

# UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades

Determinación técnica del uso de dispersantes  
electroestáticos y poliméricos en concentrados  
pigmentarios utilizados en el proceso de fabricación de  
pinturas de látex

Trabajo de investigación presentado por Pablo Siekavizza Molina  
para optar al grado de Ingeniero Químico.

Guatemala  
2005

## RESUMEN

El propósito de este trabajo es hacer una comparación técnica y económica del uso de dos dispersantes diferentes: poliméricos y electroestáticos, en la fabricación de concentrados pigmentarios que son utilizados en el proceso de fabricación de pinturas base acuosa. Se trabajó con cuatro tipos diferentes de pigmentos: amarillo óxido, rojo orgánico, azul ftalocianina y negro de carbón.

A los concentrados pigmentarios se les evaluó en diferentes aspectos técnicos como: viscosidad, brillo, número de molidas, poder tintóreo y flotación, todos los resultados de estas evaluaciones se pueden observar en la sección de resultados<sup>1</sup>. Además se costearon las formulaciones con ambos dispersantes, para ayudar a tomar la decisión final.

En la mayoría de las pruebas técnicas el dispersante polimérico (Hydropalat 44) superó al electroestático (Disperbyk 185), así como en la parte económica. Por lo tanto, se puede concluir que para la elaboración de concentrados pigmentarios para pinturas de base acuosa, el mejor dispersante a utilizar es el polimérico.

---

<sup>1</sup> Ver página 29.

## CONTENIDO

	Página
RESUMEN .....	iv
LISTA DE TABLAS .....	vi
LISTA DE ILUSTRACIONES .....	vii
Capítulos	
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. ANTECEDENTES .....	2
III. JUSTIFICACIÓN .....	14
IV. OBJETIVOS .....	15
A. GENERALES .....	15
B. ESPECÍFICOS .....	15
V. PROBLEMA .....	16
VI. METODOLOGÍA .....	17
VII. RESULTADOS .....	18
VIII. DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	20
IX. CONCLUSIONES .....	23
X. RECOMENDACIONES .....	24
XI. BIBLIOGRAFÍA .....	25
XII. APÉNDICE .....	26

## LISTA DE TABLAS

Tabla	Página
1. Porcentaje de dispersante necesario para los concentrados pigmentarios .....	18
2. Evaluación técnica de los concentrados pigmentarios fabricados con Hydropalat 44 .....	18
3. Evaluación técnica de los concentrados pigmentarios fabricados con Disperbyk 185 .....	18
4. Costos de materia de los concentrados pigmentarios utilizando Hydropalat 44 o Disperbyk 185 .....	19
5. Volumen de la solución de dispersante polimérico para el punto de humectación y de flujo para los cuatro pigmentos .....	28
6. Volumen de la solución de dispersante electroestático para el punto de humectación y de flujo para los cuatro pigmentos .....	28
7. Formulación del concentrado pigmentario amarillo óxido con Hydropalat 44 .....	28
8. Formulación del concentrado pigmentario rojo orgánico con Hydropalat 44 .....	29
9. Formulación del concentrado pigmentario azul ftalocianina con Hydropalat 44 .....	29
10. Formulación del concentrado pigmentario negro de carbón con Hydropalat 44 .....	30
11. Formulación del concentrado pigmentario amarillo óxido con Disperbyk 185 .....	30
12. Formulación del concentrado pigmentario rojo orgánico con Disperbyk 185 .....	31
13. Formulación del concentrado pigmentario azul ftalocianina con Disperbyk 185 .....	31
14. Formulación del concentrado pigmentario negro de carbón con Disperbyk 185 .....	32
15. Viscosidades de los concentrados pigmentarios fabricados con Hydropalat 44 .....	32
16. Viscosidades de los concentrados pigmentarios fabricados con Disperbyk 185 .....	32
17. Brillo de los concentrados pigmentarios realizados con Hydropalat 44 .....	33
18. Brillo de los concentrados pigmentarios realizados con Disperbyk 185 .....	33

## LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración	Página
1. Dispersión de un pigmento .....	5
2. Repulsión electromagnética .....	8
3. Impedimento estérico .....	9
4. Concentración contra viscosidad .....	10
5. Poder tintóreo contra concentración .....	11
6. Poder tintóreo contra tiempo de molienda .....	11

# I. INTRODUCCIÓN

Las pinturas son indispensables para la preservación de estructuras arquitectónicas, automóviles, muebles y maquinaria de los ataques del ambiente que los rodea, como la humedad, radiación solar y químicos; éstas además de ser protectoras, también aumentan el atractivo de los bienes manufacturados y su apariencia estética.

Los concentrados pigmentarios son dispersiones altamente concentradas de pigmento en un medio líquido y éste es una mezcla de agentes dispersantes, solventes y resinas, éstos se utilizan para teñir la pintura en el lugar de venta.

Actualmente, en la industria de las pinturas, se preparan los concentrados de pigmentos y las bases de la pintura por separado, para que se mezclen después; esto disminuye el tiempo de manufactura, ya que sólo se mezcla la base de la pintura con la cantidad necesaria de los concentrados para obtener el color deseado. Algunas de las ventajas de utilizar los concentrados son: reducir costos de producción, aumentar la flexibilidad en la producción y bajar los inventarios de materias primas.

El término dispersión se refiere al proceso de incorporación de un sólido a un medio líquido de modo tal que el producto final consiste en finas partículas distribuidas a través del medio, los dispersantes se utilizan para aumentar la velocidad a la cual se realiza este proceso.

La dispersión efectiva de los pigmentos es crítica e influye en muchos aspectos asociados con el rendimiento final de la pintura. Entre estos aspectos se encuentran: la energía requerida para la obtención de la molienda, el buen desarrollo del color y la estabilidad del producto final. Los dispersantes influyen en gran medida en todos estos factores y para optimizar las pinturas se requiere de una selección cuidadosa del tipo de dispersante y la cantidad a usar.

Los requerimientos que deben cumplir los concentrados pigmentarios son:

- Estabilidad en el almacenamiento.
- Deben ser bombeable en sistemas automáticos de dosificación.
- Compatible con recubrimientos y ligantes.
- Económico.

En el presente trabajo se realizó una comparación entre los dos tipos de dispersantes más importantes: los poliméricos y los electrostáticos. Para ello se utilizaron los métodos de punto de bola y punto de flujo, luego se fabricaron los concentrados, para su posterior evaluación técnica y económica.

## II. ANTECEDENTES

Los productos de recubrimiento de superficies son indispensables para la preservación de todo tipo de estructuras arquitectónicas, automóviles, muebles, maquinaria y productos elaborados de los ataques del ambiente que los rodea, como la humedad, radiación solar y químicos; éstas, además de ser protectoras, también aumentan el atractivo de los bienes manufacturados y su apariencia estética. La decoración es otra de las funciones importantes que la pintura cumple, y es en este campo donde existe el mayor consumo.

Históricamente, los recubrimientos de superficies se han dividido en pinturas de látex, barnices, esmaltes, anticorrosivos y lacas. Los anticorrosivos tienen la específica función de proteger los sustratos metálicos de la corrosión, una de las características de los anticorrosivos es que son de acabado mate, esto con el objeto de lograr un buen anclaje para los esmaltes de terminación. Los esmaltes están orientados hacia el campo habitacional, decorativo e industrial, son pinturas que se fabrican con resinas alquídicas. Los barnices se usan preferentemente en superficies de madera, con el objeto de que éstas mantengan su apariencia y color natural, aumentando al mismo tiempo su resistencia a los agentes atmosféricos. La pintura tipo látex es la indicada para la decoración de viviendas, oficinas y establecimientos de cualquier tipo, puede ser aplicado sobre paredes y techos de cualquier tipo de material, yeso, cemento, hormigón, maderas y superficies metálicas, en este tipo de pinturas se usa el agua como solvente. Este trabajo tratará exclusivamente de concentrados pigmentarios para pintura tipo látex (Austin, 1988).

La pintura es una dispersión de pigmento en un líquido compuesto de una resina (ligante) y un disolvente volátil; la parte líquida de la pintura se conoce como vehículo. El objetivo del pigmento es proporcionarle color a la superficie donde se aplica y sirve para proteger el objeto pintado de la degradación por la radiación ultravioleta. El ligante proporciona adhesión a la superficie, actúa como una barrera ante la humedad y mantiene el pigmento en su sitio. El disolvente volátil consiste normalmente en disolventes hidrocarbonados o agua, los cuales se utilizan para disminuir la viscosidad de la composición, facilitando así su aplicación; éste se evapora cuando se aplica y no forma parte de la película seca final.

