



UNIVERSIDAD DE CARABOBO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA



**EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS PRODUCIDOS POR LOS SOLVENTES EN EL  
ACABADO FINAL DE LA TINTA ROJO RUBINE DESTINADA A LA  
FLEXOGRAFÍA EN LA EMPRESA QUIMITEC C.A.**

Msc. Angelina Correia  
Tutor Académico

Ing. Willian Jiménez  
Tutor Industrial

Prof. María del Carmen Rodríguez  
Asesor Metodológico

Autores:  
RODRÍGUEZ, Shirley  
YAGUARATTY, Eilyn

Valencia, octubre de 2008



## AGRADECIMIENTOS

**A la ilustre Universidad de Carabobo**, especialmente a los profesores de la facultad de ingeniería y en lo particular de la escuela de química, por toda la enseñanza impartida a lo largo de nuestra carrera.

**A la empresa QUIMITEC C.A.** por permitirnos a realizar nuestro trabajo especial de grado en sus instalaciones para nuestro desarrollo profesional.

**A nuestro tutor industrial William Jiménez**, por confiar en nosotras, por compartir todos sus conocimientos, aprendizaje y brindarnos su apoyo en todo el desarrollo de la investigación, a pesar de las obligaciones laborales que tenía.

**A nuestra tutora académica Angelina Correia**, por la ayuda brindada en todo el desarrollo de la investigación, ofreciéndonos sus sabios conocimientos y consejos.

**A todos los trabajadores de la empresa QUIMITEC C.A.**, y muy especialmente al personal del laboratorio de desarrollo Leidy García, Maryolimar Aguiar y el señor Carlos Perdomo, a ustedes gracias por habernos ofrecido sus conocimientos y ayuda incondicional con la mejor disposición.

**Eilyn C. Yaguaratty P.**  
**Shirley D. Rodríguez Z.**



## AGRADECIMIENTOS

La realización de este trabajo simboliza el término de una etapa de mi vida, y de un largo camino en el cual experimente muchas alegrías y tristezas; afortunadamente siempre tuve a mi lado a muchas personas que me apoyaron y contribuyeron para que este momento fuera posible, donde finalmente obtendré mi título de pre-grado.

Principalmente agradezco a Dios todo poderoso, por haberme dado la vida y por haberme acompañado cada uno de sus días. Gracias por haberme levantado cada vez que me caí.

A mi madre Alexis Zambrano por haber luchado día a día para lograr uno de sus sueños, ver a su hija graduada. A mi padre Ángel Rodríguez porque siempre me apoyaste desde el principio incentivándome a seguir. A los dos *¡muchas gracias por ustedes estoy aquí!*

A Ing. Mileidy Rodríguez por ser mi hermana, amiga y mi figura a seguir. Gracias por tu apoyo incondicional y por enseñarme tantas cosas.

A la luz de mis ojos, Alejandro Bravo mi hermanito. Gracias por regalarme esa sonrisa tierna, y por darme fuerza y motivación de superación.

A Ronald del Águila, gracias por haber traído luz a mi vida y darme otra razón por la cual sonreír. Gracias por ser como eres.

A Isabel Zambrano, por su apoyo incondicional y por ser mi compañera de aventuras.

A las familias Ruiz, Contreras, Matusalén, Yaguaratty, Blanco y Charama. Gracias por haberme dado alojamiento en sus casas y en sus corazones.

Al Sr. Carlos Loreto por su valioso trabajo, gracias por haberme llevado todos los días a mi segunda casa, la universidad.

Finalmente gracias a mis primos, tías y amigos que me apoyaron y me acompañaron durante toda la carrera, y que de una u otra forma colocaron su granito de arena para la culminación de este trabajo.

**Gracias a Todos!!!**  
**Shirley D. Rodríguez Z.**



## AGRADECIMIENTOS

Primeramente a mi padre José por haberme dado la vida, apoyarme y estar a mi lado en todo momento.

A mis hermanos Jesús y Carlos por ser mis compañeros tanto en las alegrías como en las adversidades, gracias por brindarme su ayuda incondicional.

A mi abuela Maria Josefina por creer en mi y ofrecerme cada día su cariño y apoyo.

A mis tíos Elberth y Horaima por ser mis figuras a seguir. Gracias por estar a mi lado cada vez que los necesite.

A mi nana Hilda por consentirme y por siempre prenderle una velita a Dios para que me iluminara la mente en cada parcial.

A Alejandra, Anthony, Andreina, Juan Carlos y Víctor Antonio mis amigos del primer semestre, increíblemente seguimos siendo los mejores amigos, gracias por estar a mi lado durante este largo trayecto y brindarme muchos momentos de alegría que nunca olvidare. Los quiero mucho.

A Maria Daniela, Ondina, Armando mis amigos incondicionales, con quienes puedo contar en las buenas y en las no tanto. Gracias por estar a mi lado.

A mis amigos de estudio Cesar, Roger, Cleyver, Jhoselyn y especialmente a Shirley mi compañera de tesis. Muchas gracias por compartir noches en vela, luchando todos por un mismo fin, por ofrecerme tantos momentos inolvidables y por brindarme su amistad sin esperar nada a cambio.

**Eilyn C. Yaguaratty P.**



## DEDICATORIA

A Dios por enseñarme que su tiempo es perfecto y que cada obstáculo no es más que un escalón para seguir creciendo.

A mis padres, iniciando con mi madre Alexis quien padeció todas mis tristezas y alegrías, madrugó todos los días para tenerme un café caliente y darme la bendición y un fuerte abrazo. Mi padre Ángel, ejemplo de lucha por la vida, que con sus comidas siempre me alegra. A ambos por ser mis pilares, por acompañarme en cada paso que doy y haberme inculcado valores para triunfar en la vida.

A mi hermana que siempre esta a mi lado, por haberme ayudado en todos los aspectos y por haberme regañado en los primeros semestres en los cuales pensé desistir de la ingeniería, sin ellos tal vez ahora no seríamos además de hermanas, colegas.

A mi chino bello por todo el amor que me ha brindado en cada segundo que hemos estado juntos, por creer en mí y por enseñarme a sonreír hasta en los momentos difíciles. Gracias por llegar a mi vida.

A mis amigos Roger Contreras, Jhoselyn Charama, Eilyn Yaguaratty, Cesar Ruíz, Cleyver Matusalén y Neyroli Ramírez por regalarme días estupendos e inolvidables, por apoyarme en todo momento y aguantar todas mis locuras. Siempre estarán en mi corazón colegas, porque *este triunfo es de todos!*

A mi tutor académico Angelina Correia por su esfuerzo y dedicación en este trabajo, aun con otra personita en su vientre, gracias por brindarme su apoyo sin esperar nada a cambio.

A mi tutor industrial William Jiménez por impartirme sus conocimientos, y enseñarme que hay que luchar constantemente para ser alguien importante, pero nunca se debe olvidar la humildad.

A todos los profesores que transitaron a lo largo de mi carrera sin ustedes no hubiese sido posible alcanzar esta nueva etapa en mi vida. Gracias.

**Shirley D. Rodríguez Z.**



## DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a dos personas muy importantes de mi vida a los cuales siempre llevo en mi corazón.

A mi padre quien siempre vela por mi bienestar, me apoya y ayuda en todo momento. Esta etapa tan importante en mi vida es gracias a ti, pasamos momentos difíciles pero gracias a Dios los hemos ido superando. Quiero que sepas que este título también es tuyo por tu esfuerzo y sacrificio para brindarme siempre una buena educación.

A mi madre, tu partida física fue muy dolorosa para mi, me hubiese encantado que compartieras este momento conmigo. Te doy gracias por haberme dado la vida, por haber sido una madre maravillosa, porque siempre estuviste apoyándome y aconsejándome en los momentos que te necesite. Que bellos y ansiados momentos pase a tu lado mi querida madre, pero a pesar que ya no estas con nosotros físicamente, sé que nos estas cuidando y que estarás a mi lado en ese día especial.

**Eilyn C. Yaguaratty P.**

UNIVERSIDAD DE CARABOBO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

**CONSTANCIA DE APROBACIÓN**

Los abajo firmantes, miembros del jurado designado para estudiar el Trabajo Especial de Grado titulado: "EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS PRODUCIDOS POR LOS SOLVENTES EN EL ACABADO FINAL DE LA TINTA ROJO RUBINE DESTINADA A LA FLEXOGRAFÍA EN LA EMPRESA QUIMITEC C.A.", realizado por las bachilleres Rodríguez Shirley C.I. 18436368 y Yaguaratty Eilyn C.I. 18562645, hacemos constar que hemos revisado y aprobado dicho trabajo y que no nos hacemos responsables de su contenido, pero lo encontramos correcto en su forma y presentación.

---

Prof. Angelina Correia  
Presidente

---

Prof. Jeanet Finol  
Jurado

---

Prof. Guillermo Moreno  
Jurado

Valencia, Octubre de 2008



## RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo principal la evaluación de los efectos producidos por los solventes en el acabado final de la tinta rojo rubine destinada a la flexografía de la empresa Quimitec C.A., con el fin de mejorar las características fisicoquímicas del producto, lo cual representa una valiosa contribución para la empresa, satisfaciendo las necesidades de los clientes y así mejorar la calidad de las tintas líquidas.

La metodología empleada en el desarrollo del trabajo se divide en varias etapas de acuerdo a los objetivos planteados. La primera etapa se fundamentó en identificar las características fisicoquímicas de los diferentes solventes, resinas y pigmento rojo rubine a utilizar en la fabricación de la tinta. Seguidamente se determinaron las propiedades fisicoquímicas de la tinta líquida actual elaborada por la empresa Quimitec C. A. Posteriormente se proponen las diferentes combinaciones solventes-resina para el pigmento rojo rubine. En la cuarta etapa se evaluó el efecto del par solvente-resina en la dispersión y en el acabado final de la tinta líquida. Continuamente se comprobó el comportamiento de la tinta flexográfica seleccionada en un periodo de tiempo. Luego se evaluó la estabilidad de la tinta líquida seleccionada en el tiempo y finalmente en la séptima etapa se evaluó la relación costo-beneficio de la mejor alternativa seleccionada.

Entre los resultados obtenidos se tiene la propuesta de dos tintas, siendo la propuesta B quien presenta mayores beneficios para la empresa a nivel de calidad, ya que supera a la tinta actual en valores de viscosidad y fuerza colorante; y desde el punto de vista económico se obtiene una relación de costo-beneficio de 209,05% la cual es menor a la de la tinta actual, de esta forma se logra un 18,37 % de ahorro en costos. Además, el rango de temperatura donde se obtuvieron buenos resultados en el proceso de dispersión es de 30 a 50 °C. Finalmente se recomienda implementar los cambios en la formulación de la tinta propuesta en la presente investigación, con la finalidad de mejorar el desempeño del pigmento.

Palabras Clave: tinta flexográfica, solventes, pigmento rojo rubine.



## ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	3
1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	4
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	8
1.2.1 Situación Actual	8
1.2.2 Situación Deseada	8
1.3 OBJETIVOS	9
1.3.1 Objetivo General	9
1.3.2 Objetivos Específicos	9
1.4 JUSTIFICACIÓN	10
1.5 LIMITACIONES	11
CAPÍTULO II	12
2 MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	13
2.1 ANTECEDENTES	13
2.2 BASES TEÓRICAS	19
2.2.1 Flexografía	19
2.2.2 Partes básicas de la unidad de impresión flexográfica	21
2.2.3 Tintas de impresión	22
2.2.4 Tintas flexográficas a base de solventes	23
2.2.4.1 Propiedades visuales	24
2.2.4.2 Propiedades reológicas	24
2.2.4.3 Viscosidad	25
2.2.4.4 Temperatura	25
2.2.4.5 El tiro	26
2.2.4.6 Resistencia al calor	26
2.2.4.7 Resistencia a los agentes químicos	26



2.2.4.8 Secado	27
2.2.4.9 Resistencia mecánicas	27
2.2.4.10 Permanencia a la luz	27
2.2.5 Componentes de las tintas líquidas	28
2.2.5.1 Pigmentos	28
2.2.5.2 Resinas	31
2.2.5.3 Solventes	31
2.2.5.4 Vehículos basados en solventes	33
2.2.5.5 Dispersantes	34
2.2.6 Dispersión	34
2.2.7 Medición del color	36
2.2.8 Atributos del color	37
2.2.9 Coordenadas CIE L*a*b*	39
2.2.10 Desempeño de las tintas líquidas	40
2.2.10.1 Pruebas de durabilidad de la tinta	40
2.2.10.2 Pruebas de la apariencia de las tintas	41
2.2.11 Diseño de experimentos	42
2.2.11.1 Método Taguchi	43
2.2.11.2 Pasos para diseñar, conducir y analizar un experimento	45
2.2.11.3 Análisis de Varianza (ANOVA)	47
2.2.12 Costos	48
2.2.13 Precio de venta	49
CAPÍTULO III	50
3 MARCO METODOLÓGICO	51
3.1 IDENTIFICACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS DIFERENTES SOLVENTES, RESINAS Y PIGMENTO ROJO RUBINE	51
3.1.1 Visitas a los proveedores de las materias primas	51
3.1.2 Revisión de manuales técnicos de las especificaciones de las materias primas.	52



3.1.3 Aplicación de una encuesta el personal de Laboratorio	52
3.1.4 Recopilación de fundamentos teóricos que sustenten los fenómenos físicos y químicos	53
3.2 DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DE LA TINTA LÍQUIDA ACTUAL EMPLEANDO EL PIGMENTO ROJO RUBINE	53
3.2.1 Revisión de las normas y leyes vigentes para la realización de las pruebas experimentales a las tintas líquidas	53
3.2.2 Revisión del Manual Técnico de la planta	55
3.2.3 Adiestramiento en la realización de los análisis específicos de control de calidad	56
3.2.4 Aplicación de análisis específicos de control de calidad	57
3.2.5 Caracterización de las tintas líquidas	58
3.3 PROPOSICIÓN DE LOS CONJUNTOS SOLVENTE-RESINA PARA EL PIGMENTO UTILIZADO	58
3.3.1 Selección de los solventes y las resinas existentes en la empresa que sean compatibles con el pigmento utilizado	58
3.3.2 Planteamiento de los diferentes pares solvente-resina que posean mayor compatibilidad entre ellos	59
3.4 EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL PAR SOLVENTE-RESINA EN LA DISPERSIÓN Y EN EL ACABADO FINAL DE LA TINTA LÍQUIDA	59
3.4.1 Identificación de las variables involucradas en la toma de datos	59
3.4.2 Establecimiento de los rangos de trabajo que cumplan con las características de calidad	59
3.4.3 Determinación de las cantidades de solvente y resina a agregar	60
3.4.4 Aplicación del diseño de experimentos	60
3.4.5 Aplicación de las diferentes pruebas específicas	64
3.4.6 Análisis del Diseño de experimentos (DOE)	64
3.4.6.1 Análisis gráfico de las variables de salida (viscosidad y	



fuerza colorante) en función de la proporción de los distintos solventes y resina utilizados	64
3.4.6.2 Análisis de Varianza (ANOVA)	67
3.4.6.3 Análisis de la relación señal-ruido (S/N)	69
3.4.7 Selección de las mejores alternativas de formulación de las tintas líquidas obtenidas que se encuentren dentro de las especificaciones	72
3.5 COMPROBACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA TINTA FLEXOGRÁFICA SELECCIONADA EN EL PROCESO DE MEZCLADO A NIVEL DE PLANTA	72
3.5.1 Medición de la temperatura en diferentes etapas durante el proceso de mezclado	72
3.5.2 Aplicación de análisis específicos a la tinta final para comprobar su comportamiento durante el proceso de mezclado	72
3.5.3 Establecimiento de un rango de temperatura adecuado para asegurar que las propiedades fisicoquímicas de la tinta no varíen por efecto de la temperatura	73
3.6 EVALUACIÓN DE LA ESTABILIDAD DE LA TINTA FLEXOGRÁFICA SELECCIONADA EN EL TIEMPO	73
3.6.1 Establecimiento de un período de tiempo apropiado para realizar el estudio de la estabilidad tinta flexográfica final obtenida durante la investigación	73
3.6.2 Aplicación gradual de análisis específicos de control de calidad durante el período de tiempo establecido	73
3.6.3 Comparación entre las propiedades fisicoquímicas de la tinta líquida final obtenida y la estudiada durante el período de tiempo establecido para comprobar si la misma mantiene dichas propiedades fisicoquímicas	74
3.7 REALIZACIÓN DE UN ESTUDIO COSTO-BENEFICIO DE LA TINTA FLEXOGRÁFICA SELECCIONADA	74
3.7.1 Estimación de flujos monetarios actual para el proceso de	



fabricación de la tinta	74
3.7.2 Estimación de flujos monetarios para el proceso de fabricación de la tinta propuesta	74
3.7.3 Establecimiento de la relación costo-beneficio de la producción de la tinta actual y la propuesta	74
<b>CAPÍTULO IV</b>	<b>75</b>
4 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	76
4.1 IDENTIFICACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS DIFERENTES SOLVENTES, RESINAS Y PIGMENTO ROJO RUBINE	76
4.1.1 Aplicación de encuestas al personal de laboratorio	80
4.2 DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DE LA TINTA LÍQUIDA ACTUAL EMPLEANDO EL PIGMENTO ROJO RUBINE	84
4.1.1 Revisión de las normas COVENIN para la realización de las pruebas experimentales a las tintas líquidas	84
4.1.2 Caracterización de las tintas líquidas	85
4.3 PROPOSICIÓN DE LOS CONJUNTOS SOLVENTE-RESINA PARA EL PIGMENTO UTILIZADO	86
4.4 EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL PAR SOLVENTE-RESINA EN LA DISPERSIÓN Y EN EL ACABADO FINAL DE LA TINTA LÍQUIDA	93
4.4.1 Diseño de experimentos 1 (DOE 1)	97
4.4.1.1 Análisis gráfico de las variables de salida (viscosidad y fuerza colorante) en función de la proporción de los distintos solventes y resina utilizados	98
4.4.1.2 Análisis de Varianza (ANOVA)	99
4.4.1.3 Análisis de la relación señal-ruido (S/N)	100
4.4.2 Diseño de experimentos 2 (DOE 2)	101
4.4.2.1 Análisis gráfico de las variables de salida (viscosidad y fuerza colorante) en función de la proporción de los distintos solventes y resina utilizados	102



