



UNIVERSIDAD LA SALLE^{cy.}

ESCUELA DE QUIMICA
INCORPORADA A LA U. N. A. M.

ESTUDIO DEL COLOR Y LA COLORACION EN TERMOPLASTICOS

TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO QUIMICO
P R E S E N T A :
LUIS MANUEL SEMAN CHAHIN

FALLA DE ORIGEN



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.

C O N T E N I D O

PAGINA

CAPITULO I. INTRODUCCION

2

CAPITULO II. COLOR

2.1. El Color

5

2.1.1. Antecedentes

5

2.1.2. Definiciones y Conceptos

7

2.1.2.1. Conceptos Físicos

8

2.1.2.2. Conceptos Químicos

11

2.1.2.3. Conceptos Fisiológicos

13

2.1.2.4. Conceptos Psicológicos

14

2.2. La Luz

2.2.1. Antecedentes

16

2.2.2. Características

18

2.2.2.1. Reflexión

19

2.2.2.2. Absorción

19

2.2.2.3. Refracción

20

2.2.2.4. Difracción

20

2.2.3. El Espectro de Radiación

Electromagnética

20

	PAGINA
2.3. Relación Luz - Color en el Medio Plástico.	28
2.3.1. Fuentes de Luz	28
2.3.2. Interacción de Luz y Objetos	32
2.3.2.1. Absorción	33
2.3.2.2. Fluorescencia	33
2.3.2.3. Dispersión	33
2.3.2.4. Reflexión	34
2.3.2.5. Objetos Transparentes, <u>Traslú</u> cidos y opácos.	35
2.3.2.6. Curvas de Reflectancia Espectral o Transmisión Espectral.	36
2.3.3. Visión del Color	36

CAPITULO III. MEDICION DEL COLOR.

3.1. Teorías de la Medición del Color	41
3.1.1. El Sistema Munsell	41
3.1.2. El Lenguaje Universal del Color	42
3.1.3. Sistemas de Tipo Oponente	44
3.1.4. Otros Sistemas	47
3.2. Colorimetría	47
3.2.1. Definición y Conceptos	47
3.2.2. Fuentes e Iluminantes Estándar de la CIE.	49
3.2.3. Los observadores Estándar CIE	51
3.2.4. El Diagrama de Cromacidad CIE	52

PAGINA

3.3. Instrumentos para medir el color	55
3.3.1. Descripción	55
3.3.2. Espectrofotómetros	61
3.3.3. Colorímetros de Estímulos Triples	62
3.3.4. Estándares	64

CAPITULO IV. TERMOPLASTICOS

4.1. Termoplásticos	68
4.1.1. Antecedentes	68
4.1.2. Breve Historia de los Polímeros Sintéticos	69
4.1.3. Descripción y Clasificación.	71
4.1.3.1. Como Macromoléculas (C. Química)	71
4.1.3.2. Como Plásticos (C. Físicas)	72
4.1.4. Generalidades de los Termoplásticos	75
4.1.4.1. Obtención	75
4.1.4.1.1. Polimerización por Reacción en Cadena.	76
4.1.4.1.2. Polimerización por Reacción en Etapas.	82
4.1.4.1.3. Copolimerización.	83
4.1.4.1.4. Procesos de Polimerización	85
4.1.4.2. Transformación de Termoplásticos	90

	PAGINA
4.2. Termoplásticos Comerciales	100
4.2.1. P.V.C. (Cloruro de Polivinilo).	100
4.2.2. Poliestireno	103
4.2.3. ABS (resinas de Acrilonitrilo Estireno-Butadieno).	105
4.2.4. Polietileno	108
4.2.4.1. Polietileno de Baja Densidad (Ramificado).	108
4.2.4.2. Polietileno de Alta Densidad (Lineal).	111
4.2.4.3. Tabla Comparativa de los Po- lietilenos.	113
4.2.5. Polipropileno.	114
4.3. Propiedades de los Termoplásticos	118

CAPITULO V. COLORACION DE TERMOPLASTICOS.

5.1. Introducción	126
5.2. Definición	127
5.3. Clasificación de Pigmentos	128
5.3.1. Pigmentos Inorgánicos	129
5.3.2. Pigmentos Orgánicos	140
5.4. Métodos de Pigmentación	158

PAGINA

CAPITULO VI. CONCLUSIONES.

6.1. Conclusiones

180

Apéndice de Variables y Abreviaturas

193

C A P I T U L O I

"INTRODUCCION"

1.1. Introducción

Cuando la producción de materias plásticas superó a nivel mundial la producción de hierro y acero dando con ésto inicio al proceso de sustitución de metales por materias plásticas en gran diversidad de campos, se crea la necesidad de pigmentarlos tan técnicamente como lo requiera la aplicación ó uso final del producto.

Por otro lado, el descubrimiento de nuevos plásticos y la mejora de los ya desarrollados ha traído como consecuencia la tecnificación del color en sus productos , en sus formas de aplicación y en sus sistemas de medición y control.

La última herramienta conocida a la fecha y la que mas ventajas nos ofrece en este campo es la Espectrofotometría la cual es de gran utilidad si comprendemos adecuadamente sus principios.

Para ello se consideran en este trabajo desde fenómenos como la luz visible con sus principales características, su ubicación dentro del Espectro de Radiación Electromagnética, hasta los principales intentos hechos a la fecha por definir y dimensionar el color y las principales características de las materias colorantes.

Este anteproyecto pretende englobar técnicamente los principales conocimientos, reglas y experiencias adquiridas al estar en contacto con estas áreas: El Color, su interacción con las Materias Plásticas - (procesos de transformación y coloración de plásticos) y el papel que desempeña la medición óptica - del Color en el Plástico.

CAPITULO II

"COLOR"

2.1. El Color

2.1.1. Antecedentes

Las diversas teorías del Color se basan en el descubrimiento hecho por Isaac Newton en 1666, de que la luz solar es una luz blanca que contiene todos los colores del espectro. Sus famosos experimentos lo llevaron a decir que "Un objeto toma su tono al absorber ciertos colores del espectro, reflejando otros".

Newton dedujo simplemente, que un prisma se limitaba a fragmentar la luz en sus componentes (los colores del espectro), y demostró su punto de vista haciendo pasar éstos nuevamente por otro prisma, formando así rayos de luz blanca.

Para 1704, Newton publica los primeros conceptos de como el ojo y el cerebro perciben los colores y aunque solamente fueron una serie de especulaciones expuestas en forma de "Interrogantes", obligó a investigadores posteriores a confirmar sus suposiciones.

En 1801 Thomas Young dió las primeras respuestas a las interrogantes de Newton con la teoría de que los humanos tiene únicamente tres tipos de cromos receptores, sensibles cada uno de ellos a determinado color; siendo los colores rojo, verde y violeta, las bases de su Teoría Tricromática de la Visión.

Años más tarde (1851) correspondió al científico alemán Hermann Von Helmholtz, revivir y aclarar la Teoría Tricromática de Young. Explicó que los tres tipos de receptores reaccionaban a todos los colores en diverso grado y que la visión de éstos era la sensación total recibida en el cerebro.

Al mismo tiempo, Ewald Hering formula una teoría que, a diferencia de la expuesta por Young-Helmholtz, toma como punto de partida la percepción de 4 colores (rojo, verde, amarillo y azul) subrayando también la psicología de la percepción del color. Su hipótesis era que los receptores de la retina se limitan a absorber la luz y que el descubrimiento del color empieza en los mecanismos de interpretación del sistema óptico.

En 1964 en un proyecto precursor dirigido por E.F. Mac Nichol de la Universidad John Hopkins dió un fuerte apoyo a las dos teorías con sus estudios al sistema cromovisual del ojo. Hopkins realizó con los conos de la retina su proyecto, enviando a través de éstos luz procedente de diferentes partes del espectro; la energía transmitida por ellos se analizó en una computadora, demostrándose que hay 3 tipos de conos, cada uno particularmente sensible a una gama del espectro como lo habían dicho Young-Helmholtz, así también demostró que los conos pasan por un mecanismo dosificador semejante al relacionado por Hering con las fibras nerviosas.

Actualmente se siguen haciendo investigaciones de como llegan al cerebro las señales de color, principalmente las realizadas por Leo y Dorothea Jameson Hurvich, de la Universidad de Pennsylvania. Los Hurvich han contribuido a revivir el interés en la teoría de Hering al demostrar que muchas de sus ideas pueden sistematizarse y convertirse en un enfoque claro y preciso para la ciencia del Color.

2.1.2. Definiciones y Conceptos

Al color lo podemos definir como "La impresión - que causa en la retina del ojo la luz reflejada por los cuerpos" (1). Analizando esta definición podríamos decir que color es lo que vemos y por lo tanto depende de la fuente de luz y los objetos mismos, además de la naturaleza y el cerebro del observador. Para definir más técnicamente el fenómeno del Color necesitamos recurrir - a múltiples conocimientos fisico-químicos, fisiológico y psicológicos.

La relación de color con estas Ciencias es fundamental y no podemos hablar de color sin mencionarlas.

2.1.2.1. Conceptos Físicos

La luz y el color son inseparables, el color es luz, - la luz es energía radiante visible, su espectro está situado en un intervalo de 900 a 700 milimicras. Cada rayo de sol que nos llega en forma de luz blanca se descompone en una serie de colores con longitudes de onda diferentes, este conjunto forma el espectro visible, que en la figura 1 podemos observar y situar perfectamente. Las radiaciones - visibles pueden ser resumidas en tres grupos principales - que son: el Rojo, el Verde y el Azul.

La figura # 2 nos muestra esquemáticamente la descomposición de la luz blanca al pasar a través de un prisma. Los límites del espectro y la longitud de onda de los diferentes colores están indicados en la figura # 1.

Cuando un rayo de luz toca cualquier objeto, parte de la radiación es reflejada y parte es absorbida. Vemos los objetos debido a que la luz reflejada por éstos va hacia - nuestros ojos.

La luz puede ser únicamente reflejada en aquellas porciones del espectro que están presentes en la fuente luminosa. Por ejemplo: Una luz de sodio irradia energía solamente en la porción amarilla del espectro; bajo esta luz los objetos son de diferente color que en la luz normal.

DENOMINACION
DEL COLOR

λ		TÉCNICO	COMERCIAL
7500			Rubí
7000		Rojo	Carmesí Escarlata
6500			Bermellón
6000		Naranja	Cadmio
5500		Amarillo	Cadmio Cromo
5000		Verde	Am. Verde Verde Am.
4500		Azul	Esmeralda Verde Azul Turquesa Cobalto Cianico
4000		Violeta	Indigo Ultramar Violeta Púrpura

Figura #1 . Espectro Visible (1)

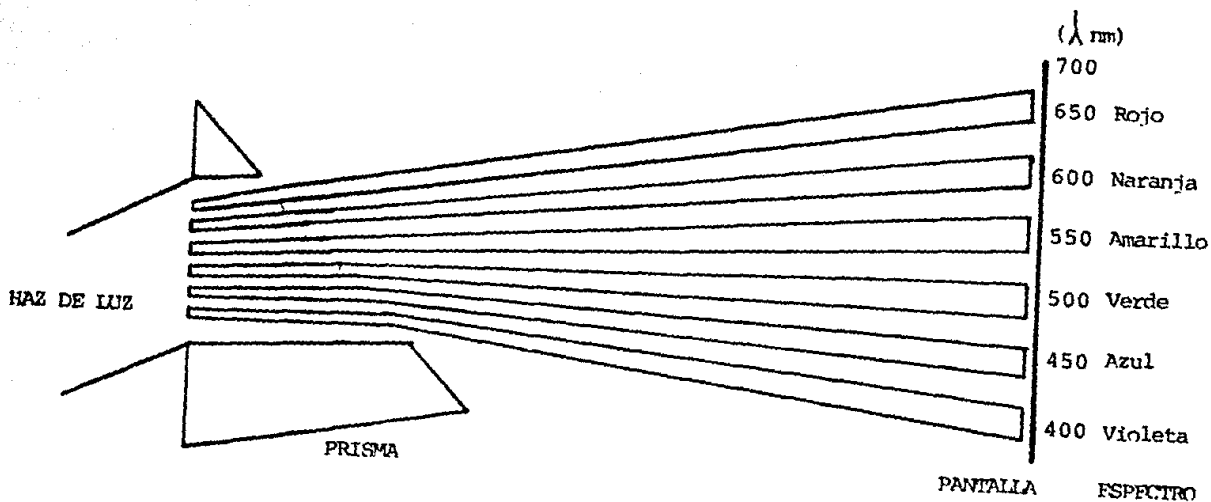


Figura # 2. Descomposición de un rayo de luz blanca al pasar a través de un prisma. (De 1)

2.1.2.2. Conceptos Químicos

El porcentaje de luz reflejada a diferente longitud de onda en el espectro visible depende de la composición química de la superficie y no de la cantidad de luz incidente. (1)

El color reflejado por cualquier objeto depende tanto de los pigmentos de éste, como de su naturaleza química.

En la naturaleza se puede observar muchos ejemplos de cambio de color debido a cambios químicos. El hierro al ser expuesto a la intemperie cambia de color al producirse su oxidación. La presencia de distintos productos químicos en las flores produce gran variedad de colores aún en las flores de una misma especie. De hecho, algunos de los primeros colorantes se hicieron a partir de hojas y raíces de vegetales.

Los productos químicos tanto orgánicos como inorgánicos que se emplean actualmente como pigmentos tienen una propiedad en común: "Todos Absorben la Luz Selectivamente". (1)

Cuando los electrones vibran a frecuencias superiores a las de la luz visible se absorbe únicamente luz ultravioleta, cambios ligeros en la estructura molecular ocasionan que las ondas luminosas de baja frecuencia sean absorbidas produciendo otros colores. En la figura #3 podemos ver algunos ejemplos en donde pequeños cambios en la estructura de la molécula producen diferentes colores.

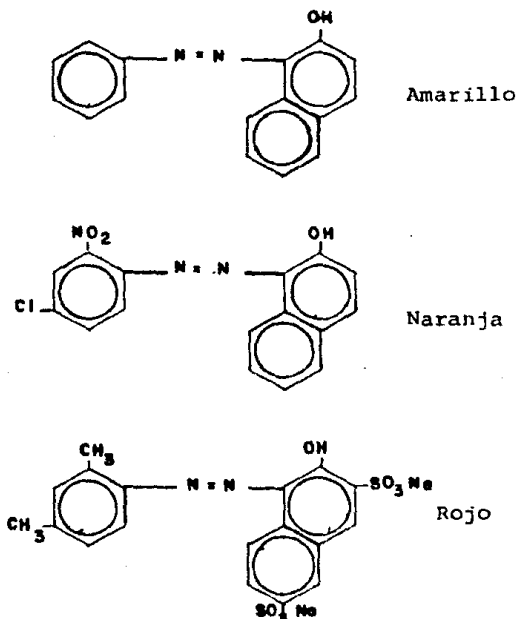


Figura #3. Estructuras químicas semejantes que generan distinto color.

2.1.2.3. Conceptos Fisiológicos

El color es una sensación personal y es el resultado de la cantidad de estímulos producidos en el ojo por diferentes partes del espectro o por mezclas en éste último. (1)

El sistema Óptico tiene una estructura extraordinariamente compleja de terminales nerviosas (Retina). Junto al centro de la retina está la Fovea, en la cual se precisa la imagen de cualquier objeto observado. - Aquí hay 34,000 terminales nerviosas llamadas conos y distribuidos se encuentran los cilindros o bastones, - ahora bien, la teoría mas aceptada de como las células envían impulsos en forma preferente a lo largo de las fibras nerviosas es que cada célula contiene fotosensitivos que establecen por lo menos tres trayectorias - determinantes de color. Aquellas células altamente sensitivas al amarillo y al verde son conos, y aquellas altamente sensitivas al azul son cilindros. (1)

Sin embargo, las sensaciones de color producidas no son acordes a la respuesta óptica ni dependen directamente de ella, pero si dependen de las diferencias - en las respuestas de los receptores. Es probable que el blanco se perciba cuando todos los receptores estén respondiendo igualmente.

En el área de la Fovea se encuentra un depósito denso de material colorante conocido como Pigmento Macular Amarillo que varía en espesor según el individuo y su objeto es filtrar algo de la luz que en otra forma alcanzaría las terminales de los conos. A ésta causa se deben las considerables diferencias en la visión de color de un individuo a otro.

Uno de los más importantes factores que determinará la intensidad real de un color en particular, - es el grado de adaptación del ojo. Como todos los organos sensitivos, los ojos no responden continuamente, - pues se adaptan a estímulos constantes. La frecuencia de la recepción generalmente disminuye al aumentar la duración del estímulo. Si la intensidad de luz aumenta repentinamente el ojo se adapta al nuevo nivel en cuestión de segundos, pero si el estímulo disminuye, le tomará al ojo mas tiempo el adaptarse.

2.1.2.4. Conceptos Psicológicos

Los colores de la naturaleza tienen una gran influencia sobre el hombre, ya que se relacionan íntimamente con su constitución física y psicológica. (2)

La preferencia por un color o el rechazo de - otro significan algo muy determinado y reflejan un estado mental o de equilibrio glandular o bien las dos cosas. Es necesario estudiar la influencia constante de los colores de la naturaleza sobre el hombre para entender como se produce dicha asociación.

El uso cada vez mayor de los colores y la com
petencia siempre en aumento que existe entre los pro-
ductores que buscan incrementar su mercado han llevado
a un gran desarrollo a la psicología de los colores.

2.2. La Luz

2.2.1. Antecedentes

La luz y el color tienen una estrecha relación por lo que no podríamos seguir hablando de color sin antes hablar de luz.

Los Griegos meditaron acerca de ella y llegaron a diferentes conclusiones. Pitágoras concluyó que todo objeto visible emite una corriente constante de partículas. Aristóteles dedujo que la luz viaja parecido a las ondas de agua. Aunque estos conceptos se fueron modificando gradualmente, al empezarse a estudiar el fenómeno de la luz con equipo más complejo, unos 20 siglos más tarde, seguía vigente el debate iniciado por los griegos.

Herón de Alejandría hizo el segundo descubrimiento de importancia en relación a la luz y observó que todo rayo de luz dirigido en ángulo hacia un espejo se refleja siguiendo el mismo ángulo con lo cual dedujo: El ángulo de incidencia y el de reflexión son siempre iguales.

En 1621, Willebrord Snell, matemático holandés, halló que cuando un rayo de luz sale de un medio transparente y penetra en un medio distinto suele dividirse en la superficie. Una parte se refleja y la otra entra en el nuevo medio. Snell midió esta desviación en diversas sustancias y encontró que en cada una variaba el grado de desviación de la luz, llamándole a este fenómeno refracción.

En 1678 otro holandés Christian Huygens, siguiendo los estudios de Snell, elaboró su teoría de que el índice de refracción de un material está determinado por la velocidad con que lo traspasa la luz. Huygens consideró la luz como un fenómeno ondulatorio y por lo tanto dijo: "En cuanto mayor fuera el índice de refracción, más lento sería el paso de la luz por dicho medio".

El mismo Huygens, dijo acerca de la refracción - "El grado de desviación de la luz dependerá no sólo de la sustancia que atraviere, sino también del color de la misma".

Años después, Thomas Young partidario de la teoría ondulatoria, dedujo que si la luz se movía como las ondas en el agua, tenía que producirse cierta acción - recíproca al juntarse dos ondas.

A principios del siglo XIX Francisco Grimaldi - hizo pasar un rayo de luz por una estrecha ranura y observó que la luz se dispersaba del otro lado formando una sombra indefinida. A este fenómeno le llamó Difracción.

Para mediados del siglo XIX se habían establecido las leyes físicas que rigen el comportamiento de la luz, estableciendo su carácter ondulatorio, pero no se había hallado la respuesta fundamental a ¿Qué es la luz? .

Tocó al gran físico teórico inglés James Clerk -

Maxwell identificar la luz como parte de un basto y continuo espectro de radiaciones electromagnéticas. Si percibimos la luz, ello se debe naturalmente a que el ojo es sensible a ella.

En 1905 Albert Einstein, aplicando la Teoría de los Cuantos de Max Planck, lanzó el postulado de que la Teoría Ondulatoria quizá estuviera incompleta y que, después de todo tal vez tuviera algunas de las características de onda y partícula.

Para 1923 el físico norteamericano Arthur H. Crompton había demostrado que los fotones tienen impulso y en consecuencia masa, lo que redundó en firme apoyo de la teoría de Einstein.

2.2.2. Características

La luz no es sino un pequeño fragmento visible del espectro electromagnético y que esta formada por ondas y partículas, siendo estas dos cualidades aspectos complementarios de una misma fuente. Siendo ésta la única fuente de color.

Sus principales características, Reflexión, - Absorción, Refracción y Difracción, están íntimamente relacionadas con lo que vemos como color y por lo tanto es necesario considerarlas.

2.2.2.1. Reflexión

Como ya lo mencionamos, Herón de Alejandría dedujo que el ángulo de Incidencia y de Reflexión son siempre iguales.

No olvidemos, sin embargo, que la luz también es de naturaleza ondulatoria y que consiste en ondas transversales, es decir normales a la dirección de propagación.

Las cosas nos resultan visibles porque la luz se refleja sobre ellas. Basta con que un objeto refleje en su totalidad la luz que lo alcanza para que nos parezca tan brillante como la propia siendo este el caso de un espejo; pero si el objeto lo absorbe en su totalidad, lo veríamos negro. (3)

2.2.2.2. Absorción

Cualquier objeto refleja una fracción más o menos grande de la luz incidente y absorbe el resto, pero no puede conservarla, dado que la luz es energía y si el objeto la continuara almacenando se energizaría indefinidamente (degradación, descomposición, oxidación, envejecimiento). Cuando se establece cierto equilibrio con la energía ambiente, el objeto devuelve la energía luminosa que tiene en demasía y no necesariamente en la forma en que la recibió, a menudo sucede que sus moléculas cambian la longitud de onda, variando con esto de color. (3)

2.2.2.3. Refracción

Cuando la luz incide en un medio transparente y penetra en un medio distinto, suele dividirse en la superficie. Una parte se refleja, la otra parte entra en el nuevo medio. En cada substancia translúcida varía el grado de desviación de la luz incidente debido a la composición y color de éstas. (3)

2.2.2.4. Difracción

Cuando las ondas de un punto de luz distante llegan a un objeto opaco, se desvían rodeando las orillas, curvándose tanto hacia la sombra como hacia la ruta de otras ondas de la misma fuente luminosa. (5)

Las ondas que dan vuelta al objeto crean una franja brillante donde normalmente debería empezar la sombra, pero las ondas que avanzan en dirección opuesta se superponen a las que van a su encuentro.

2.2.3. El espectro de radiación electromagnética (4)

Como ya lo mencionamos, la Luz consiste en - radiaciones y ondas electromagnéticas de diversas longitudes de onda; el ojo responde a esas radiaciones con virtiendo cada longitud de onda en un color específico.

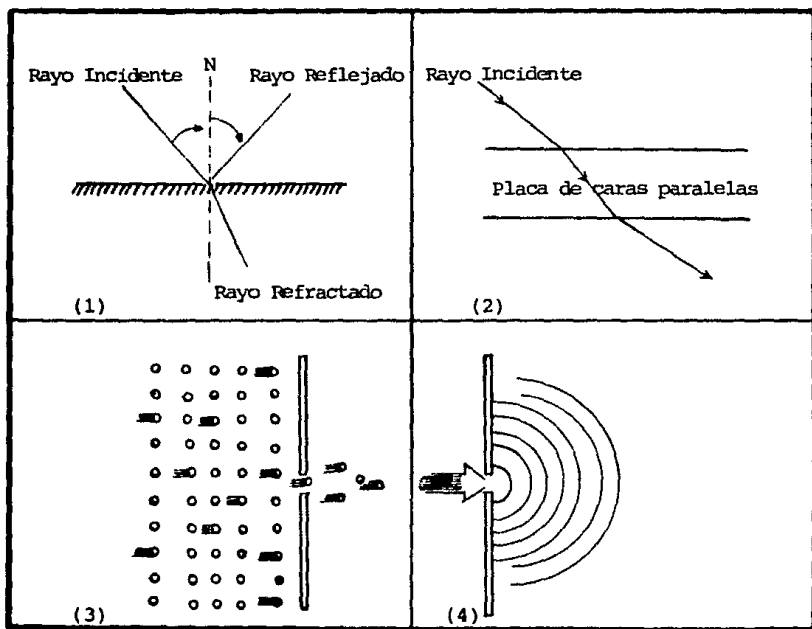


Figura #4. Las propiedades de la Luz.

- (1) Rayo Incidente, reflejado y refractado.
- (2) Propagación de un rayo a través de una placa de caras paralelas.
- (3) Comportamiento de un chorro de partículas que incide sobre una pantalla que tiene una pequeña abertura.
- (4) Comportamiento de una onda que incide sobre una pantalla que tiene una pequeña abertura.

Los colores de casi todo lo que vemos son por acción de los pigmentos, estos no son la fuente de los colores, sino sencillamente lo único que hacen es reflejar, absorber y hacer una transmisión selectiva de la luz, en otras palabras reflejan la longitud de onda del color que nosotros vemos.

Ahora bien, la luz visible no es más que una fracción ínfima del campo de las radiaciones electromagnéticas y éstas son vibraciones transversales de aspecto sinusoidal de un doble campo eléctrico y magnético (Teoría de Maxwell) (3). Su longitud de onda (λ) y su frecuencia (η) están ligadas por la fórmula conocida: $C = \eta \lambda$ donde (C) es la velocidad de la luz y que la velocidad e intensidad de ésta dependen estrechamente del medio donde se propagan. Las ondas electromagnéticas cubren una amplia gama de frecuencias o de longitudes de onda y pueden clasificarse según su principal fuente. La clasificación no tiene límites precisos, ya que fuentes diferentes pueden producir ondas en intervalos de frecuencia superpuestos parcialmente. La clasificación habitual del espectro electromagnético es la siguiente: (De 4)

(1) Ondas de radiofrecuencia:

Estas ondas, que se usan en los sistemas de radio y televisión son generadas por medio de dispositivos electrónicos, principalmente circuitos oscilantes.

Intervalo de longitudes de onda : km -0.3m
 Intervalo de frecuencias : Hz-10⁹Hz
 Rango de energía de fotones : 0-10⁵eV

(2) Microondas

Estas ondas se usan en el radar y otros sistemas de comunicaciones, así como también en el análisis de detalles muy finos de la estructura atómica y molecular.

Intervalo de longitud de Onda : 0.3m-10⁻³m
 Intervalo de frecuencia : 10⁹Hz-3x10¹¹Hz
 Rango de energía de fotones : 10⁻⁵eV-10⁻³eV

(3) Espectro infrarrojo

Estas ondas son producidas por cuerpos calientes y moléculas, y tienen muchas aplicaciones en la industria, la medicina, la astronomía, etc.

Intervalo de longitud de Onda : 10⁻³m - 7.8x10⁻⁷m
 Intervalo de frecuencia : 3x10¹¹Hz-4x10¹⁴Hz
 Rango de energía de fotones : 10⁻⁵eV-1.6eV

(4) Luz o espectro visible

Es una banda angosta formada por las longitudes de onda a las cuales nuestra retina es sensible. La -

luz es producida por átomos y moléculas como resultado del ajuste interno del movimiento de sus componentes, principalmente los electrones.

Intervalo de longitud de Onda	: $7.8 \times 10^{-7} \text{m} - 3.8 \times 10^{-7} \text{m}$
Intervalo de frecuencia	: $4 \times 10^{14} \text{Hz} - 8 \times 10^{14} \text{Hz}$
Rango de energía de fotones	: $1.6 \text{eV} - 3.2 \text{eV}$

La luz ha dado lugar al desarrollo de una rama de la física aplicada, llamada Óptica. La Óptica trata los fenómenos luminosos y de la visión, incluyendo el diseño de instrumentos ópticos. El campo de la óptica incluye actualmente, además del espectro visible, el infrarrojo y el ultravioleta, por la similitud en el comportamiento entre ellos.

Las diferentes sensaciones que la luz produce en el ojo, que se denominan colores, dependen de la frecuencia (o de la longitud de onda), de la onda electromagnética y corresponden a los siguientes intervalos para la persona promedio:

COLOR	λ (m)	η (Hz)
Violeta	$3.90 - 4.55 \times 10^{-7}$	$7.69 - 6.59 \times 10^{14}$
Azul	4.55-4.92	6.59-6.10
Verde	4.92-5.77	6.10-5.20
Amarillo	5.77-5.97	5.20-5.03
Naranja	5.97-6.22	5.03-4.82
Rojo	6.22-7.80	4.82-3.84

Tabla #1. Diferentes Sensaciones que la luz produce en el ojo; que se denominen colores.

La sensibilidad del ojo depende también de la longitud de onda de la luz; esta sensibilidad es máxima para longitudes de onda $5 \text{ a } 6 \text{ m} \times 10^{-7}$ aproximadamente. Es por la relación entre color y longitud de onda o frecuencia de la luz que una onda electromagnética de frecuencia o longitud de onda definida se denomina también onda monocromática o unicolor.

La visión es el resultado de señales transmitidas al cerebro por dos elementos presentes en una membrana llamada retina, la cual está en el fondo del ojo, estos elementos son los conos y los bastoncillos. Los conos son los elementos activos en presencia de luz intensa, como la que hay durante las horas del sol, y son sensibles al color. Los bastoncillos por otra parte, son elementos capaces de actuar con una iluminación muy tenue, como la que hay en una habitación en penumbra y son insensibles al color. La visión debida a los conos se llama Fotópica y la debida a los bastoncillos se denomina Escotópica. La sensibilidad del ojo a diferentes longitudes de onda para ambos tipos de visión está representada en la figura # 5.

