

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE
GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades

Departamento de Ingeniería Química

**DETERMINACIÓN DEL FLUJO VISCOZO EN LA
FABRICACIÓN DE PINTURAS DE LÁTEX CON UNA
MEZCLA DE ESPESANTES CELULÓSICOS Y
ESPESANTES DE POLIURETANOS**

Oscar Roberto Richardson Batres

Trabajo de graduación para optar al grado académico de
Ingeniería Química

Guatemala Enero 2005

**DETERMINACIÓN DEL FLUJO VISCOZO EN
LA FABRICACIÓN DE PINTURAS DE LÁTEX
CON UNA MEZCLA DE ESPESANTES
CELULÓSICOS Y ESPESANTES DE
POLIURETANOS**

Universidad del Valle de Guatemala
Facultad de Ciencias y Humanidades
Departamento de Ingeniería Química

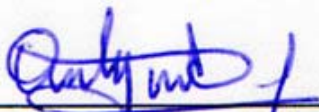
**DETERMINACIÓN DEL FLUJO VISCOSO EN LA FABRICACIÓN DE
PINTURAS DE LÁTEX CON UNA MEZCLA DE ESPESANTES
CELULÓSICOS Y ESPESANTES DE POLIURETANOS**

Oscar Roberto Richardson Batres


Trabajo de graduación para optar al grado académico de
Ingeniería Química


Guatemala, Enero del 2005

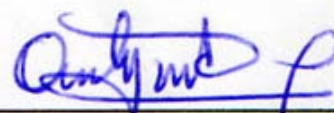
Vo.Bo:

(f) 
Ing. Oscar Arriola
Asesor

Tribunal:

(f) 
Ing. Eduardo Calderón

(f) 
Ing. Federico Salazar

(f) 
Ing. Oscar Arriola

Fecha de aprobación: 7 de Enero del 2005

RESUMEN

La utilización de una mezcla de espesantes (celulósicos – poliuretano), brinda a las pinturas de látex mejores características al producto terminado. Actualmente la planta de pinturas El Volcán utiliza distintos porcentajes de cada uno de estos espesantes en sus pinturas, la pintura A utiliza 0.20 % de espesante celulósico y 0.22 % de espesante de poliuretano. La pintura D en cambio utiliza únicamente espesante de poliuretano el cual tiene en su formulación un 0.76 % de este espesante.

El problema que presentan estas pinturas es que su costo de fabricación es alto y esto repercute en el precio al consumidor final. El objetivo de este trabajo fue utilizar una mezcla de espesantes (celulósico – poliuretano), que en la formulación consistía en 0.2 % de espesante celulósico y 0.3 % de espesante de poliuretano para reducir los costos de producción.

Además se realizaron pruebas omitiendo el surfactante (Nonilfenol poliglicol éter) y el Co-dispersante (Tetra piro fosfato de potasio) ya que estos dos componentes son utilizados para ayudar en la dispersión de los pigmentos. De esta manera al eliminarlos se observó que estos no afectan de manera significativa a la viscosidad de las pinturas de látex, ya que al omitirlos la viscosidad aumenta en cantidades moderadas, como por ejemplo, al eliminar el surfactante la viscosidad aumenta entre 05 – 5 KU, y en vista de que los costos de fabricación también se reducen, se pondría tomar como una opción eliminarlos de las formulas. A pesar de esto, es recomendable hacer otras pruebas como envejecimiento para poder determinar si al cabo de un tiempo las pintura no presenta alteraciones en sus propiedades finales

Los resultados demostraron que omitir el surfactante y el Co-dispersante, aumenta la viscosidad: para la pintura B con la fórmula completa su viscosidad es

66.1 KU, y sin el surfactante 71.2 KU. De igual manera para la pintura C la viscosidad con la fórmula completa es de 58.7 KU y sin el surfactante es 62.0 KU. De igual manera al omitir el Co-dispersante, las viscosidades de las pinturas aumentaron, la pintura A tuvo un aumento en su viscosidad de 3.3 KU, y la pintura D obtuvo un aumento de 1.9 KU. Las viscosidades son medidas en unidades Krebs como se menciona posteriormente en los antecedentes página No. 24

Aunque los costos de producción se redujeron en la mayoría de los casos, no son aplicables ya que las pinturas requieren una viscosidad de 95 – 100 KU para el producto terminado, y como se mencionó antes, al omitir el surfactante y el Co-dispersante las viscosidades no son aceptables para el producto terminado. Para la pintura C y D los costos sin surfactante se reducen en 10.99 % y 14.84 % respectivamente, por lo que es recomendable realizar otras pruebas subiendo el % de sólidos o aumentando la cantidad de espesantes, siempre teniendo en cuenta no elevar demasiado los costos.

ÍNDICE

Resumen	vi
Índice figuras	x
Índice gráfica	x
Índice tablas	xi
I. Introducción	1
II. Antecedentes	
1. Introducción a la reología	3
1.1 Esfuerzo de corte	3
1.2 Velocidad de corte	4
1.3 Viscosidad	4
2. Fluidos newtonianos y fluidos no newtonianos	5
2.1 Flujo dilatante	6
2.2 Flujo pseudoplástico	6
2.3 Flujo de Bingham	6
3. Pinturas látex	19
3.1 Compuestos de pinturas de látex	19
3.1.1 Emulsivos	19
3.1.2 Estabilizantes	20
3.1.3 Conservativos	20
3.1.4 Materia volátil	20
3.1.5 Agentes de dispersión para pigmentos	20
3.1.6 Espesadores	21
3.1.7 Rompedores de espuma	21
3.1.8 Tipos de pigmentos	21
3.2 Formulación de pinturas	22
3.3 Procedimientos de producción	22
4. Resumen de datos medibles característicos de un producto	24
4.1 Aspecto	24
4.2 Color	24
4.3 Viscosidad	24
4.4 Porcentaje de sólidos	24
4.5 Secado	24
4.5.1 Secado al tacto	25
4.5.2 Secado no pegajoso	25

4.5.3 Secado total	25
4.6 Sólidos en volumen	25
4.7 Rendimiento teórico	25
4.8 Espesor de película	25
4.9 Cantidad de pintura necesaria	26
5. Aditivos reológicos (espesantes)	26
5.1 Comparación de la eficiencia de espesantes asociativos y no asociativos	28
5.2 Eteres de celulosa (celulósicos)	29
5.2.1 Degradación de los éteres de celulosa en pinturas	31
5.2.1.1 Mecanismos de las celulazas	32
5.2.1.2 Potencial de óxido/reducción	32
5.3 Espesantes de poliuretanos	33
5.4 Los factores de influencia	34
5.5 Las pinturas a la dispersión	34
III. Justificación	36
IV. Objetivos	38
V. Problema a resolver	39
VI. Metodología	40
VII. Resultados	42
VIII. Discusión de resultados	52
IX. Conclusiones	58
X. Recomendaciones	60
XI. Bibliografía	61
XII. Anexos	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura No. 1	Esfuerzo de cizalla	3
Figura No. 2	Gráfica de esfuerzo de corte vrs velocidad de corte No.1	5
Figura No. 2.1	Gráfica de esfuerzo de corte vrs velocidad de corte No. 2	6
Figura No. 3	Gráfica de la viscosidad aparente	7
Figura No. 4	Gradiente de velocidad	7
Figura No. 5	Gráfica del empaquetamiento	8
Figura No. 6	Comportamiento pseudoplástico	9
Figura No. 7	Ruptura de aglomerados	10
Figura No. 8	Tixotropía	10
Figura No. 9	Campo de flujo elongacional	11
Figura No. 10	Geometrías comunes de los reómetros	12
Figura No. 11	Comparaciones de los reómetros	13
Figura No. 12	Gráfica del comportamiento newtoniano	14
Figura No. 13	Gráfica de entendedores	15
Figura No. 14	Alojamiento de las partículas	15
Figura No. 15	Efecto de la viscosidad con el tamaño de partícula	16
Figura No. 16	Gráfica del efecto de los espesantes sobre la viscosidad	16
Figura No. 17	Efectos de la viscosidad en distintos tipos de pinturas	18

ÍNDICE GRÀFICAS

Gráfica No. 1	Pintura A sin surfactante	42
Gráfica No. 2	Pintura A sin co-dispersante	43
Gráfica No. 3	Pintura B sin surfactante	43
Gráfica No. 4	Pintura B sin co-dispersante	44
Gráfica No. 5	Pintura C sin surfactante	44
Gráfica No. 6	Pintura C sin co-dispersante	45
Gráfica No. 7	Pintura D sin surfactante	45
Gráfica No. 8	Pintura D sin co-dispersante	46
Gráfica No. 9	Comparación porcentaje de sólidos de las pinturas con la mezcla de espesantes propuesta vrs pinturas sin surfactante	46
Gráfica No. 10	Comparación porcentaje de sólidos de las pinturas con la mezcla de espesantes propuesta vrs pinturas sin co-dispersante	47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla No. 1	Espesantes orgánicos e inorgánicos	27
Tabla No. 2	Comparación de la eficacia de los espesantes	29
Tabla No. 3	Eteres de celulosa	30
Tabla No. 4	Comparación espesantes celulósico y de poliuretano	35
Tabla No. 5	Porcentaje sólidos en las cuatro pinturas látex	42
Tabla No. 6	Costos para la pintura A	48
Tabla No. 7	Costos para la pintura B	49
Tabla No. 8	Costos para la pintura C	50
Tabla No. 9	Costos para la pintura D	51
Tabla No. 10	Cambios en el proceso de fabricación	51
Tabla No. 11	Fórmula actual del a pintura A	63
Tabla No. 12	Fórmula actual de la pintura B	64
Tabla No. 13	Fórmula actual de la pintura C	65
Tabla No. 14	Fórmula actual de la pintura D	66
Tabla No. 15	Fórmula para la pintura A con 0.5% de espesante de celulósico	67
Tabla No. 16	Fórmula para la pintura A con 0.2% de espesante celulósico y 0.3% de espesante de poliuretano	68
Tabla No. 17	Fórmula para la pintura A con 0.9% de espesante de poliuretano	69
Tabla No. 18	Fórmula para la pintura A con 0.5% de espesante celulósico sin surfactante	70
Tabla No. 19	Fórmula para la pintura A con 0.2% de espesante celulósico y 0.3% de espesante de poliuretano sin surfactante	71
Tabla No. 20	Fórmula para la pintura A con 0.9% de espesante de poliuretano sin surfactante	72
Tabla No. 21	Fórmula para la pintura A con 0.5% de espesante celulósico sin co-dispersante	73
Tabla No. 22	Fórmula para la pintura A con 0.2% de espesante celulósico y 0.3% de espesante de poliuretano sin co-dispersante	74
Tabla No. 23	Fórmula para la pintura A con 0.9% de espesante de poliuretano sin co-dispersante	75
Tabla No. 24	Fórmula para la pintura B con 0.5% de espesante de celulósico	76
Tabla No. 25	Fórmula para la pintura B con 0.2% de espesante celulósico y 0.3% de espesante de poliuretano	77

Tabla No. 26 Fórmula para la pintura B con 0.9% de espesante de poliuretano	78
Tabla No. 27 Fórmula para la pintura B con 0.5% de espesante celulósico sin surfactante	79
Tabla No. 28 Fórmula para la pintura B con 0.2% de espesante celulósico y 0.3% de espesante de poliuretano sin surfactante	80
Tabla No. 29 Fórmula para la pintura B con 0.9% de espesante de poliuretano sin surfactante	81
Tabla No. 30 Fórmula para la pintura B con 0.5% de espesante celulósico sin co-dispersante	82
Tabla No. 31 Fórmula para la pintura B con 0.2% de espesante celulósico y 0.3% de espesante de poliuretano sin co-dispersante	83
Tabla No. 32 Fórmula para la pintura B con 0.9% de espesante de poliuretano sin co-dispersante	84
Tabla No. 33 Fórmula para la pintura C con 0.5% de espesante de celulósico	85
Tabla No. 34 Fórmula para la pintura C con 0.2% de espesante celulósico y 0.3% de espesante de poliuretano	86
Tabla No. 35 Fórmula para la pintura C con 0.9% de espesante de poliuretano	87
Tabla No. 36 Fórmula para la pintura C con 0.5% de espesante celulósico sin surfactante	88
Tabla No. 37 Fórmula para la pintura C con 0.2% de espesante celulósico y 0.3% de espesante de poliuretano sin surfactante	89
Tabla No. 38 Fórmula para la pintura C con 0.9% de espesante de poliuretano sin surfactante	90
Tabla No. 39 Fórmula para la pintura C con 0.5% de espesante celulósico sin co-dispersante	91
Tabla No. 40 Fórmula para la pintura C con 0.2% de espesante celulósico y 0.3% de espesante de poliuretano sin co-dispersante	92
Tabla No. 41 Fórmula para la pintura C con 0.9% de espesante de poliuretano sin co-dispersante	93
Tabla No. 42 Fórmula para la pintura D con 0.5% de espesante de celulósico	94
Tabla No. 43 Fórmula para la pintura D con 0.2% de espesante celulósico y 0.3% de espesante de poliuretano	95
Tabla No. 44 Fórmula para la pintura D con 0.9% de espesante de poliuretano	96
Tabla No. 45 Fórmula para la pintura D con 0.5% de espesante celulósico sin surfactante	97

Tabla No. 46 Fórmula para la pintura D con 0.2% de espesante celulósico y 0.3% de espesante de poliuretano sin surfactante	98
Tabla No. 47 Fórmula para la pintura D con 0.9% de espesante de poliuretano sin surfactante	99
Tabla No. 48 Fórmula para la pintura D con 0.5% de espesante celulósico sin co-dispersante	100
Tabla No. 49 Fórmula para la pintura D con 0.2% de espesante celulósico y 0.3% de espesante de poliuretano sin co-dispersante	101
Tabla No. 50 Fórmula para la pintura D con 0.9% de espesante de poliuretano sin co-dispersante	102
Tabla No. 51 Preparación de 7.5 litros de pintura A propuesta	102
Tabla No. 52 Preparación de 7.5 litros de pintura A sin surfactante	102
Tabla No. 53 Preparación de 7.5 litros de pintura A sin co-dispersantes	103
Tabla No. 54 Preparación de 7.5 litros de pintura B propuesta	103
Tabla No. 55 Preparación de 7.5 litros de pintura B sin surfactante	103
Tabla No. 56 Preparación de 7.5 litros de pintura B sin co-dispersantes	103
Tabla No. 57 Preparación de 7.5 litros de pintura C propuesta	103
Tabla No. 58 Preparación de 7.5 litros de pintura C sin surfactante	104
Tabla No. 59 Preparación de 7.5 litros de pintura C sin co-dispersantes	104
Tabla No. 60 Preparación de 7.5 litros de pintura D propuesta	104
Tabla No. 61 Preparación de 7.5 litros de pintura D sin surfactante	104
Tabla No. 62 Preparación de 7.5 litros de pintura D sin co-dispersantes	104
Tabla No. 63 Completación de 1.9 litros de pintura A con 0.5% de espesante celulósico	105
Tabla No. 64 Completación de 1.9 litros de pintura A con 0.2% de espesante celulósico y 0.3% de espesante de poliuretano	105
Tabla No. 65 Completación de 1.9 litros de pintura A con 0.9% de espesante de poliuretano	105
Tabla No. 66 Completación de 1.9 litros de pintura A con 0.5% de espesante celulósico sin surfactante	106
Tabla No. 67 Completación de 1.9 litros de pintura A con 0.2% de espesante celulósico y 0.3% de espesante de poliuretano sin surfactante	106
Tabla No. 68 Completación de 1.9 litros de pintura A con 0.9% de espesante de poliuretano sin surfactante	106

Tabla No. 69 Completación de 1.9 litros de pintura A con 0.5% de espesante celulósico sin co-dispersante	107
Tabla No. 70 Completación de 1.9 litros de pintura A con 0.2% de espesante celulósico y 0.3% de espesante de poliuretano sin co-dispersante	107
Tabla No. 71 Completación de 1.9 litros de pintura A con 0.9% de espesante de poliuretano sin co-dispersante	107
Tabla No. 72 Completación de 1.9 litros de pintura B con 0.5% de espesante celulósico	108
Tabla No. 73 Completación de 1.9 litros de pintura B con 0.2% de espesante celulósico y 0.3% de espesante de poliuretano	108
Tabla No. 74 Completación de 1.9 litros de pintura B con 0.9% de espesante de poliuretano	108
Tabla No. 75 Completación de 1.9 litros de pintura B con 0.5% de espesante celulósico sin surfactante	109
Tabla No. 76 Completación de 1.9 litros de pintura B con 0.2% de espesante celulósico y 0.3% de espesante de poliuretano sin surfactante	109
Tabla No. 77 Completación de 1.9 litros de pintura B con 0.9% de espesante de poliuretano sin surfactante	109
Tabla No. 78 Completación de 1.9 litros de pintura B con 0.5% de espesante celulósico sin co-dispersante	110
Tabla No. 79 Completación de 1.9 litros de pintura B con 0.2% de espesante celulósico y 0.3% de espesante de poliuretano sin co-dispersante	110
Tabla No. 80 Completación de 1.9 litros de pintura B con 0.9% de espesante de poliuretano sin co-dispersante	110
Tabla No. 81 Completación de 1.9 litros de pintura C con 0.5% de espesante celulósico	111
Tabla No. 82 Completación de 1.9 litros de pintura C con 0.2% de espesante celulósico y 0.3% de espesante de poliuretano	111
Tabla No. 83 Completación de 1.9 litros de pintura C con 0.9% de espesante de poliuretano	111
Tabla No. 84 Completación de 1.9 litros de pintura C con 0.5% de espesante celulósico sin surfactante	112
Tabla No. 85 Completación de 1.9 litros de pintura C con 0.2% de espesante celulósico y 0.3% de espesante de poliuretano sin surfactante	112

Tabla No. 86 Completación de 1.9 litros de pintura C con 0.9% de espesante de poliuretano sin surfactante	112
Tabla No. 87 Completación de 1.9 litros de pintura C con 0.5% de espesante celulósico sin co-dispersante	113
Tabla No. 88 Completación de 1.9 litros de pintura C con 0.2% de espesante celulósico y 0.3% de espesante de poliuretano sin co-dispersante	113
Tabla No. 89 Completación de 1.9 litros de pintura C con 0.9% de espesante de poliuretano sin co-dispersante	113
Tabla No. 90 Completación de 1.9 litros de pintura D con 0.5% de espesante celulósico	114
Tabla No. 91 Completación de 1.9 litros de pintura D con 0.2% de espesante celulósico y 0.3% de espesante de poliuretano	114
Tabla No. 92 Completación de 1.9 litros de pintura D con 0.9% de espesante de poliuretano	114
Tabla No. 93 Completación de 1.9 litros de pintura D con 0.5% de espesante celulósico sin surfactante	115
Tabla No. 94 Completación de 1.9 litros de pintura D con 0.2% de espesante celulósico y 0.3% de espesante de poliuretano sin surfactante	115
Tabla No. 95 Completación de 1.9 litros de pintura D con 0.9% de espesante de poliuretano sin surfactante	115
Tabla No. 96 Completación de 1.9 litros de pintura D con 0.5% de espesante celulósico sin co-dispersante	116
Tabla No. 97 Completación de 1.9 litros de pintura D con 0.2% de espesante celulósico y 0.3% de espesante de poliuretano sin co-dispersante	116
Tabla No. 98 Completación de 1.9 litros de pintura D con 0.9% de espesante de poliuretano sin co-dispersante	116
Tabla No. 99 Viscosidades medidas para la pintura A	117
Tabla No. 100 Viscosidades medidas para la pintura B	117
Tabla No. 101 Viscosidades medidas para la pintura C	117
Tabla No. 102 Viscosidades medidas para la pintura D	118

I. INTRODUCCIÓN

Las pinturas plásticas o látex (pinturas a la dispersión) para aplicaciones al interior representan el mayor segmento del mercado de sistemas de recubrimiento que utilizan dispersiones como ligante. En ellas, los aditivos reológicos son uno de los componentes más importantes. Desde hace mucho tiempo, los éteres de celulosa se han utilizado como espesantes base para pinturas plásticas. Y desde hace unos años, los espesantes de poliuretano (espesantes PUR) han ganado importancia. Ambos grupos de productos se complementan en sus propiedades de tal modo, que por su empleo combinado, las características de las pinturas plásticas pueden ajustarse de manera óptima.

Los espesantes PUR, activos por asociación, ofrecen ventajas respecto a la extensibilidad y el alisado, la absorción de pigmentos y la brochabilidad de las pinturas. Por medio de los éteres de celulosa puede mejorarse la estabilidad, es decir, impedir la sedimentación de los pigmentos y la sinéresis (formación de suero), así como, prolongar el tiempo abierto (tiempo en mantener un bote abierto sin que seque la pintura).

Por la combinación de los éteres de celulosa y los espesantes PUR se pueden compensar ampliamente las alteraciones de la viscosidad causadas por disolventes o agentes tensoactivos.

Las pinturas y lacas diluibles con agua son sistemas complicados de fase múltiple, cuyas propiedades de aplicación técnica no sólo dependen de la proporción y las propiedades de cada uno de los componentes, sino también de las mutuas interacciones entre ellos. Este hecho se pone de manifiesto de manera especial en el ajuste del comportamiento del flujo de los sistemas de pinturas acuosos, a los cuales, según fuere el campo de aplicación, se les plantea exigencias muy variadas.

El comportamiento de flujo de sistemas de pinturas acuosos depende por tanto de una serie de factores, que se refieren tanto a la fase dispersa sólido o líquida como al medio o fase continua; una selección representativa de tales parámetros se menciona a continuación:

Factores de influencia:

- Fase dispersa (proporción en volumen, tamaño y distribución de las partículas, grado de dispersión)
- Medio (agua, disolvente)
- Temperatura
- Aditivos

No solamente la cantidad absoluta de partículas dispersas, sino también su tamaño de partícula y distribución de tamaño de partícula, influyen en el comportamiento reológico de las pinturas. Con proporción en volumen igual, la viscosidad crece al reducirse el diámetro medio de las partículas, siempre bajo la suposición de que en cada caso todas las partículas son de tamaño similar. En sistemas reales, pero, este no es el caso; se componen generalmente de un abanico mas o menos amplio de tamaños de partícula. La fluidez del sistema total depende esencialmente de cómo se complementan mudamente estas partículas individuales de forma que se consiga en lo posible un relleno óptimo del volumen total. Así, puede ocurrir que, a igual contenido en volumen, combinaciones de partículas gruesas y finas (carga/pigmento) muestren una viscosidad inferior a dispersiones de partícula gruesa. Las partículas finas, en este caso, se sitúan en los espacios entre las partuelas gruesas produciendo así un mejor relleno del espacio. La consecuencia es una fluidez mejorada del sistema completo.

Otros parámetros, cuya variación tiene influencia sobre el comportamiento reológico de pinturas, son los siguientes: pH, temperatura, condiciones de fabricación, almacenaje, agentes auxiliares como cosolventes y agentes coalescentes, etc. Muy importante, como ya se ha dicho, es la influencia de diferentes aditivos, como dispersantes, humectantes y alicantes y/o aditivos reológicos.

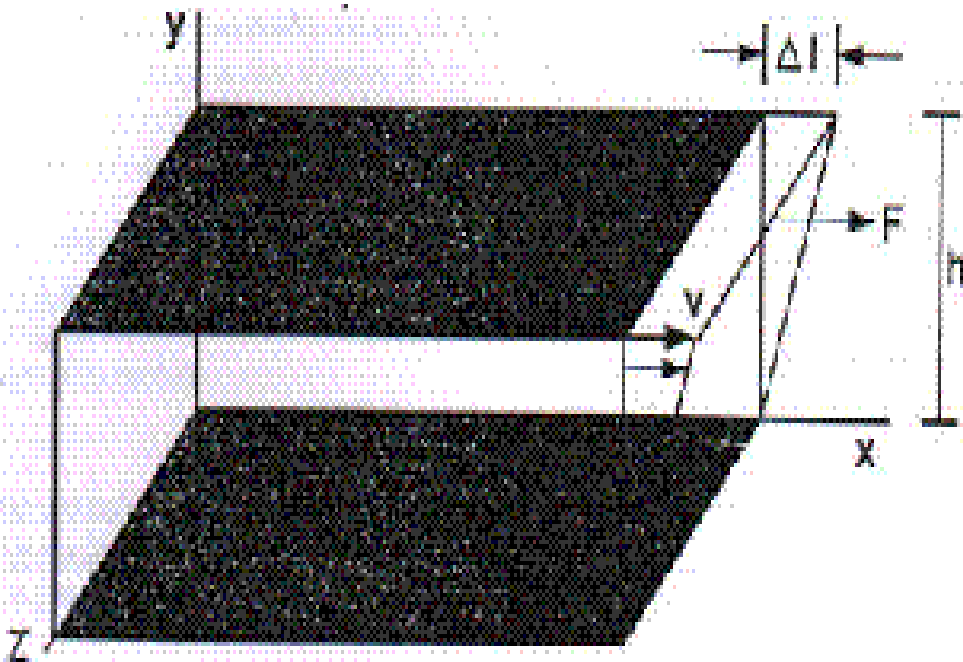
II. ANTECEDENTES

1. Introducción a la reología

La reología se define como la ciencia que estudia la deformación y el flujo de la materia. Es decir, cómo responde un material a la fuerza. Por ejemplo, la miel podrá fluir a través del orificio de un embudo de vidrio, pero esto no ocurrirá con la mayonesa.

La reología provee las herramientas para entender estos comportamientos diferentes. La figura siguiente muestra un fluido sometido a una deformación simple entre dos platos paralelos. El plato inferior es estacionario, mientras que el plato superior se mueve a una velocidad v como consecuencia de una fuerza F aplicada al mismo. (Internet, 1)

Figura No. 1



El movimiento del plato establece un gradiente de velocidad en el fluido. Esta geometría puede ser usada para definir algunos parámetros reológicos tales como:

1.1 Esfuerzo de corte o cizalla (τ): Se define como la fuerza por unidad de área necesaria para alcanzar una dada deformación. Las unidades de esta magnitud son Din / cm^2 . (Internet, 1)

$$t = \frac{F \text{ (Fuerza)}}{A \text{ (Area)}} = \frac{\text{Newton}}{\text{m}^2}$$

1.2 Velocidad de Corte o Cizalla (γ): Se define como el cambio de velocidad v a través de la distancia h entre los dos platos. Las unidades son 1/segundo. La velocidad de corte se incrementa a medida que la velocidad del plato superior aumenta y la distancia entre los dos platos se hace más pequeña. (Internet, 1)

$$\gamma = \frac{dv}{dh} = \frac{\text{cm/s}}{\text{cm}} = \text{s}^{-1}$$

El fluido entre los platos resiste el movimiento del plato superior y esta resistencia al flujo es determinada por la viscosidad del fluido (η). (Internet, 1)

El campo de baja velocidad de cizalla de $< 1 \text{ s}^{-1}$ se presenta durante el almacenaje y el transporte de las pinturas; es también el espacio de tiempo en el cual tiene lugar la sedimentación de las partículas. Pero también durante la aplicación de los sistemas de pintura, juegan un papel importante en la zona de baja velocidad de cizalla ($< 1 \text{ s}^{-1}$), concretamente en el alisado o extensibilidad y en el descuelgue.