4.4.2.2 Análisis de Varianza (ANOVA)	104
4.4.2.3 Análisis de la relación señal-ruido (S/N)	104
4.4.3 Diseño de experimentos 3 (DOE 3)	106
4.4.3.1 Análisis gráfico de las variables de salida (viscosidad y fuerza colorante) en función de la proporción de los distintos solventes y resina utilizados	106
4.4.3.2 Análisis de Varianza (ANOVA)	108
4.4.3.3 Análisis de la relación señal-ruido (S/N)	108
4.4.4 Diseño de experimentos 4 (DOE 4)	109
4.4.4.1 Análisis gráfico de las variables de salida (viscosidad y fuerza colorante) en función de la proporción de los distintos solventes y resina utilizados	110
4.4.4.2 Análisis de Varianza (ANOVA)	112
4.4.4.3 Análisis de la relación señal-ruido (S/N)	112
4.4.5 Diseño de experimentos 5 (DOE 5)	113
4.4.5.1 Análisis gráfico de las variables de salida (viscosidad y fuerza colorante) en función de la proporción de los distintos solventes y resina utilizados	114
4.4.5.2 Análisis de Varianza (ANOVA)	116
4.4.5.3 Análisis de la relación señal-ruido (S/N)	116
4.4.6 Diseño de experimentos 6 (DOE 6)	117
4.4.6.1 Análisis gráfico de las variables de salida (viscosidad y fuerza colorante) en función de la proporción de los distintos solventes y resina utilizados	118
4.4.6.2 Análisis de Varianza (ANOVA)	120
4.4.6.3 Análisis de la relación señal-ruido (S/N)	120
4.5 COMPROBACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA TINTA FLEXOGRÁFICA SELECCIONADA EN EL PROCESO DE MEZCLADO A NIVEL DE PLANTA	123
4.6 EVALUACIÓN DE LA ESTABILIDAD DE LA TINTA FLEXOGRÁFICA SELECCIONADA EN EL TIEMPO	131



---

4.7 REALIZACIÓN DE UN ESTUDIO COSTO-BENEFICIO DE LA TINTA FLEXOGRÁFICA SELECCIONADA	132
CONCLUSIONES	136
RECOMENDACIONES	139
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	140
APÉNDICE A: VISITAS A LOS PROVEEDORES DE LAS MATERIAS PRIMAS	145
APÉNDICE B: FICHAS TÉCNICAS DE LAS MATERIAS PRIMAS	152
APÉNDICE C: TOXICOLOGÍA Y USOS DE LOS SOLVENTES	163
APÉNDICE D: FORMATO DE ENCUESTA	170
APÉNDICE E: PROCEDIMIENTOS PARA LA REALIZACIÓN DE LOS ANÁLISIS ESPECÍFICOS DE CONTROL DE CALIDAD	172
APÉNDICE F: CÁLCULOS TÍPICOS	197



## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 2.1. CLASIFICACIÓN DE LAS TINTAS LÍQUIDAS SEGÚN EL SISTEMA DE SECADO Y EL TIPO DE VEHÍCULO	23
TABLA 3.1. EQUIPOS EMPLEADOS EN LA MEDICIÓN DE LAS VARIABLES DE SALIDA	57
TABLA 4.1. CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DE LA TINTA ACTUAL	86
TABLA 4.2. RATA DE EVAPORACIÓN DE ALGUNOS SOLVENTES	89
TABLA 4.3. VALORES ECONÓMICOS REFERENCIALES DEL COSTO ADQUISITIVO DE LOS SOLVENTES	91
TABLA 4.4. COMBINACIONES DE SOLVENTES-RESINA SELECCIONADAS	93
TABLA 4.5. RANGO DE VALORES DE TRABAJO PARA LAS VARIABLES DE SALIDA	94
TABLA 4.6. CANTIDADES DE SOLVENTES Y RESINA A AGREGAR EN LAS COMBINACIONES SELECCIONADAS	95
TABLA 4.7. VALORES DE VISCOSIDAD Y FUERZA COLORANTE OBTENIDOS PARA EL ARREGLO ORTOGONAL 1	97
TABLA 4.8. ESTIMACIÓN DEL VALOR ESTADÍSTICO “P” PARA LOS FACTORES EVALUADOS EN LA COMBINACIÓN 1 APLICANDO UN ANÁLISIS DE VARIANZA	100
TABLA 4.9. RESPUESTA DE LA RELACIÓN SEÑAL RUIDO PARA LA VISCOSIDAD DE LOS FACTORES EVALUADOS EN LA COMBINACIÓN 1	101
TABLA 4.10. RESPUESTA DE LA RELACIÓN SEÑAL RUIDO PARA LA FUERZA COLORANTE DE LOS FACTORES EVALUADOS EN LA COMBINACIÓN 1	101
TABLA 4.11. VALORES DE VISCOSIDAD Y FUERZA COLORANTE OBTENIDOS PARA EL ARREGLO ORTOGONAL 2	102
TABLA 4.12. ESTIMACIÓN DEL VALOR ESTADÍSTICO “P” PARA LOS FACTORES EVALUADOS EN LA COMBINACIÓN 2 APLICANDO UN ANÁLISIS DE VARIANZA	104



TABLA 4.13. RESPUESTA DE LA RELACIÓN SEÑAL RUIDO PARA LA VISCOSIDAD DE LOS FACTORES EVALUADOS EN LA COMBINACIÓN 2	105
TABLA 4.14. RESPUESTA DE LA RELACIÓN SEÑAL RUIDO PARA LA FUERZA COLORANTE DE LOS FACTORES EVALUADOS EN LA COMBINACIÓN 2	105
TABLA 4.15. VALORES DE VISCOSIDAD Y FUERZA COLORANTE OBTENIDOS PARA EL ARREGLO ORTOGONAL 3	106
TABLA 4.16. ESTIMACIÓN DEL VALOR ESTADÍSTICO “P” PARA LOS FACTORES EVALUADOS EN LA COMBINACIÓN 3 APLICANDO UN ANÁLISIS DE VARIANZA	108
TABLA 4.17. RESPUESTA DE LA RELACIÓN SEÑAL RUIDO PARA LA VISCOSIDAD DE LOS FACTORES EVALUADOS EN LA COMBINACIÓN 3	108
TABLA 4.18. RESPUESTA DE LA RELACIÓN SEÑAL RUIDO PARA LA FUERZA COLORANTE DE LOS FACTORES EVALUADOS EN LA COMBINACIÓN 3	109
TABLA 4.19. VALORES DE VISCOSIDAD Y FUERZA COLORANTE OBTENIDOS PARA EL ARREGLO ORTOGONAL 4	110
TABLA 4.20. ESTIMACIÓN DEL VALOR ESTADÍSTICO “P” PARA LOS FACTORES EVALUADOS EN LA COMBINACIÓN 4 APLICANDO UN ANÁLISIS DE VARIANZA	112
TABLA 4.21. RESPUESTA DE LA RELACIÓN SEÑAL RUIDO PARA LA VISCOSIDAD DE LOS FACTORES EVALUADOS EN LA COMBINACIÓN 4	113
TABLA 4.22. RESPUESTA DE LA RELACIÓN SEÑAL RUIDO PARA LA FUERZA COLORANTE DE LOS FACTORES EVALUADOS EN LA COMBINACIÓN 4	113
TABLA 4.23. VALORES DE VISCOSIDAD Y FUERZA COLORANTE OBTENIDOS PARA EL ARREGLO ORTOGONAL 5	114
TABLA 4.24. ESTIMACIÓN DEL VALOR ESTADÍSTICO “P” PARA LOS FACTORES EVALUADOS EN LA COMBINACIÓN 5 APLICANDO UN ANÁLISIS DE VARIANZA	116
TABLA 4.25. RESPUESTA DE LA RELACIÓN SEÑAL RUIDO PARA LA	



VISCOSIDAD DE LOS FACTORES EVALUADOS EN LA COMBINACIÓN 5	117
TABLA 4.26. RESPUESTA DE LA RELACIÓN SEÑAL RUIDO PARA LA FUERZA COLORANTE DE LOS FACTORES EVALUADOS EN LA COMBINACIÓN 5	117
TABLA 4.27. VALORES DE VISCOSIDAD Y FUERZA COLORANTE OBTENIDOS PARA EL ARREGLO ORTOGONAL 6	118
TABLA 4.28. ESTIMACIÓN DEL VALOR ESTADÍSTICO “P” PARA LOS FACTORES EVALUADOS EN LA COMBINACIÓN 6 APLICANDO UN ANÁLISIS DE VARIANZA	120
TABLA 4.29. RESPUESTA DE LA RELACIÓN SEÑAL RUIDO PARA LA VISCOSIDAD DE LOS FACTORES EVALUADOS EN LA COMBINACIÓN 6	121
TABLA 4.30. RESPUESTA DE LA RELACIÓN SEÑAL RUIDO PARA LA FUERZA COLORANTE DE LOS FACTORES EVALUADOS EN LA COMBINACIÓN 6	121
TABLA 4.31. FORMULACIONES “A” Y “B” PROPUESTAS	122
TABLA 4.32. VALORES ECONÓMICOS REFERENCIALES DEL COSTO ADQUISITIVO DE LAS MATERIAS PRIMAS	123
TABLA 4.33. PRUEBAS DE CALIDAD PARA EL ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD EN EL TIEMPO DE LA TINTA PROPUESTA B	131
TABLA 4.34. COMPARACIÓN DE COSTOS DE MATERIA PRIMA PARA LA FORMULACIÓN ACTUAL Y LA PROPUESTA, EN LA PRODUCCIÓN DE LA TINTA LÍQUIDA ROJO RUBINE EN LA EMPRESA QUIMITEC C.A.	133
TABLA 4.35. VALORES PARA LA RELACIÓN COSTO-BENEFICIO PARA LA FORMULACIÓN ACTUAL Y LAS FORMULACIONES PROPUESTAS DE LA TINTA LÍQUIDA ROJO RUBINE	133
TABLA C.1. TOXICOLOGÍA DE LOS SOLVENTES	165
TABLA C.2. FUERZAS INTERMOLECULARES Y USOS INDUSTRIALES DE LOS SOLVENTES	167



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Proceso de fabricación de tintas líquidas	6
Figura 2.1. Producto final de las tintas líquidas	20
Figura 2.2. Unidad de impresión flexográfica	22
Figura 2.3 El epectrofotómetro X-Rite	36
Figura 2.4 Análisis gráfico del X-Rite	36
Figura 2.5 Anillo de matices	38
Figura 2.6 Cromaticidad	38
Figura 2.7 Sistema de color tridimensional que muestra la luminosidad	39
Figura 3.1. Pasos para la creación del diseño de experimento (DOE) en Minitab	61
Figura 3.2. Selección del número de niveles y del número de factores	61
Figura 3.3. Selección del tipo de diseño	62
Figura 3.4. Definición de los factores de diseño y sus niveles	63
Figura 3.5. Generación del diseño de experimentos Taguchi	63
Figura 3.6. Pasos para seleccionar las variables manipuladas a ser analizadas	65
Figura 3.7. Selección de los factores a ser analizados	65
Figura 3.8. Pasos a seguir para seleccionar la variable de salida	66
Figura 3.9. Selección de la variable de salida	66
Figura 3.10. Secuencia para la construcción del análisis de varianza (ANOVA)	68
Figura 3.11. Selección de variables a realizarle el análisis de varianza (ANOVA)	68
Figura 3.12. Resultados obtenidos por el análisis de varianza (ANOVA)	69
Figura 3.13. Secuencia para estimar la señal-ruido	70
Figura 3.14. Definición de la opción señal-ruido a evaluar	70
Figura 3.15. Definición del criterio utilizado para el análisis del S/N a evaluar	71
Figura 3.16. Resultados obtenidos por el análisis de la señal-ruido	71
Figura 4.1 Diagrama de bloques del proceso de síntesis del pigmento.	77
Figura 4.2. Molécula de la Nitrocelulosa	79
Figura 4.13. Molécula del Pigmento Rojo Rubine	80



Figura 4.14. Traslado de la olla a la balanza digital	124
Figura 4.15. Adición de solventes	124
Figura 4.16. Pesada de la resina (a). Adición de los aditivos (b)	124
Figura 4.17. Vista de lado del turbo dispersor (a). Cuchilla del Ross (b)	125
Figura 4.18. Adición del pigmento en la etapa de dispersión	126
Figura 4.19. Dispersión de la base	126
Figura 4.20. Medición de la temperatura en la prueba piloto	127
Figura 4.21. Proceso de dispersión a nivel de banco	127
Figura 4.22. Molino microesferas, (a) vista de frente, (b) Vista posterior, (c) Eje principal del molino, (d) Termómetro del molino.	128
Figura 4.23. Microesferas	129
Figura 4.24. Molino de piedra (a). Cuba del molino de piedra (b)	129
Figura 4.25. Lazo de la olla con el molino (a). Motor del molino (b)	130
Figura 4.26. Proceso de Molienda	130
Figura A.1. Tanques de almacenamiento de los solventes	146
Figura A.2. Área de almacenamiento	146
Figura A.3. Líneas de abastecimiento de los diversos solventes	147
Figura A.4. Área de distribución de los solventes	147
Figura A.5. Filtros prensa	148
Figura A.6. Pigmento Rojo Rubine húmedo	148
Figura A.7. Secadores	149
Figura A.8. Molienda	149
Figura A.9. Área de molienda y llenado de Big Bags	150
Figura A.10. Almacenamiento del pigmento en Big Bags	150
Figura A.11. Área de almacenamiento de los pigmentos	151
Figura B.1. Ficha técnica del Alcohol Isopropílico	153
Figura B.2. Ficha técnica del Metanol	154
Figura B.3. Ficha técnica del Alcohol Etilico	155
Figura B.4. Ficha técnica del Tolueno	156
Figura B.5. Ficha técnica del Xileno	157
Figura B.6. Ficha técnica del Propil Acetato	158



Figura B.7. Ficha técnica del Propanol	159
Figura B.8. Ficha técnica del Hexano	160
Figura B.9. Datos técnicos de diversos pigmentos orgánicos	161
Figura B.10. Ficha técnica del pigmento Rojo Rubine	162
Figura E.1. Balanza Digital	175
Figura E.2. Proceso de supresión del peso del frasco	176
Figura E.3. Adición de solventes	176
Figura E.4. Adición de resina	177
Figura E.5. Adición del pigmento	177
Figura E.6. Homogenización de los componente	177
Figura E.7. Adición de perlas	178
Figura E.8. Equipo de dispersión y molienda. (a) Vista de frente. (b) Vista de lado	178
Figura E.9. Medición de la temperatura	179
Figura E.10. Proceso de descarte del peso del vaso	180
Figura E.11. Adición del barniz	180
Figura E.12. Adición de la base preparada	181
Figura E.13. Turbo dispersor	181
Figura E.14. Grindómetro	182
Figura E.15. Prueba de Finura	183
Figura E.16. Inicialización del Drawdown	184
Figura E.17. Prueba de brillo	184
Figura E.18. Llenado de la copa Zahn	186
Figura E.19 Obstrucción del orificio de la copa Zahn	187
Figura E.20 Prueba de viscosidad	187
Figura E.21. Rodillo Anilox	189
Figura E.22. Adición de la tinta al rodillo Anilox	189
Figura E.23. Impresión sobre el papel de polietileno	189
Figura E.24. K Printing Proofer	190
Figura E.25. K Printing Proofer con el empaque flexible	191
Figura E.26. Adición de la tinta al equipo	191



---

Figura E.27. Rodillo listo para imprimir	192
Figura E.28. Empaque de polietileno impreso	192
Figura E.29. K Printing Proofer ubicándose en la posición inicial	193
Figura E.30. K Printing Proofer con restos de tinta luego de la impresión	193
Figura E. 31. Programa para el análisis del color	194
Figura E.32. Prueba de Fuerza colorante	194
Figura E.33. Resultado de $L^*a^*b$	195
Figura E.33. Resultado de reflectancia (%) espectral vs longitud de onda (nm)	195
Figura E. 34. Resultado de color visual	196



## ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 3.1. Representación gráfica del efecto ocasionado por las variables de entrada sobre la variable de salida (viscosidad)	67
Gráfica 4.1. Diagrama de pareto de las propiedades fisicoquímicas del pigmento rojo rubine por las que generalmente es rechazado	81
Gráfica 4.2. Diagrama de pareto de las propiedades fisicoquímicas que las resinas aportan al acabado final de las tintas líquidas	82
Gráfica 4.3. Diagrama de pareto de las propiedades fisicoquímicas por las que habitualmente es rechazada una tinta líquida por los clientes	83
Gráfica 4.4. Comportamiento gráfico de la viscosidad en función de los diferentes factores evaluados a los niveles seleccionados en la combinación 1	98
Gráfica 4.5. Comportamiento gráfico de la fuerza colorante en función de los diferentes factores evaluados a los niveles seleccionados en la combinación 1	99
Gráfica 4.6. Comportamiento gráfico de la viscosidad en función de los diferentes factores evaluados a los niveles seleccionados en la combinación 2	103
Gráfica 4.7. Comportamiento gráfico de la fuerza colorante en función de los diferentes factores evaluados a los niveles seleccionados en la combinación 2	103
Gráfica 4.8. Comportamiento gráfico de la viscosidad en función de los diferentes factores evaluados a los niveles seleccionados en la combinación 3	107
Gráfica 4.9. Comportamiento gráfico de la fuerza colorante en función de los diferentes factores evaluados a los niveles seleccionados en la combinación 3	107
Gráfica 4.10. Comportamiento gráfico de la viscosidad en función de los diferentes factores evaluados a los niveles seleccionados en la combinación 4	111
Gráfica 4.11. Comportamiento gráfico de la fuerza colorante en función de los diferentes factores evaluados a los niveles seleccionados en la combinación 4	111
Gráfica 4.12. Comportamiento gráfico de la viscosidad en función de los diferentes factores evaluados a los niveles seleccionados en la combinación 5	115
Gráfica 4.13. Comportamiento gráfico de la fuerza colorante en función de los diferentes factores evaluados a los niveles seleccionados en la combinación 5	115
Gráfica 4.14. Comportamiento gráfico de la viscosidad en función de los	



---

diferentes factores evaluados a los niveles seleccionados en la combinación 6	119
Gráfica 4.15. Comportamiento gráfico de la fuerza colorante en función de los diferentes factores evaluados a los niveles seleccionados en la combinación 6	119



## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo especial de grado tiene como objetivo principal la evaluación de los efectos producidos por los solventes en el acabado final de la tinta rojo rubine destinada a la flexografía de la Empresa Quimitec C.A. a objeto de mejorar las características fisicoquímicas del producto. Para ello se deben identificar las características de los diferentes solventes, resinas y pigmento rojo rubine (C.I. 57:1) a utilizar en la fabricación de la tinta; determinar las propiedades fisicoquímicas en el acabado final de la tinta líquida actual; proponer diferentes pares solvente-resina para el pigmento utilizado; evaluar el efecto del par solvente-resina en la dispersión y en el acabado final de la tinta líquida; comprobar el comportamiento de la tinta flexográfica seleccionada en un periodo de tiempo; evaluar la estabilidad de la tinta seleccionada y finalmente realizar un estudio costo-beneficio de la tinta flexográfica seleccionada para establecer costos y beneficios de su producción.