(5) Rayos Ultravioleta

Estas ondas son producidas por átomos y moléculas en descargas eléctricas. Su energía es de una magnitud semejante a la involucrada en muchas reacciones químicas, lo que explica muchos de sus efectos sobre los compuestos químicos.

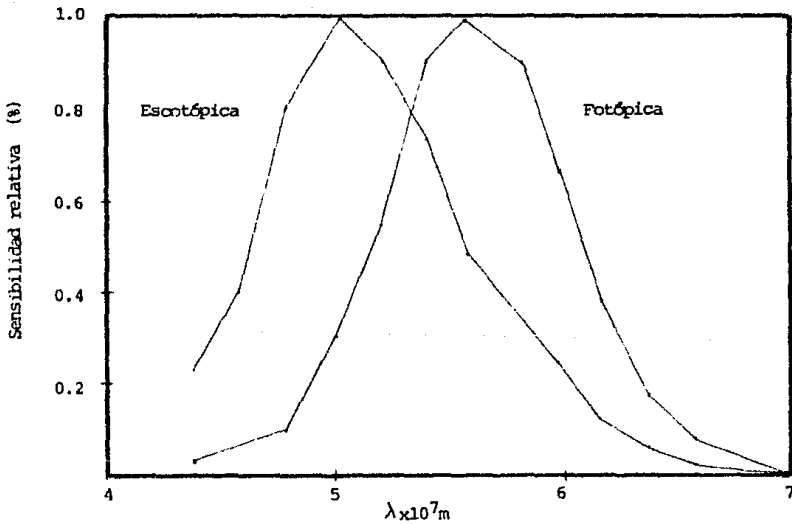


Figura #5. Sensibilidad del ojo para la visión escotópica y para la fotópica.(4)

(6) Rayos X

Los rayos X son producidos por los electrones atómicos mas fuertemente ligados. Los rayos X se usan para el diagnóstico médico porque su mayor absorción por parte de los huesos en comparación con otros tejidos permite una "fotografía" nítida.

Intervalo de longitud de onda	: $10^{-9}\text{m}-6\times 10^{-12}\text{m}$
Intervalo de frecuencia	: $3\times 10^{17}\text{Hz}-5\times 10^{19}\text{Hz}$
Rango de energía de fotones	: $1.2\times 10^3\text{eV}-2.4\times 10^5\text{eV}$

(7) Rayos Gamma

Estas ondas electromagnéticas son de origen nuclear y se superponen al límite superior del espectro de rayos X.

Intervalo de longitud de onda	: $10^{-10}\text{m}-10^{-14}\text{m}$
Intervalo de frecuencia	: $3\times 10^{18}\text{Hz}-3\times 10^{22}\text{Hz}$
Rango de energía de fotones	: $10^4\text{eV}-10^7\text{eV}$

Cuando nos fijamos en la amplitud del espectro de la radiación electromagnética, podemos comprender fácilmente por qué sus diversas partes se comportan de manera diferente cuando se propagan a través de la materia. Por ejemplo, las ondas que tienen fotones de energía comparable a las energías características de los electrones -

de los átomos en las moléculas, interactuarán mas fuertemente con los átomos y las moléculas; este es el caso de las radiaciones infrarroja, visible y ultravioleta. En general, la radiación de mayor longitud de onda, que lleva fotones de energía menor, interactúa debidamente con la materia por su baja capacidad de absorción; esto es lo que ocurre con las ondas de radiofrecuencia. La materia también absorbe muy poco las ondas de alta energía o longitud de onda muy corta, como los rayos X y γ , pero sus efectos son mas profundos, ya que no sólo producen ionización atómica y molecular, sino también en muchos casos la fragmentación del núcleo.

La figura # 6 relaciona las diversas secciones del espectro electromagnético en función de la energía, la frecuencia y la longitud de onda.

2.3.Relación Luz-Color en el medio plástico

2.3.1.Fuentes de Luz

Se conocen bien las diversas fuentes de luz importantes para observar el color en el plástico y son: La luz de día (natural o artificial), las lámparas incandescentes, varios tipos de lámparas fluorescentes y muchas otras. En términos de medición de colores, las fuentes de luz se describen con curvas de cantidad relativa de energía que emiten en cada longitud de onda en la región visible. A éstas, se les llama curvas de distribución de la energía espectral.(6)

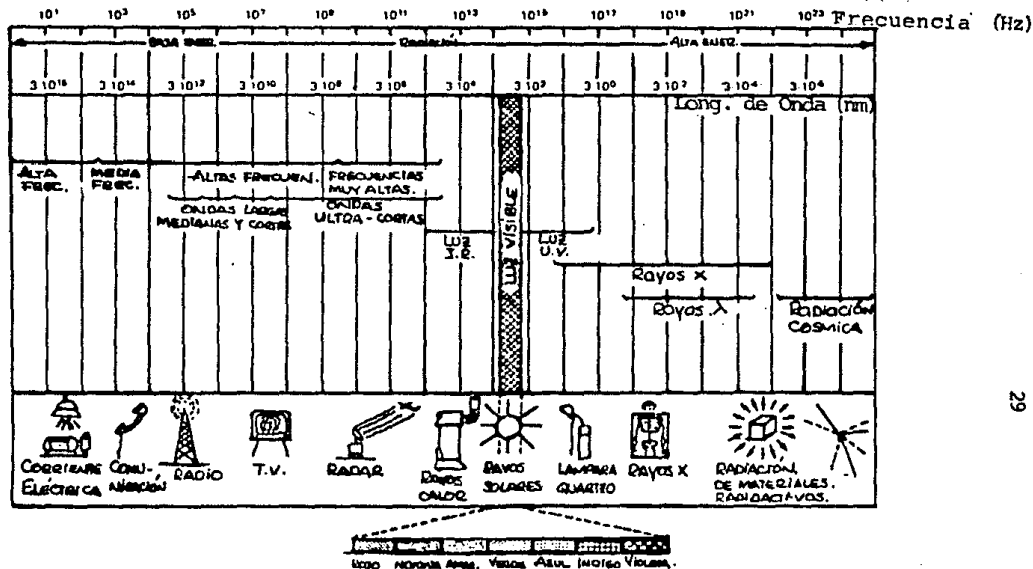


Figura #6. El Espectro Electromagnético

Los colores del espectro o arcoiris también pueden relacionarse con estas longitudes de onda expresadas en - nanómetros (nm).

La figura # 7 describe las curvas de distribución de energía espectral de dos tipos comunes de fuentes de luz: La curva A es de una lámpara incandescente. Tales lámparas emiten mucha más energía en la región de longitud de onda amarillo-naranja-rojo que en la longitud de onda corta de la región azul-verde; a esto se debe su color amarillento. Por otra parte, la curva para la luz de día natural - (D65), es un poco más alta en el extremo azul de la gama, - como era de esperarse pues representa la luz azul del cielo junto con la solar.

A pesar de su obvia importancia, la luz de día natural no puede recomendarse para ejecutar un trabajo cuidadoso de colores, (como base para la medición de un color), porque es muy variable. La curva en la figura 7 representa sólo una de las varias clases de luz de día, dependiendo de las diferentes horas del día o del año, la posición relativa del sol, si está nublado, o hay contaminación atmosférica ,etc.

Es más aconsejable utilizar una luz de día artificial estándar, que cuando se le mantiene adecuadamente, es de calidad constante.

Las lámparas fluorescentes aún tienen diferentes tipos de curvas, a menos que sean usadas específicamente para la medición de algunos colores.

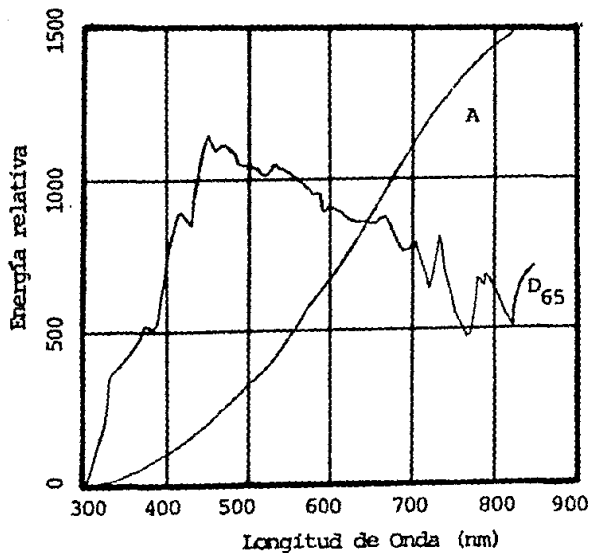


Figura 7. Curvas de Distribución de Energía Espectral de una Fuente Incandescente (A) y la luz del Día Natural (D₆₅). (De 6)

Por lo general las lámparas fluorescentes no son consideradas sustitutos de la luz de día.

Las distribuciones de energía espectral de las fuentes de luz se describen algunas veces por medio de números. Las fuentes A son de la familia de las sustancias incandescentes llamadas antirradiantes, que pueden describirse por su temperatura de color. Esto guarda una estrecha relación con su temperatura real, tomada en la escala absoluta en unidades Kelvin (K). La temperatura de color de la fuente A es 2,860 °K. Otras fuentes que no son antirradiantes pueden describirse por su temperatura de color correlacionada si su color está cerca al de un antirradiante. El subíndice "65" en D65 es la abreviación de 6,500°K, la temperatura de color correlacionada de esa luz de día. (6)

Finalmente, en términos de medición de colores, a la luz utilizada para este objetivo se le llama Iluminante y por ser constante no está disponible con facilidad. La D65 es un ejemplo y representa una cierta clase de luz de día natural promedio que se usa extensamente en el dimensionamiento del color, pero la luz de día real es tan variable que nadie podría garantizar el poder encontrar D65 cuando la necesitara.

2.3.2. Interacción de Luz y Objetos

La luz puede interactuar y modificar la apariencia de los objetos sobre los que se proyecta en muchas formas. A continuación se exponen las más importantes que interactúan en la coloración de los plásticos. (6)

2.3.2.1. Absorción

La Absorción es el proceso en el cual la luz se "pierde" al caer sobre un objeto. Por ejemplo, cuando la luz brilla sobre un plástico negro, se refleja muy poca o nada. En realidad, la luz no se pierde sino que se convierte en calor. La mayoría de los efectos de color surgen de la absorción de diferentes longitudes de onda. Así los objetos rojos absorben todas las longitudes de onda de luz a excepción de aquellas de la región de rojos.

2.3.2.2. Fluorescencia

En la fluorescencia la luz absorbida no se convierte en calor sino que se vuelve a emitir pero en longitudes de onda más largas, por lo general en la región visible. Por ejemplo, un plástico rojo fluorescente absorbe la luz azul y verde, reflejando y también emitiendo luz rojo -- (llamada fluorescencia). Otros objetos fluorescentes pueden absorber la luz ultravioleta y emitir luz en el extremo azul del espectro, se les llama abrillantadores fluorescentes (blanqueadores ópticos).

2.3.2.3. Dispersión

La dispersión es el proceso en el cual la luz, en lugar de ser absorbida se dispersa de manera que algunas fracciones viajan en todas las direcciones posibles. La dispersión da el grado de translucidez y opacidad a los objetos (estos términos se definen más adelante). En la

mayoría de las fórmulas plásticas donde la dispersión es importante, la luz que emerge del objeto ha sido dispersada muchas veces. Los ejemplos típicos son las señales translúcidas que se iluminan por las noches.

Los que se ve es la luz dispersa, y en este caso hay suficiente dispersión para obscurecer la fuente de luz. La dispersión puede originarse en la estructura cristalina del plástico mismo, así como en las partículas del pigmento adicionado. La luz que emerge del plástico como resultado de los procesos de dispersión internos se dice que se refleja o transmite difusamente.

2.3.2.4. Reflexión

Otro efecto de la luz que se manifiesta en el plástico, además del reflejo difuso que se origina de la dispersión interna del objeto, es el reflejo de su superficie. Si la superficie es lisa, como una pieza bien moldeada, la superficie actúa como un espejo y la luz reflejada, siguiendo las leyes del reflejo en espejo, da por resultado el brillo. A esto se le llama reflejo especular. La luz reflejada de esta manera siempre tiene el mismo color que la fuente de luz, por lo general blanca, mientras que la luz reflejada difusamente debido a la dispersión interna tiene el color de lo que causa la dispersión, por lo general el pigmento, con o sin la dispersión adicional del mismo plástico.

Así, cuando se desea observar el color del plástico, no se debe ver el reflejo brillante.

Para la mayoría de los plásticos, alrededor de 4% de la luz incidental se refleja en cada superficie cuando la luz incide perpendicular y un 7% cuando la toca a 45°. Como resultado de ello, un plástico transparente medido con una luz incidente perpendicular puede transmitir un máximo de 92% y el otro 8% se refleja en sus dos superficies. En un plástico translúcido con superficie rugosa o mate en lugar de pulida o brillante se conserva el 4% del reflejo especular que se agrega al reflejo difuso interno que determina el color. Así el 4% de la luz blanca se agrega a la luz de color que resulta de la dispersión. Para la misma fórmula, la superficie mate del plástico se ve más clara que la brillante. Por ello se debe considerar la superficie del plástico antes de proceder a la igualación de un color.

2.3.2.5. Objetos transparentes, translúcidos y opacos

Después de usar estos términos varias veces, sería definir lo que son los objetos. Los transparentes son aquellos en los cuales prácticamente no hay dispersión interna. Tales son los acrílicos, poliestirenos y policarbonatos naturales. Los translúcidos son aquellos en los cuales hay cierto grado de dispersión de manera que una cantidad apreciable de luz se refleja, y otra se transmite. Los opacos son aquellos en los cuales hay tanta dispersión que no se transmite luz alguna: Por lo general, éstos requieren una alta concentración de pigmentos y es difícil lograr un color claro.

La absorción ayuda a lograr la opacidad, desde luego, y en el caso extremo, el plástico negro puede ser opaco aún sin ninguna dispersión, aunque siempre hay una pequeña proporción de ésta. (6)

2.3.2.6. Curvas de reflectancia espectral ó transmisión espectral.

Así como las curvas de distribución de energía ayudan a describir las propiedades del color de las fuentes de luz, las propiedades del color de los objetos se describen con curvas de la fracción de luz reflejada (ó transmitida) en cada longitud de onda. Algunas curvas típicas de reflectancia espectral se muestran en la figura 8, con los colores de los objetos identificados.

Las curvas de transmisión serían similares. A menudo es posible obtener cuando menos una idea general del color de un objeto a partir de su curva espectral, pero las curvas en sí no son suficientes para emitir decisiones exactas sobre el color o las diferencias en color, como se verá más adelante. Sin embargo, son fundamentales pues contienen toda la información requerida para efectuar tales decisiones; sólo se tienen que realizar los cálculos adecuados.

2.3.3. Visión del Color

Mientras que las propiedades de la visión de color del ser humano son importantes para determinar los colores percibidos de los objetos, al igual que las propiedades de las fuentes de luz y los objetos mismos, -

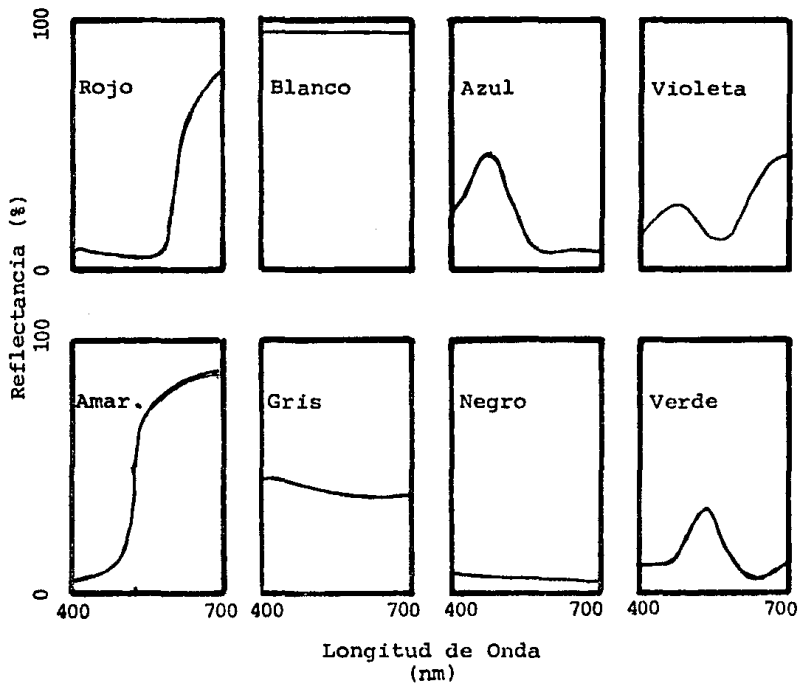


Figura #8. Curvas típicas de reflectancia de algunos plásticos con color. (6)

aquí no es necesario conocer en detalle el funcionamiento del ojo. Es suficiente saber que para ver en una luz razonablemente brillante, la luz que toca la retina en la parte posterior del ojo llega a tres diferentes tipos de receptores sensitivos llamados conos y éstos envían tres tipos de señales nerviosas al cerebro. El número tres es importante por que corresponde al hecho de que el color solo puede describirse en tres términos: tono, luminosidad y saturación. Las señales enviadas al cerebro no corresponden exactamente con estas tres cantidades, no obstante, Muchos factores de la visión en color parecen explicarse el presumir que las señales de los conos se re-arreglan en camino al cerebro y se reciben como señales "oponentes" que describen lo rojo en oposición al verde, el amarillo en oposición al azul, y la luminosidad en oposición a la obscuridad. Esta es la misma idea que se usa para derivar ciertos conjuntos de número para describir el color a partir de los resultados de la medición del color, como se considerará posteriormente. (6)

Referencias Bibliográficas (Cap. 2)

- (1) Blanco M. Alberio y Villegas Ch. Luis Y "Tecnología de Pinturas y Recubrimientos Orgánicos". 1a. Ed. - Química, (1966), Pags. 410-427.
- (2) Lushex Max, "La Psicología del color, Ed. Argentina (1976), Pags. 13-17.
- (3) Rousseau Pierre "La Luz" Ed. El Ateneo (1978), Pags. 4-12.
- (4) Alonso Marcelo, Finn Edward J. "Física Voldmen II-Campos y Ondas", Fondo Educativo Interamericano, SA (1970), Pags. 791-795
- (5) Halliday David, Resnick Robert, "Física-Parte II", -- Compañía Editorial Continental, Novena Impresión (1977) Pags. 1519-1522
- (6) Webber Thomas G, "Coloring of Plastics", John Wiley & Sons, (1979), Pags. 1-9
- (7) Henning Ingo O., Hopp Vollrath "Chemistry Compendium For Home Study", Kaiselei Verlag (1981), IV-9 Pag.14.

C A P I T U L O I I I

" MEDICION DEL COLOR "

CAPITULO 3

MEDICION DEL COLOR3.1. Teorías de la Medición del Color

Antes de poder detallar la medición del color con instrumentos, se deben considerar los sistemas más importantes para describir el color en términos cuantitativos, los cuales se obtienen de la comparación visual con los estándares. Además de proporcionar descripciones útiles y universales del color, estos sistemas proporcionan una serie de resultados con los cuales se pueden comparar las mediciones de color.

3.1.1. El sistema Munsell

El sistema Munsell, usado internacionalmente desde principios de siglo, describe al color en términos de tono, claridad y saturación en unidades llamadas Tono, Valor y Cromo Munsell, respectivamente. Se distribuyen - como muestra la Figura #9. El tono Munsell está representado, como se observa en la figura, por letras que representan los cinco tonos principales, Rojo (R), Amarillo (Y), Verde (G), Azul (B) y Púrpura (P), y cinco tonos intermedios que junto con los números del 1 al 10 resultan en un círculo de tonos equitativamente espaciados visualmente de 100 etapas. El Valor Munsell (claridad-obscuridad en el eje negro-blanco y limpieza de tono en las regiones de color) va de 0 para el Negro hasta 10 para el blanco en etapas visuales iguales. El Cromo Munsell (saturación, fuerza colorante o concentración de color) comienza en 0 para el gris

y se aleja según sea necesario en etapas, de manera que 2 etapas de cromacidad = 1 etapa de valor. El Sistema - Munsell se ilustra en más de 1,500 muestras del libro Munsell del Color, confeccionado con tolerancias muy pequeñas y utilizando en todo el mundo como base de las especificaciones de color.

3.1.2. El lenguaje universal del color

El sistema Munsell también es parte de un Lenguaje Universal del Color diseñado para proporcionar descripciones estándar y fáciles de entender de éste en varios niveles, donde la selección depende del grado de complejidad necesario, esto es, de la manera en que diferentes colores se deban describir. El nivel más sencillo del Lenguaje Universal del Color (Nivel 1) usa sólo las siguientes palabras para describir los colores: rosa, rojo, naranja, café, amarillo, verde olivo, amarillo-verde, verde, azul, púrpura, blanco, gris y negro. El nivel 2 agrega tono a los nombres para un total de 29. Un ejemplo sería una muestra de plástico denominado naranja para el nivel 1, y para el nivel 2 sería naranja rojizo.

El nivel 3 del Lenguaje consiste del sistema ISCC-NBS (Consejo Intersociedades del Color/Oficina Nacional de Estándares) en el cual se usan 267 nombres para colores. La gráfica tridimensional de color del sistema Munsell está dividida en secciones (una de ellas se muestra en la figura 10) de acuerdo a su tono y después a su claridad y saturación. En el nombre del color se usan adjetivos

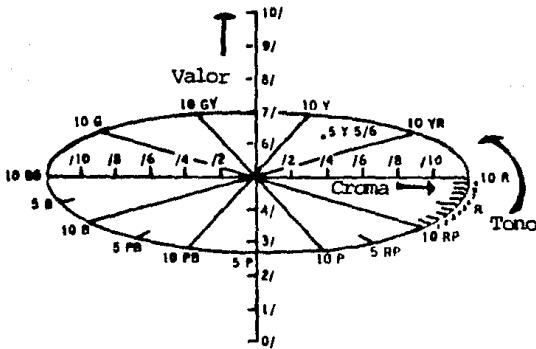


Figura #9. Forma usual en que las coordenadas de color del tono, valor y cromas se organizan en un espacio de Color Munsell de tres dimensiones. Donde (R) Rojo, (Y) Amarillo, (G) Verde, (B) Azul y (P) Púrpura.

que describen el tono como se muestra en dicha figura. En este nivel, el ejemplo anterior sería mejor descrito como naranja rojizo oscuro. El sistema ISCC-NBS se ilustra con los Colores Centroides que muestran los colores reales de los centros de cada una de las 267 regiones. El nivel 4 - del Lenguaje consiste de las designaciones de aproximadamente 1,500 muestras del Libro del Color de Munsell. Aquí, nuestra muestra se describirá como 8R-4/10 y su color sería el más cercano al correspondiente en el Libro Munsell. Para usar en nivel 5 del Lenguaje, se requiere un juicio visual de la manera en que exactamente el color de nuestra muestra se diferencia de los más cercanos de las muestras en el Libro del Color, y la asignación de una designación Munsell interpolada como 8.1R 4.1/9.3. Quizá 100,000 colores diferentes se podrían distinguir por tal designación. El nivel 6 del Lenguaje requiere de la medición exacta con instrumentos de nuestro plástico y su designación se expresa en términos numéricos (tales como $x=0.527$, $y=0.343$, $Y=12.5$) con métodos que se describen posteriormente. Se pueden especificar muchos millones de colores diferentes con este método.

3.1.3. Sistemas de tipo oponente

Una manera diferente de describir los colores se basa en las teorías de la visión en color que exponen - que las señales enviadas desde el ojo al cerebro llevan información sobre el rojo o verde, lo amarillo o azul y la claridad. Estos sistemas utilizan esas tres cantidades para describir el color, como se muestra en la Figura 11. Por lo general a la claridad se le designa "L"; el coordinado rojo-verde "a" (que es positivo para los rojos y ne -

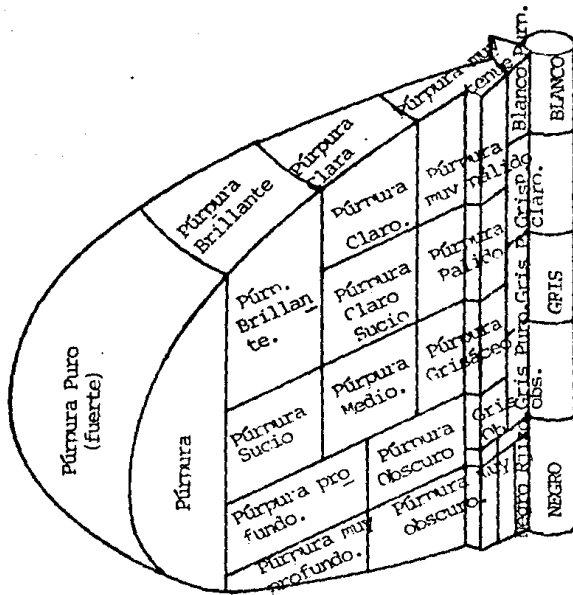


Figura # 10. La región púrpura del espacio de color, ostenta los nombres de los colores ISCC-NBS utilizados en el Nivel 3 del Lenguaje de Color Universal.

gativo para los verdes), y el coordinado amarillo-azul "b" (positivo para los amarillos y negativo para los azules). Esta descripción con L, a y b ha sido utilizado por Hunter, en sus instrumentos para medir el color proporcionando magnitudes directas de L, a y b. La sociedad de Optica de los Estados Unidos (OSA) ha diseñado este tipo de sistema, y se cree que sus coordenadas representan mejor que ninguno el Dimensionamiento visual del Color, aunque por muchos años el sistema Munsell se ha tomado como el estándar en este respecto.

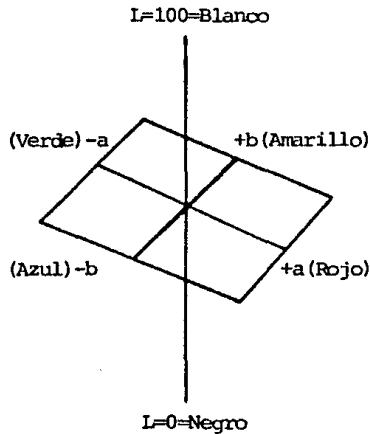


Figura 11. Organización de las coordenadas de claridad rojo-verde y amarillo-azul en un espacio de color tipo "oponentes" con L, a, b.

3.1.4. Otros sistemas

Existen muchas maneras de describir el color y muchos conjuntos de muestras basadas en ella, pero son menos relevantes para la industria del plástico.

Varias compañías que producen artículos de color tales como pinturas o tintas para imprenta han diseñado sus propios sistemas en forma de muestrarios hechos por combinación en las proporciones de un pequeño número de colorantes. Estos sistemas no ilustran los principios básicos de la ciencia del color, su finalidad no es técnica, sino publicitaria o mercantil.

3.2. COLORIMETRIA

3.2.1. Definición y Conceptos

A la medición del color con instrumentos se le conoce como Colorimetría. Con esto, se entiende la medición de los aspectos físicos relacionados con el color antes descritos, ya que no hay forma alguna de medir la interpretación de la información del color en el cerebro. Antes de considerar los instrumentos, se describirán los métodos y la información estándar sobre la cual se basan las mediciones. Estos fueron recomendados por la CIE (Comisión Internacional de Iluminación) en 1931, y hasta la fecha son vigentes con pequeñas modificaciones. El sistema de la CIE elabora sobre la base de que un color se describe con tres números, llamados valores de estímulo triple y se les -

designa X, Y y Z. Si dos colores tienen los mismos valores de estímulo triple, se combinan; si ocurre de otra forma, no se combinan. El sistema CIE, es funcional pero no menciona nada acerca de la forma en que los colores se ven o cuán grande es la diferencia si no combinan. Estos problemas, - bastante severos, no tienen aún respuesta.

El sistema CIE da mayor énfasis a los objetos involucrados y se usa para determinar si las dos muestras corresponden cuando se les observa bajo un iluminante específico y con un observador específico. Para la mayoría de los problemas de medición, es conveniente suponer que la iluminación de las muestras se lleva a cabo con uno de los iluminantes Estándar de la CIE, y que las muestras así iluminadas las ve un Observador Estándar CIE; ambos términos se explican a continuación. De acuerdo con la importancia de la muestra en el sistema CIE, la medición que proporciona la información más útil es la secuencia de números que representa la curva de reflectancia espectral de la muestra (o, - su curva de transmisión espectral, aunque sólo se toma en cuenta el caso de reflejo por considerarlo más sencillo). Ya que el Iluminante estándar y el Observador estándar son los mismos, también se les puede usar en forma de tablas o series numéricas. Todos los instrumentos modernos de medición de color tienen computadoras integradas que combinan todos los números de manera apropiada para obtener los valores de estímulo triple. La forma en que esto se realiza se describe y se detalla en la Figura 13.

La curva de reflectancia espectral se muestra en la parte superior izquierda, y la curva de distribución de energ

gía espectral del Iluminante Estándar en la parte superior derecha. En cada longitud de onda los números de estas curvas se multiplican juntos; al conjuntarse, dan por resultado la curva "E x R". Las siguientes curvas, marcadas \bar{x} , \bar{y} y \bar{z} representan al Observador Estándar. La curva E x R se multiplica, a su vez, por cada una de éstas para obtener las tres curvas al final. Las áreas debajo de estas curvas se miden, son los valores X, Y y Z del estímulo triple. Un dato adicional, que no se ilustra es: los valores de estímulo triple tienen que ajustarse a una escala estándar. Esto siempre se realiza al hacer que el valor "Y" del estímulo triple sea igual a 100 para un blanco perfecto o cuya reflectancia sea 100% en todas las longitudes de onda. (Para muestras transmisoras, se asigna Y=100 cuando no hay una muestra disponible la transmisión es 100% en todas las longitudes de onda). Se selecciona el valor "Y" porque se escogieron los datos del Observador Estándar para hacer que "Y" se correlacione con la claridad de la muestra. A "Y" algunas veces se le llama Reflectancia Luminosa.

