciendo -- exitosamente un número creciente de nuevos mercados. Por otro lado, la demanda de plásticos de todo tipo ha ido incrementándose -- en tal medida que cada vez aparecen nuevos fabricantes y procesadores. Con el paso del tiempo, la industria del plástico ha pasado a ser una industria que produce artículos de primera necesidad -- ya que atiende a mercados tales como el de empaque, construcción, embalaje, artículos del hogar y otros.

Una de las razones del crecimiento en la industria del -- plástico es la aportación de un material nuevo con mejores características que los tradicionalmente utilizados (vidrio, madera, -- metal, etc.) a precios más accesibles.

La presentación atractiva de los plásticos es un factor importante en el consumo de los mismos, no sólo desde el punto de --

vista estético, sino también funcional (protección a medicinas y alimentos en envases de plástico); es por esto que a los plásticos se les adiciona color mediante el uso de pigmentos.

El uso de los pigmentos en el mundo es muy antiguo; algunos pigmentos naturales se han utilizado desde hace varios milenios, pero la industria de los pigmentos es muy reciente, los pigmentos sintéticos han desplazado a las sustancias naturales - en la mayoría de los casos, por lo que esta industria cada vez adquiere mayor importancia. La industria de los pigmentos en México ha presentado un desarrollo constante e importante en los últimos años. En esta industria los productos que se comercializan nunca los adquiere directamente el consumidor final, sino se trata de productos que consumen otras industrias entre las que destacan la de pinturas, la de tintas, la de plásticos y otras.

Dada la gran importancia que actualmente tiene en México la industria del plástico así como la industria de los pigmentos, surge la necesidad de realizar un trabajo lo más completo y preciso posible que aborde la relación entre ambas industrias, ya que a la fecha la información referida a este tema es escasa y poco profunda.

Considerando todo lo anterior, el presente trabajo se realizó teniendo como principales objetivos los siguientes:

- 1.- Presentar un panorama completo de la industria de los pigmentos para plástico en México.

- 2.- Dar una descripción lo más completa posible de lo qué es un pigmento, sus características y propiedades físicas y químicas, su clasificación y sus pruebas de control de calidad.
- 3.- Dar una visión general de la industria de los pigmentos en nuestro país.
- 4.- Presentar un análisis general de las resinas sintéticas en México.
- 5.- Conocer las aplicaciones de las principales resinas sintéticas y evaluar el uso de pigmento en las mismas.

Para cumplir los objetivos anteriormente expuestos, se efectuó un estudio técnico y tres estudios de mercado, uno acerca de la industria de los pigmentos, otro trata sobre la industria de las resinas sintéticas y el tercero habla de la industria de los transformadores de plástico en nuestro país.

Para la realización de este estudio técnico-mercadológico se tuvieron que recurrir a fuentes específicas y fuentes directas de información. También se consultaron libros y publicaciones especializadas, revistas, así como Cámaras y Asociaciones tales como ANIQ, INFOTEC, ANIPAC, Cámara Nacional de la Industria de las Pinturas y Tintas, SPP y otras más. Por otra parte también se realizaron entrevistas directas con fabricantes de pigmentos, con consumidores y con distribuidores.

En términos generales, este trabajo está dividido en dos partes: la primera, formada por los capítulos II y III, introducen al lector al mundo de los pigmentos. En el capítulo II, se describe en forma detallada la clasificación y las propiedades de los principales pigmentos que se utilizan en la industria de los plásticos, no sin antes comentar en forma somera algunas cuestiones importantes sobre la teoría del color.

En el capítulo III, se habla de la experimentación que se efectúa con los pigmentos, tanto a nivel industrial (métodos de pigmentación) como a nivel laboratorio (pruebas de laboratorio). También se dan algunas sugerencias sobre el cómo seleccionar el pigmento adecuado para la mejor incorporación del color al plástico. Más adelante se proponen algunas recomendaciones sobre las características que deben de tener los pigmentos para ser usados en plásticos, así como una descripción de las principales resinas sintéticas y de los pigmentos usados en éstas.

La segunda parte se compone del capítulo IV en el cual se desarrollan los tres estudios mercadológicos; como ya se dijo, los estudios tratan acerca de la industria de los pigmentos, de las resinas sintéticas y de los transformadores de plástico en nuestro país.

CAPITULO II

GENERALIDADES

## II.1 .- TEORIA DEL COLOR

a).- LUZ O RADIACION ELECTROMAGNETICA

Es difícil tener un concepto de la naturaleza de la energía electromagnética, ya que en algunos fenómenos se comporta como una corriente de partículas y en otros aparece como una onda; sin embargo, para tener una idea completa sobre su naturaleza es necesario considerar ambos conceptos.

Para la medición del color, la radiación electromagnética se considera como constituida por ondas de energía. En cada una de estas ondas, la distancia entre dos crestas (o valles) consecutivas es la longitud de onda " $\lambda$ " (figura II. 1)

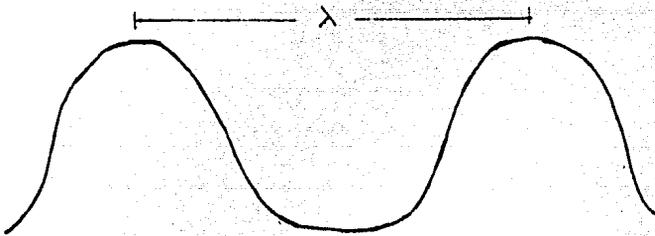


Figura II. 1

La longitud de onda nos indica la distancia recorrida por el rayo en un periodo de tiempo. El producto de la longitud de onda por la frecuencia ( $\nu$ ), o sea, el número de ciclos por segundo, es igual a la velocidad de la luz:

$$c = \lambda \cdot \nu$$

La velocidad de la luz en el vacío siempre será constante e igual a  $3 \times 10^8$  cm/seg. En cualquier otro medio, la velocidad de propagación es inferior a ésta y queda dada por:

$$nc = 3 \times 10^8 \text{ cm/seg}$$

donde "n" es el índice de refracción del medio.

Al igual que el hecho de tirar una piedra en un estanque hace que las ondas de agua se propaguen por él, las perturbaciones de los campos eléctricos y magnéticos en el espacio hacen que se produzcan ondas electromagnéticas. La dispersión de diferentes rayos electromagnéticos se conoce con el nombre de "espectro electromagnético". En la figura II.2 se muestran las regiones de dicho espectro.

$\lambda$ (cm)	$\nu$ (seg <sup>-1</sup> )	ondas
$10^{-12}$	$3 \times 10^{22}$	rayos cósmicos
$10^{-10}$	$3 \times 10^{20}$	rayos gama
$10^{-9}$	$3 \times 10^{19}$	rayos x
$10^{-7}$	$3 \times 10^{17}$	ultravioleta
$10^{-5}$	$3 \times 10^{15}$	visible infrarrojo
$10^{-3}$	$3 \times 10^{13}$	comunicaciones y radio
$10^{-6}$	$3 \times 10^4$	

Figura II.2

Como se puede observar, la radiación electromagnética abarca todo un espectro de ondas que va desde los rayos cósmicos con longitudes de onda del orden de  $10^{-12}$  cm, hasta las ondas de radio cuyas longitudes son del orden de  $10^6$  cm.

La luz visible ocupa una parte muy pequeña del espectro de ondas electromagnético (380 a 700 nanómetros) y dentro de esta banda se encuentran distribuidos los colores que nosotros conocemos. Aunque no puede hacerse una división exacta, pues los colores van variando poco a poco en forma continua, los seis colores principales, enunciados a continuación, están asociados generalmente con las longitudes de onda que a su lado aparecen:

COLOR	$\lambda$ (nm)
VIOLETA	380 a 450
AZUL	450 a 500
VERDE	500 a 570
AMARILLO	570 a 590
NARANJA	590 a 610
ROJO	610 a 700

Por otro lado, como ya se sabe, la radiación sólo se absorbe o se emite en unidades definidas llamadas fotones. La energía de los fotones es proporcional a la frecuencia de la radiación:

$$E = h \cdot \nu$$

en donde "h" es la cte. de Planck y es igual a  $6.63 \times 10^{-27}$  erg-seg.

La intensidad de un haz de radiación está caracterizada por su poder de radiación, que es proporcional al número de fotones por segundo que se propagan en el haz.

Un haz que transporta radiación en una sola longitud de onda es monocromático; en cambio, un haz policromático contiene radiaciones de diversas longitudes de onda.

#### b).-NATURALEZA DEL COLOR

-----

El color es una sensación física producida por los rayos luminosos, de una longitud de onda específica, al incidir sobre la retina del ojo.

El color que presenta un objeto a nuestros ojos, se debe a lo siguiente: cuando la luz choca con una superficie, parte es reflejada y parte es absorbida; estas porciones dependen de la naturaleza de la superficie u objeto y de la longitud de onda del rayo incidente.

Por lo anterior, se deduce que la sensación recibida (color), depende en primera instancia del tipo de luz que perciba el ojo, es decir, se puede considerar que el color es una clase específica de energía luminosa. Por ejemplo, un objeto será de color azul si la naturaleza del pigmento contenido es tal que absorbe toda la energía luminosa y refleja únicamente la luz azul.

Por otro lado, la recepción del color por los ojos, así como su transmisión al cerebro a través del nervio óptico y su interpretación, dependen del sistema fisiológico de cada persona. Además, la forma de ver un color depende de cada persona en particular.

### c).-REPRESENTACION GEOMETRICA DEL COLOR

-----

Para describir claramente un color, es necesario utilizar tres parámetros. Se requieren tres parámetros, ya que el color tiene tres dimensiones físicas. La primera de ellas es la de claridad-oscuridad del color que nos da una idea de la intensidad luminosa. Esta dimensión es una medida de la cantidad de luz reflejada y absorbida por la muestra, indicando el monto total de luz visible recibida por el ojo humano.

La segunda dimensión es conocida como la saturación del color y representa su pureza. Es una medida directa de las cantidades relativas de cada una de las diferentes longitudes de onda del espectro de luz visible reflejadas por la muestra. Por ejemplo, una muestra tendrá un color rojo puro si refleja una gran cantidad de luz roja en relación a la cantidad de luz amarilla o azul reflejada; por otro lado, una muestra tendrá un color rojo pobre (poca pureza) si la cantidad de luz roja reflejada es ligeramente mayor a la cantidad de luz azul o amarilla. Es por esto, que una muestra gris tiene una pureza de cero, ya que refleja aproximadamente una cantidad equivalente de todos los tipos de luz.

La tercera y última dimensión es conocida como el matiz del color. Es la dimensión más usada comúnmente. Este parámetro se emplea para describir la sensación básica de color recibida por el ojo, o sea, es la que cataloga a un color como rojo, verde, azul, etc.

Cada una de estas dimensiones puede ser variada independientemente de las otras, sin embargo, las diferencias de color que se nos presentan todos los días generalmente se deben a una combinación de las tres.

En la figura II. 3, la rueda de colores presenta los diferentes tonos o matices, variando el ángulo. La claridad-oscuridad está representada por la distancia sobre el plano de la base, estando el color más oscuro (negro) en la base y el color más claro (blanco) en el extremo superior.

En los puntos intermedios se encuentran los diferentes grises.

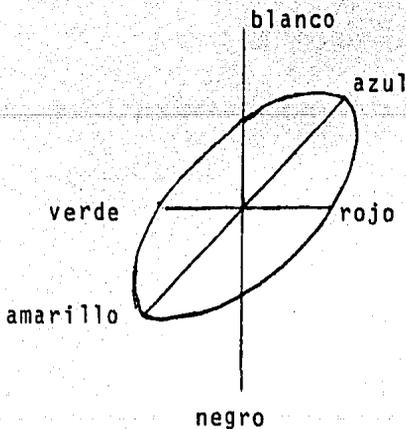


Figura II. 3

La saturación está representada por la distancia perpendicular medida desde el eje central negro-blanco, siendo más

puro el color conforme se va alejando del eje central.

Colores con la misma luminosidad estarán situados en el mismo plano horizontal, mientras que si tienen el mismo tono o matiz estarán sobre un plano vertical que intersecte el eje central con uno de sus lados y si tienen la misma saturación estarán situados sobre las paredes del cilindro.

#### d).-METODOS PARA LA MEDICION DEL COLOR

---

Como se ha visto, el color está asociado a la longitud de onda, por lo tanto, podrá medirse fácilmente mediante un espectrofotómetro que pueda obtener lecturas de reflectancia en una banda de longitudes de onda entre 400 y 700 nm.

Las mediciones de reflectancia se basan en la reflexión. La reflexión ocurre cuando un haz de luz llega al límite de separación de dos medios. La luz reflejada en la primera superficie de contacto se llama componente "especular" (brillo, resplandor). Estas incidencias de la luz se repiten muchas veces en las estructuras granulares o fibrosas cuando el haz encuentra en su trayectoria una nueva interfase en unas cuantas millonésimas de centímetro. El resultado es una difusión general, de tal manera que la superficie aparece uniformemente brillante en todas direcciones; esta luz reflejada es el componente "difuso" y es la causa del color cuando éste existe.

#### Sistema colorimétrico de Munsell

---

Este sistema es el más primitivo y está basado en la representación del espacio del color en coordenadas cilíndricas. Una

representación del sistema de Munsell consta de aproximadamente 1500 fichas de diferentes colores que nos muestran en forma sistemática el espacio de colores de Munsell. Estas fichas están agrupadas en el libro "Munsell Book of Color" y en el "Color Tree" y cada una de ellas tiene asignado un número según su intensidad luminosa (claridad-oscuridad), matiz y saturación (estos números forman principalmente un código de color). Desafortunadamente los cambios de color entre ficha y ficha no son continuos, sino que presentan brincos, por lo que no es posible un tratamiento matemático del color con este sistema y, por lo tanto, tampoco es posible hacer comparaciones y mediciones instrumentales de color.

(Sistema de coordenadas modificadas de Adams)

---

Este sistema se muestra en la figura II.4; aquí se representan tres dimensiones L-L, a-a, b-b. El eje L-L está dividido en 100 unidades NBS o Judd.

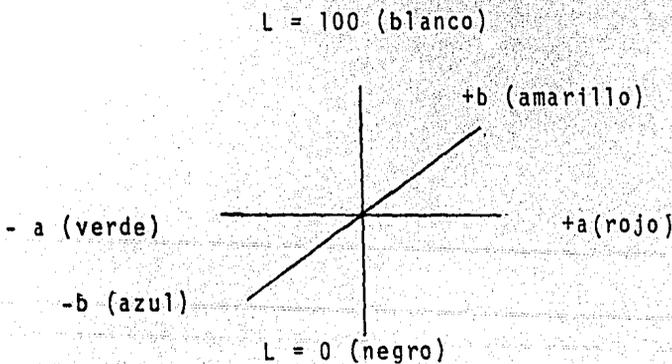


Figura II. 4

Una unidad NBS (National Bureau of Standard) significa que una unidad de diferencia de color en cualquier sitio del espacio de color es idéntica para el ojo humano promedio a una unidad de cualquier otro sitio espacio de color sin importar si es a lo largo del eje L-L, a-a ó b-b. La mínima diferencia que el ojo humano puede distinguir sin ayuda de equipo especial es de 0.3 unidades NBS.

Como se observa en la figura II.4, el término "L" mide la blancura y los términos "a" y "b" son las coordenadas de cromacidad. Una muestra es negra si tiene valores de cero para "a" y "b". Un valor positivo para "a" indica rojo; un valor negativo corresponde a verde. Un valor positivo de "b" significa amarillo, en cambio un valor negativo para "b" corresponde al color azul.

Con este sistema también podemos medir diferencias de color entre una muestra y un estándar; esto se verá posteriormente con mayor detalle.

Por otro lado, las curvas de reflectancia de algunos colores se muestran en la figura II. 5. Las reflectancias medidas se expresan en porcentajes y son relativas a la reflectancia de un estándar como el óxido de magnesio o el sulfato de bario.

Una muestra perfectamente blanca refleja la luz y su curva sería una línea horizontal a 100%. Una muestra con un negro perfecto absorbe toda la luz y su curva corresponde a una línea hori-

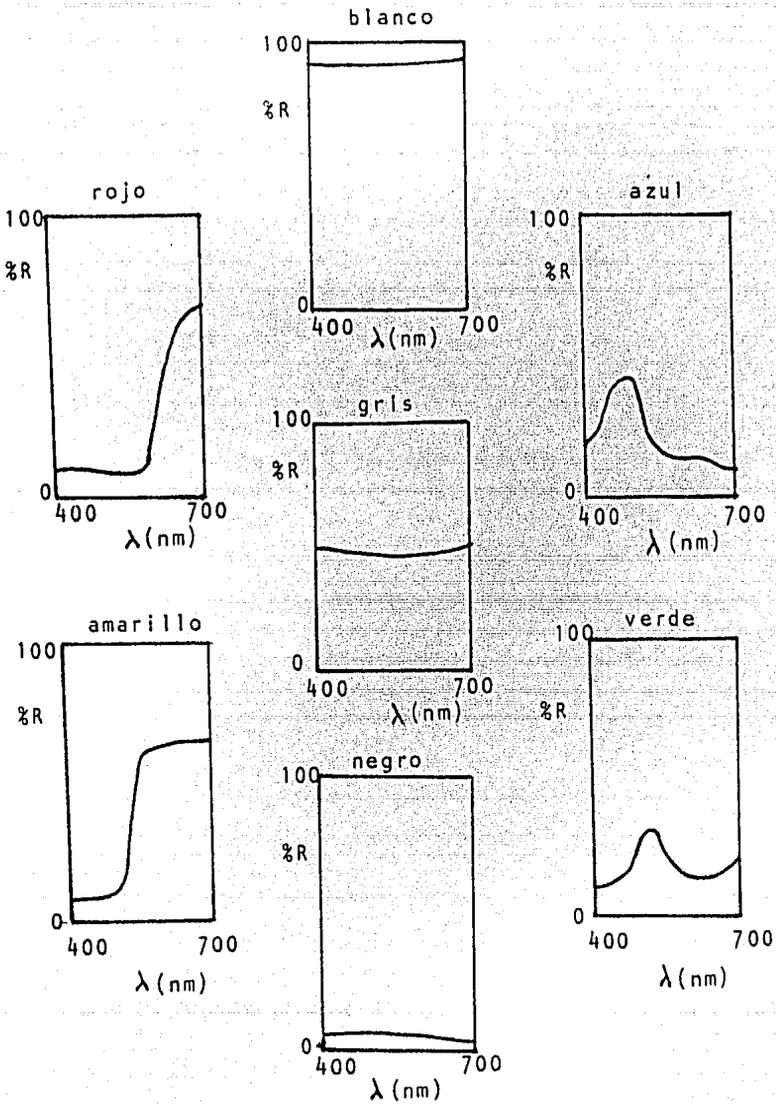


Figura II.5

zontal a 0%. Mientras más brillante sea un color, más vertical será su banda de reflexión; mientras que los tonos apagados producirán curvas más planas.

#### e).- EQUIPO PARA LA MEDICION DEL COLOR

-----

El instrumento fundamental para la medición del color es el espectrofotómetro debido a que la información proporcionada por él sobre la composición espectral del color es esencial para la resolución de muchos problemas. El espectrofotómetro es un equipo complicado y no todos los laboratorios cuentan con uno, por lo que se ha generalizado el uso de colorímetros de diversos tipos, más baratos y sencillos en su operación.

#### Colorímetros aditivos

-----

Son instrumentos en los cuales se iguala y se mide el color visualmente.

El campo de mediciones se divide en dos partes, una la ocupa la luz de color desconocida y la otra la ocupa una mezcla óptica de las tres luces primarias que es ajustada hasta igualar el color deseado aprovechando la propiedad aditiva de estímulos de luz. Varios fabricantes han desarrollado colorímetros de este tipo que cuentan con filtros de color para seleccionar radiaciones roja, verde y azul y que pueden graduar la cantidad de luz admitida por el equipo variando el área de cada filtro.

### Colorímetros sustractivos

---

Este tipo de colorímetros actúan basándose en el principio sustractivo, absorbiendo (o sustrayendo) la luz de un rayo inicial de la luz blanca.

Operan controlando un rayo de luz blanca, con distribución de energía uniforme en todo el espectro, mediante la aplicación de tres tipos de filtros (rojo, amarillo y azul) con capacidad para absorber diversas fracciones de cada parte del espectro de la luz incidente para igualar el color de una muestra. Hay que hacer notar que el proceso de igualación en los colorímetros sustractivos es básicamente un proceso de tres variables al igual que el proceso de los colorímetros aditivos con los que guardan un cercano paralelismo.

### Espectrofotómetros fotoeléctricos

---

Existen dos clases de espectrofotómetros fotoeléctricos, los que registran las lecturas tomadas a diferentes longitudes de onda y los que sólo indican sin registrar, estas lecturas.

Para hacer la medición de reflectancias en este tipo de espectrofotómetros, la luz monocromática que pasa por la ranura de salida de un prisma de cuarzo de  $30^\circ$  es reflejada por un espejo "M" hacia el espécimen "S" que a su vez la refleja hacia un espejo metálico elipsoidal, que también la refleja al plato de difusión, detrás del cual la celda de medición está montada.

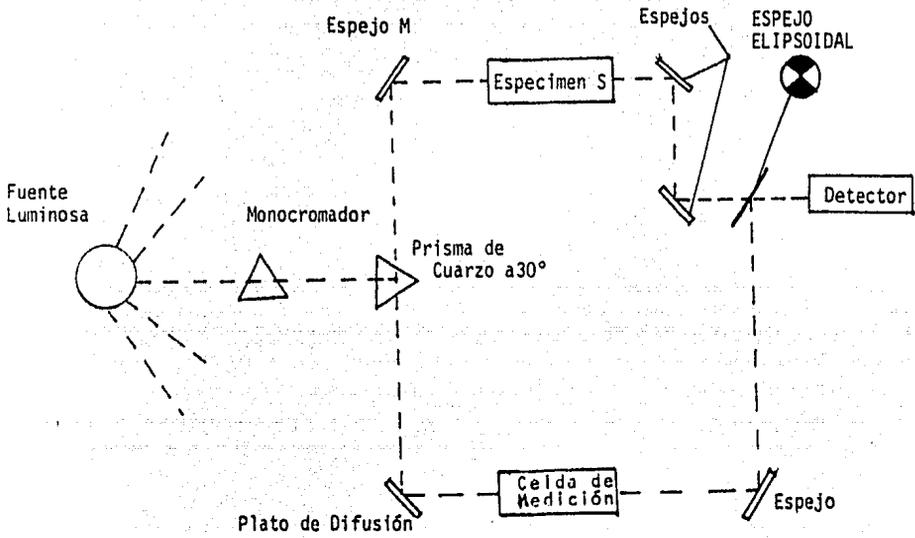


Figura II.6

La medición se hace balanceando la corriente luminosa en un potenciómetro. Cualquier desviación en el balance es amplificada electrónicamente e indicada por un miliamperímetro para aumentar la sensibilidad al ajustar el punto cero. En la figura II. 6, se muestra en forma sencilla un espectrofotómetro fotoeléctrico.

f) DIFERENCIA DE COLOR ( $\Delta E$ )  
-----

Para determinar la mínima diferencia distinguible (mdd) de color, se puede efectuar el siguiente experimento: las dos mitades de un campo fotométrico son iluminadas por dos fuentes de luz de la misma longitud de onda y con la misma intensidad luminosa. Si se empieza a variar la longitud de onda de una mitad llegará el momento en el que podrá detectarse una diferencia de color entre las dos mitades. El experimento se efectúa manteniendo constante la intensidad luminosa en las dos fuentes de tal forma que la variación de color sólo se debe al cambio provocado en las longitudes de onda. Si el experimento se repite para diferentes longitudes de onda puede obtenerse una curva de discriminación de color a diferentes longitudes de onda que nos indica la mínima diferencia de color distinguible, dada por la variación de la longitud de onda, a diferentes longitudes de onda del espectro. Ver figura II.7.

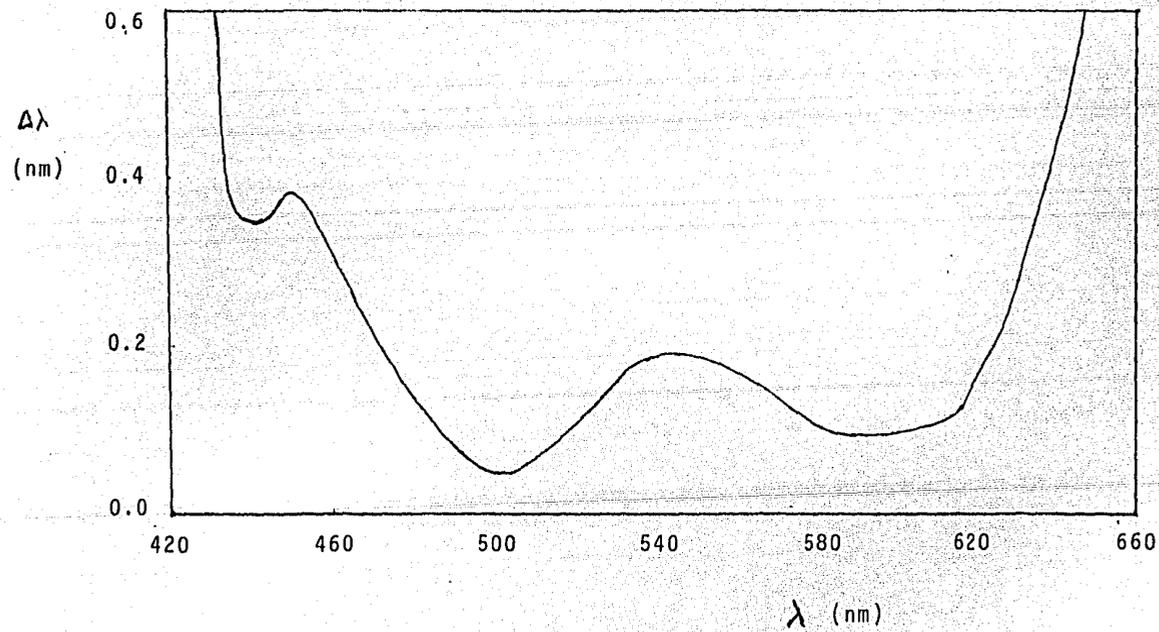


Figura II.7

En esta figura se puede ver que la mínima diferencia de color que puede distinguirse en la región de luz visible del espectro es de 0.3 nm.