La metodología empleada para el desarrollo de la presente investigación está estructurada de la siguiente manera: inicialmente se realizan recorridos por las empresas proveedoras de las materias primas, se efectúan entrevistas al personal especializado, conociendo los problemas más frecuentes que presentan. Seguidamente se inicia el adiestramiento necesario para realizar las pruebas específicas a la tinta rojo rubine actual, luego las mismas son aplicadas y más tarde se caracteriza la tinta. Posteriormente se seleccionan las distintas combinaciones solventes-resina adecuadas para el pigmento rojo rubine, aplicando la metodología Taguchi y creando varios diseños de experimentos para cada combinación de materias primas elegidas, que verifiquen el estado actual de las variables y así proponer alternativas que permitan manipular las variables de entrada (tipo de solvente, cantidad de solvente y cantidad de resina) con el fin de mejorar el estado actual de las variables de salida (brillo, finura, viscosidad y fuerza colorante) y así seleccionar la mejor alternativa obtenida que presente los mejores resultados de calidad. Inmediatamente se realiza el experimento a nivel de planta, estudiando el comportamiento de la tinta flexográfica seleccionada en el proceso de mezclado y monitoreando sus cambios de temperatura. Luego se estudia la



estabilidad de la tinta en el tiempo. Finalmente se determina la relación costo-beneficio de la mejor alternativa, mediante indicadores económicos y análisis de costos.

La presente investigación está estructurada en cuatro capítulos: el primer capítulo presenta el planteamiento del problema, donde se encuentra la descripción del problema encontrado en la empresa Quimitec C.A., la formulación del problema en donde se mencionan la situación actual de la empresa y la situación deseada con el proyecto, los objetivos general y específicos y por último la justificación del proyecto y sus limitaciones. El segundo capítulo contiene el marco teórico referencial, en el cual se dan a conocer los antecedentes de la investigación y las bases teóricas necesarias para el soporte de dicho trabajo. La descripción de cada una de las actividades realizadas para cumplir con los objetivos planteados se encuentra en el marco metodológico, el cual corresponde al tercer capítulo. En el cuarto capítulo se muestra el análisis de los datos y los resultados obtenidos según la metodología planteada. Por último se encuentran las conclusiones y recomendaciones aportadas por la investigación.

Es importante destacar que dicha investigación otorga un gran aporte bibliográfico para la Universidad de Carabobo y otras instituciones, ya que la misma sirve como referencia y futuras consultas para llevar a cabo estudios de mejoras continuas y profundizar más en el mundo de las tintas flexográficas. Además la relevancia de dicha investigación, desde el punto de vista industrial, radica en que para las empresas, específicamente Quimitec C. A., es primordial ser competitiva y mantener una mejora continua de sus productos, y así satisfacer con desempeño la demanda del mercado.



# CAPÍTULO I

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA



## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En esta sección se dará a conocer el problema en estudio especificándose su propósito, la situación actual y deseada, así como el objetivo general y los específicos de la investigación. De igual forma se presentan las razones que justifican la investigación, sus limitaciones y alcance.

#### **1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

QUIMITEC C.A es una empresa de capital totalmente nacional domiciliada en la zona Industrial San Vicente I, en la ciudad de Maracay, estado Aragua, creada por un profesional emprendedor inicialmente fundador de la Empresa I.M.C. INDUSTRIES C.A., la cual se dedica a la fabricación de maquinarias destinadas a la flexografía. QUIMITEC C.A., fundada en Agosto de 1998, está dirigida a la fabricación de tintas líquidas y barnices base solvente para la industria de empaques flexibles y artes gráficas, con el fin de proveer a los clientes convertidores de empaques flexibles un producto con características diferentes a los existentes en el mercado y que satisfaga los problemas de impresión relacionados con las tintas líquidas utilizadas en la flexografía, en este sentido cubriría las necesidades y expectativas de los clientes, mejorando continuamente los procesos, desarrollando nuevos productos dirigidos al bienestar sostenible del personal, la comunidad, el medio ambiente, los proveedores y relacionados.

La flexografía es un método de impresión rotativo directo que utiliza planchas resilientes con imagen en alto relieve, ajustables a los cilindros portaplanchas de longitudes de repetición variables, entintadas por un rodillo que transporta las tintas fluidas o pastosas a cualquier sustrato.

Las formulaciones y las materias primas utilizadas en la empresa permiten elaborar tintas de baja viscosidad y alto porcentaje de sólidos. Las tintas líquidas están



fabricadas con materia prima de componentes totalmente orgánicos ya que van mayormente dirigidas hacia el empaque de alimentos, además la misma es importada en un 90%, y su mercado actual está concentrado en el área de Venezuela, Centroamérica, Suramérica y El Caribe.

Los solventes, resinas, pigmentos y aditivos son las materias primas empleadas para la producción de las tintas líquidas, las cuales se utilizan en diferentes proporciones dependiendo de las características del producto deseado. Los pigmentos son cristales o micropartículas sólidas insolubles con características propias, siendo las más importantes el color, tono, brillo, transparencia, tamaño de la partícula máxima y pH. Los pigmentos protegen la superficie de los estragos del tiempo y los elementos, incluyendo reacciones químicas.

Las resinas usadas son productos que proporcionan ciertas características a las tintas, como brillo, adherencia, flexibilidad y resistencia a la temperatura en distintos niveles; las resinas se pueden utilizar para la producción de barnices, los cuales forman el vehículo para la producción de las tintas.

Los solventes también llamados vehículos, son líquidos capaces de disolver otros materiales y su función es transportar el pigmento hasta el sitio donde debe quedar impreso, siendo normalmente una mezcla de diversos componentes que determinan el proceso de secado y fijación de la impresión.

En la figura 1.1 se observa el diagrama del proceso de producción de las tintas líquidas; para la obtención de los productos semiterminados, tales como bases concentradas (Etapa 1), se preparan mezclando solventes, pigmentos y resinas hasta lograr un producto homogéneo en un dispersor, una vez terminado se lleva al departamento de molienda, donde por medio de molinos de perlas o de piedra se muele hasta lograr la finura adecuada y definida por el laboratorio de control de calidad, por otro lado, los barnices (Etapa 2) se preparan mezclando solventes y resinas igualmente



en un dispersor. Los productos obtenidos se almacenan en tambores para ser utilizados según la necesidad.

En la producción de las tintas finales (Etapa 3) se utilizan solventes, barnices y bases concentradas en proporciones definidas por el laboratorio de desarrollo y se mezclan en dispersores con el fin de unificar los componentes y lograr el color deseado; una vez terminada la mezcla se entrega una muestra al laboratorio de control de calidad de productos terminados con el fin de analizar todas las características de cada producto (viscosidad, adherencia, frote, brillo, deslizamiento e intensidad de color, entre otras).

Una vez aprobado el producto, éste se lleva hasta el área de envasado donde se procede al llenado de los recipientes para su entrega final al cliente. El producto final es almacenado en cuñetes, los cuales se tapan y se etiquetan con la información del código interno, color, lote y fecha de producción. Terminado el envasado, los cuñetes se colocan en paletas por color y se almacenan hasta su despacho.

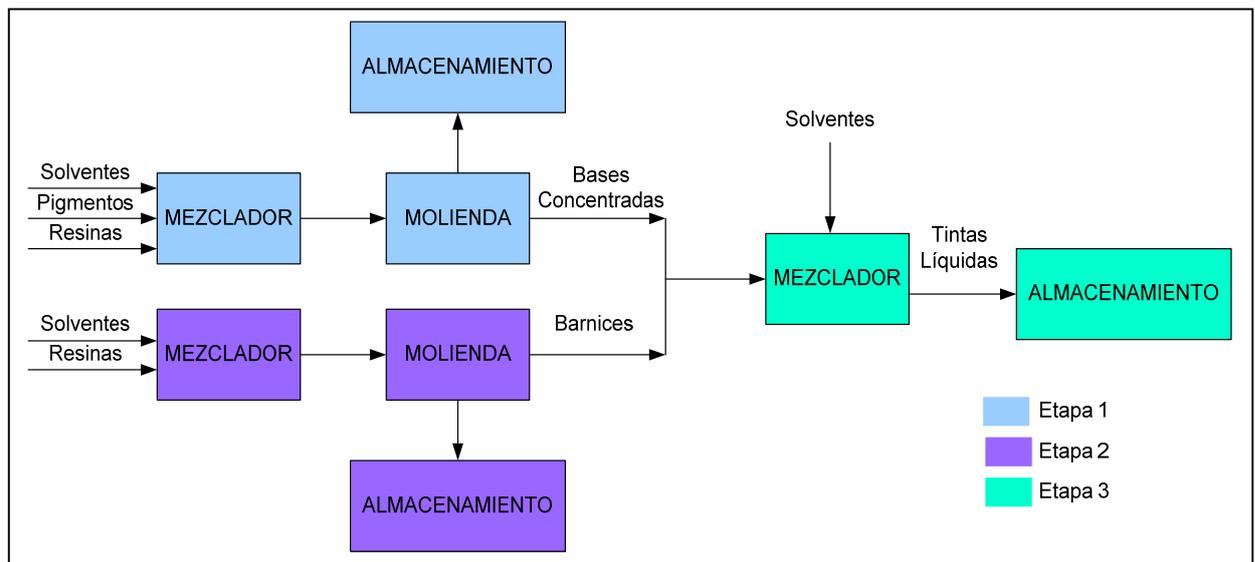


Figura 1.1. Proceso de fabricación de tintas líquidas.

Fuente: QUIMITEC C.A, 1998.



Una buena impresión requiere un conocimiento básico de la composición y el uso de la tinta. Un conocimiento amplio sobre ésta, llevará al fabricante y al impresor a seleccionar y usar la tinta con relativamente pocos problemas. La selección del solvente utilizado en la fabricación de la tinta está determinado principalmente por el sistema de resina utilizado, es decir, el solvente debe ser capaz de disolver el complejo de la resina.

Eventualmente se han realizado pruebas comparativas entre las tintas realizadas en la empresa QUIMITEC C.A y otros fabricantes, y específicamente con la tinta líquida elaborada utilizando el pigmento Rojo Rubine (C.I. 57:1) se ha notado deficiencia en el brillo, intensidad y acabado final. Por lo tanto, la empresa no ha definido con exactitud la mejor combinación de las materias primas utilizadas para la fabricación de la tinta, concretamente el par solvente-resina más adecuado para el pigmento Rojo Rubine, por ende no se ha llegado a la mejor formulación de la tinta.

La empresa QUIMITEC C.A. tiene la necesidad de crecer a nivel investigativo, además de ser más competitivos como pequeña industria, por tal motivo presenta la necesidad de disponer de información, la cual oriente al personal de producción sobre qué conjunto de solvente-resina es el más adecuado para la fabricación de la tinta con un determinado pigmento y de esta manera aumentar la demanda del producto dentro del mercado.

Teniendo en cuenta esta situación y en busca de ofrecer un producto de mayor calidad, con una posición competitiva importante que responda a las necesidades de un mercado dinámico, se plantea como estrategia el estudio de los efectos producidos por los solventes en el acabado final de una tinta líquida destinada a la flexografía, con el fin de mejorar las características fisicoquímicas del producto y establecer costos y beneficios de su producción.



## **1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

Las tintas líquidas producidas por la empresa QUIMITEC C.A. requieren en forma muy general mejorar la calidad del producto final. Actualmente se ha observado que las características físicas y químicas (color, brillo, intensidad de color) de algunas de las tintas líquidas cambian al variar la cantidad de materia prima empleada en su elaboración, como consecuencia del conjunto solvente-resina elegido para el pigmento usado, no son los más apropiados para aprovechar al máximo el poder tintorial del pigmento utilizado para la fabricación de dichas tintas. Se pretende cambiar la formulación de la tinta con el propósito de mejorar sus propiedades en el acabado final.

### **1.2.1 Situación Actual**

La tinta producida actualmente en la empresa utilizando el pigmento Rojo Rubine, presenta problemas en sus características fisicoquímicas. La formulación de las materias primas de dicha tinta no ha sido completamente precisada por la empresa, específicamente el par solvente-resina más apropiado para mejorar el acabado final de la tinta.

Como resultado de esta problemática, la demanda del producto es escasa, debido a que la tinta producida con el pigmento mencionado anteriormente, no satisface los requerimientos mínimos exigidos por los clientes, lo que ocasiona una disminución en la producción de la misma.

### **1.2.2 Situación Deseada**

QUIMITEC C.A. requiere disponer de una evaluación que determine el efecto que tienen los solventes en el acabado final de su tinta líquida empleando el pigmento Rojo Rubine (C.I. 57:1), para esta forma establecer el conjunto solvente-resina más adecuado para el pigmento utilizado en la elaboración de la tinta, y así modificar la formulación de la misma; en este sentido se busca mejorar la calidad del producto,



siendo aún más competitivo dentro del mercado y satisfacer las necesidades y expectativas de los clientes.

El alcance del estudio se enfocará en determinar el tipo de materia prima (par solvente-resina) más adecuado a nivel de laboratorio y posteriormente a nivel de planta, para establecer la formulación de la tinta líquida que ofrezca el mayor rendimiento en base a los requerimientos de los clientes.

### **1.3 OBJETIVOS**

#### **1.3.1 Objetivo General**

Evaluar los efectos producidos por los solventes en el acabado final de la tinta Rojo Rubine destinada a la flexografía de la Empresa Quimitec C.A. a objeto de mejorar las características fisicoquímicas del producto.

#### **1.3.2 Objetivos Específicos**

1. Identificar las características de los diferentes solventes, resinas y pigmento Rojo Rubine (C.I. 57:1) a utilizar en la fabricación de la tinta líquida con el fin de conocer sus propiedades físicas y químicas.
2. Determinar las propiedades fisicoquímicas en el acabado final de la tinta líquida actual empleando el pigmento Rojo Rubine (C.I. 57:1) y utilizada en el arte de la flexografía para establecer comparaciones competitivas entre la tinta de la misma categoría.
3. Proponer diferentes pares solvente-resina para el pigmento utilizado con el fin de garantizar que el producto terminado cumpla con las especificaciones requeridas para usos flexográficos.
4. Evaluar el efecto del par solvente-resina en la dispersión y en el acabado final de la tinta líquida con el objeto de seleccionar la formulación de la tinta flexográfica que cumpla con los requerimientos de la empresa.



5. Comprobar el comportamiento de la tinta flexográfica seleccionada en el proceso de mezclado a nivel de planta con el fin de verificar si requiere de ajustes en la formulación debido a efectos de la temperatura.
6. Evaluar la estabilidad de la tinta flexográfica seleccionada a fin de comprobar si mantiene sus propiedades fisicoquímicas en el tiempo.
7. Realizar un estudio costo-beneficio de la tinta flexográfica seleccionada para establecer costos y beneficios de su producción.

#### **1.4 JUSTIFICACIÓN**

Todo proceso que se mejora lleva implícito una serie de beneficios asociados tanto económicos como sociales. El mercado de las tintas líquidas es amplio y existe una gran oferta y demanda de las mismas, en donde la calidad, disponibilidad y precio juegan un papel preponderante en el posicionamiento de la empresa dentro del mercado. La existencia de una metodología de investigación adecuada al proceso productivo de tintas líquidas, permitirá determinar las diferentes alternativas para elevar su nivel de calidad. Adicionalmente, en función de la mejora lograda, se podrá colocar al producto terminado en mercados más exigentes. Es por ello que el presente trabajo traerá como consecuencia a la empresa un incremento de sus beneficios económicos, igualmente servirá para sus profesionales investigadores como punto de referencia o consulta en el área de procesamiento de las tintas líquidas.

De igual forma, esta investigación presenta un aporte metodológico, ya que se establecerá una estrategia para la formulación y desarrollo de una mejor tinta líquida, ofreciendo una ejemplificación para el desarrollo de nuevos productos. Desde el punto de vista de los autores, el presente trabajo especial de grado permitirá desarrollar los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera, y así cumplir con el último requisito académico exigido para obtener el título de Ingeniero Químico, además se podrán adquirir nuevos conocimientos con los cuales se desarrollarán habilidades y destrezas para afrontar cualquier problema en el área correspondiente.



Por último, la investigación presenta un gran aporte para la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de Carabobo, ya que enriquece sus reservas a nivel bibliográfico, en lo que corresponde a las áreas de química orgánica y mejoramiento de procesos químicos en lo que se refiere a la ingeniería de métodos, ya que en el enfoque dado al desarrollo de los objetivos se muestran herramientas que servirán de apoyo o guía para la realización de próximas investigaciones y proyectos en esta área que engloba el mejoramiento continuo de procesos productivos y los sistemas de calidad de las empresas.