3.2.2. Fuentes e Iluminantes Estándar de la CIE.

En 1931, la CIE recomendó el uso de las Fuentes Estándar A (considerada en la Figura 7), B y C. La Fuente A es una lámpara incandescente operada bajo condiciones estándar; para obtener B y C, se colocaron distintos filtros azulosos frente a A para obtener una luz semejantes a la luz solar de mediodía y luz de día del hemisferio norte (luz de horizonte). Todas son fuentes reales, pero B y C no son muy convenientes y por lo tanto casi nunca se usan.

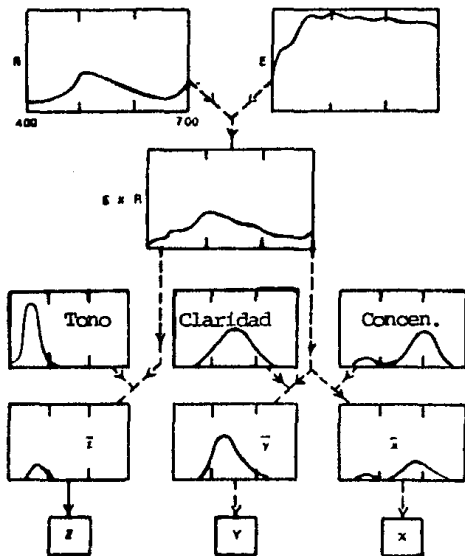


Figura 13. La manera en que la información de un Iluminante Estándar CIE, el objeto y un Observador Estándar CIE se conjuntan para obtener los valores de estímulo triple de la CIE. De Physics Today, 1967, Instituto Estadounidense de Física.

B y C tienen una gran desventaja; no contienen igual cantidad de luz ultravioleta que la luz de día natural. Esto se ha hecho importante en años recientes por que se ha incrementado el uso de abrillantadores fluorescentes que absorben la luz ultravioleta y emiten la luz fluorescente visible y dan una apariencia que depende de la cantidad de energía ultravioleta de la fuente. La mayoría de las muestras - que incorporan abrillantadores fluorescentes se diseñan para observarse en la luz de día. En 1964, la CIE recomendó el uso de una serie de Iluminaciones Estándar basados en la luz de día natural, de los cuales el más importante es D_{65} , que también se consideró en la Figura 7. Ninguna de las fuentes - reales que correspondan exactamente a D_{65} u otros iluminantes "D" está disponible en forma conveniente y que por los métodos de cálculo que en la actualidad se perfeccionan, se harán innecesarios. La CIE ha declarado que en futuro se espera que los Iluminantes A y D_{65} serán los únicos que se utilicen.

3.2.3. Los Observadores Estándar CIE

En 1931, la CIE recomendó los datos \bar{x} , \bar{y} , \bar{z} que representan las propiedades de correspondencia de color de la población promedio de observadores normales. Los datos de 1931 se referían a las correspondencias vistas, como en todo, con la parte central de la retina, que es donde la luz cae cuando fijamos la mirada en un punto pequeño. Las propiedades de la retina cambian si se ubica un poco fuera de este punto, y en 1964, la CIE recomendó el uso de un Observador Estándar Complementario para los casos en que la correspondencia se juzga con muestras grandes. A la fecha, los datos del observador complementario no se usan con frecuencia, y la frase

"Observador Estándar" significa conforme a los datos de 1931. El uso del observador de 1964 quizá se incremente en el futuro. Para el Observador de Estándar de 1931, "Y" se seleccionaba como de valor igual al de la respuesta del ojo a la energía entrante en función de la longitud de onda. Esto tiene el efecto de hacer que "Y" sea una medida de la claridad de la muestra.

3.2.4. El Diagrama de Cromacidad CIE.

Los valores de estímulo triple de la CIE pueden usarse directamente para ver si los colores corresponden, para probar un color en contraste con una especificación, o para derivar mayor información como las diferencias de color; pero quizá son más utilizados en los "mapas" de espacio de color llamados diagramas de cromacidad. Lo que se pretende es separar la información del tono y saturación de las muestras o su cromacidad- y establecer un conjunto que muestre estas cualidades. Esto se hace a través de calcular las coordenadas de cromacidad, donde:

$$x = \frac{X}{X + Y + Z}$$

$$y = \frac{Y}{X + Y + Z}$$

Una tercera coordenada de cromacidad (z) puede obtenerse a partir de éstas: $z = 1 - x - y$. El diagrama de cromacidad de 1931 de la CIE, mostrado en la Figura 14, es un mapa hecho por comparación de X y Y.

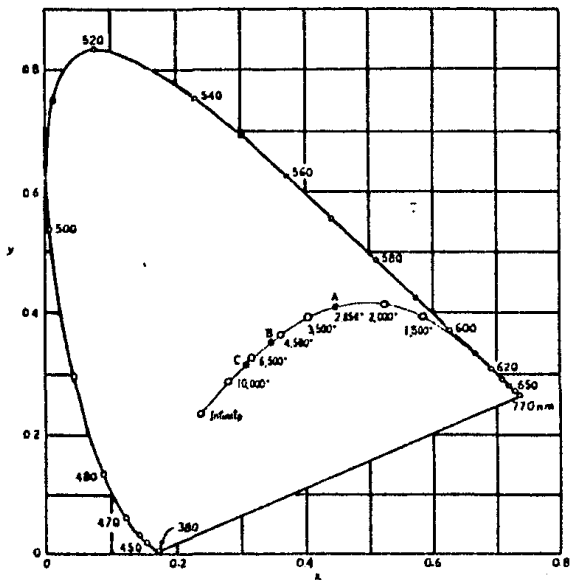


Figura 14. Diagrama de cromacidad X, Y de la CIE.

El diagrama de cromacidad tiene la propiedad de que todos los colores se arreglan en una línea en forma de herradura, sobre la cual los colores del espectro se distribuyen de acuerdo a sus longitudes de onda. Los extremos de esta línea, son spectrum locus, que se unen por una línea en el fondo donde coinciden los colores púrpura. La línea curva que va al centro del diagrama es el locus antirradiante, sobre el que se distribuyen las cromacidades de los antirradiantes. Se muestra la ubicación de las Fuentes Estándar A, B y C, y la D_{65} se localiza justo en el punto rotulado $6,500^\circ$.

El propósito principal del diagrama de cromacidad es, una vez más, señalar el punto en que los colores corresponden: corresponden dos colores que tienen los mismos valores X Y y Z. El sistema no indica la apariencia de los colores, sin embargo, es cierto que los colores iluminados por una fuente estándar tienen una cromacidad que corresponde a la apariencia de su color si son vistos por un observador estándar; otros usan el diagrama de cromacidad CIE para mostrar en dónde se encuentran los colores diferentes. La Figura 15 muestra dónde se encuentran algunos de los colores más comunes cuando C es la fuente. Pero se debe tener en cuenta que el uso del diagrama es muy limitado.

Un ejemplo específico del uso de las coordenadas de cromacidad CIE, y un diagrama de particular interés para la industria del plástico, se ilustra en la Figura 16. Este diagrama muestra las fronteras dentro de las cuales los colores de las luces de señalización de los automóviles deben estar. Por ejemplo, el color emitido por una luz roja trasera debe tener una cromacidad dentro del área marcada "rojo",

cuyas líneas límite son $Y=0.33$ (en la parte superior-"frontera amarilla") y $Y=0.98 - X$ ó su equivalente $Z=0.02$ (a la izquierda - "frontera azul").

El área marcada "Blanco" en la figura 16 señala claramente el peligro de hacer mal uso del diagrama de croma - cidad.

Se centra en la cromacidad de la Fuente A, una luz incandescente. Para un observador cuyos ojos están adaptados a la lámpara incandescente, los colores de esta área no parecen blancos, pero un observador cuyos ojos están adaptados a la luz de horizonte como la Fuente C, para quien el diagrama de la Figura 15 es más correcto, los colores "blancos" en la Figura 16 parecerían amarillentos.

3.3. Instrumentos para medir el color

3.3.1. Descripción

Las razones para usar los instrumentos para medir el color ahora deben ser claras. Proporcionan información permanente y contundente del color en forma de curvas de reflectancia espectral, derivando valores estándar de estímulo triple, así como coordenadas de cromacidad para complementar -- los juicios subjetivos y visuales de un observador que podrían no ser constantes al observar las muestras con una iluminación quizá mal definida y a menudo irreproducible. Es lógico entonces, que la industria del plástico, al igual que muchas otras, abogan cada vez más por la evaluación con instrumentos.

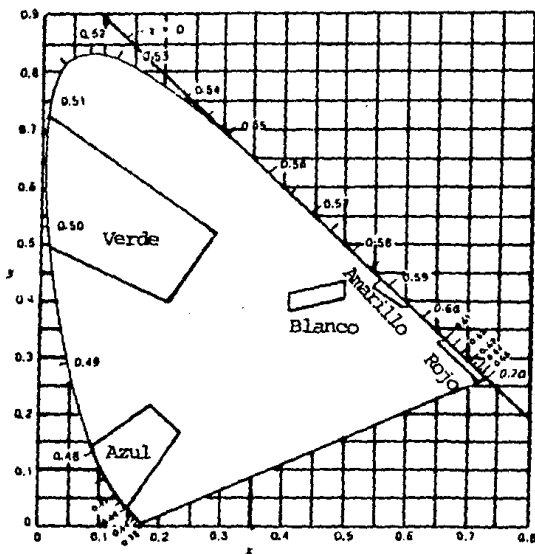
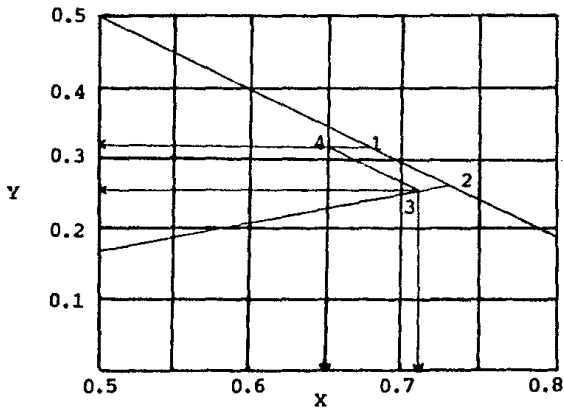


Figura 16. Diagrama de cromacidad de la CIE que muestra la ubicación de las áreas de especificación para los colores de luces automovilísticas.

Demstración Matemática de la figura 16.



Coordenadas de Cromacidad

$$x = \frac{x}{x + y + z}$$

$$y = \frac{y}{x + y + z}$$

$$z = 1 - x - y$$

Amplificación de la figura #16.

En el punto 3 $x = 0.72$ y $y = 0.26$

Por lo que $z = 1 - 0.72 - 0.26$

$$z = \underline{\underline{0.02}}$$

En el punto 4 $x = .65$ y $y = 0.33$

$$z = 1 - 0.65 - 0.33$$

$$z = \underline{\underline{0.02}}$$

Los instrumentos tienen una desventaja: miden muestras con una geometría sencilla y fija de iluminación y visión, mientras que el observador humano compara su muestra y estándar de varias maneras antes de decidir si corresponde. Casi todos los instrumentos usan una o dos geometrías estándar CIE, ilustradas en la Figura #17. La Figura 17 a. muestra el uso de una esfera de integración, - pintada de blanco por dentro, para captar toda la luz reflejada por la muestra. El reflejo especular puede incluirse o excluirse con el uso de una superficie blanco o negra, respectivamente, en el "puerto especular" o "trampa de brillo" cónicos. Si se desea que los resultados describan el color de una muestra de alto brillo en la forma usual, evitando el reflejo de éste, se mide con el componente especular excluido (puerto negro). Si se van a utilizar los resultados para hacer corresponder los colores por computadora, se debe tomar en cuenta toda la luz; por ello se deberá medir con el componente especular incluido (puerto blanco). El programa de la computadora corrige el brillo según sea necesario. Para las muestras totalmente mates no hay mucha diferencia: el instrumento será más objetivo si se usa el puerto blanco. Para las muestras con brillo intermedio, los mejores resultados se obtendrán con el uso del puerto blanco, pero será difícil asegurar si los resultados coinciden con lo que se ve.

También se puede medir la transmisión con la mayoría de los instrumentos con esfera de integración, con sólo - poner un estándar de reflejo blanco en lugar de la muestra reflejante y colocar la muestra transmisora en el otro extremo de la esfera de integración (donde la luz entra en la Figura 17a).

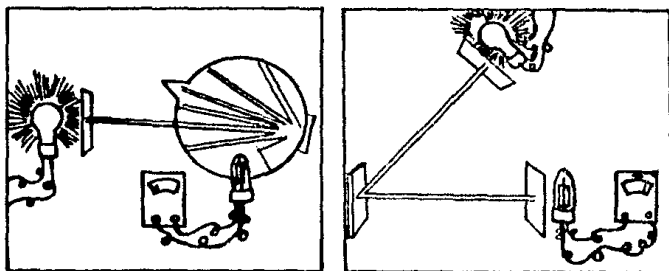


Figura #17. Acomodo de los componentes de (a) esfera de integración y (b) Geometría de iluminación visión $45^{\circ}/0^{\circ}$.

La geometría alternativa para la medición del color, ilustrada en la Figura 17b, se llama $45^{\circ}/0^{\circ}$. A menudo se intercambian la fuente y el detector, y se vuelve $0^{\circ}/45^{\circ}$. El primer número representa el ángulo entre el rayo iluminante y la normal (perpendicular) a la muestra; el segundo, el ángulo entre la normal y el plano de la visión. El arreglo $45^{\circ}/0^{\circ}$ permite que el reflejo de brillo sea atrapado con facilidad a 45° en el lado opuesto al rayo iluminante.

3.3.2. Espectrofotómetros

Ya que la información básica para obtener los valores de estímulo triple de la muestra es su curva de reflectancia espectral, el instrumento básico para la medición del color es el espectrofotómetro. La operación de este tipo de instrumento se ilustra con la Figura 18. Aquí, la luz emitida por la fuente pasa por un prisma ó monocromator para ser separada. El espectro obtenido es proyectado sobre una pantalla de selección que permite el paso a un reducido intervalo (banda) de longitudes de onda hasta que incidan sobre la muestra a analizar. Conforme se seleccionan las longitudes de onda, se traza la curva de reflectancia espectral. En las figuras 17 y 18 las posiciones de las fuentes de luz y el detector pueden intercambiarse. No hay diferencia alguna al usarlos, excepto que para obtener resultados correctos con muestras fluorescentes, éstas se deben iluminar directamente con la luz de la fuente.

Con sólo una excepción, todos los espectrofotómetros para medir el color en años recientes han utilizado la geometría de esfera de integración.

Entre los espectrofotómetros designados para la medición de color en los Estados Unidos están:

1. El espectrofotómetro Diano-Hardy, basado en el diseño de A.C. Hardy en 1930's que por mucho tiempo fué el instrumento clave para la medición del color. El diseño original no es adecuado para medir muestras fluorescentes,

pero una variante, el Diano-Hardy II, sí lo es.

- 2.El Diano Match-Scan, un instrumento más económico de diseño reciente.
- 3.El Hunter D-54, un instrumento sencillo que utiliza una cuña de interferencia circular en lugar de un monocromador convencional.
- 4.El Kollmorgen MS-2000 (con geometría de esfera de integración) y el MS-2045 (con geometría $45^\circ/0^\circ$). Estos son espectrofotómetros simplificados por el hecho de que se registra el espectro sólo en 18 puntos espaciados por 20nm a lo largo del espectro.
- 5.El Zeiss DMC-26, un instrumento de investigación muy versátil.

3.3.3. Colorímetros de estímulo triple

Los colorímetros de estímulo triple son instrumentos que usan una técnica análoga óptica que envuelve los filtros de banda amplia en lugar de un monocromador para proporcionar (en versiones modernas con capacidad de computadora - intra-construida) una lectura directa de los valores de estímulo triple de la CIE aproximados, las coordenadas de cromacidad y las coordenadas "oponentes" tipo L, a, b. La aproximación se debe a la dificultad que existe para hacer que la técnica análoga óptica sea exacta. Esto es, los instrumentos

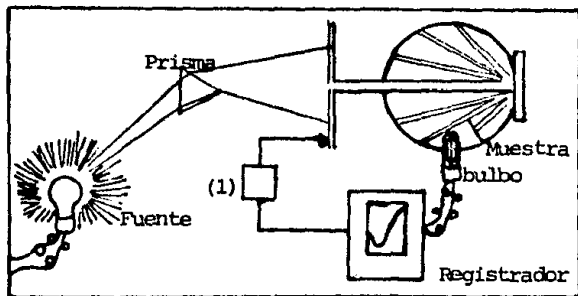


Figura #18. Arreglo de los componentes de un espectrofotómetro común.

(1) Dispositivo de búsqueda.

no proporcionan valores de estímulo triple exactos, a pesar de que sí proporcionan diferencias exactas en dichos valores por lo tanto pueden utilizarse exclusivamente como medidores de diferencias en color. No miden la curva de reflectancia espectral. Son de poco valor para hacer corresponder colores. Quizá sea por esto y por el hecho de que su costo inferior al de los espectrofotómetro ya no es una ventaja válida, que pronto estos instrumentos serán obsoletos.

Varios instrumentos excelentes de este tipo están disponibles en los Estados Unidos, sin embargo, sobre salen, con una variedad de geometrías de iluminación y visión y con capacidad de computadora, los de Hunter y los de los Laboratorios Gardner. El Kollmorgen MC-1010 es igual al espectrofotómetro MS-2045, pero con capacidad de computadora más limitada por aparatos ópticos.

3.3.4. Estándares

Ningún instrumento de ningún tipo puede dar resultados satisfactorios sin estandarización. Para la medición del color con espectrofotómetros debe tenerse cuidado especial para asegurar la exactitud de las escalas de longitud de onda y reflectancia o transmisión y para seleccionar y mantener el estándar de referencia blanco. Varios filtros y lozas reflejantes para verificar la estandarización están disponibles y deben utilizarse con regularidad. Se dispone de estándares especiales de diagnóstico para los colo

rímetros de estímulo triple. Un informe del Subcomité para Problemas del Consejo Inter-sociedades del Color proporciona información completa de los estándares de procedimientos y materiales requeridos para asegurar la medición adecuada del color. También existe un programa de referencia que permite al usuario realizar comparaciones periódicas de la ejecución del instrumento.

Debe hacerse hincapié en que los resultados de cualquier medición dependen totalmente de la muestra. La preparación adecuada de la muestra y las pruebas apropiadas para asegurarse de que la muestra es representativa del plástico deben realizarse con un alto índice de reproducción y ser adecuadas para la medición. Los instrumentos para la medición del color son excelentes; sin embargo, los puntos débiles de su aplicación son la preparación de las muestras y la interpretación fiel de los resultados de la medición.

Referencias Bibliográficas (Cap. 3)

- (1) Munsell Color Produce, Kollmorgen Corporation, P.O. Drawer 950, Newburgh, N.Y.
- (2) Billmeyer F W y M. Saltzann, "Principles of Color - Technology, Intersciencia, New York, (1966)
- (3) Styne A.F. "Color and Appearance - Bridging the - Gap from concept to products" (1976) Color Res. Appl 1 79-86.
- (4) Webber T.G. "Coloring of Plastics" John - Wiley & - Sons New York (1979) Pags. 12-34.
- (5) Hunter R.S. "The Measurement of Appearance", Wiley, New York, (1975)
- (6) Mac Adam D.L. "Color Science and Color Photography" Phys Today (1967) 20 (1), 27-39.

C A P I T U L O I V

"TERMOPLASTICOS"

4.1 Los Termoplásticos

4.1.1. Antecedentes

El término termoplástico se aplica a aquellos materiales que se ablandan y fluyen por la aplicación de calor y presión. Estos son materiales manejables y coloreables que pueden ser transformados en productos moldeados, láminas y películas, botellas, adhesivos y recubrimientos, etc., por muchos y muy variados métodos que veremos más adelante.

Los termoplásticos pioneros, Celulósicos, Estirenicos y Vinílicos, han tenido una gran diversificación que incluye una amplia variedad de materiales que están haciendo un importante trabajo en la industria. Muchos de los primeros Termoplásticos carecían de una estabilidad en sus propiedades. Posteriormente con la introducción del Nylon y la gran variedad de los llamados termoplásticos de ingeniería, estos han tenido un gran desarrollo y una ampliación en el mercado de los plásticos.

La gran mayoría de los materiales termoplásticos pueden REMOLDEARSE muchas veces, aunque la degradación química llegaría a limitar el número de ciclos del moldeo.

Dentro de los termoplásticos existe una gran variedad de polímeros como son los celulósicos, los acrílicos, los estirenos, los vinilos, las poliolefinas, los acetales, las poliamidas, los polisulfonados, los plásticos de uretano, los poliésteres, los fluocarbonados y muchos más, aunque para efectos de este estudio se han elegido las resinas de mayor demanda en nuestro país y con las cuales podemos estudiar más a fondo su interacción con el color.

En este capítulo se detallan las generalidades y clasificación de los termoplásticos, sus procesos de polimerización y transformación así como también un pequeño análisis de cada una de las resinas elegidas.

4.1.2. Breve historia de los Polímeros Sintéticos

En la búsqueda de compuestos puros de grandes rendimientos, fueron descubiertas muchas sustancias poliméricas y rápidamente descartadas como aceites, alquitranes o residuos no destilables. Algunos de estos materiales despertaron interés. El Polietilén glicol se preparó hacia 1860; los polímeros individuales con grado de polimerización hasta 6 fueron aislados y sus estructuras correctamente asignadas. Fue comprendido el concepto de estructura que se extiende hasta pesos moleculares muy altos por condensación continuada (1) y que detallaremos más adelante.

En las décadas siguientes se prepararon otros polímeros de condensación al ganar en popularidad las teorías de agregación molecular; a estos productos se les asignó con frecuencia estructuras que comprendían pequeños anillos mantenidos juntos por fuerzas de enlace secundario.

También se descubrieron algunos polímeros de vinilo. El estireno fue polimerizado ya en 1839, el isopreno en 1879 y el ácido metacrílico en 1880. Una vez más se les asignaron estructuras cíclicas unidas por "Valencias parciales".

El nacimiento de la ciencia de los polímeros llegó - hasta 1920 con la aceptación de la hipótesis macromolecular de H. Staudinger quien posteriormente en 1953 recibiera el premio Nobel por la defensa de este punto de vista. Propuso fórmulas de cadenas largas para el poliestireno, el caucho y el polioximetileno.

Uno de los problemas que impedía la aceptación de la teoría macromolecular fué el de los grupos terminales de las moléculas de cadena larga. Dado que el grado de polimerización de un polímero típico es por lo menos de varios centenares, los métodos químicos para detectar los grupos terminales no tuvieron éxito al principio. El mismo Staudinger sugirió que no eran necesarios grupos terminales para saturar las valencias terminales de las cadenas largas; se les consideraba no reactivas debido al tamaño de las moléculas, y formuló también en 1928 la hipótesis de estructura de grandes anillos que fué popular durante muchos años. No quedó claro que los extremos de las cadenas largas consistían en estructuras normales, de valencia satisfecha, - hasta que Flory (1937) elucidó el mecanismo de la polimerización por reacción en cadena.

En 1930 H. Staudinger reconoció el gran tamaño de las moléculas y el peso molecular lo diferenció de una propiedad física, para poder determinar los pesos moleculares de los polímeros. Años más tarde el mismo Staudinger estudió la configuración de los átomos de la cadena de los polímeros.

En 1907 L. Baekeland descubrió el más antiguo de los

plásticos sintéticos, sobre las resinas de Fenol-Formaldehído, de las que la Bakelita fué el primer producto comercial, la producción en pequeña escala de resina y barnices fenólicos comenzó en 1907. (5)

El primer uso comercial del estireno fué en cauchos sintéticos hechos por copolimerización con dienos en 1900. El poliestireno se produjo comercialmente en Alemania hacia 1930 y con éxito en USA en 1937 la producción en gran escala de resinas de Cloruro-acetato de vinilo comenzó también en 1920.

Así pues el último medio siglo ha visto el desarrollo de casi todos los polímeros sintéticos de uso común - actualmente.

4.1.3. Descripción y Clasificación

4.1.3.1. Como Macromoléculas (Clasificación Química)

Dentro del estudio de la química orgánica a las moléculas que contienen cientos de miles de átomos se les denomina Macromoléculas (2). Algunas de éstas son de origen natural y componen grupos de sustancias literalmente vitales, los polisacáridos, almidón y celulosa que nos proporcionan alimento, vestido y techo; las proteínas y los ácidos nucleicos.

También el hombre puede construir Macromoléculas. El objeto de las primeras síntesis fué la obtención de sustitutos de las macromoléculas naturales, caucho y seda; no obstante se ha desarrollado una vasta tecnología que ahora produce cientos de sustancias que no tienen análogos naturales. Los Macrocompuestos sintéticos incluyen: Elastómeros que tienen el tipo particular de elasticidad que caracteriza el caucho; fibras, largas y delgadas como el hilo, con la gran resistencia a lo largo de la fibra, que caracteriza el algodón, la lana y la seda; y por último lo que nos interesa en esta tesis los Plásticos, que pueden ser moldeados a presión o bien transformados en formas diversas. Hoy en día estas sustancias son verdaderamente indispensables a la humanidad siendo esenciales para su vestido, habitación, transporte y comunicación, así como para las comodidades de la vida moderna.

4.2.3.2. Como Plásticos (Clasificación Física)

Según su estructura y sistema de enlace, hay que distinguir entre Termofijos, Elastómeros y Termoplásticos (3).

Los Termofijos, son resinas sintéticas reticuladas, durante cuya transformación se forma por reacción química la macromolécula definitiva. Por ese motivo, una vez reticulados no puede cambiarse su estado ni por presión ni por temperatura. Termoestables típicos son las resinas de fenol, melamina o formaldehído, las de poliéster y las epóxicas.

Los Elastómeros son así mismo, plásticos reticulados o sustancias naturales modificadas. No obstante su grado de reticulación es tan bajo que, contrariamente a los termoestables, se deforman fácilmente bajo los efectos de un esfuerzo externo, recuperando su forma primitiva cuando deja de actuar el mismo. Como ejemplo de éstas tenemos el Hule.

Los termoplásticos consisten de macromoléculas encadenadas las cuales pueden ser ramificadas o no ramificadas, con una longitud que va de 100 a varios miles de veces mayor a la de su diámetro. Su peculiaridad estriba en que al sobrepasar la temperatura de la zona de reblandecimiento pueden moldearse plásticamente volviendo al estado sólido al enfriarse. Si bien en teoría este proceso puede repetirse cuantas veces se realice, existe en la práctica el límite impuesto por la estabilidad a las condiciones de transformación del material empleado en cada caso. Esto significa que después de un determinado número de procesos de transformación, el esfuerzo térmico excesivo modifica las propiedades originales del material.

El cloruro de polivinilo (PVC), el poliestireno, polietileno, polipropileno, los poliacetales, constituyen ejemplos típicos de termoplásticos.

Para identificar con que material plástico se ha fabricado una pieza es relativamente fácil, la característica más significativa es la densidad. En la figura # 19 se representa comparativamente la densidad aparente de algunos termoplásticos y termoestables.

También puede recurrirse a la prueba de combustión y en al

gunos casos puede servir también el rayado de su superficie

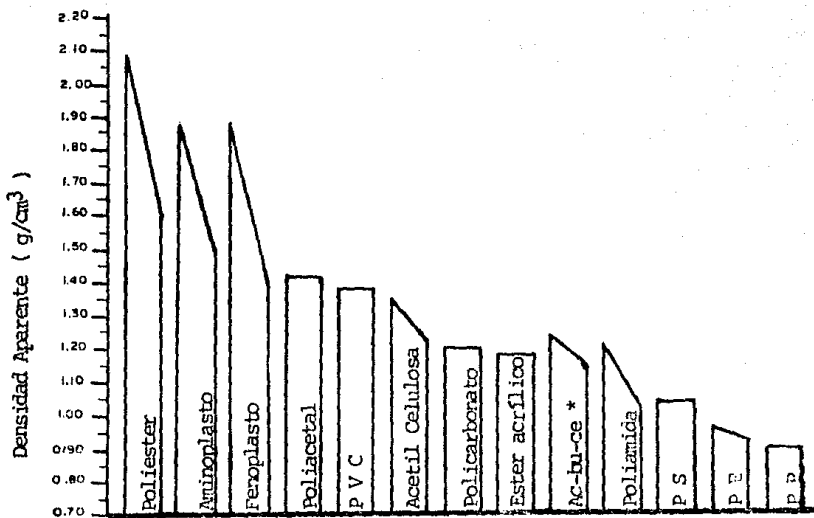


Figura #19. Densidad aparente de algunos plásticos (De 3)

*Aceto Butirato de Celulosa

4.1.4. Generalidades de los Termoplásticos

4.1.4.1. Obtención

Los Termoplásticos se obtienen preferentemente por polimerización entendiéndose por tal la unión de muchas pequeñas moléculas (llamadas también monómeros) para formar una macromolécula.

Un polímero es una gran molécula construida por la repetición de pequeñas unidades químicas simples. En algunos casos la repetición es lineal de forma semejante a como una cadena la forman sus eslabones (1). En otros casos las cadenas son ramificadas ó interconectadas formando retículos tridimensionales. La unidad repetitiva del polímero es usualmente equivalente o casi equivalente al monómero ó material de práctica del que se forma el polímero. Así la unidad repetitiva del cloruro de polivinilo (PVC) es $-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{Cl}-$; su monómero es el cloruro de vinilo, $\text{CH}_2=\text{CHCL}$.