Al aplicar la pintura en forma de película delgada los componentes volátiles se evaporan, dejando una mezcla de pigmento y ligante en forma de revestimiento sólido continuo, adherente y delgado. Esta conversión lleva consigo una reacción de oxidación, que transcurre a temperaturas normales. El tiempo requerido para este cambio varía, dependiendo principalmente de la naturaleza del ligante, de esta forma, puede exigir desde menos de una hora hasta varios días. La relación entre el pigmento y el volumen en conjunto con las condiciones atmosféricas afectan también la velocidad de secado.

En la formulación de pinturas se utilizan numerosos aditivos, la mayoría forman parte integral de la fórmula, pero algunas veces con objetivos correctivos. A continuación se mencionaran algunos ejemplos:

- Espesantes y modificadores de reología: proveen una viscosidad adecuada a la pintura para su aplicación, evitando que salpique.
- Agentes dispersantes de pigmentos.
- Surfactantes: estabilizan la pintura para que no se separe o se espese.
- Antiespumantes: rompe burbujas en la pintura cuando se fabrica la pintura, se agita y se aplica sobre la superficie.
- Biocidas: son agentes que eviten la formación de moho y hongos.
- Desodorantes.
- Absorbedores de la radiación ultravioleta.

Un pigmento es una partícula coloreada que es insoluble en el medio de aplicación. Aparecen en diferentes formas y tamaños y están basados en estructuras químicas completamente diferentes. El tamaño óptimo de las partículas requerido para conseguir ciertas propiedades como brillo, fuerza colorante y resistencia a la intemperie, se encuentra en la región de longitud de onda visible. Los pigmentos deben ser opacos para asegurar el cubrimiento, y químicamente inertes para lograr una buena estabilidad.

Su forma de suministro es en polvo, donde los pigmentos se encuentran en diferentes distribuciones de tamaño, efecto provocado por los distintos procesos de producción. Los tamaños de partículas varían respecto a un promedio. Además, los pigmentos se encuentran unidos por medio de aglomerados, en tamaños de partículas mayores, lo que indica que el tamaño de partícula de los pigmentos disponibles comercialmente es mucho mayor que su tamaño ideal (Monzing Chemie, 2001).

Existen dos familias de pigmentos, los orgánicos y los inorgánicos:

- Orgánicos: en esta familia, se encuentran los colores brillantes; varios de ellos no tienen mucha durabilidad en pinturas para exteriores. Ejemplos de esta familia son el azul ftalocianina y el amarillo hansa.
- Inorgánicos: no son tan brillantes como los orgánicos, pero son los pigmentos más duraderos en pinturas de exteriores. Ejemplos de esta familia son el rojo óxido y el ocre.

Tradicionalmente los fabricantes de pinturas deben moler cada uno de los pigmentos directamente en el vehículo para obtener las respectivas pinturas.

La tendencia moderna es preparar los concentrados de pigmentos y las bases de la pintura por aparte, para su mezcla posterior; esto reduce drásticamente el tiempo de manufactura de la pintura, ya que sólo se mezcla la base de la pintura con la cantidad necesaria de los concentrados para obtener el color deseado y de esta manera, se reduce el margen de error en la igualación de los colores. Con estos

concentrados, el proceso de coloración, es mucho más rápido y simple, por ejemplo, con una línea de doce concentrados de pigmentos, se pueden formular miles de colores. Otras de las ventajas que se pueden mencionar son: la reducción de costos de producción y laborales; aumenta la flexibilidad en la producción y con esto el fabricante de pinturas puede reaccionar con más agilidad y eficiencia ante las demandas del cliente; al mismo tiempo ayuda a reducir los inventarios de materias primas.

La aparición de nuevos recubrimientos especializados, así como el incremento de los costos de producción, obligan a la industria a encontrar caminos y posibilidades más racionales para su elaboración. La utilización de concentrados de pigmentos posibilita a muchas fábricas de pinturas a hacer más eficiente su producción, sin embargo, esto requiere necesariamente un cambio en la manera de pensar y en el método de fabricación (BYK Chemie, 1998).

Los concentrados de colorantes o pigmentos son dispersiones altamente concentradas de pigmento en un medio líquido y este es una mezcla de agentes dispersantes, solventes y resinas (CONDEA Servo, 2001).

La dispersión efectiva de los pigmentos en un producto de recubrimiento es crítica e influye en muchos aspectos asociados con el rendimiento final de la pintura. Entre estos aspectos podemos mencionar: la energía requerida para la obtención de la molienda y el buen desarrollo del color, la estabilidad del producto final y la resistencia al agua y a los álcalis de la película seca. Los dispersantes influyen en gran medida en todos estos factores y para optimizar las pinturas se requiere de una selección cuidadosa del tipo de dispersante y la cantidad a utilizar (Ferriol, 2004).

Los requerimientos que deben cumplir los concentrados de pigmentos son:

- Estabilidad en el almacenamiento: resistencia a la sedimentación y a la floculación (la fuerza colorante debe mantenerse constante).
- Características reológicas: deben ser bombeable y procesable en sistemas automáticos de dosificación.
- Compatibilidad con recubrimientos y ligantes: las propiedades tanto físicas como químicas y la resistencia no se deben ver influidas de modo negativo. La reología del sistema y la estabilidad al almacenamiento deben mantenerse constantes.
- Economía: alto contenido en pigmento y fuerza colorante estándar en todos los colores del sistema tintométrico (Monzing Chemie, 2001).

El término dispersión es utilizado para referirse al proceso de incorporación de un sólido a un medio líquido de modo tal que el producto final, consiste en finas partículas distribuidas a través del medio.

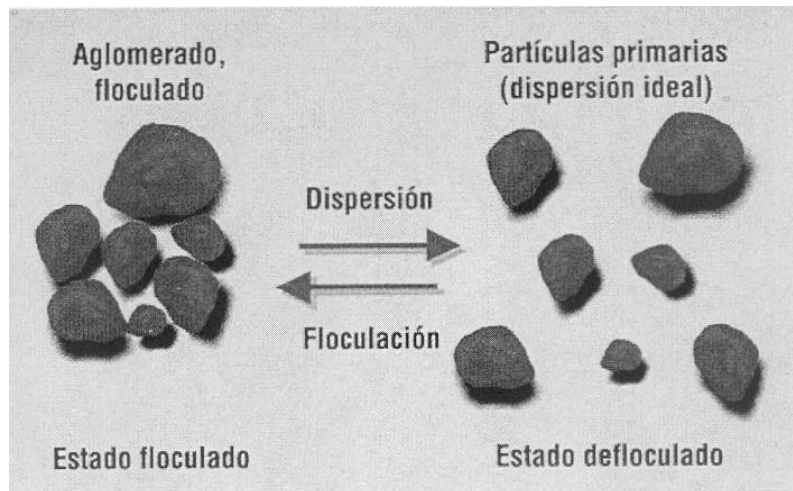
Los dispersantes de pigmentos son usados para incrementar la velocidad a la cual se realiza este proceso (Ferriol, 2004).

El proceso de dispersión de polvos en líquidos es utilizado en muchas industrias: pinturas, papel, tintas, textiles, adhesivos, farmacéutica, etc. Todas estas industrias usan aditivos químicos para incrementar o acelerar el proceso de dispersión; este proceso es, esencialmente, un proceso mecánico usado para distribuir en forma homogénea las partículas del sólido en un medio y estabilizan el sistema contra la sedimentación (Ferriol, 2004).

La fase de dispersión de pigmentos es la más importante y la que más tiempo y energía consume de todo el proceso de producción de pinturas. Esto es debido a las diferencias entre las tensiones superficiales de los líquidos (resinas y disolventes) y de los sólidos (pigmentos).

Los pigmentos disponibles comercialmente llegan a la fábrica en forma de aglomerados y estos materiales sólidos se incorporan al excipiente líquido mediante un proceso de molienda. Durante este proceso, los aglomerados se transforman en una dispersión de partículas, tan pequeñas que pueden llegar a ser de tamaño molecular, por lo tanto, la interfase pigmento y resina aumenta debido a que al disminuir el tamaño de las partículas, aumenta el área superficial facilitando su distribución uniforme en la solución de resina (Roset, 2000).