### **1.5 LIMITACIONES**

En la presente investigación existen diversos factores que pueden limitar su correcta y satisfactoria realización, como la adquisición de algunas de las materias primas, específicamente resinas, dificulta el proceso de elaboración de las tintas líquidas, debido a que provienen del exterior y las condiciones socio-económicas del país obstaculizan la obtención de las mismas, lo que representa la limitación más relevante dentro de la investigación.

Otra limitante de la investigación radica en el número de pruebas necesarias para realizar el estudio experimental, que esta íntimamente ligado al tiempo establecido para la culminación del trabajo en desarrollo. Además la disponibilidad de reactivos se considera una restricción, pues sólo se podrán utilizar los existentes dentro de la empresa. El tipo de pruebas de calidad que se realizarán al producto terminado es otro inconveniente dentro de la investigación, ya que se realizarán las pruebas específicas mínimas exigidas por la empresa para colocar las tintas líquidas producidas en el mercado.



## CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO REFERENCIAL



## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

#### 2.1 ANTECEDENTES

En la siguiente sección se presentan trabajos realizados por otros investigadores, los cuales servirán de referencias para el desarrollo de esta investigación. Inicialmente se indican los autores, el título y el lugar donde se realizó dicha investigación, seguidamente se describen los objetivos y las conclusiones, y por último se indican las semejanzas y diferencias de éste con la nueva investigación.

2.1.1 Cole, Kathryn (2007). **Printability and environmental testing using silver-based conductive flexographic ink printed on a polyamide substrate**. Instituto Tecnológico Rochester, Nueva York, Estados Unidos.

El presente proyecto pretende estudiar el efecto de la temperatura en la conductividad de una tinta flexográfica impresa en un substrato de poliamida. Las propiedades como conductividad, densidad, color, adherencia y resistencia a la abrasión fueron evaluadas. La exposición a la temperatura afectó las características de la adherencia de la tinta al substrato, que conducen a un efecto negativo sobre la conductividad y la resistencia a la abrasión.

La similitud de este antecedente con el trabajo en desarrollo es que ambos pretenden estudiar el efecto de la temperatura sobre las tintas líquidas, al evaluar algunas de las propiedades fisicoquímicas de la misma como densidad, color y adherencia al variar dicha temperatura. La diferencia radica en que el trabajo en desarrollo evaluará el efecto de la temperatura durante la elaboración de la tinta líquida, específicamente durante el proceso de mezclado realizado a nivel de planta.



2.1.2 Cook, Beth (2007). **The Effects of Ink Viscosity of Water-Based Inks on Print Quality in Flexographic Printing.** Universidad de Clemson, Carolina del Sur, Estados Unidos.

La investigación siguiente fue realizada para determinar los efectos de la viscosidad de la tinta en calidad de impresión. La viscosidad de las tintas a base de agua es un factor importante en el proceso de impresión flexográfica. Se alcanza la calidad de impresión cuando las medidas, tales como densidad, contraste de impresión, color, entre otras se encuentran en un rango respectivo. Los resultados de estas medidas son dependientes sobre la viscosidad de la tinta, que es la variable independiente. Este proyecto de investigación implicó varias impresiones utilizando diferentes viscosidades de la tinta para determinarse cómo la misma afectaba la calidad de la impresión. La conclusión más importante de la investigación es que la viscosidad de hecho tiene un efecto en la calidad de impresión. El cambio en viscosidad causa variaciones sensibles en densidad, contraste de impresión y valores del color.

Este antecedente presenta similitud con la investigación que se va a llevar a cabo, al estudiar una de las características fisicoquímicas de gran importancia en el acabado final de las tintas líquidas como es la viscosidad, la cual también juega un papel fundamental en el proceso de impresión flexográfica. La diferencia básica es que en este trabajo no se pretende solo estudiar la viscosidad de la tinta final, sino también su adherencia, frote, brillo, rayado, deslizamiento, intensidad de color, entre otros. Además las tintas utilizadas en la presente investigación son a base solvente.

2.1.3 Olsson, Robert (2007). **Some aspects on Flexographic ink-paper and paperboard coating Interaction.** Facultad Ingeniería Química, Ciencia y Tecnología de la Universidad Karlstad, Suecia.

Este trabajo se ha centrado en la interacción entre el papel o la capa de cartulina y la tinta flexográfica a base de agua, dirigida a aumentar el conocimiento sobre el proceso de impresión en los parámetros físicos y químicos que son importantes para el ajuste de



la tinta, así como también los efectos de la presión de impresión y la temperatura. Al finalizar el trabajo experimental, utilizando diversos líquidos, se encontró que un líquido con un momento dipolar elevado llenó la matriz del poro en un grado inferior y penetró fuertemente en la capa en comparación con otro líquido con un momento de dipolo pequeño. La desecación de la tinta es un parámetro importante para el ajuste de la tinta. Una capacidad de retención del agua más grande de la tinta es positiva para el desarrollo del lustre de la impresión, debido a que se necesita un tiempo más largo para que la tinta se nivele después de la impresión. Igualmente, el aumento de la temperatura debido a la fricción en la prensa afecta la viscosidad de la tinta, y esto afecta la calidad de impresión. Se demostró que la densidad de la impresión es afectada por el cambio de temperatura, posiblemente debido a un mayor grado de inmovilización de la tinta durante la impresión.

Ambos trabajos de investigación son similares en cuanto a que buscan estudiar los aspectos que afectan a las tintas líquidas como la viscosidad y la temperatura, para que la misma posea los requisitos indispensables para obtener una gran calidad de impresión. El trabajo en desarrollo busca formular una tinta líquida de mayor calidad cuyas propiedades cumplan con los requerimientos básicos para ser utilizadas en el proceso de impresión.

2.1.4 Oropeza, Elio (2005). **Evaluación y mejoramiento del sistema de producción de tintas líquidas**. Universidad de Carabobo. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Química.

El objetivo general del presente trabajo de investigación es evaluar y mejorar las condiciones actuales del proceso de elaboración de tintas líquidas con el fin de incrementar los niveles de producción mediante generación y establecimiento de un plan de acción de la mejor alternativa técnica-económicamente factible. Al finalizar el estudio se pudo concluir que la capacidad del sistema es de 1984,39 kg/día, lo que implica que solamente se está utilizando este recurso a un 26,29% de su capacidad



instalada. La capacidad del sistema es de 2521,87 kg/día, lo que resulta 21,38% mayor a los niveles de producción real.

La similitud con el trabajo en desarrollo radica en que se busca estudiar el efecto de la temperatura como una de las variables que inciden sobre el proceso de elaboración de tintas líquidas. La diferencia de esta nueva investigación está en comprobar el comportamiento de la tinta líquida seleccionada en el proceso de mezclado a nivel de planta con el fin de verificar si requiere de ajustes en la formulación debido a efectos de la temperatura.

2.1.5 Fourcade, Ricardo E (2004). **Mejora de la dispersión del pigmento negro de humo en el solvente utilizado para la fabricación de tinta negra para la impresión de periódicos.** Universidad de Carabobo. Facultad de Ingeniería. Maestría en Ingeniería de Procesos.

El objetivo general de este trabajo es mejorar la dispersión del pigmento negro de humo en el solvente utilizado para la fabricación de tintas negras para impresión de periódicos. Entre las conclusiones más relevantes tenemos que se logró mejorar la dispersión del pigmento negro de humo seleccionando mezclas de dos y tres componentes con los datos obtenidos de la caracterización de los productos, al igual se mejoró la dispersión del pigmento con el empleo de un solvente de base acuosa con mayor afinidad que el aceite mineral utilizado.

La similitud de ambas investigaciones es que caracterizan un pigmento y estudian la dispersión del mismo, también se asemejan las variaciones de solventes para la elaboración de la tinta. La diferencia es que en el presente trabajo el pigmento utilizado es el Rojo Rubine (C.I 57:1), además que la tinta es a base solventes no acuosos, y está dirigida hacia el área de la flexografía.



2.1.6 Fraser, Iain; Niven, Stuart y Wilcox, Joyce (2005). **Organic solvent-based printing inks**. Corporación Ciba de especialidades químicas. Tarrytown, Nueva York, Estados Unidos.

El objeto principal de la investigación es proporcionar las composiciones de las diferentes materias primas utilizadas en la elaboración de una tinta amarilla que pueda ser usada en procesos de fotograbado, flexografía, prensa de copiar o procesos de impresión litográficos. Otros objetivos del antecedente se relacionan con los procesos para la preparación de estas composiciones de la tinta de impresión al igual de diferentes métodos para su elaboración. En general los buenos resultados se han obtenido con las composiciones que abarca por peso 0,1-50% de un colorante catiónico, preferiblemente 5-95% de un solvente orgánico, 0,1-50% de una resina orgánica soluble en el solvente y 0-50% del pigmento.

Ambos trabajos de investigación se asemejan en cuanto a que pretenden encontrar la mejor formulación de una tinta líquida destinada a la flexografía. La diferencia está en que el trabajo en desarrollo establecerá una formulación concreta de la tinta, además de estudiar el efecto de la dispersión en el acabado final de la tinta líquida, el efecto de la temperatura durante el proceso de producción y la estabilidad de la misma en un período de tiempo.

2.1.7 Conde, Rosana (2003). **Estandarización de dispersión de pigmento para mejorar el proceso de igualación de colores en la producción de pintura automotriz por método vectorial**. Universidad de Carabobo. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Química.

El presente proyecto tiene como objetivo general la estandarización de dispersión de pigmento para mejorar el proceso de igualación de colores por método vectorial, además disminuir el tiempo de elaboración de la base color. Entre las conclusiones más resaltantes se tiene que el proyecto reduce 66,7% el número de pruebas piloto; y a su



vez, el tiempo de elaboración de la base de color a nivel de laboratorio disminuyó de 26 a 11 horas.

Ambos trabajos de investigación son similares en cuanto al estudio de la dispersión del pigmento y la realización de pruebas de viscosidad, finura, intensidad de color y porcentaje de sólidos; y la principal diferencia radica en que el estudio en desarrollo busca entre otras cosas, optimizar la formulación de una tinta y no mejorar el proceso de elaboración de la misma, además de trabajar con tintas líquidas dirigidas al arte de la flexografía y no a pinturas automotrices.

2.1.8 Martínez, Manuel (2003). **Desarrollo de un pigmento rojo Rubine C.I. 57:1 estable en medio acuoso.** Universidad de Carabobo. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Química.

El trabajo tiene como objetivo principal desarrollar un pigmento orgánico rojo Rubine C.I. 57:1 estable en medio acuoso. Se pudo concluir que la síntesis del pigmento involucra la reacción exotérmica de diazotación por método invertido para la producción de una sal de diazonio copulable por método invertido en medio alcalino con un componente acoplador y con un proceso de lacado de calcio y estroncio que permita la estabilidad en medio acuoso.

La principal similitud entre los dos trabajos de investigación, es que en ambos casos se trabaja con el pigmento rojo Rubine (C.I. 57:1). La diferencia radica en que el estudio mostrado se desarrolla el pigmento en medio acuoso y en el presente se busca entre otras cosas seleccionar la combinación solvente-resina más adecuada para desarrollar el poder tintorial de dicho pigmento.

2.1.9 Alvarado, Daniel y Mora, Niurka (2001). **Evaluación técnica para la selección de solventes en diversas aplicaciones industriales.** Universidad de Carabobo. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Química.



El objetivo general que se busca alcanzar en esta investigación es evaluar técnica y económicamente los solventes utilizados para aplicaciones industriales en el área de los pesticidas, tintas de impresión, fibras textiles, lubricantes y lavado al seco. Este trabajo representa la recopilación de material bibliográfico actualizado, ordenado y resumido sobre los factores que condicionan la selección de solventes para cada aplicación estudiada. Se concluye igualmente que es necesario evaluar el solvente, no solamente sus características y propiedades individuales, sino evaluar técnica y económicamente los posibles solventes a utilizar, siendo el costo y la toxicidad los principales factores que deciden entre las distintas opciones.

Ambos trabajos de investigación son similares en cuanto a que buscan estudiar las características y propiedades físicas y químicas de los solventes, para luego seleccionar el más adecuado para cada aplicación en la industria, en el caso de la investigación en desarrollo, de las tintas líquidas destinadas a la flexografía, y difieren en que el presente trabajo investigativo pretende seleccionar el conjunto solvente-resina más adecuado para cada uno de los pigmentos estudiados.

## **2.2 BASES TEÓRICAS**

A continuación se presentan los aspectos teóricos que sirven de formación, documentación y apoyo, en los cuales se fundamenta la presente investigación.

### **2.2.1 Flexografía**

La flexografía es un método de impresión rotativo directo que usa planchas resilentes con imagen en alto relieve, ajustable a los cilindros portaplanchas de longitudes de repetición variable, entintadas por un rodillo o por un rodillo provisto de una racleta que transportan tintas fluidas o pastosas virtualmente a cualquier sustrato (Sheldom, 1990).

El arte de la flexografía esta relacionada con la tipografía por cuanto ésta imprime también por medio de una imagen en alto relieve. Las planchas para la



impresión son generalmente hechas de materiales elastoméricos y flexibles. Estas planchas preparadas adecuadamente sobre una prensa bien operada son capaces de producir por lo menos un millón de impresiones y no es raro alcanzar entre 5 y 10 millones. Una de las principales ventajas de este arte es la capacidad para imprimir sobre una amplia gama de sustratos, desde el áspero y grueso hasta el muy suave, desde el papel absorbente hasta películas brillantes y de aluminio (Colton, 1990).

Las tintas flexográficas son tradicionalmente delgadas, altamente fluidas y de rápido secado; en muchos casos aire sin calentar o ligeramente tibio soplado sobre la hoja impresa es todo lo que se necesita para conseguir un secado completo, por lo que disminuye los costos de energía, atribuyéndole otra ventaja.

Obviamente el desarrollo de la flexografía ha llegado mas allá de las necesidades de los materiales de empaque y ahora cubre una amplia variedad de industrial, tales como, libros, revistas, textiles, periódicos cartones lisos y corrugados, calcomanías, etiquetas, papel de colgadura, papel de regalo, cortinas para baños, cheques, sobres y muchos más; en la figura 2.1 se pueden observar algunos productos de empaques flexibles impresos con las tintas líquidas.



**Figura 2.1. Producto final de las tintas líquidas**

**Fuente: Edaplan, 2005**



## 2.2.2 Partes básicas de la unidad de impresión flexográfica

Las prensas se fabrican de tres tipos: tambor central, en línea y convencional (stack). El sistema de tambor central consiste en un cilindro de impresión común, alrededor del cual están distribuidas desde dos hasta siete estaciones de impresión (unidades de impresión). El sistema en línea consiste de una serie de estaciones de impresión dispuestas en línea. El sistema convencional o de torre, consiste en estaciones de impresión montadas unas encima de las otras en dos cuerpos generalmente de una a cuatro estaciones por cada lado. Estas prensas se usan generalmente para impresión de empaques flexibles lo mismo que para rollos angostos, material corrugado y hojas o lámina, sin embargo independientemente del producto final, los principios de impresión son los mismos.

La unidad de impresión flexográfica consiste generalmente en cuatro rodillos, los cuales se evidencian en la figura 2.2,. A continuación se describen las partes de una estación de impresión (Colton, 1990).

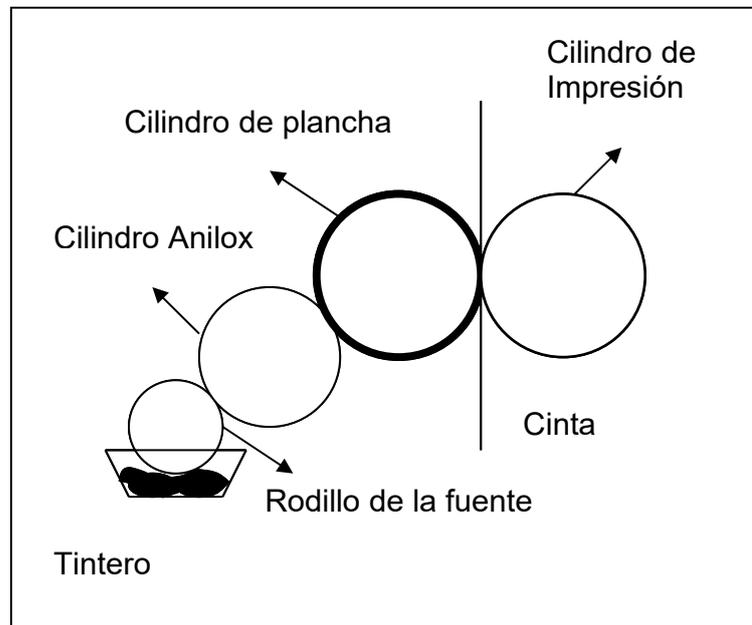
- **Rodillo de tinta o de la fuente:** es generalmente un rodillo metálico cubierto con un tipo especial de caucho natural o sintético. Está diseñado para rotar en el interior de un recipiente que contiene una tinta delgada. Cumple la finalidad de transportar cantidades relativamente grandes de tinta desde el tintero hasta el rodillo dosificador.

- **Rodillo dosificador de tinta (Anilox):** el rodillo anilox es usualmente un rodillo metálico, la superficie del cual está completamente grabado con finísimas celdas desde 80 hasta 500 líneas por pulgada lineal. Su propósito es el de suministrar una película fina, controlada y medida de tinta a la plancha que se encuentra sobre el cilindro de plancha. Por esta razón los rodillos de tinta y el anilox están en contacto bajo presión para exprimir el exceso de tinta de la superficie del anilox, dejando únicamente la tinta que tiene cabida en las celdas (Colton, 1990).



- **Cilindro de plancha:** es un cilindro de acero colocado entre el rodillo de transferencia de tinta (anilox) y el cilindro de impresión. Las planchas de impresión se pegan a este cilindro mediante cinta adhesiva de doble faz. El rodillo de transferencia de tinta entrega una fina y controlada película de tinta a las partes en alto relieve de la plancha, la cual a se vez transfiere la tinta a la superficie del sustrato.