Un par de colores difieren normalmente en más de una dimensión de color (matiz, saturación o intensidad luminosa), sin embargo, el observador combina estas diferencias en una sola impresión que abarca la magnitud total de la diferencia observada.

Es por esto que al desarrollar las ecuaciones para cuantificar la diferencia de color se buscó combinar las diferencias existentes en las tres dimensiones para obtener la diferencia total. Esto se logra generalmente tomando al total como la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de las diferencias individuales en cada dimensión;

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta a)^2 + (\Delta b)^2 + (\Delta L)^2}$$

donde  $\Delta E$  es la diferencia de color,  $a$  y  $b$  son diferencias en cromaticidad (matiz y saturación) y  $L$  es la diferencia en intensidad luminosa. (1,5,14,19).

## II.2 .- CLASIFICACION DE LOS PIGMENTOS

En la actualidad el uso de los plásticos se ha generalizado de tal manera que ha presentado elevadas tasas de crecimiento. Este incremento ha involucrado retos para el desarrollo de nuevas aplicaciones y la búsqueda de colores adecuados para el uso final que se le vaya a dar al plástico.

Para colorear los plásticos, se les debe adicionar color mediante el uso de sustancias que lo imparten, a estas sustancias se les llama colorantes. El colorante es una sustancia capaz de impartir color a una gran cantidad de materiales, tales como papel, piel, plástico, textil, etc. Los colorantes se dividen en dos grandes grupos: los tintes y los pigmentos.

Los tintes (llamados comúnmente colorantes), son perfectamente solubles en la resina en la cual son utilizados. Además, sólo absorben la luz.

Los pigmentos son sustancias insolubles en el medio en el cual son aplicados. No presentan afinidad con la resina en la cual han sido utilizados. Además, pueden absorber y/o dispersar la luz.

A continuación se definen algunos conceptos importantes, los cuales serán utilizados más adelante:

- **TRANSPARENTE.**- Es aquel objeto que al recibir un haz de radiación no lo dispersa. Entre los plásticos podemos citar al poliestireno, acrílico, policarbonato (cuando no -

están pigmentados).

- TRANSLUCIDO.- Son objetos en los que ocurre cierta dis-persión, esto es, cierta cantidad de luz incidente es reflejada apreciablemente y cierta cantidad es transmitida.
- OPACO.- Son objetos que presentan una gran dispersión, y la luz, al incidir en ellos, no se transmite. Generalmente, se requiere una gran carga de pigmento para obtener un objeto opaco.
- MEZCLADO.- Es un proceso cuya finalidad es lograr una distribución homogénea de los componentes de un sistema. En el caso de la pigmentación de plásticos, el soluto es el -pigmento y el solvente o sistema es la resina.
- DISPERSION.- Es el contacto íntimo entre todas las partículas de un sistema resina-pigmento que se obtiene mediante el rompimiento de las uniones entre las partículas tendientes a formar grumos o aglomerados.
- PODER TINTOREO.- Es el grado de color que un pigmento imparte a un color blanco estándar; corresponde al rendimiento de color de un pigmento.
- PODER CUBRIENTE.- Es el grado de opacidad que un pigmento imparte.
- SATURACION.- Es el grado máximo de color que puede impartir un pigmento, de tal forma que el color se mantiene estacionario por más que se aumente la cantidad de pigmento.

Los pigmentos se clasifican en dos grandes grupos, pigmentos inorgánicos y pigmentos orgánicos. Estos pigmentos se dividen a su vez en naturales y sintéticos.

Los pigmentos generalmente se dividen en familias o grupos, lo cual es más conveniente que clasificarlos por colores ya que diversas familias con propiedades físicas y químicas diferentes tienen un mismo color.

Los pigmentos inorgánicos generalmente tienen poco poder tintóreo, gran tamaño de partícula, buena resistencia al calor, bajo precio, baja absorción de aceite, y poca tendencia a migrar.

Los pigmentos orgánicos generalmente tienen un brillo y poder tintóreo superior al de los pigmentos inorgánicos, tienen pequeño tamaño de partícula y poca resistencia a la luz y al calor, tienen alto precio, poco poder cubriente, alta absorción de aceite, bajo peso específico y gran tendencia a migrar en presencia de solventes.

Una clasificación universalmente aceptada es el Colour Index para la identificación de los pigmentos. Esta clasificación consta de un nombre y un número adicional de cinco dígitos. Un ejemplo de lo anterior es el siguiente: "Pigmento Blanco 6 (77891)".

El nombre se originó en los tintes textiles e indica únicamente el color del pigmento; el número de cinco dígitos indica la clase de pigmento y también la estructura química de éste cuando ha sido descubierta.

Como ejemplo de lo anterior, se tiene a los pigmentos de la clase antraquinona, estos pigmentos tienen un número de Colour Index comprendido entre 58000 y 72999, así como las ftalocianinas que están comprendidas entre los números 74000 y 74999.

En la tabla II.1 y en la tabla II.2, se presentan algunos ejemplos de los principales pigmentos inorgánicos y orgánicos que se utilizan para pigmentar plásticos. (8, 9, 18)

-----  
TABLA II.1 PIGMENTOS INORGANICOS  
-----

NOMBRE COMUN -----	NOMBRE -----	Colour Index ----- NUMERO -----
Bióxido de titanio	Pigmento Blanco 6	77891
Negro de humo	Pigmento Negro 7	77266
Oxidos de fierro	Pigmento Negro 11	77499
	Pigmento Café 6	77499
	Pigmento Rojo 101	77491
	Pigmento Amarillo 42	77492
Oxidos de cromo	Pigmento Verde 17	77288
	Pigmento Verde 18	77289
Azul ultramarino	Pigmento Azul 29	77007
Cadmios	Pigmento Amarillo 37	77199
	Pigmento Naranja 20	77196
	Pigmento Rojo 108	77202
Me. curo-cadmios	Pigmento Naranja 23	77201

	Pigmento Rojo 113	77201
Cromatos	Pigmento Naranja 21	77601
	Pigmento Amarillo 34	77600
Molibdatos	Pigmento Rojo 104	77605
Zinc	Pigmento Blanco 4	77947
	Pigmento Blanco 7	77975
Nfquel titanio	Pigmento Amarillo 53	77788
Cobalto	Pigmento Azul 28	77346

-----  
 TABLA II.2 PIGMENTOS ORGANICOS  
 -----

NOMBRE COMUN -----	Colour Index	
	NOMBRE -----	NUMERO -----
Diclorobencidina amarilla	Pigmento Amarillo 12	21090
Amarillo hansa G	Pigmento Amarillo 1	11680
Nfquel azo amarillo	Pigmento Verde 10	12775
Dinitroanilina naranja	Pigmento Naranja 5	12075
Toluidina roja	Pigmento Rojo 3	12120
Rojo Lake C	Pigmento Rojo 53	15585
Rojo naftol	Pigmento Rojo 17	12390
Rojo permanente 2 B	Pigmento Rojo 48	15865
Pigmento escarlata	Pigmento Rojo 60	16105
Flavantrona amarilla	Pigmento Amarillo 112	70600
Antrapirimidina amarilla	Pigmento Amarillo 108	68420
Indantrona azul	Pigmento Azul 22	69810
Tiofndigo rojo	Pigmento Rojo 88	73312
Ftalocianina azul	Pigmento Azul 15	74160
Ftalocianina verde policlorada	Pigmento Verde 7	74260
Ftalocianina verde bromada	Pigmento Verde 36	74265

Quinacridona violeta	Pigmento Violeta 19	46500
Quinacridona roja	Pigmento Rojo 122	73915
Perileno rojo	Pigmento Rojo 190	71140
Dioxazina violeta	Pigmento violeta 23	51319
Perinona naranja	Pigmento Naranja 43	71105

### 11.3 .- PROPIEDADES DE LOS PIGMENTOS

Como ya se dijo con anterioridad, los pigmentos están clasificados generalmente por familias. A continuación se hace una breve descripción de cada una de estas familias; además se indican los pigmentos que las forman, así como las propiedades de cada uno de los pigmentos mencionados.

Primeramente, hablaremos de los pigmentos inorgánicos, y más adelante se realizará esto con los pigmentos orgánicos.

#### a).-PIGMENTOS INORGANICOS

##### Blancos

El bióxido de titanio (Pigmento Blanco 6) es el pigmento blanco por excelencia. Su fórmula es  $TiO_2$ . Tiene todas las ventajas deseables en un pigmento, como por ejemplo, bajo costo, buena dispersión, buena resistencia a la luz y al calor, y buena resistencia a los agentes químicos. Si se le agrega alúmina y sílica se mejora su resistencia al intemperismo y mejora también su dispersión. Tiene un alto índice de refracción (2.8) debido a la alta dispersión de luz que provoca. Concentrado es ligeramente amarillo por lo que es necesario la adición de algún azul o violeta para obtener un blanco puro.

Existen otros pigmentos blancos tales como el óxido de zinc (Pigmento Blanco 4) y el sulfuro de zinc (Pigmento Blanco 7), pero estos pigmentos se utilizan muy poco debido a su alto costo comparado con el del bióxido de titanio, además de que no --

tienen las propiedades con las que cuenta el bióxido de tita  
nio.

#### Negros

El negro de humo (Pigmento Negro 7) es el pigmento negro más utilizado para plásticos. Imparte a las resinas resisten  
cia al intemperismo mediante un bloqueo de la luz ultravioleta y de la radiación infrarroja. El negro de humo tiene buena resistencia a la luz y al calor, además tiene buena dispersión y es de bajo costo.

Existen otros pigmentos negros, como ejemplo tenemos al - negro hueso (Pigmento Negro 9); este pigmento es bueno pero tie  
ne un tono débil. Otro pigmento es la anilina negra C (Pigmento Negro 1), el cual se produce oxidando la anilina en ácido crómico o ácido sulfúrico. Este pigmento tiene poco poder cubriente pero buena resistencia a la luz y al calor; el gran inconveniente que tiene es su alto costo, por lo que casi no se utiliza.

#### Oxidos de Fierro

Los óxidos de fierro que se utilizan para pigmentar pueden ser naturales u obtenidos sintéticamente. Los naturales son pig  
mentos con colores más sucios, de tonos más débiles y de menor - costo en comparación con los pigmentos sintéticos. Por sus buenas características, tanto los pigmentos naturales como los sintéticos

son usados ampliamente en la industria del plástico.

Oxido de fierro rojo (Pigmento Rojo 101 y 102).- Este pigmento es el óxido férrico anhidro ( $Fe_2O_3$ ). El óxido rojo natural es sacado directamente de las minas, precisamente de la hematita. Sintéticamente, el óxido de fierro rojo se produce a partir del sulfato ferroso. Este pigmento tiene buena resistencia al calor, buena resistencia a los álcalis y a los ácidos diluidos y buena resistencia a la luz y al intemperismo. El óxido sintético tiene más alta pureza (98%), partícula más uniforme, mayor fuerza y mayor limpieza que los óxidos naturales. El óxido de fierro sintético se recomienda en el uso de prácticamente todos los polímeros, excepto los que se procesan arriba de los  $-260^{\circ}C$ . En cambio, los óxidos naturales, casi no se utilizan en plásticos, esto se debe a que contienen muchas impurezas.

Oxido de fierro café (Pigmento Café 6 y 7).- Los óxidos de fierro cafés naturales generalmente se preparan pulverizando limonita ( $Fe_2O_3 \cdot H_2O$ ) o siderita ( $FeCO_3$ ) seguida de una calcinación. Los óxidos sintéticos se producen calcinando cloruro ferroso o sulfato ferroso. Estos pigmentos, tienen excelente resistencia a la luz, buena resistencia al calor y además no son solubles en solventes orgánicos. Las recomendaciones para usarse en polímeros son las mismas que para los óxidos de fierro rojos. Cuando se utiliza con PVC, se deben evitar los estabilizadores que contengan algún compuesto de plomo.

Oxido de fierro negro (Pigmento Negro 11).- Los óxidos de fierro negros naturales se obtienen a partir de la magnetita ( $Fe_3O_4$ ). Los óxidos sintéticos se pueden preparar de dos formas: una es por medio de una oxidación controlada del hidróxido ferroso precipitado, seguida de un lavado, de un secado y de una calcinación; la otra forma es calentando hidróxido ferroso a  $190^{\circ}C$  en presencia de vapor. Este tipo de pigmentos presentan excelente resistencia a la luz, buena resistencia a los álcalis y a los ácidos diluïdos y buena resistencia al intemperismo; además no son solubles en solventes orgánicos y tienen de regular a buena resistencia al calor. Los óxidos de fierro negros no deben de usarse a temperaturas mayores de los  $177^{\circ}C$ . Se les recomienda ampliamente para ser usados en polímeros, salvo aquellos que su temperatura de proceso exceda los  $177^{\circ}C$ .

Oxido de fierro amarillo (Pigmento Amarillo 42 y 43).- Estos óxidos, tanto los naturales como los sintéticos, son simplemente el óxido férrico hidratado ( $Fe_2O_3 \cdot H_2O$ ). Este pigmento no debe de utilizarse a temperaturas mayores de los  $150^{\circ}C$  ya que comienza a deshidratarse. Excepto por lo antes mencionado, estos pigmentos muestran prácticamente las mismas propiedades de resistencia que los otros óxidos de fierro, los cuales ya fueron discutidos anteriormente.

## Oxidos de cromo

-----

Oxido de cromo anhidro (Pigmento Verde 17).- El óxido de cromo es un pigmento de color verde, tiene un tono oliva pardo. Su fórmula química es  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ . Se produce calcinando bicromato de sodio o de potasio bajo la acción de un agente reductor. Este pigmento es oscuro, un poco sucio, tiene pobre poder tintóreo y tiene bajo poder cubriente, además no dispersa muy bien; presenta una excelente resistencia al calor y una excelente resistencia a la luz y a los agentes químicos. Su uso se recomienda prácticamente en todos los plásticos.

Oxido de cromo hidratado (Pigmento Verde 18).- Se obtiene calcinando bicromato de sodio en ácido bórico e hidrolizando el borato de cromo resultante. Así como la forma anhidro, el óxido de cromo hidratado ( $\text{Cr}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) se caracteriza por su excelente resistencia a la luz y a los álcalis; aunque su resistencia al calor es más bien regular. Adicionalmente a lo anterior, presenta regular poder tintóreo (es más fuerte comparado con el del óxido de cromo anhidro), excelente transparencia y tiene un tono muy brillante. En cuanto a su uso se refiere, se utiliza para pigmentar plásticos en los cuales no se tenga una alta temperatura de proceso, ya que como se dijo, su resistencia al calor no es muy buena. Muchas veces se utiliza en combinación con algún pigmento metálico (por ejemplo aluminio) ya que el resultado que se obtiene es un pigmento verde brillante metálico.

### Aluminatos de cobalto

-----

Los aluminatos de cobalto (Pigmento Azul 28) son esencialmente combinaciones de cobalto con óxidos de aluminio (no confundir con el azul cobalto). Varían en el tono, dependiendo de la cantidad de aluminio contenido; si se le agrega una pequeña cantidad de cromo o de sílica, los tonos que adquieren van del azul violeta hasta el azul turquesa. Su fórmula química es  $\text{CoO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ . Este pigmento es ampliamente usado en la industria de los plásticos ya que tiene excelente resistencia al calor, a la luz y a los agentes químicos, además tiene una fácil dispersión en la resina. El único inconveniente que tiene es que su costo es muy elevado comparado con las ftalocianinas azules, además de tener bajo poder cubriente.

### Pigmentos de titanio

-----

Estos pigmentos se producen por una aleación de sales metálicas fundidas en bióxido de titanio cristalino a temperaturas de 1000 °C. Los tonos que se producen y las sales que se utilizan son las siguientes:

amarillo	níquel, antimonio
beige	cromo, antimonio
verde	cobalto, níquel
azul	cobalto, aluminio

De estos pigmentos, el que más se utiliza para pigmentar plásticos es el níquel-titanio amarillo (Pigmento Amarillo 53). Su fórmula química es  $\text{NiO.TiO}_2$ . Por su excepcional resistencia a la luz, al calor y a los agentes químicos se utiliza mucho para recubrimientos exteriores que necesiten resistencia química; además tiene buena resistencia al intemperismo. El problema que tiene es que tiene bajo poder cubriente y pobre poder tintóreo. En general, su uso se recomienda en todos los polímeros.

#### Cromos (cromatos)

-----

Cromo amarillo (Pigmento Amarillo 34).- Los pigmentos cromo amarillos son cromatos de plomo ( $\text{PbCrO}_4$ ); se obtienen precipitando una solución de alguna sal de plomo con una mezcla de dicromatos y sulfatos en una solución ácida. Tienen buen brillo, su rango de tonos va desde el verde limón hasta el amarillo oro. Tienen una excelente resistencia a la migración y buena resistencia a los ácidos diluïdos. Los álcalis lo atacan fácilmente y cuando se les expone a la luz se oscurecen. Estos pigmentos se recomiendan si se asegura que ningún álcali lo puede atacar, sino se les va exponer al exterior y si en la aplicación que se le va a dar no existe algún compuesto sulfuro presente (el sulfuro ataca al cromo amarillo y tiende a tornarlo negro). En cuanto a resistencia al calor, no se les puede utilizar a temperaturas mayores de los  $191^\circ\text{C}$ . Generalmente, se evita que los plásticos pigmentados por el cromo amarillo vayan destinados a los niños (juguetes, muebles, etc.), ya que el plomo es muy tóxico.

Cromo naranja (Pigmento Naranja 21).- Estos pigmentos son una mezcla de cromato de plomo con óxido de plomo ( $PbCrO_4$ ) x - ( $PbO$ )y). Con excepción de que este pigmento es atacado por los ácidos diluidos, tiene básicamente las mismas características - que los cromo amarillos. Las recomendaciones de uso también son las mismas.

Cromo verde (Pigmento Verde 15).- Este tipo de pigmentos se obtienen coprecipitando el cromo amarillo con azul acero - (se hablará más adelante de este pigmento). Sus propiedades va rían de acuerdo a las proporciones en que estén mezcladas estas dos sustancias. Pero en general, el cromo verde tiene buena - resistencia al calor y a la luz, presenta excelente poder tintó reo y poder cubriente, tiene buena resistencia a los ácidos di luídos, no es afectado por reacciones de oxidación catalítica, tiene pobre resistencia a los álcalis, y no se le puede poner en contacto con compuestos sulfuro porque lo ataca . Estos pig - mentos pueden ser usados en todos los polímeros que no tengan - temperaturas de proceso por encima de los  $149^{\circ}C$  . También se re recomienda que no se utilice en juguetes para niños o muebles por - que este pigmento es tóxico por tener plomo.

#### Molibdato naranja

Los pigmentos molibdato naranjas (Pigmento Rojo 104 y Pig

mento Naranja 21), son una coprecipitación de cromato de plomo ( $PbCrO_4$ ), sulfato de plomo ( $PbSO_4$ ) y molibdato de plomo ( $PbMoO_4$ ). Según las proporciones se pueden obtener varios tonos. Se caracterizan por tener excelente limpieza en el color, buen poder tintóreo, buena resistencia a la luz (el tono amarillo se oscurece con la luz solar), buena resistencia al calor, a la migración y a los ácidos diluidos; pero presenta pobre resistencia a la intemperie y a los álcalis. Por su gran brillantez y fuerza en el tono, muchas veces se le mezcla con otros pigmentos, para obtener un pigmento de tono muy brillante y bajo costo en comparación con el pigmento puro. En general, su uso se recomienda en todos los polímeros.

#### Cadmios

-----

Cadmio amarillo (Pigmento Amarillo 37).- Los pigmentos cadmio amarillos se producen coprecipitando sulfuro de cadmio con una pequeña cantidad de sulfuro de zinc. El sulfuro de cadmio es de color naranja pero cuando se le agrega el sulfuro de zinc, se torna de color amarillo limón. Este pigmento tiene excelente resistencia al calor, tiene gran brillantez, tiene resistencia a la luz y a los álcalis. El inconveniente que tiene es que es tóxico y tiene pobre resistencia al intemperismo. Prácticamente, estos pigmentos se utilizan en todos los polímeros y para casi todas las aplicaciones.

Cadmio naranja (Pigmento Naranja 20).- Estos pigmentos se obtienen simplemente precipitando sulfuro de cadmio. Si se le coprecipita con pequeñas cantidades de sulfuro de zinc o de seleniuro de zinc su variedad de tonos varfa desde el amarillo hasta el rojo. Sus características importantes son prácticamente las mismas que las de los pigmentos cadmio amarillos.

Cadmio rojo (Pigmento Rojo 108).- Se obtienen coprecipitando sulfuro de cadmio (CdS) con seleniuro de cadmio (CdSe). Dependiendo del porcentaje de sulfuro a seleniuro, los tonos varían desde rojo amarillento hasta marrón. Presentan excelente resistencia al calor, a los agentes químicos, y buena resistencia al intemperismo. Estos pigmentos son tóxicos. Generalmente, se utilizan en todos los polímeros.

Mercurio-cadmios  
-----

Estos pigmentos (Pigmento Naranja 23 y Pigmento Rojo 113) son una mezcla de cristales de sulfuro de cadmio (CdS) y sulfuro de mercurio (HgS). El color de los mercurio-cadmios varfa desde el marrón hasta el naranja dependiendo de las cantidades que se utilicen de CdS y HgS. Tienen un costo más bajo que los pigmentos de cadmio; excepto por su mala resistencia al calor, los mercurio-cadmios tienen básicamente las mismas propiedades que los cadmios. Estos pigmentos se pueden utilizar en todos los polímeros que no necesiten buena resistencia al calor. Así como los --

cadmios, los mercurio-cadmios son tóxicos y no se les recomienda en aplicaciones tales como juguetes, empaques de alimentos y otros.

#### Ferrocianuros

-----

Azul acero (Pigmento Azul 27).- Este tipo de pigmentos se producen precipitando sales ferrosas con ferrocianuro de amonio y de potasio, y luego se oxida el precipitado con ácido sulfúrico y ácido nítrico o sulfato férrico. Su fórmula química es  $\text{FeNH}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$ . Cuando se le combina con pigmentos blancos los tonos varían desde azul rojizo hasta azul verdoso. A los tonos rojizos se les llama comúnmente azul de Prusia; a los tonos verdosos claros se les conoce como azul Milori y a los tonos verdosos fuertes se les llama azul de China. En general, los tres tipos tienen alta absorción de aceite, buena transparencia, pobre dispersión y buena resistencia a los agentes químicos (excepto los álcalis); además tienen muy buena resistencia a la luz y regular resistencia al calor. No se les puede usar a temperaturas arriba de los 135°C.

Cobre marrón (Pigmento Rojo 121).- Se produce precipitando sales de cobre con ferrocianuro de potasio. Su fórmula química es  $\text{CuK}_2\text{Fe}(\text{CN})_6$ . Tiene básicamente las mismas propiedades que el azul acero. Cuando se le utiliza para pigmentar polímeros, ge -

neralmente se le mezcla con otros pigmentos ya que así su costo es más bajo y además imparte un color azul-rojo metalizado.

#### Azul ultramarino

-----

Este pigmento (Pigmento Azul 29) es un complejo de aluminosilicato con azufre. Se obtiene por una calcinación de arcilla china, azufre y sulfato de sodio con carbón. Se caracteriza por su limpieza en el tono, excelente resistencia al calor, excelente resistencia al intemperismo y a la luz, buena dispersabilidad, pobre poder cubriente y buena resistencia a la mayoría de los agentes químicos. Su gran desventaja que tiene es que reacciona muy fácilmente con los ácidos. Si se le combina con pequeñas cantidades de bióxido de titanio su poder cubriente mejora. Por su excelente resistencia al calor este pigmento es ampliamente usado en plásticos.

#### Cobalto azul

-----

Estos pigmentos (Pigmento Azul 32) son de un color azul claro. Se obtienen mezclando el azul ultramarino con óxido de zinc. Básicamente tienen las mismas propiedades que el azul ultramarino.

#### Violetas

-----

Los pigmentos inorgánicos violeta casi no se utilizan; son de tono débil y además difíciles de dispersar. El más importante

es el violeta manganeso  $\text{NH}_4\text{Mn}_2\text{O}_7$  (Pigmento Violeta 16); este pigmento tiene pobre resistencia a los álcalis y al calor. El compuesto de cobalto  $\text{CoLiPO}_4$  (Pigmento Violeta 14) tiene propiedades superiores. El violeta ultramarino se prepara reemplazando algo de sodio del azul ultramarino con hidrógeno por medio de un ácido; este pigmento tiene un tono súmamente débil. En realidad, los violetas inorgánicos han sido ampliamente desplazados por los pigmentos orgánicos como la quinacridona y la dióxido de zina violeta.

#### Pigmentos aperlados

-----

Estos pigmentos están compuestos por capas orientadas de delgados cristales transparentes; esta estructura refleja parte de la luz incidente. Cuando las capas tienen el mismo grosor que la longitud de onda de la luz (400 a 700 nm), las reflexiones de las capas interfieren una con otra y se producen colores iridescentes, además se crea una apariencia de profundidad.

Los pigmentos aperlados originalmente se extraían de la piel y de las escamas de los peces. Actualmente ya fueron reemplazados por pigmentos sintéticos. Entre los pigmentos aperlados más importantes se encuentran el carbonato de plomo, el oxícloruro de bismuto, y el arseniato hidrógeno de plomo. El primero es muy usado en poliésteres termofijos.

La cubierta de mica con finas capas de bióxido de titanio, también se usa como pigmento aperlado, no es tóxico, - tiene buena resistencia química y puede ser utilizada en resinas transparentes y en resinas translúcidas. Si se le adiciona pequeñas cantidades de pigmento rojo, verde o negro, da la impresión de ser un objeto moldeado aperlado.

#### Pigmentos metálicos

-----

Una apariencia metálica es impartida a los plásticos mediante una incorporación de delgadas capas de aluminio o de - chispas de bronce. El polvo de aluminio forma mezclas explosivas con el aire por lo que generalmente se vende disuelto en - algún solvente o en un plastificante. En los plásticos, se tiene cierta orientación de las capas metálicas de aluminio. Los pigmentos metálicos son opacos a la luz ultravioleta.

En plásticos transparentes, el aluminio imparte un efecto muy especial; si se ve a 90° el plástico se ve muy brillante, es como un brillo metálico; pero si se ve el plástico de lado, se ve más oscuro.

El cobre también es usado en plásticos, pero generalmente en forma de bronce, el cual contiene zinc. Existen varios tipos de bronce dependiendo de la cantidad de zinc presente.