Ilustración No. 1 Dispersión de un pigmento



Si la molienda de pigmentos no es óptima pueden aparecer diversos defectos en el producto final, tales como:

- Floculación
- Pérdida de brillo

- Cambio del tono de color
- Flotación
- Sedimentación (Roset, 2000)

En la producción de una pintura, el proceso de dispersión consiste en la ejecución de estos tres procesos:

- Humectación de la superficie de los pigmentos: el aire o el agua que cubren la superficie de los pigmentos, son sustituidos por las moléculas del ligante o por los dispersantes y humectantes. La interfase entre sólido y gaseoso (pigmento y aire) es transformada en una interfase sólido y líquido (pigmento y solución de resina).
- Ruptura:
  - Actuación de las fuerzas mecánicas: las fuerzas de cizalla, que se transmiten principalmente por la fase líquida en la molienda de pigmentos.
  - Interacciones físicas y químicas: humectación y entrada de los componentes líquidos en los poros de los aglomerados. Las fuerzas de adhesión entre las partículas de los pigmentos, se sustituye por la interacción entre las moléculas líquidas (ligante, aditivo, solvente).
  - Estabilización de la dispersión: previene la reaglomeración mediante la utilización de dispersantes. Previene y controla la floculación (Monzing Chemie, 2001).

Los procesos 1 y 3 pueden ser influidos positivamente mediante diferentes aditivos: los aditivos humectantes aumentan la rapidez de la humectación de los aglomerados por la disolución de la resina, pues, reducen la tensión superficial entre la fase líquida y la superficie del sólido; los aditivos dispersantes mejoran la estabilización de la dispersión de los pigmentos. Muchas veces el mismo producto actúa tanto de aditivo humectante como de dispersante (Roset, 2000).

Durante el acercamiento entre dos partículas de pigmento dispersadas, existen tanto fuerzas atractivas como repulsivas. Las atractivas son:

- London - van der Waals: fuerzas intermoleculares resultantes de las interacciones de los dipolos de las partículas. Son las fuerzas atractivas dominantes en las dispersiones coloidales. Son fuerzas más débiles que los enlaces covalentes o iónicos, pero son efectivas cuando la distancia entre partículas es menor que 1  $\mu\text{m}$  y, sus propiedades dependen de las partículas y del medio de dispersión.
- Puentes poliméricos, en el caso de polímeros adsorbidos.
- Puente hidrógeno: actúan a distancia menor que las de London - van der Waals, pero son más fuertes.
- Fuerzas atractivas electrostáticas o coulombicas: asociadas a cargas opuestas en las superficies de los pigmentos.

Los agentes dispersantes modifican la carga eléctrica en la superficie y pueden introducir barreras estéricas para aumentar la estabilidad. También pueden alterar las características de adsorción en la superficie, para aumentar la adsorción de materiales poliméricos.

El mecanismo para estabilizar una dispersión, donde dominan fuerzas de repulsión electrostática entre las partículas cargada, es conocido como estabilización electrostática o coulombica. Este tipo de estabilización es posible cuando las partículas dispersas poseen una carga eléctrica homogénea; esta carga puede ser desarrollada en distintas formas (Bieleman, 2000).

Los siguientes son tres mecanismos que usualmente contribuyen en la dispersión de pigmentos:

- Disociación de grupos iónicos en la superficie de las partículas.
- Adsorción de sólo un tipo de iones o adsorción de iones de cargas opuestas de diferente magnitud.
- Cuando los contraiones disueltos están presentes en cantidades desiguales (Bieleman, 2000).

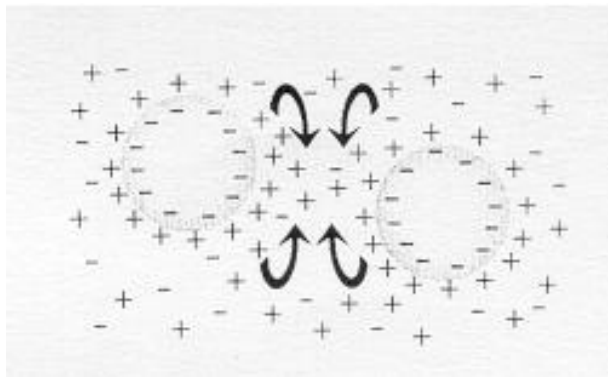
Los aditivos humectantes y dispersantes tienen grupos afines al pigmento con los que se adhieren a la superficie del pigmento, se trata de grupos ácidos. En la adsorción en la superficie del pigmento compiten el solvente, el ligante y el aditivo, por esto el dispersante debe tener una compatibilidad limitada dentro del sistema para adsorberse de forma preferente en la superficie del pigmento (Roset, 2000).

Aditivos humectantes: la humectación de los aglomerados de pigmentos está influida por muchos factores. Influye la polaridad de la superficie del pigmento y de la solución de resina, la viscosidad de la fase líquida y la geometría de los huecos intersticiales del aglomerado. Los aditivos humectantes actúan reduciendo la tensión interfacial entre la superficie del pigmento y la resina, aumentan el coeficiente de extensión y la humectación se realiza con mayor rapidez. Tienen una estructura tensoactiva y generalmente las partes hidrofóbicas son cadenas de hidrocarburos (Roset, 2000).

Aditivos dispersantes: estos se adsorben en la superficie del pigmento y mantienen las partículas de pigmento distanciadas mediante repulsión electrostática y/o impedimento estérico, reduciendo de este modo, la tendencia a floculación incontrolada. Estos dos mecanismos de estabilización se describen a continuación:

- Repulsión electrostática: las partículas de pigmento en la pintura tienen carga eléctrica. Mediante aditivos es posible aumentar esta carga y procurar que todas las partículas tengan el mismo signo de carga impidiendo de esta forma, la floculación del sistema. Como el sistema es electroneutro, los iones con signo de carga opuesto, se concentran cerca de la superficie de los pigmentos y se forma así, una doble capa eléctrica. Cuanto mayor es el grosor de esta doble capa mejor es la estabilidad (Roset, 2000).

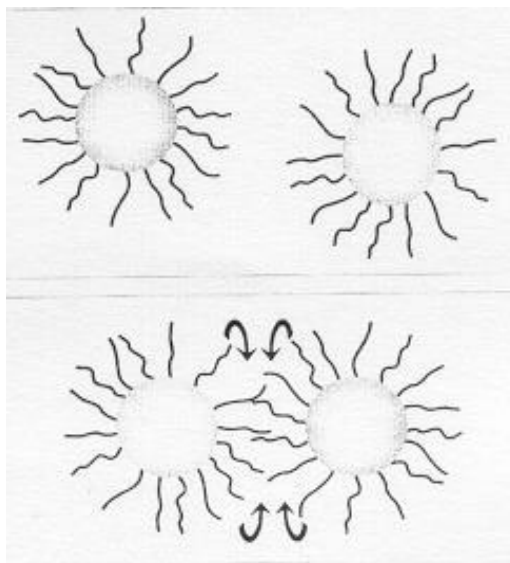
Ilustración No. 2 Repulsión electromagnética



La superficie de los pigmentos está recubierta por un aditivo cargado iónicamente. Todas las partículas del pigmento se encuentran cargadas del mismo modo. La repulsión mutua debido a las cargas es mayor que las fuerzas de atracción entre los pigmentos. Contienen grupos catiónicos o aniónicos. Por ejemplo: contienen sales de amonio cuaternario y alquilpoliamidas (catiónicas) o ácidos policarboxílicos y sustancias orgánicas sulfonatadas (aniónicos) (Monzing Chemie, 2001).

– Impedimento estérico: los aditivos dispersantes que actúan como estabilizante mediante el impedimento estérico se caracterizan por tener uno o varios grupos afines al pigmento, unidos a unas cadenas compatibles con el sistema. Estos grupos de anclaje o grupos de adhesión son responsables de una absorción fuerte y duradera del aditivo en la superficie del pigmento. Por otro lado, las cadenas compatibles forman una capa alrededor del pigmento que no permite que las partículas estén en contacto entre sí y evita la floculación. Estas cadenas deben extenderse lo máximo posible e introducirse en la solución de resina, de esta forma al aumentar la interacción entre las moléculas de aditivo adsorbidas y la resina es como si la capa de adsorción alrededor del pigmento fuera mayor (Roset, 2000).