La longitud de la cadena del polímero viene especificada por el número de unidades que se repiten en la cadena. Este se llama grado de polimerización (DP). El peso molecular del polímero es el producto del peso molecular de la unidad repetitiva por el grado de polimerización. Utilizando el ejemplo del PVC un polímero de grado de polimerización 1,000 tiene un peso molecular de $63 \times 1,000 = 63,000$ la mayoría de los altos polímeros tienen pesos moleculares entre 10,000 y varios millones.

Los enlaces químicos primarios a lo largo de las cadenas de polímeros se saturan por completo, las únicas fuerzas entre moléculas son fuerzas de enlace secundarias de atracción que son débiles en relación con las fuerzas de enlace primarias, el alto peso molecular de los polímeros permiten que estas fuerzas crezcan lo bastante para impartir a las sustancias excelente resistencia, estabilidad dimensional y otras propiedades mecánicas. (9)

Los polímeros se forman de dos modos generales, en la polimerización por reacción en cadena ó polimerización de adición y la por reacción en etapas ó polimerización de condensación.

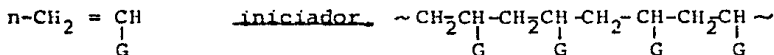
4.1.4.1.1. Polimerización por reacción en cadena

En esta polimerización existe una serie de reacciones cada una de las cuales consume una partícula reactiva y genera otra similar de modo que cada reacción individual depende de otra previa, las partículas reactivas pueden ser radicales libres, cationes ó aniones. (2)

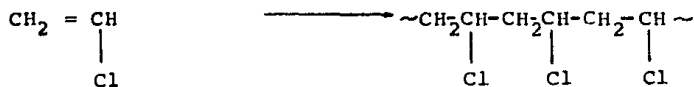
a) Por Radicales Libres (o Polimerización vinílica).

Esta implica la adición de radicales libres al doble enlace del monómero: primero la adición del radical libre generado con el iniciador y luego a la molécula creciente del polímero.

La reacción se realiza en los carbonos con doble enlace - los grupos vinílicos - por lo que se denomina polimerización vinílica. Se puede usar una amplia variedad de monómeros con grupos colgantes (G) diferentes (como Cl, CN, C_6H_6 , etc.)

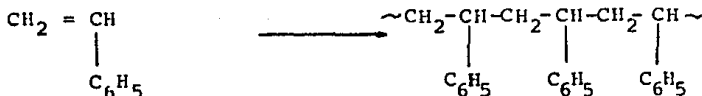


Algunos ejemplos son:



Cloruro de Vinilo

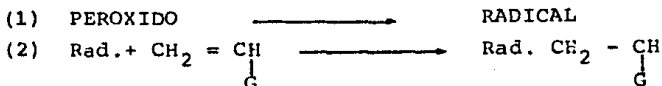
Cloruro de Polivinilo
(PVC)

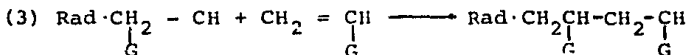


Estireno

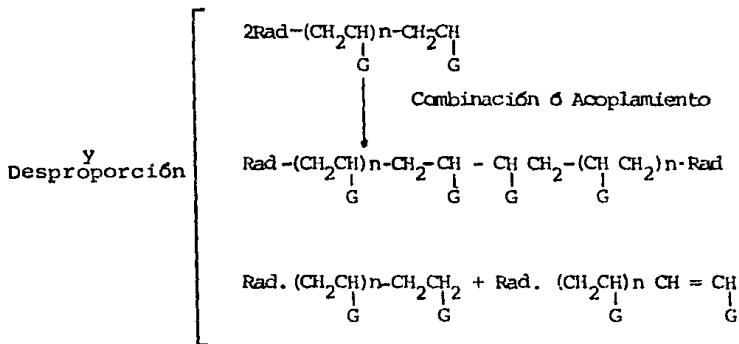
Poliestireno

Y el mecanismo es el siguiente:





Se repiten los pasos como el (3) hasta que finalmente:



El consumo de un radical libre es acompañado en cada paso por la información de otro, más grande. En un instante determinado se interrumpe la cadena debido a etapas que consumen pero no generan radicales libres.

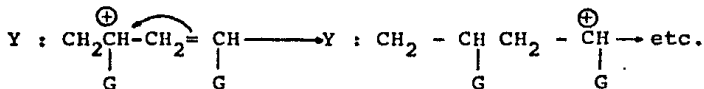
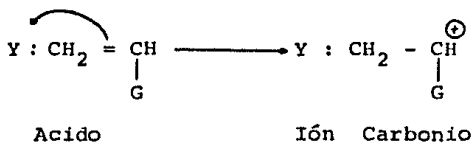
Como puede verse, cada reacción se caracteriza por una constante de rapidez. Un punto clave de la teoría de la polimerización es que la reactividad de la cadena creciente de un polímero depende casi completamente de la última unidad que se haya adicionado y no de las unidades que se hayan adicionado previamente ni de la longitud de la cadena. (2)

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

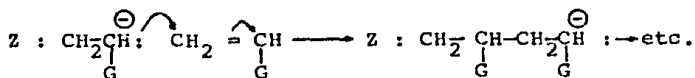
B) Polimerización Iónica

La reacción de polimerización en cadena puede proceder con iones, en vez de radiales libres, como partículas propagadoras de la cadena (5); estas pueden ser cationes o aniones, lo que depende del tipo de iniciador que se emplea y puede ser catiónica, aniónica y por coordinación.

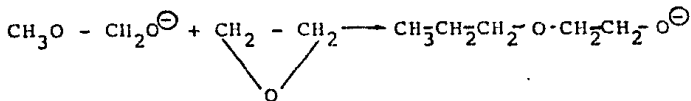
La polimerización catiónica es iniciada por ácidos los cuales pueden ser ácido sulfúrico AlCl_3 ó BF_3 con una traza de agua y es como sigue:



La Polimerización Aniónica se inicia con Bases: por ejemplo; compuestos organometálicos, tales como -butilitio : así,

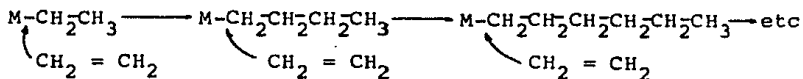


La polimerización aniónica no se limita al tipo vinílico que comprende dobles enlaces carbono=carbono. Una pequeña cantidad de base convierte al óxido de etileno, por ejemplo en un poliéster de elevado peso molecular. (2)



La Polimerización por coordinación

Hasta 1953 casi toda la polimerización de importancia comercial era por medio de radicales libres. Desde entonces la polimerización iónica ha revolucionado el campo. Principalmente en la polimerización por coordinación. Cuando hablamos de iones orgánicos como propagadores de cadenas, debemos considerar que cada uno de ellos debe estar equilibrado por un ión de carga opuesta. Un carbanión en desarrollo, por ejemplo, se encuentra asociado mas o menos firmemente, con un catión metálico como Li^+ , Na^+ . Estos pares iónicos pueden desarrollar funciones importantes en la polimerización. Si la unión entre el centro reactivo y el metal es apreciablemente covalente, se dice que el proceso es una polimerización por coordinación. La cadena orgánica no es un anión verdadero, sino que su reactividad se debe a su carácter aniónico. En 1963 Karl Ziegler y Giulio Natta recibieron el premio Nobel conjuntamente por sus trabajos en este campo y desde entonces se han desarrollado catalizadores que permiten un control del proceso de la polimerización. Estos son complejos de halogenuros de metales de transición con compuestos organometálicos: es muy típico el Trietilaluminio-tricloruro de titanio. La reacción comprende una reacción nucleofílica al doble enlace carbono-carbono del monómero, siendo el nucleófilo el grupo orgánico con carácter aniónico del compuesto organo metálico crecientemente. (2), (9)



la polimerización resulta ser así una inserción de moléculas de alqueno en el enlace entre el metal y el grupo alquilo creciente, como se aprecia en el ejemplo de la formación del Polietileno.

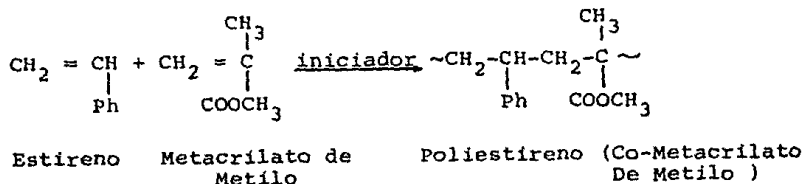
La polimerización con catalizadores Ziegler-Natta - tiene dos ventajas importantes sobre la de radicales libres: (a) origina moléculas polímeras lineales; y (b) - permite un control estereoquímico.

4.1.4.1.2. Polimerización por reacción en etapas

La reacción en estos casos no depende de radicales libres o iones que propaguen la cadena, en cambio las etapas son esencialmente independientes entre sí; sucede que comprenden más de un grupo funcional de una molécula monómera. (2)

Si cada molécula de monómero sólo contiene dos grupos funcionales, el crecimiento solamente puede suceder en dos direcciones por lo que se obtiene un polímero lineal como es el caso del Nylon 66. Pero si puede producirse la reac_

contiene dos tipos de unidad estructural en la misma molécula. Por ejemplo: (2)



Por copolimerización se pueden obtener materiales con propiedades que difieren de las de ambos homopolímeros, por lo que se agrega así otra dimensión a esta tecnología.

Si consideramos al estireno como ejemplo. Si se polimeriza solo, resulta un buen aislante eléctrico que, moldeado adecuadamente, proporciona partes integrantes para radios, televisores y automóviles. Su copolimerización con butadieno (30%) agrega tenacidad; con acrilonitrilo (20-30%), aumenta la resistencia al impacto y a los hidrocarburos; con anhídrido maleico, un material soluble en agua por hidrólisis. (1)

Se pueden obtener copolímeros no sólo a partir de dos monómeros diferentes sino también con tres, cuatro o más aún. No sólo se pueden hacer en cadena por radicales libres sino también por cualquiera de los otros métodos de polimerización que hemos visto.

4.1.4.1.4. Procesos de polimerización

A diferencia de los productos de bajo peso molecular los polímeros generalmente no se someten a purificación por extracción, destilación o cristalización - después de que se han formado. Los ingredientes que están presentes durante la polimerización, a menudo - quedan como parte del producto final.

Se usan varias técnicas para la producción de los polímeros; (3)

1. Polimerización en masa
2. Polimerización en solución
3. Polimerización en emulsión
4. Polimerización en suspensión

Polimerización en masa

El monómero líquido se polimeriza por la reacción del calor en presencia de un iniciador conveniente, pero en ausencia de disolvente. El medio reaccionante se hace cada vez más viscoso y puede solidificarse (caso del acetato de vinilo). Si a partir de cierto grado de polimerización del polímero es insoluble en el monómero (caso del acrilonitrilo), se precipita.

Este procedimiento proporciona polímeros muy puros, pero bastante polidispersos, ya que la masa al hacerse más viscosa dificulta la agitación y el calentamiento uniforme. Además, las reacciones de polimerización, al ser exotérmicas, producen aceleraciones que a veces toman carácter explosivo.

Sin embargo, el método se emplea para obtener directamente el polímero con la forma de un molde (polimetacrilato de metilo). Con los monómeros de bajo punto de ebullición (cloruro de vinilo), la polimerización en masa se realiza en algunos casos, bajo presión, como en el caso del etileno que se lleva por encima de su temperatura crítica (polietileno en alta presión preparado a 150-250°C, bajo 1000 a 1500 atmósferas) y es de hecho una polimerización en masa.

Polimerización en solución

Permite realizar una reacción más regular. El polímero puede ser soluble en el disolvente o precipitar a partir de cierto grado de polimerización. En este último caso, la polimerización en solución de polímeros con buena homogeneidad desde el punto de vista de los grados de polimerización. Este método exige sin embargo, una cantidad de disolvente bastante importante, para limitar la viscosidad del medio. El disolvente debe ser eliminado en seguida del polímero y recuperado cuidadosamente para evitar un alto costo de fabricación. Este método tiene la ventaja de que se limita la temperatura de reac

ción con el punto de ebullición del disolvente, y operando con disolventes de punto de ebullición bajo, se obtienen polímeros de pesos moleculares muy elevados en el caso de polimerización muy exotérmicas. Este tipo de polimerización se emplea sobre todo cuando el polímero final va a aplicarse en forma disuelta, como en el caso de adhesivos o barnices.

Polimerización en emulsión

Presenta la gran ventaja de substituir por agua - los disolventes costosos utilizados como medio de dispersión. Los monómeros al ser generalmente insolubles en agua o muy poco solubles, se emulsionan con agentes emulsificantes (jabones alcalinos, oleato amónico, aceite y alcoholes grasos sulfonados, alcohilo-naftaleno, sulfonato de sodio, etc.), eventualmente en presencia de coloides protectores (alcohol polivinílico, metice-lulosa), reguladores de tensión superficial (alcoholes alifáticos o aromáticos, aminas, etc), reguladores de pH y de un iniciador soluble en el medio acuoso (agua oxigenada, persulfatos, perboratos, etc.).

La iniciación de la polimerización está localizada en el medio acuoso y no en el interior o en la superficie de las gotitas del monómero. El crecimiento de las cadenas tiene lugar, muy probablemente, en el interior de las gotitas monómero-polímero. Incluso las reacciones de terminación se efectúan en ellas. Dicho de otro modo, las gotitas emulsionadas del monóme-

ro puro no servirán más que de reserva del monómero. Es te será cedido al medio acuoso o a las gotas polímero-monómero a medida que el monómero se polimeriza. Efectivamente existe una disminución regular del volumen de las gotas del monómero, mientras que aumenta el volumen de las del polímero.

El resultado de la polimerización es un látex, emulsión acuosa del polímero, que se puede emplear directamente para ciertas aplicaciones. Es posible, igualmente, evaporar este látex y obtener el polímero sólido, eventualmente en forma pulverulenta. La polimerización en -emulsión ha tenido un gran desarrollo técnico, sobre todo para la preparación de ciertos elastómeros (copolímeros butadieno-estireno). Sin embargo, tiene el inconveniente de dar polímeros difíciles de separar de las impu rezas, correspondientes a los productos que facilitan la emulsión, que se añaden inicialmente en cantidades bastante importantes en el medio reaccionante y que forman capas absorbidas sobre los granos de gran superficie específica.

Polimerización en suspensión

El monómero se dispersa en un medio acuoso, en goti tas relativamente gruesas (del orden del milímetro), uti lizándose como únicos agentes accesorios, un estabiliza dor (gelatina, almidón, derivados celulósicos, alcohol polivinílico, sales minerales, etc.), que impide la coa lesencia de las gotitas y un agente tensoactivo que re

gula su tamaño. Al contrario de la polimerización en emulsión, el iniciador debe ser soluble en las gotas del monómero. Se utilizan principalmente peróxidos orgánicos y la polimerización no difiere, de una polimerización en masa, pero la dispersión en la fase acuosa facilita la eliminación del calor desprendido. En el curso de la polimerización, la dimensión de las gotitas iniciales del monómero no cambia. La viscosidad de las gotas crece hasta que se hacen sólidas, más o menos elásticas. El polímero se presenta finalmente en forma de perlas fáciles de lavar y que retienen pocas impurezas debido a su pequeña superficie específica, es necesario sin embargo eliminar perfectamente el agente tensoactivo por medio de un electrolito fuerte.

4.1.4.2. Transformación de Termoplásticos

Como ya se ha mencionado, las singulares propiedades físicas y mecánicas de los polímeros son los responsables en gran parte del importante lugar que ocupan en la vida moderna, pero estas propiedades solo pueden utilizarse transformando el polímero en artículos o formas útiles.

Los métodos de transformación o fabricación están en gran parte determinados por las propiedades reológicas* del polímero en cuestión. En los termoplásticos se conserva la capacidad de fluir a elevadas temperaturas durante tiempos relativamente largos que a diferencia de los termoestables están sujetos a reacciones (controladas) de entrecruzamiento a las temperaturas necesarias para inducir el flujo, de modo que la capacidad de fluir se pierde bastante rápidamente en favor de la estabilidad de forma. Otras consideraciones de información al seleccionar los métodos de fabricación son - la temperatura de reblandecimiento, la estabilidad y por supuesto, el tamaño y forma del producto final.

Los plásticos obtenidos por polimerización suelen encontrarse en estado de polvo o de masa fundida. Su elaboración posterior se realiza después de haber incorporado productos auxiliares de transformación, estabilizadores, - colorantes o pigmentos (que veremos mas adelante). La distribución de estos aditivos se realiza en mezcladores rápidos o cuando la mezcla deba tener lugar por encima de la

(*) Son las propiedades relacionadas con la fluidez de los polímeros, tales como deformación viscosidad e índice de fluidez.

temperatura de reblandecimiento del plásticos, mediante cilindros mezcladores, extrusoras o amasadoras.

La industria fabricante de materias plásticas suministra las mismas en forma de polvo-polimerizado puro o de granulado con todos los aditivos necesarios, por lo general sólo el cloruro de polivinilo (PVC) y el politerefluoretileno se transforman principalmente a partir de mezcla polvorienta, en tanto que los demás materiales termoplásticos se prefiere la transformación del granulado. Estudiemos brevemente los procesos principales en la transformación de los termoplásticos:

A) Calandrado

El Calandrado es un proceso utilizado para la fabricación continua de láminas ó películas. Una resina granular o una lámina gruesa se pasa entre pares de rodillos calientes muy pulimentados y bajo elevada presión. Un calandrado correcto exige un control preciso de la temperatura, presión y velocidad de rotación de los rodillos.

La figura #20 muestra un esquema de transformación típica del cloruro de polivinilo, en el que el material se homogeniza en mezcladoras de rodillos calientes, después de haber añadido los plastificantes y demás aditivos, pasando a continuación por una calandria de la que sale en forma de lámina. (6)

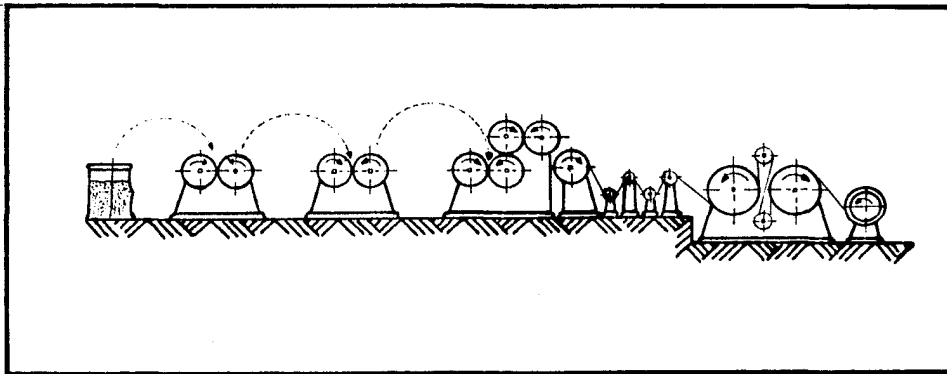


Figura #20. "Calandrado del Cloruro de Polivinilo"

B) Inyección

La mayoría de los materiales termoplásticos se moldean por el proceso de moldeo por inyección. En este caso, el polímero se calienta previamente en una cámara cilíndrica a una temperatura a la que fluye, y entonces es forzado a entrar en la cavidad de un molde cerrado relativamente frío, por medio de presiones muy altas aplicadas hidráulicamente, tradicionalmente mediante un émbolo, las temperaturas del moldeo por inyección son superiores a los de 250°C para muchos materiales las presiones aplicadas al émbolo pueden ir de 10,000 a 30,000 psi. La alta velocidad es un rasgo sobresaliente en este proceso. Ciclos de 10-30 segundos son comunes. (1)

El procedimiento de inyección ofrece la ventaja de permitir la fabricación rentable de una cantidad ilimitada de piezas con una mano de obra prácticamente nula o insignificante. La figura #21 muestra el esquema de la sección de un émbolo típico de una máquina de moldeo por inyección.

B1) Inyección Soplado

Comercialmente existen dos métodos que son usados para fabricar artículos de plástico soplado (botellas, - princ.) uno de ellos es por Inyección-Soplado (el otro por Extrusión-Soplado se verá mas adelante). En este el material fundido es inyectado a un molde formado por una pared gruesa y posteriormente es transferido a un molde

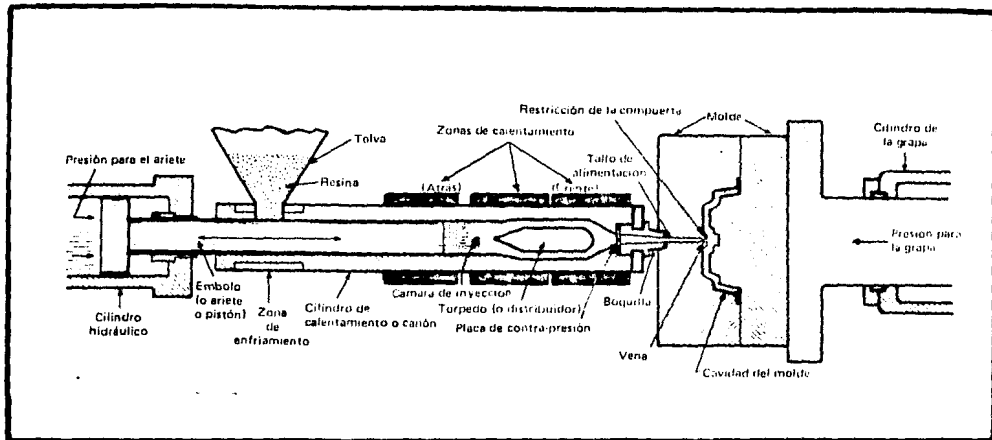


Figura # 21. Sección de un émbolo típico de una Máquina de Moldeo por inyección. (DE 5)

El procedimiento de inyección ofrece la ventaja de permitir la fabricación rentable de una cantidad ilimitada de piezas con una mano de obra prácticamente nula o insignificante. La figura #21 muestra el esquema de la sección de un émbolo típico de una Máquina de Moldeo por inyección. Donde es inyectado aire, ahí se ensancha la película hasta pegarse a las paredes del molde y tomar la configuración del molde. (7)

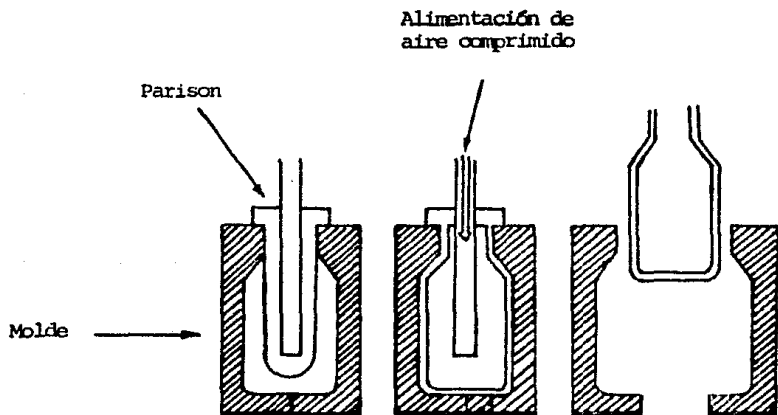


Figura #22. "Inyección- Soplado". (7)

C) Extrusión

La transformación por extrusión que es sumamente versátil, se realiza en una extrusora de uno o varios husillos. (Fig.#22), en cuyo cilindro de plastificación se encuentra montada la matriz correspondiente al artículo que se desea obtener. En este proceso se impulsa de modo continuo el polímero a lo largo del husillo a través de regiones de presión y temperaturas altas a las que funde y se compacta y finalmente es forzado a pasar a través de un troquel conformado para dar el objeto final. El tornillo de un extrusor está dividido en varias secciones cada una con un propósito específico. La sección de alimentación toma polímero finamente dividido de una tolva y lo impulsa a la parte principal del extrusor. En la sección de compresión la aún poco sólida alimentación se compacta, funde y toma la forma de una corriente continua de plástico fundido, la sección de dosificación contribuye a uniformar la velocidad de flujo y crea presión suficiente sobre el polímero fundido para forzarlo a través del resto del extrusor y salir por el troquel.

Entre los artículos más corrientes que se obtienen por extrusión cabe mencionar: tubos, perfiles, láminas, planas y tubulares, planchas, revestimientos de cables, recubrimientos, etc.

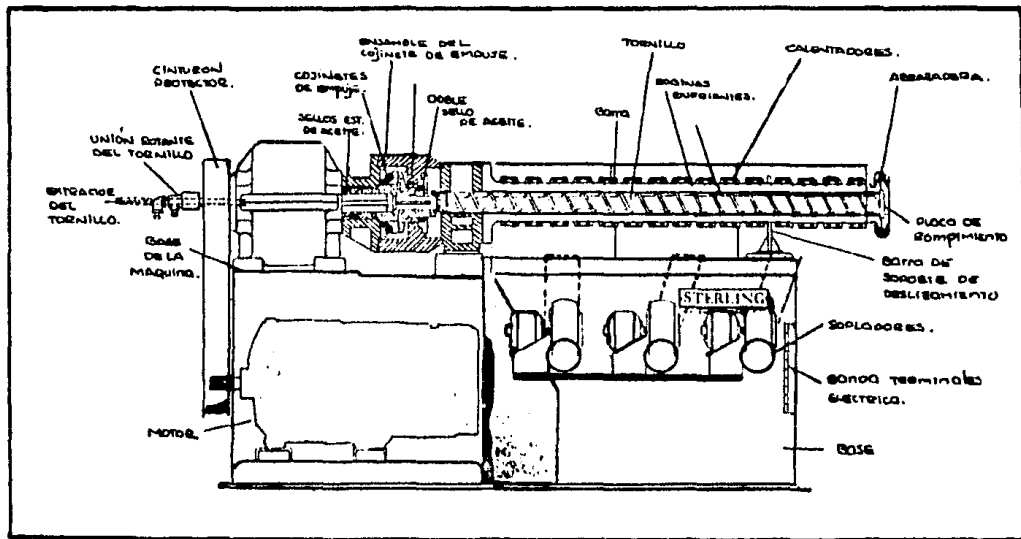


Figura #23. Extrusora de Tornillo Típica

C1) Extrusión-Soplado

En este caso el material fundido es extruido en forma de tubo que a una longitud pre-determinada se empalma en un molde adecuado para corte, posteriormente el aire es soplado dentro del cause del tubo que se infla hasta tocar y tomar la configuración del molde. Después que el material plástico ha endurecido el molde es abierto y desalojado el material. (7)

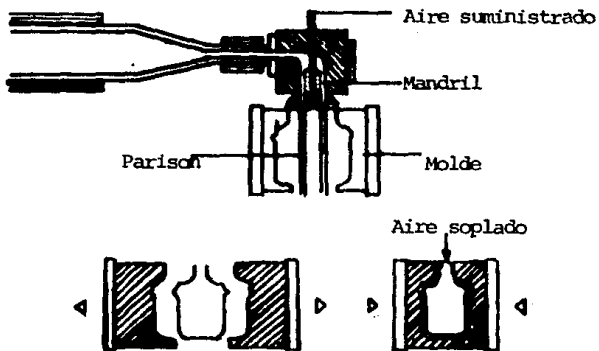


Figura #24. "EXTRUSION-SOPLADO" (7)

D) Termoformado o Termomoldeo

Los procesos de moldeo son aquellos en los que un plástico finalmente dividido es forzado por la aplicación de calor y presión a fluir dentro de, llenar y adaptarse a la forma de una cavidad (molde). Se coloca el polímero entre los miembros estacionario y móvil de un molde (fig. #25). Se cierra el molde y se aplica calor y presión de forma que el material se hace plástico, fluye llenando el molde y se convierte en una masa homogénea. La presión y temperaturas varían considerablemente según las propiedades térmicas y reológicas del polímero. Para un material típico de moldeo por compresión pueden ser próximas a 150°C y entre 1,000 - 3,000 psi. (1)

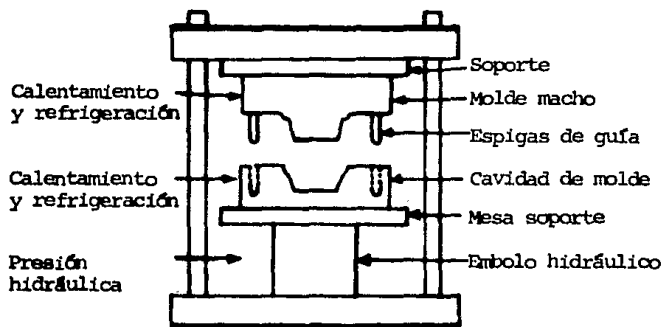


Figura #25. "Diagrama de una prensa y molde de moldeo por compresión" De (1)

En los materiales termoplásticos se enfría el mol de se quita la presión y se retira el artículo moldeado.

4.2. Termoplásticos Comerciales

Después de haber realizado un breve análisis en el Mercado Nacional de la Industria del Plástico se encontró que los termoplásticos de mayor demanda son también por consiguiente los de mayor consumo de pigmentos y colorantes y por lo tanto para efectos de que esta tesis sea más profunda y de mayor valor para la industria actual se han elegido los siguientes termoplásticos.

4.2.1. PVC (Cloruro de Polivinilo)

Antecedentes

En 1835 habiendo expuesto Regnault en Francia, - Cloruro de Vinilo monómero a la luz solar, este quedó polimerizado. En aquella época no se sabía aún sacar partido a este descubrimiento. La historia propiamente dicha del PVC no se inicia hasta 1912, en que los químicos Klatte y Zacharias descubrieron que podía obtenerse industrialmente Cloruro (monómero) por adición de ácido clorhídrico al acetileno, mediante catalizadores. Posteriormente en 1915 se obtuvo el principio de la copolimerización y hacia mitad de la década de los treinta se fabricó cloruro de polivinilo a escala industrial.