### Pigmentos luminiscentes

Los pigmentos luminiscentes inorgánicos son de dos tipos. El primero consiste en una mezcla de sulfuro de zinc y sulfuro de cadmio, activados por trazas de cobre, plata o manganeso -- fluorescente. El efecto luminiscente aparece cuando este pigmento es expuesto a la luz ultravioleta, convirtiendo instantáneamente la energía a una longitud de onda mayor. Este pigmento es de uso limitado en plásticos.

Otro tipo de pigmento luminiscente consiste en una mezcla de sulfuro de zinc y sulfuro de cadmio activados por calcio, cobre y sulfuro de estroncio con bismuto o cobre. En este pigmento, el efecto luminiscente es provocado debido a que absorbe la luz en el visible y cerca del ultravioleta, y la emite lentamente hasta por períodos de 50 minutos. Su uso principal es en pinturas aunque también se puede incorporar a resinas transparentes o translúcidas.

### b).-PIGMENTOS ORGANICOS

Todos los pigmentos orgánicos se preparan sintéticamente. Sus características generales ya fueron dadas anteriormente. -- Estos pigmentos se clasifican básicamente en azo pigmentos y no-azo pigmentos. Los pigmentos azóicos son aquellos que tienen en su estructura molecular precisamente el grupo azo ( $-N=N-$ ); y

por el contrario los pigmentos no azóicos son los que no tienen este grupo en su molécula.

## PIGMENTOS AZOICOS

-----

Este tipo de pigmentos se divide a su vez en tres grupos importantes, los cuales son: los pigmentos tipo insoluble, los pigmentos precipitados por una sal metálica y los diazo pigmentos condensados. A continuación se tratará cada uno con detalle.

### Pigmentos tipo insoluble

-----

Los pigmentos azóicos insolubles incluyen todos los monoazóicos y diazóicos precipitados como colorantes insolubles en agua, sin la necesidad de formar una sal metálica. Este tipo de pigmentos presentan tres colores, estos son: los amarillos, los naranjas y los rojos.

Amarillos.- Los azo pigmentos amarillos insolubles de mayor importancia son las diclorobencidinas o diarilos amarillos, los hansa-amarillos y los azo níquel amarillos.

Existen cinco tipos de diclorobencidinas amarillas dependiendo del grado de substitución que tenga la molécula de anilina que tiene este compuesto. Estas son: anilina (AAA) (Pigmento Amarillo 12), o-toluidina (AAOT) (Pigmento Amarillo 14), m-xilidina (AAMX) (Pigmento Amarillo 13), o-anisidina (AAOA) (Pigmento Amarillo 17), y 2, 5-dimetoxi-4-cloro (HR) (Pigmento Amari --

llo 83). Todos estos pigmentos se caracterizan por su gran poder tintóreo, tienen buena resistencia a la migración, tienen buen brillo y buena dispersabilidad, además presentan muy buena resistencia a los ácidos, a los álcalis y a los solventes. Los tipos AAA y AAOT son los que tienen la más pobre resistencia a la luz y al intemperismo pero son los más baratos, en cambio el tipo HR tiene las mejores propiedades pero es el más caro. No deben ser usados a temperaturas mayores de los 177°C por periodos prolongados. No son tóxicos, y por esta razón han desplazado un poco a los cromo amarillos. Pueden ser utilizados en todas las resinas.

En cuanto a los hansa-amarillo se refiere, son cinco los de mayor importancia, estos son: G (Pigmento Amarillo 1), 5 G (Pigmento Amarillo 5), 10 G (Pigmento Amarillo 3), 13 G (Pigmento Amarillo 4) y el car amarillo (Pigmento Amarillo 74). Se obtienen combinando o-nitroanilina y acetoacetarilida. En general, tienen buena resistencia a la luz, muy buena resistencia a los ácidos y a los álcalis, y pobre resistencia a los solventes. Se utilizan para pigmentar resinas fenólicas, acrílicos, ureaformaldehído, y melamina-formaldehído.

Los azo-níquel amarillos (Pigmento Verde 10), son pigmentos con un tono amarillo verdoso; tienen excelente resistencia al calor y a la luz, también tienen excelente resistencia a la intemperie; su resistencia a los álcalis y su dispersabilidad es buena; el inconveniente que tienen es que tienden a sangrar en presencia de solventes y además son muy sensibles a los ácidos.

La máxima temperatura a la que se les debe exponer por períodos prolongados es de 191°C. Su uso se recomienda en todos los plásticos y en todas las aplicaciones en donde la participación de los ácidos sea mínima.

Naranjas.- En cuanto a los azo pigmentos naranjas se refiere, los más importantes son la diclorobencidina o diarilo naranja, la dianisidina naranja, el tolil naranja y la dinitroanilina naranja.

La diclorobencidina naranja (Pigmento Naranja 13), tiene un excelente poder tintóreo y una buena resistencia al calor (149°C). Tiene excelente resistencia a los ácidos y muy buena resistencia a los álcalis, el problema es que tiene pobre resistencia a la luz, al intemperismo y a la migración. Su aplicación en plásticos depende de la resina y del uso final que se le vaya a dar.

La dianisidina naranja (Pigmento Naranja 16), tiene mala resistencia a la luz y a la intemperie, pero tiene excelente resistencia a los ácidos y a los álcalis, además tiene buena dispersabilidad. No se le debe de procesar a temperaturas mayores de los 135°C por períodos prolongados. No se recomienda en aplicaciones al exterior.

El tolil naranja (Pigmento Naranja 30), es un pigmento que tiene excelente resistencia a los agentes químicos, pero tiene mala resistencia a la luz y al intemperismo. Su máxima temperatura de procesabilidad es de 149°C por tiempos prolongados.

La dinitroanilina naranja (Pigmento Naranja 5), no se puede utilizar a temperaturas mayores de los 149°C por períodos largos de tiempo. Tiene muy buena resistencia a los agentes químicos y buena dispersabilidad, además tiene muy buena resistencia a la migración.

Rojos.- Los más importantes pigmentos azóicos insolubles de color rojo son: la diclorobencidina (pirazolona) roja, los naftoles y las toluidinas.

La diclorobencidina roja (Pigmento Rojo 38), tiene buena resistencia a la luz y regular resistencia al intemperismo, - tiene excelente resistencia a los agentes químicos y muy buena dispersabilidad. Este pigmento tiene un tono muy vivo y tiene buena transparencia. No se le debe de usar a temperaturas mayores de los 163°C por períodos largos. Tiende a sangrar en -- presencia de solventes.

Los pigmentos rojo naftol tienen en general las siguientes propiedades: tienen una temperatura de proceso de 135°C a 163°C, tienen regular resistencia a la luz y buena resistencia al intemperismo, tienen excelente resistencia a los ácidos y a los álcalis pero su resistencia a los solventes no es muy buena. Su dispersabilidad es buena. Estos pigmentos se usan en acrílicos y - poliestireno. El número de Colour Index de estos pigmentos depende de la clase a la que correspondan.

La toluidina roja (Pigmento Rojo 3), tiene un tono vivo escarlata y un gran brillo, tiene excelente resistencia a los ácidos y a los álcalis; sin embargo, tiene una pobre resistencia a los solventes y se sublima a altas temperaturas. Este pigmento no es muy usado en plásticos.

### Pigmentos precipitados por una sal metálica

Se les llama así a este tipo de pigmentos, por lo siguiente: dado que las moléculas tienen grupos carboxílicos o grupos sulfónicos, los cuales son grupos ácidos, deben neutralizarse -- estos grupos con una sal metálica para que así puedan ser insolubles en agua y puedan precipitar. Los pigmentos más importantes correspondientes a este grupo son: el rojo Lake C, las rubinas lithol, el rojo permanente 2B y el pigmento escarlata.

El rojo Lake C (Pigmento Rojo 53), es la precipitación de los ácidos 2-amino-4-metil-5-clorobencensulfónico y  $\beta$ -naftol por una sal de bario o de calcio. Estos pigmentos tienen buena resistencia a los ácidos y buena dispersabilidad; tienen pobre resistencia a los solventes y al intemperismo; su temperatura máxima de exposición por períodos prolongados es de 149°C. Su resistencia a los álcalis es regular. Generalmente, se recomienda en plásticos que no utilicen plastificantes.

Las rubinas lithol (Pigmento Rojo 57), son sales precipitadas de los ácidos m-toluensulfónico y 3-hidroxi-2-naftóico los cua

les se encuentran en la molécula. Se caracterizan por tener un tono muy fuerte y muy brillante de color rojo. Tienen pobre resistencia a la luz y al intemperismo; su resistencia a los solventes y su dispersabilidad son buenas, su máxima temperatura de procesamiento es de 149°C por períodos largos. No son muy resistentes a los ácidos y a los álcalis. Su uso se recomienda en todos los plásticos.

Los pigmentos rojo permanente 2B (Pigmento Rojo 48), son la precipitación de los ácidos 6-amino-1-cloro-3-metilbencensulfónico y 3-hidroxi-2-naftóico por sales de calcio, bario o manganeso. Las sales de calcio y de bario tienen tonos muy brillantes, la de manganeso es un poco más amarillenta; son muy usadas en poliestireno, polietileno y plásticos de vinilo. Las de manganeso son un poco menos brillantes pero tienen mejores propiedades. Los pigmentos rojo permanente 2 B tienen en general buena resistencia a la migración, a los ácidos y a los solventes, pero tienen pobre resistencia a los álcalis. No se recomienda su uso en aplicaciones al exterior ni a temperaturas mayores de los 177°C, por períodos prolongados de tiempo.

Los pigmentos escarlata (Pigmento Rojo 60), son sales de bario, plomo o zinc de los ácidos o-aminobenzóico y  $\beta$ -naftol-3-6-disulfónico. Son muy usados en todas las resinas. No tienen buena resistencia a los ácidos y a los álcalis; su resistencia a los solventes es excelente. Su resistencia a la luz no es muy buena y no se le puede utilizar a temperaturas arriba de los 177°C por largos períodos.

### Diazo pigmentos condensados

Este tipo de pigmentos se producen uniendo una amina diazo aromática con una sustancia que contenga algún ácido carboxílico, y luego condensar el resultado con otra amina a través de ácido clorhídrico. A la fecha existen diferentes tipos de diazo pigmentos condensados, que van desde un amarillo verdoso hasta un rojo fuerte. Entre los más importantes están: Amarillo 3 G (Pigmento Amarillo 93), Amarillo 6G (Pigmento Amarillo 94), Amarillo GR (Pigmento Amarillo 95), Naranja 4R (Pigmento Naranja 31), Escarlata R (Pigmento Naranja 166), Rojo GR (Pigmento Rojo 139), Rojo R (Pigmento Rojo 140), Rojo BR (Pigmento Rojo 144), y Rojo 2RF (Pigmento Rojo 165). En términos generales estos pigmentos tienen magníficas propiedades; tienen excelente resistencia a la luz y al intemperismo; también su resistencia a los álcalis y a los ácidos es excelente. Su dispersabilidad es muy buena. En promedio, se les puede utilizar hasta 218°C por periodos prolongados. Son muy utilizados en todos los plásticos. El gran inconveniente es que tienen un costo elevado.

### PIGMENTOS NO AZOICOS

Los pigmentos no azoicos se caracterizan por no tener en su molécula al grupo azo (-N=N-). Existen una gran ---

variedad de ellos; a continuación se describen los más importantes:

### Antraquinonas

Este tipo de pigmentos se caracteriza por tener en su estructura una quinona; además son susceptibles a ser reducidos. Entre las antraquinonas más importantes se encuentran la flavantrona, la antrapirimidina, la antantrona, la pirantrona y la indantrona.

Flavantrona (Pigmento Amarillo 112).- Este pigmento es de color amarillo; su tono es un fuerte amarillo rojizo. Se le recomienda para usarse en polímeros que tengan temperaturas de proceso abajo de los 204°C por períodos prolongados. Tiene excelente resistencia a la luz y al intemperismo; tiene excelente resistencia a todos los agentes químicos y tiene una muy buena transparencia. No se le debe de usar en medios reductores.

Antrapirimidina (Pigmento Amarillo 108).- Tiene un color amarillo verdoso y posee un tono fuerte. Su uso se recomienda en todos los polímeros que no requieran temperaturas de proceso arriba de los 204°C por largos períodos; tampoco se le debe de usar en medios reductores. Su resistencia a la luz y al intemperismo es excelente; tienen buena transparencia. Además, tiene excelente resistencia a los ácidos y a los álcalis. Su dispersabilidad también es muy buena.

Pirantrona (Pigmento Rojo 197).- La pirantrona es un pigmento bromado con un color que va desde el rojo amarillento hasta el naranja. Tiene pobre resistencia a los solventes (tiende a migrar) y tiene un alto costo. Su resistencia a los ácidos y a los álcalis es excelente y su resistencia a la luz y al intemperismo es buena. Su máxima temperatura de exposición es de 204°C por períodos largos. Este pigmento no se recomienda en sistemas poliméricos que contengan plastificantes, ni en sistemas reductores.

Antantrona (Pigmento Rojo 168).- Este pigmento (también llamado naranja RK), es una antantrona dibromada; es de color naranja. Este pigmento no puede ser usado a temperaturas -- arriba de los 191°C por largo tiempo, ni tampoco en sistemas reductores. No se recomienda su uso en poliestireno alto -- impacto ni tampoco en resinas acrilonitrilo-butadieno-estireno, esto se debe a que el butadieno degrada el pigmento. Su dispersabilidad no es muy buena, pero su resistencia a los -- agentes químicos es excelente; además, su resistencia a la luz y al intemperismo es muy buena.

Indantrona (Pigmento Azul 22).- Las indantronas son de color azul. Existen dos tipos, una clorada y la otra no clorada; la diferencia radica en que la clorada tiene un tono más rojizo. Así como los otros pigmentos del tipo antraquinona, -- son susceptibles a ser reducidos. Entre sus principales propiedades tenemos que su resistencia a la luz y al intemperismo --

es excelente; además, su resistencia a los ácidos, álcalis y a los solventes también es excelente; no dispersan muy bien y su temperatura máxima de exposición por largos períodos es de 204°C.

### Tioíndigos

Los pigmentos tioíndigo son precisamente derivados de la molécula de tioíndigo. Generalmente, son de tonos limpios y brillantes y tienen un color que va del rojo hasta el violeta. Actualmente existen seis tipos de estos pigmentos en el mercado, pero sólo dos son usados para pigmentar plásticos, estos son: el 7,7'-dicloro-4,4'-dimetil-tioíndigo y el 4,4',7,7'-tetracloro-tioíndigo. El primero es de color marrón y el segundo es de color rojo; a continuación se describen -- sus propiedades.

Tioíndigo marrón (Pigmento Rojo 198).- Tiene una excelente resistencia a los ácidos, a los álcalis y al intemperismo; su resistencia a la luz también es muy buena. No se le puede usar a temperaturas arriba de los 177°C por períodos largos. Tiende a migrar en presencia de algunos solventes.

Tioíndigo rojo (Pigmento Rojo 88).- Su resistencia a los ácidos y a los álcalis es excelente. Tiene muy buena resistencia a la luz, pero su resistencia al intemperismo no es muy -- buena. Su resistencia a los solventes también es muy buena. Su uso se recomienda en todos los polímeros que no requieran temperaturas de proceso arriba de los 177°C por períodos prolongados.

## Ftalocianinas

Las ftalocianinas son tal vez los pigmentos orgánicos más usados en la industria del plástico. A la fecha, dependiendo del grado de halogenación en que se encuentre la molécula, los colores de las ftalocianinas van desde un tono azul rojizo hasta un tono verde amarillento. Las ftalocianinas son un complejo de cuatro moléculas de ftalonitrilo; generalmente, la estructura del complejo tiene en el centro un átomo metálico, aunque a veces no lo tiene. El metal que casi siempre aparece es el cobre.

Ftalocianinas azules (Pigmento Azul 15).- Pueden existir en varias formas cristalinas. El tono rojizo-alfa debe estabilizarse con la inclusión de cloro para prevenir la espontánea conversión a verde en presencia de algunos solventes o bajo la influencia del calor. En general, las ftalocianinas azules tienen excelentes propiedades de resistencia, tanto a los agentes químicos como a la luz y al intemperismo; pero son menos estables al calor que las ftalocianinas verdes. Estos pigmentos son compatibles con la mayoría de los plásticos. Su dispersión no es muy buena.

Ftalocianinas verdes.- De estos pigmentos, dos son los más importantes en el mercado, estos son la ftalocianina verde policlorada (Pigmento Verde 7) y la ftalocianina clorada-bromada (Pigmento Verde 36).

La diferencia que tienen es que la segunda tiene un tono más amarillento. Estos pigmentos se caracterizan por tener excelente resistencia a la luz, intemperismo, ácidos y álcalis; además cuentan con un tono brillante y una buena transparencia; su dispersión es más bien regular. No se les debe de usar en plásticos cuya temperatura de proceso sea de 218°C por largos periodos. La ftalocianina clorada-bromada es menos estable al calor.

### Quinacridonas

A la fecha, existen por lo menos ocho diferentes pigmentos del tipo quinacridona. Los principales tonos son: rojo, violeta, naranja, marrón, magenta, rosa y el amarillo oro. En el Colour Index están asignados como Pigmento Rojo 122, Pigmento Violeta 19 y Pigmento Naranja 48. Los tonos dependen del grado de sustitución y de las modificaciones cristalinas que tenga la molécula de quinacridona. Tienen excelente resistencia a la luz, al intemperismo, a los ácidos, a los álcalis y a los solventes, además no migran; no tienen muy buena dispersión. Las quinacridonas son estables a temperaturas de 191°C por largos periodos de tiempo. El tono violeta se usa para tonalizar blancos cuando los pigmentos orgánicos son inadecuados. Por su excelente resistencia al intemperismo, las quinacridonas se utilizan para tonalizar las ftalocianinas azules. Su uso se recomienda en la mayoría de los plásticos con excepción del nylon y del poliestireno, donde son ligeramente solubles y promueven

su cristalización.

### Isoindolinonas

Las isoindolinonas o tetracloroisoindolinonas, son pigmentos relativamente nuevos (se introdujeron al mercado en 1964). Hasta ahora se conocen cuatro tipos de estos pigmentos, estos son dos amarillos (Pigmento Amarillo 109 y 110), un naranja (Pigmento Naranja 42) y un rojo (Pigmento Rojo 180). Estos pigmentos presentan excelente resistencia a los ácidos y a los álcalis, así como a la luz y a la intemperie. Además, no migran y no son susceptibles a ser reducidos. Su máxima temperatura de exposición por períodos largos es de 204°C, y por exposiciones de 1-2 minutos es de 288°C. Su uso se recomienda en todos los plásticos, excepto el nylon.

### Perilenos

Actualmente existen cinco pigmentos del tipo perileno en el mercado, los tonos que presentan son: rojo, marrón, escarlata y bermellón. Estos pigmentos cuentan, en general, con excelente resistencia a los ácidos, a los álcalis, a la luz y al intemperismo; tienen buena transparencia y buena dispersión, además no migran. Los perilenos son ampliamente usados en la industria del plástico, especialmente para pigmentar nylon, polímeros de vinilo, polietileno, polipropileno y plásticos

celulósicos. La máxima temperatura a la que se les puede procesar es de 232°C por largos períodos de tiempo. En el Colour Index están enlistados como Pigmentos Rojos 123, 149, 179 y 190.

### Perinonas

Principalmente, existen dos tipos de perinonas, la perinona naranja (Pigmento Naranja 43) y la perinona roja. El naranja se recomienda en todos los sistemas poliméricos que no tengan temperaturas de proceso arriba de los 204°C. Es susceptible a los medios reductores. Su resistencia a los ácidos y a los álcalis es excelente; su resistencia al intemperismo, a la luz y a la migración es buena.

En cuanto a la perinona roja se refiere, su uso se limita un poco, ya que tiende a migrar mucho en presencia de los solventes. Por lo que a la perinona roja se refiere, básicamente tiene las mismas propiedades que la perinona naranja, aunque su resistencia al intemperismo es un poco mejor. Este pigmento no se recomienda en copolímeros de vinilo, en poliestireno de alto impacto ni en sistemas que utilicen plastificantes.

### Dioxazina violeta

El nombre completo de estos pigmentos (Pigmento Violeta - 23) es carbazol dioxazina violeta. Estos pigmentos son de un color rojizo y tienen un gran poder tintóreo. Tienen excelentes

propiedades de resistencia, tanto a la luz, a la migración y al intemperismo, como a los ácidos, a los álcalis y a los solventes. Estos pigmentos se utilizan mucho en plásticos para -- cambiar el tono de las ftalocianinas azules a un tono rojizo; además, estos pigmentos pueden descomponerse ligeramente a altas temperaturas y por eso también se les usa en conjunto con la - ftalocianina azul. Su uso se recomienda en todos los polímeros que no tengan temperaturas de proceso arriba de los 191°C por períodos prolongados. Un punto que también es importante resaltar es que este pigmento no dispersa muy bien. (9, 14, 18)

CAPITULO III

PARTE EXPERIMENTAL

### III.1 .- SELECCION DEL PIGMENTO

El amplio y creciente mercado de los materiales plásticos está estrechamente ligado a la adecuada selección de un color atractivo y placentero que le dé vida a dichos materiales.

El intervalo de productos plásticos coloreados es extenso e incluye los más variados artículos como: empaques, partes para automóviles, plumas, juguetes, artículos para el hogar, etc.

La selección del color adecuado para la pigmentación presenta sus dificultades. Al productor de plásticos pigmentados le gustaría enfocar su producción a un solo color para poder simplificarla, mientras que el vendedor de dichos plásticos preferiría tener un amplio espectro de colores para poder satisfacer a cualquier cliente. Un distribuidor desearía tener un inventario limitado de colores que le asegure que sus ventas estén garantizadas.

Para determinar la selección final de un pigmento para un plástico, se deben de tener en cuenta varias consideraciones, - las más importantes son:

- a).- El tipo de plástico que se quiere pigmentar.
- b).- Las condiciones de proceso que se van a emplear para pigmentar el plástico, o sea, el método de pigmentación adecuado.
- c).- El uso final que se le va a dar al plástico pigmentado.

Si la selección se basa únicamente en el pigmento por sí-

solo, se deben de tomar en cuenta los siguientes factores:

- a).- El color característico del pigmento (si es rojo, azul, - verde, etc.).
- b).- La brillantez u oscurecimiento que un pigmento pueda tener.
- c).- La transparencia del pigmento.
- d).- Costo del pigmento.

Además de las consideraciones anteriores, otro punto de su ma importancia para seleccionar un pigmento, son las propiedades de resistencia que éstos deben de tener.

Las propiedades de resistencia son las siguientes:

- 1).- Propiedades de dispersión y poder tintóreo.
- 2).- Resistencia a la luz y resistencia al intemperismo.
- 3).- Resistencia al calor.
- 4).- Resistencia a la migración o sangrado.
- 5).- Resistencia al ataque químico.
- 6).- Resistencia a sangrar en presencia de solventes.

A continuación se hace una descripción más amplia de las propiedades de resistencia antes mencionadas.

#### 1).- Propiedades de dispersión y poder tintóreo

El poder tintóreo, es decir, la capacidad de un pigmento - de poder impartir color, se define como se indicó con anterioridad, como el grado de color que un pigmento imparte a un color blanco estándar; es decir, corresponde al rendimiento de color de un pig

mento.

La fácil dispersión es una medida del tiempo que tarda un pigmento en alcanzar su máximo poder tintóreo. Asimismo, el poder tintóreo de un pigmento depende de una fácil dispersión en una resina determinada.

A través del tiempo, se han obtenido datos del poder tintóreo de la mayoría de los pigmentos. El procedimiento para medir el poder tintóreo se describe en el capítulo III.3. Este procedimiento no provee información acerca de las propiedades de dispersión de los pigmentos.

## 2).- Resistencia a la luz y resistencia al intemperismo

No importa que otras buenas propiedades tenga un pigmento, ya que si no tiene resistencia a la luz y al intemperismo, generalmente ese pigmento no se utiliza. Existen algunos pigmentos que tienen buena resistencia a la luz pero cuando se les usa a la intemperie se pierden fácilmente, es decir, no resisten. Un ejemplo de lo anterior es el cadmio amarillo; cuando este pigmento se utiliza en aplicaciones interiores, muestra excelente estabilidad tanto con luz artificial como con luz solar; pero si se utiliza en el exterior, o sea, a la intemperie, el pigmento desaparece rápidamente.

Estos pigmentos, como el cadmio amarillo, siempre se utilizan en aplicaciones al interior y por lo tanto, nunca se deberán usar para aplicaciones a la intemperie. Estos cambios - que sufren este tipo de pigmentos en aplicaciones al exterior se deben principalmente a la humedad y a los agentes químicos - en la atmósfera, es decir, ácidos, álcalis, smog, los cuales son los mayores contaminantes en el área industrial. El cadmio amarillo, siendo un pigmento inorgánico sulfuro, desaparece al contacto con la humedad en conjunto con la luz.

En muchas ocasiones, se debe tener cuidado al usar un pigmento ya que cuando se utiliza en combinación con otros pigmentos o con otras sustancias del proceso, puede perder sus propiedades de resistencia a la luz y/o al intemperismo.

Otro factor importante que puede alterar estas propiedades es la concentración del pigmento. Generalmente, la adición de pigmento blanco a otros pigmentos, baja su resistencia a la luz.

### 3).- Resistencia al calor

Esta propiedad es tan importante como las anteriores en la selección de un pigmento para ser usado en algún plástico.

La mayoría de los pigmentos orgánicos sólo pueden permanecer unos minutos a altas temperaturas, es decir, cuando se les expone durante largo tiempo, estos pigmentos se descomponen, se -

oscurecen o se subliman. A bajas temperaturas (177°C ) y en un tiempo de 15 min., muchos pigmentos orgánicos comienzan a sufrir descomposición u oscurecimiento.

En contraste con la pobre resistencia al calor de los pigmentos orgánicos, los pigmentos inorgánicos muestran una excelente resistencia al calor. Algunos, como por ejemplo los cadmios, pueden permanecer a temperaturas por encima de los 816°C, sin que se aprecie algún cambio en el color. Existen algunas excepciones a este renglón tales como el molibdato naranja, el cual oscurece a los 237°C , así como los pigmentos amarillos y naranjas de plomo, y los cromatos de zinc.

La resistencia al calor de un pigmento en un sistema polimérico, depende también de otros factores tales como la composición química (tanto del pigmento como del polímero), la temperatura del proceso, condiciones de operación durante el uso y la concentración del pigmento. Por lo tanto, se deduce que la selección del pigmento también dependerá de las propiedades que tenga el plástico que se quiera pigmentar.