Ilustración No. 3 Impedimento estérico



Las fuerzas de atracción entre las partículas de pigmentos son únicamente efectivas a partir de distancias relativamente cortas. La aproximación de dos partículas entre sí, se previene mediante moléculas que se encuentran absorbidas en la superficie del pigmento y que tienen largos grupos de larga cadena en la fase líquida. Las aglomeraciones se pueden prevenir, debido a que las partículas de pigmento no pueden acercarse unas a las otras, por la presencia de estos grupos de cadena larga. Son sustancias no iónicas, son grupos hidrofílicos (poliéster) y grupos afines a los pigmentos (amino) conteniendo oligómeros o polímeros (Monzing Chemie, 2001).

Requerimientos que el agente dispersante ha de cumplir:

- Optimización de la molienda: tiempo de dispersión corto, óptimo grado de molturación.
- Reducción de la viscosidad en la molienda: alto contenido de pigmento, fluidez.
- Estabilización de la dispersión: fuerza colorante, brillo, estabilidad del color.
- Compatibilidad con los ligantes: no floculación ni coagulación, amplio espectro de aplicación (Monzing Chemie, 2001).

### A. Ventajas potenciales del uso de dispersantes poliméricos

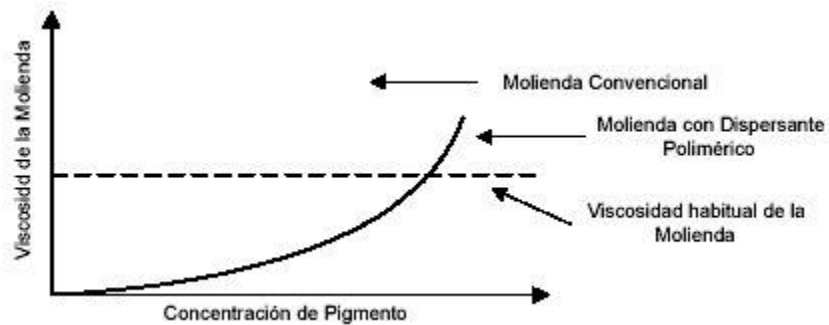
En términos fisicoquímicos, los dispersantes poliméricos pueden reducir las interacciones entre las partículas de pigmento de manera mucho más eficiente que los dispersantes convencionales. La

consecuencia más obvia es la reducción de la viscosidad de la formulación. La habilidad de reducir las interacciones entre las partículas de pigmento también confiere una serie de beneficios asociados con la optimización del poder tintóreo de los pigmentos. Las ventajas de estos dispersantes se pueden subdividir en ventajas de productividad (mayores concentraciones de pigmento), fuerza de color (más eficiente uso del color) y calidad del recubrimiento (Ferriol, 20004).

## B. Mayor productividad

Es posible dispersar pigmento en una solución de dispersante polimérico mejor que en una solución de resina. Esto dará una base de molienda de mucha mayor concentración de pigmento a cualquier viscosidad seleccionada.

Ilustración No. 4 Concentración contra viscosidad

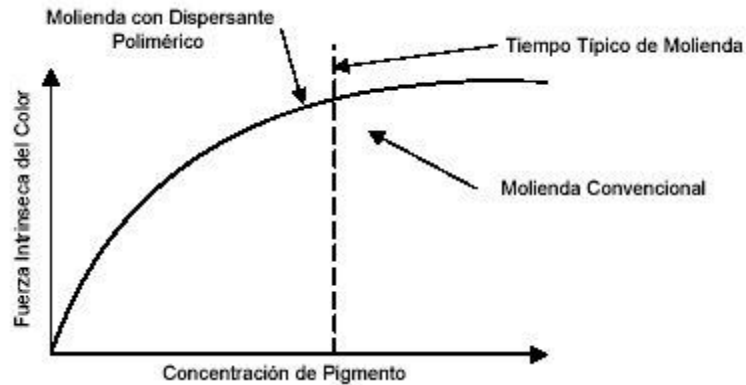


El concentrado de molienda es luego diluido con la resina para dar el recubrimiento tradicional. Existe un aumento en la productividad al lograr concentraciones mayores de pigmento en la molienda y con esto, una utilización más efectiva de los equipos. Esto es muy utilizado en aquellos pigmentos considerados difíciles de dispersar y con resinas consideradas con bajo poder dispersante (Ferriol, 2004).

## C. Mayor fuerza de color

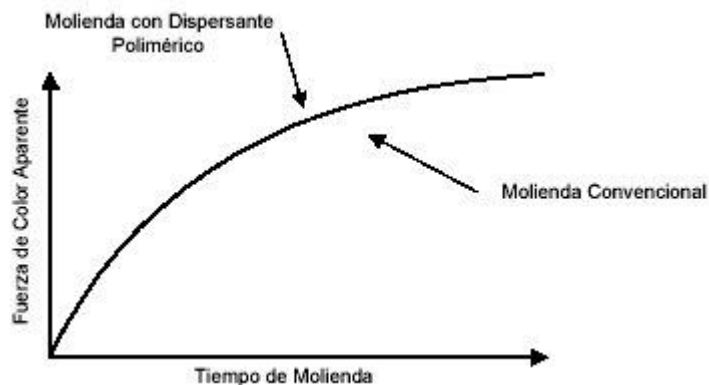
Todos los proveedores de dispersantes dicen que su uso incrementa la efectividad de la fuerza del pigmento, especialmente en los orgánicos. Esto, se demostró que es cierto siempre que el tamaño de la partícula de pigmento sea menor a  $0.1 \mu m$ . Es reconocido, que la fuerza intrínseca del color se incrementa con el tiempo de molienda, la velocidad con la cual se tiende a la meseta en la curva, varía de un pigmento a otro.

Ilustración No. 5 Poder tintóreo contra concentración



En la figura No. 5 se puede ver que aquellas bases de molienda que contienen dispersantes poliméricos desarrollan el color más rápidamente y muestran más fuerza de color en los tiempos de molienda considerados económicamente viables. El problema se presenta en aquellas bases de molienda con altas proporciones de partículas de pigmento muy pequeñas pues son mucho más propensas a la floculación. Por lo que se requiere un sistema de dispersión eficiente para estabilizar estas partículas pequeñas de modo que la fuerza intrínseca del color se desarrolle en la superficie del recubrimiento. Frente a este caso, los dispersantes poliméricos son, normalmente, mucho más eficientes para estabilizar las dispersiones de las partículas finas que las resinas utilizadas convencionalmente en la industria de los recubrimientos. Por lo tanto, graficando la fuerza de color aparente en función del tiempo de molienda, el gráfico obtenido será:

Ilustración No. 6 Poder tintóreo contra tiempo de molienda



(Ferriol, 2004)

## D. Calidad del recubrimiento

Muchas de las propiedades del recubrimiento pueden ser influenciadas directa o indirectamente por la estabilidad coloidal de las partículas de pigmento dispersadas. Los dispersantes poliméricos incrementan esta estabilidad y, por lo tanto, incrementan la calidad del recubrimiento final. Los dispersante poliméricos, al aumentar la eficiencia del proceso de molienda, evitan la presencia de partículas grandes y optimizan la distribución del tamaño de las partículas, lo que asegura la ausencia de pérdida de brillo debido a la presencia superficial de las partículas grandes y logra brillantez de la superficie del recubrimiento (Ferriol, 2004).

El efecto de flotación depende del grado de floculación de los pigmentos, de la densidad relativa y del tamaño de las partículas del mismo. Estas variables se pueden balancear utilizando un dispersante polimérico que modifica la relación floculación / de floculación. Por último, debido a que estos dispersantes reducen la interacción entre las partículas, reducen la viscosidad, incrementando el flujo del sistema, especialmente en sistemas de altos sólidos (Ferriol, 2004).

## E. Determinación de la demanda de dispersante

Todos los pigmentos que se utilizan en las pinturas, tienen diferentes tamaños de partícula y superficie, debido a su estructura química y con el fin de conseguir las propiedades ópticas y de aplicación deseadas. Cubrir completamente la superficie, es un requisito indispensable si se quiere conseguir una estabilización ideal del pigmento dispersado (Monzing Chemie, 2001).