En la fabricación el PVC ocupa en nuestros días el 2º lugar en importancia dentro de los termoplásticos; - esto es un poco sorprendente si consideramos la inestabilidad de este polímero.

El PVC (puro) no es estable al calor, tiene una estabilidad dimensional moderada bajo el calor y puede solamente ser fabricado con dificultad, llega a ser quebradizo a bajas temperaturas y a envejecimientos rápidos, perdiendo su longitud y tornándose amarillento.

Sin embargo, las propiedades del "copolímero" pueden ser modificadas por la adición de estabilizantes que previenen o retardan la acción química de los procesos de degradación, causados por la acción de la luz y el calor y por la adición de plastificantes, lubricantes, colorantes, pigmentos y modificadores de impacto (por ejemplo el Negro de humo - para la fabricación de discos "Fonoográficos").

El Cloruro de Polivinilo es un sólido y usualmente fabricado en forma de polvo.

Estructura

El PVC es un material parcialmente sindiotáctico con la suficiente irregularidad de estructura para que la cristalinidad sea bastante baja. Su caracterización estructural se complica por la posibilidad de ramificación de la cadena y la tendencia del polímero a asociarse en disolución.

En el siguiente diagrama se muestra como los átomos de cloro en la molécula lineal de PVC pueden existir en 3 diferentes arreglos en relación con la estructura de la cadena. (3)

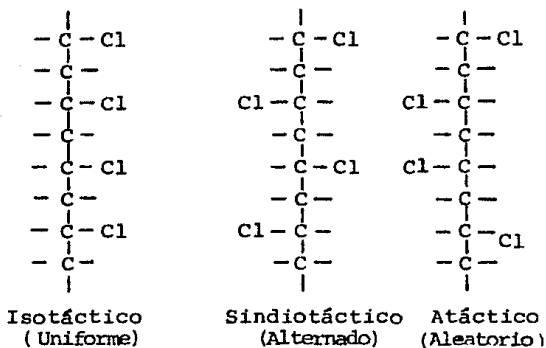


Figura # 26. Cadena Estructural del "PVC".

Usos y aplicaciones

El cloruro de polivinilo puede transformarse con o sin plastificante. Según el contenido de este los productos obtenidos van desde rígidos a blandos y sus principales aplicaciones son: láminas, tubos flexibles, perfiles y tubos, revestimiento de cables, placas, artículos inyectados y objetos soplados por su excelente resistencia (sin plastificante) resulta especialmente adecuado para la fabricación de planchas, perfiles y tubos, que pueden emplearse en el sector de la construcción (por ejemplo marcos de ventanas, revestimientos y canalones de desagüe), especialmente en el exterior. De (1,6 y 7).

4.2.2. Poliestireno

Antecedentes

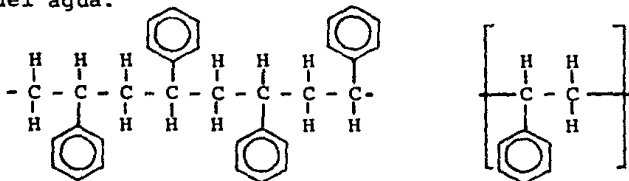
En 1839, el farmacéutico berlinés Simón observó que el estireno monómero líquido, que había extraído del bálsamo para heridas conocido con el nombre de estoraque se convertía lentamente en una masa sólida bajo los efectos de la luz y el aire. Ya en 1845 Blyth y Hofmann realizaron ensayos en los que consiguieron, reducir el proceso de polimerización a una hora, recurrido a temperaturas de 200°C. A partir de 1920, el profesor Staudinger y su escuela en Alemania se destacaron por sus investigaciones en el terreno de la polimerización del estireno y de las propiedades de los productos fabricados con el mismo que constituyeron la base de los actuales sistemas de polimerización y de la producción de poliestireno a escala iniciada en 1932.(3)

El poliestireno ha sido por muchos años una resina de bajo costo, hecho que justifica lo extendido de su uso. Es un termoplástico con muchas propiedades deseables. Es diáfano, transparente fácilmente coloreable y fácil de fabricar por sus propiedades mecánicas y térmicas razonablemente buenas, pero es ligeramente frágil y se reblandece a menos de 100°C.

Estructura

El poliestireno es un polímero lineal siendo el producto comercial atáctico y por tanto amorfo, puede producirse poliestireno isotáctico pero ofrece pocas ventajas en sus propiedades. (3)

Como resultado de su irregular estructura, lo largo de los anillos de beneceno y su baja polaridad hace que tenga leves fuerzas intermoleculares. El punto de ablanamiento del poliestireno es abajo del punto de ebullición del agua.



Fórmula Estructural

Abreviada

Usos y aplicaciones

El poliestireno es el termoplástico clásico transformable por inyección aunque por extrusión también pueden obtenerse placas, perfiles, artículos huecos, así como láminas planas y sopladadas.

En artículos inyectados de poliestireno resulta particularmente adecuado para artículos de serie, tales como vajillas de cocina, aparatos domésticos sencillos, envases no recuperables y juguetes. También tienen gran importancia como material aislante en las técnicas de corriente de baja tensión, alta frecuencia y televisión, - por ejemplo, para la fabricación de portabobinas y portámparas. En el sector de la construcción se recurre cada vez en mayor proporción a placas de poliestireno espumado para el aislamiento térmico y acústico, también lo encontramos en forma de cajas para aparatos de radio y magnetófonos, marcos frontales para televisores y cajas interiores para frigoríficos.

4.2.3. ABS (Resinas Acrilonitrilo Butadieno Estireno)

Antecedentes

Los terpolímeros de acrilonitrilo butadieno estireno, ofrecen un amplio rango de propiedades. Durante la segunda guerra mundial el programa de hule sintético estableció casi de la noche a la mañana una tremenda capacidad para estireno y butadieno.

Las resinas ABS son sistemas de dos fases que consisten en inclusiones de caucho en una matriz vítrea continua. En este caso es un copolímero de Estireno-Acrilonitrilo y el caucho un copolímero de Estireno-Butadieno; el nombre de ABS deriva de las iniciales de los tres monómeros. Las resinas ABS tienen superior resistencia a la temperatura y mejor resistencia a los solventes que los poliestirenos de alto impacto y son verdaderos plásticos industriales, particularmente adecuados para aplicación sometidas a trato abusivo. (1)

Además de la fabricación de todas las técnicas usuales de los plásticos, las resinas ABS pueden conformarse en frío en técnica típica de la fabricación de los Metales.

Estructura

El ABS es un terpolímero y sus propiedades pueden variar dependiendo de la composición y de los métodos de polimerización. El Acrilonitrilo aporta al terpolímero la resistencia química y la resistencia a la tensión, el butadieno da la resistencia al impacto y el estireno contribuye en la procesabilidad. El polímero consiste de partículas de hule-butadieno-estireno dispersadas en una matriz de acrilonitrilo (fig.#26). Los dos sistemas son inyectados juntos. Hay generalmente más estireno que butadieno y menos acrilonitrilo.

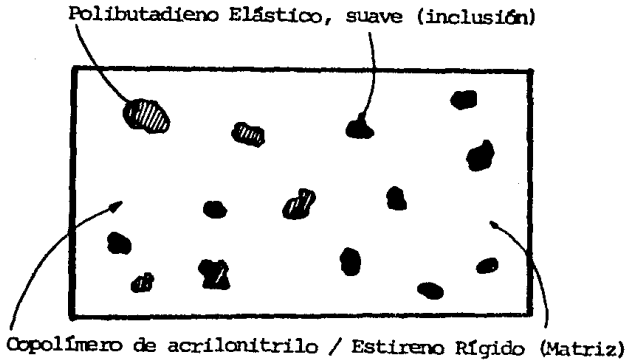


Figura #27 . ABS consiste de 2 fases

Usos y aplicaciones

Los materiales ABS son procesados por transformado, inyección, soplado, moldeo por extrusión, también pueden ser calandreados, las típicas aplicaciones para el ABS incluyen máquinas de escribir, aparatos domésticos, cajas para aparatos eléctricos y electrónicos, empaques, muebles, aparatos telefónicos, cámaras, tubos, conexiones y una diversidad de piezas para la industria automotiva.

4.2.4. Polietileno

Dentro de las Poleoleifinas que mayor importancia económica han alcanzado son el polietileno de baja y alta densidad y el polipropileno.

4.2.4.1. Polietileno de baja densidad (ramificado)

Antecedentes

El primer polímero comercial del etileno fué el polietileno de baja densidad. El cual se produjo por primera vez en los laboratorios de Imperial Chemical Industries LTD (ICI) Inglaterra, en un experimento fortuito en el que el etileno fué sometido a 1,400 atm. de presión a 170°C. Trazas de oxígeno hicieron que la polimerización tuviera lugar. El fenómeno fué descrito por primera vez por E.W. Fawcett en la referencia Staudinger - 1936.

Tras un período de crecimiento relativamente lento el Polietileno llegó a ser en 1959 el primer plástico comercial lugar que ha mantenido hasta la fecha, - con una producción anual (mundialmente) superior a los 10,500 millones de toneladas.

Las propiedades químicas y físicas de los polietilenos son funciones de 3 variables estructurales independientes; el peso molecular, la distribución de peso molecular o ramificación de cadena larga y la ramificación de cadena corta.

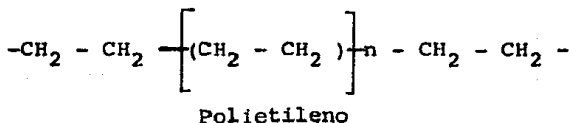
Estructura

El polietileno de baja densidad es un sólido parcialmente (50-60%) cristalino que funde alrededor de 115°C con una densidad en el intervalo de 0.91-0.94. Es soluble en muchos disolventes a temp. superiores a 100°C pero no existen disolventes conocidos a temp. ambiente.

La espectroscopia infrarroja reveló que el polietileno de baja densidad contiene cadenas ramificadas. Estas ramificaciones son de dos tipos distintos: la ramificación debida a la transferencia de cadena intermolecular y la de cadena corta por transferencia de cadena intermolecular.

Se ha encontrado experimental y teóricamente que la distribución de peso molecular se ensancha enormemente por el mecanismo de ramificación de cadena larga.

La distribución de las ramas largas entre las moléculas es también muy amplia; incluso en los polímeros altamente ramificados muchas moléculas no contienen ramas largas, al tiempo que la mayoría de las ramas están concentradas en unas pocas moléculas muy grandes.



Usos y aplicaciones

El polietileno de baja densidad tiene su principal uso en la transformación de láminas que va desde bolsas hasta sacos de embalaje. Aunque también la naturaleza no polar del polímero lo hace ideal para constructores eléctricos ya que no produce pérdidas eléctricas.

El revestimiento por extrusión de láminas, papeles y otras películas, consume grandes cantidades de polietileno también es utilizado para fabricar tubos y cuerpos huecos (botellas, bidones, etc.). Aunque para estos últimos no es muy recomendable.

4.2.4.2. Polietileno de alta densidad (lineal)

Antecedentes

La producción comercial de polietileno lineal utilizando el método del profesor Ziegler (que vimos anteriormente) como el procedimiento de la Phillips Petroleum Corp. de U.S.A. (Métodos descubiertos en 1953), comenzó en 1957. Poco tiempo después se comprobó en Italia que con el sistema de catalizadores descubierto por el profesor Ziegler, no solo podía polimerizarse etileno, sino también olefinas de mayor peso molecular, como es el propileno.

A diferencia del polietileno de baja densidad el polietileno lineal tiene una mayor cristalinidad. Este es decididamente más rígido que el material ramificado y tiene un punto de fusión cristalina más alto y mayor resistencia a la tracción y dureza. La buena resistencia química del polietileno ramificado se conserva o es acrecentada y propiedades tales como la fragilidad a baja temperatura y poca permeabilidad a los gases y vapores se ven mejoradas en el material lineal.

La obtención del polietileno de alta densidad puede ser de dos importantes maneras; la polimerización por coordinación (Polimerización Ziegler-Natta) y la polimerización con un catalizador de óxido metálico soportado. (Proceso de Phillips Petroleum Co.)

Estructura

Como ya lo mencionamos los polietilenos lineales típicos son polímeros altamente cristalinos (más del 90%) y contienen menos de una cadena lateral por cada 200 átomos de carbono de la cadena principal, su punto de fusión está por encima de los 127°C y su densidad cae en el intervalo de 0.95-0.97 . La espectroscopia infrarroja dá una información detallada de la estructura química y física del polímero.

Usos y aplicaciones

La producción de botellas y otros recipientes por moldeo por soplado es la aplicación mas importante - del polietileno de alta densidad y suponen mas del 40% del polietileno lineal producido ya que su elevada resistencia al cuartamiento por tensiones ambientales produjo una gran expansión en este campo.

Alrededor del 20% del P.E.A.D producido se utiliza en el moldeo por inyección de juguetes y utensilios domésticos. Otras aplicaciones importantes del polietileno lineal son las películas y láminas, el aislamiento de cables y conductores, el revestimiento por extrusión y la - fabricación de tubos y conductos.

4.2.4.3. Tabla comparativa de los polietilenos

La siguiente tabla muestra el gran alcance con el cual las propiedades del polietileno dependen en la estructura de sus macromoléculas.

Se muestra que la cristalinidad y la densidad decrecen como resultado del efecto de bloqueo de las cadenas moleculares, a medida que el grado de ramificación se incrementa.

PRODUCTO	PDB	PMD	PAD
ESPECIFICACION	(ICI CORP.)	(PHILLIPS)	(ZIEGLER)
Número de Grupos Ramificados en 1000 Átomos de C. de la Cadena.	Alrededor 2	Alrededor 2	Alrededor 5
Grado de Cristalinidad	60-70%	85-95%	75-85%
Densidad g/cm ³	Alrededor 0.92	Alrededor 0.96	Alrededor 0.95
Grado de ablandamiento	" 100°C	" 130°C	" 120°C
Resistencia a tensión Kg/cm ²	" 140	" 400	" 250
Extensibilidad	500	20	100

TABLA # 2. Comparativa de Polietilenos

No obstante que las fuerzas intermoleculares de atracción en el polietileno son pequeñas las áreas de cristalinidad incrementan la estabilidad dimensional bajo calor, la resistencia a la tensión, el endurecimiento y la rigidez, pero también lo quebradizo. Por otro lado, si la cristalinidad se incrementa la resistencia al impacto y la transparencia desaparecen.

4.2.5. Polipropileno

Antecedentes

Con la utilización comercial de la polimerización por coordinación en 1957 se hizo posible la producción de polipropileno. En las décadas siguientes este se ha convertido en uno de los principales plásticos mundiales.

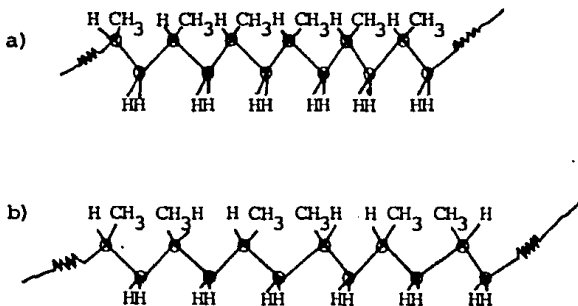
El polipropileno puede fabricarse en forma isotáctica sindiotáctica o atáctica. La cristalinidad del polipropileno isotáctico le hace ser la única forma con propiedades de interés comercial. A parte de ser un termoplástico muy cristalino posee buenas propiedades físicas, tales como alto punto de fusión gran dureza, rigidez, estabilidad dimensional e indeformabilidad al calor.

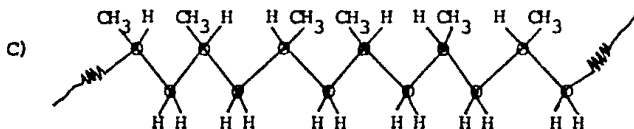
Su temperatura permanente de trabajo es de 90°C . Siendo posible exponer durante poco tiempo (unas pocas horas) las piezas no sometidas a esfuerzos mecánicos a temperaturas cercanas a su zona de fusión (160-164°C).

Estructura

El propileno puede polimerizar con cualquiera de tres arreglos: isotáctico, con todos los grupos metilo hacia un lado; sindiotáctico con los grupos metilo alternado de un lado a otro; y atáctico, con los metilos distribuidos sin orden. El atáctico es suave, elástico, como si fuera caucho el sindiotáctico y el isotáctico son altamente cristalinos; la regularidad de la estructura del isotáctico permite una distribución muy ordenada de sus moléculas. Por estas razones es de gran importancia que los catalizadores y las condiciones de la reacción de operación deban seleccionarse cuidadosamente para asegurarse de que lo producido sea polipropileno isotáctico.

El polipropileno isotáctico es un polímero esencialmente lineal altamente cristalino, con un punto de fusión de 165°C y su estructura se describe a continuación (comparando el Sindiotáctico y el Atáctico).





Polipropileno (a) Isotáctico (b) Sindiotáctico (c) Atáctico

El polipropileno se distingue por sus excelentes propiedades y características dieléctricas, dentro de una amplia zona de temperatura y frecuencias.

El conjunto de propiedades de este plástico, utilizado por un igual como material aislante y constructivo, se ve complementado por su gran rigidez dieléctrica su excelente comportamiento frente a la corriente de fuga, su resistencia al arco y su densidad extraordinariamente baja.

Usos y aplicaciones

Las aplicaciones de los moldeados por inyección, incluida la amplia utilización en el campo del automóvil y herramientas suponen casi la mitad de la producción de polipropileno.

Portalámparas, placas de montaje, conmutadores, acoplamientos, enchufes, blindajes y dieléctricos para condensadores, cuerpos de bobinas, por ejemplo (para el transformador de líneas en televisores), aislamiento para antenas, accesorios para pasos de bandas de frecuencia, etc.

Cajas para aparatos de radio televisión y tocadiscos pilas y acumuladores pequeños, etc.

4.3. PROPIEDADES DE LOS TERMOPLASTICOS

	PVC		POLIESTIRENO	ABS	P.E. (A.D)	P.E. (B.D.)	POLIPROPILENO
	RIG.	ELEX.					
PRECIO	+	+	+	0	+	+	+
PROCESABILIDAD	0	0	+	0	+	+	+
RESISTENCIA TENSION	0	-	+	0	-	-	0
RIGIDEZ	+	-	+	0	-	-	0
RESISTENCIA IMPACTO	+	+	-	0	+	+	-
DUREZA	-	-	+	0	-	-	0
RANGO DE TEMP. UTIL	-	-	-	-	0	0	0
RESISTENCIA A AGENTES QUIM.	+	+	-	0	+	+	+
RESISTENCIA ATMOSFERICA	0	0	-	0	-	-	-
RESISTENCIA AL AGUA	0	0	0	0	+	+	+
INFLAMABILIDAD	0	0	-	-	+	-	+

Tabla # 4 .Un perfil de las propiedades de nuestros termoplásticos de uso universal y especiales. Clave:

- (+) Sobresaliente en la propiedad indicada, † los mejores caract. disponibles
- (0) Comportamiento aceptable en esta propiedad, adecuado todavía en la mayoría de los casos
- (-) No recomendado, si la propiedad es importante por el uso pretendido

PROPIEDAD (unidad)			P S	POLIETILENO				P P
	RIGIDO	FLEXIBLE		ABS	Alta DENS.	Media DENS.	Baja DENS.	
13. Módulo de elasticidad en flexión (10 ⁵ lb/pulg ²)	-	-	4.6	37-45	13-27	43	90-125	1.4-1.7
14. Temp. de Flexión Term. (°F-264 PSI)	130-175	-	220	200-218				125-140
15. Temp. máxima recomendada de servicio. (°F)	115	115	140-160	150	250	250	250	275-320
16. Constante Dielectrica (1000 Ciclos)	3.0-3.3	4.0-8.0	2.4-2.65	2.4-4.5	2.25-2.35	2.30-2.35	2.30-2.35	2.2-2.6
17. Pérdida dieléctrica (1000 Ciclos)	0.009-0.017	0.07-0.16	0.0001-0.0003	0.004-0.007	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005-0.0018
18. Absorción de Agua, varilla de 1/8 pulgada (24 hrs. &)	0.07-0.4	0.4	0.03-0.10	0.2-0.45	< 0.015	< 0.01	< 0.01	< 0.01
19. Rapidez de Combustión	Autoexting.	lenta y autoexting.	lenta	Lenta	Muy Lenta	Muy Lenta	Muy Lenta	Lenta
20. Efecto de la luz solar	ligero	Ligero	Amarillenta	Amarillenta	Necesita protección.	Necesita Protección.	Necesita Protección.	Necesita Protección.
21. Efecto de los ácidos o bases fuertes	Resist.	Resist.	Atacado Acidos	Atacado Acidos	Resistente	Resistente	Resistente	Resistente
22. Efecto de los Disolv. orgánicos	Soluble	Soluble	Soluble	Soluble	Resistente x debajo de 80°	Resistente x debajo de 80°	Resistente x debajo de 80°	Resistente x debajo de 80°
23. Transparencia	Transp.	Transp.	Transp.	opaco	opaco	opaco	opaco	opaco

TABLA # 5

de (1), (5) y (8)

PROPIEDAD (UNIDAD)	P V C		PS	ABS	POLIETILENO			DP
	RIGIDO	FLEXIBLE			Alta DENS.	Media DENS.	Baja DENS.	
1. Peso Especifico (9/cm ³)	1.35-1.45	1.16-1.45	1.04-1.09	1.02-1.04	0.910-0.925		0.941-0.965	0.902-0.096
2. Índice de Refracción (n _D 25)	1.52-1.55	-	1.59-1.60	-	1.51		1.54	1.49
3. Resistencia a la Tens. (PSI)	5000-9000	1500-3500	5000-12000	3500-6200	600-2300		3100-5500	4300-5500
4. Alargamiento o Elonga- ción. (%)	20-40.0	200-450	1.0-2.5	5-60	90-800		20-1000	200-700
5. Módulo de tensión (10 ⁵ , PSI)	35-6	-	4-6	2-3.5	0.14-0.38		0.6-1.8	1.6-2.3
6. Resistencia al impacto (FT-LB/in)	6.4-20	varia	0.25-0.4	3-8	16		0.5-2.0	0.5-2.0
7. Dureza Rockwell	L95	10-100	M68-80	1.01-1.06	C73 (corta)	D55 (corta)	D60 (corta)	R85-95
8. Coeficiente de exp. term. (10 ⁻⁵ , °F)	4.4-12.7	-	3.3-4.8	4.7-5.6	8.9-11.0	8.3-16.7	8.3-16.7	6.2
9. Conductividad térmica (BTU/(hr)(ft)(°F))	-	-	0.058-0.09	0.08-0.12	0.19	0.19	0.19	0.08
10. Calor específico (BTU/(lb)(°F))	0.4	-	0.30	0.35-0.38	0.55	0.55	0.46-0.55	0.46
11. Planabilidad in/mtn.	Lenta	-	1-1.5	1.3	1.0	1.0	1.0	-
12. Módulo de elasticidad en tensión. 10 ⁵ (lb/pulg ²)	3.5-4.0	-	4-6	1.0-2.9	0.21-0.27	-	-	1.4-1.7

Continuación Tabla # 5

de (1), (5) y (8)

TABLA # 6.

	EFECTO A LA EXPOSICION EN APARIENCIA, ESPESOR Y PROPIED. ELECTRICAS					
	PVC (RIG.)	POLIESTIRENO	ABS	PEAD (A.D.)	PEBB (B.D.)	PROLIPROPI- LENO
CONDICION DE LA SUPERFICIE	EROSION (2500 hrs)	SUPERFICIE Garapifada (1600 hrs)	EROSION (2500 hrs)	NINGUNA (1600 hrs)	NINGUNA (1600 hrs)	NINGUNA (1600 hrs)
CAMBIOS EN EL ESPESOR (PULG) .*	-0.001 (3893 hrs)	0 (1580 hrs)	-0.002 (3130 hrs)	0 (1611 hrs)	+0.001 (1611 hrs)	-0.001 (1600 hrs)
CAMBIOS ELECTRICOS STR (%) *	-1.8 (3893 hrs)	+10 (1580 hrs)	+4.7 (3130 hrs)	+9.4 (1611 hrs)	-17.1 (1611 hrs)	+15.1 (1580 hrs)

* Valores basados en la diferencia entre porciones de paneles expuestos y protegidos

DE (6)

Referencias Bibliográficas (Cap.4)

- (1) Billmeyer F.W., Jr. "Ciencia de los Polímeros", Ed. Reverté (1978), Pags. 3-14, 385-394, 409-414, 419-427, 493-505.
- (2) Morrison T.R. y Boyd N.R. "Química Orgánica", Fondo Educativo Interamericano, (1976), Pags. 1051-1074.
- (3) Henning O., Vollrath H., "Chemistry Compendium for Home Study", Kaiserli Verlag, Hoechst AG. Alemania (1978 Ed. Inglés) Pags. (Cap.4 Secc. 7 Pag. 1-44).
- (4) A. Streitweiser Jr. C.H. Heathcock, "Química - Orgánica", Ed. Interamericana, (1979) Pags. 275-296.
- (5) Rodríguez Ferdinand "Principios de Sistemas Polímeros" Ed. El Manual Moderno, S.A. de C.V., (1982) Pags. 62-101.
- (6) Du Bois John, "Plastics" Sexta Edición, Van Reinhold, (1981), Pags. 68-256.
- (7) Millet R., "Design/Technology Plastics" Wheaton Ed. (1982) Pags. 33-43, 76-88.
- (8) Perry H.R. y Chilton H.C., "Chemical Engineers' Handbook", Quinta Edición Mc. Graw-Hill Book Company, (1973) Pags. 23/62-63.
- (9) Roberts J.D. y Stewart R, Caserio M.C. "Química Orgánica de Metano a Macromoléculas", Fondo Educativo Interamericano, S.A. (1974), Pags. 684-710.

C A P I T U L O V

"COLORACION DE TERMOPLASTICOS"

CAPITULO 5

COLORACION DE TERMOPLASTICOS5.1. Introducción

A los materiales plásticos se les dá color con un sinnúmero de objetivos: identificación, apariencia, señalamiento, localización, fines publicitarios, psicológicos, etc.

Ya que los termoplásticos comprendidos en este estudio son de composición química diferente, nos encontramos ante una amplia variedad de propiedades así como de comportamientos para su uso y para su coloración.

Los pigmentos, por lo tanto deben cubrir cierto número de requisitos para poder intervenir como parte de los artículos producidos con los termoplásticos.

Así, no solamente los pigmentos deben tener:

- Resistencia a la temperatura de proceso
- Resistencia al sangrado (Solubilidad parcial)
- Resistencia a la Eflorescencia
- Compatibilidad química con el substracto
- Resistencia a la luz natural o artificial
- Resistencia al Intemperismo (condiciones climatológicas)
- Mínimo tamaño de partícula
- Mínima dureza en su partícula

Sino también satisfacer especificaciones particulares tales como:

- Bajo contenido de Metales pesados
(en caso de empaque o artículos alimenticios, médicos, de cocina, juguetes, etc.).
- Bajo contenido de materiales conductores
(en el caso de forros y aislamientos en cables y conductores de energía eléctrica se deben utilizar materiales con muy baja ó nula conductividad)
- Alto poder cubriente
(con objeto de cubrir totalmente al plástico y su efecto)
- Alta transparencia
(con objeto de colorear al plástico permitiendo el paso de luz y a la vez dejando visible la característica del plástico).
- Mínimo efecto sobre el substracto
(para evitar efectos como: El Alabeo o alteración de la estabilidad dimensional; La reiniciación de la polimerización en algunos plásticos).

No todos los pigmentos pueden solucionar todas las necesidades, ya que el comportamiento de los materiales está regido por su naturaleza, por lo tanto para poder evaluarlos debemos clasificarlos.

5.2. Definición

"Colorantes es el nombre genérico para toda sustancia que desarrolla color (DIN 55945)*". (2)

Estos se dividen en Pigmentos y Colorantes.

Un pigmento es un colorante orgánico o inorgánico con color o sin el que es virtualmente insoluble en solventes y/o vehículos.

Un colorante (anilina), por otro lado, es un colorante exclusivamente orgánico que es soluble en solventes y/o vehículos.

*DIN (Normas Industriales Alemanas)

En el caso de los Pigmentos (DIN 16515) se hace una distinción entre, pigmentos Orgánicos e Inorgánicos. En los pigmentos inorgánicos se incluyen los pigmentos inorgánicos naturales (tierras), pigmentos inorgánicos sintéticos (minerales), pigmentos metálicos (bronces) y pigmentos del carbono (negros de humo).(2)

Los pigmentos orgánicos se subdividen en pigmentos naturales y sintéticos. Los pigmentos orgánicos naturales son de origen animal ó vegetal.

Los colorantes o anilinas orgánicos son también subdivididas en naturales (origen animal y vegetal) y sintéticas.

El presente estudio abarca exclusivamente a los Pigmentos como materia colorante para los termoplásticos.

5.3. Clasificación de Pigmentos

En la siguiente exposición, se describe a los pigmentos como familias o grupos. Ocasionalmente, es mas conveniente clasificar varios tipos diferentes de productos bajo un color común.(1)

5.3.1. Pigmentos Inorgánicos

1) Blancos.-

Bioxido de Titanio rutilico recubierto es el opacificante más común para plásticos. Los recubrimientos con alúmina y sílice incrementan su resistencia a las condiciones climatológicas y facilitan la dispersión. (3)

El alto índice de refracción de 2.76 dá como resultado la dispersión de la luz. El tono es ligeramente amarillo, y es necesario agregar azul o violeta para lograr un blanco puro. La modificación cristalina anatásica del bióxido de titanio es menos amarillenta; aunque no se recomienda para exteriores pues bloquea menos los rayos ultravioleta y es más reactivo (mas inestable).