La consistencia de las pinturas en los envases se caracteriza por el campo de velocidad de cizalla de aproximadamente 5 a 100 s^{-1} . A continuación, sigue la zona de la fabricación y aplicación de pinturas, muy ancha y que, según las condiciones, puede extenderse desde 100 hasta $40,000 \text{ s}^{-1}$.

Las técnicas típicas de aplicación como pistola, brocha, rodillo y máquina de rodillo quedan en lo más alto de las velocidades de cizalla, de aproximadamente 5,000 hasta $40,000 \text{ s}^{-1}$. (Mueller, 1997)

1.3 Viscosidad (η): Se define como la relación entre el esfuerzo de corte aplicado y la velocidad de corte adoptada por el fluido. La viscosidad en el sistema de unidades cgs se expresa en Poise. (Internet, 1)

$$\eta \text{ (viscosidad)} = \frac{t \text{ (Esfuerzo de corte)}}{\gamma \text{ (Velocidad de corte)}} = \text{Poise o Pas}$$

La viscosidad en la fabricación de pinturas de látex es medida en unidades Krebs.

Existen dos tipos diferentes de comportamientos reológicos bien marcados:

2. Fluidos newtonianos y fluidos no newtonianos.

En el primero la viscosidad es constante independientemente del esfuerzo del corte al cual se somete el fluido. y en el segundo la viscosidad depende del esfuerzo del corte aplicado. Un gráfico de esfuerzo de corte o viscosidad en función de la velocidad de corte se conoce como reograma.

El reograma para un fluido newtoniano es una línea recta cuya pendiente es la viscosidad. La mayoría de los materiales con alguna significancia industrial son no newtonianos. Hay varios tipos de comportamientos no newtoniano. (Internet, 1)

Figura No. 2

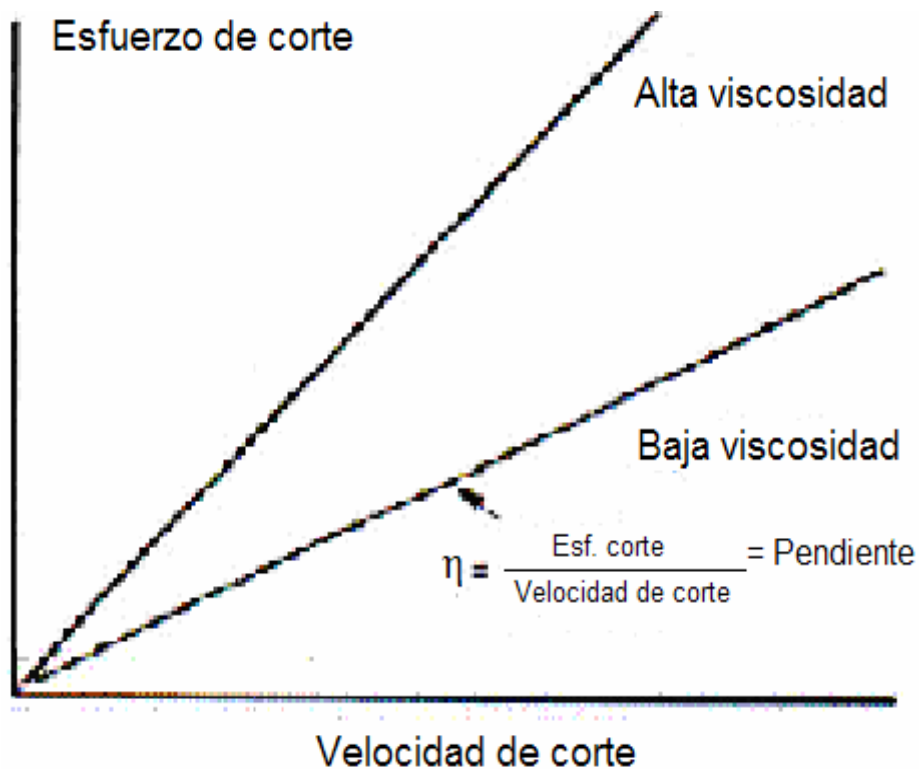
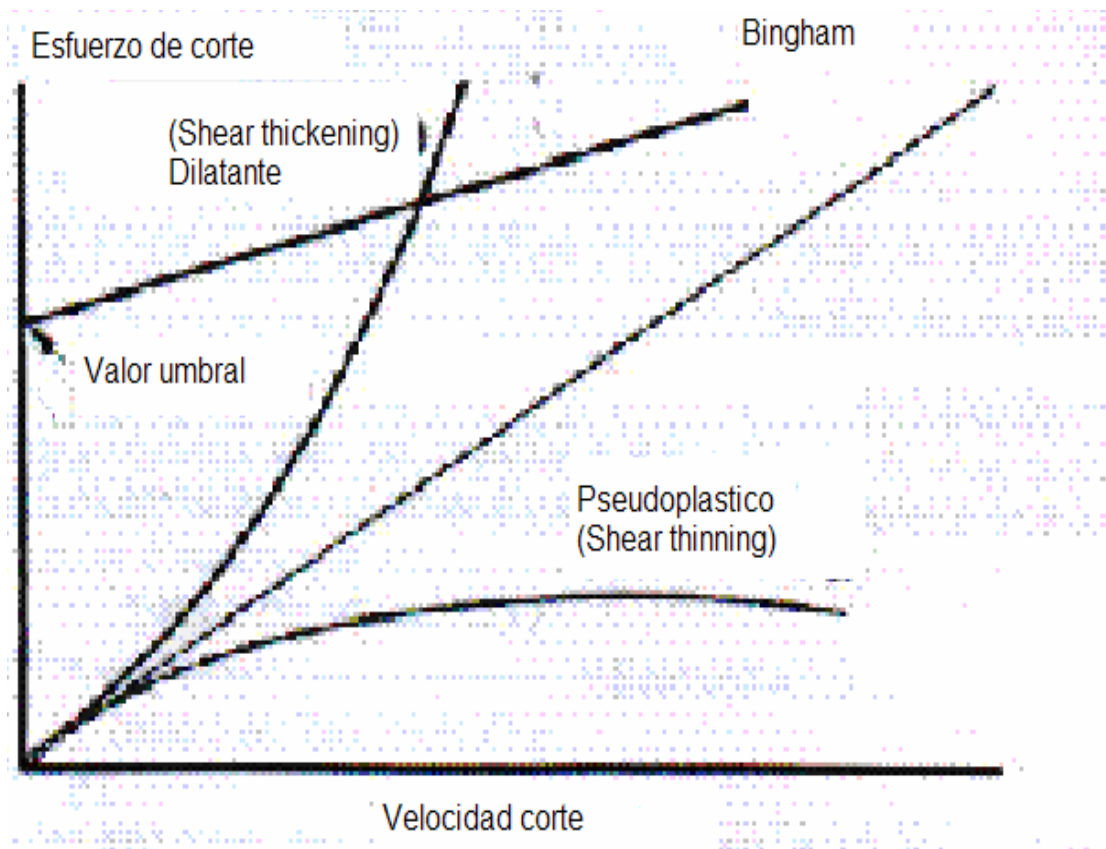


Figura No. 2.1



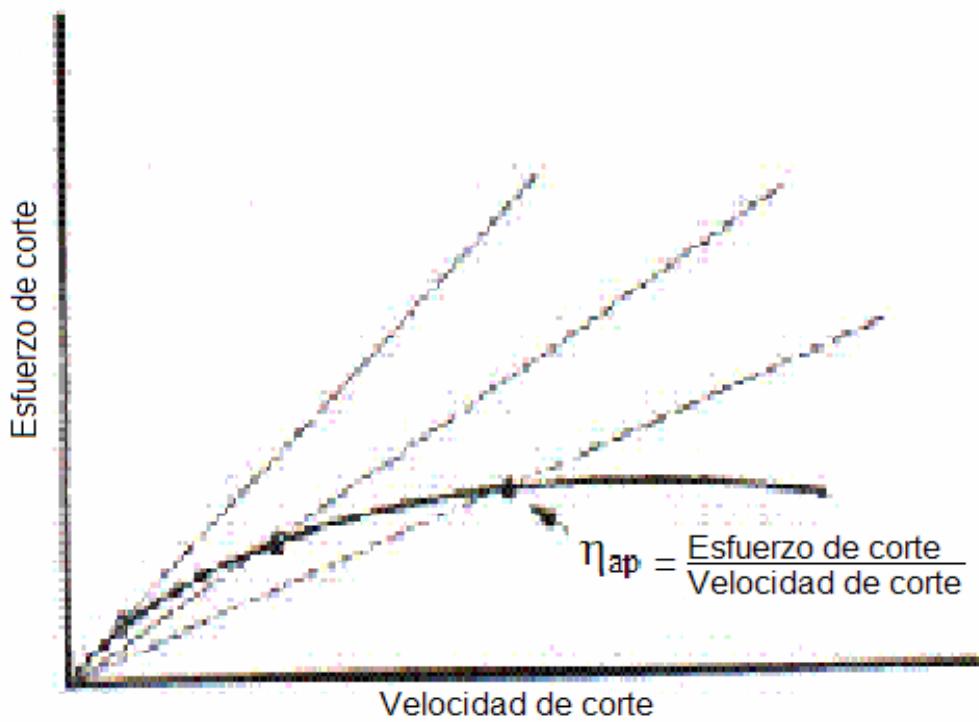
2.1 Flujo dilatante: La viscosidad aumenta a medida que aumenta el esfuerzo de corte al cual es sometido el fluido. (Internet, 1)

2.2 Flujo pseudoplástico: Se caracteriza porque la viscosidad se reduce al crecer la velocidad de cizalla para luego, al cesar el esfuerzo exterior, recuperar el valor original, inmediatamente (pseudoplástico) o con un tiempo de retraso (tixotrópico). (Mueller, 1997)

2.3 Flujo de Bingham o plástico: El producto presenta un valor umbral de esfuerzo de corte (τ_y), el cual es necesario superar para que el fluido se ponga en movimiento.

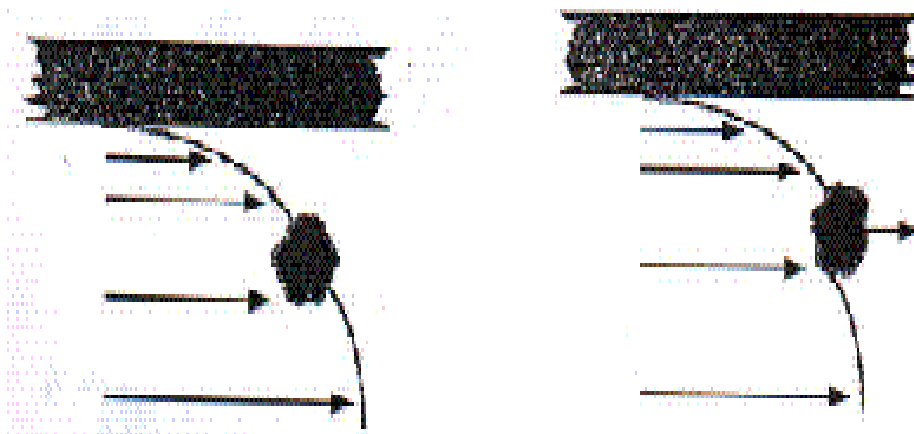
Es necesario definir el concepto de **viscosidad aparente** (η_{ap}): Esto se ejemplifica en la figura donde se ve que a medida que la velocidad de corte aumenta, la pendiente de la línea de viscosidad aparente disminuye indicando una disminución en la misma. (Internet, 1)

Figura No. 3



En gran medida la razón para un comportamiento no newtoniano se debe a la presencia de partículas en la formulación de pintura. La figura muestra el flujo de una partícula sometida a un esfuerzo de corte. El campo de corte generado en el fluido establece un gradiente de velocidad a través de la partícula. Sin embargo, siendo rígida la partícula puede moverse a través del fluido sólo a una única velocidad. Por esta razón, el gradiente de velocidad generado en el fluido provoca la rotación de la partícula. (Internet, 1)

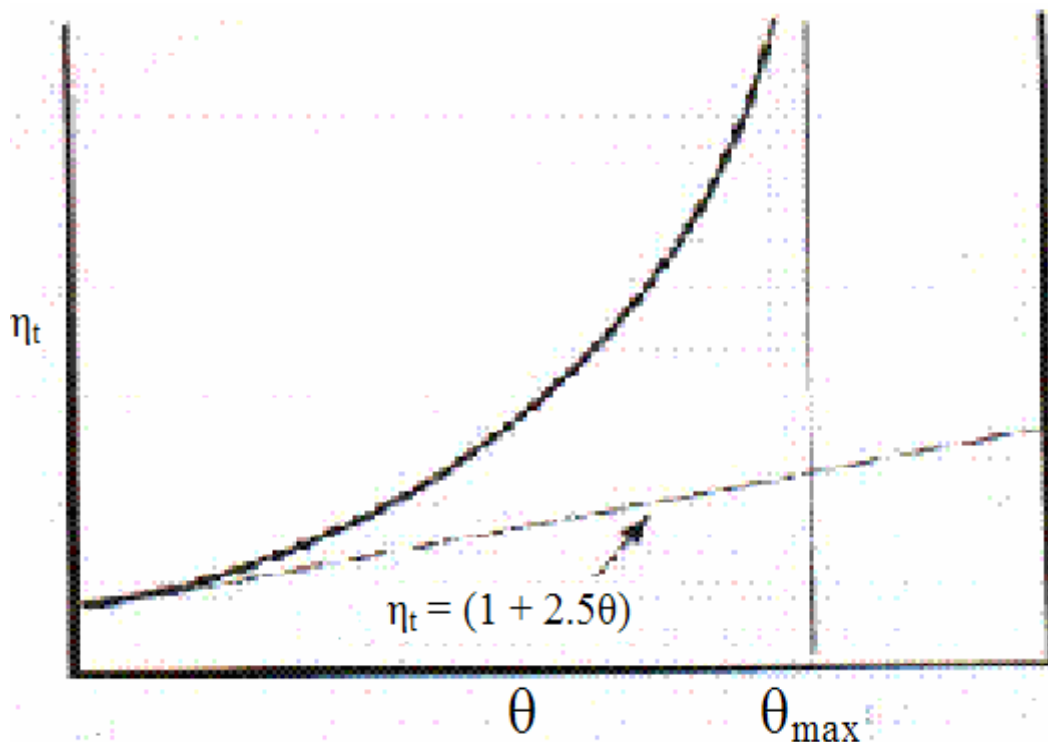
Figura No. 4



La energía usada para rotar la partícula disminuye la energía disponible para la fluencia del líquido. Por lo tanto, la presencia de la partícula causa un incremento en la viscosidad del fluido. Lo cual significa que se necesita mayor fuerza para alcanzar la misma fluencia que se alcanzaría en el líquido sin partículas. La viscosidad relativa de una suspensión (η_r) se define como la relación entre la viscosidad de la suspensión y la viscosidad del medio en el cual se encuentra la suspensión. ($\eta_r = \eta_{ap} / \eta_s$). (Internet, 1)

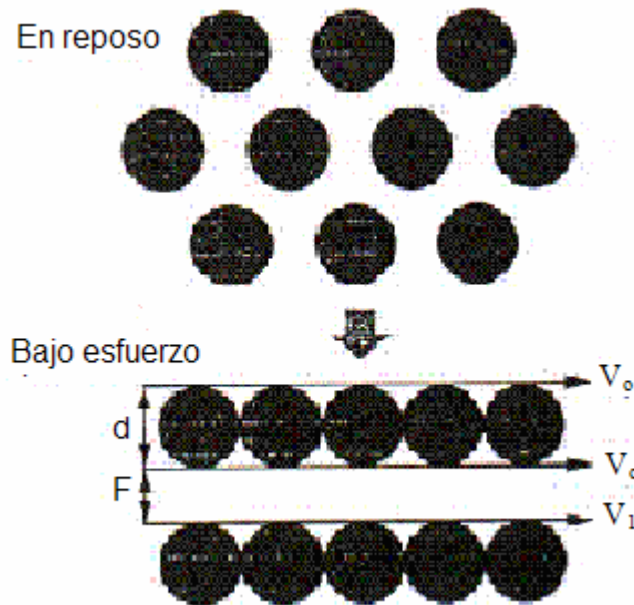
Einstein mostró que la viscosidad relativa de las suspensiones es igual a $1 + 2.5\phi$ donde ϕ es la fracción volumétrica de sólidos. Esta relación es precisa para fracciones de volumen de sólidos de hasta 0.1. Para fracciones mayores la interacción entre las partículas provoca desviaciones hacia viscosidades más grandes. A medida que se agregan más partículas la suspensión se acerca al estado rígido donde disminuye el espacio disponible para el movimiento de las partículas. Como se puede observar en la figura siguiente, este fenómeno causa un incremento exponencial en la viscosidad a medida que la fracción de volumen se acerca a la fracción volumétrica de máximo empaquetamiento. (ϕ_{max}). (Internet, 1)

Figura No. 5



La fuente de comportamiento pseudoplástico de una suspensión se puede ver en la figura siguiente:

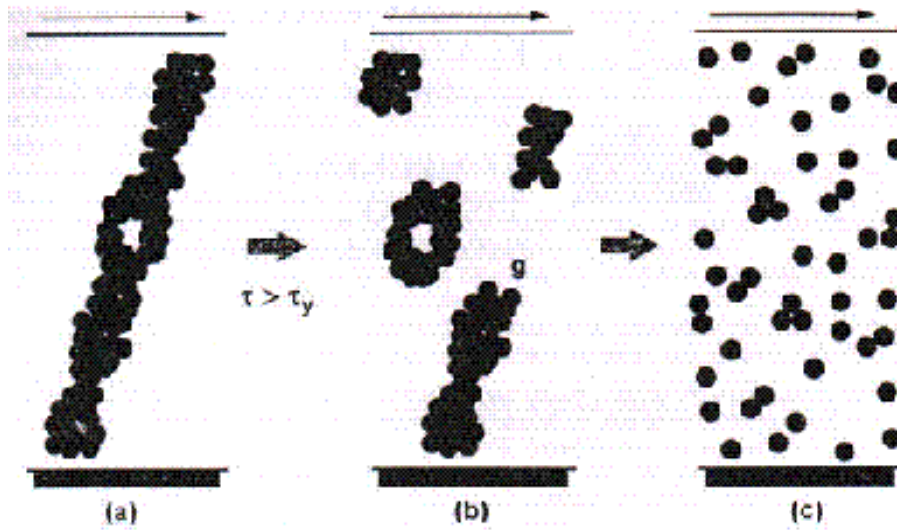
Figura No. 6



Cuando son sometidas a un esfuerzo de corte o cizallamiento las partículas se orientan por sí mismas en capas las cuales pueden fluir muy fácilmente causando una disminución de la viscosidad. Si las partículas interaccionan para formar grandes agregados se puede observar un comportamiento plástico. Esto significa que por debajo de una cierta fuerza de cizalla (τ) la suspensión se comporta como un sólido. A medida que la fuerza de cizalla aumenta la estructura interna del fluido se rompe y el sistema comienza a fluir. Mayores incrementos en la fuerza de cizalla causan la ruptura de aglomerados de partículas como se muestra en la figura. Este fenómeno aumenta la fracción de volumen de la suspensión y, por lo tanto, la viscosidad (comportamiento dilatante) Si las partículas interaccionan para formar grandes agregados se puede observar un comportamiento plástico.

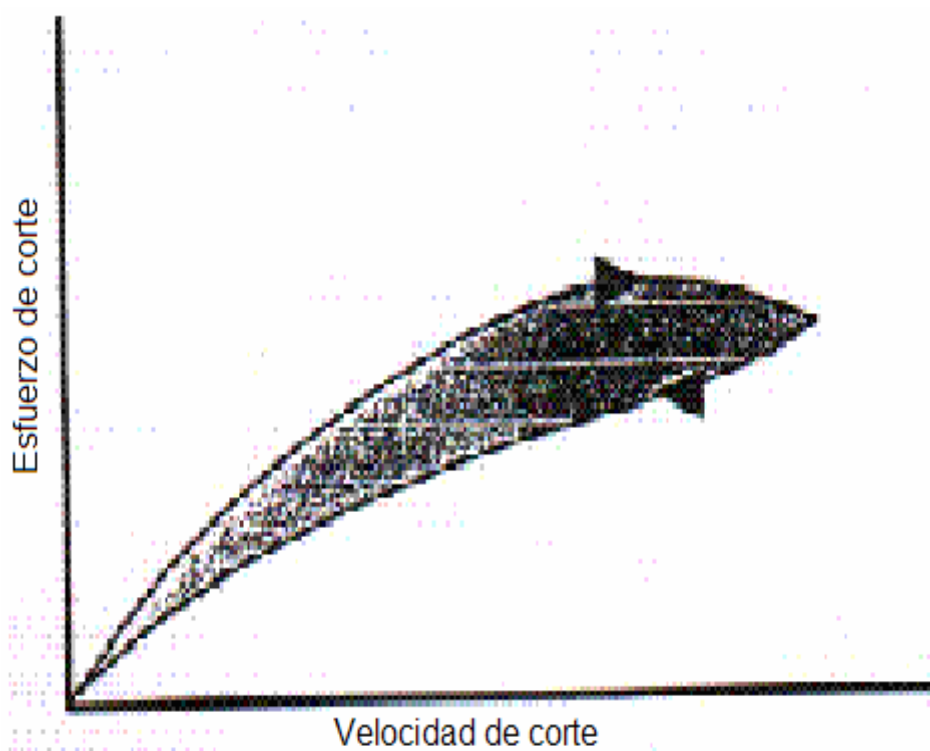
Esto significa que por debajo de una cierta fuerza de cizalla (τ) la suspensión se comporta como un sólido. A medida que la fuerza de cizalla aumenta la estructura interna del fluido se rompe y el sistema comienza a fluir. Mayores incrementos en la fuerza de cizalla causan la ruptura de aglomerados de partículas como se muestra en la figura. (Internet, 1)

Figura No. 7



Cuando las fuerzas responsables del movimiento cesan, el fluido puede exhibir tixotropía. Un sistema tixotrópico exhibe un descenso en viscosidad como consecuencia de la acción de una fuerza de cizalla como se puede ver en la figura siguiente. (Internet, 1)

Figura No. 8

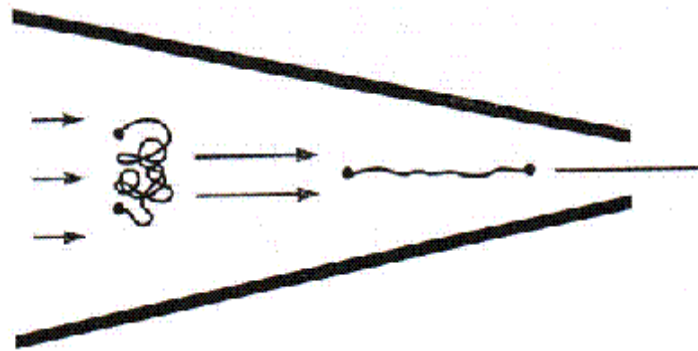


La asociación entre los componentes de una pintura influye marcadamente el comportamiento viscoelástico de la misma.

Los materiales viscoelásticos son aquellos que presentan un comportamiento dual. Esto significa que el material posee una componente elástica (como si fuera un sólido) y una componente de flujo

Los polímeros solubles tienen una gran influencia sobre las propiedades viscoelásticas como así también sobre la viscosidad elongacional o extensional de la pintura.

Figura No. 9



Un campo de flujo elongacional es aquel en el cual un material sufre una aceleración en la dirección del flujo, mientras que en un campo de flujo de corte los cambios en la velocidad del fluido se producen en una dirección perpendicular al flujo.

Una cadena polimérica sometida a un flujo elongacional será extendida en la dirección del flujo como se muestra en la figura de arriba. El estado normal de un polímero, el cual puede ser denominado estado de descanso es el de un ovillo de manera tal que se resiste a ser extendido por fuerzas aplicadas en el sentido del flujo causando un incremento en la viscosidad elongacional. (Internet, 1)

Se espera que las propiedades viscoelásticas jueguen un rol importante en propiedades tales como cuarteo de película, salpicado, rayado y piel de naranja. La viscosidad se mide utilizando instrumentos denominados reómetros o viscosímetros. Hay dos métodos para medir viscosidad. El primero es variar la deformación (velocidad

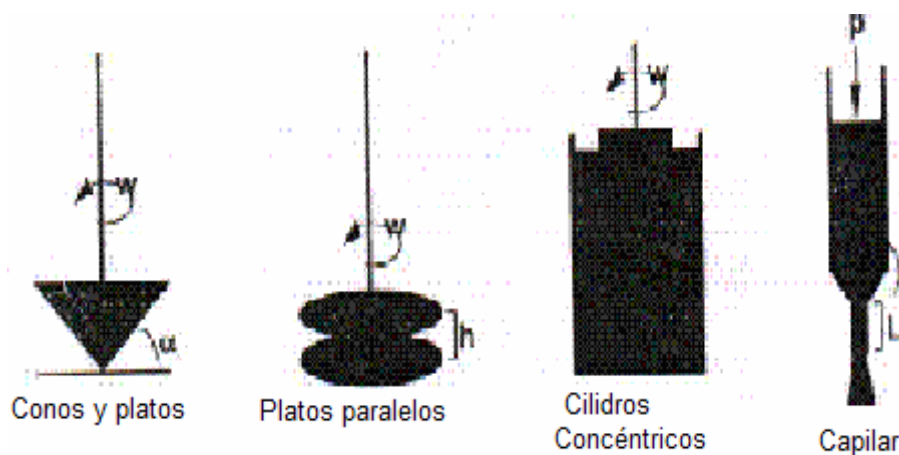
de corte) y medir la fuerza resultante. Este tipo de instrumentos se denominan “instrumentos de deformación controlada” y son los tipos más comunes de reómetros. (Internet, 1)

El segundo es aplicar una fuerza controlada a la muestra y medir la deformación resultante. Este tipo de instrumentos es de diseño más moderno y especial para mediciones a muy bajas velocidades de corte. (Internet, 1)

Los instrumentos para investigación y desarrollo poseen una geometría de corte controlada lo cual significa que la velocidad de corte puede ser controlada y variada para obtener datos de viscosidad a diferentes velocidades de corte. (Internet, 1)

Alguna de las geometrías comunes en este tipo de reómetros se puede ver en la figura No. 10. (Internet, 1)

Figura No. 10



El diseño de cono y plato se limita a valores bajos y medios de velocidad de corte (0.1 - 1000 1/s), mientras que el diseño de platos paralelos puede alcanzar velocidades de corte mayores. (20.000 - 30.000 1/s) Otra geometría común es la de cilindros concéntricos también conocida como de copa y aguja. (Internet, 1)

El rango de velocidad de corte cubierto por este tipo de equipos es muy amplio (0.01 -100.000 1/s). Un tipo diferente de reómetro es el capilar.