Durante el proceso de dispersión, la proporción de los diferentes componentes (pigmentos, solventes, resinas y aditivos) debe ser optimizada. Un resultado óptimo depende de las calidades y cantidades de los agentes humectantes y dispersantes (Bieleman, 2000).

El punto de humectación se define como el punto en el cual una cantidad determinada de pigmento se moja lo suficiente con la solución para formar una sola bola. El punto de flujo (al cual se llega titulado con más solución de dispersante, después del punto de humectación) se define como el punto en el cual la pasta de pigmento se comporta como un fluido (Roset, 2000).

## F. Evaluación de la dispersión

- Medida del brillo y veladura: comparación del grado de molturación.

- Tono, poder colorante: grado de molturación, posibles cambios del color causados por reacciones químicas entre el dispersante y el pigmento.
- Flotación.
- Transparencia o poder cubriente: finura de la molienda (EFKA Additives, 2003).

## G. Grado de dispersión

El grado de dispersión de un pigmento influye en las características ópticas de una pintura. Propiedades como desarrollo del color, opacidad, y brillo están relacionadas con el tamaño de partícula y pueden ser estimados como una medida del tamaño de partícula.

El nivel de brillo es una herramienta importante para la determinación del grado de dispersión, ya que éste se ve afectado por el índice de refracción de la película, la textura de la superficie y el ángulo de la luz. Los defectos en la superficie de la película de la pintura, aún variaciones tan pequeñas como 0.1  $\mu\text{m}$ , resultan en valores de brillo más bajos (Bieleman, 2000).

## H. Grado de floculación

El grado de floculación esta directamente relacionado con el brillo de la película de la pintura, el brillo está relacionado con el tamaño de partícula, a mayor número de partículas gruesas, menor es el brillo.

Medir la opacidad de la pintura resultante es otro método práctico para establecer el grado de floculación. La opacidad es usualmente baja si el grado de floculación aumenta. Con el objetivo de evaluar la opacidad, se traza una película de un ancho definido de la pintura que se aplica en una superficie contrastante (Bieleman, 2000).

## I. Evaluación de la flotación

El término flotación es utilizado para describir el efecto causado por la concentración de uno de los pigmentos en la superficie de la película de una pintura, dando como resultado un cambio de color en la superficie. La flotación se ve afectada por diferencias en la tasa de sedimentación de los pigmentos y por lo tanto, está ligada con la floculación.

La evaluación de la flotación es muy práctica y simple. Esta se realiza, cuando la película de pintura que se está secando, de esta forma, se frota entre los dedos. A través de este proceso se trata de

determinar, si las partículas floculadas serán re-dispersadas por el frote, y como resultado el poder tintóreo de estas partículas aumenta, la diferencia de color entre el área frotada y el resto indica el grado de floclación.

### III. JUSTIFICACIÓN

Una de las etapas del proceso de fabricación de pinturas es la dispersión de pigmentos en un medio líquido, obteniendo un concentrado pigmentario. El proceso es puramente fisicoquímico en el cual los líquidos deben mojar completamente la superficie de los sólidos desplazando al aire que los rodea. Para ello, se debe disminuir su tensión superficial y por eso, se utilizan agentes tensoactivos o dispersantes; estos se clasifican en: electrostáticos, poliméricos y estéricos. Dicho concentrado pigmentario o pasta se mezcla finalmente con una base para obtener la pintura preparada.

La determinación de la concentración ideal y la clase de dispersante para cada pigmento influye en el tiempo de manufactura, la fluidez de la pasta pigmentaria y el costo de la misma; de tal manera, que al conocer esta concentración del dispersante se obtienen pastas adecuadas, el proceso de fabricación se hace más eficiente y los costos disminuyen.

## IV. OBJETIVOS

### A. General

- Mejorar técnica y económicamente la fabricación de concentrados pigmentarios utilizados en la industria de pinturas en Guatemala.

### B. Específicos

- Utilizar los métodos de punto de bola y punto de flujo para encontrar la cantidad de dispersante requerida para cada pasta de color, en donde sean ideales el costo y las propiedades.
- Encontrar la concentración requerida de dispersante para reducir la viscosidad en la molienda y así, minimizar el tiempo de molienda para cada uno de los pigmentos, con tiempos de dispersión cortos y grado de molturación ideal.
- Utilización de la frotación, brillo y fuerza colorante para confirmar la calidad y cantidad adecuada del agente dispersante.

## V. PROBLEMA

El problema que actualmente se tiene es que en lugar de fabricar los concentrados pigmentarios con las cantidades ideales de dispersantes se trabajan con un estimado, y hasta el momento sólo se ha trabajado con un tipo de dispersante, el polimérico. Los tiempos de molienda de los concentrados son muy altos y dan como resultado un producto tixotrópico, esta característica es indeseada en estos productos ya que no es fácil dosificarlos.

## VI. METODOLOGÍA

Se trabajará con cuatro pigmentos diferentes, los cuales son: amarillo óxido, rojo orgánico, azul ftalocianina y negro de carbón, se escogieron estos por ser los más representativos y los más utilizados. Se trabajará con dos tipos de dispersantes: Hydropalat 44 que es un dispersante polimérico y con Disperbyk 185 que es un electrostático.

El punto de humectación y el de flujo para un pigmento se determinan titulando con una solución acuosa al 1.25% del dispersante a evaluar. El procedimiento para determinar el punto de humectación y de flujo se explicará a continuación; antes de proceder, hay que tener en cuenta que este procedimiento se realizará para los cuatro pigmentos y con los dos dispersantes:

- Pesar 50.0g del pigmento a titular en una recipiente de vidrio.
- Llenar una bureta con la solución de dispersante al 1.25% y añadir pequeñas cantidades de la solución al pigmento mientras se mezcla la pasta resultante con una espátula.
- Anotar el punto de humectación en mL cuando se añadió la cantidad suficiente de solución para formar con la pasta una bola que no se deforma.
- Continuar la titulación hasta que la pasta de pigmento se comporte como un fluido. Anotar el volumen como el punto de flujo en mL de solución.
- Medir la gravedad específica de la solución de dispersante y convertir el volumen de la solución de dispersante en el punto de humectación y en el punto de flujo a masa en gramos. Multiplicar esas masas por 0.0025 para obtener el porcentaje de dispersante en pigmento para los dos puntos (Roset, 2000).

Luego se formulan los concentrados pigmentarios con las cantidades de dispersante obtenidas en el paso anterior. Una vez formulados, se procede a fabricar los concentrados, tomando viscosidad antes de moler, número de moliendas y viscosidad después de moler. Por último, se procede a evaluar los concentrados, haciendo pruebas de poder tintóreo, brillo, cubrimiento, flotación y fluidez.

## VII. RESULTADOS

A continuación se presentan varias tablas que contienen los resultados del experimento, anteriormente descrito.

Tabla No. 1 Porcentaje de dispersante necesario para los concentrados pigmentarios

<b>Concentrado Pigmentario</b>	<b>Porcentaje de Hydropalat 44</b>	<b>Porcentaje de Disperbyk 185</b>
Amarillo óxido	0.0673	0.1190
Rojo orgánico	0.2363	0.1703
Azul ftalocianina	0.2737	0.1911
Negro de carbón	0.5787	0.2790

Tabla No. 2 Evaluación técnica de los concentrados pigmentarios fabricados con Hydropalat 44

<b>Pigmento</b>	<b>Número de molidas</b>	<b>Viscosidad antes de moler (KU)</b>	<b>Viscosidad después de moler (KU)</b>	<b>Brillo (%)</b>	<b>Flotación</b>	<b>Fluidez</b>
Amarillo óxido	4	84.4	73.2	19.8	No	Si
Rojo orgánico	4	73.2	80.0	23.3	No	Si
Azul ftalocianina	5	75.4	84.7	24.2	No	Si
Negro de carbón	5	70.3	109.0	53.3	No	Si

Tabla No. 3 Evaluación técnica de los concentrados pigmentarios fabricados con Disperbyk 185

<b>Pigmento</b>	<b>Número de molidas</b>	<b>Viscosidad antes de moler (KU)</b>	<b>Viscosidad después de moler (KU)</b>	<b>Brillo (%)</b>	<b>Flotación</b>	<b>Fluidez</b>
Amarillo óxido	3	68.6	119.4	12.2	Si	No
Rojo orgánico	4	73.0	79.0	16.7	No	Si
Azul ftalocianina	7	71.6	70.0	20.5	Si	No
Negro de carbón	5	71.0	94.3	52.9	No	Si