#### 4).- Resistencia a la migración o sangrado

Básicamente existen cuatro tipos de migración o sangrado de un pigmento en un plástico; estos son:

- Sangrado.- Es la migración del pigmento desde el polímero hacia un material con el cual está en contacto.

- Crocking.- Es la migración del pigmento a la superficie del polímero; en este caso, el pigmento se desprende del plástico en el cual está aplicado.
- Bronceado.- Es la migración de un pigmento metálico a la superficie del polímero.
- Plateado.- Es la transferencia del pigmento, durante el calandreo, hacia los rodillos.

La causa de que un pigmento migre o sangre, todavía no se conoce con exactitud; aunque se cree que es debido a una descomposición ocurrida durante el proceso, es decir, cambios en la solubilidad del pigmento en el polímero debidas a la temperatura y a la humedad. Lo que sí se tiene comprobado es que si el plástico es expuesto por largo tiempo a altas temperaturas, el pigmento generalmente tiende a migrar.

Cuando se va a seleccionar un pigmento para ser usado en algún plástico, es muy importante tener en cuenta su resistencia a migrar, sobre todo en las industrias donde los plásticos son utilizados para empacar alimentos; esto se debe a que si el pigmento llegara a migrar, podría contaminar algún alimento.

#### o).- Resistencia al ataque químico

La estabilidad o resistencia de un pigmento a que sea atacado químicamente depende más bien del uso que se le vaya a dar al plástico pigmentado. Por ejemplo, las resinas que tienen --

grupos isocianatos, reaccionan con los grupos hidroxilos, por lo tanto, los pigmentos que contienen este grupo no deberán de aplicarse a los isocianatos.

Otro ejemplo sería el siguiente: las resinas epóxicas son polimerizadas con diaminas y triaminas, por lo que los pigmentos que sean ácidos no se podrán emplear ya que los grupos ácidos reaccionan con las diaminas y con las triaminas.

Cuando se procesan resinas de fenol-formaldehído o de urea-formaldehído, se libera suficiente cantidad de formaldehído que afecta a varios pigmentos; un ejemplo de este tipo sería cuando una resina de urea-formaldehído se pigmenta con ftalocianina verde; al terminar la operación, el pigmento se descompone y desaparece rápidamente.

#### 6).- Resistencia a sangrar en presencia de un solvente

Además de todas las propiedades de resistencia antes mencionadas, existe otra propiedad importante la cual es la resistencia del pigmento a sangrar en presencia de un solvente, es decir, la solubilización del pigmento en un solvente.

En muchas industrias, esta propiedad es de suma importancia ya que esto puede ocasionar que se manchen los rodillos en una operación de calandreo, también causa mucha contaminación, puede manchar áreas adyacentes, puede acabar con la transparencia o con

la brillantez de un pigmento, puede también causar la migración del pigmento a la superficie del polímero o puede ocasionar la - floculación del pigmento.

Un ejemplo de lo anterior, puede ser la diclorobencidina - amarilla y la ftalocianina azul; ambos tienden a flocular cuando se les expone a algunos solventes por períodos de tiempo prolongados.

Se han hecho algunos estudios sobre este tema y se ha concluido que la resistencia de un pigmento a los solventes depende de varios factores, de los cuales los más importantes son: 1) la estructura molecular y el tamaño de partícula del pigmento; 2) - la naturaleza química del plástico y de los plastificantes que -- contenga éste; 3) la temperatura. (9, 14, 18)

### III.2 .- METODOS DE PIGMENTACION

Como ya se dijo con anterioridad, el método de pigmentación, o sea, la forma de introducir el pigmento en el plástico, es un factor importante en la selección del pigmento adecuado. Una correcta incorporación del pigmento en el plástico, eleva la calidad del producto, acelera la producción y reduce el costo de fabricación.

A continuación se describen los principales métodos de pigmentación que se utilizan actualmente:

1).- Pigmentación en seco

Es uno de los métodos básicos para pigmentar plásticos. El procedimiento consiste en mezclar el o los pigmentos y el plástico en un mezclador generalmente de tambor, para pasar posteriormente la mezcla a una inyectora, extrusora o a una máquina de soplado.

Este es el método más simple para incorporar pigmentos a materiales termoplásticos y aunque no se obtiene un producto de gran calidad, sus características son aceptables en la mayoría de los casos.

Este tipo de pigmentación ofrece varias ventajas, estas son:

- a).- El fabricante puede trabajar varios colores o puede mezclarlos, ahorrándose el tener un alto inventario de plásticos pigmentados.
- b).- Poco desperdicio de material, ya que el fabricante sólo usa lo necesario.

- c).- Ahorro en el espacio de almacenaje, ya que sólo se tienen los pigmentos en las cantidades necesarias.
- d).- Facilidades para el rápido cambio de colores de los pigmentos.

En cambio, las desventajas que presenta este método son las siguientes:

- a).- Este proceso genera mucha contaminación por polvos que pueden, en dado caso, contaminar materiales cercanos al área de pigmentación.
- b).- La dispersión obtenida no es tan buena como la que se presenta por otros métodos.

Con algunos plásticos, tales como el poliestireno y el polietileno de baja densidad, la mezcla efectuada por la máquina de inyección o la extrusora, es suficiente para obtener buena dispersión; en cambio, en resinas como el polipropileno y el polietileno de alta densidad y bajo punto de fusión, es necesario colocar algún elemento que ayude a la dispersión en el cuerpo de calentamiento de la inyectora o en el caso de extrusión, este elemento dispersador se coloca en las mallas de la extrusora.

Aunque la pigmentación en seco es muy sencilla, deben seguirse ciertas precauciones. Los pigmentos deben ser pesados con exactitud para evitar variaciones de lote a lote; el tiempo de mezclado debe ser uniforme también de lote a lote para evitar un mayor -

desarrollo de color por mezclado excesivo; el área de mezclado y pesado de pigmentos debe estar localizada en un lugar apartado para evitar contaminación por el polvo desprendido.

El plástico a pigmentar debe encontrarse seco, pues si tiene partículas húmedas el producto final aparecerá con defectos. Es muy recomendable secar la mezcla plástico-pigmento antes de moldear, principalmente cuando se usan plásticos sensitivos a la -- humedad (higroscópicos), como es el caso del ABS (acrilonitrilo-butadieno-estireno).

## 2).- Pigmentación por extrusión

El principal objetivo de la pigmentación por extrusión es - el de obtener plásticos pre-pigmentados. Esta pigmentación debe considerarse como una etapa intermedia en la obtención del producto final, la cual ayuda a obtener una mejor dispersión y uniformidad de color.

Los pigmentos son primeramente mezclados con el plástico siguiendo el método de pigmentación en seco. La mezcla en seco es cargada posteriormente en la extrusora, donde un husillo mezcla - el plástico fundido y los pigmentos. Las tiras continuas de material pigmentado que salen de la extrusora son enfriadas, ya sea - por aire o agua y se cortan en pedazos pequeños.

## 3).- Pigmentación por medio del concentrado de color

El uso del concentrado de color para la pigmentación de - -

plásticos ha venido a cambiar los métodos tradicionales que se usaban para este fin, como son los mencionados anteriormente.

Se define un concentrado de color como la mezcla homogénea en forma sólida, formada por uno o varios pigmentos en alta concentración y un polímero vehículo.

El principal objetivo al usar concentrados de color es - eliminar la contaminación que se provoca con pigmentos en polvo y a su vez, reducir los tiempos de limpieza de los equipos que intervienen en el proceso. Adicionalmente, se presentan otras - ventajas importantes como son: un mayor desarrollo de color, variaciones controladas en los tonos, máxima dispersabilidad de los - pigmentos y algunas otras.

Básicamente, el método de fabricación de un concentrado de color se resume en la humectación de una concentración alta de pigmentos (mayor al 10%) por un polímero fundido, seguida de una homogenización intensa que permita dispersar perfectamente el o los pigmentos en el polímero.

Existen algunos factores importantes que se deben de cuidar cuando se fabrica un concentrado de color. Uno de esos factores es el siguiente: el polímero en el que el pigmento se aplicará es un punto muy crítico al formular un concentrado. Polímeros de diferente tipo o de diferente proveedor, pueden variar el tono del color.

Otro factor importante que cabe mencionar, es el llamado - "Melt Index", el cual es una medida del flujo del polímero; entre

mayor sea el "Melt Index", mayor flujo tendrá el polímero y viceversa. El "Melt Index" de los concentrados de color debe de ser más alto para asegurar una buena homogenización o distribución del concentrado en el polímero fundido. Esto se debe a que al fabricarse el concentrado, el Melt Index del polímero vehículo se abate por la alta concentración de pigmento que se incorpora en él. Por lo cual, se debe usar para la fabricación del concentrado un polímero con Melt Index alto, el cual, al ser cargado, bajará su Melt Index a aproximadamente el del polímero que va a ser pigmentado.

Las condiciones de proceso en que se utilizará un concentrado son muy importantes y deben de considerarse al formularlo. El tipo y edad del equipo de proceso dan una idea acerca de la capacidad de mezclado y de qué relaciones de dilución se pueden manejar para estos materiales.

Se llama dilución de un concentrado a la mezcla que se hace de éste con el polímero, a una concentración dada.

Calcular la relación de dilución adecuada para un concentrado es muy sencillo si se sabe cuánto pigmento se necesita en el producto final. Generalmente, se hace lo siguiente: se divide la carga final de pigmento en el concentrado, entre la carga final deseada y después se le resta 1. Un ejemplo sería: si el producto requiere 4% de pigmento blanco y se tiene un concentrado conteniendo una carga del 80%, el cálculo es:

$$\frac{80}{4} - 1 = 19$$

en otras palabras se deben de mezclar 19 partes en peso de polímero virgen con 1 parte de concentrado para una dilución de 19:1.

Esta relación de dilución no siempre se cumple; depende de algunas variables importantes. Por ejemplo, el método de fabricación del producto final frecuentemente limita la elección de dilución. Cuando el producto final se realiza por medio del proceso de inyección, la relación de dilución depende del tipo de máquina inyectora que se esté utilizando.

En el proceso de extrusión existen cuatro factores que influyen las relaciones de dilución para los concentrados, estos son: la relación longitud/diámetro del husillo de la extrusora, la presión de retroceso de la extrusora, la temperatura durante el proceso de extrusión y la velocidad de extrusión.

Ahora hablaremos de los problemas más comunes en el uso de los concentrados. Uno de los defectos más típicos es la pobre dispersión; este problema es generalmente causado por el concentrado de color, ya que el pigmento no está perfectamente deaglomerado en el polímero vehículo. Puntos o manchas son ampliamente identificados como causados por una mala dispersión más que por alguna otra causa.

Una relación de dilución pobre, es otro de los problemas. Esto se evidencia por un "rayado" o "veteado" de color. Generalmente, la causa es que no se está mezclando bien el concentrado con el polímero virgen, o no se están homogenizando bien los materiales ya en la mezcla fundida.

#### 4).- Pigmentación con pastas

Este es un método generalmente usado para la pigmentación de acrílico, PVC y resinas termofijas.

El procedimiento es como sigue: se hace primeramente la pasta concentrada, la cual contiene el o los pigmentos y un vehículo, que en el caso de los termoplásticos, es generalmente monómero de la resina a pigmentar o plastificante. Esta pasta se elabora en molinos de tres rodillos y en algunas ocasiones se usan molinos de bolas.

El vehículo para hacer la pasta es muy importante, pues debe de ser el mismo tipo de resina que se va a pigmentar para que no se tengan incompatibilidades en el producto final. La viscosidad de estas pastas es variable, pudiendo ser desde muy fluídas hasta muy espesas, dependiendo esto del vehículo y pigmentos usados y de la concentración de sólidos.

Algunas veces, si se tiene almacenada una pasta por largo tiempo en la cual se emplearon para producirla varios pigmentos, se puede presentar una separación de los pigmentos. Esto se puede remediar si al fabricar la pasta se usan agentes dispersantes y

agentes de suspensión adecuados.

Normalmente, si se cuenta con un buen sistema para dispersar pigmentos en polvo, no es recomendable usar pasta para resina sólidas, pues el proceso de molienda de la pasta concentrada y las mayores dificultades en el control, ocasionan una elevación en el costo. (9, 14, 18)

III.3 .- DESCRIPCION DE LAS PRUEBAS  
DE LABORATORIO

La aprobación o rechazo de un pigmento para ser usado en plásticos, depende básicamente del tipo de plástico, de las condiciones del proceso y del uso final que se le vaya a dar al plástico pigmentado. Por estas razones, las pruebas de laboratorio sólo actúan como guías y nunca podrán reemplazar a las pruebas de campo.

Para ayudar a seleccionar el pigmento adecuado, se ha conjuntado una serie de información de las propiedades de los pigmentos (resistencia a la luz, resistencia al calor, poder tintóreo, etc.); esta información se basa en datos obtenidos a través de las pruebas realizadas por la Sociedad Americana de Pruebas y Materiales (American Society of Testing and Materials) y también por las pruebas de la British Standard, además de las pruebas de campo realizadas por fabricantes y clientes.

A continuación se mencionan algunas de las pruebas más importantes que se les practican a los pigmentos. Estas pruebas están reconocidas a nivel internacional.

#### Resistencia a migrar en presencia de un solvente

El procedimiento típico es el siguiente: adicionar 0.5 g. de pigmento en 20 ml. de disolvente. Agitar bien durante un periodo de 4 hrs. a una temperatura de 20°C. Filtrar el pigmento no disuelto; repetir la filtración si el filtrado sigue turbio. Comparar el filtrado con un control, ambos deben estar en tubos de igual talla. Evaluar la diferencia de los dos tubos, usando la Escala --

Internacional Grey.

### Resistencia a la luz

Esta prueba se realiza midiendo el desteñido que sufre un pigmento sometido a una exposición a la luz solar por períodos de 3, 6, 9, 12, 18 y 24 meses. Normalmente, esto requiere de la preparación de un alquilar o de un esmalte similar; se rocía la pintura pulverizada sobre paneles de acero o de aluminio y se someten dichos paneles, en diferentes ángulos, a una exposición directa a la luz solar.

### Resistencia al intemperismo

La resistencia al intemperismo de un plástico pigmentado, generalmente depende de la composición química del pigmento usado, de su concentración y del medio al que será expuesto el plástico pigmentado. La prueba de resistencia a la intemperie se realiza de la siguiente manera: paneles de plástico pigmentado son expuestos a la intemperie a diferentes concentraciones del pigmento que se quiere probar. Los resultados se comparan con un control, el cual no fué expuesto. Para evaluar las diferencias se utiliza la Escala Internacional Grey.

### Resistencia al calor

La prueba consiste en someter a diferentes sistemas pintura-pigmento en forma de líquido pulverizado a diferentes temperaturas,

esto se realiza en una cámara sujeta a aire forzado desde 30 minutos hasta 2 horas, hasta que el tono cambie o pierda fuerza.

#### Resistencia a los ácidos y a los álcalis

El procedimiento más usado es el siguiente: se prepara una dispersión al 20% del pigmento a probar en dioctil ftalato; esta dispersión se coloca sobre una papel ordinario. Después se sumerge el papel en la solución ácida o alcalina a probar a una temperatura de 21°C por 30 minutos. Al finalizar la prueba, el papel es evaluado contra un control para ver si hubo variaciones en el tono o degradaciones de color.

#### Poder cubriente

Una de las pruebas más comunes para determinar el poder cubriente de un pigmento consiste en moler una cantidad previamente pesada de pigmento y disolverla en alguna resina; una vez que está bien disuelta, se coloca sobre una hoja blanca la cual deberá tener en el centro una franja sobreimpresa de color negro. El pigmento disuelto se esparce sobre la hoja con un rodillo especial que lo esparce a espesor constante.

La evaluación del grado de opacidad o transparencia se realiza comparando cada carta con un control. Este control lo podemos encontrar en el British Standard 2661-61 o también en el ASTM Standard.

### Poder tintóreo

El poder tintóreo se determina normalmente moljendo 0.5 g. de pigmento en 0.75 g. de barniz litográfico No. 2 entre dos placas de vidrio. Esto se coloca en un equipo especial tipo -- Hoover Muller a 50 revoluciones por minuto; esta operación se repite en cuatro ocasiones. Después, se toma 0.1 g. de pigmento y se reduce con 2.5 g. de óxido de zinc. Luego, se esparce en una hoja blanca y se compara con un estándar (ASTM D 387-60).

### Estabilidad del cristal

La estabilidad del cristal es también un término usado en pigmentos; describe la tendencia de las partículas del pigmento a crecer en presencia de un solvente. La prueba que se realiza consiste en colocar 1 g. de pigmento en un tubo de ensayo conteniendo 10 ml. de tolueno. Agitar bien el tubo y después colocarlo en un "baño maría" a ebullición por un tiempo de 30 minutos. Una vez enfriado el tubo, se toma una muestra y se coloca en un microscopio. Si se forman partículas en forma de aguja, nos indicará que hubo cristalización. (9, 18)

III.4 .- REQUERIMIENTOS DE LOS PIGMENTOS  
PARA SER USADOS EN LOS PRINCIPA-  
LES POLIMEROS

Existen algunos requerimientos importantes que deben de cumplir los pigmentos dependiendo de la resina que se quiera pigmentar. A continuación, se describen algunas recomendaciones para el mejor uso de los pigmentos en algunos de los plásticos más importantes.

Primero se indicará el tipo de polímero y en seguida se indicarán los requerimientos que deben de tener los pigmentos para el polímero mencionado.

#### Copolímero acrilonitrilo-butadieno-estireno

Buena resistencia al calor, excelente resistencia a la luz, buena dispersión.

#### Homopolímero y copolímero acetálico

Buena resistencia al calor y alta pureza del pigmento.

#### Polímeros de acrílico

Moderada resistencia al calor, buena resistencia a la luz, buena resistencia al intemperismo y también buena resistencia a la oxidación.

#### Poliéteres clorados

Buena resistencia al calor, a los ácidos, a los álcalis y a los solventes; estos polímeros tienen una excelente resistencia a la corrosión por lo que son usados ampliamente en equipo industrial, lo anterior nos lleva a que el pigmento debe de tener las -

mismas propiedades de resistencia que la resina.

#### Plásticos celulósicos

De moderada a buena resistencia al calor y a la luz y buena resistencia a los ácidos, ya que algunos de estos polímeros son procesados en un medio ácido.

#### Plásticos fluorados

Excelente resistencia al calor, ácidos y álcalis; los pigmentos orgánicos no son muy recomendados.

#### Nylons

Excelente resistencia al calor, buena resistencia a la luz, buena dispersión y no deben de ser susceptibles a ser reducidos. La temperatura de proceso tan alta excluye a la mayoría de los pigmentos orgánicos.

#### Peróxido de fenileno

De buena a excelente resistencia al calor y a la luz; la mayoría de los pigmentos orgánicos pueden ser usados.

#### Polietileno

Buena resistencia a la luz y buena resistencia a la migración.

#### Polipropileno

Excelente resistencia al calor y buena resistencia a la luz; la alta temperatura de proceso elimina el uso de algunos pigmentos

orgánicos.

Poliestireno  
-----

Excelente resistencia al calor, de buena a excelente resistencia a la luz y buena dispersabilidad; las altas temperaturas de proceso que se utilizan impiden el uso de la mayoría de los pigmentos orgánicos y también algunos de los pigmentos inorgánicos.

Polímeros y copolímeros de vinilo  
-----

Buena resistencia a la luz y a la migración, además buena dispersión del pigmento; la mayoría de los pigmentos orgánicos e inorgánicos se pueden utilizar; aquellos que son susceptibles a condiciones ácidas no son recomendados.

Policarbonatos  
-----

Los pigmentos que se utilizan deben de ser anhidros, ya que el menor indicio de agua durante el procesamiento de esta resina, provoca una reducción en las propiedades de ésta.

Resinas epóxicas  
-----

Buena resistencia a la luz y al calor; buena resistencia a algunos agentes específicos tales como amoníaco, aminas y fenoles.

### Resinas alifáticas

Buena resistencia al calor; la mayoría de los pigmentos orgánicos e inorgánicos se utilizan.

### Ftalatos dialquílicos

De buena a excelente resistencia a la luz, buena resistencia a la oxidación.

### Resinas melamina-formaldehído

De buena a excelente resistencia a la luz y buena resistencia a los ácidos.

### Resinas urea-formaldehído

Excelente resistencia a la luz.

### Silicones

Excelente resistencia al calor y a la luz; para moldear esta resina se trabaja a temperaturas arriba de 260°C, por lo que la mayoría de los pigmentos orgánicos no se utilizan.

### Poliuretanos

Buena dispersión y buena resistencia al calor; la mayoría de los pigmentos se recomiendan.

Resinas fenólicas

Buena resistencia al calor y buena resistencia al amoníaco y al formaldehído.

Resinas poliéster

De buena a excelente resistencia al calor; buena resistencia a los inhibidores tales como la hidroquinona y el terbutilcatecol. (9, 13)

**III.5 .- PIGMENTOS PARA LOS PRINCIPALES  
PLASTICOS**

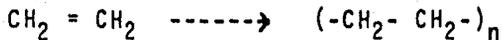
De todos los plásticos antes mencionados, a partir de ahora, nos enfocaremos básicamente a cuatro de ellos, los cuales son los más utilizados en la actualidad. Por esta razón, el estudio técnico-mercadológico se realizó en base a ellos. Estos plásticos son:

- 1).- Polietileno
- 2).- Polipropileno
- 3).- Poliestireno
- 4).- Cloruro de polivinilo (PVC)

A continuación, se hace una breve descripción de cada uno de ellos y también se habla ampliamente de los pigmentos que se pueden utilizar para pigmentar estas resinas.

#### 1).- POLIETILENO

El polietileno se produce a partir del etileno:



Este polímero se obtiene básicamente en dos variedades, las cuales son polietileno de baja densidad y polietileno de alta densidad.

El polietileno de baja densidad contiene cadenas laterales, en cambio el de alta densidad prácticamente no contiene ninguna cadena lateral. También existe el polietileno de media densidad el cual es una mezcla de los dos anteriores.

Generalmente, el polietileno de baja densidad es el resultado de una síntesis a alta presión; en cambio, el de alta densidad es fabricado a una presión más baja; ambos usan catalizador.

A esta resina normalmente se le agregan antioxidantes y estabilizadores contra la luz ultravioleta.

La resina pura e incolora se clasifica de acuerdo a su densidad tal como se indica en la tabla III.I.

-----  
TABLA III.I  
-----

----- Polietileno -----	----- Densidad (g/cm <sup>3</sup> ) -----
Baja densidad	0.910 a 0.925
Media densidad	0.926 a 0.940
Alta densidad	0.941 en adelante

Existen otras variables importantes tales como peso molecular, distribución de peso molecular y resistencia al flujo. Estas resinas tienen algunas diferencias entre sí, a tal grado que los pigmentos se pueden comportar diferente de acuerdo a las condiciones del polímero. Las temperaturas de proceso que normalmente se utilizan en el polietileno tienen un rango de - 160 a 350°C.

-----  
Métodos de pigmentación  
-----

El polietileno es una resina fácil de pigmentar; tanto los pigmentos inorgánicos como los orgánicos se utilizan en gran cantidad. El método de pigmentación depende en gran parte del equipo que se use. Para obtener el tono deseado, es más -

económico adquirir una mezcla de pigmentos secos previamente mezclados y después mezclarlos con la resina.

No se requiere de ninguna tecnología por parte del usuario para poder pigmentar polietileno. Un punto importante que se debe de cuidar es que el tono final de la resina dependerá en gran parte del estado del equipo y del tamaño de partícula de la resina.

Como ya se vio anteriormente, los concentrados de color son resinas con altas cargas de pigmentos, los cuales se mezclan después con la resina incolora. En polietileno, la carga de pigmento varía de un pigmento a otro; un promedio podría ser de 25 partes de resina por 1 de concentrado de color (25:1).

#### Pigmentos para polietileno

-----

En las tablas III.2 y III.3 se enlistan los pigmentos inorgánicos y orgánicos que se utilizan para el polietileno.

El bióxido de titanio es el mejor pigmento blanco para la opacidad que tiene el polietileno. El sulfuro y el óxido de zinc se usan en muy poca cantidad.

El negro de humo se utiliza mucho en recubrimientos para cables y películas; su habilidad para bloquear la luz ultravioleta hace posible el uso del polietileno en aplicaciones al exterior. La dispersión debe ser perfecta para obtener el máximo rendimiento de este pigmento.

El azul ultramarino es económico pero los ácidos lo atacan, además se puede decolorar a la hora del proceso. El aluminato de cobalto es mucho más estable pero tiene un costo elevado.

El óxido de cromo verde es oscuro, no dispersa muy bien pero tiene una alta durabilidad. El óxido hidratado puede perder agua y se decolora a altas temperaturas.

El cromato de plomo amarillo y el molibdato naranja se utilizan muchísimo, excepto en donde el plomo es rechazado. Los cadmio amarillos, naranjas y rojos tienen muy buenas propiedades, excepto la pobre resistencia al intemperismo de los amarillos.

Los óxidos de fierro amarillo, rojo, café y negro sintéticos son muy baratos. Los pigmentos metálicos son usados sobre todo cuando se quieren lograr efectos especiales.

La ftalocianina azul da claridad, tono y brillantez y además tiene una gran versatilidad. El tono verdoso es muy estable; el tono rojizo es menos estable en polietileno de alta densidad. La dispersión de estos pigmentos no es muy buena.

La ftalocianina verde es un excelente pigmento aunque tiene algunos problemas en cuanto a dispersión se refiere; el tipo bromado es menos estable al calor.

El diarilo o diclorobencidina amarilla (Pigmento Amarillo 17), es económico, limpio y brillante que se dispersa muy bien. No es muy estable a altas temperaturas. Los diazo amarillos son claros, limpios pero caros; tienen muy buena dispersión.