Los reómetros capilares permiten alcanzar velocidades de corte extremadamente altas (100.000 - 2.000.000 1/seg)

En pinturas, la formulación experimenta o sufre una variada gama de velocidades de corte, desde aquellas que son extremadamente pequeñas (sinéresis, nivelación) hasta las relacionadas con los diferentes tipos de aplicación (pincel, rodillo, spray, etc.) Esto nos indica que difícilmente podamos cubrir todo el rango de velocidades de corte utilizando sólo un reómetro. Los reómetros diferentes deben combinarse a los efectos de obtener todo el perfil reológico de la pintura. La tabla siguiente resume alguna de las características de los diferentes tipos de reómetros. (Internet, 1)

Figura No. 11

Nombre	Geometria	Vel. Corte (s⁻¹)
Brookfield	Disco rotativo	Indefinido (0.1-50)
Haake	Cono y platos	0.1 – 20,000
Physica	Platos paralelos	
Ferrandi-Shirley	Cilindros concéntricos	
Reometrics		
Hercules	Cilindros concéntricos	1,000 – 50,000
Antón Parr	Capilar	100,000 – 2,000,000
AGAV		
Eklund		

El reómetro Brookfield es ampliamente utilizado para mediciones a bajas velocidades de corte. Es económico, fácil de usar, pero no tiene una velocidad de corte definida. (Internet, 1)

En la figura No.11 podemos observar cómo datos de diferentes reómetros obtenidos sobre una misma pintura a diferentes velocidades de corte pueden ser combinados para dar una curva de flujo única.

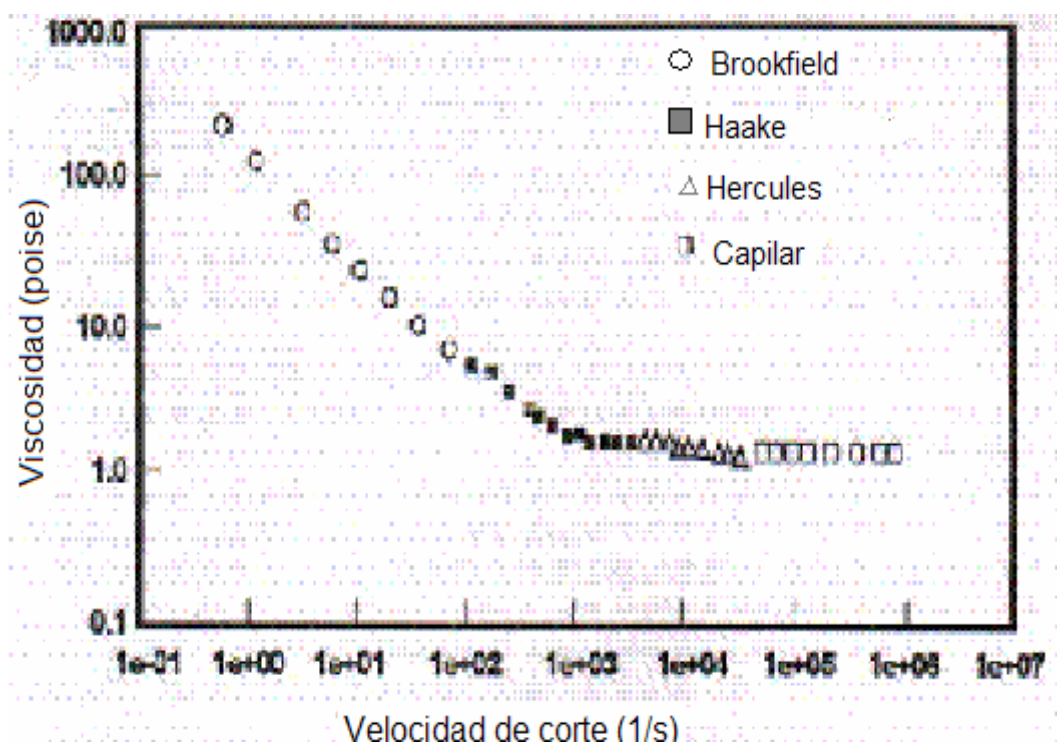
La velocidad de corte varía entre 0,5 y 1.000.000 1/s. Aquí, el reómetro

Brookfield fue usado para baja velocidad de corte, el reómetro Haake para velocidades de corte medias y el reómetro Hercules para velocidades de corte altas. Finalmente un reómetro capilar Antón Parr se usó para velocidades de corte extremadamente altas.

La figura No.12 muestra una pintura con muy alta viscosidad a baja velocidad de corte, lo cual indica una pobre nivelación y un comportamiento cercano al newtoniano a altas velocidades de corte.

El comportamiento pseudoplástico se debe a la ruptura de la estructura del compuesto a medida que se incrementa la velocidad de corte. Las partículas de pigmento se orientan en capas paralelas. Cuando este proceso se completa el fluido tiene un comportamiento muy cercano al newtoniano. (Internet, 1)

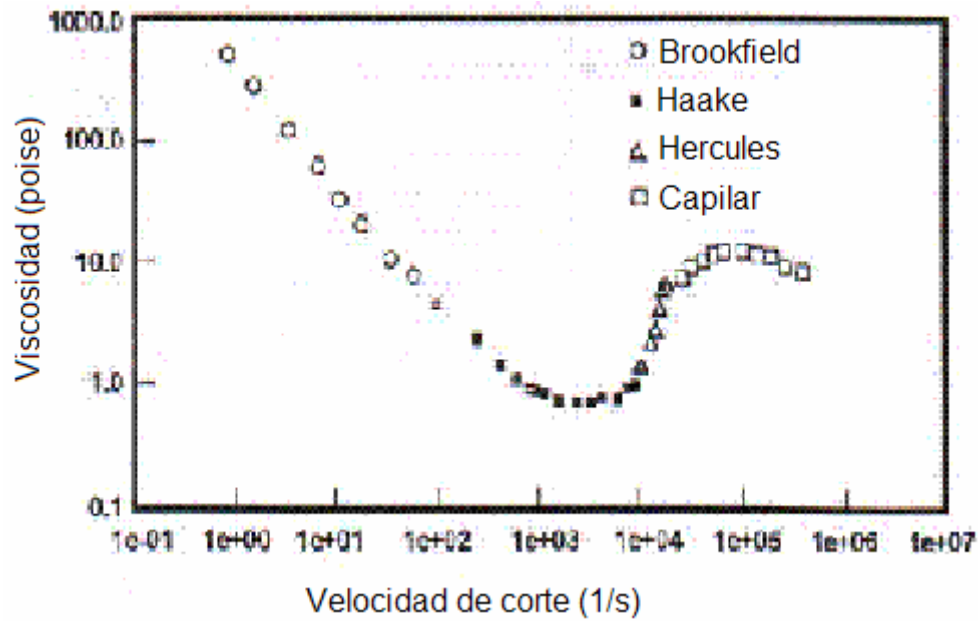
Figura No. 12



La figura siguiente ilustra un comportamiento dilatante para una formulación de pintura de altos sólidos conteniendo caolín deslaminado y calcinado en el paquete de extendedores. Este tipo de comportamiento es indeseable en pinturas. Un camino para reducir dilatancia en pinturas es la reducción de los sólidos, con lo cual se les da mayor espacio a las partículas para moverse. (Internet, 1)

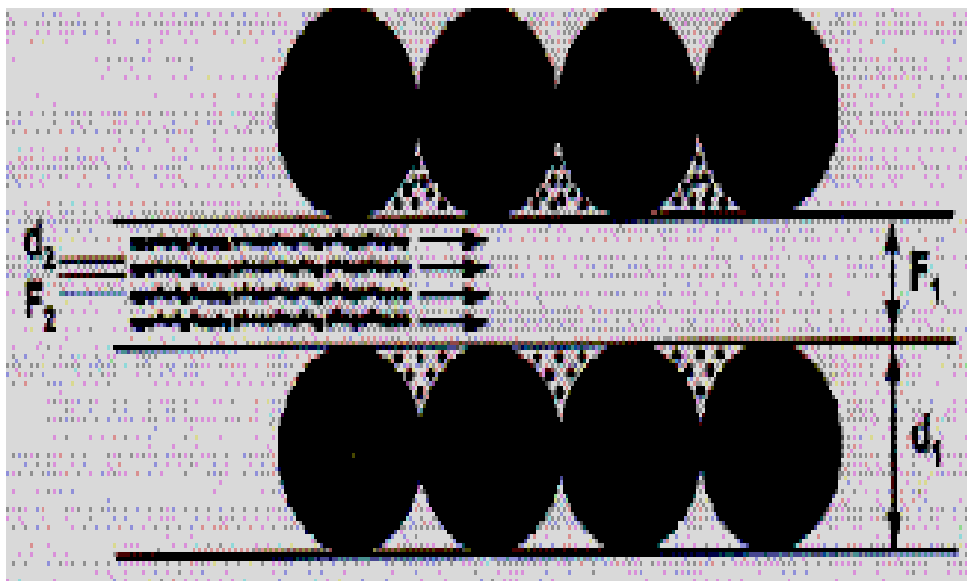
Otra forma de reducir este fenómeno indeseable es ampliar la distribución de tamaños de partícula en el paquete de extendedores. (Internet, 1)

Figura No.13



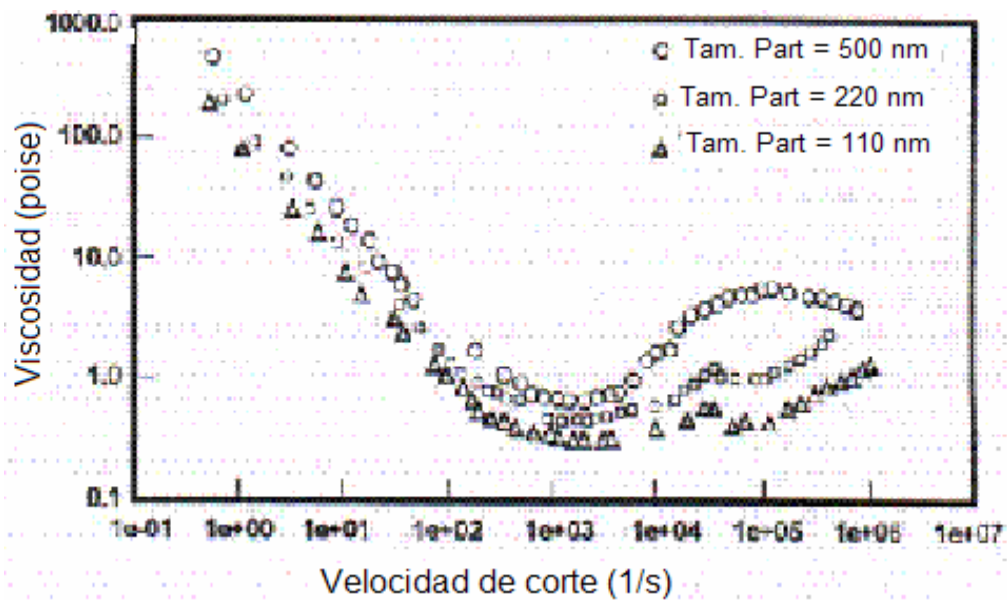
Aquí se ilustra este fenómeno donde se ve que partículas más pequeñas se alojan entre las partículas grandes actuando como rodamientos provocando la lubricación de las partículas grandes y favoreciendo el flujo. (Internet, 1)

Figura No. 14



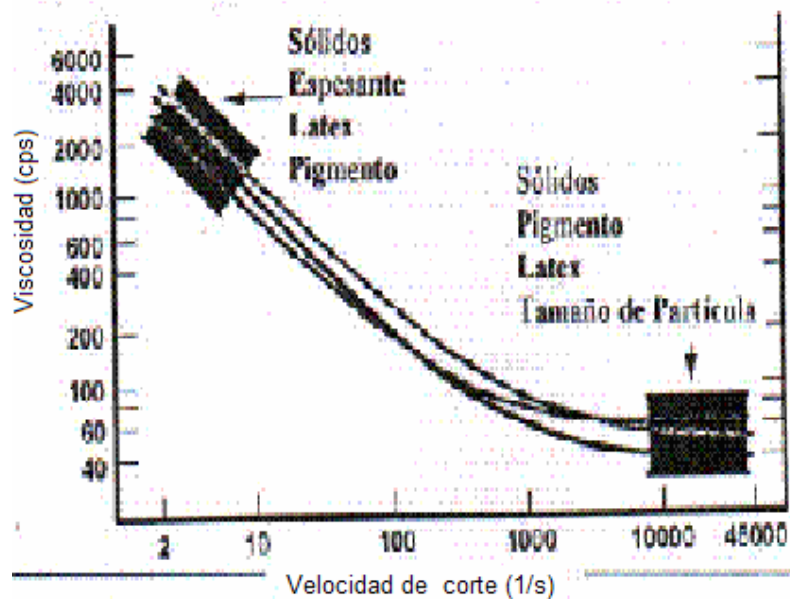
La figura siguiente muestra cómo la disminución del tamaño de partícula del ligante también disminuye la dilatancia del sistema (Internet, 1)

Figura No. 15



El espesante tiene un impacto importante en la zona de baja velocidad de corte, mientras que la distribución de tamaño de partícula centra su influencia en la zona de alta velocidad de corte. Los niveles de sólidos de la pintura influyen ambas zonas. (Internet, 1)

Figura No. 16



Las curvas de flujo demuestran que es posible controlar separadamente las viscosidades a bajas y altas velocidades de corte a través de una precisa selección del espesante y del látex.

Por ejemplo utilizando un espesante asociativo es posible obtener baja viscosidad a baja velocidad de corte y alta viscosidad a alta velocidad de corte. La elasticidad de un material se refiere a la habilidad del mismo a almacenar la energía de deformación y recuperar su configuración original luego que la fuerza responsable por la deformación sea removida. (Internet, 1)

Por otra parte, la viscosidad de un material se refiere a la habilidad que posee el mismo para disipar o perder la energía de deformación a través de su fluencia. Los materiales que exhiben ambos comportamientos se clasifican como materiales viscoelásticos. (Internet, 1)

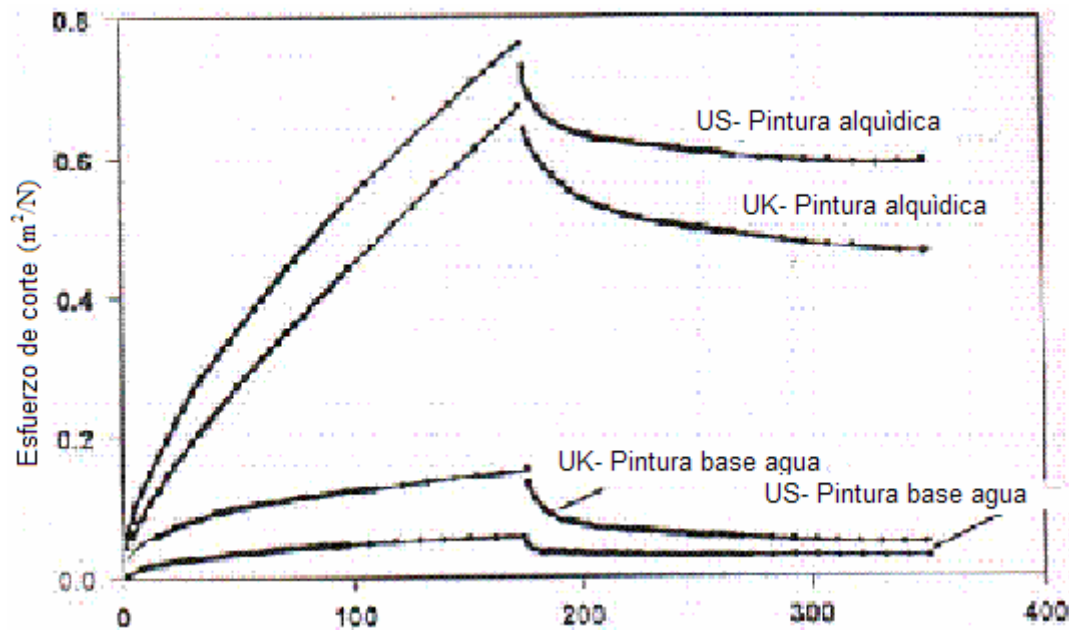
Cuando un material viscoelástico es sometido a una deformación una porción de la energía de deformación es almacenada, mientras que el resto es perdida en forma de flujo. (Internet, 1)

En general, las propiedades viscoelásticas de los polímeros dependen de la temperatura y de la frecuencia de la deformación. Por lo tanto, las propiedades viscoelásticas son frecuentemente determinadas como una función de la temperatura a una dada frecuencia o viceversa.

Por intermedio de ensayos de “*Creep*” donde se aplica una pequeña fuerza constante y se mide la deformación del material en función del tiempo es posible obtener información sobre el comportamiento a muy bajas velocidades de corte cuando el ensayo se corre a tiempos moderadamente largos La capacidad del material de recuperarse de su deformación, lo cual ocurre luego de remover la fuerza aplicada, provee información adicional sobre el nivel de estructura del material (elasticidad).

En el gráfico No. 17 se ven cuatro pinturas, dos base solvente (alquídicas) y dos base acuosa, de distinta procedencia. (Internet, 1)

Figura No. 17



La primera diferencia observable del gráfico es que las pinturas alquídicas tienen un comportamiento más newtoniano, es decir sufren una mayor deformación en función del tiempo y una vez que ha cesado la fuerza aplicada tienen una pobre recuperación elástica. Esta información nos permite concluir que las pinturas base alquídica presentan una mejor nivelación que las pinturas base acuosa.

Por otro lado, también se concluye que la resistencia al chorreado de las pinturas base acuosa es muy superior al mostrado por las alquídicas. Desafortunadamente las pinturas base acuosa no poseen las mismas propiedades reológicas de los recubrimientos base solvente. Si no son correctamente formulados, las pinturas base agua no presentan buena nivelación y fluencia. Por otro lado, también podemos encontrar una tendencia marcada al salpicado. (Internet, 1)

Con el objeto de alcanzar una reología equivalente a la mostrada por las alquídicas, las formulaciones de pinturas al látex requieren la adición de modificadores reológicos. Los primeros espesantes utilizados en pinturas fueron derivados de la caseína y el almidón. Debido a la biodegradabilidad de estos materiales y a las pobres propiedades de fluencia mostradas, rápidamente fueron reemplazados por los espesantes celulósicos. (Internet, 1)

3. Pinturas de látex

Las pinturas de látex, introducidas en forma en 1948, han tenido un crecimiento espectacular. Este tipo de pinturas se desarrollo para satisfacer la demanda de una mayor facilidad de aplicación, de un secado rápido, poco olor, fácil limpieza, gran duración e impermeabilidad a la suciedad. Las pinturas de látex tienen un látex de resina sintética como su principal agente formador de película, con o sin la adición de otros componentes formadores de película. La fase continua consiste en un coloide hidrofilito disperso en una base acuosa y contiene dos o más tipos diferentes de partículas en suspensión. (Austin, 1988)

El copolimero de hule estireno-butadieno (SBR), fue el primer formador de película de calidad en pinturas de látex. Los copolímeros de acetato de polivinilo (PVA) han sustituido en gran medida al SBR como formadores de película en el comercio actual. La calidad se ha mejorado sustancialmente. (Austin, 1988)

3.1 Compuestos de pinturas de látex. Las pinturas de látex se suministran directamente para la brocha y también como semipasta. Tienen todas las ventajas de las demás pinturas emulsionadas y además la propiedad de admitir el lavado. Desde su presentación, han progresado señaladamente y hoy tienden a reemplazar a las más aceptadas pinturas para interiores. Los polímeros dispersados son plásticos semisólidos, única razón para que esa dispersión se le de el nombre de látex. Si aquellos fueran líquidos, la dispersión entonces seria mas propiamente llamada emulsión. Las pinturas de látex suelen venderse coloridas, pero mediante el apropiado empleo de la brocha y en forma de semipasta, se manejan fácilmente y su secado es rápido. (Kira, 1962)

3.1.1 Emulsivos. Para los sistemas látex suelen usarse fosfatos complejos (pirofosfato tetrasódico). Estos materiales sirven asimismo como agentes de solubilización, suavizadores del agua e inhibidores de la corrosión. Sin embargo, para los pigmentos orgánicos deben emplearse otros agentes tensoactivos, tales como el Aerosol OT (sulfosuccinato de sodio dioctílico) y Duponol ME (laurel sulfato de sodio). Como estas sustancias forman espuma, la tendencia se ha dirigido hacia agentes de mojadura no iónicos, que sirven como tensoactivos y al mismo tiempo actúan como inhibidores de la espuma, espesadores, etc. En general, cada formulación individual

reclama el empleo de un tipo de agente apropiado y conviene hacer ensayos de largo plazo para averiguar su compatibilidad. (Kira, 1962)

3.1.2 Estabilizadores. Se emplean como estabilizadores los siguientes coloides protectores: metilcelulosa, ceina, almidones, dextrina, gomas solubles en agua, poliacrilato de sodio etc. Los estabilizadores son agentes espesadores para la fase acuosa y producen estabilidad al reducir la movilidad de las partículas dispersas. (Kira, 1962)

La estabilidad de la emulsión depende de la relación de volúmenes de las dos fases y de los límites de temperatura. Conviene que las dos fases de una emulsión tengan pesos específicos no muy diferentes. En algunos casos, es posible disminuir el tamaño de las partículas de una emulsión pasándola por un homogeneizador. Una variación apreciable en la temperatura puede alterar la viscosidad y la tensión interfacial de la emulsión. El debido equilibrio de los estabilizadores puede mejorar la estabilidad al calor de la emulsión dentro de ciertos límites. Un estabilizador debe ser resistente a los cambios químicos para que la emulsión no sea destruida. (Kira, 1962)

3.1.3 Preservativos. Se incluyen estos para evitar la descomposición de las proteínas y para eliminar la producción de mohos sobre la pintura emulsionada. Frecuentemente se usa más de un preservativo. Algunos de los más empleados son: Cloruro mercúrico, timol, clorotimol, etc. (Kira, 1962)

3.1.4 Materia volátil. El agua es la sustancia volátil en las pinturas emulsionadas, pero no es frecuente emplear emulsivos volátiles como el amoníaco y disolventes orgánicos. (Kira, 1962)

3.1.5 Agentes de dispersión para pigmentos. Además de los ingredientes principales de una pintura, pigmentos y aglutinante, se necesitan varios modificadores para la dispersión del pigmento, regulación de la consistencia, reducción de la tendencia a formar espuma y para evitar la descomposición bacteriana en la pintura y el crecimiento de moho sobre la superficie del revestimiento. En la preparación de pinturas en emulsión, los modificadores y el pigmento se dispersan en agua antes de agregar la

emulsión de resina. Como se dispone de tipos variados de modificadores hay que elegir los que son compatibles con los otros componentes de la pintura. (Kira, 1962)

Los pigmentos son polvos finamente divididos, pero en estado seco forman agregados fuertes. Los agregados han de destruirse por una combinación de mezcla y molienda en agua para poder obtener el pleno valor del pigmento. (Kira, 1962)

3.1.6 Espesadores o coloides protectores. Una de las ventajas de la técnica de polimerización en emulsión es que permite un alto grado de polimerización al a vez que se mantiene bastante baja la viscosidad final del a emulsión. Esto permite buena disipación del calor de polimerización durante la elaboración de la resina y proporciona un medio de poca viscosidad para la preparación de la pintura. En la mayoría de los casos es conveniente aumentar la viscosidad del a pintura para facilitar su aplicación y aumentar su estabilidad. (Kira, 1962)

Los espesadores son productos de alto peso molecular poco solubles en agua. Algunos necesitan álcalis para disolverse. Son espesadores típicos: Caseína y proteínas de soja, metilcelulosa, potasio o amonio, alginatos de sodio y de potasio. (Kira, 1962)

3.1.7 Rompedores de espuma. La composición de las pinturas en emulsión se presta a la producción de espuma cuando se agita durante su fabricación o cuando se aplica con brocha. La formación se reduce al mínimo acortando la velocidad de agitación, evitando la turbulencia que arrastra aire al baño y agregando rompedores de espuma. Estos también reducen la formación de espuma durante la aplicación de la pintura. (Kira, 1962)

3.1.8 Tipos de pigmentos. Las pinturas a base de emulsiones de poliestireno, estireno-butadieno y resina acrílica son alcalinas; su intervalo de pH es 9.0-10.0, y las basadas en emulsiones de poli(acetato de vinilo) son alcalinas o ligeramente ácidas. Es evidente que los pigmentos para estas pinturas deben ser estables al pH particular de cada una de ellas. (Kira, 1962)

Las pinturas de emulsión deben someterse a las pruebas de comprobación usuales de consistencia, peso por litro, poder de cubrimiento, color y dilución. Conviene

comprobar el pH y la estabilidad de la pintura en relación con el cambio de consistencia con el tiempo a la temperatura de la habitación. Un ensayo importante, desde el punto de vista del pintor, es la facilidad de poder limpiar la brocha con el agua ordinaria. (Kira, 19962)

3.2 Formulación de pinturas. La formulación adecuada de pinturas radica en el hecho de conocer los requerimientos específicos de una aplicación en particular. Estos requisitos comprenden el poder de ocultamiento, color, resistencia al clima, capacidad de ser lavada, brillo, propiedades anticorrosivos en los metales y consistencia, según sea su forma de aplicación (con brocha, rodillo o por aspersión). Los requerimientos específicos se logran mediante la adecuada elección de los pigmentos, diluyentes y vehículos por el formulador de pinturas. Es difícil predecir las propiedades de una formulación específica, ya que las técnicas para formulación de pinturas son aún bastante empíricas, lo cual significa que deben realizarse un gran número de pruebas antes de obtener las propiedades deseadas. (Austin, 1988)

Para el formulador de pinturas moderno, algunas autoridades creen que el concepto más importante es la concentración del volumen de pigmento (PVC, por sus siglas en inglés). Se define como:

$$\text{PVC} = \frac{\text{Volumen de pigmento en la pintura}}{\text{Volumen de pigmento en la pintura} + \text{Volumen de los componentes del Vehículo no volátiles en la pintura}}$$

(Austin, 1988)

La PVC de una formulación dada funciona como guía para trabajos de reformulación, utilizando diferentes combinaciones de pigmentos o vehículos y, por tanto, es extremadamente útil para el formulador de pinturas. (Austin, 1988)

3.3 Procedimientos de producción. Las operaciones necesarias para la mezcla de pinturas son físicas en su totalidad. Las conversiones químicas se incluyen en la producción de los componentes de las pinturas, así como el secado de la película. La mezcladora puede ser similar a una gran batidora con navajas en forma de letra sigma. Los lotes de pinturas se conducen al nivel inferior, donde se llevan a cabo una molienda

y una mezcla adicional. Se puede utilizar una gran variedad de mallas. Uno de los más antiguos métodos es moler, o hacer una dispersión, entre dos grandes piedras; sin embargo, los molinos de bolas y los molinos rotadores de acero fueron los más utilizados hasta hace poco tiempo. Los molinos de arena, los agitadores de alta velocidad y los de piedras de alta velocidad se están utilizando cada vez más para moler pinturas y esmaltes. El tipo de pigmento y vehículos son factores dominantes para la elección del equipo por utilizar. (Austin, 1988)

Después del mezclado, la pintura se conduce al siguiente nivel inferior, donde se adelgaza y colorea en tanques de agitación, que pueden contener lotes de varios miles de litros. La pintura líquida se conduce a un tanque de transferencia o directamente a la tolva de la máquina llenadora localizada en el nivel inferior.