Las partículas de bióxido de titanio están en el rango de 0.25 a 0.30 μm . Los tamaños mayores, 1 a 4 μm , son característicos del óxido y sulfuro de zinc y el sulfato de bario. Las fórmulas con estos pigmentos transmiten hasta mas del 85% de luz mientras que la difunden lo suficiente como para ocultar la fuente de un tubo fluorescente, por ejemplo. Se usan extensamente en plásticos transparentes. El sulfato de bario aumenta considerablemente el peso pues to que tiene una densidad de 4.5. Los silicatos de aluminio y calcio y el carbonato de calcio son pigmentos incolores extendedores.

2) Negros.-

Además de su función como pigmentos, los negros de humo incrementan la resistencia al intemperismo de los plásticos al bloquear los rayos ultravioleta, así como la radiación visible y la infrarroja. También evitan la descomposición de algunos polímeros al actuar como tapones de radicales libres.

Los tipos más antiguos eran los negros de canal, formados al quemar gas natural enriquecido en una atmósfera deficiente de aire, dirigiendo la flama luminosa sobre canales de fierro enfriadas por agua. El negro que así se obtenía era muy oscuro, pero la superficie era muy ácida y el contenido volátil era de cerca de 10%. Estos negros se han desechado con el incremento en el precio del gas natural y la reglamentación para reducir la contaminación del aire.

Los negros de horno han reemplazado casi por completo a los de canal. Se forman por la descomposición térmica del aceite crudo residual de las refinerías de petróleo. El pH va desde 7 hasta 9, y el contenido volátil es de 1 a 2% (4). Los tamaños de las partículas son del orden de 20 a 40 μm .

La mayoría de los negros de horno puede dispersarse como partículas individuales. El negro formado por la descomposición térmica del acetileno se organiza en cadenas de plaquetas y se dice que posee una alta estructura. Este tipo conduce las cargas eléctricas.

Los negros de humo requieren un alto grado de energía de rompimiento para lograr una dispersión completa. Se acostumbra predispersarlos en un mezclador Banbury o un molino de doble rodillo del 20 al 50% de concentración. Por lo general, del 1 al 2% producirá opacidad completa en una película de 10 milésimas.

El negro de hueso se fabrica al calcinar huesos y contiene sólo del 12 al 22% de carbón. Los ingredientes inertes son el fosfato y carbonato de calcio. El pigmento sólo deberá usarse como tono puro o lleno, no para colores intermedios o pastel.

La oxidación por ácido crómico de la anilina o la orto toluídina en ácido sulfúrico concentrado produce - Anilina Negra C. El producto contiene cerca de 5% de cromio fijado químicamente. Es un pigmento negro oscuro con bajo poder de difusión. El matiz en los recubrimientos es negro brillante. La resistencia a la luz, la temperatura y química es buena. El pigmento es útil en las películas flexibles de vinil, pero para la mayoría de las aplicaciones, el negro de humo es más económico.

3) Oxidos de hierro.-

Existen cuatro tipos de pigmentos óxido de hierro, amarillo, rojo, café y negro. Algunos existen en forma natural, y también los hay sintéticos. Ofrecen protección contra la luz ultravioleta además de impartir color.

El óxido de fierro amarillo es el hidrato férrico, $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ que comienza a deshidratarse a 175°C . El rojo óxido es el anhidro, que está disponible en varios matices dependiendo del tamaño de partículas y el método de preparación. Es muy estable. Una mezcla de los óxidos ferroso y férrico, $(\text{FeO})_x \cdot (\text{Fe}_2\text{O}_3)_y$, es de color café y tiene utilidad limitada. El negro es Fe_3O_4 , estable a 150°C . Dos óxidos mezclados son también color café $\text{ZnO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ y $\text{MgO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$. Los matices de los óxidos de fierro son débiles, pero los pigmentos tienen buena durabilidad.

Los óxidos de hierro naturales se conocen como ocre oscuros (tostados) y tierra de siena, los rojos como hematitas. Después de calcinarlos, son estables a cuando menos 500°C . Existen cantidades variantes de impurezas, algunas veces incluyendo el manganeso, que ataca al hule y al polibutadieno. El uso principal es en los plásticos celulósicos y fenólicos.

4) Verdes de Óxido de Cromo.-

El Cr_2O_3 , óxido de cromo, tiene un matiz verde olivo, es inerte ante la mayoría de los químicos, tiene una excelente resistencia al clima, y es estable cuando menos hasta $1,000^\circ\text{C}$. La dispersión es muy difícil. El hidrato, $\text{Cr}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, tiene un matiz mucho más brillante y es bastante estable al calor, pero tiene la desventaja de una alta absorción de aceite.

5) Violeta.-

Los violetas inorgánicos son débiles y difíciles de dispersar. En su mayoría han sido reemplazados por pigmentos orgánicos quinacridona y dioxazina. El violeta de manganeso, $\text{NH}_4\text{MnP}_2\text{O}_7$, tiene poca resistencia al alkali y al calor. Un compuesto de cobalto, CoLiPo_4 , tiene propiedades superiores. El violeta ultramar es preparado al reemplazar

un poco del sodio del azul ultramar con hidrógeno con ácido. Es extremadamente débil.

6)Azul Ultramar.-

Si una mezcla de (silicato de aluminio), carbonato de sodio, sulfato de sodio, carbono, sílice y azufre se calcina a 800°C, se forma un complejo de sulfocilicato de aluminio, $\text{Na}_8\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24}\text{S}_4$, que es el azul ultramar. El tono es un azul limpio, brillante y ligeramente rojizo. El pigmento tiene buena durabilidad, excepto con los ácidos, pero tiene sólo 7% de fuerza colorante del azul ftalocianina. Se utiliza en una gran variedad de plásticos.

7)Combinaciones Óxido-metálicas.-

Existen varios pigmentos inorgánicos que se producen a través de la combinación de sales metálicas a temperaturas de 800 a 1,300°C, para generalmente convertirlas en óxidos (5). Muchas fueron originalmente desarrolladas como fundentes para hornear esmaltes, pero los tamaños de las partículas han sido reducidas y la dispersión mejorada para su uso con plásticos.

Comparados con algunos pigmentos, estos inorgánicos son costosos y difíciles de dispersar; sin embargo, para un material de alta temperatura y ligeramente reactivo como el nylon 66, son indispensables.

Algunos pigmentos para cerámica tienen composiciones bien definidas. El negro de cromita de cobre, $\text{Cu}(\text{CrO}_2)_2$, es

estable a 600°C y es un excelente negro para matizar, ya que posee cerca de 10% de fuerza de negro de humo. El azul de cobalto es el aluminato CoAl_2O_4 , un matiz regularmente brillante con durabilidad excelente. El mangarato de bario, BaMnO_4 , es débil pero tiene un matiz azul verdoso que es similar a la ftalocianina. La densidad es de 4.85. Es más o menos oxidante y no debe utilizarse con plásticos que con tengan hule.

Si se agrega como al azul de cobalto, el matiz se hace más verde hasta llegar al turquesa. Otros elementos encontrados en los azules inorgánicos son el silicio, el zinc, el titanio, el estaño y el aluminio. Las combinaciones de cobalto con un número de elementos incluyendo el cromo, el aluminio y el titanio dan verdes que son mucho más brillantes que el óxido de cromo y en esencia igual de estables. El plomo, el antimonio, el estaño, el níquel y el cromo producen amarillos de baja intensidad. Existe una amplia variedad de cafés que van en tono desde el cobrizo claro hasta el chocolate oscuro; éstos a menudo contienen hierro con cromo, zinc, titanio o aluminio.

8) Cromatos y molibdatos de plomo.-

Esta familia va en matices desde el amarillq verdoso hasta el naranja. Los pigmentos son de bajo costo. La estabilidad térmica limita su uso a 200°C, pero los nuevos tipos recubiertos dan color a plásticos hasta 300°C. Las desventajas de los cromatos son la presencia de plomo, la sensibilidad a los ácidos y las bases, y una fuerte tenden

cia a oscurecerse en presencia de los sulfuros.

Los matices más verdes, los amarillos verdosos y limón, son soluciones sólidas de sulfato de plomo en cromato de plomo con la estructura cristalina monoclinica. El amarillo medio es simplemente el cromato de plomo. El Naranja Cromo es un compuesto con óxido de plomo, $PbCrO_4 \cdot PbO$; también es demasiado sensible a los ácidos para ser usado en vinilos. El naranja de molibdato es $PbMoO_4$. Estos colorantes con facilidad se matizan con los demás y con pigmentos orgánicos tales como los rojos quinacridona.

9)Azul de Hierro y Verde Cromo.-

El azul de hierro es ferrocianuro ferrico-amonio $FeNH_4Fe(CN)_6$. Se le conoce como Azul Milori y de otras formas. A pesar de que su textura es áspera, sus tintes no atractivos, y su estabilidad térmica no traspasa los $175^\circ C$, el azul de hierro se utiliza para dar color a la película de polietileno de baja densidad. El verde de cromo puede prepararse al precipitar el amarillo de cromo sobre una pasta acuosa de azul de hierro. La mezcla física de los dos pigmentos también es práctica, y una parte del amarillo de cromo verdoso se produce específicamente para este propósito. El verde también se utiliza para la película de polietileno en la fabricación de bolsas desechables.

10)Amarillos, Naranjas y Rojos de Cadmio.-

Los sulfuros y seleniuros de cadmio en combinaciones variadas constituyen una serie continua de pigmentos que van desde el amarillo verdoso, el naranja, el rojo hasta el marrón. El amarillo más verdoso contiene hasta 25(%) MOL de sulfuro de zinc. El sulfuro de cadmio puro es amarillo dorado.

Cuando se incrementa la cantidad de selenio, los matices se hacen rojos hasta llegar al marrón con 50% (50)MOL. Cuando se le precipita, los cadmios forman cristales cúbicos. Se les calcina en una atmósfera inerte a 650°C, que los convierte en cristales mixtos que poseen una estructura hexagonal. En esta forma su reactividad es reducida. El cristal mixto también tiene un matiz mas profundo y brillante que la mezcla física de dos pigmentos. Los cadmios tienen tonos llenos o puros brillantes y durables que tienen buena resistencia al calor, los álcalis y al clima. Los tintes amarillos tienen mala resistencia a la luz, pero la propiedad mejora en los matices más rojos. Toda la línea se encuentra disponible en forma de litopones, que han sido coprecipitados con 60% de sulfato de bario. Estas extensiones han mejorado la dispersión y son un poco más económicos. Una tercera forma contiene sulfuro de mercurio, HgS, que en sí es un pigmento rojo. Reemplaza una parte del selenio en los naranjas oscuros y rojos y también forma cristales mixtos. El costo es un poco inferior, pero a la vez su resietencia al clima es también inferior.

Cuando se mezclan los amarillos de cadmio con bioxido de titanio, los tonos permanecen razonablemente constán-tes. Este no es el caso con los rojos, sin embargo, Un rojo brillante mezclado de la misma manera no forma un rosado - brillante; el resultado es mas azul y debil de lo que se espera. Tampoco es recomendable matizar un rojo de cadmio con azul ultramar; la combinación es un matiz púrpura débil y sucio. De 175 a 200°C, las fórmulas que contienen cobre reactivo se oscurecen por la formación de seleniuro o sulfuro de cobre negro. Aunque tanto el selenio como el cadmio son tóxi

cos, un estudio reciente (1) indica que la extrema insolubilidad y la general inactividad de los cadmios dan la seguridad de que pueden usarse en todo tipo de aplicación de plásticos que no esté en contacto con los alimentos.

En años recientes, la escasez de materia prima ha causado un incremento en el precio de los pigmentos de -- cadmio. Han sido reemplazados por los cromatos y molibdatos recubiertos o encápsulados y por algunos de los pigmentos orgánicos de alta calidad.

11) Pigmentos de titanio

Se producen pigmentos débiles pero muy resistentes al clima al permitir que sales metálicas se difundan en la estructura cristalina del bióxido de titanio rutilico a - 1,000°C. El amarillo, por ejemplo, se usa donde un amarillo de cadmio no sería permanente. Los matices producidos por - las sales metálicas utilizadas son:

Amarillo	Níquel, antimonio
Ambar	Cromo antimonio
Verde	Cobalto, níquel
Azul	Cobalto, aluminio

12) Pigmentos nacarados o perlescentes.-

Estos pigmentos están compuestos de capas orientadas de cristales delgados semitransparentes. Parte de la luz incidente se refleja. Cuando las capas tienen casi el mismo espesor que la longitud de onda de la luz, 400 a 700 nm, los reflejos de las varias capas interfieren unos con otros, se producen colores iridiscentes y se crea una apariencia de profundidad.

Los pigmentos originales nacarados eran la guanina y la hipoxantina, extraídas de las escamas y la piel de los peces.

En su mayoría han sido reemplazadas por pigmentos - inorgánicos, carbonato básico de plomo, oxiclорuro de bismuto y arseniato ácido de plomo. El primero todavía se utiliza en los poliésteres termoestables (duroplástico).

La mica recubierta con capas delgadas de bióxido de titanio ha suplantado a otros tipos hasta un grado considerable. No es tóxica y es químicamente resistente, y puede utilizarse en todas las resinas transparentes y translúcidas. El agregar pequeñas cantidades de pigmento rojo, verde ó negro, se logra la apariencia de los objetos moldeados nacarados.

13) Pigmentos metálicos.-

Se da una apariencia metálica a los plásticos al incorporar plaquetas muy delgadas de aluminio o bronce. El efecto no se asemeja al lustre superficial de una pieza cromada. Las hojuelas de aluminio tienen un tamaño de 0.1 a 2.0 μ m

y están recubiertas con una película de óxido natural. El polvo forma mezclas explosivas al contacto con el aire; - así, la mayoría de estas hojuelas se venden dispersas en un solvente de hidrocarbano o en un plastificante. Para pintura, el aluminio se recubre con ácido esteárico para provocar que las hojuelas se alinien paralelas a la superficie. En los plásticos, este efecto es mucho menos pronunciado, - aunque a menudo existe una orientación en las líneas de - flujo. Los metales son opacos a la luz ultravioleta.

En los plásticos transparentes con color, las hojuelas de aluminio imparten el "efecto encapsulado" a los objetos moldeados. Cuando se observan a 90°C, el plástico parece brillante, según reflejan la luz las plaquetas a través de una delgada película de color. En otro ángulo, la pieza parece mucho más oscura ya que existe una menor reflectancia a través de una capa más gruesa de plástico.

Algunas hojuelas de cobre puro se usan en los plásticos, pero la mayoría del cobre es en forma de bronce, que contiene zinc. El bronce es designado oro pálido, oro pálido rico, y oro rico, dependiendo si el contenido de zinc es 8, 15 ó 30%. Los plásticos ácidos quizá reaccionen con el zinc. Los bronces recubiertos con una resina epóxica clara minimizan este efecto.

En los plásticos que no pueden tolerar el bronce, la apariencia puede simularse con hojuelas de aluminio y tintes o pigmentos transparentes naranjas y rojos. El aluminio solo imparte un tono grisáceo.

14) Pigmentos Luminiscentes

Los pigmentos inorgánicos luminiscentes son de dos tipos. Sulfuros de cadmio y zinc mezclados, activados con trozos de cobre, plata o manganeso fluorescen cuando se les expone a la luz ultravioleta. Esta es una conversión instantánea de energía a una longitud de onda mayor. Es de poco uso en los plásticos. Las tintas para marcar ropa en las lavanderías que sólo son visibles con luz ultravioleta emplean estos colorantes.

Los pigmentos fluorescentes pueden ser mezclas de sulfuros de zinc y cadmio activados con cobre, o sulfuros de calcio y estroncio con bismuto o cobre. Absorben luz en las regiones visibles y cerca de las ultravioletas y la emiten lentamente por períodos de hasta 50 minutos. Su uso principal es en pintura, pero pueden incorporarse en las resinas transparentes o translúcidas. Se recomienda que el trabajo físico se conserve al mínimo para evitar la fractura de las partículas de mayor tamaño.

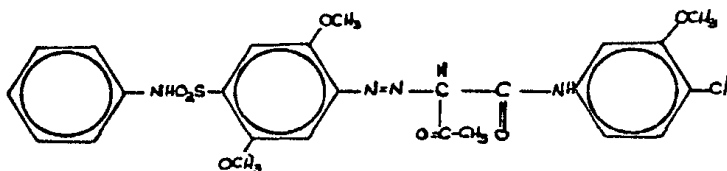
5.3.2. Pigmentos Orgánicos

Comparados con los pigmentos inorgánicos, los orgánicos generalmente tienen una brillantez y una fuerza colorante superiores, menores tamaños de partículas y una menor resistencia al calor y la luz. Pueden sangrar ó migrar en plastificantes ó manchar y fijarse sobre el equipo. Sin embargo, muchos pigmentos orgánicos son superiores a los inorgánicos tras un balance y la tendencia en la industria de los plásticos es a utilizarlos. (1)

Los pigmentos orgánicos a menudo se les conoce por sus nombres comunes si son antiguos, por el nombre de sus propietarios si son nuevos. Los números asignados por el Índice de Color (Colour Index ,C.I.) son únicos. Así el Pigmento Azul 15 es el azul de ftalocianina de cobre (PB-15), vendido bajo diferentes marcas. La mayoría de los proveedores de colorantes identifican sus productos en esta forma.

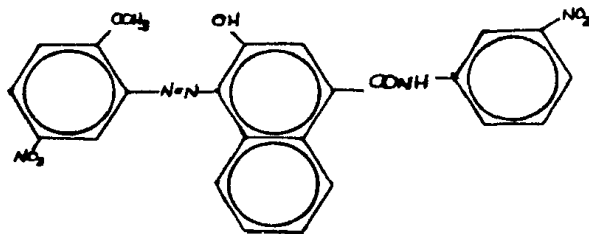
1) Pigmentos Monoazoicos (Monoazo).-

Entre los pigmentos más simples y antiguos de este tipo están los amarillos hansa, aminas aromáticas sustituidas que han sido diazotizadas y copuladas con acetoacetanilida o fenil-metil-pirazolona. No se usan en los plásticos por su tendencia a sangrar. La excepción es el amarillo permanente FGL.



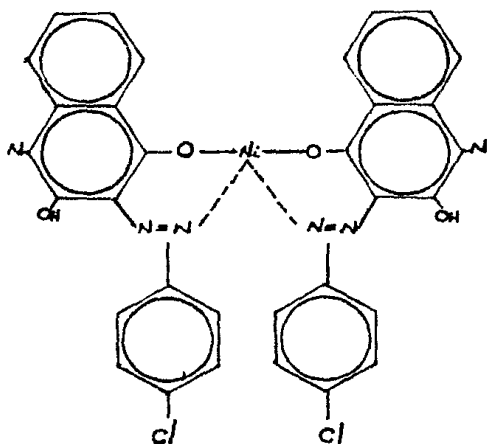
Amarillo Permanente FGL, PY97

Otras dos clases que no califican para su uso en plásticos son los rojos de toluidina y los rubies. Los primeros son aminas substituidas copuladas con beta-naftol; los segundos son aminas sulfonadas copuladas con ácido beta-hidroxi naftoico. Los rojos de naftol son fenil-amidas de los rubies. El pigmento Rojo 23 es un ejemplo. Se usan poco en plásticos.



Pigmento Rojo 23 PR 23

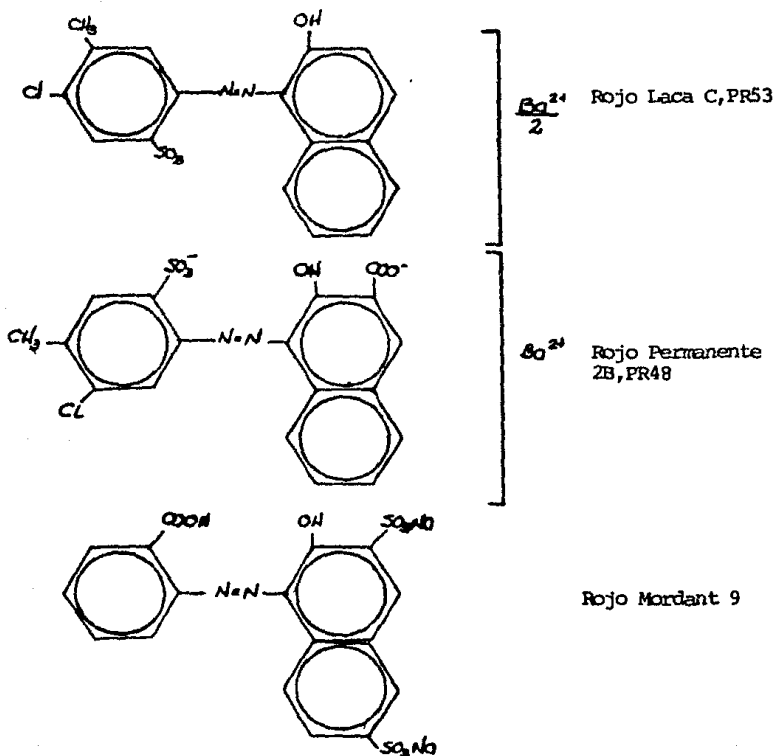
Un ejemplo de un azo metalizado es el amarillo azo de níquel, que debe su resistencia a la luz a un átomo de níquel insertado después de la copulación. El tono puro o -lleno es verde, y las reducciones son amarillas con excelente estabilidad. Se usa en los celulósicos, el polietileno y el PVC.



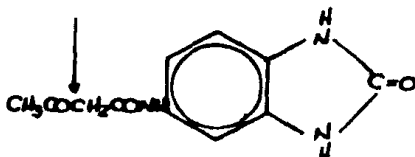
Amarillo níquel AZO, PG10

El método más común de insertar un metal en un pigmento azo es precipitarlo por medio de una sal de calcio, bario, estroncio u otro metal pesado de un ácido sulfónico o carboxílico. El Rojo Laca C tiene sólo un ácido sulfónico; se usa en cierto grado en plásticos de baja temperatura, el Rojo Permanente 2B tiene ambos tipos de grupos ácidos y se recomienda para los vinilos, el polietileno, el polipropileno y los celuloideos. El metal reduce o elimina el sangrado y la migración. La resistencia a la luz es apenas regular. La sal de manganeso no debe usarse en presencia de hule.

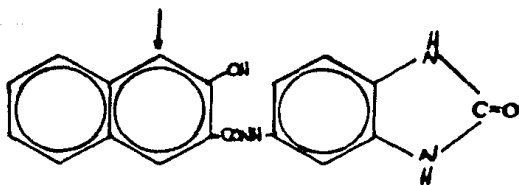
El Pigmento Escarlata 3B nace de el colorante Rojo Mordante 9. Se mezcla en una pasta fluida con hidróxido de aluminio, y después se precipita con cloruro de bario seguido de una adición de óxido de zinc. Un pigmento extendido con alúmina de esta forma se conoce como una laca. El Escarlata Laca 3B se usa cada vez más en celulósicos, polietileno, poliestireno y vinilos rígidos.



Las benzimidazolonas son una nueva clase de pigmentos (Hoechst) que tienen una buena resistencia a la luz, los solventes y la migración, además de una estabilidad promedio al calor de 330°C. Los componentes convencionales de copulación son encadenados a una benzimidazolona a través de un enlace de amida. Los grupos pueden ser del ácido -acetoacético o del ácido beta-hidroxi-naftoico. Los matices van desde el amarillo verdoso hasta el rojo azulado. Las aminas utilizadas para copular a menudo contienen grupos de metoxil. La copulación ocurre donde lo indican las flechas.



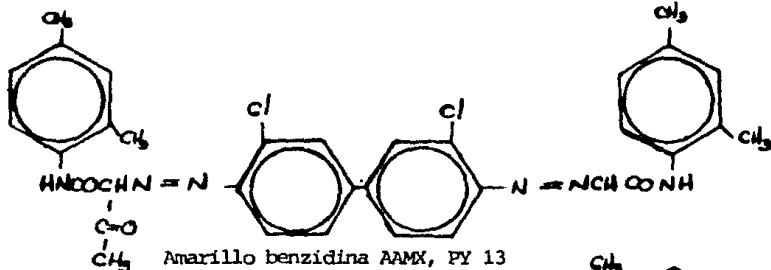
5-Acetoacetylaminobenzimidazolone



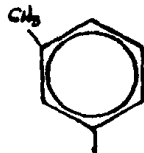
5-(2'-Hidroxi-1-3'-naftoilamino)benzimidazolone

2) Pigmentos Disazo.-

Los amarillos y naranjas de diarilida o benzidina son preparados a partir de la diclorobenzidina copulada a dos moles de una acetoacetanilida substituida. La fórmula completa del amarillo de benzidina AAMX se ilustra al igual que solo los grupos finales para AAOT, AAOA, y HR. Si se substituye la benzidina por los grupos metoxil, el producto es una dianisidina. La familia cubre las gamas de amarillos y naranjas. La resistencia al veteado es buena. Los amarillos de benzidina AAMX, AAOT, y AAOA tienen suficiente estabilidad al calor para los vinilos flexibles. Los AAOA pueden usarse en vinilos rígidos, polietileno y polipropileno. El amarillo HR también tiene una excelente resistencia al calor. Los últimos dos enlistados son altamente transparentes.



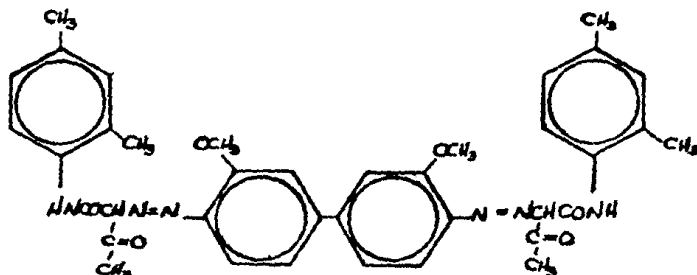
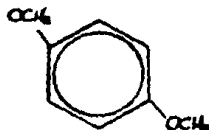
Amarillo benzidina AAOT, PY 14



Amarillo benzidina AAOA, PY 17

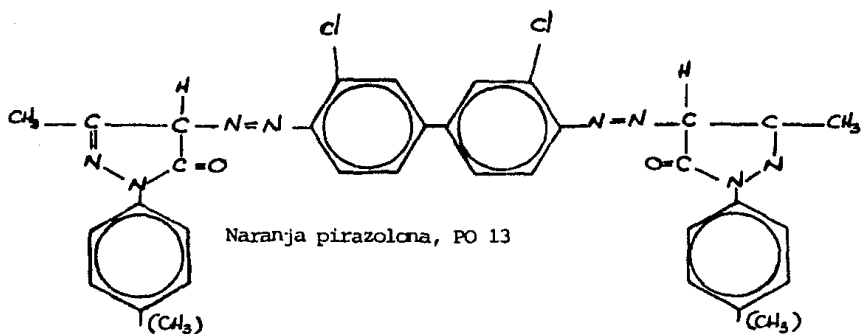


Amarillo benzidina HR, PY 43



Naranja dianicidina, PO 14

Las pirazolonas son similares a las benzidinas - excepto en que la fenil-metil-pirazolona o un derivado es el agente copulante. Los naranjas de pirazolona se usan en celulósicos, polietileno, poliestireno, vinilos, fenólicos y políesteres. Si la amina es una anisidina, el producto es un rojo de anisidina, PR 41, utilizado en celuloides y vinilos.

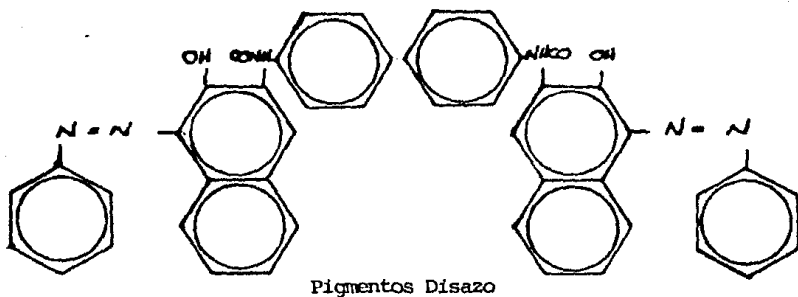
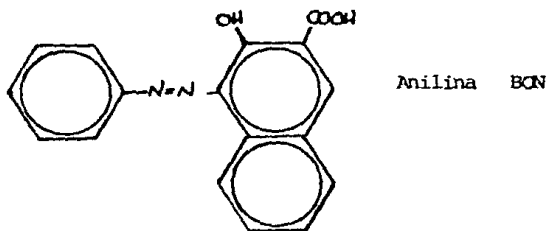


3) Pigmentos Diazo de Condensación.-

Los Cromoftalatos de Ciba-Geigy representan un acercamiento de dos etapas a los pigmentos disazo. Una ilustración sencilla es la copulación de la anilina al ácido beta-hidroxi-naftoico, la conversión de $-COOH$ al cloruro ácido $-COCl$, y condensación con benzidina. Este procedimiento es mucho más suave que la vía alterna de primero condensar la benzidina con ácido beta-hidroxi-naftoico y después copularla. Ya que existen varias aminas para la primer copulación y muchas diaminas para la reacción de la condensación, el número de posibles combinaciones llega a miles. Algunas de éstas han sido comercializadas, y van en matices desde el amarillo hasta el rojo y el café: PY 93, 94, 95; PO 31; PR 31; PR 114, 166, 220, 221; PBr 23.