-----  
 TABLA III.2 PIGMENTOS INORGANICOS PARA POLIETILENO  
 -----

Nombre Común -----	Colour Index -----	
	Nombre -----	Número -----
Bióxido de titanio	Pigmento Blanco 6	77891
Sulfuro de zinc	Pigmento Blanco 7	77975
Oxido de zinc	Pigmento Blanco 4	77947
Negro de humo	Pigmento Negro 7	77266
Oxido de fierro negro	Pigmento Negro 11	77499
Azul ultramarino	Pigmento Azul 29	77007
Aluminato de cobalto	Pigmento Azul 28	77346
Oxido de cromo	Pigmento Verde 17	77288
Oxido de cromo hidratado	Pigmento Verde 18	77289
Verde ultramarino	-----	77013
Cadmio amarillo	Pigmento Amarillo 37	77199
Cromo amarillo	Pigmento Amarillo 34	77603
Níquel titanio amarillo	Pigmento Amarillo 53	77788
Oxido de fierro hidratado	Pigmento Amarillo 42	77492
Cadmio naranja	Pigmento Naranja 20	77196
Molibdato naranja	Pigmento Rojo 104	77605
Cadmio rojo	Pigmento Rojo 108	77202
Mercurio -cadmio rojo	Pigmento Rojo 113	77201
Oxido férrico	Pigmento Rojo 101	77491
Siena	Pigmento Café 7	-----
Oxido de fierro café	Pigmento Café 6	77499
Titanio café	-----	-----
Aluminio	Pigmento Metal 1	77000
Bronce	Pigmento Metal 2	77400

TABLA III.3 PIGMENTOS ORGANICOS PARA POLIETILENO

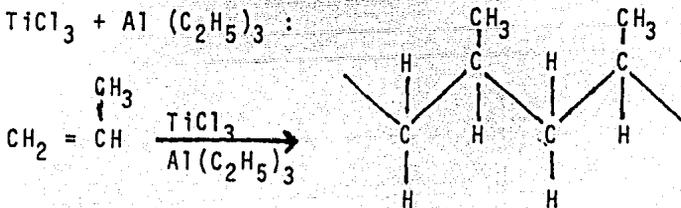
Nombre Común	Colour Index	
	Nombre	Número
Ftalocianina azul (tono rojizo)	Pigmento Azul 15	74160
Ftalocianina azul (tono verdoso)	Pigmento Azul 15:3	74160
Ftalocianina verde	Pigmento Verde 7	74260
Ftalocianina verde bromada	Pigmento Verde 36	74265
Diarilo amarillo	Pigmento Amarillo 17	21105
Diazo amarillos	Pigmento Amarillo 4, 5, 93	-----
Diazo naranja	Pigmento Naranja 31	-----
Diazo café	Pigmento Café 23	-----
Rojo Lake C (Ba)	Pigmento Rojo 53	15585
Pigmento escarlata	Pigmento Rojo 60	16105
Rojo permanente 2B (Ba)	Pigmento Rojo 48	15865
Quinacridona magenta	Pigmento Rojo 122	73915
Quinacridona violeta	Pigmento Violeta 19	46500
Perileno rojo	Pigmento Rojo 123	71140
Perileno rojo	Pigmento Rojo 179	71130
Perileno rojo	Pigmento Rojo 149	71137
Diazo rojos	Pigmento Rojo 144, 146, 166, 220, 221	-----

El rojo Lake C es un pigmento monoazóico que se utiliza mucho en el polietileno de baja densidad. El rojo permanente 2B es mucho más estable, pero no es conveniente usarlo a altas temperaturas ni en aplicaciones al exterior. Las quinacridonas roja y violeta son excelentes pigmentos, pero tienen un costo muy elevado.

## 2).- POLIPROPILENO

El polipropileno es un polímero altamente cristalino, tiene un punto de fusión de 165°C; generalmente se le procesa entre 205 y 300°C.

El polipropileno se obtiene colocando el monómero de propileno con un catalizador coordinado del tipo Ziegler-Natta, por ejemplo,  $TiCl_3 + Al(C_2H_5)_3$  :



El polímero que se forma es isotáctico, esto es, que todos los grupos metilo están situados en el mismo lado de la cadena de carbonos. La cadena normalmente se encuentra en forma de espiral.

Esta resina puede ser extruída, moldeada, puede producirse en forma de lámina y también puede obtenerse en forma de hilos para fibras. El polipropileno es usado en tuberías, radios,

gabinetes de televisión, partes automotrices, artículos del hogar, botellas, juguetes, empaques y una gran infinidad de artículos.

Cuando el polipropileno tiene alto peso molecular se pueden obtener películas de la resina y cuando tiene bajo peso molecular proporciona rápidos ciclos para moldeo. En ocasiones se le puede agregar fibra de vidrio o asbesto para reforzarlo. A veces también se le adiciona cloruro de antimonio o compuestos de halógeno para que la resina tenga propiedades de retardante a la flama.

Abajo de los 0°C, el polipropileno se vuelve quebradizo. Bajo la acción del calor, el polipropileno se puede degradar a menos de que se le agregue un estabilizador.

El polipropileno es una resina fácil de pigmentar; los métodos de pigmentación más comunes se pueden aplicar. La resina se mezcla con pigmentos secos, luego se pasa a un mezclador y después se extruye o se moldea. La dispersión del pigmento en la resina puede favorecerse adicionando ácido esteárico o aceite mineral antes de agregar el pigmento.

Si se utilizan partículas muy finas de resina, la dispersión del pigmento mejora pero la alimentación a la extrusora se dificulta. También es posible mezclar la resina, el estabilizador y el pigmento en un mezclador de alta eficiencia.

Los concentrados de color también son muy utilizados; éstos se adicionan a la resina incolora y así el proceso de pigmentación es más rápido.

#### Pigmentos para polipropileno -----

El bióxido de titanio es el pigmento blanco más utilizado, pero a bajas concentraciones puede afectar la resistencia al intemperismo del polipropileno en fibra o en película. El negro de humo es un pigmento excelente para el polipropileno, además lo ayuda a tener mayor estabilidad a la luz y al calor.

El óxido de fierro negro y el azul cobalto se utilizan en gran cantidad. Otros óxidos de fierro en color amarillo, café y otros, también son usados. El azul ultramarino sólo permanece estable en tonos muy fuertes. Los cadmio y mercurio-cadmio amarillos, naranjas y rojos son muy usados, pero no se les recomienda en aplicaciones al exterior.

Otros pigmentos que tienen buena durabilidad son el óxido de fierro rojo, el óxido de cromo y el amarillo titanio. Los pigmentos inorgánicos que se utilizan para pigmentar polipropileno se enlistan en la tabla III.4.

La mayoría de los pigmentos orgánicos son compatibles con el polipropileno, éstos le proveen brillo y tonos estables a costos muy razonables.

La quinacridona y el violeta dioxazina son dos pigmentos que se utilizan muchísimo. La indantrona es un pigmento azul - muy usado. La ftalocianina azul y la ftalocianina verde son - excelentes pigmentos para el polipropileno.

Las diclorobencidinas o diarilos amarillos y naranjas se utilizan cuando la exposición al calor es mínima y además no se les usa en aplicaciones al exterior. Los pigmentos diazo y las isoindolinonas tienen muy buena estabilidad.

Algunas antraquinonas amarillas y naranjas deben de tener la estabilidad requerida contra la luz y el calor para poder - aplicarlos al polipropileno. Esto también lo necesitan las flavantronas, las antrapirimidinas amarillas y las pirantronas na-ranjas. Entre los rojos, los que más se utilizan son las quinacrinas, los tioíndigos y los perilenos. En la tabla III.5 se muestran varios de los pigmentos orgánicos que se utilizan para el - polipropileno.

TABLA III.4 PIGMENTOS INORGANICOS PARA POLIPROPILENO

Colour Index

Nombre Común	Nombre	Número
Bióxido de titanio	Pigmento Blanco 6	77891
Oxido de zinc	Pigmento Blanco 4	77947
Negro de humo	Pigmento Negro 7	77266
Oxido de fierro	Pigmento Negro 11	77499
Azul ultramarino	Pigmento Azul 29	77007
Azul cobalto	Pigmento Azul 28	77346
Oxido de cromo verde	Pigmento Verde 17	77288
Cromo amarillo	Pigmento Amarillo 34	77603
Molibdato naranja	Pigmento Rojo 104	77605
Cadmio amarillo	Pigmento Amarillo 37	77199
Cadmio naranja	Pigmento Naranja 20	77196
Cadmio rojo	Pigmento Rojo 108	77202
Mercurio-cadmio naranja	Pigmento Naranja 23	77201
Mercurio-cadmio rojo	Pigmento Rojo 113	77201
Titanio amarillo	Pigmento Amarillo 53	77788
Oxido de fierro rojo	Pigmento Rojo 101	77491

TABLA III.5 PIGMENTOS ORGANICOS PARA POLIPROPILENO

		Colour Index
Nombre Común	Nombre	Número
Quinacridona violeta	Pigmento Violeta 19	46500
Dioxazina violeta	Pigmento Violeta 23	51319
Ftalocianina azul	Pigmento Azul 15	74160
Ftalocianina sin-metal	Pigmento Azul 16	74100
Indantrona azul	Pigmento Azul 22	69810
Ftalocianina verde	Pigmento Verde 7	74260
Ftalocianina verde bromada	Pigmento Verde 36	74265
Diarilo amarillos	Pigmento Amarillo 14, 16, 17, 83	-----
Diazo amarillos	Pigmento Amarillo 93, 94, 95, 123	-----
Isoindolinonas	Pigmento Amarillo 109, 110	-----
Flavantrona amarilla	Pigmento Amarillo 112	70600
Antrapirimidina	Pigmento Amarillo 108	68240
Diarilo naranja	Pigmento Naranja 13	21110
Diarilo naranja RL	Pigmento Naranja 37	-----
Rubina Lithol (Sr)	Pigmento Rojo 52	15850
Diazo naranja	Pigmento Naranja 31	-----
Perinona naranja	Pigmento Naranja 43	71105
Antantrona naranja	Pigmento Rojo 168	59300
Pirantrona naranja	Pigmento Rojo 197	59710
Quinacridona roja	Pigmento Rojo 122	73915
Tioíndigo rojos	Pigmento Rojo 88, 198	-----
Diazo rojos	Pigmento Rojo 144, 166, 220	-----
Perileno rojos	Pigmento Rojo 149, 179, 190	-----
Diazo café	Pigmento Café 23	-----

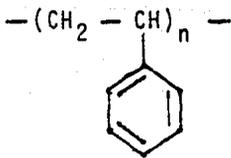
### 3).-POLIESTIRENO

-----

El poliestireno fué preparado por primera vez en 1838; pero la comercialización de este producto comenzó cerca de un siglo después. Su producción se aceleró de una manera extraordinaria por la necesidad del hule estireno-butadieno durante la segunda guerra mundial.

El poliestireno es una resina transparente, es rígida y quebradiza, no transmite la electricidad y además tiene buenas propiedades de barrera (protección contra la humedad). Su índice de refracción de 1.592 produce cristales puros y brillantes. Su fabricación y su pigmentación generalmente no presenta dificultades.

El estireno se produce a nivel industrial por una etilación de benceno seguida de una deshidrogenación. La polimerización del monómero se efectúa generalmente utilizando un cataliizador tipo peróxido. A continuación se presenta una molécula - del polímero de estireno:



Al polímero puro se le conoce como poliestireno uso general. Su resistencia al intemperismo se mejora con la incorporación de un agente. El poliestireno tiene buena resistencia

a varios compuestos químicos, pero los solventes lo atacan con mucha facilidad.

Existe otro tipo de poliestireno el cual está modificado con partículas de hule y se le conoce con el nombre de poliestireno-impacto. Este material no es tan quebradizo -- como el poliestireno uso general. Durante la polimerización se le agrega el polibutadieno u otros elastómeros y el resultado es una resina blanca y translúcida.

Tanto el poliestireno uso general como el poliestireno impacto, tienen un rango de temperaturas de moldeo de 150 a 315°C; la temperatura más común es de 195°C aproximadamente.

Una de las propiedades importantes que tiene el poliestireno es su fácil incorporación de pigmentos, se le pueden adicionar cargas muy altas de pigmentos sin alterar ninguna de sus propiedades. Los concentrados de color se utilizan muchísimo para pigmentar esta resina.

En poliestireno moldeado y otros plásticos transparentes ocasionalmente se puede producir el efecto de manchar o salpicar un color por otros colores. Esto se realiza mezclando poliestireno extruído de por lo menos dos colores diferentes de tal manera que uno raye al otro y rompa el color del otro. Un ejemplo - de este efecto son las conchas de tortuga; el color ámbar transparente que contienen se rompe por un color café oscuro. El éxito

del salpicado de colores depende básicamente de las características de la resina, de las condiciones de moldeo y de la máquina en donde se realice dicha operación.

#### Pigmentos para poliestireno

Los pigmentos que se utilizan para pigmentar poliestireno deben de tener muy buena resistencia a la temperatura, deben ser estables a 200°C, además deben de tener las características importantes de un pigmento, tales como resistencia al intemperismo, fácil dispersión y buena resistencia a la migración.

Existen varios pigmentos inorgánicos que poseen las propiedades antes mencionadas, entre los más utilizados encontramos el bióxido de titanio, el negro de humo, los óxidos de fierro, el azul ultramarino, los cadmios y una gran variedad de pigmentos. En la tabla III.6 se enlistan los pigmentos inorgánicos que más se utilizan.

En poliestireno uso general, se pueden realizar efectos metálicos con la incorporación de pigmentos de aluminio o bronce metálico. También se pueden obtener una gran variedad de pigmentos aperlados combinando el poliestireno con alguna resina incompatible, como por ejemplo, el acrílico.

En cuanto a los pigmentos orgánicos se refiere, la mayoría de ellos carece de la estabilidad térmica que se requiere para pigmentar este tipo de resinas; la ftalocianina verde es una de

las pocas excepciones a este respecto. En la tabla III.7, se enlistan los pigmentos orgánicos que pueden usarse en poliestireno. Como ya se dijo, la mayoría de estos pigmentos no pueden usarse a temperaturas muy altas.

TABLA III.6 PIGMENTOS INORGANICOS PARA POLIESTIRENO

Colour Index

Nombre Común	Nombre	Número
Bióxido de titanio	Pigmento Blanco 6	77891
Oxido de zinc	Pigmento Blanco 4	77947
Sulfuro de zinc	Pigmento Blanco 7	77975
Negro de humo	Pigmento Negro 7	77266
Negro hueso	Pigmento Negro 9	77267
Oxido de fierro negro	Pigmento Negro 11	77499
Violeta ultramarino	Pigmento Violeta 15	77007
Violeta mineral	Pigmento Violeta 16	77742
Azul ultramarino	Pigmento Azul 29	77007
Cobalto azul	Pigmento Azul 28	77346
Manganeso azul	Pigmento Azul 33	-----
Oxido de cromo	Pigmento Verde 17	77288
Oxido de cromo hidratado	Pigmento Verde 18	77289
Cadmio amarillo	Pigmento Amarillo 37	77199
Níquel-titanio	Pigmento Amarillo 53	77788
Cromo amarillo	Pigmento Amarillo 34	77603
Molibdato naranja	Pigmento Rojo 104	77605
Cadmio naranja	Pigmento Naranja 20	77106
Mercurio-cadmio naranja	Pigmento Naranja 23	77201
Cadmio rojo	Pigmento Rojo 108	77202
Mercurio-cadmio rojo	Pigmento Rojo 113	77201
Oxido de fierro rojo	Pigmento Rojo 101	77491
Oxido de fierro café	Pigmento Café 11	77495
Aluminio	Pigmento Metal 1	77000
Bronce	Pigmento Metal 2	77400

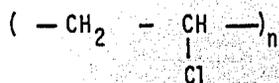
TABLA III.7 PIGMENTOS ORGANICOS PARA POLIESTIRENO

Nombre Común	CoTour Index	
	Nombre	Número
Ftalocianina azul (tono rojizo)	Pigmento Azul 15	76160
Ftalocianina azul (tono verdoso)	Pigmento Azul 15	76160
Indantrona azul	Pigmento Azul 22	69825
Ftalocianina verde	Pigmento Verde 7	74260
Ftalocianina verde bromada	Pigmento Verde 36	74265
Hansa amarillo	Pigmento Amarillo 1	11860
Diarilo amarillo	Pigmento Amarillo 12	21090
Níquel azo amarillo	Pigmento Verde 10	12775
Diarilo naranja	Pigmento Naranja 13	21110
Rojo Lithol	Pigmento Rojo 49	15630
Rojo Lake C	Pigmento Rojo 53	15585
Rojo permanente 2B	Pigmento Rojo 48	15865
Pigmento escarlata	Pigmento Rojo 60	16105
Rojo naftol	Pigmento Rojo 17	12390
Perileno rojo	Pigmento Rojo 123	71145
Tioíndigo	Pigmento Rojo 131	73360

#### 4).-CLORURO DE POLIVINILO

-----

El cloruro de polivinilo (PVC) se produce polimerizando el monómero de cloruro de vinilo ( $\text{CH}_2 = \text{CHCl}$ ) con un catalizador tipo peróxido; el producto resultante es un polímero lineal de alto peso molecular:



Para polimerizar el cloruro de vinilo, generalmente se utilizan dos métodos los cuales son: polimerización en emulsión y polimerización por suspensión.

Existen 3 tipos de PVC en el mercado, los cuales son:

- a).- PVC fluido
- b).- PVC flexible
- c).- PVC rígido

A continuación, se hablará de cada uno de ellos.

##### a).-PVC fluido

-----

Existen cuatro tipos de PVC fluido, estos son: el plastisol, el organosol, el PVC solución y el llamado látex.

El plastisol está compuesto por partículas de polímero en suspensión mezclado con un plastificante. La suspensión se mantiene por el tamaño tan pequeño que tienen las partículas y por un agente dispersante. Los plastificantes que más se utilizan son el dioctil-ftalato y el butil-bencil-ftalato. En el proceso también están presentes estabilizadores y otros aditivos.

El plastisol se obtiene incorporando el polímero al plastificante, se funde la mezcla a una temperatura entre 120 - 150 °C obteniéndose así una solución.

Otro tipo de PVC fluido es el organosol. Este producto difiere del plastisol, en que en el proceso está presente un solvente orgánico volátil cuya función es bajar la viscosidad considerablemente. Los solventes más utilizados son el tolueno y la metil-isobutil-cetona. Cuando el organosol se funde, el solvente se elimina por el calor.

Pigmentos para los plastisoles, primeramente se mezclan con un plastificante tipo polimérico en un molino de tres rodillos. Los concentrados de color generalmente no exceden de un 5%. En cambio en los organosoles, si son posibles altas cargas de pigmentos por su baja viscosidad.

El tercer tipo es el llamado PVC en solución; este compuesto es diferente a los dos presentados anteriormente, ya que en este caso la resina es disuelta en un solvente para formar una laca. Los solventes que se utilizan son ciclohexano o tetrahidrofurano. A veces, al PVC en solución se le copolimeriza con acetato de vinilo. La viscosidad del PVC en solución es baja y la dispersión de los pigmentos en esta resina es difícil.

El látex, es el cuarto tipo de PVC fluido. El látex se produce por el proceso de polimerización en emulsión; por este proceso, se obtiene un tamaño de partícula pequeño por el tensoactivo que se le agrega. Cuando se pigmenta el látex, los pigmentos son

sometidos a una fuerte agitación, además se emplean agentes humectantes, emulsificantes, dispersantes y espumantes. Obviamente, los agentes dispersantes para los pigmentos tienen que ser compatibles con los que se usan para el látex.

#### Pigmentos para PVC fluido

El bióxido de titanio es el pigmento blanco que más se utiliza. Tiene las ventajas de bajo costo, fácil dispersión, es estable a la luz y al calor y tiene buena resistencia química. En cuanto a negros, el negro de humo es el pigmento más utilizado.

Por lo que respecta a los pigmentos azules, los que más se utilizan son la ftalocianina azul, el aluminato de cobalto y el azul ultramarino. La ftalocianina azul tiene la ventaja de ser un pigmento barato, el único problema que tiene es que no es muy estable a altas temperaturas y a bajas concentraciones. El aluminato de cobalto es estable a la luz y a temperaturas elevadas, tiene buena resistencia al ataque químico y no migra; el inconveniente que tiene este pigmento es que tiene un alto costo. El azul ultramarino es un pigmento que es estable al calor, no migra, pero su costo comparado con el de la ftalocianina es alto; además su resistencia a los ácidos es pobre.

En pigmentos verdes, la ftalocianina verde es un pigmento barato, muy estable y no migra, las cloradas y las bromadas son los tipos que más se utilizan. El óxido de cromo es estable a

la luz, al calor y tiene buena resistencia química, pero no dispersa muy bien, es débil y es un poco caro.

En cuanto a pigmentos amarillos se refiere, se tiene lo siguiente: el cromato de plomo tiene muy buen color, es estable al calor y no migra, además tiene muy buen poder tintóreo pero su resistencia a la luz no es muy buena y los álcalis y los sulfuros lo atacan fácilmente. Los cadmio amarillos tienen muy buen color, y tienen buena resistencia química; el inconveniente es que tienen poca resistencia a la intemperie.

El óxido de fierro hidratado es barato, tiene resistencia química y es estable a la luz, pero el tono que tiene es muy oscuro. El titanio amarillo tiene un color débil, pero tiene buenas propiedades de intemperismo. La diclorobencidina amarilla es un pigmento barato, pero su resistencia a la luz es pobre. La tetracloroisoindolínona es estable a la luz, tiene un color intenso pero es caro. La quinacridona oro es resistente a los agentes químicos, no migra y es estable a la luz, pero tiene un costo elevado y pobre poder tintóreo. El azo níquel amarillo tiene resistencia al intemperismo, pero tiende a migrar.

En los pigmentos de color naranja, el molibdato naranja tiene buen tono, dispersa muy bien en la resina, no migra y tiene buena resistencia al calor; el problema es que no tiene resistencia al intemperismo. Los cadmio naranjas tienen todas las propiedades de un buen pigmento, su problema radica en el alto costo que tiene. Los azo naranjas (diclorobencidinas) tienen bajo costo y buen poder tintóreo, pero tienden a migrar

y no tienen buena resistencia a la luz. La quinacridona naranja es transparente, no migra, tiene buena resistencia a la luz y a los agentes químicos pero es cara y no dispersa bien en la resina. La isoindolinona naranja tiene buena resistencia química y buena resistencia a la luz, pero es un pigmento caro.

Por lo que a colores rojos respecta se tiene: los cadmio y los mercurio-cadmio rojos tienen buen poder tintóreo, son estables al calor y no migran pero son pigmentos caros. El rojo permanente 2B es un pigmento de tono escarlata que combina bajo costo, alto poder tintóreo y buena resistencia a la migración; el problema es que no tiene buena resistencia a los álcalis. Las quinacridonas rojas tienen excelentes propiedades, salvo que tienen un costo elevado.

#### b).-PVC flexible -----

El PVC flexible se produce agregando el cloruro de polivinilo a algún plastificante, entre los cuales el más utilizado es el 2-dietil-exil-ftalato, así como otros diftalatos-ésteres. También son muy usados los ésteres del ácido adípico, sebácico, azeláico y otros ácidos que no tengan carbonos ramificados. El fosfato de tricresilo es un plastificante que se agrega para que el PVC tenga resistencia a la flama.

Al PVC se le agregan estabilizadores para prevenir su descomposición por el calor o por la luz; por ejemplo sales de plomo, de cadmio-bario, de cadmio-bario-zinc, compuestos organometálicos y algunos otros. También se agregan algunos aditivos, lubricantes, etc. dependiendo de la tecnología y del uso final que se le vaya a dar al plástico.

Una vez que el PVC ha sido mezclado con plastificantes y algunos aditivos, se extruye o se inyecta a los moldes a una temperatura de aproximadamente 195°C. Para pigmentar el PVC flexible, generalmente se acostumbra agregar el pigmento al plastificante o a la resina con alta concentración de plastificante; en este caso, el pigmento actúa como dispersante. Los pigmentos secos raramente se utilizan.

#### Pigmentos para PVC flexible

El bióxido de titanio es prácticamente el único pigmento blanco que se utiliza. El negro de humo es el pigmento negro más común; también se utiliza el óxido de fierro negro. El azul ultramarino a veces se usa para contrarrestar el amarillamiento de los blancos. El óxido de cromo verde es muy estable, la forma hidratada tiene un tono superior.

El óxido de fierro amarillo hidratado, es muy oscuro pero se puede brillantar con algún pigmento orgánico. Los cromo - amarillos son usados ampliamente por su gran variedad de tonos, los cadmio amarillos tienen excelente resistencia a la luz y al

calor. El molibdato naranja es un pigmento muy popular. Los cadmio rojos son muy estables. Los mercurio-cadmio naranjas y rojos, también son muy utilizados.

Los pigmentos metálicos también son usados para pigmentar estas resinas. El aluminio, el bronce y el cobre imparten a la resina efectos metálicos. El aluminio es el menos reactivo y el de mejor durabilidad.

En la tabla III.8, se enlistan los pigmentos inorgánicos que se utilizan para el PVC flexible.

En cuanto a pigmentos orgánicos se refiere, se tiene lo siguiente: la quinacridona y la dioxazina, son los pigmentos violetas más utilizados. La ftalocianina azul es un pigmento con muy buenas propiedades. Las ftalocianinas verdes proveen un rango de tonos muy amplio.

La quinacridona oro es un pigmento amarillo con excelentes propiedades, pero tiene un costo elevado. La flavantrolona y otras antraquinonas amarillas tienen muy buena estabilidad. Los pigmentos amarillos azóicos condensados son muy utilizados. La tetracloroisoindolinona es un pigmento amarillo transparente con excelentes propiedades. Los pigmentos níquel azóicos tienen un tono verdoso y tienen una gran durabilidad.

El rojo permanente 2B tiene muy buenas propiedades pero el inconveniente que tiene es que con algunas formulaciones se oscurece. El pigmento escarlata se usa a veces en conjunto con el pigmento 2B. Los perilenos son muy usados. La quinacridona roja, así como las isoindolinonas rojas, son muy buenos

pigmentos.

En la tabla III.9 se enlistan los principales pigmentos orgánicos que se utilizan para el PVC flexible.