Aquí se utilizan centrífugas, mallas o filtros de presión para eliminar pigmentos que no se han dispersado. La pintura se vacía en latas o tambores, se etiqueta, se empaqueta y se almacena; cada uno de estos pasos se realiza en una forma automatizada o manual. (Austin, 1988)

Para las pinturas de látex, se añaden el dispersante y amoníaco al agua en una mezcladora, y después se añaden los pigmentos premezclados y molidos en un molino de bolas.

Los pigmentos y diluyentes más utilizados pueden ser de alto grado de dispersión como el dióxido de titanio, sulfuro de zinc y litopón, y de menor grado de dispersión como el sulfato de bario, mica, sílica de diatomea etc. (Austin, 1988)

La emulsión de látex se agita lentamente y se le añade agua. La pintura se mezcla, se pasa a través de una malla y se mezcla nuevamente antes de su empaque. Las pinturas de látex requieren la adición de adelgazadores para obtener una pintura que se extienda de una forma satisfactoria.

Se requieren otros aditivos para propósitos específicos: agentes antimicrobianos y antimicóticos, estabilizadores contra la congelación, tensoactivos, antiespumantes y ajustadores de pH. (Austin, 1988)

4. Resumen de datos medibles característicos de un producto

4.1 Aspecto. Indica el grado de brillo de la película una vez seca, medido a 60°-60°.

Mate	0 – 10 %
Semimate	10 – 20 %
Satinado	20 – 50 %
Semibrillante	50 – 75 %
Brillante	75 – 100 %

4.2 Color. Indica las tonalidades en las que se fabrica el producto

1XXX	Amarillos, beiges, marfiles, ocre
2XXX	Naranjas
3XXX	Rojos
4XXX	Violetas, lilas
5XXX	Azules
6XXX	Verdes
7XXX	Cenizas
8XXX	Marrones, óxidos
9XXX	Blancos, negros, metalizados

4.3 Viscosidad. Es la consistencia o fluidez de la pintura. Para productos newtonianos se expresa en segundos COPA FORD No.4. Para aquellos tixotrópicos o muy viscosos, en unidades KREBS – STORMER, KU. Cuando se trata de productos de dos componentes el valor se refiere a la mezcla.

4.4 Porcentaje de sólidos. Es el porcentaje de materia sólida teórica, en peso o en volumen; es decir, materia no volátil contenida en la pintura (de la mezcla en el caso de productos de dos componentes). Es un valor muy importante para el cálculo de rendimientos.

4.5 Secado. Durante el proceso de secado y curado de la pintura existen diferentes fases debido a la evaporación de los disolventes y las reacciones de polimerización que

se producen. Datos referidos a temperatura ambiente de 20° C y 70 % de humedad relativa.

4.5.1 Secado al tacto. Al tocar con suavidad con el dedo, sin ejercer presión, la superficie pintada se nota pegajosa, pero no mancha.

4.5.2 Secado no pegajoso. Al ejercer una presión suave sobre la superficie pintada, se aprecia pegajosidad ni se deja huella.

4.5.3 Secado total. Cuando al ejercer una presión fuerte con el dedo e incluso al girarlo no se deja huella ni deforma o elimina la capa de pintura.

4.6 Sólidos en volumen.

$$S_{vf} = \frac{S_v \times 100}{\% \text{ Diluyente} + 100}$$

Leyenda:

S_v : Sólidos en volumen teóricos.

S_{vf} : Sólidos en volumen después de la dilución.

4.7 Rendimiento teórico.

$$Rto = \frac{S_v \times 10}{\text{Capa seca en } \mu\text{m}}$$

Leyenda

S_v : Sólidos en volumen teóricos.

4.8 Espesor de película.

De	A	Fórmula
húmeda	seca	$\frac{w.f.t. \times SV\%}{100}$
seca	húmeda	$\frac{d.f.t. \times 100}{SV\%}$

w.f.t. = Espesor película húmeda. d.f.t. = Espesor película seca. SV% = Porcentaje de sólidos en volumen.

4.9 Cantidad de pintura necesaria:

$$\text{Lts. Pintura} = \frac{\text{Superficie total a pintura (m}^2\text{)} \times \text{Número capas}}{\text{Rendimiento pintura (m}^2\text{/lt)}}$$

5. Aditivos reológicos (espesantes)

Debido a la evolución desde las pinturas conteniendo disolventes hacia las pinturas pobres en disolventes o exentas de ellos, se ha desarrollado en los últimos años un crecimiento continuo de la demanda de aditivos para regular las propiedades de aplicación técnica de los nuevos sistemas de recubrimiento. (Mueller, 1997)

Los aditivos reológicos representan el más importante grupo de dichos productos; emplean para la corrección del comportamiento de flujo de sistemas de pintura. (Mueller, 1997)

Los aditivos reológicos se pueden dividir en una clase inorgánica y dos orgánicas Tabla No. 1:

Productos inorgánicos. por ejemplo los hechos a base de bentonitas y ácidos silíceos de pirogenación.

Copolímeros acrílicos. derivados celulósicos, otros polisacáridos y óxidos de polietileno.

Espesantes asociativos del tipo de los poliuretanos. A los que se referirán prioritariamente las informaciones que seguirán, así como poliacrilatos y celulosas modificadas hidrofobicamente. (Mueller, 1997)

Los espesantes inorgánicos se emplean para el ajuste del comportamiento de flujo en el campo de bajo efecto de cizalla y, por regla general, en combinación con otros agentes espesantes.

Entre ellos, el grupo más importante lo forman minerales de estructura laminar como bentonita, cuyo efecto resulta de la formación de una ordenación tipo castillo de naipes, mantenida por medio de grupos iónicos. (Mueller, 1997)

Tabla No. 1

Productos inorgánicos	Productos orgánicos	Productos orgánicos
	celulósicos	poliuretanos
Bentonita	Metilcelulosa	Poliuretanos (PUR)
Hectorita	Hidroxietilcelulosa	Copolimeros Acrílicos
Montmorillonita	Carboximetilcelulosa	Hidroxietilcelulosas
Smectita	Poliacrilatos	modificados
Acidos Silícicos de pirogenación	Polioxidos de etileno	hidrofobicamente
	Polisacáridos Especiales	

Al grupo de los espesantes orgánicos pertenecen, además de los espesantes asociativos, los antes citados polímeros solubles en agua, de los cuales los representantes más importantes son los derivados de la celulosa. Estos polímeros tienen en común el que su efecto espesante es consecuencia del espesamiento de la fase acuosa. Dicho efecto resulta fundamentalmente del encadenado de las largas moléculas de polímeros. Prácticamente no tiene lugar ningún intercambio con otro componente del sistema de pintura. (Mueller, 1997)

Se observa una floculación accionada por el espesante cuya causa, descrita en forma sencilla, radica en la expulsión de la fase acuosa, por el polímero, de las partículas dispersas. El polímero fija el agua que, entonces, ya no es suficiente como medio para las partículas dispersas. La floculación no solamente conduce a un empeoramiento del brillo, sino también de la resistencia a la corrosión de los recubrimientos. En los espesantes asociativos, este defecto aparece solo en casos especiales. (Mueller, 1997)

Los espesantes asociativos son los más recientes desarrollados en el campo de los aditivos reológicos. Consisten de moléculas con grupos hidrófilos y grupos hidrófobos (incluidos de manera deliberada). El mercado ofrece poliuretanos (PUR),

copolímeros (met-)acrílicos y celulosas modificadas de forma hidrófoba, de las cuales, los poliuretanos representan el grupo mas significativo. (Mueller, 1997)

El efecto de los espesantes asociativos radica, sobre todo, en la interacción de las partes hidrófobas de su molécula con los demás componentes de las pinturas, como partículas de látex, pigmentos y cargas, mientras los segmentos hidrófilos permanecen en la fase acuosa. Aparece así una reticulación física reversible de la dispersión completa. Variando la estructura química del espesante pueden ajustarse convenientemente las propiedades reológicas de un sistema de pintura. (Mueller, 1997)

5.1 Comparación de la eficacia de espesantes asociativos y no asociativos. Tanto los espesantes asociativos como los no asociativos muestran una serie de ventajas e inconvenientes específicos. Aunque con frecuencia es difícil establecer una clara clasificación, los expertos están de acuerdo en que, sobre todo para formulaciones de pinturas con un perfil de exigencias alto (pintado de automóviles), los espesantes asociativos ofrecen ventajas frente a los productos no asociativos, los cuales (especialmente los éteres de celulosa) son, en cambio, preferidos para formulación económicas (pinturas plásticas para decoración). No obstante, muy a menudo se emplean combinaciones de ambos tipos de espesantes a fin de conseguir propiedades óptimas y/o una relación favorable precio/prestaciones. (Mueller, 1997)

Mientras los espesantes de celulosa muestran un intensa pérdida de consistencia (caída de viscosidad) al crecer la acción de esfuerzos de cizalla, los espesantes de PUR son mucho menos pseudo plásticos; esto significa una viscosidad suficiente a altas velocidades de cizalla y l consecuente mejor brochabilidad de dichos sistemas, mientras en los espesantes de poliuretano la viscosidad a bajas velocidades de cizalla, por regla general, se recuperan inmediatamente (viscosidad pseudoplástica), en los sistemas con espesantes celulosicos esto sucede con un cierto retraso (efecto de tixotropía). (Mueller, 1997)

Otras diferencias típicas de ambos sistemas de espesantes se describen en la Tabla No. 2. Las ventajas mas importantes de los espesantes asociativos se presentan en la extensibilidad y alisado, reducida tendencia al salpicado, protección de los recubrimientos frente a la corrosión, así como, en el brillo. Los espesantes no

asociativos ofrecen ventajas en impedir el descuelgue de la pintura y en el corto tiempo de maduración. Muy importante en especial es la escasa sensibilidad de los sistemas con espesado no asociativo frente a tensoactivos y, sobre todo, codisolventes y pastas pigmentadas. (Mueller, 1997)

Tabla No. 2

Comparación de la eficacia de los espesantes (según tipo de base)

Propiedad	Celulósico	Poliuretanos
Espesamiento a baja cizalla	+	+/-/0
Espesamiento a alta cizalla	-	+/0
Tiempo de maduración	+	0
Sensibilidad frente a tensoactivos	+	-/0
Sensibilidad frente a codisolventes	+	-
Descuelgue	+	-/0
Extensibilidad	-	+
Reducción de salpicado	--	+
Resistencia a la floculación	-	+/0
Resistencia a microbios	-	+
Prevención de sedimentación	++	+
Prevención de sinéresis	+	0
Resistencia a la corrosión	-	+
Brillo	-	+

Escala + = Bueno, 0 = Utilizable, - = Malo

5.2 Éteres de celulosa (celulósicos). Los éteres de celulosa se emplean en las pinturas desde los años veinte y siguen siendo también ahora la base preferida para espesantes de pinturas a la dispersión. Los éteres de celulosa consisten de unidades de β -anhidroglucosa enlazada linealmente. En cada unidad de anhidroglucosa hay disponibles tres grupos OH reactivos. Decisivos para la solubilidad en agua y las correspondientes propiedades de los éteres de celulosa son peso molecular y tipo y

grado de sustitución. Para la caracterización del grado de eterificación se prefiere, en el caso de la metilcelulosa (MC), el grado de sustitución medio (DS). Informa sobre el número de grupos OH sustituidos por unidad de anhidroglucosa. El DS puede, en este caso, oscilar entre DS = 0 (ningún grupo OH eterificado) hasta DS = 3. Con un DS de aproximadamente 1.4 a 2.2, la MC es soluble en agua Tabla No. 3. Con grados de sustitución inferiores, la MC es parcialmente soluble en agua, con grados de sustitución superiores se torna soluble en disolventes. (Mueller, 1997)

Actualmente no se emplea metilcelulosa pura en pinturas a l dispersión sino sus éteres mixtos, es decir, metilhidroxietil o metilhidroxipropilcelulosas y, además hidroxietilcelulosa o carboximetilcelulosa sódica. En l oxietilación a hidroxietilcelulosa se pueden, también, polimerizar unidades de oxido de etileno en los grupos laterales. Por esta razón, estos éteres de celulosa son caracterizados por el grado de sustitución molar. (Mueller, 1997)

Tabla No. 3
Éteres de celulosa

Denominación	Abreviatura	Química	Química
	No iónica (a) Iónica (b)	Grado sustitución medio DS	Grado de sustitución molar
Metilhidroxi- Etilcelulosa	MHEC (a)	1.4 – 2.2	0.1 – 0.3
Metilhidro- Propilcelulosa	MHPC (a)	1.4 – 2.2	0.1 – 0.3
Hidroxietilcelulosa	HEC (a)	---	1.8 – 3.2
Carboximetil- Celulosa sódica	NaCMC (b)	0.7 – 1.2	---

Los éteres de celulosa proporcionan un alto y marcado espesamiento al sistema en el cual se aplican. Por tanto, comunican un largo tiempo abierto a una pintura aplicada sobre superficies absorbentes. Esto garantiza una fácil manipulación sobre por ejemplo muros empapelados. La sedimentación de los pigmentos y cargas en los

envases de la pintura se hace más lenta. La estabilidad al almacenaje, incluso de sistemas fuertemente cargados, queda mejorada, se dificulta o se impide la formación de un sedimento duro, no redispersable por agitación. Los éteres de celulosa actúan también contra la sinéresis (formación de suero). (Mueller, 1997)

Es muy importante en las pinturas espesadas con éteres de celulosa proveer una buena conservación contra microorganismos. Una conservación no suficiente puede conducir a una reducción de la consistencia de la pintura y a la formación de suero (sinéresis). Las moléculas de éter de celulosa se degradan si no hay bastante biocida en la pintura. También pueden degradarse los éteres de celulosa por la acción de oxidantes, como los peróxidos. (Mueller, 1997)

Debido a la diferente composición química de los éteres de celulosa resultan las correspondientes propiedades de aplicación técnica que se manifiestan en tendencia al salpicado, compatibilidad con pigmentos, etc. Por sus destacadas propiedades, se emplean en pinturas las metilcelulosas y las hidroxietilcelulosas y, en cambio, menos las carboximetilcelulosas sódicas.

5.2.1 Degradación de los éteres de celulosa en pinturas. Las pinturas al látex son susceptibles a los ataques microbianos por su alto contenido de agua y fuentes de nutrientes. En estado líquido, el principal ataque es bacteriano, el cual puede resultar en la producción de gases, desarrollo de olores, pérdida de la viscosidad o variadas combinaciones de cada una de estas. (Internet, 2)

Bajo ciertas circunstancias, las bacterias se degradan utilizando los éteres de celulosa, que son los espesantes de la pintura, como fuente de carbón a través de la secreción de celulosas extracelulares. (Internet, 2)

Las pseudomonas son primariamente responsables de la biodegradación de las pinturas al látex. Este organismo crece en ellas y puede reducir su viscosidad a través de la síntesis de celulosas extracelulares. (Internet, 2)

De cualquier manera, los éteres de celulosa también son susceptibles al clivaje oxidativo por componentes como peróxidos y persulfatos los cuales resultaran en la

reducción del promedio del peso molecular, así como en el decrecimiento de la viscosidad intrínseca. (Internet, 2)

Estos oxidantes pueden ser introducidos en la pintura mediante fuentes químicas o microbianas.

5.2.1.1 Mecanismo de las celulasas. Las enzimas celulolíticas, son definidas como aquellas enzimas que hidrolizan la celulosa, obteniendo finalmente azúcares solubles que son suficientemente pequeñas como para pasar a través de la pared celular. (Internet, 2)

Asimismo, muchas veces hay ingredientes en la pintura que inhiben la acción de la celulasa.

Estos químicos son surfactantes, agentes oxidantes y preservativos comúnmente usados en la formulación de pinturas al látex. El Lauril Sulfato de sodio, el agua oxigenada y el persulfato de potasio, todos a muy baja concentración inhiben las celulasas aisladas de las *Pseudomonas*. (Internet, 2)

Por otra parte, las *Pseudomonas* liberan agua oxigenada cuando crecen bajo condiciones microaerófilas o anaerobias, lo cual sucede en las pinturas al látex causando ruptura en los éteres de celulosa mediante un mecanismo oxidativo. (Internet, 2)

5.2.1.2 Potencial de óxido/reducción. Hay dos fuentes de oxidantes en las pinturas al látex. Químicamente, el oxidante puede estar presente en la emulsión y microorganismos también pueden producir oxidantes. Ambos tipos poseen el potencial de degradación de los espesantes celulósicos. (Internet, 2)

La contaminación bacteriana en pinturas al látex proviene principalmente de la materia prima, el medio ambiente y el equipamiento. El crecimiento bacteriano en la materia prima resulta en la liberación de metabolitos, los cuales pueden incluir peróxidos. El crecimiento de bacterias requiere carbono, nitrógeno y oxígeno, así como sulfuros que permitirán la iniciación de dicho crecimiento. (Internet, 2)

La fuente de carbono puede provenir del éter de celulosa, vehículo, surfactante, pigmentos y otros contaminantes.

El potencial de la pintura vinil acrílica debe ser entre +50 y +100 mV. y en la pintura estireno acrílica entre +20 y +50 mV.

Las pinturas al látex de potencial O/R menor a los anteriores valores deben ser sospechosas de una historia bacteriana.

Las pinturas que poseen un nivel reducido de potencial O/R han demostrado una disminución en la actividad de los preservativos.

Esto significa que el potencial redox de los ligantes es realmente muy importante para evadir la destrucción de la HEC usada como espesante en pinturas arquitectónicas al agua. Una pintura adecuadamente preservada, no debería tener ningún problema en la resistencia contra las bacterias, si el potencial O/R es entre +50 y +100 mV. Cuando un CIT/MIT bactericida es usado, el pH de la pintura debería ser menor a 8.5. En un pH más alto el CIT sufre una rápida descomposición. (Internet, 2)

5.3 Espesantes de poliuretano. Los espesantes de poliuretano (PUR) fueron los primeros espesantes asociativos que se introdujeron en el mercado hace más de 20 años. Entretanto, existe una serie de productos diseñados a medida para cada uno de los diferentes campos de aplicación. Los espesantes PUR consisten, en su forma más típica, de poliéteres de óxido de etileno y de restos hidrófobos alifáticos unidos entre sí por medio de (poli)isocianatos, con formación de grupos uretanos. (Mueller, 1997)

La gran posibilidad de variación en la estructura de cada uno de los componentes permite la síntesis de espesantes PUR con muy diferente constitución y, por ello, con eficacia específica. Así, es posible sintetizar de modo definido espesantes PUR con elevada eficacia para pinturas plásticas (aplicación a rodillo y Brocha). Para combinaciones con otros espesantes se han desarrollado además, espesantes PUR con espesamiento muy reducido a bajo efecto de cizalla y, a la vez, con un espesamiento relativamente alto ha elevado efecto de cizalla. (Mueller, 1997)

La eficacia de los espesantes PUR depende de una serie de factores, los más importantes son:

- Constitución química del poliuretano, por ejemplo, por la relación entre los segmentos hidrófobos e hidrófilos., longitud de los segmentos hidrófobos y el peso molecular.
- Contenido de sólidos (pigmentos, cargas, ligantes), y por las propiedades de las partículas.
- Cosolventes, disolventes y coalescentes.
- Tensoactivos, humectantes, alicantes (aniónicos, no aniónicos) (Mueller, 1997)

La importancia de la composición química de los espesantes PUR ya ha sido mencionada. Longitud y proporción de los segmentos hidrófobos e hidrófilos juegan un papel decisivo. Fundamentalmente son, también, la proporción y propiedades de la superficie de las partículas dispersas. (Mueller, 1997)

5.4 Los factores de influencia. Tal como se ha antes mencionado, las propiedades de las pinturas a la dispersión quedan influenciadas por una serie de factores. Los siguientes ejemplos deben demostrar estas relaciones, así como sus efectos sobre las propiedades de los recubrimientos obtenidos a partir de las pinturas a la dispersión. (Mueller, 1997)

Para los ensayos descritos a continuación se prepararon pinturas a la dispersión con éter de celulosa o espesante PUR, así como combinaciones entre ambos, y estos son los resultados

5.5 Las pinturas a la dispersión. La reducción del contenido de sólidos conduce a una reducción de la viscosidad. Especialmente marcado es el retroceso en una pintura que contiene solamente espesante de poliuretano. Este efecto es paralelo a la reducción del número de partículas capaces de asociarse debido a la caída del contenido de sólidos. Por ello, se puede formar cada vez menos una redícula entre las partículas unidas por moléculas de espesante.

La consecuencia es un descenso de la viscosidad. Las pinturas con espesante celulósico son más estables. Por esta razón es lógico, el usar combinación de espesantes celulósicos y de poliuretanos para la resolución de problemas reológicos. (Mueller, 1997)

Tabla No. 4

Propiedad	100 % espesante celulósico	Combinación espesante celulósico- PUR	100 % Espesante PUR
Tendencia al salpicado con rodillo	Numerosas salpicaduras pequeñas	Pocas salpicaduras pequeñas	Pocas salpicaduras pequeñas
Alisado	Mayor a 4 mm de película húmeda	Mayor a 4 mm de película húmeda	2 mm de película húmeda
Descuelgue	Mayor a 300 μm de película húmeda	Mayor a 300 μm de película húmeda	250 μm de película húmeda
Almacenaje a estufa	Sin suero Sin sedimento	Apenas suero Apenas sedimento	Suero Sedimento duro
Modificación viscosidad después de la estufa	Prácticamente estable	Prácticamente estable	Claramente mas viscoso
Resistencia al frote	750	980	1040
Viscosidad	9000 mPa*s	9600 mPa*s	9000 mPa*s
Brochabilidad	Mala cobertura	Buena cobertura	Buena cobertura

Los agentes tensoactivos se emplean para optimizar las pinturas. Se utilizan para la estabilización de las partículas de polímero, pigmentos y cargas y, además, como alicantes y humectantes. Los humectantes, sobre todo, pueden influenciar la consistencia de la pintura. En general, los tensoactivos reducen la viscosidad de las pinturas. La caída de la viscosidad de una pintura plástica por causa de la adición de tensoactivos iónicos es menos marcada en los espesantes celulósicos que en los de poliuretano. Las combinaciones de ambos grupos de espesantes representan aquí también una lógica variante para el fabricante de pinturas. (Mueller, 1997)

III. JUSTIFICACIÓN

Actualmente en las plantas de fabricación de pinturas en Guatemala se trabaja con una mezcla de espesantes celulósicos y de poliuretanos, ya que esta combinación da a la pintura terminada mejores características que si solo se trabaja con un espesante.

En la planta de pinturas El Volcán se producen las pinturas de látex utilizando una mezcla de los dos tipos de espesantes (celulósicos y de poliuretanos) en tres de los tipos de pintura látex, y en otro se utiliza únicamente el espesante celulósico. Con una mezcla apropiada se pretende conseguir características mejores en el producto terminado además de determinar un costo más bajo si es posible con una mezcla recomendada de espesantes.

Estos espesantes tienen sus propias características en el producto terminado, así por ejemplo con las pinturas que contienen únicamente espesantes de poliuretanos, se obtienen aspectos positivos en sus propiedades de aplicación, el salpicado se reduce e, igualmente se mejoran la brochabilidad y extensibilidad.

Para el pintor, es importante la viscosidad a elevado efecto de cizalla durante la aplicación, ya que esto conduce a un grueso de película húmeda suficiente, de modo que se puede pintar con un buen efecto cubriente con un único brochazo.

De igual manera los espesantes celulósicos son de muchos tipos, y dan en los productos terminados una mayor estabilidad al almacenaje, incluso después de 15 días de almacenaje en estufa, no se observa sinéresis, y no se forma sedimento duro, muestra menor tendencia al descuelgue, por lo que se puede aplicar mayor cantidades de capas sin formación de escurridos.

Por la combinación de espesantes celulósicos y de poliuretanos se pueden fabricar pinturas con un perfil equilibrado de propiedades, ya que las ventajas de ambos componentes se aprovechan de modo completo. Las pinturas adecuadas se destacan por el siguiente contorno de propiedades:

- Buen poder de cobertura. (Mayor rendimiento litros/metro cuadrado)

- Buen alisado. (sin formación de grumos en la aplicación)
- Sin descuelgue. (No se chorrea después de la aplicación)
- Escaso salpicado.
- Tiempo abierto prolongado. (sin que seque la pintura)
- Apenas sensible a la sinéresis. (formación de suero)

La combinación de estos espesantes ayuda a reducir el costo de las pinturas a la vez que ayuda al ajuste al flujo viscoso de pinturas de látex.

IV. OBJETIVOS

1. Objetivo general

- Aplicar la relación adecuada de espesantes (celulósicos – poliuretanos) que brinden las mejores propiedades al menor costo de fabricación en cuatro clases de pinturas distintas.

2. Objetivos específicos

- Determinar la relación entre el porcentaje de sólidos y la cantidad de espesantes celulósicos y de poliuretanos en las cuatro clases de pinturas de látex.
- Determinar el efecto de un surfactante (Nonilfenol poliglicol éter) en la viscosidad de las pinturas de látex.
- Determinar el efecto de un Co-Dispersante (Tetra piro fosfato de potasio) en la viscosidad de las pinturas de látex.
- Determinar si el costo de las pinturas de látex se reduce con la nueva mezcla de espesantes.
- Determinar los cambios necesarios en el proceso con la nueva mezcla de espesantes celulósicos y de poliuretanos en las pinturas de látex.

V. PROBLEMA A RESOLVER

Actualmente en la planta de pinturas el Volcán se están utilizando las siguientes cantidades de espesantes: para la pintura de látex A un 0.20 % de espesante celulósico (Wallocel W) y 0.22 % de espesante de poliuretano (Acrysol tt 935). La pintura de látex B con 0.25 % de espesante celulósico y 1.27 % de espesante de poliuretano. La pintura C se fabrica actualmente con 0.45 % de espesante celulósico y 1.17 % de espesante asociativo. La pintura de látex D que lleva únicamente espesante celulósico contiene en su fórmula 0.76 % de este espesante.

Esto trae como consecuencia un costo alto en la fabricación de las pinturas de látex que repercute en el precio ofrecido al consumidor final. Por este motivo la planta de pinturas El Volcán está tratando de reducir los costos de fabricación en las pinturas de látex, disminuyendo la cantidad de espesantes (celulósico – asociativo) y omitiendo ciertos componentes como el surfactante y el co-dispersante para poder brindarle un mejor precio al consumidor.

VI. METODOLOGÍA

Para poder llevar a cabo este estudio lo primero que se hizo fue conocer la formulación que tiene las pinturas y determinar el porcentaje de cada uno de los espesantes (celulósico y poliuretano) que tenían las pinturas para poder determinar los cambios necesarios que hubo que hacer, y formular de nuevo las pinturas de látex con la mezcla propuesta de un 0.5 % de espesante Celulósico como único espesante, 0.2 % de espesante celulósico y 0.3 % de espesante de poliuretano para las pruebas con la mezcla de espesantes y por ultimo formular con un 0.9 % de espesante de poliuretano para la que lleva 100 % de este espesante.