Tabla No. 4 Costos de materia prima de los concentrados pigmentarios utilizando Hydropalat 44 o Disperbyk 185

<b>Concentrado Pigmentario</b>	<b>Hydropalat 44 (Q/Kg)</b>	<b>Disperbyk 185 (Q/Kg)</b>	<b>Diferencia (Q/Kg)</b>
Amarillo óxido	2.05	2.50	0.45
Rojo orgánico	13.37	13.76	0.39
Azul ftalocianina	6.77	7.10	0.33
Negro de carbón	1.67	1.90	0.23

## VIII. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El objetivo principal de este trabajo es mejorar técnica y económicamente la elaboración de los concentrados pigmentarios que se utilizan en la industria de las pinturas de base acuosa, mediante la comparación de dos tipos diferentes de dispersantes: polimérico (Hydropalat 44, fabricado por Cognis) y electrostático (Disperbyk 185 fabricado por BYK). Para lograr este objetivo, se trabajaron cuatro tipos diferentes de pigmentos: amarillo óxido, rojo orgánico, azul ftalocianina y negro de carbón. Estos se escogieron porque son los más representativos de cada familia de pigmento y son los más utilizados en la fabricación de las pinturas.

Debido a que cada tipo de pigmento tiene área específica y tamaño diferente, cada uno necesitará diferente cantidad de dispersante para lograr las características deseadas. El primer paso, fue determinar la cantidad de dispersante necesaria para cada pigmento, para esto se utilizó la evaluación del punto de humectación y de flujo, y se observó que el amarillo óxido fue el pigmento que necesitó menor cantidad de las dos soluciones para alcanzar el punto de flujo y el negro de carbón necesitó más para alcanzar dicho punto, esto se debe a que el tamaño de partícula del negro es menor que la del amarillo y es un pigmento más difícil de humectar, por esta razón, es recomendable dejarlo una noche entera en humectación antes de molerlo. Los volúmenes de las soluciones de los dos dispersantes para cada uno de los cuatro pigmentos se encuentran en las Tablas No. 5 y 6.

Dentro de la formulación ideal hay componentes de concentración variable y fija, entre los variables se encuentran los dispersantes, pigmento y agua; entre los fijos están los antiespumantes, resina, surfactante, preservante y etilenglicol, este se utiliza como cosolvente. Obviamente al formular se debe encontrar un equilibrio entre calidad y costo, para encontrar este equilibrio se calculó la concentración de dispersante para cada uno de los pigmentos, se formularon los concentrados y estos se sometieron a varias pruebas, como brillo, poder tintóreo, floculación, envejecimiento y número de moliendas, para determinar cual de los dos dispersantes era el mejor.

Con los porcentajes de dispersantes necesarios para cada pigmento, se formularon los concentrados pigmentarios, estos porcentajes están en la Tabla No. 1. El porcentaje de pigmento recomendado dentro de la formulación de un concentrado debe ser: para el amarillo óxido 40%, rojo orgánico 26%, azul ftalocianina 20% y para el negro de carbón 10%, esto se debe a que arriba de estos porcentajes hay problemas de tixotropía y fluidez. Las formulaciones finales se pueden observar a partir de la Tabla No. 7 a la 14.

Cuando las fórmulas se ejecutaron en el laboratorio, se tuvo especial cuidado con la medición y el peso específico de las materias primas; también se tomó en cuenta el número de moliendas necesarias para

que el concentrado diera en el grindómetro un grano 7H (escala Heggman), que es el utilizado convencionalmente en la industria de las pinturas para que el concentrado desarrolle un máximo poder tintóreo. Si se pasa del grano 7H se corre el riesgo que el pigmento se quemé por el calor que se genera dentro del molino y se arruine el producto.

Para los concentrados rojo y negro se necesitó el mismo número de moliendas para los dos dispersantes: cuatro y cinco respectivamente. En el caso del amarillo con Hydropalat se necesitaron cuatro molidas, mientras que con el Disperbyk fueron sólo tres, caso contrario con el pigmento azul que con Hydropalat necesitó cinco molidas y con Disperbyk siete.

Se tomó en cuenta la viscosidad de la pasta que sale de la dispersión antes de introducirse al molino, pues dicha pasta no debe tener una viscosidad demasiado alta, sino que debe estar fluida, ya que con cada molienda el concentrado aumenta su viscosidad y puede llegar un momento en el que se queda atascado dentro del molino de arena y hay que agregar solvente extra para poder sacarlo del molino, disminuyendo el poder tintóreo del concentrado.

La viscosidad final del concentrado es muy importante también, ya que si queda muy baja el pigmento sedimenta y hay que agitarlo vigorosamente antes de utilizarlo. Caso contrario si el concentrado tiene una viscosidad muy alta, no se puede utilizar en el equipo de dosificación automática disponible en las tiendas. Se evaluó la fluidez de los concentrados y los fabricados con Hydropalat tenían una buena fluidez, pero en el amarillo y azul fabricados con Disperbyk existía tixotropía.

Se realizó una comparación del poder tintóreo de cada concentrado con los dispersantes que se evaluaron, y se observa claramente que los concentrados fabricados con el dispersante polimérico tienen un poder tintóreo mucho mayor que los realizados con el electrostático. Para hacer la prueba del poder tintóreo, se pesan 10g de pintura blanca y se le añade un gramo del concentrado pigmentario, se agita hasta que la mezcla este homogénea y luego se aplica la pintura sobre una cartulina blanca especial, llamada leneta. Los resultados de esta prueba son muy importantes porque del poder tintóreo del concentrado depende la cantidad de concentrado que se añade a la pintura final. Por ejemplo, un concentrado que tiene un bajo poder tintóreo hay que añadirlo en una mayor cantidad en la pintura que un concentrado que tiene un alto poder tintóreo.

Otra prueba que se hizo con los concentrados fue la de envejecimiento que consiste en colocar los concentrados dentro de un horno, con una temperatura de 40°C, durante 200 horas. Al cabo de este tiempo se realizó una prueba de poder tintóreo y frote comparando contra los concentrados sin envejecer. De esta prueba se pudo concluir que después del envejecimiento los concentrados sufren un pequeño descenso en

su poder tintóreo, es probable que esto se deba a que exista un poco de sedimentación al cabo de ese tiempo.

Con respecto a la prueba de frote, se pudo apreciar que para los concentrados amarillo y azul fabricados con el dispersante electroestático existe floculación, debido que al frotar la aplicación fresca con el dedo las partículas floculadas se redispersan y el poder tintóreo del área frotada aumenta, lo que produce una diferencia de color entre la parte frotada y la no frotada. Los resultados de esta prueba califican negativamente al dispersante electroestático.

Después de envejecer los concentrados se volvió a medir la viscosidad para ver si existía algún cambio notorio en las viscosidades, pero de esta prueba no se pueden concluir mucho, ya que en algunos concentrados la viscosidad aumentó hasta 14.9KU (Unidades Krebs), como es el caso del amarillo óxido con Hydropalat; y en otros casos disminuyó hasta 12.8KU, en el caso del amarillo óxido fabricado con Disperbyk. Los demás resultados se pueden observar en la Tabla No. 15 y 16.

También se realizó una prueba de brillo para los concentrados, esta se hizo igual que la del poder tintóreo con la diferencia que no se utilizó una pintura blanca mate, sino que se utilizó una brillante, una vez seca la película de pintura se mide el brillo con un aparato especial para ello (glosímetro). En todas estas pruebas el brillo mayor lo obtuvieron las pastas fabricadas con el dispersante polimérico. El brillo está relacionado con el tamaño de partícula, si el número de partículas gruesas es alto, el brillo disminuye. El concentrado amarillo fue el que tuvo una mayor diferencia, ya que con Hydropalat el brillo fue de 19.8 y con Disperbyk fue de 12.2, en el negro se obtuvo la menor diferencia la cual fue de 0.4. Los resultados de esta prueba se encuentran en las Tablas No. 17 y 18.