TABLA III.8 PIGMENTOS INORGANICOS PARA PVC FLEXIBLE

Nombre Común	Colour Index	
	Nombre	Número
Bióxido de titanio	Pigmento Blanco 6	77891
Negro de humo	Pigmento Negro 6	77266
Negro hueso	Pigmento Negro 9	77267
Oxido de fierro negro	Pigmento Negro 11	77499
Violeta manganoso	Pigmento Violeta 16	77742
Azul ultramarino	Pigmento Azul 29	77007
Aluminato de cobalto	Pigmento Azul 28	77346
Oxido de cromo	Pigmento Verde 17	77288
Oxido de cromo hidratado	Pigmento Verde 18	77289
Oxido de fierro hidratado	Pigmento Amarillo 42	77492
Cromo amarillo	Pigmento Amarillo 34	77603
Cadmio amarillo	Pigmento Amarillo 37	77199
Níquel titanio	Pigmento Amarillo 53	77788
Molibdato naranja	Pigmento Naranja 21	77601
Cadmio naranja	Pigmento Naranja 20	77196
Mercuro-cadmio naranja	Pigmento Naranja 23	77201
Oxido de fierro rojo	Pigmento Rojo 101	77491
Cadmio rojo	Pigmento Rojo 108	77202
Mercuro-cadmio rojo	Pigmento Rojo 113	77201
Aluminio	Pigmento Metal 1	77000
Bronce	Pigmento Metal 2	77400

TABLA III.9 PIGMENTOS ORGANICOS PARA PVC FLEXIBLE

Nombre Común	Colour Index	
	Nombre	Número
Dioxazina violeta	Pigmento Violeta 25	51319
Quinacridona violeta	Pigmento Violeta 19	46500
Indantrona azul	Pigmento Azul 64	68925
Ftalocianina azul	Pigmento Azul 15	74160
Ftalocianina verde	Pigmento Verde 7	74260
Ftalocianina verde bromada	Pigmento Verde 36	74265
Diclorobencidina amarilla AAA	Pigmento Amarillo 12	21090
Diclorobencidina amarilla HR	Pigmento Amarillo 83	-----
Quinacridona oro	Pigmento Naranja 48	-----
Tetracloroisoidolinona amarilla	Pigmento Amarillo 109	-----
Flavantrona	Pigmento Amarillo 112	70600
Diazo amarillo condensado	Pigmento Amarillo 93	-----
Azo níquel amarillo	Pigmento Verde 10	12775
Diclorobencidina naranja	Pigmento Naranja 13	21110
Isoindolinona naranja	Pigmento Naranja 42	-----
Perinona naranja	Pigmento Naranja 43	71105
Rojo permanente 2B	Pigmento Rojo 48	15865
Pigmento escarlata	Pigmento Rojo 60	16105
Diazo rojo condensado	Pigmento Rojo 144	-----
Quinacridona roja	Pigmento Rojo 122	73915
Tioíndigo rojo	Pigmento Rojo 88	73312
Perileno rojo	Pigmento Rojo 123	71145

c).-PVC rígido  
-----

El cloruro de polivinilo rígido no contiene ni plastificantes ni solventes. Generalmente, lo que se le agrega son lubricantes, agentes contra la luz ultravioleta, estabilizadores contra el calor y otros aditivos. En ocasiones el PVC rígido es copolimerizado con acetato de polivinilo para ayudar a la pigmentación de la resina. También se le puede copolimerizar con estireno-acrilonitrilo para poder procesar el polímero a una temperatura más baja.

Cuando la resina viene en forma de polvo, ésta se mezcla con algunos aditivos en un mezclador de alta intensidad. El PVC rígido se extruye en películas delgadas para después usarse en empaques. El PVC rígido pigmentado se puede utilizar en tuberías y en moldeo.

Para seleccionar el pigmento adecuado, normalmente se aplican los mismos criterios que se utilizan para todas las resinas, es decir, costo, compatibilidad, estabilidad, etc. La temperatura a la cual se procesa esta resina está en un rango de 150 a 215°C.

En cuanto a pigmentos se refiere, se tiene lo siguiente: los óxidos de fierro hidratados y los óxidos de cromo hidratados pierden humedad; los pigmentos que contienen plomo reaccionan con estabilizadores de mercaptano; el azul ultramarino no es resistente a condiciones ácidas. Los pigmentos sensitivos a la humedad se decoloran porque el PVC es permeable.

La migración es un factor no muy importante comparado con el PVC flexible, ya que éstos contienen plastificantes.

Se recomienda trabajar con concentrados de color en lo que a pigmentos orgánicos se refiere. La dispersión en copolímeros con acetato de vinilo es buena para pigmentos tales como la quinacridona, la ftalocianina, los pigmentos diazo, las isoindolinonas, los perilenos y otros.

En las tablas III.10 y III.11, se enlistan los pigmentos inorgánicos y orgánicos que más se utilizan. (9, 13, 17, 18)

TABLA III.10 PIGMENTOS INORGANICOS PARA PVC RIGIDO

Nombre Común	Nombre	Colour Index Número
Bióxido de titanio	Pigmento Blanco 6	77891
Oxido de zinc	Pigmento Blanco 4	77947
Negro de humo	Pigmento Negro 7	77266
Fosfato de cobalto violeta	Pigmento Violeta 14	-----
Aluminato de cobalto	Pigmento Azul 28	77346
Oxido de cromo	Pigmento Verde 17	77288
Cromo-cobalto verde	Pigmento Verde 26	-----
Cadmio amarillo	Pigmento Amarillo 37	77199
Níquel titanio amarillo	Pigmento Amarillo 53	77788
Cadmio naranja	Pigmento Naranja 20	77198
Cadmio rojo	Pigmento Rojo 108	77196

TABLA III.11 PIGMENTOS ORGANICOS PARA PVC RIGIDO

Nombre Común	Colour Index	
	Nombre	Número
Quinacridona violeta	Pigmento Violeta 19	46500
Dioxazina violeta	Pigmento Violeta 23	51319
Ftalocianina azul	Pigmento Azul 15	74160
Ftalocianina verde	Pigmento Verde 7	74260
Ftalocianina verde bromada	Pigmento Verde 36	74265
Diclorobencidina amarilla AAOT	Pigmento Amarillo 14	21095
Diclorobencidina amarilla AAOA	Pigmento Amarillo 17	21105
Diclorobencidina amarilla HR	Pigmento Amarillo 83	21118
Diazo amarillos	Pigmento Amarillo 93, 45	-----
Isoindolinonas amarillas	Pigmento Amarillo 109,110	-----
Antrapirimidina	Pigmento Amarillo 108	68420
Flavantrona	Pigmento Amarillo 112	70600
Diazo naranja	Pigmento Naranja 31	-----
Isoindolinona naranja	Pigmento Naranja 42	-----
Diazo rojos	Pigmento Rojo 144, 166, 220, 221	-----
Quinacridona roja	Pigmento Rojo 122	73915
Perileno rojo	Pigmento Rojo 123	71145
Perileno escarlata	Pigmento Rojo 149	71137
Perileno marrón	Pigmento Rojo 179	71130
Perileno rojo	Pigmento Rojo 190	71140
Isoindolinona roja	Pigmento Rojo 180	-----

## CAPITULO IV

### DATOS OBTENIDOS

#### IV.1 .- PANORAMA DE LA INDUSTRIA DE PIGMENTOS EN MEXICO

a).- GENERALIDADES

La industria de los pigmentos en México es relativamente reciente y sólo en los últimos años la producción ha adquirido importancia. Esto se observa en que todavía en la década de los 60's las importaciones eran mucho mayores que las exportaciones y ya en la década de los 70's ambas corrientes del comercio exterior se equilibraron. Ya en la década de los 80's empieza a existir una reducción notable en las importaciones, siendo éstas en general especialidades que, debido al mercado tan reducido que presentan, es más conveniente importarlas que producirlas. En esta década se prevé que las exportaciones serán mucho mayores a las importaciones.

La industria de pigmentos en México, presenta un desarrollo moderado y constante comparado con otros sectores industriales.

Las plantas productoras de pigmentos, generalmente son medianas y prácticamente existen muy pocas empresas grandes.

Las principales empresas de esta industria son 15 y la mayoría de éstas se concentra en el Valle de México, Nuevo León, Guanajuato, Puebla y Tamaulipas. En este último estado se encuentra la planta de bióxido de titanio, la cual es la más grande de esta industria.

Las materias primas que se usan en esta industria son importadas en una alta proporción.

Es muy probable que el proceso de sustitución de materias primas continúe a un ritmo mayor en los próximos años. Las perspectivas de sustitución de importaciones son favorables debido a las restricciones de las importaciones, escasez de divisas y tipo de cambio dólar-peso desfavorable, esto último provoca el encarecimiento excesivo de los productos extranjeros.

El año de 1984, es apropiado para que la industria petroquímica integre una comisión con la participación de las diversas asociaciones de la industria química para estudiar con detalle -- cuáles son las materias primas básicas e intermedias usadas en la fabricación de pigmentos y promover así la elaboración de proyectos para fabricarlas, con objeto de eliminar las costosas importaciones.

Es conveniente mencionar que algunas de las materias primas intermedias que se usan en la fabricación de pigmentos son las mismas necesarias para fabricar productos químico-farmacéuticos y plaguicidas. En realidad el estudio básico para promoción de la fabricación en el país de materias primas podría hacerse a nivel de un grupo de industrias que tengan materias primas muy relacionadas unas con otras.

Las perspectivas del comercio exterior de pigmentos y colorantes parecen favorables. En esta industria, para ganar los mercados de exportación se requiere principalmente mantener una calidad uniforme. Un proveedor de pigmentos que ofrezca lotes con buena -- calidad y lotes con calidad regular estará en desventaja de otro --

que siempre ofrezca calidad regular. Esto se debe a que los pigmentos son productos intermedios que se destinan al consumo de -- otras industrias, las cuales tienen rangos cerrados en las propiedades de los pigmentos que consumen y que determinan su aceptación o su rechazo. Esto último es crítico cuando las industrias consumidoras se encuentran en otros países donde pueden comprar productos con mayor renombre internacional y que tienen normalmente una calidad bastante uniforme.

#### b).- CONSUMO APARENTE

El consumo total de pigmentos en México en el año de 1982 - fué de 36,847 tons. Los principales mercados que consumen pigmentos son: las pinturas, tintas, plásticos y otros.

#### Pinturas

La palabra pintura se usa para designar a todos los tipos - de recubrimientos líquidos pigmentados e incluye a los barnices, - esmaltes, lacas, recubrimientos de látex y otros.

El uso de pinturas en México se remonta a varios siglos an tes de la llegada de los españoles. Desde el siglo III de nuestra era se hicieron frescos que decoraron casas, palacios y templos. - No obstante esta larga tradición artesanal, la industria de pinturas se ha desarrollado sólo en las últimas décadas.

Las pinturas pueden dividirse en dos grandes grupos: las -

que usan agua como líquido principal y aquellas que usan otros líquidos como solvente y agente dispersante; también se clasifican en base al agente aglutinante en alcídicas, vinílicas, epóxi y otras.

La mayor parte de las pinturas no acuosas son soluciones de polímero en el solvente líquido, mientras que las pinturas al agua son emulsiones de las partículas del polímero.

También existen los organosoles que son resinas dispersas en otro líquido que no es agua así como las pinturas al agua, que usan un aglutinante que se disuelve en vez de dispersarse.

La operación principal en la fabricación de pinturas es la dispersión del pigmento en el líquido. Para esto se utilizan diversos tipos de molinos que reducen el tamaño de la partícula del pigmento y facilitan la dispersión.

La complejidad tecnológica de la industria de pinturas se debe en parte al gran número y variedad de materias primas que utiliza. Una fábrica de pinturas requiere de unas 500 a 600 materias primas diferentes que comprenden las siguientes clases: aceites, resinas naturales y sintéticas, pigmentos primarios, diluyentes inertes, inhibidores de corrosión, plastificantes, secantes y -- otros aditivos para obtener muy diversas propiedades. Se usan -- también diversos solventes obtenidos del petróleo y de otras fuentes, además de monómeros de todo tipo, alcoholes, glicoles, etc.

Por otro lado, el número de establecimientos de la industria de pinturas pasó de 129 a 600 entre 1975 y 1982.

Algunas de las empresas de pinturas producen sus propias resinas y otras materias primas. Además de esta integración, las empresas más grandes cuentan con comercios especiales que prestan diversos servicios a los clientes, ya sea el usuario aislado que consume algunos litros o los grandes consumidores con miles de litros.

La industria de pinturas se encuentra concentrada en el Valle de México, Guadalajara y Monterrey. El 65% de los establecimientos se localiza en el D.F. y zona metropolitana y el 35% en la provincia.

El consumo total de pinturas en México se muestra en la tabla IV. I para los años 1980 - 1982 así como un pronóstico en el consumo de pinturas para los años 1983 - 1984.

Como se observa en la tabla IV.1, el consumo aparente de pinturas en 1982 fué de 190,000 M lts. Las pinturas utilizan la mayoría de los pigmentos, principalmente el bióxido de titanio.

La concentración de pigmento en una pintura varía entre el 1.5% y el 36% dependiendo del tipo de pigmento, de la pureza del mismo y del tipo de pintura. Se encontró que la concentración -- promedio de pigmento usado en las pinturas es de 108.13 gramos de pigmento por litro de pintura, o sea, el 10.81%. Por consiguiente, esto nos indica que en 1982 la industria de las pinturas requirió 20,545 ton. de pigmento; lo que representa el 55.8% del consumo total de pigmentos en México.

TABLA IV. I

CONSUMO DE PINTURAS EN MEXICO

VOL. (MM lts)

TIPO O. APLICACION	1980	1981	1982	1983	1984
Arquitectura, línea doméstica.	65.2	69.6	61.5	65.1	69
Env. alquidáticos	42.3	44.6	39.3	41.7	44.2
Barnices	1.2	1.3	1.1	1.2	1.2
Varios	3.6	3.8	3.4	3.6	3.8
Automotrices	11	11.7	10.3	10.9	11.6
Mant. industrial	8.2	8.7	7.7	8.2	8.7
Accesorios automotrices originales	9.5	10.1	8.9	9.4	10
Accesorios de madera	23.7	25.1	22.1	23.4	24.8
Pintura horneada (muebles de cocina)	8.8	9.3	8.2	8.7	9.2
Env. metálicos	9.2	9.8	8.6	9.1	9.7
Especialidades	4.2	5.2	4.6	4.9	5.2
Disolventes	15.3	16.2	14.3	15.2	16.1
T O T A L	202.2	215.4	190.0	201.4	213.5

FUENTE: CAMARA NACIONAL DE LAS PINTURAS

Y TINTAS.

## Tintas

Las tintas para impresión son suspensiones semisólidas de un pigmento finamente dividido en un aceite secante. Este último es generalmente aceite de linaza polimerizado por calentamiento que seca mucho más rápido que el aceite sin polimerizar; además del pigmento que imparte el color, se suele añadir alguna resina sintética que da adhesividad a la tinta, así como naftenatos, resinatos y oleatos de cobalto, manganeso y plomo que catalizan las reacciones de oxidación del secado; en cambio, algunas tintas como las de escribir, se secan por evaporación del solvente. Para dar la consistencia que requiere la tinta de imprenta se usan ceras, ya sea de origen vegetal o bien derivadas de la parafina del petróleo.

Entre los pigmentos más usuales para las tintas de impresión se encuentran los óxidos de hierro sintéticos. Las operaciones que se efectúan en la fabricación de tintas son parecidas a las de pinturas sin que ello signifique que se trata de la misma tecnología.

El número de establecimientos de esta industria pasó de 32 a 102 en el período 1975 - 1982. La industria de las tintas es de tamaño modesto y su producción se encuentra concentrada en pocas empresas grandes. La distribución geográfica de estas fábricas se localiza en el Valle de México, Puebla y Monterrey. Esta concentración es en realidad mayor que la de la industria editorial, de publicidad y envases, a las cuales sirve la industria de tintas.

Como perspectivas para esta industria, las actividades que componen a las empresas editoriales (periódicos, revistas y libros) presentan grandes posibilidades de crecimiento a corto y mediano plazo. Estas actividades consumen aproximadamente el 67% del total de tintas que se consumen en el país. El resto se canaliza hacia la impresión de cartoncillos y demás empaques y envases y también a carteles y otros medios publicitarios, entre otros usos. El consumo total de tintas se muestra en la Tabla IV. 2 para 1979-82 y también se muestra una proyección para 1985.

Las tintas usan entre 11% y 30% de concentración de pigmento dependiendo del tipo de tinta y del tipo de pigmento. La concentración promedio de utilización es del 12.5%, esto es, 125 g de pigmento por cada Kg de tinta. Esto nos indica que para 1982 la industria de las tintas requirió de 3,753 ton. de pigmento, es decir 10.2% del consumo total.

Por lo que se refiere a la industria de los pigmentos para plástico, se hablará con más detalle en el capítulo IV.3. Adelantándose un poco, se puede decir que la concentración promedio de un pigmento en un plástico es de 10.8 gr. de pigmento por Kg. de resina, es decir 1.08%. Si en el año de 1982 el volumen de plástico pigmentado fué de 456,522 ton., el consumo de pigmento para este año y para esta industria fué de 4930 ton., o sea, 13.4% del consumo total de pigmentos

Existen otras aplicaciones de los pigmentos además de las pinturas, tintas y plásticos; entre estas podemos citar a la industria textil, vidrio, porcelana, hule, detergente, jabón, papel y muchas otras. Todas estas industrias se engloban en el renglón de otros y en total tuvieron un consumo de 7619 ton. de pigmento en 1982.

TABLA IV. 2

TIPO DE TINTA.	1979 (TON)	1980 (TON)	1981 (TON)	1982 (TON)	1983 (TON)	1984 (TON)
Off set	12,181	15,080	18,669	16,429	17,425	18,460
Grabado y tipografía.	121	145	164	153	163	172
Rotograbado	5,454	7,428	10,117	8,903	9,438	10,004
Cerigrafía	505	712	1,003	882	935	991
Nuevos desarrollos.	1,939	2,839	4,156	3,657	3,877	4,109
<b>T O T A L.</b>	<b>20,200</b>	<b>26,204</b>	<b>34,109</b>	<b>30,024</b>	<b>31,828</b>	<b>33,736</b>

-141-

FUENTE: CAMARA NACIONAL DE LAS PINTURAS Y TINTAS

Resumiendo lo anterior, el consumo total de pigmentos en México para 1982 fué de 36,847 ton., ver Tabla IV.3.

TABLA IV. 3

CONSUMO APARENTE DE PIGMENTOS EN 1982:

<u>APLICACION</u>	<u>(1982) toneladas</u>	<u>%</u>
Pinturas	20,545	55.8
Plásticos	4,930	13.4
Tintas	3,753	10.2
Otros	<u>7,619</u>	20.6
T O T A L.	36,847	

c).~ APLICACIONES.

En el mercado nacional se distinguen básicamente tres tipos de pigmentos, estos son:

- El bióxido de titanio ( $TiO_2$ ).
- Los pigmentos orgánicos.
- Los pigmentos inorgánicos.

El consumo de pigmentos que se tuvo en nuestro país en el año de 1982 fué de 36847 Ton. el cual se desglosa a continuación:

	1982 (TON)	%
Bióxido de titanio ( $TiO_2$ ).	26,530	72
Pigmentos inorgánicos.	6,264	17
Pigmentos orgánicos.	<u>4,053</u>	11
TOTAL.	36,847	

En realidad el bióxido de titanio también corresponde a -- un pigmento inorgánico, pero es tal su importancia que se tratará por separado.

El bióxido de titanio se consumió en México durante 1982 - de la siguiente forma:

Consumo de bióxido de titanio 26,530 Ton. (1982).

APLICACION	VOLUMEN (TON)	%
Pinturas	15,917	60
Papel	3,448	13
Plástico	3,184	12
Tintas	1,061	4
Textiles	796	3
Hule	531	2
Jabón	531	2
Cerámica	531	2
Otros	<u>531</u>	2
TOTAL.	26,530	

En el mercado nacional a los pigmentos orgánicos se les -- subdivide en dos grupos: tonificadores (toners) y lacas. La diferencia radica en que a las lacas generalmente se les diluye - con pigmentos inorgánicos a diferencia de los tonificadores, los cuales se aplican sin ser diluidos. Los pigmentos orgánicos que más se utilizan en la industria mexicana son: la ftalocianina - azul, la bencidina amarilla, la ftalocianina verde, el rojo lithol y algunos otros.

El consumo nacional de pigmentos orgánicos fué de 4,053 -- Tón. en 1982; la forma en que se consumieron los pigmentos orgánicos se muestra a continuación.

Consumo de pigmentos orgánicos 4,053 Ton. (1982).

APLICACION	VOLUMEN (TON)	%
Tintas	1,621	40
Pinturas	1,216	30
Plásticos	365	9
Textiles	324	8
Hule	243	6
Detergentes y jabones	122	3
Material para artistas	41	1
Otros	<u>121</u>	3
TOTAL.	4,053	

Los pigmentos inorgánicos en México se subdividen en naturales y coloreados. Los naturales se consumen casi como se extraen del subsuelo. Entre estos últimos se distinguen los diluyentes, que se usan principalmente como carga para reforzar pinturas, papel o bien artículos de plástico y de hule. Para estos fines se usan: carbonato de calcio natural, caolín, barita, mica, talco y otros.

Entre los pigmentos coloreados se distinguen tres familias principales: los óxidos de hierro, cadmios y negros de humo.

El consumo de estos pigmentos por aplicación se distribuye de la siguiente forma:

Consumo de pigmentos inorgánicos 6,264 Ton. (1982).

APLICACION	VOLUMEN (TON)	%
Pinturas	3,412	54.5
Tintas	1,071	17.1
Plásticos	1,381	22.0
Otros	400	6.4
TOTAL.	6,264	

d).- DEMANDA Y OFERTA DE PIGMENTOS EN MEXICO

La demanda de pigmentos ha tenido un crecimiento moderado a una tasa del 7.7% anual en el período de 1973 a 1982, la cual corresponde al crecimiento en los principales mercados de los pigmentos, es decir, las pinturas, las cuales han presentado tasas de crecimiento del orden del 5% al 6% de incremento anual. Los plásticos en la década de los 70's presentaron un crecimiento del 15.6%, sin embargo, como el porcentaje de pigmento que consumen es bajo, su impacto en la tasa de crecimiento de los pigmentos es pequeño.

De los tres tipos de pigmentos mencionados (bióxido de titanio, orgánicos e inorgánicos) el consumo de los inorgánicos, -- incluyendo al bióxido de titanio, está muy ligado al de la industria de las pinturas. Por su parte, los pigmentos orgánicos dependen mucho del crecimiento de las tintas, industria ligada a --

las actividades de edición e impresión. Estas últimas presentan una tasa de crecimiento más alta que las industrias mencionadas anteriormente y por ese motivo el consumo aparente de los pigmentos orgánicos ha sido el de más alto crecimiento.

La proyección de la demanda de pigmentos se muestra en la tabla IV. 4. Como base para dicha proyección se aplicaron las tasas de crecimiento de los sectores más importantes que requieren pigmentos, dando por resultado que la demanda de pigmentos de 1983 a 1985 se estima crezca de una tasa de 6.1% anual.

TABLA IV.4.

PROYECCION DE LA DEMANDA DE PIGMENTOS

APLICACION	1982 (TON)	1983 (TON)	1984 (TON)	1985 (TON)	TASA DE CRE- CIMIENTO.
Pinturas	20,545	21,812	23,086	24,469	6.00%
Plásticos	4,930	5,241	5,571	5,922	6.30%
Tintas y Otros	<u>11,372</u>	<u>12,075</u>	<u>12,821</u>	<u>13,613</u>	6.18%
TOTAL.	36,847	39,128	41,478	44,004	6.1%

Las tasas de crecimiento mostradas en la tabla, se obtuvieron de la Asociación de Fabricantes de Pinturas y Tintas. A pesar de la contracción de los mercados debido a la recesión en la economía mexicana en 1982 (devaluación del peso ante el dólar) se esperan tasas de crecimiento positivas, debido a las tendencias de ex

portación de estos productos.

En 1982 se importó un pequeño volumen de pigmento (400 TON); por lo general, las importaciones siempre son pequeñas. Este pigmento importado se usa en aplicaciones especiales que requieren de pigmentos de alta pureza y calidad. El volumen de estas especialidades es muy pequeño, por lo que para los fabricantes es más económico importarlos y distribuirlos que crear la infraestructura necesaria para producirlos en México.

La exportación alcanzó las 9,200 Ton. en 1982 correspondiendo la mayoría a pigmentos de cadmio y  $TiO_2$ .

La oferta de pigmentos proviene principalmente de 16 empresas, las cuales fabrican un tipo o más de pigmentos. Distribuyen también pigmentos importados de su Casa Matriz en el extranjero, cuando pertenecen a corporaciones internacionales.

Actualmente, la capacidad instalada de los pigmentos en México es de 59000 Ton/año.

El pigmento de mayor demanda bióxido de titanio ( $TiO_2$ ), es producido únicamente por un fabricante, que desde 1978 exporta alrededor del 25% de su producción.

En 1982, la oferta de pigmentos llegó a ser de 45647 Ton.

La mayor parte de los fabricantes tienen planes de expansión a 1985, que corresponden a un crecimiento anual promedio

del 7%. Cabe mencionar que el 100% de fabricantes tiene planes de ampliación de capacidad. La capacidad de una planta de pigmentos se puede incrementar en pequeños porcentajes (10%), a diferencia de otro tipo de plantas industriales, debido a que instalando equipo de proceso adicional tal como mezcladores, secadores y otros, se obtienen incrementos de capacidad en pequeña magnitud. En la tabla IV. 5 se muestra una proyección de la oferta de pigmentos en México. (2, 3, 6, 8, 12)

TABLA IV.5

PROYECCION DE LA OFERTA DE PIGMENTOS

	1982	1983	1984	1985
PRODUCCION (TON)	45,647	48,842	52,261	55,920

CRECIMIENTO PROMEDIO: 7%

#### IV.2 .- PANORAMA GENERAL DE LOS PLAS- TICOS EN MEXICO

Durante los últimos años, México ha mostrado un incremento notable en su economía, lo cual ha contribuido a la solución de un gran número de problemas.

La fabricación de productos domésticos se ha acrecentado notablemente en las dos últimas décadas, teniendo un aumento -- del 6% anual promedio. La minería y las industrias automotriz, cementera y química, así como otras, han mostrado un gran desarrollo. Particularmente, la industria petroquímica ha presentado un crecimiento espectacular si se toma en cuenta que en 1960 casi no hubo producción y en 1982 se produjeron más de 6 millones de toneladas.