Pasos a seguidos para llevar a cabo el experimento:

1. Se conoció los porcentajes de los espesantes (celulósicos – poliuretano) utilizados en la formulación de las cuatro pinturas de látex.
2. Se formuló nuevamente las pinturas con los porcentajes de espesantes recomendados (para el 100 % de celulósico un 0.5% de espesante, para la mezcla 0.2 % de espesante celulósico y 0.3 % de espesante de poliuretano, y 0.9 % de espesante de poliuretano para la pintura con 100 % de este espesante). Las fórmulas de las pinturas se hicieron por masa, y estos porcentajes son sobre la masa total de materias primas que llevan las pinturas de látex.
3. Se formuló las pinturas en donde se les omitió el co-dispersante (tetra piro fosfato de potasio) y el surfactante (nonilfenol poliglicol éter) y se ajustaron los porcentajes de los espesantes igual que en el inciso anterior.
4. Se prepararon 7.5 litros de pinturas para cada tipo de pintura según las fórmulas corregidas omitiendo una cantidad de agua y los espesantes (celulósico-asociativo).
5. Con la muestra preparada en el inciso anterior se tomó la masa de lo agregado para calcular la cantidad que lleva 1.9 litros, y se tomó la masa para tres distintos 1.9 litros los cuales se completaron con la cantidad de agua que les hacía falta según la fórmula y se le agregaron los espesante (para la que lleva 100 % de espesante celulósico, la que lleva la mezcla, y la que lleva 100 % de espesante de poliuretano).

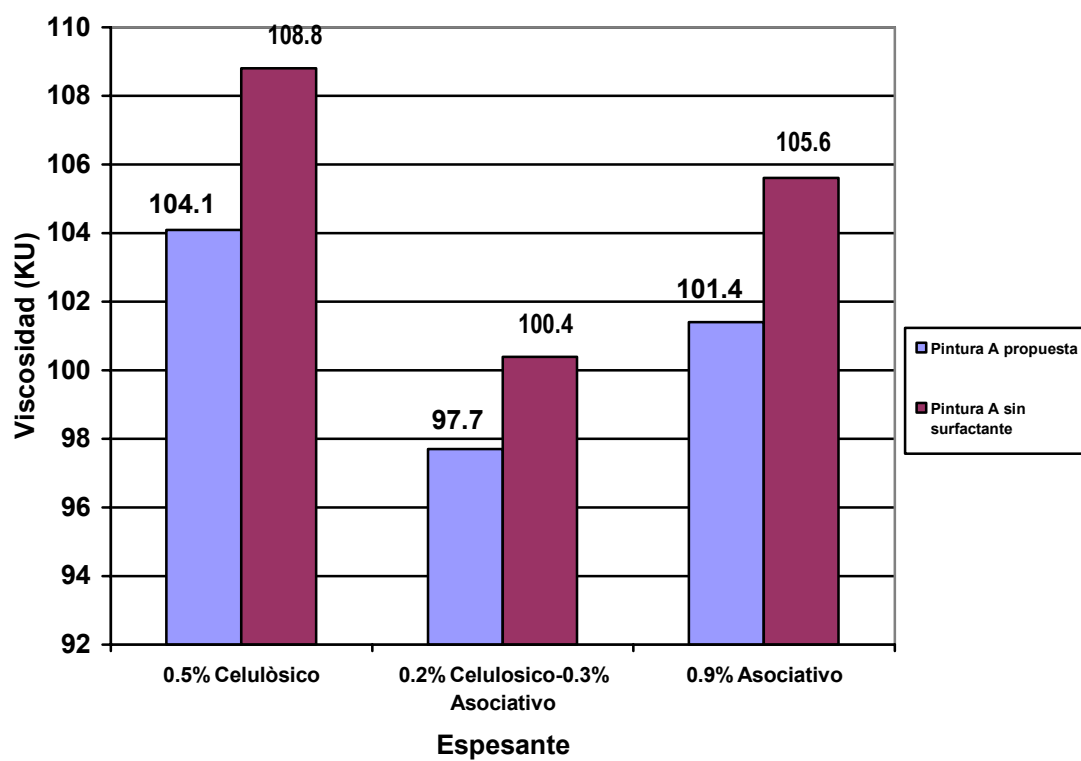
6. Al igual que en el inciso 4 se prepararon dos muestras de 7.5 litros para las cuatro pinturas y esta vez se omitió el tetra piro fosfato de potasio y el nonilfenol poliglicol éter respectivamente.
7. Al igual que en el inciso 5 se completaron las pinturas con los espesantes y la cantidad de agua que les hacia falta para las muestras preparadas en el inciso 6.
8. Con todas las muestras hechas se llevaron a una temperatura de 25 °C y se le tomo la viscosidad.
9. Se graficaron los resultados con el fin de poder analizar las viscosidades
10. Con los resultados se pudo analizar el efecto que tiene el Co-Dispersante y el surfactante en la viscosidad de las pinturas.

VII. RESULTADOS

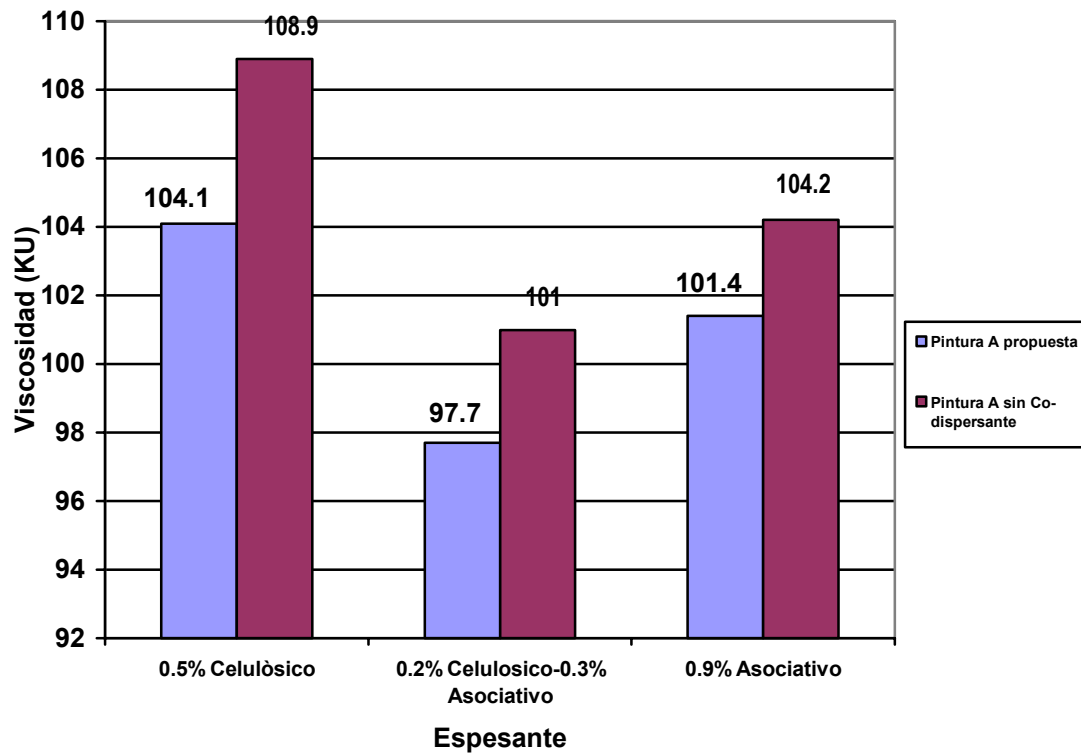
Tabla No. 5 (% de sólidos en las cuatro pinturas de látex)

	Porcentaje de Sólidos
Pintura A	52
Pintura B	48
Pintura C	42
Pintura D	36

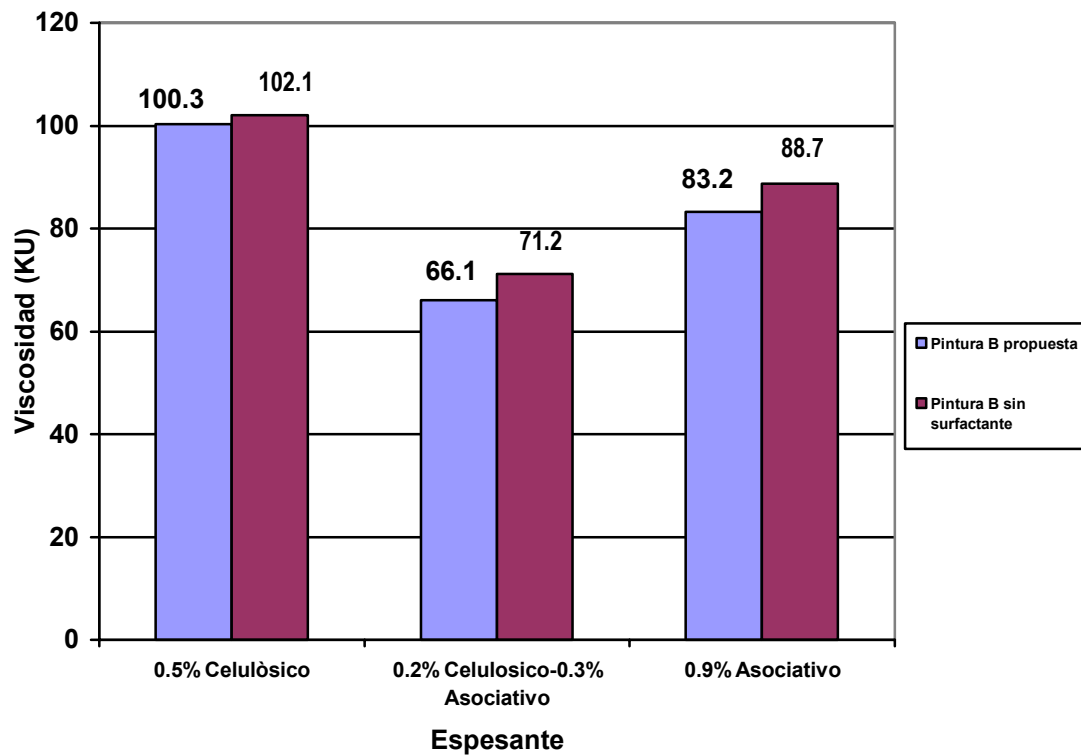
Gráfica No. 1 (Pintura A sin surfactante)



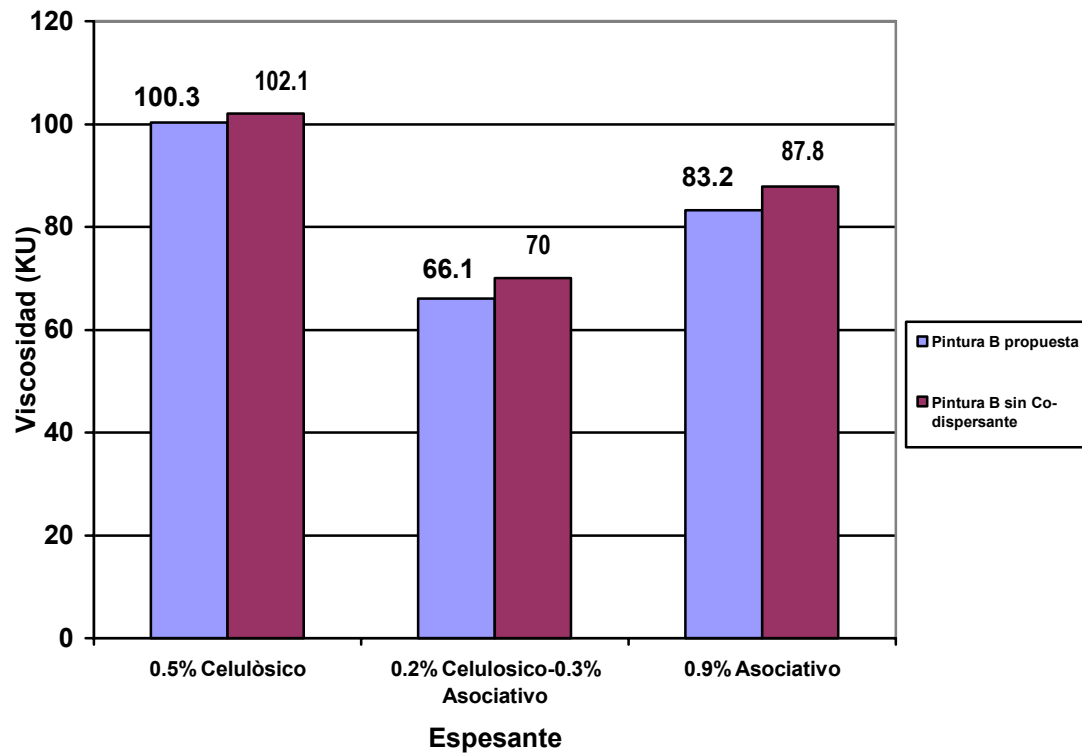
Gráfica No. 2 (Pintura A sin co-dispersante)



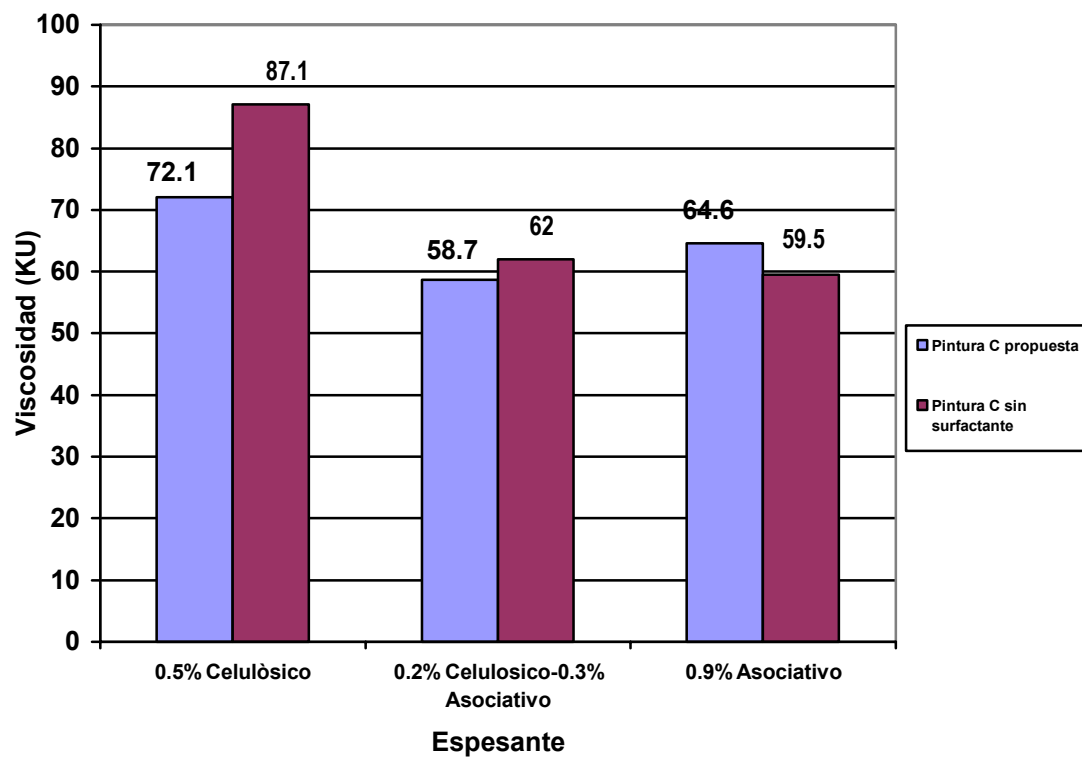
Gráfica No. 3 (Pintura B sin surfactante)



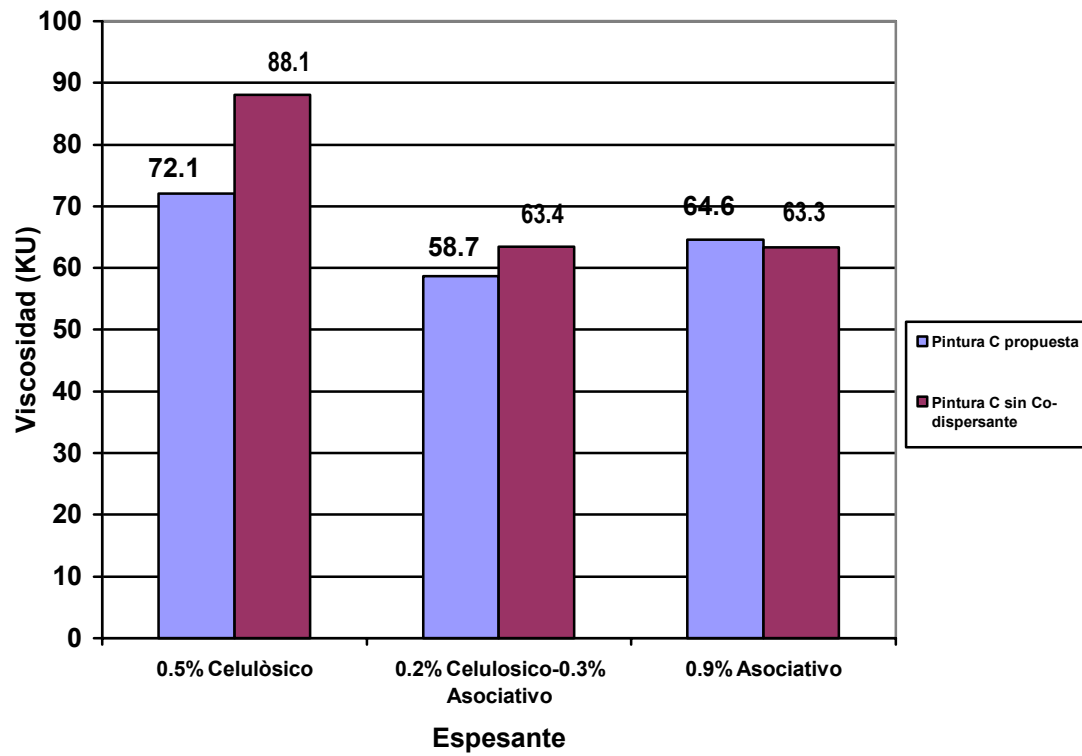
Gráfica No. 4 (Pintura B sin co-dispersante)



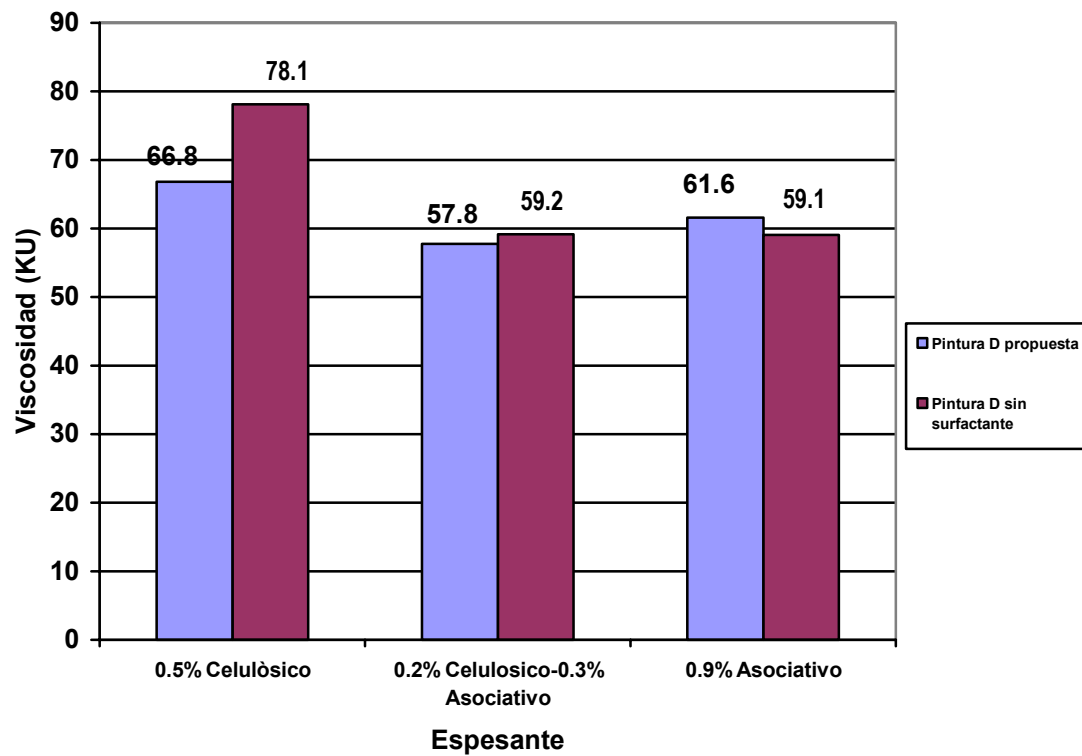
Gráfica No. 5 (Pintura C sin surfactante)



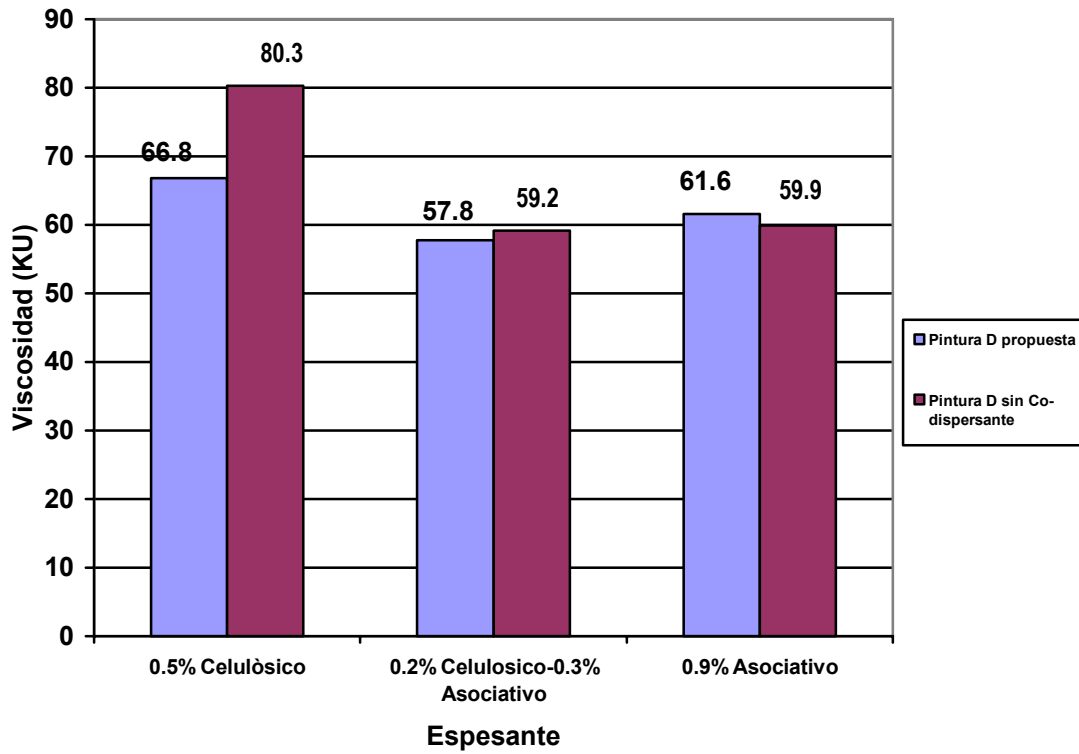
Gráfica No. 6 (Pintura C sin co-dispersante)



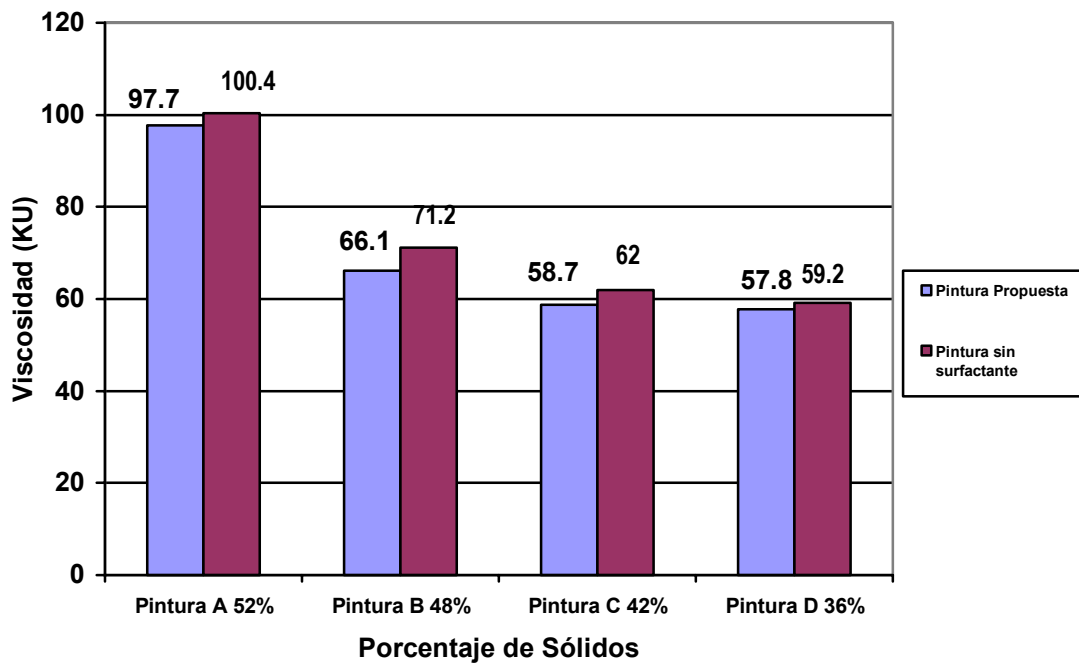
Gráfica No. 7 (Pintura D sin surfactante)



Gráfica No. 8 (Pintura D sin co-dispersante)



Gráfica No. 9 (Comparación porcentaje de sólidos de las pinturas con la mezcla de espesantes propuesta vrs pinturas sin surfactante)



Gráfica No. 10 (Comparación porcentaje de sólidos de las pinturas con la mezcla de espesantes propuesta vrs pinturas sin co-dispersante)

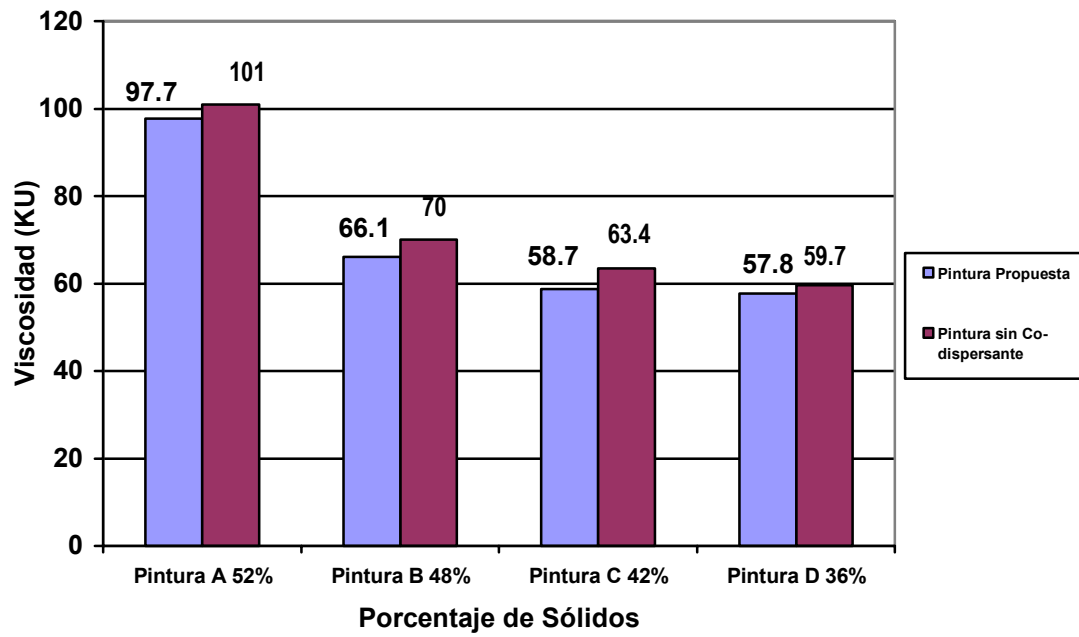


Tabla No. 6 (Costos para la pintura A)