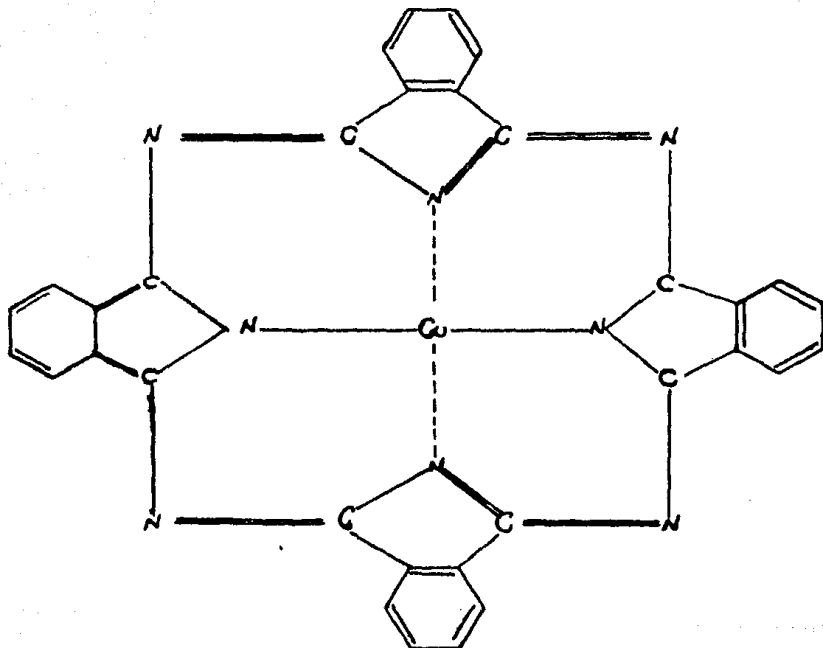
Los grandes pesos moleculares de los disazos incrementan su estabilidad e intensifican sus matices. Han reemplazado

zados a los cromatos de plomo en algunos usos sobre la base de una toxicidad muy reducida y han reemplazado a los cadmios en la relación costo rendimiento.



4) Azules y Verdes Ftalocianina.-

Después de ser descubiertos accidentalmente varias veces, la estructura de las ftalocianinas fué deducido por R.P. Linstead y la ICI comenzó la primera producción comercial del derivado de cobre.



Azul Ftalocianina PB 15

La forma más simple de visualizar la formación de la molécula es a partir de las 4 moles de ftalonitrilo y un compuesto de cobre. En la práctica, la materia prima es el anhídrido ftálico y la urea. Aunque puede incluirse una variedad de metales, la ftalocianina de cobre tiene el tono más puro y es la menos reactiva. La molécula es plana y es tan estable que puede sublimarse en un vacío a 500°C. Si el cobre libre se quita, no habrá efectos adversos en el hule.

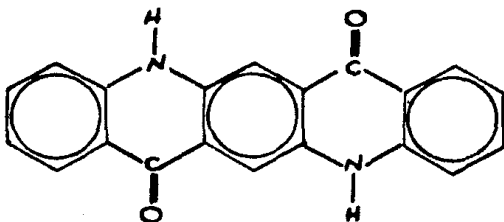
La ftalocianina de cobre comercial existe en dos modificaciones cristalinas, las formas alfa matiz rojo y beta matiz verde. El rojo debe estabilizarse con la inclusión de un poco de cloro u otros medios para prevenir su conversión espontánea a beta bajo la influencia del calor o los solventes aromáticos. Una vez que las ftalocianinas han sido completamente dispersadas, dan matices brillantes, resistentes a la luz y transparentes que son compatibles con casi todas las resinas. Se cree que retardan la cura de ciertos duroplásticos. A temperaturas excesivas, el matiz rojo puede convertirse en verde. También hay evidencia de una ligera solubilidad, juzgando por las curvas de transmisión en el metil-metacrilato conforme se eleva la temperatura. La ftalocianina libre de metales es más verde y no es tan brillante como el derivado de cobre. También existe en formas alfa y beta.

Es el verde de ftalocianina, 15 de los hidrógenos aromáticos son reemplazados por cloro, lo que constituye un 48% del peso

de la molécula. El matiz es azul-verde, y el pigmento tiene la más amplia utilidad. Si se introduce bromo con cloro, el matiz se hace mas amarillo. Los tipos se designan Verde 2Y hasta 8Y, dependiendo del contenido de bromo. Como con los azules, estos pigmentos son tan fuertes que cualesquier dispersión incompleta genera manchas y rayas.

5) Pigmentos Quinacridona.-

La molécula de quinacridona ya era conocida cuando W.S. Struve de Du Pont desarrollo los medios para convertirla a su forma física óptima para utilizarla como pigmento. La estructura básica (1) es:



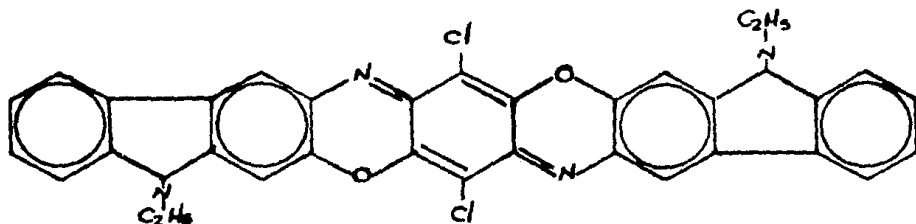
Pigmento Violeta 19

Los matices pueden ser rojos, violetas, naranjas (1) marrones y magentas (6), dependiendo de la modificación cristalina y los substituyentes. Las quinacridonas son estables hasta 400°C. El violeta se usa para matizar blancos donde los pigmentos inorgánicos son inadecuados. Debido a su excelente resistencia al clima, pueden usarse para matizar azules de ftalocianina. Es conveniente evitar las resinas y temperaturas donde una ligera solubilidad puede ocurrir. De otra

forma, las quinacridonas se usan ampliamente en plásticos incluyendo los filamentos de los tapetes sintéticos.

6) Violeta de dioxazina.-

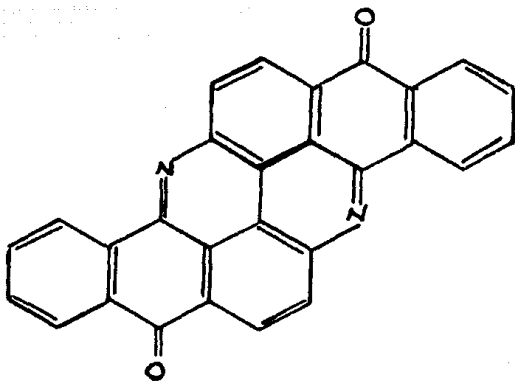
Este violeta se puede usar en la mayoría de las aplicaciones plásticas. El violeta de carbazol-dioxazina se prepara con la reacción de cloranil con 2 moles de amino-etil-carbazol. Puede estar sujeta a una descomposición lenta a altas temperaturas pero es adecuada para matizar los azules de ftalocianina.



Violeta carbazol dioxazin, PV 23

7) Pigmentos a la Cuba.-

Unos cuantos colorantes a la cuba han sido convertido a pigmentos, comenzado con el trabajo pionero de V.C. Vesce con acabados automotrices (1). Los pigmentos a la cuba tienen una excelente estabilidad al calor y a la luz y casi no presentan tendencia al sangrado. No son estables a la reducción, y son muy costosos. La tabla 7 enlista los miembros más importantes. La fórmula para el amarillo flavanthrone ilustra la complejidad de las estructuras.



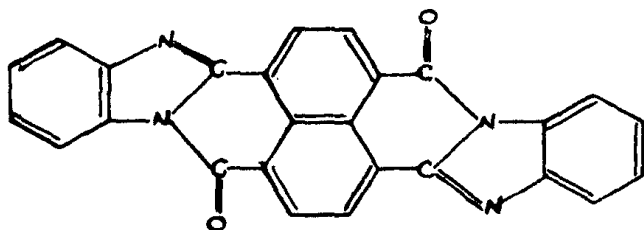
Amarillo Flavantrone, PY 112

Nombre Común	Nombre en el Índice de Color	Uso
Isoviolantrona	Pigmento Violeta 31, 33	General
Azul Indantrona	Pigmento Azul 22, 60, 64	General
Amarillo Flavantrona	Pigmento Amarillo 112	Hasta 200°C
Amarillo de Antrapiramidina	Pigmento Amarillo 108	Excepto Nylon
Naranja de Pirantrona	Pigmento Rojo 197	General
Naranja de Perinona	Pigmento Naranja 43	General
Naranja de antramida	Naranja para Tina 15	General
Naranja de antantrona bromada	Pigmento Naranja 168	Sólo vinilos
Rojo Cromoftal 3B	Pigmento Rojo 177	General

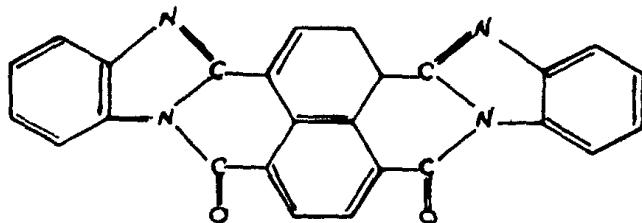
Tabla # 7. Pigmentos a la Cuba para Plásticos.

8) Pigmentos de Perinona.-

Cuando el anhídrido naftaleno 1,4,5,8, tetracarboxílico se condensa con 2 moles de orto-fenilendiamina resultan dos pigmentos. Estos deben ser separados en Pigmento Naranja 43 (Naranja a la cuba 7), y Rojo a la cuba 7. El primero tiene excelente resistencia al calor, la luz y la migración, y es recomendado para los vinilos. Las patentes desarrollan otros pigmentos azules, violetas y amarillos de perinona, algunos de los cuales se sugieren para colorar nylon textil en masa.



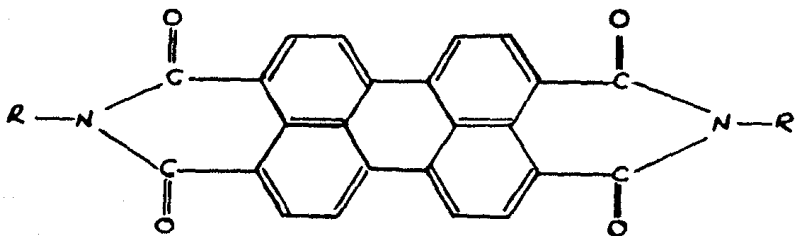
Pigmento Naranja 43



Rojo a la cuba 15

9) Pigmentos Perileno.-

Estos compuestos son similares a los "a la cuba" pero fueron desarrollados para su uso como pigmentos. Químicamente, son diimidas de ácido perilén tetracarboxílico. Los matices son rojo a marrón dependiendo de la naturaleza del radical R que puede ser un alquil o nylon sustituido. Los perilenos tienen una excelente resistencia a químicos, al sangrado y a la luz y se usan ampliamente en vinilos, polietileno, polipropileno y celulosicos. En el índice de Color (C.I.) se enlistan como Pigmentos Rojos 123, 149, 179 y 190.



A Perilén

10) Pigmentos de tioíndigo.-

Unos cuantos tioíndigos textiles tienen excelentes resistencias en plástico. El burdeos tioíndigo, PR 88, se recomienda sin reserva. El marrón tioíndigo, PR 198, tiene cierta tendencia a sangrar pero es satisfactorio en los demás aspectos.

11) Pigmentos isoindolinona.-

Las tetracloroisoidolinas han sido desarrolladas por Ciba-Geigy y se venden bajo su marca Igrazin. Existen dos amarillos, un naranja y un rojo. Son pigmentos de primera calidad, estables a la luz, al sangrado y a los químicos y al calor de hasta 290°C. Sólo las estructuras generales han sido desarrolladas.

5.4. Métodos de Pigmentación

Para colorear los termoplásticos, estos deben ser previamente pigmentados, es decir por medio de una determinada operación se busca impregnar en forma homogénea la resina con el material colorante y así posteriormente pasar al proceso de transformación. A continuación se describen los métodos más comunes:

1.-Pigmentación en seco.-

Este tipo de pigmentación es uno de los métodos básicos para la coloración de resinas termoplásticas y puede ser dividido en la siguiente forma:

A. Con pigmentos puros. -

Para esta operación se emplean en la práctica simples tambores rotativos. Su velocidad de rotación se gradúa de manera que se produzca un movimiento uniforme del granulado, con el objeto de lograr una óptima homogenización entre resina y pigmento.

El procedimiento para este tipo de pigmentación, esencialmente es el siguiente:

- a) La resina es cargada en un tambor rotativo (generalmente de superficie galvanizada) Para una buena acción de mezclado la cantidad de resina no deberá ocupar un volumen mayor de 50 a 60% volumen del tambor.
- b) El pigmento se agrega al tambor usando una malla para lograr una mejor dispersión de éste y deshacer grumos que se pudieran haber formado.

Las pequeñas porciones de pigmento son atraídas homogéneamente por la carga electrostática causada por el frotamiento superficial del granulado, sobre el que quedan adheridas. Al emplear grandes cantidades de pigmento, es conveniente adicionar previamente un humectante al granulado. Se recomienda para ello, según la cantidad de pigmento que se adicione, de 0.01 a 0.03% en peso de esteato de butilo. Con cantidades mayores de humectantes provoca una baja de concentración en el material ya procesado, pues el humectante junto con el pigmento se --

adhieren a la superficie del tambor. El bióxido de titanio empleado como pigmento blanco debe ser incorporado antes de la dición de otros pigmentos. Según las condiciones de mezcla y la formulación, el tiempo de mezclado oscila entre 10 y 30 minutos. La adición de pigmentos para este método es de 1% hasta 1.5 a 2% trabajándose cuidadosamente.

c) La velocidad de rodamiento más conveniente es de 35 a 40 rpm, aunque es aconsejable determinar la velocidad óptima en cada caso.

d) Después del mezclado, la resina se transporta a la máquina o molde de transformación con mucho cuidado para evitar la separación del pigmento y la resina.

e) Algunas resinas como el nylon, el ABS y los acetales requieren de secado para eliminar la humedad formada durante el rodamiento, de lo contrario el producto final tendrá defectos.

La pigmentación en seco ofrece varias ventajas:

a) El proceso ahorra espacio de almacen, pues el fabricante usa exactamente lo que necesita.

b) El fabricante puede trabajar varios pigmentos o pueda mezclarlos, ahorrándose el tener un alto inventario.

Sin embargo también ofrece las siguientes desventajas:

La dispersión no es muy buena y la mezcla en seco del pigmento con resina, cuando es transportada de un lado a otro, levanta un polvo fino que puede contaminar otros colores que se encuentren cerca.

B.-Con preparaciones de Pigmentos.

Estas preparaciones son una alta concentración de pigmento en resina, por lo general 10 veces mayor a la necesaria la cantidad de pigmento. Se trata de un sólido que es surtido en forma de hojuelas o trozos para ser usados en termoplásticos.

Para producir una concentración de pigmento de este forma se necesita un equipo especial. En algunos casos se puede usar un extrusor. El pigmento es mezclado lo mejor posible en seco, siguiendo el método descrito anteriormente. La mezcla en seco es preplastificada en un molino de dos rodillos y posteriormente cargada en el extrusor y conforme pasa por el cuerpo caliente el gusano lo va incorporando a la resina. El material coloreado es extruido en tiras continuas enfriadas con aire o agua fría y se corta en trozos pequeños.

Este método ofrece las mismas ventajas de la pigmentación en seco con pigmentos y además las siguientes cualidades:

a) Si los concentrados se mezclan bien con las resinas virgen durante el proceso, se aprovecha mejor el pigmento que contiene el concentrado; es decir, que cuanto mejor sea el proceso de mezclado menor será la cantidad de concentrado para obtener el mismo tono o una misma intensidad.

b) No existe contaminación con otro producto, ya que el pigmento se encuentra perfectamente bien incorporado.

2. Pigmentación con Pastas

Las pastas concentradas de pigmentos, son muy usadas en compuestos de vinilo.

Estas pastas concentradas se producen en molinos de tres rodillos iguales a los usados en la industria de pintura; empleándose algunas veces el molino de bolas.

El vehículo para hacer la pasta es muy importante, pues debe ser parte de la formulación de la resina para colorear, para evitar incompatibilidad con el producto final, este tipo de vehículos o plastificantes pueden ser, dioctil ftalato, dioctil sebacato, dioctil adipato o tricresil fosfato. La viscosidad de estas pastas es variable, dependiendo esto del vehículo y pigmento usado -

y de la concentración de sólidos..

En este proceso es muy importante que esta mezcla o dispersión se encuentre perfectamente bien trabajada, de lo contrario se obtendrán tonos diferentes de pieza a pieza.

Este tipo de pigmentación dá un color mas uniforme y se obtiene mayores beneficios del pigmento.

TABLA # 8
PIGMENTACION PARA ABS

Características generales de la resina.

1. Intervalo de temperatura de proceso : 230-290 °C
 2. Índice de fluidez (g/10 min) : 0.4-2.0
 3. Densidad (ρ/cm^3) : 1.01-1.06
 4. Aspecto : Resina opaca de color amarillento y alta rigidez
 5. Usos principales: Máquinas de escribir, aparatos domésticos, cajas para aparatos eléctricos y electrónicos, empaques, muebles, aparatos telefónicos, cámaras, tubos, conexiones, juguetes y piezas para la industria automotriz.

Pigmentos para ABS

A. INORGANICOS

Colour Index (Nombre)	Nombre Técnico	Tono
Pigmento Blanco 6	Bióxido de Titanio	Blanco
Pigmento Negro 7	Negro de Humo	Negro
Pigmento Azul 29	Azul Ultramar	Viol. brillante-Verde Azulado
Pigmento Verde 17	Oxido de Cromo	Verde Amarillento-Verde
Pigmento Amarillo 37	Amarillo Cadmio	Amarillo brill.-Amar. Rojizo
Pigmento Naranja 20	Naranja Cadmio	Naranja Amar.-Nar. Rojizo
Pigmento Rojo 108	Rojo Cadmio	Rojo Amar.-Burdeos
Pigmento Rojo 101	Rojo Oxido de Hierro	Nar. Rojizo Op.-Pojo Am. Op.
Pigmento Metal 1	Aluminio grado pigmento	Metal

Pigmentos para ABS

B. ORGANICOS

Colour Index(Nombre)		Nombre Técnico	Tono
Pigmento Violeta	23	Violeta Dioxazina	Violeta Azuloso
Pigmento Azul	15	Azul Ftalocfanina	Azul brillante
Pigmento Azul	16	Azul Ftalocianina	Azul Verdoso brillante
Pigmento Verde	7	Verde Ftalocianina	Verde brillante
Pigmento Violeta	19	Rojo Quinacridona	Violeta brillante
Pigmento Rojo	194	Rojo Antraquinona	Rojo Opaco
Pigmento Rojo	123	Bermellon Perilén	Rojo
Pigmento Rojo	149	Escarlata Perilén	Rojo
Pigmento Rojo	190	Rojo Perilén	Rojo
Pigmento Amarillo	97	Amarillo Monoazoico	Amarillo brillante
Pigmento Amarillo	94	Amarillo Diazoico	Amarillo Verdoso
Pigmento Amarillo	95	Amarillo Diazoico	Amarillo Rojizo
Pigmento Amarillo	110	Amarillo Isoindol.	Amarillo Rojizo
Pigmento Rojo	166	Rojo Monoazoico	Rojo Amarillento
Pigmento Rojo	144	Rojo Diazoico	Rojo
Pigmento Azul	60	Azul Antraquinona	Rojo

TABLA # 9
PIGMENTACION PARA POLIESTIRENO

Características generales de la resina.

1. Intervalo de temperatura de proceso : 150 - 260 °C
2. Índice de Fluidez (g/10 min) : 1.5 - 16.0
3. Densidad (g/cm³) : 1.04 - 1.11
4. Aspecto : Resina transparente con ligera tonalidad amarillenta
5. Usos principales : por extrusión: placas, perfiles, artículos huecos así como láminas planas y sopladas. Por inyección: aparatos y artículos domésticos sencillos, envases desechables y juguetes. Portabobinas y portálamparas. En la construcción para placas de Aislamiento térmico y acústico.

Pigmentos para Poliestireno.

A. INORGANICOS

Colour Index (Nombre)		Nombre Técnico	Tono
Pigmento Blanco	6	Bioxido de Titanio	Blanco
Pigmento Blanco	4	Oxido de Zinc	Blanco
Pigmento Negro	7	Negro de Humo	Negro
Pigmento Azul	29	Azul Ultramar	Azul Verdoso
Pigmento Verde	17	Oxido de Cromo	Verde Amarillento
Pigmento Verde	18	Oxido de Cromo Hidratado	Verde Azulado
Pigmento Amarillo	37	Amarillo Cadmio	Amarillo Rojizo brillante
Pigmento Amarillo	53	Titanato de Niquel	Amarillo Verdoso
Pigmento Amarillo	34	Amarillo Cromo	Amarillo Verdoso
Pigmento Rojo	104	Naranja Molibdato	Naranja Opaco
Pigmento Naranja	20	Naranja Cadmio	Naranja Rojizo
Pigmento Naranja	23	Naranja Cadmio-Mercurio	Naranja
Pigmento Amarillo	43	Ocre de Sienna	Amarillo Rojizo
Pigmento Rojo	108	Rojo Cadmio	Rojo Amarillento
Pigmento Rojo	101	Rojo Oxido de Hierro	Rojo Amarillento (Opaco)
Pigmento Café	11	Café Oxido de Hierro	Café
Pigmento Metal	1	Aluminio Grado Pigmento	Metal
Pigmento Metal	2	Bronce Grado Pigmento	Metal

Pigmentos para Poliestireno

B. ORGANICOS

Color Index (Nombre)	Nombre Técnico	Tono
Pigmento Azul 15	Azul Ftalocianina	Azul brillante
Pigmento Azul 15:3	Azul Ftalocianina	Azul brillante
Pigmento Azul 22	Azul Antraquinona	Azul Marino Rojizo
Pigmento Verde 7	Verde Ftalocianina	Verde brillante
Pigmento Amarillo 120	Amarillo Monoazoico	Amarillo
Pigmento Verde 10	Amarillo Monoazoico	Verde Amarillento
Pigmento Naranja 13	Naranja Diazoico	Naranja Rojizo
Pigmento Rojo 49	Rojo Monoazoico	Rojo Amarillento
Pigmento Rojo 53	Rojo Monoazoico	Naranja Rojizo brillante
Pigmento Rojo 48	Rojo Monoazoico	Naranja brillante
Pigmento Violeta 19	Violeta Quinacridona	Violeta brillante
Pigmento Rojo 123	Rojo Perilén	Rojo

TABLA # 10
PIGMENTACION PARA POLIETILENO

Características generales de la resina.

1. Intervalo de temperatura de proceso : 160 - 240 °C
2. Índice de Fluidez (g/10 min) : 0.2 - 48.0
3. Densidad (ρ/cm^3) : 0.91 - 0.97
4. Aspecto: : Resina de rigidez y translucidez variable (baja a media) dependien_ do el tipo de material.
5. Usos principales: Baja densidad: Transformación de láminas que va desde bolsas hasta sacos de embalaje. Constructores eléctricos, tubos y cuerpos huecos (botellas, bidones, etc.)
Alta densidad: Botellas y otros recipientes , jxuquetes y utenci- lios domésticos, películas y láminas, cables y conductores.

Pigmentos para Polietileno:

A. INORGANICOS

Colour Index (Nombre)		Nombre Técnico	Tono
Pigmento Blanco	6	Bioxido de Titanio	Blanco
Pigmento Blanco	4	Oxido de Zinc	Blanco
Pigmento Negro	7	Negro de Hmo	Negro
Pigmento Azul	29	Azul Ultramar	Violeta brillante-Verde Azuloso b.
Pigmento Verde	17	Oxido de Cromo	Verde Amarillento-Verde
Pigmento Verde	18	Oxido Hidratado de Cromo	Verde-Verde Azuloso
Pigmento Amarillo	37	Amarillo Cadmio	Amarillo brillante-Amar. Rojizo
Pigmento Naranja	20	Naranja Cadmio	Naranja Amarillento-Nar. Rojizo
Pigmento Rojo	108	Rojo Cadmio	Rojo Amarillento-Burdeos
Pigmento Rojo	101	Oxido Ferrico	Naranja Rojizo Opaco-Rojo Amar. Op.
Pigmento Café	7	Sienna	Café Rojizo-Café Rojo Op.
Pigmento Café	6	Café Oxido de Hierro	Café Rojizo-Café Rojo Op.
Pigmento Metal	1	Aluminio grado pigmento	Metal
Pigmento Metal	2	Bronce grado pigmento	Metal

Pigmentos para Polietileno:

B. ORGANICOS

Colour Index (Nombre)	Nombre Técnico	Tono
Pigmento Azul 15	Azul Ftalocianina	Azul brillante
Pigmento Azul 15:3	Azul Ftalocianina	Azul brillante
Pigmento Verde 7	Verde Ftalocianina	Verde brillante
Pigmento Amarillo 17	Amarillo Diazoico	Amarillo verdoso brillante
Pigmento A arillo 93	Amarillo Diazoico	Amarillo
Pigmento Naranja 43	Naranja Antraquinona	Naranja
Pigmento Café 23	Café Diazoico	Café Rojizo Opaco
Pigmento Rojo 53:1	Rojo Monoazoico	Rojo Amarillento
Pigmento Rojo 60:1	Rojo Monoazoico	Rojo brillante
Pigmento Rojo 48:1	Rojo Monoazoico	Rojo Amarillento brillante
Pigmento Rojo 122	Rojo Quinacridona	Rojo Azuloso brillante
Pigmento Violeta 19	Violeta Quinacridona	Violeta brillante
Pigmento Rojo 123	Rojo Perilén	Rojo
Pigmento Rojo 179	Rojo Perilén	Rojo Opaco
Pigmento Rojo 149	Rojo Perilén	Rojo
Pigmento Rojo 144	Rojo Diazoico	Rojo
Pigmento Rojo 146	Rojo Monoazoico	Rojo
Pigmento Rojo 166	Rojo Monoazoico	Rojo Amarillento
Pigmento Rojo 220	Rojo Diazoico	
Pigmento Rojo 221	Rojo Diazoico	

TABELA # 11
PIGMENTACION PARA POLIPROPILENO

Características generales de la resina.

1. Intervalo de temperatura de proceso : 190 - 260 °C
2. Índice de Fluidez (g/10 min) : 0.2 - 35
3. Densidad (g/cm³) : 0.89 - 0.91
4. Aspecto : Resina de media transparencia y alta tenacidad
5. Usos principales: Industria automotriz y herramientas, portalámparas, placas de montaje, enchufes, blindajes y dieléctricos, cajas para aparatos de radio y T.V.

Pigmentos para Polipropileno.

A. INORGANICOS

Colour Index (Nombre)	Nombre Técnico	Tono
Pigmento Blanco 6	Bióxido de Titanio	Blanco
Pigmento Blanco 4	Oxido de Zinc	Blanco
Pigmento Negro 7	Negro de Humo	Negro
Pigmento Azul 29	Azul Ultramar	Azul Verdoso
Pigmento Verde 17	Verde Oxido de Cromo	Verde Amarillento
Pigmento Amarillo 37	Amarillo Cadmio	Amarillo Rojizo (brillante)
Pigmento Naranja 20	Naranja Cadmio	Naranja Rojizo
Pigmento Rojo 108	Rojo Cadmio	Rojo Amarillento
Pigmento Naranja 23	Naranja Cadmio-Mercurio	Naranja
Pigmento Rojo 113	Rojo Cadmio-Mercurio	Rojo Amarillento
Pigmento Amarillo 53	Amarillo-Titanio	Amarillo Verdoso
Pigmento Rojo 101	Rojo Oxido de Hierro	Rojo Amarillento Opaco

Pigmentos para Polipropileno

B. ORGANICOS

Colour Index (Nombre)	Nombre Técnico	Tono
Pigmento Violeta 19	Violeta Quinacridona	Violeta brillante
Pigmento Violeta 23	Violeta Dioxazina	Violeta Azuloso
Pigmento Violeta 29	Violeta Antraquinona	Violeta
Pigmento Azul 15	Azul Ftalocianina	Azul brillante
Pigmento Azul 16	Azul Ftalocianina	Azul Verdoso brillante
Pigmento Azul 22	Azul Antroquinona	Azul Marino Rojizo
Pigmento Verde 7	Verde Ftalocianina	Verde brillante
Pigmento Amarillo 17	Amarillo Diazoico	Amarillo Verdoso brillante
Pigmento Amarillo 83	Amarillo Diazoico	Amarillo Rojizo
Pigmento Amarillo 97	Amarillo Monoazoico	Amarillo brillante
Pigmento Amarillo 93	Amarillo Diazoico	Amarillo
Pigmento Amarillo 94	Amarillo Diazoico	Amarillo Verdoso
Pigmento Amarillo 95	Amarillo Diazoico	Amarillo Rojizo
Pigmento Amarillo 128	Amarillo Diazoico	
Pigmento Amarillo 109	Amarillo Isoindolinona	Amarillo Verdoso
Pigmento Amarillo 110	Amarillo Isoindolinona	Amarillo Rojizo
Pigmento Amarillo 108	Amarillo Antraquinona	Amarillo
Pigmento Naranja 34	Naranja Diazoico	Naranja Rojizo brillante
Pigmento Naranja 43	Naranja Antroquinona	Naranja
Pigmento Rojo 168	Naranja Antraquinona	Rojo Amarillento brillante
Pigmento Rojo 52	Rojo Monoazoico	Rojo
Pigmento Rojo 122	Rojo Quinacridona	Rojo Azuloso brillante
Pigmento Rojo 88	Rojo Tioindigo	Violeta Rojizo
Pigmento Rojo 198	Rojo Tioindigo	Violeta Rojizo
Pigmento Rojo 144	Rojo Diazoico	Rojo
Pigmento Rojo 166	Rojo Monoazoico	Rojo
Pigmento Rojo 220	Rojo Diazoico	
Pigmento Rojo 149	Rojo Pirilén	Rojo
Pigmento Rojo 175	Rojo Monoazoico	Rojo Azuloso
Pigmento Rojo 190	Rojo Pirilén	Rojo
Pigmento Café 23	Café Diazoico	Café Rojizo Opaco

TABLE # 12
PIGMENTACION PARA PVC FLEXIBLE

Características generales de la resina.