La industria de las resinas sintéticas en México se compone de más de 50 compañías. En 1982, estas compañías contribuyeron al 9.5% de la producción total de la industria química en México; además se le proporcionó trabajo al 14% de la población -- que trabaja para la industria química y el 11% del total de -- las inversiones fueron para este sector.

a).- CONSUMO APARENTE

Dentro de la industria petroquímica nacional, se destaca el ramo de las resinas sintéticas por su crecimiento notable. -- El consumo de las 21 resinas más importantes en México se incrementó de 187,627 toneladas en 1970 a 942,679 toneladas en 1981, presentando un crecimiento anual promedio de 15.8%; en 1982 el

TABLA IV. 6

PRODUCCION, IMPORTACION, EXPORTACION Y CONSUMO APARENTE DE LAS RESINAS

AÑO	SINTÉTICAS (1) EN MEXICO (TON)				CRECIMIENTO ANUAL PROMEDIO (%)
	PRODUCCION	IMPORTACION	EXPORTACION	CONSUMO	
1970	136398	53399	2176	187621	-
1971	160069	57946	1111	216904	16
1972	221731	60546	2366	279911	29
1973	255343	60607	11701	304249	9
1974	274722	102413	804	376331	24
1975	298238	76554	2309	372483	-1
1976	327934	98638	7439	419133	13
1977	344567	130081	7774	466874	11
1978	403599	178216	21148	560677	20
1979	532727	171847	6571	698003	24
1980	576013	267949	2169	841793	21
1981	629956	314593	1870	942679	12
1982	621053	249847	20080	850820	-10
1985 <sup>(2)</sup>	1029485	90630	115300	1004815	-

(1) FUENTE: ANIQ, INFOTEC.  
Resinas incluidas.- Polietileno baja densidad, polietileno alta densidad, cloruro de polivinilo, polipropileno, poliestireno, copolímero cloruro de polivinilo-acetato de polivinilo, poliuretano, alcídicas, fenólicas, uréicas, melamina-formaldehído, maléica, -fumáricas, acrílicas, epóxicas, silicones, poliamidas, breas esterificadas, acrilonitrilo-butadieno-estireno (ABS).

(2) ESTIMADO.

consumo bajó a 850,820 ton. (-9.74%).

En la tabla IV. 6 se muestra el consumo aparente que han tenido las resinas sintéticas desde 1970 hasta 1982. A partir de 1978, se observó un gran dinamismo en este sector debido principalmente a los consumidores de resinas, entre los que se encuentran las industrias manufacturera, envase, embalaje, construcción, etc. En 1982 este ritmo comienza a decrecer un poco y esto se ve reflejado en el consumo de las resinas.

Las resinas que presentan el mayor consumo en nuestro país son: polietileno de baja densidad (PEBD), cloruro de polivinilo (PVC), polietileno de alta densidad (PEAD), polipropileno (PP) y poliestireno (PS); lo anterior se muestra en la tabla IV.7. Estas cinco resinas son, por consiguiente, las más importantes en nuestro país y por tal razón, el resto de las resinas se engloban en el renglón de otros. En la tabla IV.8 se muestra información muy importante, esta se refiere a los porcentajes en el consumo que han tenido las resinas más importantes en los últimos años.

Un punto que se debe de hacer notar es el siguiente: como se puede observar, en las tablas IV.7 y IV.8 el poliestireno ocupa generalmente el cuarto o quinto lugar en importancia en nuestro país; esto no sucede ni en los Estados Unidos, ni en Europa ni en el resto del mundo; normalmente, el poliestireno ocupa el tercer lugar por debajo del PEBD y del PVC. La explicación de este fenómeno es el hecho de que la estructura de precios en México es distinta a la que existe en los demás países; esto es debido a

TABLA IV. 7

CONSUMO APARENTE POR RESINA (TON)

AÑO	PEBD	PEAD	PVC	PP	PS	OTROS	TOTAL
1970	51249	14696	32416	8880	17749	62631	187621
1971	56350	19691	38182	12142	19125	71414	216904
1972	75615	25916	51732	16374	26934	83340	279911
1973	80620	30600	47910	16673	31693	96753	304249
1974	105382	27732	75869	23232	30660	113456	376331
1975	105223	36084	51133	26368	39239	114436	372483
1976	107796	38461	67730	34000	41935	129211	419133
1977	136306	45374	59892	37578	49831	137893	466874
1978	158511	59671	79754	52059	53360	157332	560677
1979	171993	73123	103715	70343	82300	196529	698003
1980	234469	109300	127431	68894	85380	216319	841793
1981	266404	101877	137157	101750	91735	243756	942679
1982	235000	110000	106000	76296	91800	231724	850820
1985 <sup>(1)</sup> (e)	303000	132000	110000	90000	112000	257815	1004815

FUENTE: ANIQ, INFOTEC.

(1) ESTIMADO.

TABLA IV. 8

PORCENTAJE DEL CONSUMO APARENTE DE LAS RESINAS SINTÉTICAS  
EN MÉXICO

ARO	PEBD	PEAD	PVC	PP	PS	OTROS
1970	27.32	7.83	17.28	4.73	9.46	33.38
1971	25.98	9.08	17.60	5.60	8.82	32.92
1972	27.01	9.26	18.48	5.85	9.62	29.78
1973	26.50	10.06	15.75	5.48	10.42	31.79
1974	28.00	7.37	20.16	6.17	8.15	30.15
1975	28.25	9.69	13.73	7.08	10.53	30.72
1976	25.72	9.18	16.16	8.11	10.00	30.83
1977	29.20	9.72	12.83	8.05	10.67	29.53
1978	28.27	10.64	14.22	9.29	9.52	28.06
1979	24.64	10.48	14.86	10.08	11.79	28.15
1980	27.85	12.98	15.14	8.18	10.14	25.71
1981	28.26	10.81	14.55	10.79	9.73	25.86
1982	27.62	12.93	12.46	8.97	10.79	27.23
1985(e) (1)	30.15	13.14	10.95	8.96	11.15	25.65

FUENTE: ANIQ, INFOTEC.

(1) ESTIMADO.

TABLA IV. 9

CONSUMO PER CAPITA DE LAS RESINAS SINTETICAS EN 1980  
(KILOGRAMO/HABITANTE)

PAIS	1980
Alemania Occ.	50
Estados Unidos.	46
Suecia.	45
Canadá.	38
Japón.	35
Francia.	35
Italia	34
Gran Bretaña	26
México.	13

FUENTE: ANIQ - Memorias XIV Foro Nacional de la Industria -  
Química (Enero 1982), INFOTEC.

al subsidio que siempre han tenido las poliolefinas en nuestro país (PEBD, PEAD, PP ), dando por resultado que su precio relativo con respecto a las demás resinas sea menor y provoque el mayor consumo de las poliolefinas.

Por otra parte, si el consumo es expresado en términos de consumo per cápita, o sea, kilogramos de resina consumida por habitante, el incremento que presenta México es muy importante, ya que de 3 kg/habitante en 1970 pasó a 13 kg/ habitante en 1980. Este dato es muy significativo ya que es un indicador que refleja la evolución de un país. En la tabla IV.9 se presentan algunos consumos per cápita de otros países del mundo. Como se puede observar, nuestro país ocupa un nivel muy bajo con respecto a otros países; sin embargo, esto nos indica que México muestra aún un gran potencial de crecimiento en lo que a la industria del plástico se refiere. Esto lo podemos ver fácilmente, ya que los plásticos tienen la capacidad de reemplazar materiales tales como vidrio, madera, cartón y hasta partes automotrices ( con los llamados plásticos de ingeniería), a precios más accesibles.

Por otro lado, el crecimiento anual promedio de las resinas sintéticas se muestra en la tabla IV.6 . Como ya se dijo anteriormente, es notorio el aumento en la tasa promedio de crecimiento que se presenta de 1978 a 1981; esto es debido al gran crecimiento que mostraron los sectores relacionados con esta industria. Este aumento en la tasa se debe en gran parte al aumento que tuvieron el polietileno de alta densidad (PEAD) y el polipropileno (PP).

b).- PRODUCCION, IMPORTACION Y EXPORTACION

La producción nacional de resinas sintéticas se incrementó de 136,398 toneladas en 1970 a 621,053 toneladas en 1982, con un crecimiento anual promedio del 13.46% .Ninguna otra industria presentó un crecimiento similar en el mismo período. En la tabla IV. 6 se presenta la producción que se tuvo de resinas sintéticas en nuestro país en el período 1970-1982. Por otra parte, si analizamos las resinas por separado, encontramos que las principales resinas fueron el PEBD, PEAD, PVC, PP y PS. En la tabla IV. 10 se muestra la producción de estas resinas en los últimos años.

Para satisfacer la demanda, ha sido necesario recurrir a la importación, la cual se ha incrementado desde 53,399 ton. en 1970 hasta 249,847 ton. en 1982, dando por resultado un incremento anual promedio del 13.7% (tabla IV. 6). Las principales resinas importadas en este período fueron el polipropileno (PP), el polietileno de baja densidad (PEBD) y el polietileno de alta densidad (PEAD); estas tres resinas acapararon el 96% del total de las importaciones en nuestro país. Las importaciones de las principales resinas se muestran en la tabla IV. 11.

La exportación fué poco significativa en este período; solamente el año de 1978 se distinguió en este ramo ya que se exportaron 21,148 ton. las cuales el 92% correspondieron al PVC. Esto se explica por el incremento acelerado de la demanda nacional au-

TABLA IV. 10

PRODUCCION DE LAS PRINCIPALES RESINAS SIENTETICAS EN MEXICO (TONELADAS)

ANO	PEBD	PEAD	PVC	PP	PS	OTROS
1970	25712	-	32145	-	17500	61041
1971	35603	-	35893	-	18900	69673
1972	65245	-	48020	-	26500	81966
1973	86716	-	43627	-	30400	94600
1974	89258	-	49524	-	30001	105939
1975	99287	-	49620	-	38420	110911
1976	93705	-	67203	-	41575	125451
1977	95043	-	65558	-	48749	135217
1978	96411	3266	97634	-	51402	154868
1979	95646	58432	106791	-	80121	191737
1980	91424	66853	122541	-	81763	213432
1981	91243	78058	131522	-	89668	239465
1982	95000	86200	120000	-	90000	229853
1985 (e) (1)	303000	180000	145000	-	127400	274085

FUENTE: ANIQ, INFOTEC.

(1) ESTIMADO.

TABLA IV. 11

IMPORTACIONES DE LAS PRINCIPALES RESINAS SINTETICAS EN MEXICO

(TONELADAS)

ANO	PEBD	PEAD	PVC	PP	PS	OTROS
1970	25537	14698	2130	8880	254	1900
1971	20747	19691	3169	12142	243	1954
1972	10370	25916	5552	16374	501	1833
1973	3500	30600	5367	16673	1778	2698
1974	16124	27732	26656	23232	746	7923
1975	5936	36086	2717	26368	936	4511
1976	14091	38461	7538	34000	385	4163
1977	41283	45374	1591	37578	1082	3173
1978	62105	56405	1623	52059	2258	3766
1979	76347	14691	2450	70342	2310	5707
1980	143045	42447	4893	68894	3942	4728
1981	175161	23819	5747	101750	2067	6049
1982	140000	23800	5000	76296	1800	2951
1985 <sup>(1)</sup> (e)	-	-	-	90000	-	630

FUENTE: ANIQ, INFOTEC.

(1) ESTIMADO.

nado a un incremento moderado en la capacidad de producción, la cual no ha dado margen a que se realicen exportaciones en forma considerable. En la tabla IV. 6 se muestran las exportaciones de resinas que se tuvieron en el período 1970-1982.

El año de 1982 fué un año crítico para la industria de los plásticos, así como para toda la economía nacional. El descenso en el consumo se estimó en un 10% causado por las restricciones en las importaciones; la disminución en las importaciones se estimó en más del 20%.

Los pronósticos para 1985 están basados en una probable recesión moderada en el producto nacional bruto (PNB) por un corto plazo (1983-1985), con crecimiento del 2% por año y un selectivo control de importaciones.

El año de 1983 se considera crítico así como el de 1984, ya que se preveen bajos niveles de consumo. Si los productos elaborados con plásticos, comúnmente importados, se elaboraran con resinas de fabricación nacional, la demanda de estos productos se mantendría estable.

Los proyectos de incrementar la capacidad de producción a corto plazo (1983-1985) tienen por objetivo producir en México las resinas que se han venido importando, además de proporcionar una capacidad excedente para exportación. Supuestamente, para el año de 1985 las importaciones tenderán a desaparecer; se pronostica que sólo el polipropileno será importado, además de otras resinas muy especializadas. Cuando se pongan en operación -

todas las plantas que actualmente están en construcción, prácticamente toda la demanda de resinas sintéticas será cubierta y permitirá que México tenga una total integración en este sector.

Por otro lado, actualmente existen alrededor de 50 productores importantes de resinas sintéticas en nuestro país, sin incluir a transformadores que producen pequeñas cantidades de resinas para su propio consumo.

Los consumidores de resinas se estiman en aproximadamente 500, de los cuales los más importantes en cuanto a capital de trabajo y producción son unos 150. Las resinas con más demanda de parte de estos fabricantes son el PEBD, PVC, PEAD, PP y PS. Las operaciones de transformación más usadas son el moldeo por inyección y el proceso de extrusión. En las tablas IV.12, IV.13, IV.14, IV.15 y IV. 16 se analiza por separado la demanda nacional que tuvieron las cinco resinas más importantes en nuestro país.

Con respecto a la maquinaria y equipo para la manufactura de los artículos de plástico, el crecimiento promedio durante 1970-1981 fué del 21% anual. Los equipos de inyección y extrusión tienen una demanda de un 60% y el resto lo incluyen una gran variedad de equipos. Aproximadamente, el 85% de la maquinaria utilizada en México es importada; en nuestro país sólo se producen algunos equipos de inyección y extrusión. El sector de maquinaria y equipo fué el más afectado por las restricciones en las importaciones impuestas a partir de 1982. Es necesario realizar una gran inversión en maquinaria especializada para la manufactura de estos equipos.

TABLA IV. 12

CONSUMO APARENTE DEL POLIETILENO BAJA DENSIDAD (PEBD) (TONELADAS)

ARO	PRODUCCION	IMPORTACIONES	EXPORTACIONES	CONSUMO	CONOCIMIENTO ANUAL (%)
1970	25712	25537	-	51249	-
1971	35603	20747	-	56350	10
1972	65245	10370	-	75615	34
1973	86716	3500	9596	80620	7
1974	89258	16124	-	105382	31
1975	99287	5936	-	105223	0
1976	93705	14091	-	107796	2
1977	95043	41283	-	136306	26
1978	96411	62105	5	158511	16
1979	95646	76347	-	171993	9
1980	91424	143045	-	234469	36
1981	91243	175161	-	266404	14
1982	95000	140000	-	235000	-12
(1)					
1985(e)	303000	-	-	303000	-

FUENTE: ANIQ-INFOTEC.

(1) ESTIMADO.

TABLA IV. 13

CONSUMO APARENTE DEL POLIETILENO ALTA DENSIDAD (PEAD) (TONELADAS)

AÑO	PRODUCCION	IMPORTACIONES	EXPORTACIONES	CONSUMO	CONSUMO ANUAL (%)
1970	-	14698	-	14698	-
1971	-	19691	-	19691	34
1972	-	25916	-	25916	32
1973	-	30600	-	30600	18
1974	-	27732	-	27732	-9
1975	-	36086	-	36086	30
1976	-	38461	-	38461	7
1977	-	45374	-	45374	18
1978	3266	56405	-	59671	32
1979	58432	14691	-	73123	23
1980	66853	42447	-	109300	49
1981	78058	23819	-	101877	-7
1982	86200	23800	-	110000	8
1985 (e) <sup>(1)</sup>	180000	-	48000	132000	-

FUENTE: ANIQ-INFOTEC.

(1) ESTIMADO.

TABLA IV. 14

CONSUMO APARENTE DEL CLORURO DE POLIVINILO (PVC) (TONELADAS)

ANO	PRODUCCION	IMPORTACIONES	EXPORTACIONES	CONSUMO	CRECIMIENTO ANUAL (%)
1970	32145	2130	1859	32416	-
1971	35893	3169	880	38182	17
1972	48020	5552	1840	51732	35
1973	43627	5367	1184	47910	-7
1974	49524	26656	311	75869	58
1975	49620	2717	1204	51133	-33
1976	67203	7538	7011	67730	32
1977	65558	1591	7257	59892	-12
1978	97634	1623	19503	79754	33
1979	106791	2450	5526	103715	30
1980	122541	4893	3	127431	23
1981	131522	5747	112	137157	8
1982	120000	5000	19000	106000	23
1985 (e) <sup>(1)</sup>	145000	-	35000	110000	-

FUENTE: ANIQ-INFOTEC.

(1) ESTIMADO.

TABLA IV. 15

CONSUMO APARENTE DEL POLIPROPILENO (PP) (TONELADAS)

ANO	PRODUCCION	IMPORTACIONES	EXPORTACIONES	CONSUMO	CRECIMIENTO ANUAL (%)
1970	-	8880	-	8880	-
1971	-	12142	-	12142	37
1972	-	16374	-	16374	35
1973	-	16673	-	16673	2
1974	-	23232	-	23232	39
1975	-	26368	-	26368	14
1976	-	34000	-	34000	29
1977	-	37578	-	37578	11
1978	-	52059	-	52059	39
1979	-	70343	-	70343	35
1980	-	68894	-	68894	-2
1981	-	101750	-	101750	48
1982	-	76296	-	76296	-25
1985 <sup>(1)</sup> (e)	-	90000	-	90000	-

FUENTE: ANIQ-INFOTEC.

(1) ESTIMADO.

TABLA IV. 16

CONSUMO APARENTE DEL POLIESTIRENO (PS) (TONELADAS)

AÑO	PRODUCCION	IMPORTACIONES	EXPORTACIONES	CONSUMO	CRECIMIENTO ANUAL (%)
1970	17500	254	5	17749	-
1971	18900	243	28	19125	8
1972	26500	501	67	26934	41
1973	30400	1778	485	31693	18
1974	30001	746	87	30660	-3
1975	38420	936	117	39239	28
1976	41575	385	25	41935	7
1977	48749	1082	-	49831	19
1978	51402	2258	300	53360	7
1979	80121	2310	131	82300	54
1980	81763	3942	325	85380	4
1981	89668	2067	-	91735	7
1982	90000	1800	-	91800	-
1985 <sup>(1)</sup> (e)	122000	-	10000	112000	-

FUENTE: ANIQ-INFOTEC.

(1) ESTIMADO.

c).- COMERCIALIZACION DE LAS RESINAS

Localización del mercado.- Cerca del 80% de los productores y consumidores de resinas están localizados en el Estado de México y en el Distrito Federal, o sea, en la zona metropolitana. El resto se encuentra distribuido en todo el país, principalmente en las ciudades de Monterrey, Guadalajara y otras ciudades industriales.

Ventas y servicio técnico.- De acuerdo a las entrevistas realizadas con los principales productores, sus oficinas de ventas se encuentran repartidas y, por lo general, tienen personal técnico capacitado por las propias empresas. El servicio técnico que generalmente se requiere es aquel que se utiliza para nuevas aplicaciones de las resinas, como por ejemplo, el polipropileno, los silicones, la película de poliéster y las resinas de acrilonitrilo-butadieno-estireno (ABS).

Estacionalidad.- No existe una estacionalidad definida en las ventas de resinas, salvo algunas excepciones como es el caso de la industria de la construcción, de la industria de artículos escolares, de la industria juguetera y otras.

Mercadotecnia.- La publicidad no es un factor muy importante en la promoción de estos productos. En cambio, la calidad, el servicio técnico, las entregas y, sobre todo, el precio, son los factores más importantes en el consumo de las resinas sintéticas.

La importancia del precio.- Por lo regular, los consumi-

dores de resinas sintéticas muestran estar satisfechos con la calidad y presentación de estos productos. El precio, como ya dijimos, es un factor dominante en este mercado así como las condiciones de crédito. Petróleos Mexicanos (PEMEX) fija el precio de los termoplásticos de mayor demanda, es decir, los polietilenos de alta y de baja densidad, así como los monómeros de estireno, cloruro de vinilo, etil-benceno y otros que son materia prima en la producción de resinas sintéticas. Por lo tanto, PEMEX es el proveedor absoluto que fija los precios de las materias primas y, por consiguiente, de prácticamente todas las resinas sintéticas que se producen en nuestro país.

d).- PRONOSTICO DEL CONSUMO DE LOS PLASTICOS EN MEXICO

Una estimación del crecimiento por resina para los próximos 3 años (1983-1985) empezando con el año crítico 1982, en donde tanto la importación como la producción entraron en una recesión, se muestra a continuación en forma de un pronóstico esperado.

El consumo de las resinas sintéticas a nivel nacional se espera que baje en el lapso indicado y que luego se vaya recuperando paulatinamente. La importación de resinas sintéticas y de sus materias primas continuará con bajo volumen, sin embargo, esto no afectará de manera importante a la producción y al consumo de resinas en México.

Existe una tendencia de producir una serie de artículos - de plástico que antes se importaban, lo cual podrá mantener el -- consumo estable con una tendencia a incrementarse a tasas de crecimiento muy inferiores a las experimentadas en años anteriores.

En el caso de la maquinaria para el procesamiento de plásticos, la importación se verá disminuida. Esto propiciará que la fabricación nacional de maquinaria se incremente, para lo cual se rá necesario instalar nuevas plantas y aumentar la capacidad de - otras.

#### Proyección a futuro de las principales resinas

El efecto en la demanda de cada una de las principales resinas depende básicamente de los sectores de consumo que las utilizan.

El futuro del polietileno de baja densidad (PEBD) dependerá del desarrollo que tengan los mercados de bolsas y envolturas, los cuales son los más importantes. Se prevé que en otras aplicaciones este producto encontrará competencia del polietileno de alta densidad (PEAD).

Por otro lado, el uso del PEBD dependerá de las ampliaciones que se realicen en la capacidad de producción. Las plantas de PEMEX localizadas en Reynosa y Poza Rica seguirán en operación por un período indefinido. En el complejo petroquímico -

de La Cangrejera existen tres reactores con una capacidad de 80,000 ton/año cada uno. Se tiene en proyecto construir una planta de 240,000 ton/año en Laguna del Ostión en 1988. Se pronostica que para el año de 1985 la capacidad será de 339,000 ton. y la producción esperada será de 303,000 ton. las cuales serán suficientes para abastecer el mercado nacional sin necesidad de recurrir a la importación. Se pronostica que el PEBD tendrá un incremento promedio en el consumo del 8.84% anual en el período 1983-1985 tabla(IV. 17).

En cuanto al polietileno de alta densidad (PEAD) se refiere se tiene lo siguiente: actualmente se tiene en operación una planta en Poza Rica con capacidad de 100,000 ton/año. En la planta de Morelos, Veracruz, la cual comenzará a operar a mediados de 1984, se tiene previsto la construcción de una planta de PEAD de 100,000 ton/año. Con estas dos plantas operando al 90% se tendrá una producción de aproximadamente 180,000 ton. para 1985

Se predice que el consumo de esta resina tendrá un crecimiento anual promedio en 1983-1985 del 6.27%; con esto, para el año de 1985 se tendrá un consumo de 132,000 ton.(tabla IV. 17), lo cual nos indica que no sólo no se tendrán importaciones sino que habrá posibilidad de exportar 50,000 ton/año, aproximadamente.

Se espera que, siguiendo con la tendencia observada por otros países, el polietileno de alta densidad (PEAD) tenga un gran desarrollo en los procesos de moldeo por inyección y moldeo por soplado.

Por lo que respecta al cloruro de polivinilo (PVC), actualmente existen en México 6 compañías que lo producen, las -- cuales sumaron en 1982 120,000 ton. Por otro lado, si observamos la tabla IV. 14, desde el año de 1977 ha existido un sobrante en la producción de esta resina y con las plantas que actualmente están en construcción, este sobrante se incrementará. Esto nos llevará a que en 1985 ya no haya ninguna importación y que las exportaciones de PVC serán alrededor de 35,000 ton/año.

Se pronostica que el crecimiento anual para esta resina será del 1.25% para 1983-1985 (tabla IV. 17), es decir, que en 1985 se tendrá un consumo de 110,000 ton. aproximadamente. Una gran ventaja que se tiene es que el precio del PVC en México es más bajo que los precios internacionales por lo que es considerado competitivo a nivel internacional.

El polipropileno es una resina que actualmente no se produce en nuestro país. Se tiene previsto que a finales de 1985 - entre en operación una planta de PEMEX en Morelos, Veracruz con - capacidad de 100,000 ton/año. Además también se tiene planeada - la construcción de una planta en Dos Bocas, Tabasco de 100,000 -- toneladas de polipropileno por año, esta se tiene prevista para - el año de 1988.

En 1982 el consumo aparente, o sea, las importaciones bajaron; se estima que en 1983 el consumo siga bajando, y empiece a recuperarse en 1984 hasta alcanzar 90,000 ton. en 1985, lo que

corresponde a un incremento promedio del 5.66% anual en el período 1983-1985.

En términos generales, el polipropileno es una resina que ha tenido un rápido crecimiento en los últimos años y, por esta razón, se espera que en el futuro su consumo siga incrementándose en todos los mercados al que atiende.

Por lo que toca al poliestireno (PS), en estos momentos existen aproximadamente 8 compañías que lo producen. El consumo de esta resina se ha mantenido gracias a su gran desarrollo y penetración en algunos de los mercados, tales como construcción, envases, artículos del hogar y otros. Sin embargo, esta resina tiene una difícil competencia con el polipropileno y el polietileno de alta densidad. A pesar de esto se espera que el poliestireno, por su bajo costo y su facilidad para moldearse, siga teniendo un continuo crecimiento.

En 1982, el consumo prácticamente no varió con respecto al año anterior, pero para el período 1983-1985 se pronostica un crecimiento anual promedio del 6.85%; esto nos indica que el consumo nacional de poliestireno para 1985 será de casi 112,000 ton. y habrá 10,000 ton. destinadas para exportación (tabla IV. 17).

Para concluir con este tema, en la tabla IV. 17 se presenta en forma resumida el consumo esperado de las cinco resinas más importantes en nuestro país para el período 1983-1985. (2, 3, 4, 6, 7, 10, 11, 15, 16, 20)

TABLA IV. 17

PRONOSTICO DE CRECIMIENTO A 1985 (TONELADAS)

RESINA	1982	1983	1984	1985	TASA PROMEDIO %
PEBD	235000	255774	278385	303000	8.84
PEAD	110000	116897	124226	132000	6.27
PVC	106000	107325	108666	110000	1.25
PP	76296	75152	81308	90000	5.66
PS	91800	98090	104812	112000	6.85

FUENTE: INFOTEC.