- **Cilindro de impresión:** es un cilindro metálico pulido el cual sirve como soporte al sustrato cuando este se pone en contacto con la plancha.



**Figura 2.2. Unidad de impresión flexográfica**

**Fuente: Colton, 1990**

### 2.2.3 Tintas de impresión

Las tintas de impresión son una mezcla de materia colorante, dispersadas o disueltas en un vehículo o transporte, formando una pasta o fluido el cual puede ser impreso en un sustrato y secado. Los componentes que se usan en la fabricación de tintas de impresión se encuentran dentro de tres clasificaciones especiales: ingredientes fluidos o vehículos, pigmentos o ingredientes sólidos y otros ingredientes misceláneas como



secantes y compuestos. La función del vehículo es la de actuar como un transportador para el pigmento y como un adherente para fijar la superficie impresa. La naturaleza del vehículo determina en gran proporción las características de adhesividad y densidad o fluidez de la tinta. El tipo de proceso de impresión y el sistema de secado a usarse determina el tipo de vehículo empleado en la fabricación de las tintas de impresión, como se muestra en la tabla 2.1.

**TABLA 2.1**  
**CLASIFICACIÓN DE LAS TINTAS LÍQUIDAS SEGÚN EL SISTEMA**  
**DE SECADO Y EL TIPO DE VEHÍCULO**

<b>Proceso de Impresión</b>	<b>Sistema de Secado</b>	<b>Tipo de vehículo</b>
Tipografía, Litografía	Oxidación	Aceite secante
Rotograbado, Flexografía	Evaporación	Resina- solvente
Tipografía, Litotipografía	Precipitación	Resina- glicol

Fuente: Martínez, 2003.

#### **2.2.4 Tintas flexográficas a base de solventes**

Estas tintas líquidas consisten de una mezcla de pigmentos finamente molidos, dispersados en un vehículo de solventes y resinas. Esto provee la profundidad de color y la opacidad que son necesarias en los empaques impresos. Las tintas flexográficas secan generalmente por evaporación y en materiales no absorbentes se usa calor para acelerar el proceso y asegurar la adhesión (Martínez, 2003).

Las propiedades que debe poseer una tinta, vienen determinadas por diferentes factores como la naturaleza y las condiciones del proceso de impresión, las propiedades que se exigirán al producto impreso, en función de su uso final y la naturaleza del soporte sobre el que se imprimirá. Algunas de estas propiedades son las siguientes:



#### 2.2.4.1 Propiedades visuales

La valoración de las características ópticas de una tinta se tiene que efectuar sobre una superficie impresa comparándola con un impreso o con otra tinta aplicada en las mismas condiciones (Cote, 1990). Las más importantes son:

- **Tonalidad:** es el color que presenta una tinta impresa sobre un determinado soporte. La tonalidad puede ser en masa que es el color de la tinta aplicado en capa gruesa; y la tonalidad en degradé es el matiz de la tinta obtenido por extensión en grosor decreciente.

- **Intensidad:** es la fuerza de color de una tinta. Una tinta es más intensa a medida que ofrezca una fuerza colorante mayor. La intensidad depende de la cantidad de pigmento. Cuando rebajamos el color con blanco o con barniz atenuante disminuimos la intensidad de la tinta.

- **Nitidez de tono:** es una percepción visual que corresponde a una sensación de color lo más viva posible. Depende de la calidad de los pigmentos utilizados. Las mezclas de colores causan una pérdida de nitidez.

- **Brillo:** es la evaluación visual de la luz reflejada por la tinta impresa.

- **Poder cubriente:** es la capacidad que tiene una tinta de cubrir por completo un soporte; está estrechamente relacionado con la opacidad y viene determinado por los pigmentos incorporados en la formulación. Los pigmentos minerales son los que tienen una mayor opacidad.

#### 2.2.4.2 Propiedades reológicas

La reología es una rama de la física que estudia la deformación de los cuerpos sometidos a fuerzas externas. La reología pretende encontrar la relación funcional entre



tres variables: la fuerza aplicada, la deformación obtenida y el tiempo (Cote, 1990). Las principales propiedades reológicas son:

- **Tixotropía:** las tintas presentan una viscosidad acentuada cuando se mantienen en reposo durante cierto tiempo. Al agitarlas se vuelven más fluidas y cuando dejamos de agitar regresan a su estado inicial. La tixotropía es la propiedad de un material, el cual sufre transformaciones gel-sol-gel isotérmicas o de temperatura constante al agitarse y luego dejarse reposar

- **Reopéxia:** es el fenómeno contrario a la tixotropía. Son aquellos líquidos que en reposo presentan cierta fluidez y al agitarlo aumenta su viscosidad.

### 2.2.4.3 Viscosidad

Es la resistencia que presenta los líquidos a fluir. Cuanto más viscoso es un líquido más lento es su flujo. Cuando se trabaja como las tintas, es necesario poder medir si una determinada concentración de pigmentos, una composición de resinas o un tipo de vehículos permitirán su utilización en la máquina y sobre un determinado soporte. Puede preverse el comportamiento de una tinta midiendo la respuesta a las fuerzas aplicadas, esta medida de la relación existente entre la fuerza aplicada y la respuesta obtenida se puede considerar una medida de la viscosidad de la tinta.

### 2.2.4.4 Temperatura

La temperatura tiene una gran influencia sobre los comportamientos de los fluidos y modifica muchísimo la relación entre la fuerza aplicada y la respuesta del líquido. Mientras mayor es la temperatura de un líquido mucho menos es su viscosidad.



#### **2.2.4.5 El tiro**

Es la resistencia que una película de tinta opone a toda fuerza que tiende a romperla por tracción en sentidos opuestos. Cuando el tiro de la tinta no se corresponde con la resistencia de la superficie del papel, puede representar un obstáculo y provocar inconvenientes durante la impresión. El tiro puede influir en diversas maneras sobre la tinta:

- En su distribución sobre los rodillos de la máquina.
- En su transferencia al soporte.
- En la calidad de la impresión.
- En la puesta en marcha.
- En la aceptación de una tinta sobre otra.

#### **2.2.4.6 Resistencia al calor**

Por resistencia al calor de una muestra impresa se entiende aquella que ofrece la tinta a la acción de unas pinzas que operen a una presión y a una temperatura determinada durante un cierto tiempo de contacto. Hemos de considerar que se refiere siempre a una muestra impresa en el soporte en el que se vaya a realizar la impresión.

#### **2.2.4.7 Resistencia a los agentes químicos**

Por resistencia específica de una tinta a los agentes químicos se entiende aquella que ofrece una muestra a la acción de oxígeno del aire, humedad, contaminación, entre otros. El examen de la resistencia que ofrece la tinta al agente químico específico deberá efectuarse sobre una muestra impresa en el soporte final.



#### **2.2.4.8 Secado**

El secado se puede definir como un proceso que produce la transformación de una tinta de impresión fluida en una película sólida o de elevada viscosidad (Kirck y Othmer 1998). Existen diferentes tipos de secados que son:

- Por absorción.
- Evaporación de solventes.
- Precipitación.
- Oxidación.
- Fraguado al frío.
- Gelación.
- Polimerización.
- Curado por radiación.

#### **2.2.4.9 Resistencias mecánicas**

Inmediatamente después de realizar la impresión, ésta se ve sometida a una serie de ensayos prácticos que se realizan normalmente en los talleres para comprobar de forma sencilla y rápida la calidad de la impresión. Los más interesantes son:

- Ensayo de resistencia a la cinta adhesiva.
- Ensayo de resistencia a la uña.
- Ensayo de resistencia al plegado.
- Ensayo de resistencia al arrugado.
- Ensayo de resistencia al abarquillamiento.

#### **2.2.4.10 Permanencia a la luz**

Por permanencia de una muestra de imprenta, se entiende a aquella que ofrece la tinta a la luz artificial emitida por un aparato fadeómetro. Se considera que la muestra



impresa es resistente a la luz cuando no ha experimentado una variación apreciable de color en las condiciones de la prueba. Excepto se existen alteraciones debidas al soporte. La muestra se expone a la luz en un período de 6, 12, 24, 48 y 72 horas. Finalizada la prueba se puede comprobar la variación sufrido por ella. La valoración se expresa en horas de resistencia y aproximadamente se puede decir que 6 horas es débil, 12 horas es mediocre, 24 horas es regular, 48 horas es buena, 72 horas es óptima (Cote, 1990).

## **2.2.5 Componentes de las tintas líquidas**

### **2.2.5.1 Pigmentos**

Un pigmento es una partícula coloreada que es insoluble en el medio de aplicación. Aparecen en diferentes formas y tamaños y están basados en estructuras químicas completamente diferentes. El tamaño óptimo de las partículas, con el fin de conseguir ciertas propiedades como brillo, fuerza colorante y resistencia a la intemperie, se encuentra en la región de longitud de onda visible (Edaplan, 2005).

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

La diferencia fundamental entre pigmento y colorante es la solubilidad y como consecuencia, la metodología de aplicación. Los colorantes son compuestos solubles, bien sea en agua, en disolventes hidroxílicos o en disolventes poco polares, mientras que los pigmentos son prácticamente insolubles en cualquier disolvente y deben ser aplicados como dispersiones. De esta manera los pigmentos son utilizados para colorear y opacar mientras que los colorantes solo colorean (Marcano y Cortés, 1998).



Los pigmentos también son responsables de muchas de las propiedades específicas de las tintas, tales como gravedad específica, opacidad o transparencia y permanencia a la luz, resistencia al calor y a los productos químicos; también determinan si una impresión sangrará en agua, aceite, alcohol, grasas, ácido o álcali. De allí que los pigmentos determinan parcialmente si la tinta es adecuada para usos finales específicos (Martínez, 2003).

Los pigmentos se pueden clasificar en grupos o familias dependiendo de ciertos criterios tales como color, propiedades, origen (natural o sintético), aplicación industrial, clasificación tintórea y composición química. Los dos últimos criterios son empleados por el "Colour Index" (C.I.) un catálogo de varios volúmenes editados por la Sociedad de Tintoreros y Coloristas de Inglaterra y la Asociación Americana de Químicos Textiles y Coloristas, el cual es aceptado internacionalmente por fabricantes y usuarios de los pigmentos y colorantes. Dependiendo de la constitución química, los pigmentos se clasifican en dos grandes grupos:

### - **Pigmentos orgánicos**

Son pigmentos cuya naturaleza química es de carácter orgánico (provenientes del carbono y sus derivados), específicamente provenientes de la reacción de compuestos aromáticos (Martínez, 2003). Los pigmentos orgánicos se pueden clasificar en cuatro tipos:

- **Neutros:** pigmentos que no poseen grupos ácidos ( $\text{SO}_3$ ,  $\text{COOH}^-$ ,  $\text{HO}^-$ ) capaces de reaccionar con iones metálicos, como todos los amarillos y los naranjas orgánicos.
- **Toner:** pigmentos obtenidos con la reacción de colorantes aniónicos o catiónicos con iones metálicos (Ca, Ba, Mn). Este grupo de pigmentos incluye: Rojos Laca C, Rojos Litoles, Rojos permanentes y Rojos Rubine.



- **Lacas:** son similares en su tipo a los toners pero precipitados sobre un sustrato inorgánico, tal como la alúmina de pigmento orgánico.

- **Complejos metálicos:** son compuestos organometálicos formado por metales del grupo de transición y compuestos orgánicos.

La industria de los pigmentos orgánicos siempre ha estado relacionada a la de los colorantes ya que los pigmentos fueron en su origen, productos secundarios de la manufactura de los colorantes. Hoy en día el 25% de la producción mundial de colorantes se presenta bajo la forma de pigmentos, de los cuales el 40% esta representado por compuestos azo y el resto por antraquinonas y ftalocianinas. (Marcano y Cortés, 1998).

#### - **Pigmentos inorgánicos**

Son pigmentos cuya composición química es de origen mineral, específicamente a base de plomo, cromo, hierro, zinc y molibdato; son básicamente sales y óxidos inorgánicos y su manufactura se basa en trituración, pulverización, disolución y precipitación, fusión y mezcla para lograr los tonos deseados (Marcano y Cortés, 1998).

Con pocas excepciones los pigmentos inorgánicos poseen ciertos rangos que los distinguen de los pigmentos orgánicos, tales como mayor gravedad específica, buena resistencia a los solventes, relativamente económicos, alta opacidad, tintorealmente más débiles y frecuentemente menos limpios en matiz de color.

En cuanto a la toxicidad, generalmente se asocia a los pigmentos inorgánicos que contienen metales tales como plomo, cadmio y cromo como potencialmente dañinos a la salud. No obstante, esta característica no es exclusiva a los pigmentos inorgánicos, ya que los pigmentos orgánicos a base de bencidinas que contienen sales de bario en su constitución son también potencialmente tóxicos (Martínez, 2003).



### **2.2.5.2 Resinas**

Las resinas son en su mayoría soluciones poliméricas de estructura compleja, producto de reacciones de policondensación y polimerización de radicales libres variadas. Como resultado son productos viscosos, donde a veces el solvente de solución es un material polimerizable o en otros casos se evapora para dar lugar a reacciones de entrecruzamiento, originando compuestos termoplásticos o termoestables, dependiendo de su naturaleza (Amiuny, 2008).

Sus objetivos en las tintas son proporcionar una buena adhesión, resistencia al producto, brillo y una buena dispersión del pigmento. Las partículas de pigmentos en los concentrados de color se encuentran retenidas o encapsuladas dentro de una matriz polimérica. Este material es el vehículo del colorante, es decir, sirve de soporte para el pigmento en la constitución del concentrado (Beaudet y Gilbert, 1990).

Cuando se utilizan concentrados la facilidad con que estos se funden y fluyen dentro del material a colorear es de gran importancia debido a que incide en la distribución del colorante y por tanto en la posible aparición de rayas o betas en el producto final. La viscosidad o fluidez del material depende, entre otros factores, de la naturaleza de la resina usada en el concentrado.

### **2.2.5.3 Solventes**

Los solventes o vehículos volátiles son sustancias líquidas que dan a las tintas el estado de fluidez necesario para su aplicación, evaporándose una vez aplicada la tinta sobre el material (Parker, 1976).

Los solventes también influyen sobre algunas propiedades del producto, tales como: conductividad, estabilidad, fluidez, escurrido y apariencia final de la película. Generalmente se utilizan mezclas de solventes ya que un solo solvente no puede



proporcionar todas las características deseadas. Sus objetivos son: disolver la resina, controlar la viscosidad y controlar el secado (Beaudet y Gilbert, 1990).

Las principales propiedades que determinan la utilidad de los solventes son la solvencia, volatilidad, olor y toxicidad (Hendrik, 2006).

#### - **Poder de Solvencia**

La solvencia es la capacidad del solvente para disolver una resina u otro medio formador de película. Esta propiedad del solvente no es simple ya que está relacionada con una serie de factores como lo son la naturaleza química del solvente, el tipo de resina, la viscosidad y estabilidad de la solución, la tolerancia del solvente hacia los no solventes o diluyentes, entre otros. Un solvente bueno para un sistema de resina puede ser malo para otro sistema.

En general las resinas más polares requieren de los solventes polares, como por ejemplo alcoholes, ésteres y cetonas. Los solventes hidrocarburos alifáticos no polares disuelven esmalte de aceites, barnices oleoresinosos y cadenas largas de resinas alquídicas. Las resinas alquídicas cortas requieren de solventes hidrocarburos aromáticos ligeramente polares. El alcohol disuelve lacas y algunas pocas resinas sintéticas, pero no disuelven barnices de oleoresinas o resinas alquídicas. Los solventes del tipo ésteres y cetonas disuelven nitrocelulosa y una amplia variedad de otras resinas sintéticas.

#### - **Volatilidad**

La volatilidad del solvente junto con el poder de solvencia son las propiedades más importantes a considerar en cualquier aplicación con propósitos industriales. La volatilidad se asocia con la rata de evaporación, la cual se define como la velocidad que requiere un solvente para evaporarse. Indudablemente el mejor indicio sobre la volatilidad de un solvente es su presión de vapor. Aunque el punto de ebullición de un



solvente también se ha usado para predecir la volatilidad, ésta aproximación ha tenido poco éxito.

#### - **Olor**

Esta propiedad es de mucha importancia para una variedad de usos de los solventes, incluyendo tanto olor del solvente como olor residual. En lo que se refiere a los solventes hidrocarbúricos, los parafínicos poseen el olor más suave, los aromáticos el más fuerte y los nafténicos un olor intermedio. Usualmente se puede controlar el olor mediante un cuidadoso proceso de refinación.

No existe una prueba normalizada para medir el olor. En vista del hecho de que el olor es subjetivo, y de que existen amplias variaciones entre los sentidos olfatorios humanos, el ensayo y la comparación de olores debe ser realizado por un panel de personal seleccionado que tenga suficiente sensibilidad y consistencia en la valoración de diferentes olores.

#### - **Toxicidad**

Es la acción nociva que puede dar origen a problemas que afectan la salud de los individuos durante el proceso de fabricación o de aplicación del revestimiento. Por ello se recomienda el uso de mascarillas, para evitar cualquier afección respiratoria, es tan grave su efecto que si no se controlan sus emanaciones éstas pudieran transformarse en contaminantes ambientales.

#### **2.2.5.4 Vehículos basados en solventes**

El vehículo de las tintas es un compuesto hecho de resinas, aditivos y solventes. El elemento primario en el vehículo es la resina y todos los demás materiales complementan a la resina de una u otra manera (Beaudet, 1990). Al escoger un vehículo apropiado, las siguientes propiedades son las más importantes:



Solubilidad en los solventes apropiados.

- Adhesión al material deseado.
- Buena transferencia.
- Buena dispersión.
- Baja viscosidad.
- Flexibilidad.
- Buena liberación del solvente y características del secado apropiadas.
- Alto brillo.
- Resistencia al frote.

#### **2.2.5.5 Dispersantes**

Los dispersantes son sustancias que al adsorberse en la superficie del pigmento mantienen las partículas distanciadas mediante repulsión electrostática y/o impedimento estérico, reduciendo así la tendencia a la aparición de una floculación incontrolada (Patton, 1979).