1. Intervalo de temperatura de proceso : 140 - 200 °C
2. Índice de Fluidez (g/10 min) : 1.6 - 14
3. Densidad (g/cm³) : 1.20 - 1.55
4. Aspecto : Resina de media transparencia y de alta flexibilidad, ligero color amarillento.
5. Usos principales: Láminas, tubos flexibles, perfiles, revestimiento de cables placas, artículos inyectados y objetos soplados.

Pigmentos para PVC (Flexible)

A. INORGANICOS

Colour Index (Nomlire)		Nombre Técnico	Tono
Pigmento Blanco	6	Bioxido de Titanio	Blanco
Pigmento Negro	7	Negro de Humo	Negro
Pigmento Azul	29	Azul Ultramar	Azul Verdoso
Pigmento Verde	17	Verde Oxido de Cromo	Verde Amarillo
Pigmento Verde	18	Verde Oxido de Cromo-Hid.	Verde Azuloso
Pigmento Amarillo	34	Amarillo Crono	Amarillo Verdoso
Pigmento Amarillo	37	Amarillo Cadmio	Amarillo Rojizo (brillante)
Pigmento Amarillo	53	Titanato de Nioquel	Amarillo Verdoso
Pigmento Naranja	21	Naranja Molibdato	Naranja Amarillento
Pigmento Naranja	20	Naranja Cadmio	Naranja Rojizo
Pigmento Naranja	23	Naranja-Cadmio-Mercurio	Naranja
Pigmento Rojo	101	Rojo Oxido de Hierro	Rojo Amarillento (Opaco)
Pigmento Rojo	108	Rojo Cadmio	Rojo Amarillento
Pigmento Rojo	104	Rojo Cadmio-Mercurio	Rojo brill.-Naranja Roj. brill.
Pigmento Metal	1	Aluminio grado Pigmento	Metal
Pigmento Metal	2	Bronce grado Pigmento	Metal

Pigmentos para PVC (Flexible)

B. ORGANICOS

Colour Index (Nombre)	Nombre Técnico	Tono	
Pigmento Violeta	19	Violeta Quinacridona	Violeta brillante
Pigmento Violeta	23	Violeta Dioxazina	Violeta Azuloso
Pigmento Azul	15	Azul Ftalocianina	Azul brillante
Pigmento Azul	64	Azul Antraquinona	Azul Rojizo
Pigmento Verde	7	Verde Ftalocianina	Verde brillante
Pigmento Amarillo	83	Amarillo Diazoico	Amarillo Rojizo
Pigmento Amarillo	109	Amarillo Isoindolinona	Amarillo Verdoso
Pigmento Amarillo	112	Amarillo Antraquinona	Amarillo Rojizo
Pigmento Amarillo	93	Amarillo Diazoico	Amarillo
Pigmento Verde	10	Amarillo Monoazoico	Verde Amarillento
Pigmento Naranja	34	Naranja Diazoico	Naranja Rojizo
Pigmento Naranja	42	Naranja Isoindolinone	Naranja
Pigmento Naranja	43	Naranja Antaquinona	Naranja
Pigmento Rojo	48	Rojo Monoazoico	Naranja brillante
Pigmento Rojo	144	Rojo Diazoico	Rojo
Pigmento Rojo	122	Rojo Quinacridona	Rojo Azuloso brillante
Pigmento Rojo	88	Rojo tioindigo	Violeta Rojizo
Pigmento Rojo	123	Rojo Perilén	Rojo
Pigmento Café	23	Café Diazoico	Café

TABLA # 13
PIGMENTACION PARA PVC (RIGIDO)

Características generales de la resina.

1. Intervalo de temperatura de proceso : 230 - 290 °C
2. Índice de fluidez (g/10 min) : 1.8 - 16
3. Densidad (g/cm³) : 1.32 - 1.44
4. Aspecto : Resina de alta transparencia y baja flexibilidad ligero color amarillento
5. Usos principales: Planchas, perfiles, tubos, para el área de la construcción por ej. marcos de ventanas, revestimientos y canalones de desagüe, especialmente en el exterior.

Pigmentación para PVC (Rígido)

A. INORGANICOS

Colour Index (Nombre)	Nombre Técnico	Tono
Pigmento Blanco 6	Bioxido de Titanio	Blanco
Pigmento Blanco 4	Oxido de Zinc	Blanco
Pigmento Negro 7	Negro de Humo	Negro
Pigmento Verde 17	Verde Oxido de Cromo	Verde Amarillento
Pigmento Amarillo 37	Amarillo Cadmio	Amarillo Rojizo (brillante)
Pigmento Amarillo 53	Titanato de Níquel	Amarillo Verdoso
Pigmento Naranja 20	Naranja Cadmio	Naranja Rojizo
Pigmento Rojo 108	Rojo Cadmio	Rojo Amarillento

Pigmentos para PVC (Rígido)

A.ORGANICOS

Colour Index (Nombre)	Nombre Técnico	Tono
Pigmento Violeta 23	Violeta Dioxazino	Violeta Azuloso
Pigmento Violeta 19	Violeta Quinacridona	Violeta brillante
Pigmento Azul 15	Azul Ftalocianina	Azul brillante
Pigmento Verde 7	Verde Ftalocianina	Verde brillante
Pigmento Amarillo 17	Amarillo Diazoico	Amarillo Verdoso brillante
Pigmento Amarillo 83	Amarillo Diazoico	Amarillo Rojizo
Pigmento Amarillo 93	Amarillo Diazoico	Amarillo
Pigmento Amarillo 109	Amarillo Isoindolinona	Amarillo Verdoso
Pigmento Amarillo 110	Amarillo Isoindolinona	Amarillo Rojizo
Pigmento Amarillo 108	Amarillo Antraquinona	Amarillo
Pigmento Naranja 43	Naranja Antraquinona	Naranja
Pigmento Naranja 42	Naranja Isoindolinona	Naranja
Pigmento Rojo 168	Rojo Antraquinona	Rojo Amarillento brillante
Pigmento Rojo 144	Rojo Diazoico	Rojo
Pigmento Rojo 166	Rojo Monoazoico	Rojo Amarillento
Pigmento Rojo 220	Rojo Diazoico	
Pigmento Rojo 221	Rojo Diazoico	
Pigmento Rojo 122	Rojo Quinacridona	Rojo Azuloso brillante
Pigmento Rojo 180	Rojo Isoindolinona	Rojo
Pigmento Rojo 123	Rojo Perilén	Rojo
Pigmento Rojo 149	Rojo Perilén	Rojo
Pigmento Rojo 179	Rojo Perilén	Rojo Opaco
Pigmento Rojo 190	Rojo Perilén	Rojo
Pigmento Rojo 88	Rojo Tioindigo	Violeta Rojizo
Pigmento Café 23	Diazoico	Café

TABLA # 14. PIGMENTOS INORGANICOS

Colour Index	C.I. (1)	Tono	Solventes Organicos	Estabilidad e Solidez			
				Luz	Al Calor °C	(2)	(3)
Pigmento Blanco	4	77,947	Blanco	8	Excelente	-	-
Pigmento Blanco	6	77,891	Blanco	8	Excelente	-	-
Pigmento Negro	6	77,266	Negro	8	Excelente	-	-
Pigmento Negro	7	77,266	Negro	8	Excelente	-	-
Pigmento Azul	29	77,007	Violeta brillante-Verde Azulado b.	8	Estable a 300	-	-
Pigmento Azul	33	77,112	Azul Verdoso	8	Excelente	-	-
Pigmento Verde	17	77,288	Verde Amarillento-Verde	8	Estable 900-1000	-	-
Pigmento Verde	18	77,289	Verde-Verde Azulado	8	Estable a 250	-	-
Pigmento Amarillo	34	77,603	Amarillo Verdoso-Amarillo	7-8	Estable 120-140	-	-
Pigmento Amarillo	37	77,199	Amarillo brillante-Amarillo Roj.	8	Excelente	-	-
Pigmento Amarillo	53	77,788	Amarillo Verdoso	8	Estable a 950	NO	-
Pigmento Amarillo	43	77,492	Amarillo Rojizo Opaco-Amar. Café	5-7	Regular	-	-
Pigmento Naranja	20	77,196	Naranja Amarillento-Nar. Rojizo	8	Excelente	-	-
Pigmento Naranja	21	77,601	Naranja Amarillento-Nar. Rojizo	8	Estable a 150	-	-
Pigmento Naranja	23	77,201	Naranja Amarillento-Nar. Rojizo	8	Estable a 260	-	-
Pigmento Naranja	104	77,605	Naranja Rojizo brill.-Rojo brill.	5-7	4-5 150 (20 min.)	-	5
Pigmento Rojo	101	77,491	Naranja Rojizo Opaco-Rojo Am.Op.	8	Excelente	-	5
Pigmento Rojo	108	77,196	Rojo Amarillento-Burdeos	7-8	Excelente a 500	-	-
Pigmento Café	6	77,499	Café Rojizo-Café Rojo Opaco	8	Estable a 150	-	-
Pigmento Café	7	77,499	Café Rojizo-Café Rojo Opaco	8	Estable a 150	-	-
Pigmento Café	11	77,495	Café	8	Excelente	-	-
Pigmento Café	43						
Pigmento Metal	1	77,000	Metal				
Pigmento Metal	2	77,400	Metal				

INSOLUBLES EN SOLVENTES ORGANICOS *

(1) No. de Constitución en el Colour Index.

(2) Migración (Solubilidad parcial).

(3) Plastificante (PVC).

Fuente: (7)

TABLA # 15. PIGMENTOS ORGANICOS.

Colour Index	C.I. ⁽¹⁾	Tono	Familia	Solventes				Estabilidad a Solidez				Luz	(2)	Al Calor °C	(3)
				Alifáticos	Celulosolve	Esteres	Etanol	Organicos	Cetonas	Nitrocol.	Xileno				
Pigmento Violeta	19	46,500	Violeta brillante	Quinocridona	Insol.	Insol.	Insol.	Insol.	Insol.	Insol.	3	7-8 (Tono Puro)	Ninguna	Estable a 260	2
Pigmento Violeta	23	51,319	Violeta Azulado	Dioxazín A	5	3	4	4	3	3	3	7-8 (Tono Puro)	Ninguna	4 a 150 (30 min.)	2
Pigmento Violeta	29	71,129	Violeta	Antraquinona	5	-	5	1(metanol)	5	-	4-5(Ben)	-	Ninguna	Estable a 200	-
Pigmento Azul	15	74,160	Azul brillante	Ftalocianina-Cobre	5	4-5	5	5	5	4-5	5	7-8 (Tono Puro)	-	4-5 a 150 (30 min.)	5
Pigmento Azul	15a3	74,160	Azul brillante	Ftalocianina-Cobre	5	4-5	5	5	4-5	4-5	5	7-8 (Tono Puro)	-	4-5 a 150 (30 min.)	5
Pigmento Azul	16	74,100	Azul Verdoso brillante	Ftalocianina	3-4	2	1	4	4	1	1	7-8 (Tono Puro)	-	3 a 150	3-4
Pigmento Azul	22	69,825	Azul Marino Rojizo	Antraquinona	-	-	4	3	3	-	1-2	8	-	Bueno 400	-
Pigmento Azul	60	69,800	Azul Rojizo	Antraquinona	-	4	-	5	4-5	-	4	7	5	4-5 a 180 (10 min.)	4
Pigmento Azul	64	68,925	Azul Rojizo	Antraquinona	4	-	4	4	4	-	4	8	-	Bueno a 200	-
Pigmento Verde	7	74,260	Verde brillante	Ftalocianina	5	4-5	5	4-5	4-5	5	5	7-8	-	5 a 150 (20 min.)	5
Pigmento Verde	10	12,775	Verde Amarillento	Monoazo-Niquel	Insol.	-	-	1-2	-	1-2	Insol.	8	-	Buena	-
Pigmento Amarillo	17	21,103	Amarillo verdoso brill.	Disazo	4	3	-	4	3	1-2	3	5-7	-	Estable a 150 (30 min.)	2
Pigmento Amarillo	83	21,108	Amarillo Rojizo	Disazo	Insol.	-	-	5	-	-	4(Tol)	7-8	-	Estable a 100	-
Pigmento Amarillo	93	-	Amarillo	Disazo	Insol.	5	-	Insol.	-	Insol.	Insol.	8 (PVC)	Ninguna	Estable a 200	-
Pigmento Amarillo	94	-	Amarillo Verdoso	Disazo	Insol.	Insol.	-	Disazo	-	Insol.	Insol.	8 (PVC)	Ninguna	Estable a 180	-
Pigmento Amarillo	95	-	Amarillo Rojizo	Disazo	Insol.	5	-	Insol.	-	Insol.	Insol.	8	Ninguna	Estable a 180	-
Pigmento Amarillo	97	11,767	Amarillo brillante	Monoazo	-	5	4	4-5	3	5	7	7	-	Estable a 200	3-4
Pigmento Amarillo	108	68,420	Amarillo	Antraquinona	4	-	-	4	-	4	4	8 (T. PURO)	-	-	-
Pigmento Amarillo	109	-	Amarillo Verdoso	Isoindolinona	-	-	-	-	-	-	-	7-8	-	5	-
Pigmento Amarillo	110	-	Amarillo Rojizo	Isoindolinona	-	-	-	-	-	-	-	8	-	5	-
Pigmento Amarillo	120	-	Amarillo	Monoazo	-	-	4	4	3-4	-	4(Tol)	8 (PVC)	-	Estable a 200 (5 min.)	-
Pigmento Amarillo	48	15,865	Naranja brillante	Monoazo-Bario	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pigmento Rojo	48a1	15,865	Rojo Amarillento brill.	Monoazo-Calcio	Insol.	Insol.	-	Insol.	-	5	Insol.	6	-	Moderado	4-1
Pigmento Rojo	49	15,830	Rojo Amarillento	Monoazo-Sodio	-	1-2	-	1-2	-	1-2	Insol.	4-5	-	Estable a 130	-
Pigmento Rojo	52	15,850	Rojo	Monoazo-Sodio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

(1) No. de Constitución en el Colour Index

(2) Plastificantes (PVC)

(3) Migración (Solubilidad Parcial)

FUENTE: (7)

Continuación Tabla # 15 PIGMENTOS ORGANICOS

Colour Index	C. I. (1)	Tono	Familia	Estabilidad						Luz	(2)	Al Calor °C	(3)
				Solventes Orgánicos									
				Alifat.	Cellos. Esteres	Etolol	Cetona. Nitroc.	Xileno					
Pigmento Rojo 53	15,585	Naranja Rojizo brillante	Monoazo-Sodio	4-5	1-2	-	1-2	Insol.	*	-	Estable a 150	-	
Pigmento Rojo 53:1	15,585:1	Rojo Amarillento	Monoazo-Bario	4-5	1-2	-	4-5	3	*	-	Estable a 150	-	
Pigmento Rojo 60:1	16,105:1	Rojo brillante	Monoazo-Bario	Insol.	4-5	5	4-5	4-5	Insol.	5-6 (Tono Puro)	4-5	Estable a 150	-
Pigmento Rojo 88	73,312	Violeta Rojizo	Tioindigo	4	-	-	3-4	3-4	3-4	5-6	-	-	Ninguna
Pigmento Rojo 122	73,315	Rojo Azulado brillante	Quinacridona	Insol.	Insol.	Insol.	Insol.	Insol.	Insol.	-	-	Estable a 150	Ninguna
Pigmento Rojo 123	71,140/5	Rojo	Perilen	Insol.	Insol.	-	Insol.	-	Insol.	-	-	Estable a 150	Ninguna
Pigmento Rojo 144		Rojo	Disazo	Insol.	4-5	-	4-5	4-5	4-5	8	-	Estable a 180	Ninguna
Pigmento Rojo 146		Rojo	Monoazo	Insol.	-	-	Insol.	-	4-5(Tol.)	5-7	-	Estable a 180	-
Pigmento Rojo 149		Rojo	Perilen	Insol.	-	-	Insol.	-	4-5(Tol.)	8	-	Estable a 200	Ninguna
Pigmento Rojo 166		Rojo Amarillento	Azo	Insol.	Insol.	-	Insol.	Insol.	8	-	Estable a 150	Ninguna	
Pigmento Rojo 168	59,300	Rojo Amarillento brill.	Antraquinona	4	-	3	3	3	3	8 (Tono Puro)	-	Bueno a 400	-
Pigmento Rojo 175		Rojo Azulado	Monoazo	5	-	4-5	4-5	3-4	5 (ben)	8	-	Estable a 200(3mo)	Ninguna
Pigmento Rojo 179	71,130	Rojo Opaco	Perilen	4	-	-	3-4	3-4	3-4	5-7 (Tono Puro)	-	-	-
Pigmento Rojo 180		Rojo	Isoindolinone	-	-	-	-	-	-	7-8	-	-	-
Pigmento Rojo 190	71,140	Rojo	Perilen	4	-	-	3-4	3-4	3-4	5-7	-	Excelente	-
Pigmento Rojo 194	71,140	Rojo Opaco	Antraquinona	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pigmento Rojo 198	73,390	Violeta Rojizo	Indigoides	4	-	-	3-4	3-4	-	5-7	-	-	-
Pigmento Rojo 220		Rojo	Diazoico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pigmento Rojo 221		Rojo	Diazoico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pigmento Nar. 31		Naranja	Disazo	Insol.	Insol.	-	Insol.	4-5	4-5	5-7	-	Estable a 150	1-2
Pigmento Nar. 34	21,115	Naranja Rojizo brillante	Disazo	5	3-4	-	4-5	4-5	1-2	6-7	3-4	Estable a 175	3-4
Pigmento Nar. 42		Naranja	Isoindolinone	-	-	-	-	-	-	8	-	4	-
Pigmento Nar. 43	71,105	Naranja	Antraquinona	5	4-5	-	4-5	4-5	-	8	-	Estable a 200	-
Pigmento Café 23		Café Rojizo Opaco	Disazo	Insol.	5	-	Insol.	4-5	4-5	8	-	-	-

Localas:

Luz		Otros
8	Excelente	5
7-8	Muy Buena	4-5
5-7	Buena	3-4
4-5	Mediano	3
1-3	Pobre	1-2

(1) No. de Constitución en el Colour Index

(2) Plificantes (PVC)

(3) Migración (Solubilidad Parcial)

Fuente: (7)

Referencias Bibliográficas (Cap. 5)

- 1) T.G. Webber, "Coloring of Plastics", John-Wiley & Sons, New York Págs. 37-55 (1979).
- 2) O. Herning, Vollrath Hopp, L.Huter, W. Leutsch, - F. Merten, "Chemistry Compendium for Home Study", Kaiserli Verlag, Hoechst Ag. Alemania Págs. 1-38 Secc. 9
- 3) D.A. Holtzen "Discoloration of Pigmented Polyolefins", Plast. Eng. 33 (4), 43 (1977).
- 4) M.D. Garret, "Carbon Black, Bone Black, Lampblack", in T.A. Patton, Ed. Pigment Handbook , Vol.1, Wiley New York, 1973. Pág. 709.
- 5) N.J. Napier, "High-Temperature Synthetic Inorganic - Pigments", 31st. Antec, Reimpresión, 1973, Pág. 397
- 6) T.B. Reeve, "Additives for Plastics-Colorants", Plast. Eng. 33 (8), 31 (1977).

C A P I T U L O V I

"CONCLUSIONES"

1.- COLOR Y SU MEDICION

En las evaluaciones del color el problema fundamental ha sido la apreciación personal y las condiciones en las que éstas se efectúan por lo que el uso de catálogos, guías, (Munsell, patone, etc.) y en otro aspecto - el acondicionamiento de una área con fuentes constantes de energía luminosa (o con el uso de una cámara de luz) son las herramientas y condiciones básicas necesarias para una evaluación.

Los espectrofotómetros han encontrado su mayor campo de aplicación en procesos en donde se necesita exactitud en el dimensionamiento del color (evitando la apreciación humana y sus condiciones.) Como ejemplo, podemos citar fábricas de artículos de escritorio, pinturas, tintas, pigmentos, etc. también han encontrado gran uso en la igualación de colores de las diversas industrias, ya que su exactitud se debe a la consideración de la diversidad de factores que enoloban sus funciones.

Desafortunadamente estos equipos no son tan accesibles ya que son la fusión de dos de las áreas más costosas de la actualidad como es la óptica y la de procesamiento electrónico de datos.

2.- PLASTICO Y SU COLORACION

Actualmente los artículos plásticos no tienen la justificación exclusivamente económica que los caracterizaba, sino que cumplen con diseños, que consideran también su uso, durabilidad, resistencia, ergonomía, alta precisión, toxicidad, etc.

Ante las nuevas aplicaciones, las nuevas maquinarias, y procesos de transformación de materiales plásticos nos hemos encontrado con que pigmentos tradicionales para resinas tradicionales han caído en la obsolescencia técnica, por lo que la investigación y desarrollo de nuevos pigmentos se han incrementado, problemas como degradación térmica, sangrado, mala dispersión, etc., se manifiestan en materiales que tradicionalmente no las presentaban, quizás debido a los nuevos requerimientos en los procesos.

Generalmente para la industria del plástico no existe el pigmento ideal por lo cual se fabrican formulaciones con las ventajas que otorgan las diferentes familias, inorgánicas y orgánicas, (las características de las familias de pigmentos, así como sus ventajas, desventajas y usos recomendados, se encuentran en nuestras conclusiones anexas.)

6.1. Por familia de Pigmentos**A) Inorgánicos**

Color: Blanco

Familia: Bióxido de Titanio

Ventajas: - Disponibilidad
- Económico
- Cubrimiento

Desventajas: - Higroscópico

Aplicaciones: PEBD, PEAD, PP, PSC, PSI, ABS,
PVCR, PVCF.

Usos: Universal.

Color: Negro

Familia: Negro humo

Ventajas:

- Disponibilidad
- Económico
- Alto desarrollo colorístico
- Cubrimiento
- Protección UV

Desventajas:

- Extremadamente volátil
- Alta absorción de aceite (diffi
cil humectación)
- Se refleja en problemas de dis
persión

Aplicaciones: PEBD, PEAD, PP, PSC, PSI, ABS,
PVCR, PVCF

Usos: Universal

- Color:** Amarillo
- Familia:** Cromatos de plomo ("Cromos")
- Ventajas:**
- Económicas
 - Gama completa en tonos
 - Cubrientes
- Desventajas:**
- Estabilidad térmica (190°C) baja
 - Tóxico (por presencia de metales pesados).
 - Obscurecen al intemperismo
- Aplicaciones:** PEBD, PEAD, PVCR, PVCF
- Usos:** Generalmente en artículos que no estén en contacto con alimentos. Que no requieran -medias- buenas resistencias generales. No se recomienda en aislamientos para conductores por ser bases metallicas.
- Ej.: Bolsas, envases, calzado, domésticos, película, tubería (cu--biertas, mangueras, etc.)

- Color: Amarillo, Naranja, Rojo.
- Familia: "Cadmios"
- Ventajas: - Excelente estabilidad térmica (450°).
 - Gama completa en tonos
 - Precios moderados o medios
 - Cubrientes
- Desventajas: - Reducciones sucias y débiles
 - Bajo desarrollo colorístico
 - Obscurecen al interperismo (por prescencia de atmósferas sulfurosas).
 - Muestra poca resistencia a ácidos.
- Aplicaciones: - PEBD, PEAD, PP, PSC, PSI, ABS, PVCR, PVCF.
- Usos: Generalmente en procesos con altas temperaturas y aplicaciones con altas exigencias de solidez a la luz (UV). Ej.: todo tipo de aplicaciones automotrices, procesos de inyección-soplado (mayores tiempos de residencia a mayores temperaturas), piezas de colado caliente - diseños muy complejos). Por su contenido de metales pesados se restringe su uso en áreas alimenticias, farmacéuticas, infantiles.

- Color:** Naranja
- Familia:** Molibdato de plomo
- Ventajas:**
- Económico
 - Cubriente
 - Gama completa en tonos
- Desventajas:**
- Estabilidad térmica baja (190°C)
 - Tóxico (por presencia de metales pesados).
 - Obscurecen al interperismo
- Aplicaciones:** PEBD, PEAD, PVCr, PVCF.
- Usos:** Generalmente en artículos que no estén en contacto con alimentos, que no requieran medias a buenas resistencias generales.
- No se recomienda en aislamientos para conductores por ser bases metálicas.
- Ej.: Bolsas, envases, calzado, domésticos, tubería, etc.

Color: Rojo

Familia: Oxido de hierro

Ventajas:

- Muy económico
- Cubrimiento
- Estabilidad térmica (400°C)
- Protección UV
- Durabilidad

Desventajas:

- Tonos sucios
- Soluble en ácidos minerales

Aplicaciones: PEBD, PEAD, PP, PSC, PSI, ABS, PVCF, PVCR.

Usos: Universal.

Color: Azul.

Familia: Polisulfuro - Silicato "Azul Ultra mar"

Ventajas:

- Estabilidad térmica (300°)
- Económico
- Alta brillantes en tono puro
- Durabilidad

Desventajas:

- Bajo desarrollo colorístico
- Baja resistencia a los ácidos.

Aplicaciones: PEBD, PEAD, PP, PSC, ABS, PVCF, PVC.R.

Usos: De uso universal, a excepción de resinas con pH's ácidos (menores a 4.5) en donde se experimenta una descomposición que da como resultado tonos verdosos.

B) Orgánicos.

- Color: Amarillo, Naranja, Rojos, Violetas, Azules, Verdes, Cafés.
- Familias: Amarillo: Monoazoicos, diazoicos, antraquinonas, isoindolinonas.
- Naranja: Azoica, antraquinonas, isoindolinonas.
- Rojos: Azoicos, antraquinonas, perilen, quinacridonas, isoindolinonas.
- Violetas: Quinacridonas, tioíndigos, antraquinona.
- Azules: Ftalocianina, antraquinonas.
- Verdes: Ftalocianina.
- Café: Diazoico.
- Ventajas: - Tonalidades limpias-alta transparencia-alto desarrollo colorístico.
- No tóxicos (generalmente están exentos de metales pesados).
- Normalmente son utilizados para matizar los pigmentos inorgánicos dandoles con esto mayor viveza y limpieza en el tono. (Se deben utilizar los pigmentos orgánicos de más alta resistencia).

Aplicaciones: PEBD, PEAD, PP, PSC, PSI, ABS, PVC, PVCF.

Nota: Generalmente los pigmentos mencionados funcionan satisfactoriamente en todas las resinas bajo condiciones normales de operaciones. (No extremosas).

La presencia de un componente elastomérico (acrilonitrilo-Butadieno) en el ABS modifica las resistencias de algunos de los pigmentos enumerados.

Usos:

- Generalmente los pigmentos orgánicos, no se recomiendan para usos exteriores o con exposición continua al interperismo.
- Principalmente se recomienda usarlos en envases y tapas: Alimenticios domésticos (Tupperware), medicinales, cosméticos, de limpieza.
- Artículos que tengan contacto con los productos arriba enumerados como podrían ser jeringas, cucharas, instrumentos médicos, etc.
- En donde se requiera el paso de luz (transparencia), como puede ser domos, pantallas de uso doméstico, de uso automotriz, (direccionales).
- Juguetes
- Película para empaque alimenticio
- Aislamiento de conductores eléctricos.

- Desventajas:
- Estabilidad térmica de media a media alta.
 - Estabilidad a la interperie media.
 - Alto costo.
 - Gama de tonalidades reducida*(1)
 - Algunos pigmentos de esta familia presentan los fenómenos de florescencia y migración (independientemente), en algunos materiales plásticos.
 - La alta dureza de los pigmentos orgánicos se traduce ocasionalmente en presencia de puntos, grumos, líneas en los cuerpos de plásticos se dice entonces que tenemos mala dispersión de éstos.
 - Algunos pigmentos de estas familias ven reducidas sus resistencias cuando son mezclados con TiO₂ para formular tonos pastel.
 - En la inyección de estructuras cilíndricas y planas-rectangulares estos productos pueden impedir el buen acodo molecular del termoplástico, - originando con esto deformaciones, - ovalamientos (ALAVEO).
 - Alta volatilidad.

*(1) Debido a que pocos pigmentos cumplen las especificaciones necesarias para su uso en plásticos.

Apéndice de Variables y Abreviaturas

VARIABLES

Frecuencia	(η)	(Hz)
Longitud de Onda	(λ)	(Mts)
Velocidad de propagación	(c)	(m/seg)
Intervalo de frecuencia	(η)	(Hz)
Rango de energía de forones		(eV)
Temperatura de proceso		(°C)
Indice de fluidez		(g/10 min) "ASTM D1238 (L), (G)"
Densidad	(g/cm ³)	"ASTM D1505"

ABREVIATURAS

ISCC - NBS	(Consejo Intersociedades del color/oficina Nacional de Estándars) (Inter-Society Color Council-National Bureau of Standards).
OSA	(Sociedad de Optica de los Estados Unidos) (The Optical Society of America)
CIE	(Comisión Internacional de Iluminación) (Iniciales derivadas del francés)
C.I.	(Indice de Color)
P.S.	Poliestireno
P.S.C.	Poliestireno Cristal
P.S.I.	Poliestireno Medio Impacto
A.B.S.	Acirilo nitrilo - Butadieno - Estireno
P.E.B.D.	Polietileno Baja Densidad
P.E.A.D.	Polietileno Alta Densidad
PE	Polietileno
PP	Polipropileno
PVC	Cloruro de polivinilo
PVCF	Cloruro de polivinilo rígido
PVCR	Cloruro de polivinilo flexible
U.V.	Ultravioleta
I.R.	Infrarojo