IV.3 .- ANALISIS DEL MERCADO DE PIGMEN-  
TOS PARA PLASTICO EN MEXICO

a).- PANORAMA

Antes de entrar en detalle en los métodos de pigmentación empleados en México así como en la maquinaria utilizada en el procesamiento de piezas plásticas se mencionarán algunas definiciones importantes.

- PLASTICO.- Es un artículo formado a partir de una resina sintética mediante la aplicación de calor y presión.

Básicamente, los artículos de plástico se elaboran de dos formas, la primera es a partir de película, perfiles, placas y otras presentaciones, trabajándolas y maquinándolas de manera similar a como se hace con los metales y la madera; la segunda es formando directamente el producto terminado. Este procedimiento se asemeja a la fundición de metales en un molde.

Por otro lado, las técnicas de procesamiento de los materiales plásticos, se definen a continuación:

- FUNDICION EN MOLDE.- Se vacía la resina y los demás componentes en un molde que generalmente se mantiene a temperatura controlada. Esta técnica se usa para la obtención de cilindros, barras, perfiles y hojas de nylon, epoxi, estireno, acrílica y otros .
- FUNDICION EN PELICULA.- El material plástico se disuelve y distribuye en un cilindro o banda pulida que pasa de manera continua a la cámara de curado, donde se evapora el solvente

(que después se recupera) y se obtiene la película plástica. El equipo para esta técnica es caro y por lo tanto se justifica sólomente para volúmenes grandes de producto.

- MOLDEO POR COMPRESION.- Se lleva a cabo en un molde cerrado y con temperatura controlada; mediante calor y presión el compuesto plástico llena el molde. Se usa con resinas termoestables y para partes o piezas grandes y más o menos sencillas.
- MOLDEO POR INYECCION.- El termoplástico se calienta previamente en un cilindro hasta que tenga consistencia plástica y después se inyecta en un molde de temperatura controlada. Se usa en piezas más complicadas y también en grandes volúmenes.
- MOLDEO POR TRANSFERENCIA, EN FRIO Y SOPLADO.- Son variantes del moldeo por inyección y del moldeo por compresión.
- EXTRUSION.- En este método el material termoplástico se calienta y mediante un tornillo se fuerza a través de un dado con la sección deseada. Se usa mucho para tubos, barras y perfiles. El equipo es menos costoso que en el de moldeo por inyección y los volúmenes de producción son altos.
- CALANDRIADO.- Se trabaja el material entre rodillos calentados; se usa mucho para la tela vinílica sustituto del cuero y otras.

Existen otros métodos para trabajar y formar los plásticos como el termoformado.

La impartición de color a los artículos de plástico se puede realizar en tres formas: 1) la utilización de resina pigmentada previamente por el fabricante de resinas, 2) la utilización de pigmentos en polvo mezclándolos con la resina y procesando el artículo deseado, esto es mezcla de pigmentos (MP) 3) la utilización de concentrados de color (CC).

La concentración de pigmento en polvo (MP) y concentrado de color (CC), varía de acuerdo a la pureza del pigmento, al color deseado, la resina a pigmentar y el equipo de procesamiento; la concentración promedio en el uso de concentrados de color (CC) es del 4% y la concentración promedio en el uso de pigmento en polvo (MP) es del 1.08%.

El empleo de concentrados de color se halla más difundido en aquellas aplicaciones donde se utilizan procesos de extrusión, ya que en estos se realiza un trabajo mecánico más intenso que permite homogenizar adecuadamente la mezcla concentrado de color-resina. En cambio en las aplicaciones de moldeo por inyección, el concentrado de color tiene ciertas limitaciones por lo que su uso en estas aplicaciones se encuentra parcialmente desarrollado.

Del total de plástico que se consume en México no todo se pigmenta, sino sólo un porcentaje, esto quiere decir, que algunas piezas plásticas se moldean en tono natural, esto se refiere al color propio de la resina. Por ejemplo: transparente.- poliesti-

reno, acrílico y policarbonato; blanco-lechoso.- polietileno de alta y de baja densidad y polipropileno; amarillo-café.- acrilonitrilo-butadieno-estireno y nylon.

b).- CONSUMO DE PIGMENTOS PARA PLASTICO

El consumo de pigmentos en México durante 1982 dedicado a la elaboración de artículos de plástico pigmentado fué de - 4,930 ton. e incluye a todas las resinas plásticas que existen en México.

Los plásticos requirieron los siguientes pigmentos en la proporción que se indica:

TIPO DE PIGMENTO	TON. (1982)	%
TiO <sub>2</sub>	3,184	64.6
Inorgánicos	1,381	28.0
Orgánicos	<u>365</u>	7.4
TOTAL.	4,930	

Entre los pigmentos inorgánicos más utilizados destacan los cadmios, el azul ultramarino y el negro de humo y entre los pigmentos orgánicos se encuentran las ftalocianinas y las quina cridonas principalmente.

Ahora, desglosaremos a las principales resinas en aplicaciones, por ciento pigmentado y tipo de pigmento empleado:

1).- Polietileno de baja densidad (PEBD)

Es una de las resinas de menor precio y la más difundida en el mercado nacional. El consumo de PEBD en 1982 fue de 235,000 ton.

Los mercados en los cuales se usó esta resina fueron:

MERCADOS	TON.	%
Película de alta claridad	169,200	72
Película de alta resistencia	18,800	8
Piezas inyectadas	18,800	8
Extrusión, soplado, tuberías, otros.	<u>28,200</u>	12
TOTAL	235,000	

El porcentaje pigmentado de PEBD por mercado se muestra a continuación:

	% RESINA PIGMENTADA	TON. RESINA PIGMENTADA
Película de alta claridad.	40	67,680
Película de alta resistencia	70	13,160
Piezas inyectadas	90	16,920
Extrusión, soplado tuberías, etc.	100	<u>28,200</u>
TOTAL		125,960

Las 125,960 ton. de PEBD pigmentadas usan el pigmento en una concentración promedio del 1.08% lo cual da como resultado un consumo de pigmento de 1360 ton. para esta resina en 1982.

## 2).- Cloruro de polivinilo (PVC)

Es la segunda resina en importancia por su volumen. Aunque su consumo en 1982 fué de 106,000 ton., lo cual la colocó en tercer lugar para este año.

Los mercados a los cuales asistió esta resina fueron:

MERCADOS	TON.	%
Película flexible	21,200	20
Tubería	19,080	18
Zapato	14,840	14
Botella	10,600	10
Cable	10,600	10
Discos	7,420	7
Perfil	5,300	5
Otros	<u>16,960</u>	16
TOTAL	106,000	

El porcentaje pigmentado de PVC por mercado para 1982

fué:

	% RESINA PIGMENTADA	TON. RESINA PIGMENTADA
Película flexible	60	12,720
Tubería	90	17,172
Zapato	90	13,356
Botella	30	3,180
Cable	25	2,650
Discos	100	7,420
Perfil	90	4,770
Otros	35	<u>5,936</u>
	TOTAL	67,204

Las 67,204 toneladas de PVC pigmentadas requirieron de 726 ton. de pigmento.

3).- Polietileno de alta densidad (PEAD)

El consumo de PEAD en México durante 1982 fue de 110,000 ton.

Los mercados de esta resina en este año fueron:

MERCADOS	TON.	%
Cajas para refresco	49,500	45
Botella	22,000	20
Envases y piezas inyectadas.	<u>38,500</u>	35
TOTAL		110,000

El porcentaje pigmentado de PEAD por mercado para 1982  
fue:

	% RESINA PIGMENTADA	TON. RESINA PIGMENTADA
Cajas para refresco	90	44,550
Botella	35	7,700
Envases y piezas inyectadas.	67	<u>25,795</u>
TOTAL		78,045

Las 78,045 toneladas de PEAD pigmentadas requirieron de 843 ton. de pigmento.

4).- Polipropileno(PP)

El consumo de PP en México durante 1982 fué de 76,296 toneladas.

Los mercados a los cuales asistió esta resina fueron:

MERCADOS	TON.	%
Artículos del hogar, inyección.	30,518	40
Rafia	26,704	35
Multifilamento	6,867	9
Película	6,867	9
Monofilamento	<u>5,340</u>	7
TOTAL	76,296	

El porcentaje pigmentado de PP por mercado para 1982 fué:

	% RESINA PIGMENTADA	TON.RESINA PIGMENTADA
Artículos del hogar, inyección	95	28,992
Rafia	60	16,022
Multifilamento	80	5,494
Película	-	-
Monofilamento	90	<u>4,806</u>
TOTAL		55,314

Las 55,314 toneladas de polipropileno pigmentadas, consumieron 597 ton. de pigmento.

5).- Poliestireno (PS)

El consumo de poliestireno en nuestro país durante el año de 1982 fué de 91,800 toneladas.

Los mercados del poliestireno fueron:

MERCADOS	TON.	%
Envase, empaque	36,720	40
Construcción	14,688	16
Artículos del hogar	11,934	13
Refrigeración	9,180	10
Radio y T.V.	4,590	5
Juguetes	4,590	5
Otros	<u>10,098</u>	11
TOTAL	91,800	

El porcentaje pigmentado de PS por mercado para 1982, fué:

	% RESINA PIGMENTADA	TON. RESINA PIGMENTADA
Envase, empaque	50	18,360
Construcción	-	-
Artículos del hogar	45	5,370
Refrigeración	100	9,180
Radio y T.V.	100	4,590
Juguetes	80	3,672
Otros	45	<u>4,544</u>
		TOTAL 45,716

Las 45,716 toneladas de poliestireno pigmentadas consumieron 494 ton. de pigmento.

De las 16 resinas restantes, en 1982 se consumieron en -- México 231,724 toneladas. Se estima que se pigmentó alrededor del 36.4 %, es decir, 84,283 toneladas. Esto nos indica que se requirieron 910. ton. de pigmento para pigmentar estas resinas.

Resumiendo todo lo anterior, se obtiene la siguiente tabla:

RESINA	%	CONSUMO 1982 (TON.)	TON. PIGMEN TADAS	%
PEBD	27.6	235,000	125,960	53.6
PVC	12.5	106,000	67,204	63.4
PEAD	12.9	110,000	78,045	71.0
PP	9.0	76,296	55,314	72.5
PS	10.8	91,800	45,716	49.8
Otros	27.2	231,724	84,283	36.4
TOTAL		850,820	456,522	53.7

Las toneladas de resina pigmentada corresponden a un 53.7 % del consumo total de resina.

Ahora, en la siguiente tabla se muestra el volumen de -- pigmento que se utilizó por resina:

RESINA	VOLUMEN DE PIGMENTO (TON)	%
PEBD	1,360	27.6
PVC	726	14.7
PEAD	843	17.1
PP	597	12.1
PS	494	10.0
Otros	910	18.5
TOTAL	4,930	

Por otra parte, a continuación se hará un análisis del consumo de pigmentos dependiendo del método de pigmentación empleado, esto es mezcla de pigmentos (MP) y concentrados de color (CC).

1).- Polietileno de baja densidad (PEBD)

APLICACION	TON. PIGMEN TADAS	CONSUMO PIG MENTOS(TON)	MP (TON)	%	CC (TON)	%
Película alta claridad	67,680	731	-	-	731	100
Película alta resistencia	13,160	142	-	-	142	100
Inyección	16,920	183	183	100	-	-
Extrusión, soplado, tubería, otros	<u>28,200</u>	<u>304</u>	<u>30</u>	<u>10</u>	<u>274</u>	<u>90</u>
TOTAL	125,960	1360	213	15.7	1147	84.3

2).- Cloruro de polivinilo (PVC)

APLICACION	TON. PIGMEN TADAS	CONSUMO PIG MENTOS(TON)	MP (TON)	%	CC (TON)	%
Película flexible	12,720	137	137	100	-	-
Tubería	17,172	186	167	90	19	10
Zapato	13,356	144	-	-	144	100
Botella	3,180	34	34	100	-	-
Cable	2,650	29	29	100	-	-
Discos	7,420	80	80	100	-	-
Perfil	4,770	52	-	-	52	100
Otros	<u>5,936</u>	<u>64</u>	<u>64</u>	<u>100</u>	<u>-</u>	<u>-</u>
TOTAL	67,204	726	511	70.4	215	29.6

3).- Polietileno de alta densidad (PEAD)

APLICACION	TON. PIGMEN TADAS	CONSUMO PIG MENTOS (TON)	MP (TON)	%	CC (TON)	%
Cajas de re fresco	44,550	481	481	100	-	-
Botella	7,770	84	59	70	25	30
Envases y pie zas inyectadas	25,795	278	209	75	69	25
TOTAL	78,045	843	749	88.8	94	12.6

4).- Polipropileno (PP)

APLICACION	TON. PIGMEN TADAS	CONSUMO PIG MENTOS (TON)	MP (TON)	%	CC (TON)	%
Artículos del hogar, inyección	28,992	313	282	90	31	10
Rafia	16,022	173	-	-	173	100
Multifila- mento	5,494	59	59	100	-	-
Película	-	-	-	-	-	-
Monofila- mento	4,806	52	-	-	52	100
TOTAL	55,314	597	341	57.1	256	42.9

5).- Poliestireno (PS)

APLICACION	TON. PIGMEN TADAS	CONSUMO PIG MENTOS (TON)	MP (TON)	%	CC (TON)	%
Envase, em- paque	18,360	198	139	70	59	30
Construcción	-	-	-	-	-	-
Artículos del hogar	5,370	58	58	100	-	-
Refrigeración	9,180	99	94	95	5	5
Radio T.V.	4,590	50	50	100	-	-
Juguetes	3,672	40	32	80	8	20
Otros	4,544	49	42	85	7	15
<b>TOTAL</b>	<b>45,716</b>	<b>494</b>	<b>415</b>	<b>84.0</b>	<b>79</b>	<b>16.0</b>

De las toneladas pigmentadas correspondientes a las resinas restantes (84,283), se estima que prácticamente todas ellas se -- pigmentan con mezcla de pigmentos; esto quiere decir, que se utilizaron 910 toneladas de pigmentos.

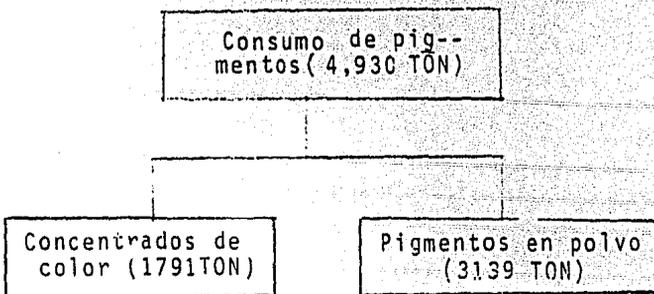
Para resumir todo lo anterior, a continuación se presenta la siguiente tabla:

RESINA	TON. PIGMEN TADAS	CONSUMO PIG MENTOS (TON)	MP (TON)	%	CC (TON)	%
PEBD	125,960	1,360	213	15.7	1,147	84.3
PVC	67,204	726	511	70.4	215	29.6
PEAD	78,045	843	749	88.8	94	12.6
PP	55,314	597	341	57.1	256	42.9
PS	45,716	494	415	84.0	79	16.0
Otros	84,283	910	910	100.0	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>456,522</b>	<b>4,930</b>	<b>3,139</b>	<b>63.7</b>	<b>1,791</b>	<b>36.3</b>

Como se observa en la tabla anterior, en el año de 1982, el 63.7 % de las resinas pigmentadas se pigmentó por medio de mezcla de pigmentos, lo cual correspondió a 3139 toneladas de pigmento y el 36.3 % restante se pigmentó con concentrados de color, lo cual correspondió a 1791 toneladas de pigmento.

c).- OFERTA Y COMERCIALIZACION DE PIGMENTOS PARA PLASTICO

En 1982, los pigmentos para plástico se distribuyeron a los consumidores de la siguiente forma:



Los principales proveedores de pigmentos se dividen principalmente en cuatro categorías:

1).- Fabricantes de pigmentos.- Se dedican a la producción de pigmentos a partir de materia prima la cual obtienen , ya sea de fuentes nacionales o de la importación. También algunos fabricantes se dedican a la importación y distribución de pigmentos que no se producen en el mercado nacional.

2).- Fabricantes de concentrados de color.- Como su nombre lo dice, se dedican a la fabricación de concentrados de color (conocido en el mercado como "Master Batch"). Las materias primas para su fabricación son un vehículo que generalmente es la misma resina en la cual se aplicará el concentrado y un alto contenido de pigmento (entre 30% y 50% en promedio), así como también aditivos, lubricantes, agentes estabilizadores, surfactantes, etc.

3).- Distribuidores.- Se dedican a la distribución y comercialización de los pigmentos, tanto nacionales como importados.

4).- Igualadores.- Se dedican a la distribución de mezclas de pigmentos en base a igualaciones de color requeridas por el consumidor. Estas igualaciones se presentan al cliente en forma de fichas de diferentes espesores para comparar con un patrón determinado.

Los pigmentos en polvo son distribuidos por los fabrican-

tes de pigmentos y por igualadores de color. Estos últimos son negocios que se dedican a distribuir mezclas de pigmentos, su trabajo consiste en adquirir pigmentos puros, aditivos, lubricantes y cargas y mezclarlos en diversas proporciones con objeto de obtener un color determinado y ciertas características específicas de la aplicación final (resistencia al intemperismo, resistencia a la luz ultravioleta, resistencia química, etc.). Muchos consumidores de pigmentos encuentran una gran ventaja en recurrir a este tipo de servicio ya que se evitan desviar sus recursos en la instalación de un laboratorio de color.

Los fabricantes de pigmentos distribuyen sus productos en base a un muestrario que presenta los diversos tonos y matices de sus pigmentos e igualan colores con sus principales clientes.

Los igualadores requieren prácticamente de un mínimo de equipo para su funcionamiento, básicamente: balanza granataria, mezclador de tambor, molino micronizador, colorímetro, juego de luces y otros. Estos negocios son pequeños y suman más de 20 en nuestro país.

La producción de concentrados de color proviene principalmente de 8 fabricantes. Estos fabricantes consumen pigmentos puros, los mezclan entre sí para obtener diversos colores y los adicionan en una resina como vehículo mediante el proceso de extrusión. Los concentrados de color se fabrican con la misma resina que se vaya a utilizar en el moldeo final del artículo plásti

co. Los concentrados más usados se fabrican con PEBD, PEAD, PVC, PP y PS, como resina vehículo.

El uso de concentrados de color en México se inició en la década de los 70's y desde entonces el consumo ha crecido vía la sustitución del empleo de pigmentos en polvo. (2, 3, 4, 6, 8, 10, 12, 16)

## C A P I T U L O V

---

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

---

- 1.- Existen algunos pigmentos, como los cadmios, cromos (cromatos de plomo) y otros, que son muy peligrosos por su toxicidad y - por lo tanto, no deben utilizarse en aplicaciones relacionadas con envases alimenticios y medicinales, así como en juguetes y otros plásticos sujetos al alcance de los niños.
- 2.- El criterio de selección del pigmento más adecuado para pigmentar un plástico es:
  - a).- Costo y color del pigmento.
  - b).- Tipo de resina y uso final de ésta.
  - c).- Propiedades de resistencia del pigmento.
- 3.- Los concentrados de color proporcionan una mejor incorporación del pigmento en el plástico, aceleran la producción y elevan la calidad del producto, en comparación con los otros métodos de pigmentación existentes.
- 4.- La principal característica en la calidad de la producción de los pigmentos es que la homogeneidad en sus propiedades se conserve a lo largo de todos los "lotes" producidos.
- 5.- La industria de las pinturas es el principal consumidor de pigmentos en nuestro país.
- 6.- En 1982, la balanza comercial de la industria de los pigmentos fué favorable para México y se preveé que en los siguientes - años la tendencia sea la misma, manteniéndose únicamente las importaciones de los pigmentos muy especializados.

- 7.- En 1982 comenzó de una manera importante la sustitución de materias primas importadas y se espera una integración nacional, tanto para la industria de los pigmentos como para la industria de las resinas sintéticas en el futuro.
- 8.- El pigmento blanco, bióxido de titanio, es el más importante en nuestro país, ya que actualmente es el de mayor consumo y el de mayor exportación.
- 9.- Se estima que el crecimiento de la demanda de pigmentos en nuestro país para el período 1983-1985 será del 6.1% promedio anual.
- 10.- México presenta un gran potencial en el desarrollo de la industria de las resinas sintéticas, esto se basa en sus grandes reservas de hidrocarburos y en la infraestructura existente para su aprovechamiento.
- 11.- El consumo aparente de las resinas sintéticas creció entre 1970-1981 a un ritmo muy acelerado el cual fué del 15.8% promedio anual, sin embargo, en 1982, se presentó por primera vez en forma drástica un descenso en el consumo aparente del 9.74%.
- 12.- Las importaciones de resinas sintéticas en el período 1970-1981 se incrementaron en un 17.5% promedio anual, favoreciendo el crecimiento del consumo aparente y limitando el crecimiento de la planta productiva.
- 13.- Las exportaciones de resinas sintéticas no han sido significativas.

tivas en los últimos 12 años, debido a que la capacidad de producción nacional creció a un ritmo menor que la demanda de resinas sintéticas.

- 14.- El año de 1982 fué crítico para la industria de las resinas sintéticas. Sus efectos más trascendentes fueron: el descenso en el consumo del 10% entre 1981 y 1982; la disminución en las importaciones del 21% (en volumen) y el freno al crecimiento de la producción que se había mantenido hasta 1981 (incluso sufrió una disminución del 1%).
- 15.- Se pronostica que para 1986 México tendrá una completa integración en la producción de resinas sintéticas, teniendo inclusive capacidad para exportar.
- 16.- Con respecto a la maquinaria y equipo para la transformación de plástico, podemos decir que el 85% es importado. El crecimiento de esta industria fué del 21% entre 1970 y 1981. Se preveé que a partir de 1983 con las restricciones impuestas a las importaciones se presentará una mayor integración nacional para la fabricación de estos equipos.
- 17.- Los factores más importantes que determinan el consumo de resinas sintéticas son la calidad, el servicio técnico, las entregas y el precio.
- 18.- El porcentaje de plástico pigmentado durante 1982 por resina fué: PEBD 54%, PVC 63%, PEAD 71%, PP 73%, PS 50%, otros 36%.

Dando un total de 54% de resinas pigmentadas (456, 522 ton.)

19.- La concentración promedio de utilización de pigmento en plástico es del 1.08% (10.8 gramos de pigmento por kilogramo de resina).

20.- La concentración promedio de un concentrado de color en un plástico es del 4% (40 gramos de concentrado por kilogramo de resina).

21.- El consumo de pigmentos para plástico en 1982 fué de 4930 toneladas; lo cual representa el 14% del consumo total de pigmentos que se tuvo en México durante ese año.

22.- Los pigmentos para plástico más utilizados en la industria mexicana son: los cadmios, el bióxido de titanio, el negro de humo, el azul ultramarino y las ftalocianinas.

23.- Las principales aplicaciones de las resinas sintéticas son:

PEBD	Película (Bolsas)	72%
PVC	Película y tubería extruída	38%
PEAD	Cajas para refresco	45%
PP	Artículos del hogar	40%
PS	Envases y Empaques	40%

24.- Del total de resinas pigmentadas, el 63.7% se pigmentó por medio de mezclas de pigmentos y el 36.3% restante se pigmentó a través de concentrados de color.

C A P I T U L O V I

B I B L I O G R A F I A

- 1) ANDER P.Y SONNESSA A.-Principios de Química.-Editorial LIMUSA.- México 1975.
- 2) ASOCIACION NACIONAL DE LA INDUSTRIA QUIMICA,A.C..- Anuario de la Industria Química Mexicana 1981.- Talleres de Arte y Litografía de la ANIQ.- México 1982.
- 3) ANIQ.- Directorio de Empresas, Productos, Servicios, y Distribuidores de la Industria Química Mexicana.- Talleres de Arte y Litografía de la ANIQ.- México 1979.
- 4) ANIPAC.- Directorio Nacional de la Industria de los Plásticos y sus Proveedores 1981.- Editorial Publi Noticias, S.A. México 1982.
- 5) BAHUER H. HENRY & CHRISTIAN GARY D..- Instrumental Analysis.- Ally and Bacon Inc. .- U.S.A. 1978.
- 6) CANACINTRA.- Directorio de Socios 1980.- Ed. Talleres Canacinttra.- México 1980.
- 7) FORTE ARAGON ALEJANDRO.- Fomento a la Industria Petroquímica.- Plastinoticias.- Mexico Abril 1983.
- 8) GIRAL B. JOSE, GONZALEZ P. SERGIO, MONTAÑO A. EDUARDO.-La Industria Química en México.- Editorial Redacta.- México 1978.
- 9) HERMAN F. MARK, NORMAN G. GAYLORD.- Encyclopedia of Polymer Science and Technology, Vol. 3,10.- Ed. Board.- U.S.A. 1968.

- 10) INFOTEC.- Synthetic Resins in Mexico, 1970-1985.- Stanley Arasim & Assoc., Inc.- México 1982.
- 11) KINDLER HUBERT.- Los Plásticos Optimización del Petróleo.- Plastinoticias.- México Enero 1982.
- 12) KRYSZYNA OLIZAR M.- Anuario Estadístico del Mercado Mexicano.- Editorial Lan Foto Offset, S.A.- México 1980.
- 13) MODERN PLASTICS ENCYCLOPEDIA 1981-1982.- Mc. Graw Hill Inc.- U.S.A. 1982.
- 14) PATTON, TEMPLE C. .- Pigment Handbook Vol I y III.- John Wiley & Sons.- U.S.A. 1973.
- 15) PETROLEOS MEXICANOS.- Memoria de Labores 1982.- Ed. Instituto Mexicano del Petróleo.- México 1983.
- 16) SECRETARIA DE PROGRAMACION Y PRESUPUESTO, SEPAFIN, PEMEX y FERTIMEX.- Industria Petroquímica, Análisis y Espectativas 1981.- Ed. Talleres Gráficos de la Nación S.C. de P.E. y R.S.- México 1981.
- 17) TEACH C. WILLIAM, KIESSLING C. GEORGE.- Polystyrene.- Ed Reinhold Publishing Corporation.- New York U.S.A. 1960.
- 18) WEBBER G. THOMAS.- Coloring of Plastics.- Ed. John Wiley & Sons U.S.A. 1979.
- 19) WILLARD HOBART, MERRIT LYNNE, DEAN JOHN .- Métodos Instrumentales de Análisis.- Compañía Editorial Continental, S.A.- México 1980.

20) YOUNG JOHN.- El Cambiante Mercado de Materias Primas.-  
Plastinoticias.- México Febrero 1982.