	% Variación
0.9 % espesante de celulósico	1.80
0.2 % espesante celulósico y 0.3 % espesante de poliuretano	0.20
0.9 % espesante de poliuretano	- 0.20
0.5 % espesante de celulósico sin surfactante	1.40
0.2 % espesante celulósico y 0.3 % espesante de poliuretano sin surfactante	- 0.20
0.9 % espesante de poliuretano sin surfactante	- 0.60
0.5 % espesante de celulósico sin Co- dispersante	1.40
0.2 % espesante celulósico y 0.3 % espesante de poliuretano sin Co- dispersante	- 0.20
0.9 % espesante de poliuretano sin Co- dispersante	- 0.60

Tabla No. 7 (Costos para la pintura B)

	% Variación
0.9 % espesante de celulósico	- 1.37
0.2 % espesante celulósico y 0.3 % espesante de poliuretano	- 3.83
0.9 % espesante de poliuretano	- 4.10
0.5 % espesante de celulósico sin surfactante	- 2.19
0.2 % espesante celulósico y 0.3 % espesante de poliuretano sin surfactante	- 4.64
0.9 % espesante de poliuretano sin surfactante	- 4.92
0.5 % espesante de celulósico sin Co- dispersante	- 1.91
0.2 % espesante celulósico y 0.3 % espesante de poliuretano sin Co- dispersante	- 4.37
0.9 % espesante de poliuretano sin Co- dispersante	- 4.64

Tabla No. 8 (Costos para la pintura C)

	% Variación
0.9 % espesante de celulósico	- 6.04
0.2 % espesante celulósico y 0.3 % espesante de poliuretano	- 10.44
0.9 % espesante de poliuretano	- 10.99
0.5 % espesante de celulósico sin surfactante	- 6.59
0.2 % espesante celulósico y 0.3 % espesante de poliuretano sin surfactante	- 10.99
0.9 % espesante de poliuretano sin surfactante	- 12.09
0.5 % espesante de celulósico sin Co- dispersante	- 6.04
0.2 % espesante celulósico y 0.3 % espesante de poliuretano sin Co- dispersante	- 10.44
0.9 % espesante de poliuretano sin Co- dispersante	- 11.54

Tabla No. 9 (Costos para la pintura D)

	% Variación
0.9 % espesante de celulósico	- 7.81
0.2 % espesante celulósico y 0.3 % espesante de poliuretano	- 14.06
0.9 % espesante de poliuretano	- 14.84
0.5 % espesante de celulósico sin surfactante	- 8.59
0.2 % espesante celulósico y 0.3 % espesante de poliuretano sin surfactante	- 14.84
0.9 % espesante de poliuretano sin surfactante	- 15.62
0.5 % espesante de celulósico sin Co- dispersante	- 7.81
0.2 % espesante celulósico y 0.3 % espesante de poliuretano sin Co- dispersante	- 14.06
0.9 % espesante de poliuretano sin Co- dispersante	- 14.84

* El signo – significa una reducción en el costo y la falta de signo es un incremento en el costo

Tabla No. 10 (Cambios en el proceso)

No se pueden determinar los cambios en el proceso ya que las formulas propuestas no cumplen con la viscosidad requerida en el volcán, y la pintura A sin surfactante que si la cumple, tienen que hacerle otras pruebas antes de determinar los cambios necesarios en su proceso de fabricación

VIII. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El principal objetivo de este trabajo es determinar el flujo viscoso con una mezcla de espesantes (celulósico – poliuretanos) propuesta, que brindara a las pinturas de látex las mejores propiedades finales sin que su viscosidad se viera afectada, y que a la vez se redujera su costo de fabricación para poder brindarle al consumidor final un mejor precio.

Para esto se realizó el experimento en la planta de pinturas El Volcán, en la cual se trabajó con los cuatro tipos de pinturas de látex que allí se fabrican, las cuales contienen distintos porcentajes de sólidos y a la vez están formuladas con cantidades distintas de espesantes, así por ejemplo, la pintura A que contiene 52 % de sólidos, lleva en su formulación 0.20 % de espesante celulósico y 0.22 % de espesante de poliuretano. De igual manera la pintura D es fabricada únicamente con espesante de poliuretano el cual tiene en su formulación un 0.76 % de este espesante, y contiene 38 % de sólidos.

El experimento consistió en reducir estas cantidades de espesantes por unas propuestas que son 0.2 % de espesante celulósico y 0.3 % de espesante de poliuretano, estas cantidades según (Mueller, 1997), como se mencionó en la teoría esta mezcla brinda mejores propiedades finales a las pinturas, pero para el experimento se procedió a preparar las pinturas de látex con solamente uno de los dos espesantes para observar el efecto que estos tenían en las pinturas. Para este caso se utilizó 0.5 % de espesante celulósico para las pinturas que unicamente llevaban este espesante y un 0.9 % de espesante de poliuretano para las pinturas que solamente llevaban este espesante. Esto se realizó con el fin de poder determinar el efecto de la viscosidad en las pinturas y a la vez por ser cantidades menores a las utilizadas actualmente, ver si los costos de producción se reducían sin que la viscosidad se viera afectada. Otro objetivo del experimento fue el de omitir el surfactante (Nonilfenol poliglicol eter) y el co-dispersante (Tetra piro fosfato de potasio) esto con el fin de ver si al omitir alguno de estos compuestos en las pinturas, la viscosidad no se veía afectada y a la vez el costo de fabricación se reducía, esto serviría como una posible opción en la fabricación de pinturas, ya que estos compuestos únicamente son utilizados para ayudar a la dispersión de los pigmentos.

En las plantas de fabricación de las pinturas las viscosidades son medidas en unidades krebs (KU), ya que las pinturas no se comportan como fluidos newtonianos, sino como fluidos tixotropicos los viscosímetros utilizados que se mencionan en la teoría, dan las lecturas de viscosidad en estas unidades. Como recomendación seria de utilidad, realizar un estudio con algún otro equipo de medición de viscosidad para poder determinar estas en otras unidades.

De los resultados obtenidos en el experimento se puede determinar que la pintura A contiene un 52 % de sólidos mientras que las pinturas B, C y D, contienen 48 %, 42 % y 38 % respectivamente, con lo que se pudo observar en la gráfica No. 9 y 10 de los resultados (páginas No. 46 y 47), que la viscosidad está afectada por el % de sólidos, ya que la pintura A, que contiene la mayor cantidad de sólidos, presenta la mayor viscosidad en con la mezcla de espesantes propuesta (97.1 KU). Mientras que la pintura D con 38 % de sólidos tiene una viscosidad de 57.8 KU. Y como se puede apreciar en estas gráficas el comportamiento de la viscosidad desciende conforme el porcentaje de sólidos disminuye, y este comportamiento también se puede apreciar al omitir el surfactante y el co-dispersante.

De igual manera se puede apreciar en la gráfica No. 1 (página No. 42) que para la pintura A, que contiene la mayor cantidad de sólidos, el hecho de utilizar únicamente uno de los espesantes da como resultado una viscosidad alta, por ejemplo, para la pintura A únicamente con espesante celulósico su viscosidad es de 104.1 KU, y con espesante de poliuretano la viscosidad es de 101.4 KU. De esto se puede decir que la viscosidad se ve afectada por la cantidad de sólidos que contenga la pintura, no importando si se utiliza una mezcla de los espesantes o únicamente uno de los dos, esto se deduce al ver las gráficas No. 3, 5, 7 (páginas 43, 44, 45), en las que se presentan las pinturas B, C y D, donde si se utiliza solamente uno de los dos, su viscosidad disminuye (con espesante celulósico, para la pintura B, 100.3 KU, para la pintura C, 72.1 KU, y para la pintura D, 66.8 KU). Otro factor importante que se pudo observar es que al ser la viscosidad dependiente del porcentaje de sólidos, a las pinturas B, C y D no se les puede aplicar estos porcentajes de espesantes, ya que su contenido de sólidos es demasiado bajo y su viscosidad disminuye demasiado, siendo de 66.1 KU para la pintura B, 58.7 KU para la pintura C y de 57.8 KU para la pintura D. En las pinturas se necesita que el producto final tenga una viscosidad de 95 – 100 KU, por lo que se puede concluir que

esta mezcla propuesta no es útil para estos tres tipos de pinturas. De igual se puede concluir que según (Mueller, 1997), esta mezcla de espesantes brinda al producto terminado una viscosidad aceptada siempre y cuando el % de sólidos sea más alto del 50 % como es el caso de la pintura A.

Otro de los objetivos del experimento es determinar el costo de fabricación de las cuatro pinturas de látex con la mezcla de espesantes propuestas. Como resultado se pudo determinar que la pintura A, que es la que presenta una viscosidad adecuada para el producto final (97.1 KU), tiene un incremento del 0.20 % en su costo de producción, por lo que aunque tiene una viscosidad aceptada no se puede aplicar. Con las otras tres pinturas se tuvieron reducciones en los costos de fabricación con la mezcla propuesta, así para la pintura B el costo de fabricación se reduce en 3.83 % y para la pintura C el costo de fabricarla se reduce en 10.44 % y la pintura D tiene un 14.06 % de reducción en su costo de producción. Con estos resultados no se puede utilizar esta mezcla, pero da una referencia para poder realizar otros experimentos que son recomendados para poder reducir los costos de fabricación, sin que la viscosidad se vea afectada, por ejemplo para las pinturas C y D que presentan las mayores reducciones en sus costos de producción, se recomienda formular nuevamente las pinturas, ya sea aumentando el porcentaje de sólidos, o aumentando la cantidad de espesantes, esto con el fin de alcanzar la viscosidad adecuada y reducir los costos de fabricación.

Otro de los objetivos del experimento fue el de omitir el surfactante en la formulación de las cuatro pinturas de látex, el resultado de esto se puede ver en las gráficas No. 1, 3, 5, 7, 9 (páginas No. 42, 43, 44, 45, 46) de los resultados, en donde se puede observar que las viscosidades aumentan en las cuatro pinturas, con esto se puede concluir que el surfactante sí tiene efecto en la viscosidad ya que la aumenta, aunque de igual manera que el porcentaje de sólidos está relacionado, ya que a mayor cantidad de sólidos la viscosidad aumenta en mayor cantidad, como se puede ver en la gráfica No. 3 (página No. 43) para la pintura B, la viscosidad con el surfactante es de 66.1 KU mientras que si lo omitimos su viscosidad aumenta a 71.2 KU, mientras que en la gráfica No. 5 (página No. 44) para la pintura C con 42 % de sólidos su viscosidad con el surfactante es de 58.7 KU mientras que si se omite el surfactante la viscosidad aumenta a 62 KU. De lo cual se puede determinar que con un porcentaje de sólidos de 48 %, la viscosidad aumenta en 5.1 KU, mientras que en la pintura C la viscosidad aumenta 3.3

KU, lo que ejemplifica, como se mencionó de que el surfactante sí tiene un efecto sobre la viscosidad, ésta también está relacionada con el porcentaje de sólidos en las pinturas, a menor porcentaje de sólidos la viscosidad aumenta en menor cantidad al omitir el surfactante. Con estos datos se puede determinar que omitir el surfactante en estas cuatro pinturas da un incremento en la viscosidad de 0.5 – 5 KU.

Al analizar el costo de producción de las pinturas omitiendo el surfactante se puede determinar que las pinturas B, C y D, aunque la viscosidad aumenta no es útil, ya que están fuera del rango requerido para el producto terminado (71.2 KU, 62.0 KU y 59.2 KU respectivamente), y aunque el costo también se reduce en las tres (4.64 % para la pintura B, para la pintura C 10.99 %, y 14.84 % para la pintura D) no se pueden aplicar, pero es recomendable, al igual que con la fórmula completa, omitir el surfactante e incrementar la cantidad de espesantes o la cantidad de sólidos en las pinturas para obtener la viscosidad deseada con un menor costo de fabricación. Para la pintura A el caso es el contrario, si omitimos el surfactante su viscosidad es de 100.4 KU y su costo de producción se reduce en un 0.20 % lo cual indica que si se podría aplicar. Se recomienda, de igual manera, aunque la viscosidad sea buena para el producto terminado y que su costo de fabricación se reduzca, que se le hagan otras pruebas a la pintura como el envejecimiento la cual tiene un tiempo de duración de 6 meses, el cual consiste en dejar la pintura de 3 a 6 meses tapada la pintura y ver si después de este tiempo no se forma sedimento, por omitir el surfactante.

Si en la formulación se omite el co-dispersante el efecto observado es el mismo que el surfactante y esto se puede apreciar en las gráficas No. 2, 4, 6, 8, 10 (páginas No. 43, 44, 45, 46, 47) de los resultados, donde el efecto de éste es de disminuir la viscosidad si está presente en la formulación, y al igual que el caso anterior no está relacionado directamente con la viscosidad ya que la aumenta. Pero si tiene relación con el porcentaje de sólidos, ya que a mayor porcentaje de sólidos la viscosidad aumenta mas si se omite el co-dispersante como en la pintura A que con la fórmula completa la viscosidad es de 97.7 KU y si se omite, la viscosidad es de 101.0 KU con un incremento de 3.3 KU, mientras que en la pintura D con la fórmula completa, la viscosidad es de 57.8 KU, y omitiendo el co-dispersante la viscosidad es de 59.7 KU, con un incremento de 1.9 KU.

Con respecto a los costos de producción de las cuatro pinturas omitiendo el co-dispersante se puede ver que para la pintura A el costo de fabricación se disminuye en un 0.2 % y su viscosidad es aceptada en el producto final, por lo que se podría aplicar, aunque al igual que el surfactante es recomendable hacer otras pruebas antes de mandar a producción la nueva fórmula. Con las otras tres pinturas se observa que también hay reducción de los costos, para la pintura B de 4.37 %, para la pintura C de 10.44 %, y para la pintura D de 14.06 %, al igual que con el surfactante, la viscosidad no es buena para un producto terminado (70.0 KU, 63.4 KU y 59.7 KU respectivamente).

Con estos resultados omitiendo el surfactante y el co-dispersante se puede concluir que estos dos compuestos son una opción para eliminar de la fórmula ya que la viscosidad no se ve afectada de manera significativa y el hecho de omitir cualquiera de los dos incrementa la viscosidad, aunque para la pintura A el costo se reduzca en un 0.20 % no es recomendable aplicar esto directamente, ya que como se menciona con anterioridad esto solo da una posibilidad de reducir el costo sin que la viscosidad se vea afectada, por este motivo es recomendable realizar otras pruebas omitiendo estos compuestos de las formulas para poder determinar si se podría aplicar.

En las gráficas No. 9 y 10 (páginas 46, 47) se puede observar un resumen de todos los datos donde se puede ver que la viscosidad esta relacionada con el porcentaje de sólidos y que a mayor porcentaje de sólidos la viscosidad es mayor, al igual que cuando se omite el surfactante, gráfica No. 9 (página 46), la viscosidad es mayor al tener mas cantidad de sólidos la pintura. De igual manera se observa el mismo comportamiento al omitir el co-dispersante gráfica No.10 (página 47).

Con respecto a los cambios en el proceso no se pueden determinar en este momento, ya que aunque en sólo dos casos se reduce el costo de producción, para la pintura A sin el surfactante y el co-dispersante, es recomendable realizar otras pruebas para determinar que el producto a largo plazo no va a tener alteraciones en sus propiedades. El principal objetivo de este trabajo era determinar si omitir uno de estos componentes, surfactante y o-dispersante la viscosidad variaba de manera significativa, y con los resultados se puede concluir que al omitir alguno de estos componentes la viscosidad no esta relacionada directamente con estos, por lo que se podría tomar como una opción para futuros estudios donde se podrían omitir alguno de estos o ambos y

realizar otras pruebas para saber si se podría aplicar en la formulación de pinturas y reducir los costos de fabricación. Y de igual manera para las otras tres pinturas, los costos de fabricación se reducen, pero no cumplen con la viscosidad requerida de 95 – 100 KU del producto terminado, por lo que es recomendable realizar algunos otros experimentos cambiando ya sea la cantidad de sólidos en la fórmula, o incrementar la cantidad de espesantes para alcanzar la viscosidad necesaria.

IX. CONCLUSIONES

1. En la pintura A que contiene 52% sólidos la viscosidad (97.7 KU) es mayor comparado con la pintura D que tiene 36% sólidos y su viscosidad es más baja (57.8 KU), implica que la viscosidad con una mezcla de espesantes celulósicos-poliuretanos está bien marcada por el porcentaje de sólidos que contenga la pintura de látex.
2. Para la pintura A, la mezcla propuesta de espesantes 0.2% de celulósico y 0.3% de poliuretano da una viscosidad de 97.7 KU, la cual es aceptada para el producto terminado; sin embargo su costo se eleva en un 0.20%, por lo que no es recomendable.
3. Para las pinturas B, C y D, esta mezcla de espesantes da viscosidades bajas de, 66.1, 58.7 y 57.8 KU respectivamente, lo cual no es recomendable para las pinturas látex, ya que la viscosidad específica es de 95 – 100 KU.
4. El costo de las pinturas B, C y D con esta mezcla de espesantes se reduce en 3.83 %, 10.44 % y 14.06 %, pero de igual manera, las viscosidades disminuyen por lo que no es posible utilizarlas.
5. Omitir el surfactante en las cuatro pinturas da un incremento en las viscosidades de 0.5 – 5 KU, por lo que se puede eliminar de la formulación sin que éstas sufran un cambio significativo en su viscosidad.
6. La viscosidad no se relaciona directamente con el surfactante en la formulación ya que al omitir éste la viscosidad aumenta; sin embargo, está relacionada con el porcentaje de sólidos que contenga.
7. Al omitir el co-dispersante la viscosidad aumentó en las pinturas A, B, C y D (101.0, 70.0, 63.4 y 59.7 KU), por lo que éste tiene que ver con el porcentaje de sólidos que tenga la pintura, al igual que el surfactante.

8. A mayor porcentaje de sólidos en las pinturas de látex la viscosidad es mayor con la mezcla de espesantes propuesta.
9. No se pueden determinar cambios en el proceso ya que al omitir el surfactante y el co-dispersante se tienen que hacer otras pruebas antes de utilizar la nueva formulación.

X. RECOMENDACIONES

1. Uno de los objetivos de este trabajo fue determinar si el surfactante tenía efectos sobre la viscosidad. Al omitir este, en la pintura A, se pudo observar que la viscosidad aumenta, y el costo de fabricación disminuye. La viscosidad aumenta de (de 97.7 a 100.4 KU). Por lo que se podría omitir el surfactante en la fabricación de pinturas pero es recomendado hacer pruebas de envejecimiento (6 meses) a la pintura, para observar si omitir este componente genera sedimentación después de este tiempo.
2. Como en las pinturas B, C y D se observó una baja en el costo (3.83, 10.44 y 14.06 %) con la mezcla propuesta y omitiendo el surfactante (4.64, 10.99 y 14.84 %), es recomendable hacer pruebas con una nueva cantidad de espesantes que no reduzca los costos tanto y que a la vez aumente la viscosidad a los KU necesarios (100 KU), siempre teniendo en cuenta la recomendación No.1 si se omite el surfactante.
3. Para las pinturas A en la que el co-dispersante no varió la viscosidad significativamente, se podría utilizar esta fórmula siempre teniendo en cuenta la recomendación No. 1
4. Como el costo se reduce, se podría incrementar el porcentaje de sólidos en las pinturas C y D para ver si esta mezcla de espesantes propuesta aumenta la viscosidad, siempre teniendo en cuenta que el costo no aumente.
5. Como el resultado de omitir el surfactante y el co-dispersante no tiene efecto directo sobre la viscosidad, se puede tomar como una opción el omitir cualquiera de estos dos componentes para futuros estudios, y revisar si omitirlos no tiene consecuencias en las propiedades de las pinturas a largo plazo (3 a 6 meses), ya que el hecho de omitirlos reduce el costo de fabricación de las pinturas de látex,

XI. BIBLIOGRAFÍA

1. www.ffyb.uba.ar/farmacotecnia%20I/Reologia/Introduccion_a_la_Reologia.htm
(5 agosto 2004)
2. http://www.sater.org.ar/letter2_3.htm#3 (5 agosto 2004)
3. <http://usuarios.lycos.es/jmsuarez/formulas.html> (3 noviembre 2004)
4. Ashford, Robert D; 1994, *Dictionary of Industrial Chemicals*, Inglaterra, WaveLength Publication Ltd, 800 págs.
5. Austin, Georget; 1988 *Manual de procesos químicos en la industria*, 5 ta Edición, México McGraw-Hill, Tomo II, 600 págs.
6. Considine, Douglas M; 1974 *Chemical and Process Technology Encyclopedia*, Estados Unidos, Mc Graw-Hill, 700 págs.
7. Kira, Raymond E; 1962 *Enciclopedia de tecnología química*, 1 era Edición en Español, México Tomo XII, 600 págs.
8. Mueller, Joerg; Thies, Uwe. 1997 *Mejora de las propiedades de aplicación técnicas de pinturas a la dispersión por medio de combinaciones de espesantes de poliuretano y éteres de celulosa*, Bayer, Alemania 48 Págs.
9. White, Frank M; 1974 *Viscuos Fluid Flor*, Estados Unidos, McGraw-Hill, 650 págs.

XII. ANEXOS

Cálculo del % de variación de los costos de fabricación:

Para la pintura A con la mezcla de espesantes propuesta:

Costo fabricación actual: Q. 50.13*

Costo fabricación mezcla propuesta: Q. 50.02*

$$\% \text{ variación} = \frac{\text{Costo fabricación actual} - \text{Costo fabricación mezcla propuesta}}{\text{Costo de fabricación actual}} * 100$$

$$\% \text{ variación} = \frac{Q. 50.13 - Q. 50.02}{Q. 50.13} * 100$$

$$\% \text{ variación} = 0.20 \%$$

* Los precios aquí presentes son de referencia para la pintura A

Tabla No. 11 (Fórmula actual de la pintura A)

Operación	Orden	Descripción	%
Dispersión	1	Agua	14.69
Dispersión	2	Arkopal N-100	0.26
Dispersión	3	Hidropalat 44	0.44
Dispersión	4	Foamaster 2000	0.26
Dispersión	5	KTPP	0.18
Dispersión	6	TiO2	22.05
Dispersión	7	ZnO	1.32
Dispersión	8	Minex	11.02
Dispersión	9	Dehygant LFM	0.13
Dispersión	10	Wallocel Xm	0.20
Dispersión	11	Agua	5.88
Completación	1	Foamaster 2000	0.26
Completación	2	Acronal 295	35.71
Completación	3	Sorocat	0.18
Completación	4	Dehygant LFM	0.13
Completación	5	Algicida & Fungicida	0.26
Completación	6	Texanol	1.32
Completación	7	Etilenglicol	1.76
Completación	8	AMP-95	0.18
Completación	9	Acrysol tt 935	0.22
Completación	10	Agua	3.53
Total			100

Tabla No. 12 (Fórmula actual de la pintura B)

Operación	Orden	Descripción	%
Dispersión	1	Agua	21.16
Dispersión	2	Arkopal N-100	0.37
Dispersión	3	Hidropalat 44	0.34
Dispersión	4	Foamaster 2000	0.25
Dispersión	5	KTPP	0.17
Dispersión	6	TiO2	14.81
Dispersión	7	ZnO	1.27
Dispersión	8	Snowtex	12.70
Dispersión	9	CaCO3 Nac	10.58
Dispersión	10	Minex	2.12
Dispersión	11	Dehygant LFM	0.04
Dispersión	12	Wallocel Xm	0.25
Dispersión	13	Agua	10.58
Completación	1	Foamaster 2000	0.17
Completación	2	Acronal 295	16.93
Completación	3	Sorocat	0.17
Completación	4	Dehygant LFM	0.04
Completación	5	Algicida & Fungicida	0.25
Completación	6	Texanol	0.85
Completación	7	Etilenglicol	1.27
Completación	8	AMP-95	0.17
Completación	9	Acrysol tt 935	1.27
Completación	10	Agua	4.23
Total			100

Tabla No. 13 (Fórmula actual de la pintura C)

Operación	Orden	Descripción	%
Dispersión	1	Agua	22.50
Dispersión	2	Arkopal N-100	0.18
Dispersión	3	Hidropalat 44	0.18
Dispersión	4	Foamaster 2000	0.09
Dispersión	5	KTPP	0.05
Dispersión	6	TiO2	4.50
Dispersión	7	Snowtex	15.75
Dispersión	8	CaCO3 Nac	18.00
Dispersión	9	Dehygant LFM	0.09
Dispersión	10	Wallocel Xm	0.45
Dispersión	11	Agua	7.65
Completación	1	Foamaster 2000	0.09
Completación	2	Acronal 295	7.65
Completación	3	Sorocat	0.09
Completación	4	Dehygant LFM	0.09
Completación	5	Texanol	0.23
Completación	6	AMP-95	0.09
Completación	7	Acrysol tt 935	1.17
Completación	8	Agua	21.15
Total			100

Tabla No. 14 (Fórmula actual de la pintura D)

Operación	Orden	Descripción	%
Dispersión	1	Agua	23.47
Dispersión	2	Arkopal N-100	0.19
Dispersión	3	Hidropalat 44	0.19
Dispersión	4	Foamaster 2000	0.09
Dispersión	5	KTPP	0.05
Dispersión	6	TiO2	1.88
Dispersión	7	CaCO3 Nac	19.72
Dispersión	8	Snowtex	11.74
Dispersión	9	Dehygant LFM	0.09
Dispersión	10	Wallocel Xm	0.38
Dispersión	11	Agua	15.49
Completación	1	Foamaster 2000	0.09
Completación	2	Acronal 295	4.23
Completación	3	Sorocat	0.09
Completación	4	Dehygant LFM	0.09
Completación	5	Texanol	0.14
Completación	6	AMP-95	0.09
Completación	7	Wallocel Xm	0.38
Completación	8	Agua	21.60
Total			100

Tabla No. 15 (Fórmula para la pintura A con 0.5 % de espesantes celulósico)

Operación	Orden	Descripción	%
Dispersión	1	Agua	14.68
Dispersión	2	Arkopal N-100	0.27
Dispersión	3	Hidropalat 44	0.44
Dispersión	4	Foamaster 2000	0.27
Dispersión	5	KTPP	0.18
Dispersión	6	TiO2	22.11
Dispersión	7	ZnO	1.33
Dispersión	8	Minex	11.05
Dispersión	9	Dehygant LFM	0.13
Dispersión	10	Wallocel Xm	0.50
Dispersión	11	Agua	5.76
Completación	1	Foamaster 2000	0.27
Completación	2	Acronal 295	35.81
Completación	3	Sorocat	0.18
Completación	4	Dehygant LFM	0.13
Completación	5	Algicida & Fungicida	0.27
Completación	6	Texanol	1.33
Completación	7	Etilenglicol	1.77
Completación	8	AMP-95	0.18
Completación	9	Acrysol tt 935	0.00
Completación	10	Agua	3.36