Cuando se evaluaron económicamente los concentrados, todos los que se fabricaron con Hydropalat resultaron con un costo más bajo que los fabricados con Disperbyk, por ejemplo en el amarillo óxido el que se fabricó con Disperbyk 185 cuesta Q2.05/Kg, mientras que el fabricado con Hydropalat Q2.50/Kg; con el azul ftalocianina fabricado con Hydropalat cuesta Q6.77/Kg, mientras que el que contiene Disperbyk Q7.10/Kg. Las comparaciones económicas se observan en la Tabla No. 4. Esta evaluación termina de descalificar al Disperbyk 185, ya que no sólo tiene un mayor costo, sino que tiene un poder tintóreo menor que el Hydropalat, lo cual hace que su uso en los concentrados pigmentarios no sea recomendable técnica ni económicamente.

## IX. CONCLUSIONES

- A. Los concentrados pigmentarios fabricados con el dispersante Hydropalat 44 tienen un mayor poder tintóreo que los fabricados con Disperbyk 185.
- B. En la prueba de brillo, todos los concentrados pigmentarios fabricados con Hydropalat 44 obtuvieron un mayor brillo que los fabricados con Disperbyk 185.
- C. Ningún concentrado fabricado con Hydropalat 44 dio problemas de floculación.
- D. El costo de materia prima de los concentrados pigmentarios fabricados con el dispersante Hydropalat 44 es menor que con el Disperbyk 185.

## X. RECOMENDACIONES

- A. Antes de dispersar el pigmento negro de carbón se recomienda dejarlo una noche entera, para que se humecte completamente y se disperse fácilmente.
- B. Cuando se hace la prueba de punto de flujo, en lugar de trabajar con 50.0g del pigmento, es recomendable trabajar con 25.0g, pues es más manejables, y luego multiplicar el volumen obtenido por dos.
- C. Se recomienda trabajar la prueba de punto de flujo en una lámina de vidrio, que es mejor que en un recipiente que tenga paredes, ya que una muestra significativa del pigmento se queda adherido a las paredes del recipiente.

## XI. BIBLIOGRAFÍA

Austin, G. 1988. *Manual de procesos químicos en la industria*. Tercera Edición. México, D.F. McGraw-Hill.

Bieleman, J. 2000. *Additives for Coatings*. Wiley-VCH. Primera Edición. Berlín. 372 pp.

Briz, G. 2001. *Glosario de Terminología Reológica*. Primera Edición. Compañía Editorial Continental, México, D.F.

Curso impartido por el Ingeniero Álvaro Zamorano de Industrias Tricolor, S.A. Valparaíso. Julio de 2002.

EDAPLAN – Dispersantes Poliméricos. 2001. Información técnica provista por Monzing Chemie, Performance Chemicals.. 15 pp.

Ferriol, A. *Teoría de Dispersantes*. [www.sater.org.ar](http://www.sater.org.ar). (visitado el 4 junio de 2004)

Información técnica provista por BYK Chemie. 1998. Hamburgo.

Información técnica provista por EFKA Additives. 2003. Rotterdam.

Napper, D.H. 1983. *Polymeric Stabilisation of Colloidal Dispersions*. Academic Press, London.

Parfitt, G.D. 1973. *Dispersión of Powders in Liquids*. Segunda Edición. Applied Science, London.

Quality Additives for the Coatings Industry. 2001. Información técnica provista por CONDEA Servo LLC, Massachussets. 18 pp.

Roset, X., Oller, X. 2000. *Dispersantes*. Master en Tecnología de Pinturas. Comindex, Madrid.

## XII. APÉNDICE

### A. Glosario

**Aglomerados:** son compuestos de partículas primarias y agregados que se encuentran conectados de un modo sencillo. Se encuentran únicamente conectados por los ángulos y los bordes. Los aglomerados pueden tener un tamaño de partícula superior a algunos cientos de micras. La dispersión de los aglomerados es el proceso fundamental durante la molturación (Monzing Chemie, 2001).

**Agregados:** el tamaño y la forma pueden y deben de ser ajustados durante el proceso de fabricación. Los agregados son partículas en las que las partículas primarias se encuentran conectadas mediante sus superficies. Como resultado, la superficie total de los agregados es menor que la suma de las superficies individuales de las partículas primarias en el agregado. Estos son difíciles de destruir en partículas primarias, durante el proceso de molienda (Monzing Chemie, 2001).

**Cizalla:** el movimiento de una capa relativo al de capas adyacentes paralelas (Briz, 2001).

**Esfuerzo de cizalla:** la fuerza por unidad de área necesaria para alcanzar una dada deformación. La componente del esfuerzo paralela al área considerada (Briz, 2001).

**Flóculos:** están formados por partículas que ya están dispersadas o por partículas que están mojadas por el ligante o por los aditivos. Los ligantes o aditivos que están absorbidos en la superficie de los pigmentos pueden causar interacciones entre las partículas. La floculación puede resultar útil ante los efectos de flotación y la sedimentación, también pueden producir efectos negativos en el brillo o en la tonalidad del color (Monzing Chemie, 2001).

**Flotación:** defecto que aparece algunas veces en las películas o capas de pintura, consiste en la separación de las partículas de pigmento, dando así un color no uniforme (Roset, 2000).

**Partículas primarias:** el tamaño y la estructura cristalina se ven afectados por el proceso de fabricación. Las partículas primarias son cristales simples o subcristales que están fuertemente conectados mediante sus superficies. No se pueden destruir durante un proceso normal de molturación (Monzing Chemie, 2001).

**Reología:** la ciencia que estudia la deformación y el flujo de la materia. Esto es como un material responde a la fuerza (Briz, 2001).

Sinéresis: la expulsión espontánea de líquido por un gel durante el almacenamiento (Briz, 2001).

Tixotropía: propiedad de un líquido o gel para disminuir su viscosidad a medida que aumenta el esfuerzo cortante y para recuperar el estado de gel cuando se elimina el esfuerzo cortante aplicado. El efecto es función del tiempo (Briz, 2001).

Viscosidad: cualitativamente es la propiedad de un material de resistir la deformación de manera creciente a medida que crece la velocidad de deformación. Cuantitativamente es una medida de esta propiedad definida como el cociente entre el esfuerzo de cizalla y la velocidad de cizalla en flujo estacionario (Briz, 2001).

## B. Tablas de soporte

Tabla No. 5 Volumen de la solución de dispersante polimérico para el punto de humectación y de flujo para los cuatro pigmentos

<b>Pigmento</b>	<b>Volumen de solución para punto de humectación</b>	<b>Volumen de solución para punto de flujo</b>
Amarillo óxido	22.5	26.8
Rojo orgánico	70.5	94.1
Azul ftalocianina	87.0	109.0
Negro de carbón	151.0	230.5

Tabla No. 6 Volumen de la solución de dispersante electrostático para el punto de humectación y de flujo para los cuatro pigmentos

<b>Pigmento</b>	<b>Volumen de solución para punto de humectación</b>	<b>Volumen de solución para punto de flujo</b>
Amarillo óxido	26.0	72.5
Rojo orgánico	62.0	69.0
Azul ftalocianina	57.4	77.4
Negro de carbón	92.5	113.0

Tabla No. 7 Formulación del concentrado pigmentario amarillo óxido con Hydropalat 44

<b>Operación</b>	<b>Orden</b>	<b>Descripción</b>	<b>Porcentaje</b>
Dispersión	1	Resina	8.00
Dispersión	2	Hydropalat 44	0.90
Dispersión	3	Etilenglicol	17.9
Dispersión	4	Antiespumante	0.70
Dispersión	5	Surfactante	2.40
Dispersión	6	Amarillo Óxido	40.00
Dispersión	7	Agua	11.90
Molienda	1	Agua	8.00
Completación	1	Preservante	0.20
Completación	2	Agua	9.30
Completación	3	Espesante	0.80
		<b>TOTAL</b>	<b>100.00</b>

Tabla No. 8 Formulación del concentrado pigmentario rojo orgánico con Hydropalat 44

<b>Operación</b>	<b>Orden</b>	<b>Descripción</b>	<b>Porcentaje</b>
Dispersión	1	Resina	10.40
Dispersión	2	Hydropalat 44	2.20
Dispersión	3	Etilenglicol	23.50
Dispersión	4	Antiespumante	0.90
Dispersión	5	Surfactante	3.10
Dispersión	6	Rojo Orgánico	26.10
Dispersión	7	Agua	5.20
Molienda	1	Agua	8.40
Completación	1	Preservante	0.30
Completación	2	Agua	18.80
Completación	3	Espesante	1.00
		<b>TOTAL</b>	<b>100.00</b>