#### **2.2.6 Dispersión**

La dispersión de un pigmento es un proceso físico en el cual se producen una serie de etapas al mismo tiempo que conducen a la disgregación de los aglomerados presentes, a su humectación por la resina y a la distribución uniforme de las pequeñas partículas en la mezcla. El éxito de la utilización de un pigmento depende en gran parte del nivel de dispersión alcanzado en el medio que se incorpora (Amiuny, 2008)

Un entendimiento esencial de la dispersión de polvos en líquidos es el conocimiento de las formaciones y propiedades de la interfase sólido-líquido. En la primera etapa del proceso de la interfase sólido-aire es reemplazada por una interfase entre sólido y líquido. El polvo consiste en agregados o aglomerados de partículas similares y para dispersar estas partículas dentro de un líquido se requiere un trabajo mecánico, y las fuerzas que existen en la interfase determinan la facilidad con la cual el



proceso puede ser efectuado. El proceso de dispersión comprende tres etapas bien definidas que son (Edaplan, 2005):

- **Humectación:** se refiere al desplazamiento de aire o humedad de la superficie del polvo externas e internas por el vehículo. Es un proceso dinámico que comprende el paso de una interfase sólido-aire y/o sólido-agua una interfase sólido-vehículo. Los sólidos a rellenos difieren grandemente en la rapidez en que pueden ser incorporados en el vehículo, químicamente depende mucho del nivel de energía libre de superficie del sólido y líquido humectante. La cantidad de energía necesaria también depende del tamaño de las partículas del relleno, cuanto mayor es el área de superficie del sólido, mayor será la necesidad de energía.

- **Rompimiento de los agregados a una forma de partícula coloidal:** una vez que las partículas se humectan por alguna energía mecánica, usualmente se hace necesario separar completamente sus componentes. Los agregado pueden requerir una energía considerable para romper completamente hasta indicar, cuando la superficie de cada partícula primaria esta disponible para la humectación del vehiculo.

- **Estabilización:** cuando la superficie ya esta humectada y se han roto los grupos en partículas finas, se lleva a cabo a través del medio la estabilización de la dispersión. El problema es mantener el estado de dispersión, ya que las partículas tienen una tendencia natural a reducir un número conveniente de colisiones por lo que tienden a aglomerarse con mucha intensidad, cuando la base de molienda tiene un contenido elevado de relleno y mínimo en sólidos de vehículo. La extensión de la reaglomeración y la estabilidad de los nuevos agregados va a depender de la naturaleza de los rellenos, de la cantidad de energía impartida a través de la dispersión y la fuerza de atracción entre los rellenos, de allí que se hace necesario estabilizar las partículas dispersadas.



### 2.2.7 Medición del color

Cada persona percibe el color en una forma distinta. El determinar color es una interpretación subjetiva. Además, el cansancio de la vista, la vejez y otros factores fisiológicos pueden influir la manera en que se percibe el color. Aún sin estas consideraciones cada individuo percibe el color visualmente basado en sus referencias personales. En la misma forma distintas personas expresarán el color del objeto en distintas palabras. Por esas razones es difícil comunicar objetivamente un color específico a otra persona sin tener algún tipo de norma como base de referencia. Para obtener esta referencia, es necesario tener la facilidad de comparar un color con otro con precisión. La solución a esta problemática es un instrumento de medición que explícitamente identifique un color. Es decir, un instrumento que distinga un color de todos los demás y le asigne un valor numérico (X-Rite Incorporated, 2002).

Para realizar las lecturas y medir el color de la tinta, se utilizan espectrofotómetros de múltiples ángulos como X-Rite MA 68 II que permite realizar mediciones de colores en los empaques flexibles impresos y se almacena la información en un software, como se observa en las figuras 2.3 y 2.4.



Figura 2.3 El espectrofotómetro X-Rite

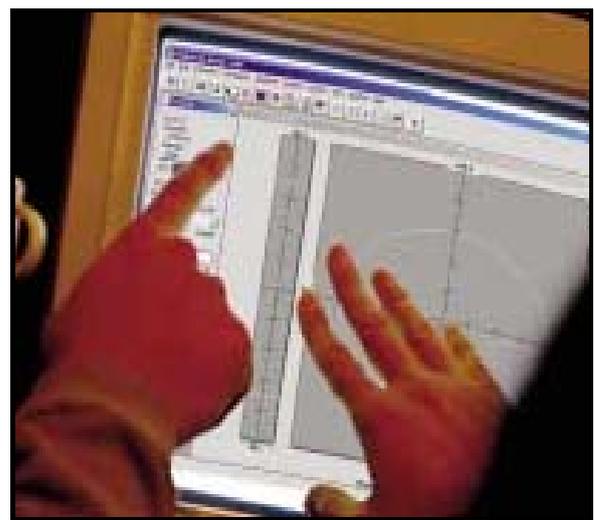


Figura 2.4 Análisis gráfico del X-Rite

Fuente: X-Rite Incorporated, 2002



La tecnología espectral mide la luz reflejada o transmitida en muchos puntos del espectro visible lo que da como resultado una curva. Dado que la curva de cada muestra de color es única, como una firma o huella digital, la curva es una excelente herramienta para identificar, especificar e igualar color. La tecnología de muestreo dinámico rotacional (DRS) utiliza un sistema óptico simple y robusto que provee la medición simultánea de todos los ángulos. El MA 68 II se interfasa con el software X-Rite ColorMaster para aplicaciones de control de calidad de color completas.

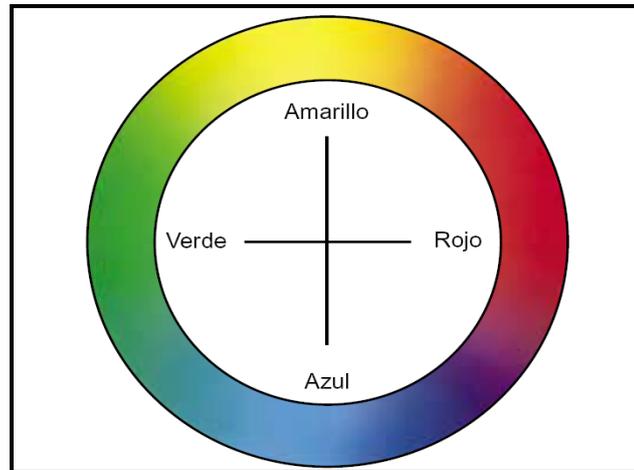
Los instrumentos de medición de color reciben el color de la misma manera que lo reciben nuestros ojos - mediante la captación y filtrando las longitudes de onda de la luz reflejada por un objeto. El instrumento percibe las longitudes de onda de la luz reflejada como valor numérico. Estos valores se registran como puntos dentro del espectro visible y se llaman datos espectrales. Los datos espectrales se representan como una curva espectral. Esta curva es la huella digital del color.

Las mediciones en ángulos, por separado, proveen importante información acerca de las características de apariencia de una tinta, de su difusión y componentes especular. Para la evaluación de esta investigación se utiliza una medición multi-ángulo de inclinación del haz de luz respecto al panel de muestra, y los valores obtenidos indican el color del sistema completo aplicado sobre un panel específico.

### 2.2.8 Atributos del color

Cada color tiene su propia apariencia basada en tres elementos: matiz, intensidad y valor. Al describir un color usando estos tres atributos se identifica con precisión un color específico y se distingue de cualquier otro.

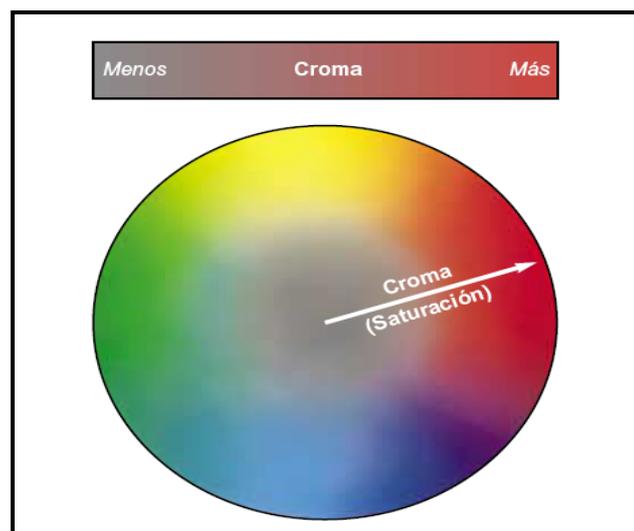
- **Matiz:** sencillamente el matiz es como se percibe el color de un objeto: rojo, anaranjado, verde, azul, entre otros. El anillo de color de la figura 2.5 muestra el continuo de color de un matiz al siguiente. Así como se muestra en el anillo, al mezclar pinturas de azul y verde se obtiene un verde azul. Al mezclar amarillo con verde se obtiene un verde amarillo.



**Figura 2.5. Anillo de matices**

**Fuente: X-Rite Incorporated, 2002**

- **Intensidad:** la intensidad también llamada croma, describe lo llamativo o lo apagado de un color - en otras palabras, qué tan cerca está el color ya sea al gris o al matiz puro. La figura 2.6 muestra cómo cambia el croma conforme nos movemos del centro hacia la periferia. Los colores en el centro son grises (apagados o sucios) y conforme avanzamos hacia la periferia se vuelven más saturados (vivos o limpios). El croma también se conoce como saturación.



**Figura 2.6. Cromaticidad**

**Fuente: X-Rite Incorporated, 2002**



- **Valor:** se llama valor a la intensidad lumínica - es decir, su grado de claridad. Los colores pueden ser clasificados como tenues u oscuros al compararlos sus valores. En la figura 2.7 se representa la claridad o el valor en el eje vertical.

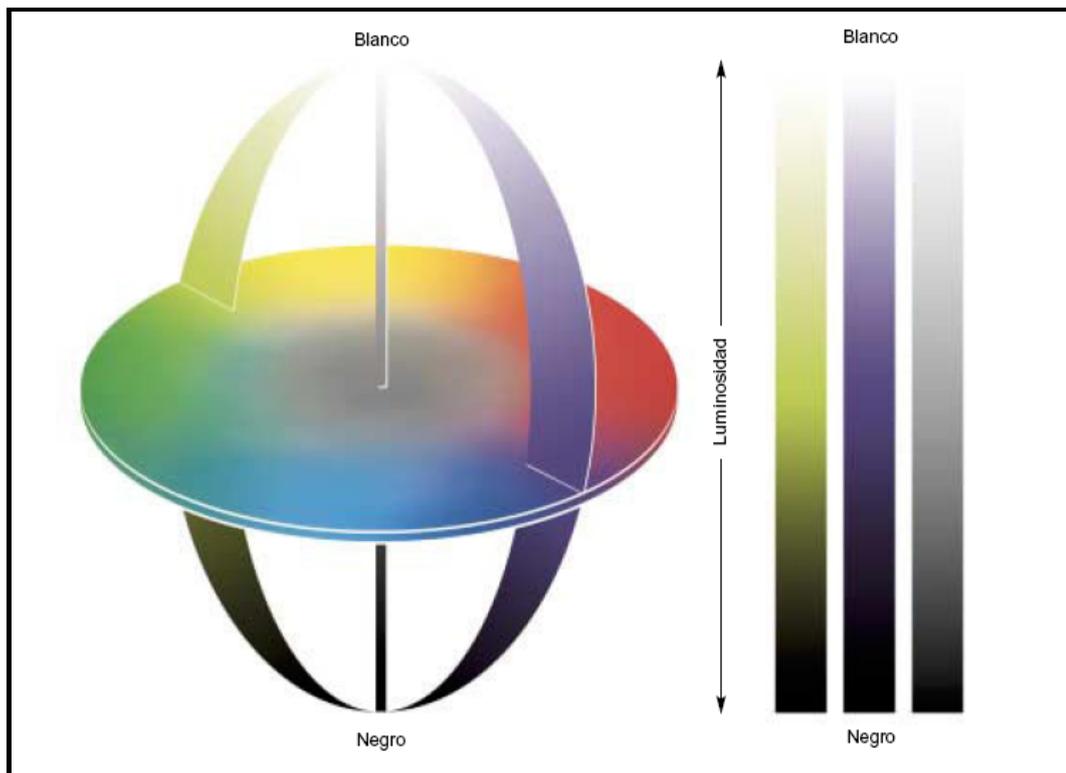


Figura 2.7. Sistema de color tridimensional que muestra la luminosidad.

Fuente: X-Rite Incorporated, 2002

### 2.2.9 Coordenadas CIE $L^*a^*b^*$

Para la colorimetría o medición del color se utiliza el sistema C.I.E. (Comisión Internacional del Color), en este sistema los colores se definen en términos de “valores trístimulos” y se agrupan en un “diagrama cromático”, basado en como un observador percibe el color y las diferencias de color, no necesariamente aceptabilidad. Desarrollado a partir de Hunter Lab y otros sistemas utilizando los conceptos de matiz, valor e intensidad, en donde:

$L^*$ : Luminosidad o valor



$a^*$ : eje rojo-verde,  $+a^*$ : (rojo no verde),  $-a^*$ : (verde no rojo)

$b^*$ : eje amarillo-azul,  $+b^*$ : (amarillo no azul),  $-b^*$ : (azul no amarillo)

(Seminario de control de Color, 1999)

## 2.2.10 Desempeño de las tintas líquidas

El desempeño de una tinta se refiere a las propiedades que debe cumplir la misma para garantizar su calidad, y para ello se realizan pruebas cuando se encuentra en estado líquido y en su acabado final que es una película sólida (Beaudet, 1990). A continuación se describen de manera general las más importantes:

### 2.2.10.1 Pruebas de durabilidad de la tinta

- **Adhesión de la tinta:** si la adhesión al sustrato no es suficiente para soportar las demandas normales, entonces la tinta no tiene ningún valor para la aplicación deseada. Se realizan dos pruebas de adhesión que son:

• **Adhesión a la cinta de celofán:** Una prueba para la adhesión es pegar una cinta sensible a la presión en el material donde se imprime la tinta, y luego se hala lentamente la cinta hasta la mitad de su longitud, seguidamente se hala bruscamente la otra parte. En la cinta no debe quedar ninguna traza de tinta.

• **Adhesión de arrugado:** la prueba de arrugado es usado para determinar la flexibilidad de la tinta impresa y sus características de unión cuando es arrugada. La prueba se realiza tomando firmemente un trozo del sustrato impreso entre el pulgar y el índice de cada mano, luego se rotan más o menos unas 10 veces a una velocidad moderada. Al finalizar la prueba no se deben observar grietas ni espacios en blanco en el material impreso.

- **Prueba de resistencia al rasguño:** la prueba de la uña es utilizada para determinar la resistencia al rasguño de la tinta impresa. La superficie es arañada con la



parte posterior de la uña del dedo índice con movimientos rápidos usando una presión moderada.

- **Prueba de resistencia al frote:** la apariencia del material impreso al momento de la venta o en su uso final y las características de las tintas impresas deben resistir el tratamiento entre el momento que sale de la impresora y el tiempo de uso, es la medida de la calidad de las tintas. La resistencia al frote o abrasión de la tinta impresas es una característica muy importante de las tintas. Una prueba de frote manual de poco tiempo consiste en el uso de un trozo de papel como medio de frote y la aplicación de presión de los dedos para frotar la superficie con un movimiento de atrás hacia delante.

#### 2.2.10.2 Pruebas de la apariencia de las tintas

La apariencia de las tintas impresas es un área de gran importancia, se deben tener en cuenta el matiz (color), la intensidad (croma o fuerza), el valor (luminosidad) y brillo.

- **Prueba de igualación de color:** la determinación de si la tinta impresa tiene una igualación aceptable del color es lo que se busca con esta prueba, la mayoría de los juzgamientos sobre la igualación del matiz, fuerza o valor del color se hacen visualmente. Cuando se puede conseguir una muestra de producción ésta se debe comparar con el estándar de color para cada una de las tres propiedades matiz, intensidad y valor. Con tintas húmedas se puede hacer impresiones del laboratorio con drawdown (es una gota de tinta esparcida sobre un material usando una cuchilla rígida o una espátula de acero).

- **Prueba del color (Intensidad):** una característica importante de las tintas es su fuerza tintórea o de color. La fuerza del color determina que tan delgada debe ser la película de tinta para adquirir una brillantez deseada. Una cantidad deseable de información sobre la fuerza del color de una tinta puede ser determinada por un drawdown del tono de masa de la tinta cuando se compara con una muestra estándar.



- **Prueba de molienda:** las tintas son hechas moliendo juntos pigmentos, resinas, solventes y varios componentes. La fineza o molienda de tamaño de partículas influye sobre la transparencia del color, la fuerza, la limpieza de la impresión, el rayado y el desgaste de la plancha.

### 2.2.11 Diseño de experimentos

Un experimento se lleva a cabo para analizar si una o más variables independientes afectan a una o más variables dependientes y por qué lo hacen. En un auténtico experimento, la variable independiente resulta de interés para el investigador por ser la variable que se hipotetiza, que será una de las causas que producen el efecto supuesto. Para obtener evidencia de esta relación causal supuesta, el investigador manipula (hace variar), la variable independiente y observa si la dependiente varía o no. La variable dependiente no se manipula sino que se mide, para ver el efecto que la manipulación de la variable tiene sobre ella (Montgomery, 1991).

El diseño experimental es utilizado ampliamente para la mejora de rendimiento de los procesos industriales como para el desarrollo de nuevos procesos, ahorrando tiempos y costos de desarrollo. Aporta además el conocimiento profundo de los procesos, generando herramientas eficaces de manejo de los mismos. Esta idea fue concebida y desenvuelta en 1920 por Sr. Ronald Fisher, estadístico y británico.

El objetivo del experimento es entender y predecir como los cambios en las variables de entrada controlada afectan una respuesta o respuestas dadas en una región experimental (Denis, 2007). Existen diversas terminologías que se manejan en la metodología de diseño experimental, alguna de estas son:

- **Respuesta:** es un indicador que mide el objetivo trazado y viene determinado por una combinación predeterminada de factores con unos niveles establecidos.