Total 100

Tabla No. 16 (Fórmula para la pintura A con 0.2 % de espesante celulósico y 0.3 de espesante de poliuretano)

Operación	Orden	Descripción	%
Dispersión	1	Agua	14.75
Dispersión	2	Arkopal N-100	0.27
Dispersión	3	Hidropalat 44	0.44
Dispersión	4	Foamaster 2000	0.27
Dispersión	5	KTPP	0.18
Dispersión	6	TiO2	22.13
Dispersión	7	ZnO	1.33
Dispersión	8	Minex	11.07
Dispersión	9	Dehygant LFM	0.13
Dispersión	10	Wallocel Xm	0.20
Dispersión	11	Agua	5.90
Completación	1	Foamaster 2000	0.27
Completación	2	Acronal 295	35.86
Completación	3	Sorocat	0.18
Completación	4	Dehygant LFM	0.13
Completación	5	Algicida & Fungicida	0.27
Completación	6	Texanol	1.33
Completación	7	Etilenglicol	1.77
Completación	8	AMP-95	0.18
Completación	9	Acrysol tt 935	0.30
Completación	10	Agua	3.06

Total 100

Tabla No. 17 (Fórmula para la pintura A con 0.9 % de espesante de poliuretano)

Operación	Orden	Descripción	%
Dispersión	1	Agua	14.76
Dispersión	2	Arkopal N-100	0.27
Dispersión	3	Hidropalat 44	0.44
Dispersión	4	Foamaster 2000	0.27
Dispersión	5	KTPP	0.18
Dispersión	6	TiO2	22.14
Dispersión	7	ZnO	1.33
Dispersión	8	Minex	11.07
Dispersión	9	Dehygant LFM	0.13
Dispersión	10	Wallocel Xm	0.00
Dispersión	11	Agua	5.90
Completación	1	Foamaster 2000	0.27
Completación	2	Acronal 295	35.87
Completación	3	Sorocat	0.18
Completación	4	Dehygant LFM	0.13
Completación	5	Algicida & Fungicida	0.27
Completación	6	Texanol	1.33
Completación	7	Etilenglicol	1.77
Completación	8	AMP-95	0.18
Completación	9	Acrysol tt 935	0.90
Completación	10	Agua	2.61

Total 100

Tabla No. 18 (Fórmula para la pintura A con 0.5 % de espesante celulósico sin surfactante)

Operación	Orden	Descripción	%
Dispersión	1	Agua	14.77
Dispersión	2	Arkopal N-100	0.00
Dispersión	3	Hidropalat 44	0.44
Dispersión	4	Foamaster 2000	0.27
Dispersión	5	KTPP	0.18
Dispersión	6	TiO2	22.11
Dispersión	7	ZnO	1.33
Dispersión	8	Minex	11.05
Dispersión	9	Dehygant LFM	0.13
Dispersión	10	Wallocel Xm	0.50
Dispersión	11	Agua	5.84
Completación	1	Foamaster 2000	0.27
Completación	2	Acronal 295	35.82
Completación	3	Sorocat	0.18
Completación	4	Dehygant LFM	0.13
Completación	5	Algicida & Fungicida	0.27
Completación	6	Texanol	1.33
Completación	7	Etilenglicol	1.77
Completación	8	AMP-95	0.18
Completación	9	Acrysol tt 935	0.00
Completación	10	Agua	3.46

Total 100

Tabla No. 19 (Fórmula para la pintura A con 0.2 % de espesante celulósico y 0.3 % de espesante de poliuretano sin surfactante)

Operación	Orden	Descripción	%
Dispersión	1	Agua	14.79
Dispersión	2	Arkopal N-100	0.00
Dispersión	3	Hidropalat 44	0.44
Dispersión	4	Foamaster 2000	0.27
Dispersión	5	KTPP	0.18
Dispersión	6	TiO2	22.13
Dispersión	7	ZnO	1.33
Dispersión	8	Minex	11.07
Dispersión	9	Dehygant LFM	0.13
Dispersión	10	Wallocel Xm	0.20
Dispersión	11	Agua	6.02
Completación	1	Foamaster 2000	0.27
Completación	2	Acronal 295	35.86
Completación	3	Sorocat	0.18
Completación	4	Dehygant LFM	0.13
Completación	5	Algicida & Fungicida	0.27
Completación	6	Texanol	1.33
Completación	7	Etilenglicol	1.77
Completación	8	AMP-95	0.18
Completación	9	Acrysol tt 935	0.30
Completación	10	Agua	3.17

Total 100

Tabla No. 20 (Fórmula para la pintura A con 0.9 % de espesante de poliuretano sin surfactante)

Operación	Orden	Descripción	%
Dispersión	1	Agua	14.88
Dispersión	2	Arkopal N-100	0.00
Dispersión	3	Hidropalat 44	0.44
Dispersión	4	Foamaster 2000	0.27
Dispersión	5	KTPP	0.18
Dispersión	6	TiO2	22.15
Dispersión	7	ZnO	1.33
Dispersión	8	Minex	11.07
Dispersión	9	Dehygant LFM	0.13
Dispersión	10	Wallocel Xm	0.00
Dispersión	11	Agua	5.93
Completación	1	Foamaster 2000	0.27
Completación	2	Acronal 295	35.88
Completación	3	Sorocat	0.18
Completación	4	Dehygant LFM	0.13
Completación	5	Algicida & Fungicida	0.27
Completación	6	Texanol	1.33
Completación	7	Etilenglicol	1.77
Completación	8	AMP-95	0.18
Completación	9	Acrysol tt 935	0.90
Completación	10	Agua	2.72

Total 100

Tabla No. 21 (Fórmula para la pintura A con 0.5 % de espesante celulósico sin co-dispersante)

Operación	Orden	Descripción	%
Dispersión	1	Agua	14.70
Dispersión	2	Arkopal N-100	0.27
Dispersión	3	Hidropalat 44	0.44
Dispersión	4	Foamaster 2000	0.27
Dispersión	5	KTPP	0.00
Dispersión	6	TiO2	22.13
Dispersión	7	ZnO	1.33
Dispersión	8	Minex	11.07
Dispersión	9	Dehygant LFM	0.13
Dispersión	10	Wallocel Xm	0.50
Dispersión	11	Agua	5.75
Completación	1	Foamaster 2000	0.27
Completación	2	Acronal 295	35.85
Completación	3	Sorocat	0.18
Completación	4	Dehygant LFM	0.13
Completación	5	Algicida & Fungicida	0.27
Completación	6	Texanol	1.33
Completación	7	Etilenglicol	1.77
Completación	8	AMP-95	0.18
Completación	9	Acrysol tt 935	0.00
Completación	10	Agua	3.44

Total 100

Tabla No. 22 (Fórmula para la pintura A con 0.2 % de espesante celulósico y 0.3 % de espesante de poliuretano sin co-dispersante)

Operación	Orden	Descripción	%
Dispersión	1	Agua	14.77
Dispersión	2	Arkopal N-100	0.27
Dispersión	3	Hidropalat 44	0.44
Dispersión	4	Foamaster 2000	0.27
Dispersión	5	KTPP	0.00
Dispersión	6	TiO2	22.16
Dispersión	7	ZnO	1.33
Dispersión	8	Minex	11.08
Dispersión	9	Dehygant LFM	0.13
Dispersión	10	Wallocel Xm	0.20
Dispersión	11	Agua	5.94
Completación	1	Foamaster 2000	0.27
Completación	2	Acronal 295	35.90
Completación	3	Sorocat	0.18
Completación	4	Dehygant LFM	0.13
Completación	5	Algicida & Fungicida	0.27
Completación	6	Texanol	1.33
Completación	7	Etilenglicol	1.77
Completación	8	AMP-95	0.18
Completación	9	Acrysol tt 935	0.30
Completación	10	Agua	3.10

Total 100

Tabla No. 23 (Fórmula para la pintura A con 0.9 % de espesante de poliuretano sin co-dispersante)

Operación	Orden	Descripción	%
Dispersión	1	Agua	14.81
Dispersión	2	Arkopal N-100	0.27
Dispersión	3	Hidropalat 44	0.44
Dispersión	4	Foamaster 2000	0.27
Dispersión	5	KTPP	0.00
Dispersión	6	TiO2	22.17
Dispersión	7	ZnO	1.33
Dispersión	8	Minex	11.08
Dispersión	9	Dehygant LFM	0.13
Dispersión	10	Wallocel Xm	0.00
Dispersión	11	Agua	5.94
Completación	1	Foamaster 2000	0.27
Completación	2	Acronal 295	35.91
Completación	3	Sorocat	0.18
Completación	4	Dehygant LFM	0.13
Completación	5	Algicida & Fungicida	0.27
Completación	6	Texanol	1.33
Completación	7	Etilenglicol	1.77
Completación	8	AMP-95	0.18
Completación	9	Acrysol tt 935	0.90
Completación	10	Agua	2.62

Total 100

Tabla No. 24 (Fórmula para la pintura B con 0.5 % de espesante celulósico)

Operación	Orden	descripción	%
Dispersión	1	Agua	21.29
Dispersión	2	Arkopal N-100	0.37
Dispersión	3	Hidropalat 44	0.34
Dispersión	4	Foamaster 2000	0.26
Dispersión	5	KTPP	0.17
Dispersión	6	TiO2	14.90
Dispersión	7	ZnO	1.28
Dispersión	8	Snowtex	12.77
Dispersión	9	CaCO3 Nac	10.64
Dispersión	10	Minex	2.13
Dispersión	11	Dehygant LFM	0.04
Dispersión	12	Wallocel Xm	0.50
Dispersión	13	Agua	10.73
Completación	1	Foamaster 2000	0.17
Completación	2	Acronal 295	17.03
Completación	3	Sorocat	0.17
Completación	4	Dehygant LFM	0.04
Completación	5	Algicida & Fungicida	0.26
Completación	6	Texanol	0.85
Completación	7	Etilenglicol	1.28
Completación	8	AMP-95	0.17
Completación	9	Acrysol tt 935	0.00
Completación	10	Agua	4.61

Total 100

Tabla No. 25 (Fórmula para la pintura B con 0.2 % de espesante celulósico y 0.3 % de espesante de poliuretano)

Operación	Orden	Descripción	%
Dispersión	1	Agua	21.31
Dispersión	2	Arkopal N-100	0.37
Dispersión	3	Hidropalat 44	0.34
Dispersión	4	Foamaster 2000	0.26
Dispersión	5	KTPP	0.17
Dispersión	6	TiO2	14.92
Dispersión	7	ZnO	1.28
Dispersión	8	Snowtex	12.79
Dispersión	9	CaCO3 Nac	10.66
Dispersión	10	Minex	2.13
Dispersión	11	Dehygant LFM	0.04
Dispersión	12	Wallocel Xm	0.20
Dispersión	13	Agua	10.74
Completación	1	Foamaster 2000	0.17
Completación	2	Acronal 295	17.05
Completación	3	Sorocat	0.17
Completación	4	Dehygant LFM	0.04
Completación	5	Algicida & Fungicida	0.26
Completación	6	Texanol	0.85
Completación	7	Etilenglicol	1.28
Completación	8	AMP-95	0.17
Completación	9	Acrysol tt 935	0.30
Completación	10	Agua	4.51

Total 100

Tabla No. 26 (Fórmula para la pintura B con 0.9 % de espesante de poliuretano)

Operación	Orden	Descripción	%
Dispersión	1	Agua	21.32
Dispersión	2	Arkopal N-100	0.37
Dispersión	3	Hidropalat 44	0.34
Dispersión	4	Foamaster 2000	0.26
Dispersión	5	KTPP	0.17
Dispersión	6	TiO2	14.93
Dispersión	7	ZnO	1.28
Dispersión	8	Snowtex	12.79
Dispersión	9	CaCO3 Nac	10.66
Dispersión	10	Minex	2.13
Dispersión	11	Dehygant LFM	0.04
Dispersión	12	Wallocel Xm	0.00
Dispersión	13	Agua	10.58
Completación	1	Foamaster 2000	0.17
Completación	2	Acronal 295	17.06
Completación	3	Sorocat	0.17
Completación	4	Dehygant LFM	0.04
Completación	5	Algicida & Fungicida	0.26
Completación	6	Texanol	0.85
Completación	7	Etilenglicol	1.28
Completación	8	AMP-95	0.17
Completación	9	Acrysol tt 935	0.90
Completación	10	Agua	4.23

Total 100

Tabla No. 27 (Fórmula para la pintura B con 0.5 % de espesante celulósico sin surfactante)

Operación	Orden	Descripción	%
Dispersión	1	Agua	21.28
Dispersión	2	Arkopal N-100	0.00
Dispersión	3	Hidropalat 44	0.34
Dispersión	4	Foamaster 2000	0.26
Dispersión	5	KTPP	0.17
Dispersión	6	TiO2	14.89
Dispersión	7	ZnO	1.28
Dispersión	8	Snowtex	12.77
Dispersión	9	CaCO3 Nac	10.64
Dispersión	10	Minex	2.13
Dispersión	11	Dehygant LFM	0.04
Dispersión	12	Wallocel Xm	0.50
Dispersión	13	Agua	10.72
Completación	1	Foamaster 2000	0.17
Completación	2	Acronal 295	17.02
Completación	3	Sorocat	0.17
Completación	4	Dehygant LFM	0.04
Completación	5	Algicida & Fungicida	0.26
Completación	6	Texanol	0.85
Completación	7	Etilenglicol	1.28
Completación	8	AMP-95	0.17
Completación	9	Acrysol tt 935	0.00
Completación	10	Agua	5.02

Total 100

Tabla No. 28 (Fórmula para la pintura B con 0.2 % de espesante celulósico y 0.3 % de espesante de poliuretano sin surfactante)

Operación	Orden	Descripción	%
Dispersión	1	Agua	21.30
Dispersión	2	Arkopal N-100	0.00
Dispersión	3	Hidropalat 44	0.34
Dispersión	4	Foamaster 2000	0.26
Dispersión	5	KTPP	0.17
Dispersión	6	TiO2	14.91
Dispersión	7	ZnO	1.28
Dispersión	8	Snowtex	12.78
Dispersión	9	CaCO3 Nac	10.65
Dispersión	10	Minex	2.13
Dispersión	11	Dehygant LFM	0.04
Dispersión	12	Wallocel Xm	0.20
Dispersión	13	Agua	10.73
Completación	1	Foamaster 2000	0.17
Completación	2	Acronal 295	17.04
Completación	3	Sorocat	0.17
Completación	4	Dehygant LFM	0.04
Completación	5	Algicida & Fungicida	0.26
Completación	6	Texanol	0.85
Completación	7	Etilenglicol	1.28
Completación	8	AMP-95	0.17
Completación	9	Acrysol tt 935	0.30
Completación	10	Agua	4.94

Total 100

Tabla No. 29 (Fórmula para la pintura B con 0.9 % de espesante de poliuretano sin surfactante)

Operación	Orden	Descripción	%
Dispersión	1	Agua	21.32
Dispersión	2	Arkopal N-100	0.00
Dispersión	3	Hidropalat 44	0.34
Dispersión	4	Foamaster 2000	0.26
Dispersión	5	KTPP	0.17
Dispersión	6	TiO2	14.93
Dispersión	7	ZnO	1.28
Dispersión	8	Snowtex	12.79
Dispersión	9	CaCO3 Nac	10.66
Dispersión	10	Minex	2.13
Dispersión	11	Dehygant LFM	0.04
Dispersión	12	Wallocel Xm	0.00
Dispersión	13	Agua	10.58
Completación	1	Foamaster 2000	0.17
Completación	2	Acronal 295	17.06
Completación	3	Sorocat	0.17
Completación	4	Dehygant LFM	0.04
Completación	5	Algicida & Fungicida	0.26
Completación	6	Texanol	0.85
Completación	7	Etilenglicol	1.28
Completación	8	AMP-95	0.17
Completación	9	Acrysol tt 935	0.90
Completación	10	Agua	4.61

Total 100

Tabla No. 30 (Fórmula para la pintura B con 0.5 % de espesante celulósico sin co-dispersante)

Operación	Orden	Descripción	%
Dispersión	1	Agua	21.31
Dispersión	2	Arkopal N-100	0.37
Dispersión	3	Hidropalat 44	0.34
Dispersión	4	Foamaster 2000	0.26
Dispersión	5	KTPP	0.00
Dispersión	6	TiO2	14.92
Dispersión	7	ZnO	1.28
Dispersión	8	Snowtex	12.78
Dispersión	9	CaCO3 Nac	10.65
Dispersión	10	Minex	2.13
Dispersión	11	Dehygant LFM	0.04
Dispersión	12	Wallocel Xm	0.50
Dispersión	13	Agua	10.74
Completación	1	Foamaster 2000	0.17
Completación	2	Acronal 295	17.05
Completación	3	Sorocat	0.17
Completación	4	Dehygant LFM	0.04
Completación	5	Algicida & Fungicida	0.26
Completación	6	Texanol	0.85
Completación	7	Etilenglicol	1.28
Completación	8	AMP-95	0.17
Completación	9	Acrysol tt 935	0.00
Completación	10	Agua	4.69

Total 100

Tabla No. 31 (Fórmula para la pintura B con 0.2 % de espesante celulósico y 0.3 % de espesante de poliuretano sin co-dispersante)

Operación	Orden	Descripción	%
Dispersión	1	Agua	21.33
Dispersión	2	Arkopal N-100	0.37
Dispersión	3	Hidropalat 44	0.34
Dispersión	4	Foamaster 2000	0.26
Dispersión	5	KTPP	0.00
Dispersión	6	TiO2	14.93
Dispersión	7	ZnO	1.28
Dispersión	8	Snowtex	12.80
Dispersión	9	CaCO3 Nac	10.66
Dispersión	10	Minex	2.13
Dispersión	11	Dehygant LFM	0.04
Dispersión	12	Wallocel Xm	0.20
Dispersión	13	Agua	10.75
Completación	1	Foamaster 2000	0.17
Completación	2	Acronal 295	17.06
Completación	3	Sorocat	0.17
Completación	4	Dehygant LFM	0.04
Completación	5	Algicida & Fungicida	0.26
Completación	6	Texanol	0.85
Completación	7	Etilenglicol	1.28
Completación	8	AMP-95	0.17
Completación	9	Acrysol tt 935	0.30
Completación	10	Agua	4.61

Total 100

Tabla No. 32 (Fórmula para la pintura B con 0.9 % de espesante de poliuretano sin co-dispersante)

Operación	Orden	Descripción	%
Dispersión	1	Agua	21.33
Dispersión	2	Arkopal N-100	0.37
Dispersión	3	Hidropalat 44	0.34
Dispersión	4	Foamaster 2000	0.26
Dispersión	5	KTPP	0.00
Dispersión	6	TiO2	14.93
Dispersión	7	ZnO	1.28
Dispersión	8	Snowtex	12.80
Dispersión	9	CaCO3 Nac	10.67
Dispersión	10	Minex	2.13
Dispersión	11	Dehygant LFM	0.04
Dispersión	12	Wallocel Xm	0.00
Dispersión	13	Agua	10.58
Completación	1	Foamaster 2000	0.17
Completación	2	Acronal 295	17.07
Completación	3	Sorocat	0.17
Completación	4	Dehygant LFM	0.04
Completación	5	Algicida & Fungicida	0.26
Completación	6	Texanol	0.85
Completación	7	Etilenglicol	1.28
Completación	8	AMP-95	0.17
Completación	9	Acrysol tt 935	0.90
Completación	10	Agua	4.35

Total 100

Tabla No. 33 (Fórmula para la pintura C con 0.5 % de espesante celulósico)

Operación	Orden	Descripción	%_
Dispersión	1	Agua	22.56
Dispersión	2	Arkopal N-100	0.18
Dispersión	3	Hidropalat 44	0.18
Dispersión	4	Foamaster 2000	0.09
Dispersión	5	KTPP	0.05
Dispersión	6	TiO2	4.51
Dispersión	7	Snowtex	15.79
Dispersión	8	CaCO3 Nac	18.05
Dispersión	9	Dehygant LFM	0.09
Dispersión	10	Wallocel Xm	0.50
Dispersión	11	Agua	8.12
Completación	1	Foamaster 2000	0.09
Completación	2	Acronal 295	7.67
Completación	3	Sorocat	0.09
Completación	4	Dehygant LFM	0.09
Completación	5	Texanol	0.23
Completación	6	AMP-95	0.09
Completación	7	Acrysol tt 935	0.00
Completación	8	Agua	21.63
Total			100

Tabla No. 34 (Fórmula para la pintura C con 0.2 % de espesante celulósico y 0.3 % de espesante de poliuretano)

Operación	Orden	Descripción	%
Dispersión	1	Agua	22.58
Dispersión	2	Arkopal N-100	0.18
Dispersión	3	Hidropalat 44	0.18
Dispersión	4	Foamaster 2000	0.09
Dispersión	5	KTPP	0.05
Dispersión	6	TiO2	4.52
Dispersión	7	Snowtex	15.81
Dispersión	8	CaCO3 Nac	18.07
Dispersión	9	Dehygant LFM	0.09
Dispersión	10	Wallocel Xm	0.20
Dispersión	11	Agua	8.13
Completación	1	Foamaster 2000	0.09
Completación	2	Acronal 295	7.68
Completación	3	Sorocat	0.09
Completación	4	Dehygant LFM	0.09
Completación	5	Texanol	0.23
Completación	6	AMP-95	0.09
Completación	7	Acrysol tt 935	0.30
Completación	8	Agua	21.54

Total 100

Tabla No. 35 (Fórmula para la pintura C con 0.9 % de espesante de poliuretano)

Operación	Orden	Descripción	%
Dispersión	1	Agua	22.60
Dispersión	2	Arkopal N-100	0.18
Dispersión	3	Hidropalat 44	0.18
Dispersión	4	Foamaster 2000	0.09
Dispersión	5	KTPP	0.05
Dispersión	6	TiO2	4.52
Dispersión	7	Snowtex	15.82
Dispersión	8	CaCO3 Nac	18.08
Dispersión	9	Dehygant LFM	0.09
Dispersión	10	Wallocel Xm	0.00
Dispersión	11	Agua	8.13
Completación	1	Foamaster 2000	0.09
Completación	2	Acronal 295	7.68
Completación	3	Sorocat	0.09
Completación	4	Dehygant LFM	0.09
Completación	5	Texanol	0.23
Completación	6	AMP-95	0.09
Completación	7	Acrysol tt 935	0.90
Completación	8	Agua	21.10
Total			100

Tabla No. 36 (Fórmula para la pintura C con 0.5 % de espesante celulósico sin surfactante)

Operación	Orden	Descripción	%
Dispersión	1	Agua	22.55
Dispersión	2	Arkopal N-100	0.00
Dispersión	3	Hidropalat 44	0.18
Dispersión	4	Foamaster 2000	0.09
Dispersión	5	KTPP	0.05
Dispersión	6	TiO2	4.51
Dispersión	7	Snowtex	15.79
Dispersión	8	CaCO3 Nac	18.04
Dispersión	9	Dehygant LFM	0.09
Dispersión	10	Wallocel Xm	0.50
Dispersión	11	Agua	8.12
Completación	1	Foamaster 2000	0.09
Completación	2	Acronal 295	7.67
Completación	3	Sorocat	0.09
Completación	4	Dehygant LFM	0.09
Completación	5	Texanol	0.23
Completación	6	AMP-95	0.09
Completación	7	Acrysol tt 935	0.00
Completación	8	Agua	21.83

Total 100

Tabla No. 37 (Fórmula para la pintura C con 0.2 % de espesante celulósico y 0.3 % de espesante de poliuretano sin surfactante)

Operación	Orden	Descripción	%
Dispersión	1	Agua	22.57
Dispersión	2	Arkopal N-100	0.00
Dispersión	3	Hidropalat 44	0.18
Dispersión	4	Foamaster 2000	0.09
Dispersión	5	KTPP	0.05
Dispersión	6	TiO2	4.51
Dispersión	7	Snowtex	15.80
Dispersión	8	CaCO3 Nac	18.06
Dispersión	9	Dehygant LFM	0.09
Dispersión	10	Wallocel Xm	0.20
Dispersión	11	Agua	8.13
Completación	1	Foamaster 2000	0.09
Completación	2	Acronal 295	7.67
Completación	3	Sorocat	0.09
Completación	4	Dehygant LFM	0.09
Completación	5	Texanol	0.23
Completación	6	AMP-95	0.09
Completación	7	Acrysol tt 935	0.30
Completación	8	Agua	21.76

Total 100

Tabla No. 38 (Fórmula para la pintura C con 0.9 % de espesante de poliuretano sin surfactante)

Operación	Orden	Descripción	%
Dispersión	1	Agua	22.59
Dispersión	2	Arkopal N-100	0.00
Dispersión	3	Hidropalat 44	0.18
Dispersión	4	Foamaster 2000	0.09
Dispersión	5	KTPP	0.05
Dispersión	6	TiO2	4.52
Dispersión	7	Snowtex	15.81
Dispersión	8	CaCO3 Nac	18.07
Dispersión	9	Dehygant LFM	0.09
Dispersión	10	Wallocel Xm	0.00
Dispersión	11	Agua	8.13
Completación	1	Foamaster 2000	0.09
Completación	2	Acronal 295	7.68
Completación	3	Sorocat	0.09
Completación	4	Dehygant LFM	0.09
Completación	5	Texanol	0.23
Completación	6	AMP-95	0.09
Completación	7	Acrysol tt 935	0.89
Completación	8	Agua	21.32

Total 100

Tabla No. 39 (Fórmula para la pintura C con 0.5 % de espesante celulósico sin co-dispersante)

Operación	Orden	Descripción	%
Dispersión	1	Agua	22.56
Dispersión	2	Arkopal N-100	0.18
Dispersión	3	Hidropalat 44	0.18
Dispersión	4	Foamaster 2000	0.09
Dispersión	5	KTPP	0.00
Dispersión	6	TiO2	4.51
Dispersión	7	Snowtex	15.79
Dispersión	8	CaCO3 Nac	18.05
Dispersión	9	Dehygant LFM	0.09
Dispersión	10	Wallocel Xm	0.50
Dispersión	11	Agua	8.12
Completación	1	Foamaster 2000	0.09
Completación	2	Acronal 295	7.67
Completación	3	Sorocat	0.09
Completación	4	Dehygant LFM	0.09
Completación	5	Texanol	0.23
Completación	6	AMP-95	0.09
Completación	7	Acrysol tt 935	0.00
Completación	8	Agua	21.66

Total 100

Tabla No. 40 (Fórmula para la pintura C con 0.2 % de espesante celulósico y 0.3 % de espesante de poliuretano sin co-dispersante)