Tabla No. 9 Formulación del concentrado pigmentario azul ftalocianina con Hydropalat 44

<b>Operación</b>	<b>Orden</b>	<b>Descripción</b>	<b>Porcentaje</b>
Dispersión	1	Resina	10.50
Dispersión	2	Hydropalat 44	2.00
Dispersión	3	Etilenglicol	23.50
Dispersión	4	Antiespumante	0.90
Dispersión	5	Surfactante	3.10
Dispersión	6	Azul Ftalocianina	20.90
Dispersión	7	Agua	5.20
Molienda	1	Agua	9.40
Completación	1	Preservante	0.30
Completación	2	Agua	23.00
Completación	3	Espesante	1.00
		<b>TOTAL</b>	<b>100.00</b>

Tabla No. 10 Formulación del concentrado pigmentario negro de carbón con Hydropalat 44

<b>Operación</b>	<b>Orden</b>	<b>Descripción</b>	<b>Porcentaje</b>
Dispersión	1	Resina	10.80
Dispersión	2	Hydropalat 44	2.20
Dispersión	3	Etilenglicol	24.30
Dispersión	4	Antiespumante	1.00
Dispersión	5	Surfactante	3.20
Dispersión	6	Negro de Carbón	10.80
Dispersión	7	Agua	5.40
Molienda	1	Agua	10.20
Completación	1	Preservante	0.30
Completación	2	Agua	29.70
Completación	3	Espesante	2.20
		<b>TOTAL</b>	<b>100.00</b>

Tabla No. 11 Formulación del concentrado pigmentario amarillo óxido con Disperbyk 185

<b>Operación</b>	<b>Orden</b>	<b>Descripción</b>	<b>Porcentaje</b>
Dispersión	1	Resina	7.90
Dispersión	2	Disperbyk 185	2.50
Dispersión	3	Etilenglicol	17.90
Dispersión	4	Antiespumante	0.70
Dispersión	5	Surfactante	2.40
Dispersión	6	Amarillo Óxido	39.70
Dispersión	7	Agua	11.90
Molienda	1	Agua	7.90
Completación	1	Preservante	0.20
Completación	2	Agua	7.90
Completación	3	Espesante	0.80
		<b>TOTAL</b>	<b>100.00</b>

Tabla No. 12 Formulación del concentrado pigmentario rojo orgánico con Disperbyk 185

<b>Operación</b>	<b>Orden</b>	<b>Descripción</b>	<b>Porcentaje</b>
Dispersión	1	Resina	10.50
Dispersión	2	Disperbyk 185	2.30
Dispersión	3	Etilenglicol	23.50
Dispersión	4	Antiespumante	0.90
Dispersión	5	Surfactante	3.10
Dispersión	6	Rojo Orgánico	26.10
Dispersión	7	Agua	5.20
Molienda	1	Agua	8.40
Completación	1	Preservante	0.30
Completación	2	Agua	18.50
Completación	3	Espesante	1.00
		<b>TOTAL</b>	<b>100.00</b>

Tabla No. 13 Formulación del concentrado pigmentario azul ftalocianina con Disperbyk 185

<b>Operación</b>	<b>Orden</b>	<b>Descripción</b>	<b>Porcentaje</b>
Dispersión	1	Resina	10.50
Dispersión	2	Disperbyk 185	2.10
Dispersión	3	Etilenglicol	23.50
Dispersión	4	Antiespumante	0.90
Dispersión	5	Surfactante	3.10
Dispersión	6	Azul Ftalocianina	20.90
Dispersión	7	Agua	5.20
Molienda	1	Agua	9.40
Completación	1	Preservante	0.30
Completación	2	Agua	23.00
Completación	3	Espesante	1.00
		<b>TOTAL</b>	<b>100.00</b>

Tabla No. 14 Formulación del concentrado pigmentario negro de carbón con Disperbyk 185

<b>Operación</b>	<b>Orden</b>	<b>Descripción</b>	<b>Porcentaje</b>
Dispersión	1	Resina	10.90
Dispersión	2	Disperbyk 185	1.60
Dispersión	3	Etilenglicol	24.40
Dispersión	4	Antiespumante	1.00
Dispersión	5	Surfactante	3.30
Dispersión	6	Negro de Carbón	10.90
Dispersión	7	Agua	5.40
Molienda	1	Agua	10.30
Completación	1	Preservante	0.30
Completación	2	Agua	29.80
Completación	3	Espesante	2.20
		<b>TOTAL</b>	<b>100.00</b>

Tabla No. 15 Viscosidades de los concentrados pigmentarios fabricados con Hydropalat 44

<b>Concentrado pigmentario</b>	<b>Viscosidad antes de moler (KU)</b>	<b>Viscosidad después de moler (KU)</b>	<b>Viscosidad después de envejecimiento (KU)</b>
Amarillo óxido	84.4	73.2	95.2
Rojo orgánico	73.2	80.0	81.3
Azul ftalocianina	75.4	84.7	84.7
Negro de carbón	70.3	109.0	123.7

Tabla No. 16 Viscosidades de los concentrados pigmentarios fabricados con Disperbyk 185

<b>Concentrado pigmentario</b>	<b>Viscosidad antes de moler (KU)</b>	<b>Viscosidad después de moler (KU)</b>	<b>Viscosidad después de envejecimiento (KU)</b>
Amarillo óxido	68.6	119.4	111.1
Rojo orgánico	73.0	79.0	86.0
Azul ftalocianina	71.6	70.0	89.9
Negro de carbón	71.0	94.3	121.9

Tabla No. 17 Brillo de los concentrados pigmentarios realizados con Hydropalat 44

<b>Concentrado pigmentario</b>	<b>Brillo</b>
Amarillo óxido	19.8
Rojo orgánico	23.3
Azul ftalocianina	24.2
Negro de carbón	53.3

Tabla No. 18 Brillo de los concentrados pigmentarios realizados con Disperbyk 185

<b>Concentrado pigmentario</b>	<b>Brillo</b>
Amarillo óxido	12.2
Rojo orgánico	16.7
Azul ftalocianina	20.5
Negro de carbón	52.9

## C. Cálculos

Para calcular el porcentaje de dispersante por pigmento, primero se convirtieron los mililitros de solución de dispersante agregada al pigmento a galones, este procedimiento se realizó debido a que la gravedad específica de la solución se obtuvo con un aparato cuyas unidades están en libras por galón, todos los ejemplos serán para el Hydropalat 44 con el amarillo óxido:

$$\text{Volumen} = 26.8\text{mL} * \frac{1\text{L}}{1000\text{mL}} * \frac{0.2642\text{gal}}{1\text{L}} = 0.0071\text{gal}$$

Con la gravedad específica de la solución (8.38 libras/galón) se convirtieron los galones a libras, y las libras se pasaron a gramos:

$$\text{Peso} = 0.0071\text{gal} * \frac{8.38\text{lb}}{1\text{gal}} * \frac{453.6\text{g}}{1\text{lb}} = 26.9144\text{g}$$

Por último para obtener el porcentaje de dispersante por pigmento, se multiplicaron los gramos de solución de dispersante por 0.0025:

$$\text{Porcentaje de dispersante por pigmento} = 26.9144\text{g} * 0.0025 = 0.0673\%$$

Este porcentaje se multiplicó por el porcentaje de pigmento dentro de la formulación y por el porcentaje de sólidos del dispersante, el Hydropalat tiene 35% y el Disperbyk 52%:

$$\text{Porcentaje de dispersante en la formulación} = 0.0673 * 20.0 * 0.35 = 0.94\%$$

Para el cálculo de los costos de la formulación, se multiplicó el costo en Q/kg de cada insumo por el peso del insumo dentro de la formulación, esto se hizo con cada uno de los insumos, luego se sumaron. Por ejemplo el costo de la resina es de Q3.85/kg y se utilizaron 0.1kg de la resina en la formulación, por lo tanto el costo sólo de resina para el concentrado amarillo óxido fabricado con Hydropalat es de Q0.38/kg, la sumatoria de todos los costes de la materia prima es de Q2.05/kg.

Por cuestiones de política de la empresa que colaboró con esta tesis, no se pueden incluir las cantidades en peso de las materias primas de las formulaciones, por esta razón se trabajó con porcentajes para la parte de formulación.