- **Factor:** es toda variable cuya influencia se considera significativa sobre la respuesta. Se debe analizar cuales son los factores claves que influyen de forma relevante en la respuesta para incorporarlos en los diferentes experimentos.
  
- **Nivel:** son los valores reales donde se colocan los factores para realizar el experimento.
  
- **Tratamientos:** son las combinaciones posibles entre los diferentes niveles de los factores.
  
- **Repeticiones:** es la cantidad de repeticiones realizadas para cada tratamiento del experimento.
  
- **Efecto:** valor numérico que cuantifica la influencia que tiene un determinado factor sobre la respuesta.
  
- **Relación señal/ruido (S/R):** se denomina ruido, según Taguchi, a todas aquellas características que provocan la variación de la respuesta respecto a un valor objetivo.

#### 2.2.11.1 Método Taguchi

El Dr. Taguchi desarrolló nuevos métodos para optimizar el proceso de experimentación en ingeniería, los cuales hoy llevan su nombre. Su mayor contribución no radica en la formulación matemática del diseño de experimentos, sino en la filosofía que lo sustenta. Es decir, elaboró determinados conceptos que dieron lugar a una profunda y poderosa disciplina de mejora en la calidad, la cual difiere sustancialmente de las prácticas tradicionales. Hay un creciente avance de la tecnología que se aplica actualmente en los procesos industriales. Este método para el diseño de experimentos utiliza técnicas que implican bajos costos y que son aplicables a los problemas y requerimientos de la industria moderna. El propósito que se tiene en el diseño del producto es encontrar



aquella combinación de factores que nos proporcione el desempeño más estable y confiable al precio de manufactura más bajo. (Yacuzzi, 2000).

Según Taguchi, todos los diseños de un producto o proceso son vistos como un programa de tres fases (Castellanos, 2006):

- **Diseño de sistema:** requiere de conocimientos técnicos de diversos campos de la ciencia y de la ingeniería, e incluye la selección de materiales, partes, componentes y el sistema de ensamblaje de las piezas seleccionadas. El diseño de sistemas, es la etapa donde surgen los nuevos conceptos, ideas, metas, entre otros; éstos son generados para producir nuevos y mejores productos que satisfagan las necesidades de los clientes.

Una forma de mantenerse competitivo en el mundo de los negocios es ser líder en la utilización de la tecnología. Sin embargo, la ventaja tecnológica desaparece rápidamente porque puede ser copiada, si la competencia puede fabricar la misma idea de una manera más uniforme y sencilla, entonces la ventaja tecnológica no es más que una pérdida en inversión. Por lo tanto, el diseño de experimentos, proporciona una herramienta que permite diseñar sistemas a corto plazo y con mínima inversión, lo que beneficia considerablemente a la empresa.

- **Diseño de parámetro:** Es la determinación del valor de los parámetros de los componentes del producto, que optimizan las características funcionales y tienen una mínima sensibilidad a los factores de ruido. Esta etapa es crucial para el mejoramiento de un producto y puede ser ejecutado sin incurrir en altos niveles de costos o con un ahorro significativo. Esto significa que los parámetros de un producto o proceso son diseñados para tener un desempeño poco sensible a las causas de variación.

- **Diseño de tolerancia:** El diseño de tolerancia significa especificar rangos permisibles para las desviaciones en los valores de los parámetros de los componentes del producto, otro objetivo de este tipo de diseño es minimizar el costo total del producto



mientras se mantiene la variación de la característica funcional dentro de los límites especificados. En este diseño la calidad es mejorada estrechando la tolerancia de los parámetros de los productos o proceso, con la finalidad de reducir la variación. Este paso se realiza después de diseñar los parámetros de mejor desempeño de un producto o proceso.

Para el análisis de los resultados, Taguchi clasifica los distintos problemas de diseño de parámetros dependiendo del objetivo que se quiera obtener con la respuesta (minimizarla, maximizarla u obtener un valor nominal) y dependiendo de la categoría calcula el índice, llamado cociente señal-ruido, S/R, para medir la variabilidad inducida por los factores ruido (Adams, 2004)

Se debe considerar la señal-ruido de mayor valor, debido a que de esta manera se consigue el nivel donde se obtuvo la menor perturbación para los resultados recolectados.

#### **2.2.11.2 Pasos para diseñar, conducir y analizar un experimento**

Para realizar un experimento bajo la filosofía Taguchi se deben cumplir con ciertos pasos que permiten el mejor entendimiento y fluidez de la situación, éstos son:

1. Seleccionar la variable respuesta a medir: se debe seleccionar la variable que sirve de patrón para poder evaluar los resultados, ya que en base esa variable se toman las decisiones y se evalúa el experimento.

2. Seleccionar los factores y/o interacciones a ser evaluados: el objetivo de esta etapa de experimentación es eliminar los factores que no contribuyen a mejorar la calidad del producto o a reducir la variación. La determinación de estos factores depende de las características o repuestas en el interés del desempeño del producto o proceso.



3. Selección del número de niveles por factor: las corridas iniciales de experimentación deben involucrar muchos factores con pocos niveles; dos es el número recomendado para minimizar el tamaño del experimento inicial. El número de grados de libertad para un factor es el número de niveles menos uno; incrementando el número de niveles para cada factor se incrementa su grado de libertad y por consiguiente el grado de libertad total en el experimento, el cual es una función directa del número total de pruebas. Al aumentar el número de pruebas se incrementa el tiempo y por lo tanto el costo.

4. Seleccionar el arreglo ortogonal adecuado. La selección del arreglo ortogonal depende de:

- El número de factores e interacciones de interés.
- El número de niveles para los factores de interés.

Estos dos aspectos permiten determinar el total de grados de libertad requeridos para realizar el experimento. Los grados de libertad para cada factor es igual al número de niveles menos uno y los grados de libertad para una interacción es el producto de los grados de libertad de cada factor de la interacción.

5. Asignar los factores y/o interacciones a columnas: Taguchi propone una herramienta para asignar factores e interacciones a los arreglos como son gráficos lineales. Cada arreglo ortogonal tiene un gráfico lineal asociado, estos indican las columnas a las cuales deben ser asignados los factores y las columnas donde deben ser evaluadas las interacciones.

6. Realizar los experimentos: luego que los factores han sido asignados a las columnas que forman el arreglo ortogonal, se procede a hacer los experimentos con los niveles asignados en el diseño (arreglo ortogonal).



7. Análisis de los resultados: el propósito de la evaluación de un producto o proceso es mejorar las características de desempeño relacionadas con las necesidades y expectativas del cliente. El propósito de una experimentación debe ser reducir y controlar la variación de un producto o proceso; seguidamente se debe tomar la decisión concerniente a cuales son las variables que afectan el desempeño de un producto o proceso. La función pérdida cuantifica la necesidad de identificar cuales son los factores que influyen en el promedio y la variabilidad de una característica del producto o proceso.

8. Confirmar los experimentos: luego de saber a través del análisis, cuales son los niveles de los factores que proporcionan un mejor resultado de la variable respuesta, se debe realizar un experimento en esas condiciones (niveles) que confirme que esos resultados son aceptados y demuestran a través de la variable respuesta y datos estadísticos que existe una mejora.

9. Establecer y fijar las nuevas condiciones: como paso final se deben reportar a las personas interesadas cuales en definitiva son los niveles de los factores que optimizan el proceso o producto, para así cumplir con la filosofía de “Mejora Continua”. (Design of experiments overview handbook ,1994).

### **2.2.11.3 Análisis de Varianza (ANOVA)**

El procedimiento de análisis de varianza, utiliza una sola variable numérica medida en los elementos de la muestra, para probar la hipótesis nula de la igualdad de medias poblaciones. Esta variable puede ser de intervalo o de escala de razón, algunas veces recibe el nombre de variable dependiente, en especial en programas de computadora que ejecutan ANOVA (Anderson, 1999).

La hipótesis nula que se prueba en ANOVA es que la mayoría de las poblaciones que se estudian (al menos tres) tienen el mismo valor de la media para la variable dependiente.



Una de las opciones estadísticas de mayor importancia que ofrece el procedimiento de análisis de varianza es el valor “p”, el cual es comparado con el valor “ $\alpha$ ” o nivel de significancia, que tiene un valor de 0,05 unidades. Si el valor de “p” es menor o igual al valor de “ $\alpha$ ”, se puede asumir que hay diferencia entre los resultados analizados y por ende la variable en estudio genera un efecto sobre la variable respuesta. Si “p” es mayor que “ $\alpha$ ”, los resultados que están siendo analizados no son significativamente diferentes.

### 2.2.12 Costos

El costo es un recurso que se sacrifica o al que se renuncia para alcanzar un objetivo específico. El costo de producción es el valor del conjunto de bienes y esfuerzos en que se ha incurrido o que se va a incurrir, que deben consumir los centros fabriles para obtener un producto terminado, en condiciones de ser entregado al sector comercial (Ivnisky, 2007).

- **Costos directos:** son aquellos que se identifican con la unidad de producto o servicio; materia prima directa y mano de obra directa -la suma que integra el clásico costo primo.

- **Costos variables:** son los que fluctúan en razón directa de los volúmenes de producción y venta, siendo raros aquellos que pueden considerarse ciento por ciento variables. Incluyen la materia prima directa; raras veces la totalidad de la mano de obra directa y en la generalidad de los casos, sólo una parte de esta. Existe un parentesco muy remoto entre los costos directos y los costos variables y, en el fondo, tienen una marcada diferencia, en los primeros prevalece el concepto de identificación y en los segundos el concepto de variabilidad con el volumen.

- **Costos fijos:** incluyen la parte fija de la mano de obra semivariable; los cargos indirectos fijos de manufactura y la porción fija de los semivariables de fabricación.



Comprenden, obviamente, toda la porción fija de los costos semivariantes de operación así como los costos fijos de operación.

- **Costos semivariantes:** son aquellos que permanecen constantes dentro de ciertos límites de modificación en el volumen de operaciones de la empresa, cambiando bruscamente cuando éste rebasa aquellos límites; el cambio operado no guarda una relación definida con la modificación registrada en el volumen.

### 2.2.13 Precio de venta

Es el elemento de la mezcla de marketing que produce ingresos; los otros producen costos. Determinando el costo unitario, es necesario fijar el margen de utilidad que se desea lograr, el cual generalmente se basa en el criterio de la dirección de la empresa, para formar de esta manera el precio de venta. Para establecer el precio de los productos se toman en consideración los siguientes aspectos:

- Precios actuales en el mercado de productos similares
- Precios actuales en el mercado de productos sustitutos
- Obtención de ganancias suficientes para cumplir los compromisos adquisitivos.

La ganancia neta o Gross Profit es el ingreso luego de deducir todos los costos de material o mercancías, fuerza laboral y costos fijos, pero antes de ventas y costos administrativos. (Ivisky, 2007).



# CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO



## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

En esta sección se establecerá el tipo de investigación a realizar, desde el punto de vista adoptado por el investigador y según el nivel de profundidad de la misma. De igual forma se presentará la estrategia para la recolección de datos y un conjunto de pasos ordenados que permitirán obtener, clasificar, comprender y organizar la información para dar soluciones factibles al proyecto. Además incluye la aplicación de técnicas, métodos y procedimientos que juegan un papel importante en el cumplimiento de los objetivos planteados.

De acuerdo a los objetivos planteados la investigación a nivel de profundidad es de tipo evaluativa (Tamayo, 2003), ya que durante el desarrollo de la investigación se miden los efectos por comparación de la tinta líquida actual empleando el pigmento rojo rubine C.I. 57:1 y producida por la empresa QUIMITEC C.A. con la nueva tinta flexográfica seleccionada después de una serie de análisis. Además, permitirá describir y comprender las interacciones existentes entre las materias primas utilizadas en la fabricación de las tintas y las relaciones significativas entre las diferentes variables involucradas.

En cuanto a la estrategia de la investigación, es de tipo experimental, ya que se presenta mediante la manipulación de una variable experimental no comprobada, en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de describir de qué modo o por qué causa se produce una situación o acontecimiento (Tamayo, 2003), para luego obtener una combinación de variables que garantice obtener una mejor formulación de la tinta flexográfica.

### **3.1 IDENTIFICACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS DIFERENTES SOLVENTES, RESINAS Y PIGMENTO ROJO RUBINE**

#### **3.1.1 Visitas a los proveedores de las materias primas**



Se realizaron visitas personales a las diferentes empresas proveedoras de las materias primas, específicamente Productos CENTRAL (solventes) y Cavenpi (pigmento Rojo Rubine), con la finalidad de recopilar información acerca las propiedades fisicoquímicas de sus productos.

### **3.1.2 Revisión de manuales técnicos de las especificaciones de las materias primas**

Durante la etapa de visita a las empresas proveedoras de las materias primas se realizó la revisión de los manuales técnicos existentes en cada una de ellas, referentes a las especificaciones de cada uno de sus productos, conociéndose de esta manera las propiedades fisicoquímicas de los solventes y pigmento rojo rubine, así como también las precauciones en el momento de manejarlos, toxicidad, reactividad, estabilidad a diferentes condiciones, daño al ambiente, entre otras.

### **3.1.3 Aplicación de encuestas al personal de laboratorio**

Se realizaron una serie de preguntas al personal del laboratorio y de planta de la empresa QUIMITEC C.A., pertenecientes a diferentes áreas como investigación, desarrollo, control de calidad, supervisores, operadores, jefes de planta entre otros. La encuesta fue realizada a toda la población, donde se excluyó al personal administrativo ya que estas personas no poseen conocimiento del proceso de producción; de este modo como la población era pequeña no se tomó una muestra de la misma. La encuesta que se encuentra en el apéndice D, consta de cuatro preguntas.

La primera interrogante referida al pigmento rojo rubine tiene como finalidad obtener las propiedades fisicoquímicas por las cuales el mismo es rechazado por el departamento de control de calidad. Para la resina se designó la segunda pregunta, la cual se realizó con el fin de conocer las propiedades que ésta le aporta a la tinta líquida, finalmente la tercera y cuarta interrogante se refieren a la tinta, con las cuales se busca conocer los problemas que presenta la misma en su acabado final.



### **3.1.4 Recopilación de fundamentos teóricos que sustenten los fenómenos físicos y químicos**

Se procedió a realizar una investigación en diferentes fuentes bibliográficas (libros, revistas, folletos, páginas web, entre otros) referente a las características fisicoquímicas de los solventes, resinas y pigmento rojo rubine, además de la posible interacción entre ellos, con el propósito de estudiar la compatibilidad entre los mismos y conocer las distintas combinaciones que se pueden realizar en el momento de establecer las diferentes formulaciones.

## **3.2 DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DE LA TINTA LÍQUIDA ACTUAL EMPLEANDO EL PIGMENTO ROJO RUBINE**

### **3.2.1 Revisión de las normas COVENIN para la realización de las pruebas experimentales a las tintas líquidas**

Se revisaron las normas existentes en la empresa y las existentes fuera de ella referentes a la realización de las pruebas experimentales relacionadas con las tintas líquidas y sus materias primas, como la utilización de la copa Zahn para la medición de la viscosidad, con el fin de conocer los métodos a utilizar en la determinación de las propiedades fisicoquímicas de las tintas líquidas. Además, la manipulación de solventes en la industria para evitar riesgos en contra de la vida de los trabajadores, vecinos y el medio ambiente.

**- COVENIN 2239-1-91: Materiales inflamables y combustibles. Almacenamiento y manipulación. Parte 1: Líquidos.** Esta norma contempla los requisitos de seguridad que deben cumplir los recipientes y tanques externos con capacidades superiores a 227,1 L (60 gal), destinados a almacenar líquidos combustibles e inflamables, exceptuando aquellos que se mantengan en estado sólido a temperaturas iguales o mayores a 37,8 °C (100 °F).



- **COVENIN 2253-97: Concentraciones ambientales permisibles de sustancias químicas en lugares de trabajo e índices biológicos de exposición.** Esta norma venezolana establece las concentraciones ambientales permisibles sustancias químicas en lugares de trabajo, bien sean polvos, gases o vapores que debido a sus propiedades o a las características del proceso, pasan al ambiente de trabajo y representan las condiciones bajo las cuales se acepta que casi todos los trabajadores puedan estar expuestos repetidamente día tras día sin sufrir efectos adversos a su salud. Esta norma establece los índices biológicos de exposición (IBE) que proporcionan una herramienta para evaluar la exposición ocupacional a ciertas sustancias químicas.

- **COVENIN 2250-90: Ventilación en lugares de trabajo.** Establece los requisitos mínimos fundamentales para el diseño, operación, mantenimiento y evaluación de los sistemas de ventilación de los lugares de trabajo, de acuerdo a fines específicos.

- **COVENIN 1580-96: Determinación del grado de dispersión del sistema pigmento vehículo.** Esta norma establece el método de ensayo para determinar el grado de dispersión (molienda) de los pigmentos en sistemas con vehículos tal como pinturas líquidas y sus intermediarios. Se coloca el bloque sobre una superficie horizontal plana y se limpia antes de realizar el ensayo, posteriormente se coloca en la extremidad de mayor profundidad de los rebajos del aparato una cantidad de tinta que exceda la requerida para rellenar dicho rebajo en toda su extensión, se sujeta el aplicador metálico entre los dedos índice y pulgar de ambas manos y se sitúa sobre el bloque de forma que el borde se apoye sobre la superficie del mismo y delante de la muestra a ensayar, el aplicador se ubica en forma perpendicular a la superficie del bloque y el ángulo recto con respecto al largo del rebajo, se desliza seguidamente el aplicador desde la parte más profunda de los rebajos hacia el otro extremo a una velocidad uniforme y moderada manteniéndolo siempre en la misma posición vertical. Se lee rápidamente dentro de los siguientes 10 seg el grado de dispersión en la escala calibrada del bloque en el punto donde aparecen las partículas visibles.