Operación	Orden	Descripción	%
Dispersión	1	Agua	22.59
Dispersión	2	Arkopal N-100	0.18
Dispersión	3	Hidropalat 44	0.18
Dispersión	4	Foamaster 2000	0.09
Dispersión	5	KTPP	0.00
Dispersión	6	TiO2	4.52
Dispersión	7	Snowtex	15.81
Dispersión	8	CaCO3 Nac	18.07
Dispersión	9	Dehygant LFM	0.09
Dispersión	10	Wallocel Xm	0.20
Dispersión	11	Agua	8.13
Completación	1	Foamaster 2000	0.09
Completación	2	Acronal 295	7.68
Completación	3	Sorocat	0.09
Completación	4	Dehygant LFM	0.09
Completación	5	Texanol	0.23
Completación	6	AMP-95	0.09
Completación	7	Acrysol tt 935	0.30
Completación	8	Agua	21.57

Total 100

Tabla No. 41 (Fórmula para la pintura C con 0.9 % de espesante de poliuretano sin co-dispersante)

Operación	Orden	Descripción	%
Dispersión	1	Agua	22.60
Dispersión	2	Arkopal N-100	0.18
Dispersión	3	Hidropalat 44	0.18
Dispersión	4	Foamaster 2000	0.09
Dispersión	5	KTPP	0.00
Dispersión	6	TiO2	4.52
Dispersión	7	Snowtex	15.82
Dispersión	8	CaCO3 Nac	18.08
Dispersión	9	Dehygant LFM	0.09
Dispersión	10	Wallocel Xm	0.00
Dispersión	11	Agua	8.14
Completación	1	Foamaster 2000	0.09
Completación	2	Acronal 295	7.68
Completación	3	Sorocat	0.09
Completación	4	Dehygant LFM	0.09
Completación	5	Texanol	0.23
Completación	6	AMP-95	0.09
Completación	7	Acrysol tt 935	0.90
Completación	8	Agua	21.12

Total 100

Tabla No. 42 (Fórmula para la pintura D con 0.5 % de espesante celulósico)

Operación	Orden	Descripción	%
Dispersión	1	Agua	23.61
Dispersión	2	Arkopal N-100	0.19
Dispersión	3	Hidropalat 44	0.19
Dispersión	4	Foamaster 2000	0.09
Dispersión	5	KTPP	0.05
Dispersión	6	TiO2	1.89
Dispersión	7	CaCO3 Nac	19.83
Dispersión	8	Snowtex	11.80
Dispersión	9	Dehygant LFM	0.09
Dispersión	10	Wallocel Xm	0.50
Dispersión	11	Agua	15.58
Completación	1	Foamaster 2000	0.09
Completación	2	Acronal 295	4.25
Completación	3	Sorocat	0.09
Completación	4	Dehygant LFM	0.09
Completación	5	Texanol	0.14
Completación	6	AMP-95	0.09
Completación	7	Acrysol tt 935	0.00
Completación	8	Agua	21.40
Total			100

Tabla No. 43 (Fórmula para la pintura D con 0.2 % de espesante celulósico y 0.3 % de espesante de poliuretano)

Operación	Orden	Descripción	%
Dispersión	1	Agua	23.64
Dispersión	2	Arkopal N-100	0.19
Dispersión	3	Hidropalat 44	0.19
Dispersión	4	Foamaster 2000	0.09
Dispersión	5	KTPP	0.05
Dispersión	6	TiO2	1.89
Dispersión	7	CaCO3 Nac	19.85
Dispersión	8	Snowtex	11.82
Dispersión	9	Dehygant LFM	0.09
Dispersión	10	Wallocel Xm	0.20
Dispersión	11	Agua	15.60
Completación	1	Foamaster 2000	0.09
Completación	2	Acronal 295	4.25
Completación	3	Sorocat	0.09
Completación	4	Dehygant LFM	0.09
Completación	5	Texanol	0.14
Completación	6	AMP-95	0.09
Completación	7	Acrysol tt 935	0.30
Completación	8	Agua	21.31

Total 100

Tabla No. 44 (Fórmula para la pintura D con 0.9 % de espesante de poliuretano)

Operación	Orden	Descripción	%
Dispersión	1	Agua	23.65
Dispersión	2	Arkopal N-100	0.19
Dispersión	3	Hidropalat 44	0.19
Dispersión	4	Foamaster 2000	0.09
Dispersión	5	KTPP	0.05
Dispersión	6	TiO2	1.89
Dispersión	7	CaCO3 Nac	19.87
Dispersión	8	Snowtex	11.82
Dispersión	9	Dehygant LFM	0.09
Dispersión	10	Wallocel Xm	0.00
Dispersión	11	Agua	15.61
Completación	1	Foamaster 2000	0.09
Completación	2	Acronal 295	4.26
Completación	3	Sorocat	0.09
Completación	4	Dehygant LFM	0.09
Completación	5	Texanol	0.14
Completación	6	AMP-95	0.09
Completación	7	Acrysol tt 935	0.90
Completación	8	Agua	20.87

Total 100

Tabla No. 45 (Fórmula para la pintura D con 0.5 % de espesante celulósico sin surfactante)

Operación	Orden	Descripción	%
Dispersión	1	Agua	23.60
Dispersión	2	Arkopal N-100	0.00
Dispersión	3	Hidropalat 44	0.19
Dispersión	4	Foamaster 2000	0.09
Dispersión	5	KTPP	0.05
Dispersión	6	TiO2	1.89
Dispersión	7	CaCO3 Nac	19.82
Dispersión	8	Snowtex	11.80
Dispersión	9	Dehygant LFM	0.09
Dispersión	10	Wallocel Xm	0.50
Dispersión	11	Agua	15.58
Completación	1	Foamaster 2000	0.09
Completación	2	Acronal 295	4.25
Completación	3	Sorocat	0.09
Completación	4	Dehygant LFM	0.09
Completación	5	Texanol	0.14
Completación	6	AMP-95	0.09
Completación	7	Acrysol tt 935	0.00
Completación	8	Agua	21.62

Total 100

Tabla No. 46 (Fórmula para la pintura D con 0.2 % de espesante celulósico y 0.3 % de espesante de poliuretano sin surfactante)

Operación	Orden	Descripción	%
Dispersión	1	Agua	23.62
Dispersión	2	Arkopal N-100	0.00
Dispersión	3	Hidropalat 44	0.19
Dispersión	4	Foamaster 2000	0.09
Dispersión	5	KTPP	0.05
Dispersión	6	TiO ₂	1.89
Dispersión	7	CaCO ₃ Nac	19.84
Dispersión	8	Snowtex	11.81
Dispersión	9	Dehygant LFM	0.09
Dispersión	10	Wallocel Xm	0.20
Dispersión	11	Agua	15.59
Completación	1	Foamaster 2000	0.09
Completación	2	Acronal 295	4.25
Completación	3	Sorocat	0.09
Completación	4	Dehygant LFM	0.09
Completación	5	Texanol	0.14
Completación	6	AMP-95	0.09
Completación	7	Acrysol tt 935	0.30
Completación	8	Agua	21.54

Total 100

Tabla No. 47 (Fórmula para la pintura D con 0.9 % de espesante de poliuretano sin surfactante)

Operación	Orden	Descripción	%
Dispersión	1	Agua	23.64
Dispersión	2	Arkopal N-100	0.00
Dispersión	3	Hidropalat 44	0.19
Dispersión	4	Foamaster 2000	0.09
Dispersión	5	KTPP	0.05
Dispersión	6	TiO2	1.89
Dispersión	7	CaCO3 Nac	19.86
Dispersión	8	Snowtex	11.82
Dispersión	9	Dehygant LFM	0.09
Dispersión	10	Wallocel Xm	0.00
Dispersión	11	Agua	15.60
Completación	1	Foamaster 2000	0.09
Completación	2	Acronal 295	4.26
Completación	3	Sorocat	0.09
Completación	4	Dehygant LFM	0.09
Completación	5	Texanol	0.14
Completación	6	AMP-95	0.09
Completación	7	Acrysol tt 935	0.90
Completación	8	Agua	21.09

Total 100

Tabla No. 48 (Fórmula para la pintura D con 0.5 % de espesante celulósico sin co-dispersante)

Operación	Orden	Descripción	%
Dispersión	1	Agua	23.61
Dispersión	2	Arkopal N-100	0.19
Dispersión	3	Hidropalat 44	0.19
Dispersión	4	Foamaster 2000	0.09
Dispersión	5	KTPP	0.00
Dispersión	6	TiO2	1.89
Dispersión	7	CaCO3 Nac	19.83
Dispersión	8	Snowtex	11.81
Dispersión	9	Dehygant LFM	0.09
Dispersión	10	Wallocel Xm	0.50
Dispersión	11	Agua	15.58
Completación	1	Foamaster 2000	0.09
Completación	2	Acronal 295	4.25
Completación	3	Sorocat	0.09
Completación	4	Dehygant LFM	0.09
Completación	5	Texanol	0.14
Completación	6	AMP-95	0.09
Completación	7	Acrysol tt 935	0.00
Completación	8	Agua	21.44

Total 100

Tabla No. 49 (Fórmula para la pintura D con 0.2 % de espesante celulósico y 0.3 % de espesante de poliuretano sin co-dispersante)

Operación	Orden	Descripción	%
Dispersión	1	Agua	23.63
Dispersión	2	Arkopal N-100	0.19
Dispersión	3	Hidropalat 44	0.19
Dispersión	4	Foamaster 2000	0.09
Dispersión	5	KTPP	0.00
Dispersión	6	TiO ₂	1.89
Dispersión	7	CaCO ₃ Nac	19.85
Dispersión	8	Snowtex	11.82
Dispersión	9	Dehygant LFM	0.09
Dispersión	10	Wallocel Xm	0.20
Dispersión	11	Agua	15.60
Completación	1	Foamaster 2000	0.09
Completación	2	Acronal 295	4.25
Completación	3	Sorocat	0.09
Completación	4	Dehygant LFM	0.09
Completación	5	Texanol	0.14
Completación	6	AMP-95	0.09
Completación	7	Acrysol tt 935	0.30
Completación	8	Agua	21.37

Total 100

Tabla No. 50 (Fórmula para la pintura D con 0.9 % de espesante de poliuretano sin co-dispersante)

Operación	Orden	Descripción	%
Dispersión	1	Agua	23.65
Dispersión	2	Arkopal N-100	0.19
Dispersión	3	Hidropalat 44	0.19
Dispersión	4	Foamaster 2000	0.09
Dispersión	5	KTPP	0.00
Dispersión	6	TiO2	1.89
Dispersión	7	CaCO3 Nac	19.87
Dispersión	8	Snowtex	11.83
Dispersión	9	Dehygant LFM	0.09
Dispersión	10	Wallocel Xm	0.00
Dispersión	11	Agua	15.61
Completación	1	Foamaster 2000	0.09
Completación	2	Acronal 295	4.26
Completación	3	Sorocat	0.09
Completación	4	Dehygant LFM	0.09
Completación	5	Texanol	0.14
Completación	6	AMP-95	0.09
Completación	7	Acrysol tt 935	0.90
Completación	8	Agua	20.91

Total 100

Tabla No. 51 (Preparación de 7.5 litros de pintura A)

	Porcentaje agregado
Materias primas	75.70
Agua	7.70
Total	83.39

Tabla No. 52 (Preparación de 7.5 litros de pintura A sin surfactante)

	Porcentaje agregado
Materias primas	75.43
Agua	6.63
Total	82.06

Tabla No. 53 (Preparación de 7.5 litros de pintura A sin co-dispersante)

	Porcentaje agregado
Materias primas	75.60
Agua	6.64
Total	82.24

Tabla No. 54 (Preparación de 7.5 litros de pintura B)

	Porcentaje agregado
Materias primas	62.87
Agua	7.98
Total	70.85

Tabla No. 55 (Preparación de 7.5 litros de pintura B sin surfactante)

	Porcentaje agregado
Materias primas	62.47
Agua	18.51
Total	80.98

Tabla No. 56 (Preparación de 7.5 litros de pintura B sin co-dispersante)

	Porcentaje agregado
Materias primas	62.76
Agua	18.37
Total	81.13

Tabla No. 57 (Preparación de 7.5 litros de pintura C)

	Porcentaje agregado
Materias primas	47.19
Agua	8.46
Total	55.65

Tabla No. 58 (Preparación de 7.5 litros de pintura C sin surfactante)

	Porcentaje agregado
Materias primas	47.00
Agua	8.46
Total	55.46

Tabla No. 59 (Preparación de 7.5 litros de pintura C sin co-dispersante)

	Porcentaje agregado
Materias primas	47.16
Agua	8.46
Total	55.62

Tabla No. 60 (Preparación de 7.5 litros de pintura D)

	Porcentaje agregado
Materias primas	38.91
Agua	8.26
Total	47.17

Tabla No. 61 (Preparación de 7.5 litros de pintura D sin surfactante)

	Porcentaje agregado
Materias primas	38.70
Agua	12.00
Total	50.70

Tabla No. 62 (Preparación de 7.5 litros de pintura D sin co-dispersante)

	Porcentaje agregado
Materias primas	38.86
Agua	10.85
Total	49.71

Tabla No. 63 (Completación de 1.9 litros de pintura A con 0.5 % de espesante celulósico)

	Porcentaje agregado
Materias primas agregadas	83.39
Agua que falta	16.10
Espesante celulósico	0.50
Espesante de poliuretano	0.00
Total	99.99

Tabla No. 64 (Completación de 1.9 litros de pintura A con 0.2 % de espesante celulósico y 0.3 % de espesante de poliuretano)

	Porcentaje agregado
Materias primas agregadas	83.49
Agua que falta	16.00
Espesante celulósico	0.20
Espesante de poliuretano	0.30
Total	99.99

Tabla No. 65 (Completación de 1.9 litros de pintura A con 0.9 % de espesante de poliuretano)

	Porcentaje agregado
Materias primas agregadas	83.53
Agua que falta	15.56
Espesante celulósico	0.00
Espesante de poliuretano	0.90
Total	99.99

Tabla No. 66 (Completación de 1.9 litros de pintura A con 0.5 % de espesante celulósico sin surfactante)

	Porcentaje agregado
Materias primas gregadas	82.06
Agua que falta	17.43
Espesante celulósico	0.50
Espesante de poliuretano	0.00
Total	99.99

Tabla No. 67 (Completación de 1.9 litros de pintura A con 0.2 % de espesante celulósico y 0.3 % de espesante de poliuretano sin surfactante)

	Porcentaje agregado
Materias primas agregadas	82.16
Agua que falta	17.33
Espesante celulósico	0.20
Espesante de poliuretano	0.30
Total	99.99

Tabla No. 68 (Completación de 1.9 litros de pintura A con 0.9 % de espesante de poliuretano sin surfactante)

	Porcentaje agregado
Materias primas agregadas	82.20
Agua que falta	16.89
Espesante celulósico	0.00
Espesante de poliuretano	0.90
Total	99.99

Tabla No. 69 (Completación de 1.9 litros de pintura A con 0.5 % de espesante celulósico sin co-dispersante)

	Porcentaje agregado
Materias primas agregadas	82.24
Agua que falta	17.25
Espesante celulósico	0.50
Espesante de poliuretano	0.00
Total	99.99

Tabla No. 70 (Completación de 1.9 litros de pintura A con 0.2 % de espesante celulósico y 0.3 % de espesante de poliuretano sin co-dispersante)

	Porcentaje agregado
Materias primas agregadas	82.34
Agua que falta	17.16
Espesante celulósico	0.20
Espesante de poliuretano	0.30
Total	100.00

Tabla No. 71 (Completación de 1.9 litros de pintura A con 0.9 % de espesante de poliuretano sin co-dispersante)

	Porcentaje agregado
Materias primas agregadas	82.38
Agua que falta	16.72
Espesante celulósico	0.00
Espesante de poliuretano	0.90
Total	100.00

Tabla No. 72 (Completación de 1.9 litros de pintura B con 0.5 % de espesante celulósico)

	Porcentaje agregado
Materias primas agregadas	70.85
Agua que falta	28.65
Espesante celulósico	0.50
Espesante de poliuretano	0.00
Total	100.00

Tabla No. 73 (Completación de 1.9 litros de pintura B con 0.2 % de espesante celulósico y 0.3 % de espesante de poliuretano)

	Porcentaje agregado
Materias primas agregadas	70.93
Agua que falta	28.56
Espesante celulósico	0.20
Espesante de poliuretano	0.30
Total	99.99

Tabla No. 74 (Completación de 1.9 litros de pintura B con 0.9 % de espesante de poliuretano)

	Porcentaje agregado
Materias primas agregadas	70.97
Agua que falta	28.13
Espesante celulósico	0.00
Espesante de poliuretano	0.90
Total	100.00

Tabla No. 75 (Completación de 1.9 litros de pintura B con 0.5 % de espesante celulósico sin surfactante)

	Porcentaje agregado
Materias primas agregadas	80.98
Agua que falta	18.51
Espesante celulósico	0.50
Espesante de poliuretano	0.00
Total	99.99

Tabla No. 76 (Completación de 1.9 litros de pintura B con 0.2 % de espesante celulósico y 0.3 % de espesante de poliuretano sin surfactante)

	Porcentaje agregado
Materias primas agregadas	81.06
Agua que falta	18.44
Espesante celulósico	0.20
Espesante de poliuretano	0.30
Total	100.00

Tabla No. 77 (Completación de 1.9 litros de pintura B con 0.9 % de espesante de poliuretano sin surfactante)

	Porcentaje agregado
Materias primas agregadas	81.15
Agua que falta	17.95
Espesante celulósico	0.00
Espesante de poliuretano	0.90
Total	100.00

Tabla No. 78 (Completación de 1.9 litros de pintura B con 0.5 % de espesante celulósico sin co-dispersante)

	Porcentaje agregado
Materias primas agregadas	81.13
Agua que falta	18.37
Espesante celulósico	0.50
Espesante de poliuretano	0.00
Total	100.00

Tabla No. 79 (Completación de 1.9 litros de pintura B con 0.2 % de espesante celulósico y 0.3 % de espesante de poliuretano sin co-dispersante)

	Porcentaje agregado
Materias primas agregadas	81.20
Agua que falta	18.30
Espesante celulósico	0.20
Espesante de poliuretano	0.30
Total	100.00

Tabla No. 80 (Completación de 1.9 litros de pintura B con 0.9 % de espesante de poliuretano sin co-dispersante)

	Porcentaje agregado
Materias primas agregadas	81.23
Agua que falta	17.88
Espesante celulósico	0.00
Espesante de poliuretano	0.90
Total	100.01

Tabla No. 81 (Completación de 1.9 litros de pintura C con 0.5 % de espesante celulósico)

	Porcentaje agregado
Materias primas agregadas	55.65
Agua que falta	43.85
Espesante celulósico	0.50
Espesante de poliuretano	0.00
Total	100.00

Tabla No. 82 (Completación de 1.9 litros de pintura C con 0.2 % de espesante celulósico y 0.3 % de espesante de poliuretano)

	Porcentaje agregado
Materias primas agregadas	55.72
Agua que falta	43.78
Espesante celulósico	0.20
Espesante de poliuretano	0.30
Total	100.00

Tabla No. 83 (Completación de 1.9 litros de pintura C con 0.9 % de espesante de poliuretano)

	Porcentaje agregado
Materias primas agregadas	55.74
Agua que falta	43.35
Espesante celulósico	0.00
Espesante de poliuretano	0.90
Total	99.99

Tabla No. 84 (Completación de 1.9 litros de pintura C con 0.5 % de espesante celulósico sin surfactante)

	Porcentaje agregado
Materias primas agregadas	55.46
Agua que falta	44.05
Espesante celulósico	0.50
Espesante de poliuretano	0.00
Total	100.01

Tabla No. 85 (Completación de 1.9 litros de pintura C con 0.2 % de espesante celulósico y 0.3 % de espesante de poliuretano sin surfactante)

	Porcentaje agregado
Materias primas agregadas	55.50
Agua que falta	43.99
Espesante celulósico	0.20
Espesante de poliuretano	0.30
Total	99.99

Tabla No. 86 (Completación de 1.9 litros de pintura C con 0.9 % de espesante de poliuretano sin surfactante)

	Porcentaje agregado
Materias primas agregadas	55.54
Agua que falta	43.57
Espesante celulósico	0.00
Espesante de poliuretano	0.90
Total	100.01

Tabla No. 87 (Completación de 1.9 litros de pintura C con 0.5 % de espesante celulósico sin co-dispersante)

	Porcentaje agregado
Materias primas agregadas	55.62
Agua que falta	43.89
Espesante celulósico	0.50
Espesante de poliuretano	0.00
Total	100.01

Tabla No. 88 (Completación de 1.9 litros de pintura C con 0.2 % de espesante celulósico y 0.3 % de espesante de poliuretano sin co-dispersante)

	Porcentaje agregado
Materias primas agregadas	55.68
Agua que falta	43.82
Espesante celulósico	0.20
Espesante de poliuretano	0.30
Total	100.00

Tabla No. 89 (Completación de 1.9 litros de pintura C con 0.9 % de espesante de poliuretano sin co-dispersante)

	Porcentaje agregado
Materias primas agregadas	55.72
Agua que falta	43.38
Espesante celulósico	0.00
Espesante de poliuretano	0.90
Total	100.00

Tabla No. 90 (Completación de 1.9 litros de pintura D con 0.5 % de espesante celulósico)

	Porcentaje agregado
Materias primas agregadas	47.17
Agua que falta	52.33
Espesante celulósico	0.50
Espesante de poliuretano	0.00
Total	100.00

Tabla No. 91 (Completación de 1.9 litros de pintura D con 0.2 % de espesante celulósico y 0.3 % de espesante de poliuretano)

	Porcentaje agregado
Materias primas agregadas	47.22
Agua que falta	52.27
Espesante celulósico	0.20
Espesante de poliuretano	0.30
Total	99.99

Tabla No. 92 (Completación de 1.9 litros de pintura D con 0.9 % de espesante de poliuretano)

	Porcentaje agregado
Materias primas agregadas	47.25
Agua que falta	51.85
Espesante celulósico	0.00
Espesante de poliuretano	0.90
Total	100.00

Tabla No. 93 (Completación de 1.9 litros de pintura D con 0.5 % de espesante celulósico sin surfactante)

	Porcentaje agregado
Materias primas agregadas	50.70
Agua que falta	48.79
Espesante celulósico	0.50
Espesante de poliuretano	0.00
Total	99.99

Tabla No. 94 (Completación de 1.9 litros de pintura D con 0.2 % de espesante celulósico y 0.3 % de espesante de poliuretano sin surfactante)

	Porcentaje agregado
Materias primas agregadas	50.75
Agua que falta	48.74
Espesante celulósico	0.20
Espesante de poliuretano	0.30
Total	99.99

Tabla No. 95 (Completación de 1.9 litros de pintura D con 0.9 % de espesante de poliuretano sin surfactante)

	Porcentaje agregado
Materias primas agregadas	50.79
Agua que falta	48.31
Espesante celulósico	0.00
Espesante de poliuretano	0.90
Total	100.00

Tabla No. 96 (Completación de 1.9 litros de pintura D con 0.5 % de espesante celulósico sin co-dispersante)

	Porcentaje agregado
Materias primas agregadas	49.71
Agua que falta	49.79
Espesante celulósico	0.50
Espesante de poliuretano	0.00
Total	100.00

Tabla No. 97 (Completación de 1.9 litros de pintura D con 0.2 % de espesante celulósico y 0.3 % de espesante de poliuretano sin co-dispersante)

	Porcentaje agregado
Materias primas gregadas	49.76
Agua que falta	49.74
Espesante celulósico	0.20
Espesante de poliuretano	0.30
Total	100.00

Tabla No. 98 (Completación de 1.9 litros de pintura D con 0.9 % de espesante de poliuretano sin co-dispersante)

	Porcentaje agregado
Materias primas agregadas	49.80
Agua que falta	49.30
Espesante celulósico	0.00
Espesante de poliuretano	0.90
Total	100.00

Tabla No. 99 (Viscosidades medidas para la pintura A)

	Corrida (KU)			Promedio
	1	2	3	
0.5 % celulósico	103.2	104.2	104.8	104.1
0.2 % celulósico y 0.3 % de poliuretano	98.2	97.5	97.3	97.7
0.9 % de poliuretano	101.8	99.8	102.5	101.4
0.5 % celulósico sin surfactante	108.3	108.9	109.2	108.8
0.2 % celulósico y 0.3 % de poliuretano sin surfactante	99.8	100.9	100.5	100.4
0.9 % de poliuretano sin surfactante	105.8	105.8	105.2	105.6
0.5 % celulósico sin co-dispersante	108.7	109.1	108.8	108.9
0.2 % celulósico y 0.3 % de poliuretano sin co-dispersante	100.7	101.2	101.1	101.0
0.9 % de poliuretano sin co-dispersante	103.8	104.5	104.2	104.2

Tabla No. 100 (Viscosidades medidas para la pintura B)

	Corrida (KU)			Promedio
	1	2	3	
0.5 % celulósico	99.7	100.7	100.5	100.3
0.2 % celulósico y 0.3 % de poliuretano	65.7	66.0	66.7	66.1
0.9 % de poliuretano	83.0	83.2	83.4	83.2
0.5 % celulósico sin surfactante	102.3	102.2	101.9	102.1
0.2 % celulósico y 0.3 % de poliuretano sin surfactante	70.9	71.5	71.1	71.2
0.9 % de poliuretano sin surfactante	88.9	88.6	88.7	88.7
0.5 % celulósico sin co-dispersante	102.1	102.2	102.0	102.1
0.2 % celulósico y 0.3 % de poliuretano sin co-dispersante	70.1	69.8	70.0	70.0
0.9 % de poliuretano sin co-dispersante	87.9	88.1	87.3	87.8

Tabla No. 101 (Viscosidades medidas para la pintura C)

	Corrida (KU)			Promedio
	1	2	3	
0.5 % celulósico	72.1	71.9	72.4	72.1
0.2 % celulósico y 0.3 % de poliuretano	59.0	58.4	58.6	58.7
0.9 % de poliuretano	65.1	64.3	64.4	64.6
0.5 % celulósico sin surfactante	87.3	86.8	87.3	87.1
0.2 % celulósico y 0.3 % de poliuretano sin surfactante	61.9	62.3	61.8	62.0
0.9 % de poliuretano sin surfactante	59.8	59.5	59.3	59.5
0.5 % celulósico sin co-dispersante	88.2	88.3	87.8	88.1
0.2 % celulósico y 0.3 % de poliuretano sin co-dispersante	63.1	63.7	63.4	63.4
0.9 % de poliuretano sin co-dispersante	62.9	63.3	63.6	63.3

Tabla No. 102 (Viscosidades medidas para la pintura D)

	Corrida (KU)			Promedio
	1	2	3	
0.5 % celulósico	67.1	66.5	66.8	66.8
0.2 % celulósico y 0.3 % de poliuretano	58.0	57.6	57.8	57.8
0.9 % de poliuretano	62.1	61.3	61.5	61.6
0.5 % celulósico sin surfactante	77.9	78.3	78.1	78.1
0.2 % celulósico y 0.3 % de poliuretano sin surfactante	59.2	59.3	59.1	59.2
0.9 % de poliuretano sin surfactante	58.8	59.3	59.2	59.1
0.5 % celulósico sin co-dispersante	80.3	80.5	80.1	80.3
0.2 % celulósico y 0.3 % de poliuretano sin co-dispersante	59.7	59.8	59.6	59.7
0.9 % de poliuretano sin co-dispersante	60.0	59.8	59.9	59.9