- **ASTM 3794: Determinación de viscosidad en copa.** Esta norma contempla el método de ensayo para la determinación de la viscosidad en tintas, pinturas y productos afines, mediante el uso de la Copa Zahn N° 2. Se mezcla homogéneamente la pintura o tinta a evaluar, la cual debe estar libre de burbujas de aire e impurezas; se determina el tiempo (segundos) de descarga del flujo tapando el orificio con el dedo, llenando la copa hasta la parte superior de la misma sin evidencia de menisco, y pulsando el cronómetro simultáneamente al retirar el dedo de la copa cuando la tinta inicie la descarga, se detiene el cronómetro cuando se interrumpa el flujo del producto por primera vez, obteniendo en segundos la viscosidad de la pintura o tinta.

### 3.2.2 Revisión del manual técnico de la planta

Se revisaron los manuales técnicos existentes en la empresa QUIMITEC C.A. referentes a las normas de seguridad establecidas por la misma, necesarias para asegurar que todo el personal que ingrese en la planta incluyendo pasantes y tesistas logren desarrollar sus actividades laborales con éxito y bajo las políticas establecidas por la empresa. Además se hizo revisión de los procedimientos y técnicas aplicadas en la evaluación de las propiedades de las tintas y de los procesos operativos; con la finalidad de comprender como ocurre el proceso de elaboración de tintas líquidas tanto a nivel de laboratorio como a nivel de planta, así como también el funcionamiento y condiciones de operación de los diferentes equipos involucrados en la fabricación de las tintas líquidas, con el fin de estar al tanto del proceso productivo, características y detalles a tomar en cuenta para el desarrollo de la presente investigación. En el apéndice E se encuentran los procedimientos necesarios para la elaboración de una tinta líquida, los cuales fueron establecidos por la empresa; estos son:

- Análisis para la evaluación de las resinas.
- Análisis para la evaluación de pigmentos.
- Procedimiento para la elaboración de una base.
- Procedimiento para la elaboración de una tinta líquida.



- Procedimiento para la prueba de molienda.
- Procedimiento para la prueba de brillo.
- Procedimiento de análisis para la evaluación de viscosidad con la copa Zahn.
- Procedimiento para realizar una prueba de anilox.
- Procedimiento para determinar la fuerza colorante.

### **3.2.3 Adiestramiento en la realización de los análisis específicos de control de calidad**

Una vez culminada la etapa de revisión del manual técnico de la empresa, se procedió a realizar por medio de observación directa la identificación de los equipos involucrados en la producción de las tintas líquidas y las distintas pruebas experimentales aplicadas. Igualmente, se contó con la asesoría del personal de investigación y desarrollo encargado de ejecutar los estudios a nivel de laboratorio, para la realización de los ensayos preliminares que ayudaron a la familiarización con el equipo; así como también la manera adecuada de operarlo, normas de seguridad y, además del procedimiento sistemático que debe ser llevado a cabo al momento de elaborar una tinta líquida. Todo esto se realizó con el fin de adquirir la destreza necesaria en el uso de los equipos utilizados en el proceso de producción, evaluación y caracterización del producto.

Por medio de observación directa y mediante la asesoría del personal del laboratorio de investigación y calidad se identificaron los equipos empleados y técnicas aplicadas para la determinación de las variables de salida, los cuales se encuentran reflejados en la tabla 3.1, que se muestra a continuación.



**TABLA 3.1**  
**EQUIPOS EMPLEADOS EN LA MEDICIÓN DE LAS VARIABLES DE SALIDA**

<b>Propiedad</b>	<b>Equipo</b>
Finura	Grindómetro
Brillo	Drawdown
Viscosidad	Copa Zahn
Fuerza colorante	Espectrofotómetro

Fuente: Propia.

Se realizaron ensayos preliminares referentes a la utilización de los equipos antes mencionados y siguiendo los procedimientos expuestos en el apéndice E, para adquirir la habilidad necesaria para realizar los análisis correspondientes.

#### **3.2.4 Aplicación de análisis específicos de control de calidad**

Luego de adquirir la destreza necesaria y la técnica adecuada al aplicar las pruebas experimentales, se evaluaron las propiedades finales de la tinta líquida actual, entre ellas se encuentran la finura, el brillo, la viscosidad y por último se determinó la fuerza colorante, con la finalidad de conocer las propiedades fisicoquímicas de la tinta líquida actual de la empresa. Los métodos utilizados para realizar los análisis específicos a las tintas líquidas se muestran en el apéndice E.

Se procedió a elaborar la tinta rojo rubine siguiendo las cantidades expuestas en la formulación de la misma proporcionada por la empresa.

Actualmente la tinta líquida fabricada en la empresa QUIMITEC C.A. con el pigmento rojo rubine esta compuesta por una mezcla de solventes (Alcohol etílico, propanol y propil acetato), resina (Nitrocelulosa) y aditivos.



### **3.2.5 Caracterización de las tintas líquidas**

Una vez aplicadas cada una de las pruebas específicas a la tinta líquida actual, fue necesario caracterizarla. Para ello se midieron las siguientes propiedades de las variables de calidad, entre las cuales se encuentran la finura, el brillo, la viscosidad y por último se determinó la fuerza colorante. Los equipos y procedimientos aplicados para medirlas se encuentran en el apéndice E.

## **3.3 PROPOSICIÓN DE LOS CONJUNTOS SOLVENTE-RESINA PARA EL PIGMENTO UTILIZADO**

### **3.3.1 Selección de los solventes y las resinas existentes en la empresa que sean compatibles con el pigmento utilizado**

Una vez analizadas las propiedades fisicoquímicas de los diferentes solventes y resinas existentes en la empresa QUIMITEC C.A. y de contar con la asesoría del personal correspondiente del área de investigación y desarrollo, se procedió a seleccionar los distintos solventes en base a la compatibilidad con el pigmento rojo rubine, la tasa de evaporación y costo en el mercado; la resina se seleccionó por su poder de solvencia y por pruebas realizadas anteriormente en la empresa.

La compatibilidad entre compuestos químicos, en este caso entre los solventes y el pigmento y con la resina, se refiere a la fuerza de unión de una molécula con otra; la impregnación del disolvente en la resina es controlada tanto por las propiedades de la resina como por las del disolvente que incluyen el tamaño molecular y la similitud química con la resina.



### **3.3.2 Planteamiento de los diferentes pares solvente-resina que posean mayor compatibilidad entre ellos**

Una vez seleccionados los diferentes solventes y resinas que presentan mayor compatibilidad con el pigmento rojo rubine, se plantearon, con la asesoría del personal del área de investigación y desarrollo, las distintas combinaciones entre solventes, resina y pigmento más apropiadas.

## **3.4 EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL PAR SOLVENTE-RESINA EN LA DISPERSIÓN Y EN EL ACABADO FINAL DE LA TINTA LÍQUIDA**

### **3.4.1 Identificación de las variables involucradas en la toma de datos**

Luego de haber realizado varios ensayos a escala de laboratorio de forma preliminar y luego de reuniones con el personal técnico calificado de la empresa QUIMITEC C.A., se establecieron las variables más relevantes que están involucradas en la elaboración de tintas líquidas, de esta manera se definieron las variables que se consideraron para la investigación; esta selección se llevó a cabo tomando como referencia trabajos previos realizados bien sea a escala de laboratorio como a escala industrial. Esto ayudó a descartar variables estudiadas anteriormente y que no llevaron a ninguna conclusión relevante sobre el acabado final de la tinta líquida.

### **3.4.2 Establecimiento de los rangos de trabajo que cumplan con las características de calidad**

De forma tal de obtener un producto con excelentes características de viscosidad y fuerza colorante, y conjuntamente con el personal técnico del laboratorio calificado, se establecieron los rangos de trabajo de las variables de salida más adecuados para lograr dicho objetivo.



### **3.4.3 Determinación de las cantidades de solvente y resina a agregar**

Una vez identificadas las variables involucradas en el proceso de fabricación de tintas líquidas se procedió a determinar conjuntamente con el personal de las áreas de investigación y desarrollo de la empresa las cantidades de pigmento, solventes y resina a agregar dependiendo de las combinaciones más apropiadas entre los mismos establecidas anteriormente.

### **3.4.4 Aplicación del diseño de experimentos**

Posterior a la selección de las variables involucradas en el estudio y a la determinación de las cantidades de solvente y resina a agregar durante la elaboración de las tintas líquidas, se realizó una breve revisión bibliográfica acerca de diseños experimentales. Además se consultó con personas expertas en la materia y de acuerdo al número de variables se consideró a la metodología Taguchi como la más apropiada para este tipo de investigación, ya que con ella se pueden estudiar todas las variables a la vez con la realización de pocos ensayos en comparación con otros tipos de diseños experimentales.

Para la construcción de la matriz que identifica el diseño experimental se tuvo como apoyo el programa de herramientas estadísticas MINITAB (versión 13.20), el cual por medio de una serie de pasos permite obtener la matriz con las interacciones entre los distintos niveles de cada una de las variables de entrada. Para la creación del diseño de experimentos, se siguieron los pasos que se muestran a continuación:

Minitab (versión 13.20) > Stat > DOE (Diseño de Experimentos) > Taguchi > Create Taguchi Design (Crear Diseño Taguchi).

Se muestra la ruta a seguir en la Figura 3.1

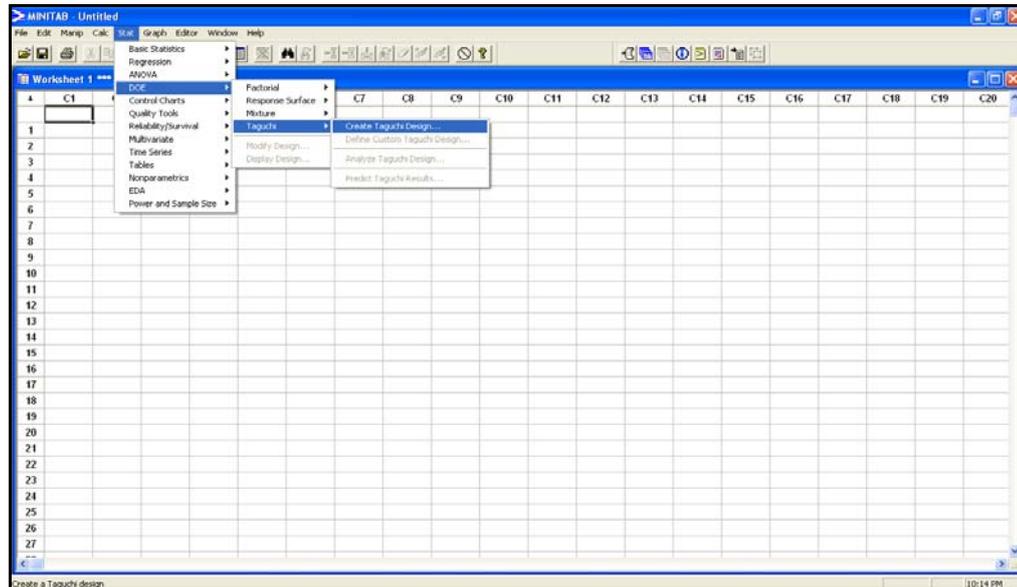


Figura 3.1. Pasos para la creación del diseño de experimento (DOE) en Minitab

Según el número de factores o variables de entrada a ser considerados durante el estudio, se selecciona la opción correspondiente, siendo para la combinación de componentes mostradas un total de 4 factores y cada factor con dos niveles. En la figura 3.2 a continuación se muestra el número de factores y niveles elegidos.

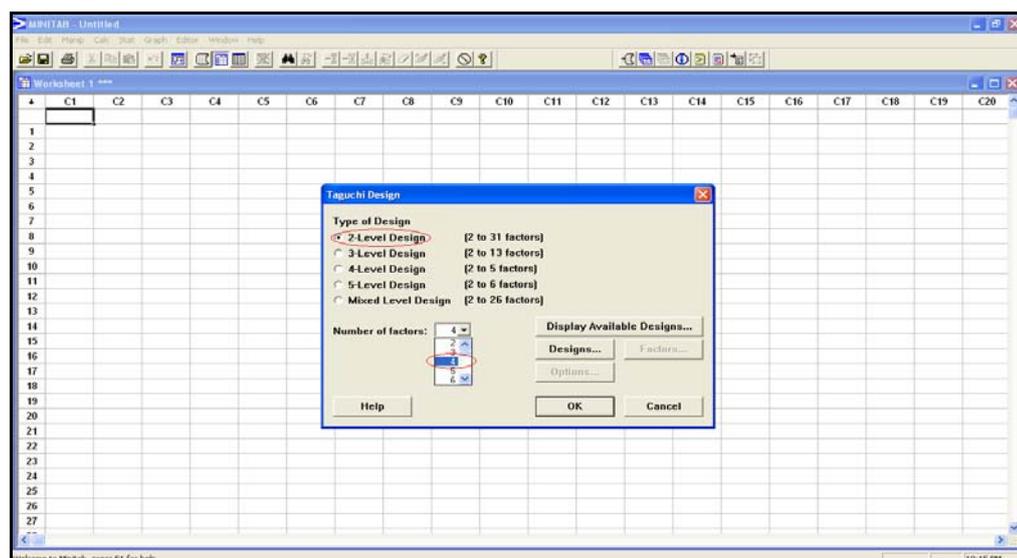


Figura 3.2. Selección del número de niveles y del número de factores



Por medio del ítem Designs (Diseño), se especificó el tipo de diseño a utilizar, donde se selecciona el número de experimentos a efectuar, en este caso se escoge un  $L_8$ , el cual implica la realización de 8 corridas experimentales, cada una de ellas independientes entre sí. En la figura 3.3 se muestra el establecimiento de los parámetros necesarios para la ejecución del diseño de experimentos.

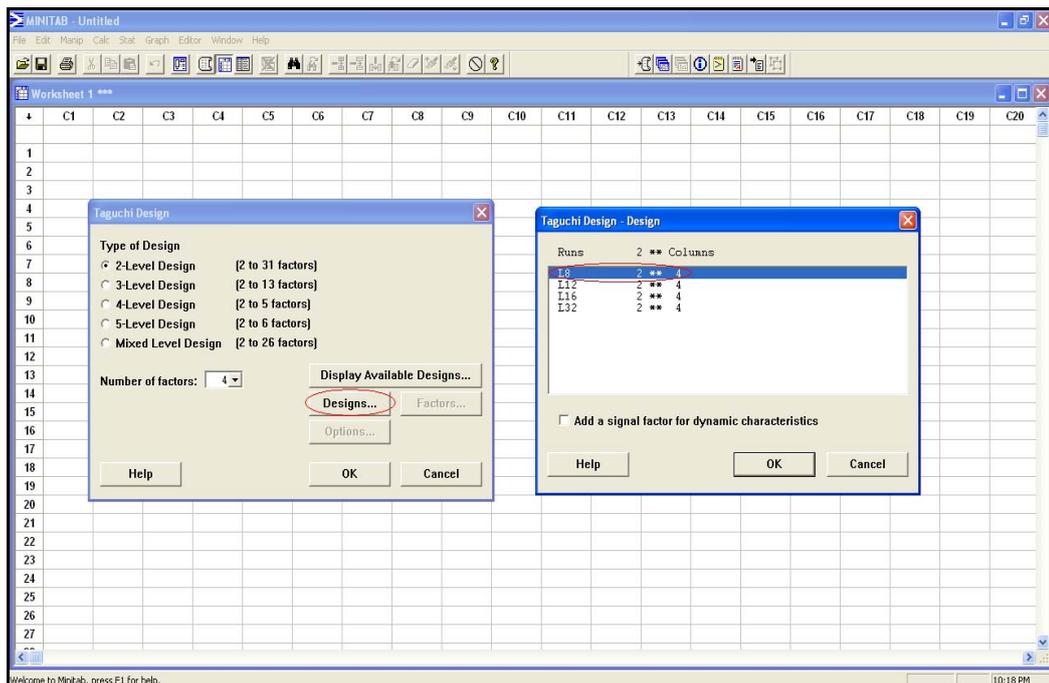


Figura 3.3. Selección del tipo de diseño

Luego de seleccionar el diseño de experimentos, el número de niveles, el número de factores y el tipo de diseño, se suministró el nombre de cada una de las variables de controladas o variables de entrada, así como los respectivos niveles de estudio. A continuación en la figura 3.4 se muestra la pantalla que presentará el programa estadístico Minitab.

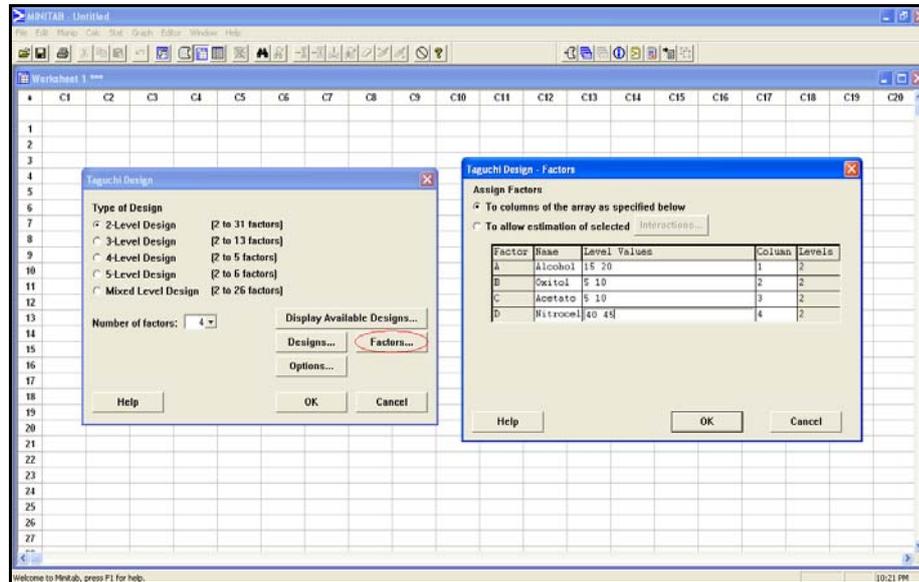


Figura 3.4. Definición de los factores de diseño y sus niveles

Una vez especificados los factores y sus niveles, se construyó la hoja de trabajo que se genera automáticamente debido a la programación interna del software (Taguchi) y que representa las distintas combinaciones de niveles establecidas por el programa estadístico. En la figura 3.5, se pueden observar cada una de las réplicas a realizar durante la etapa experimental.

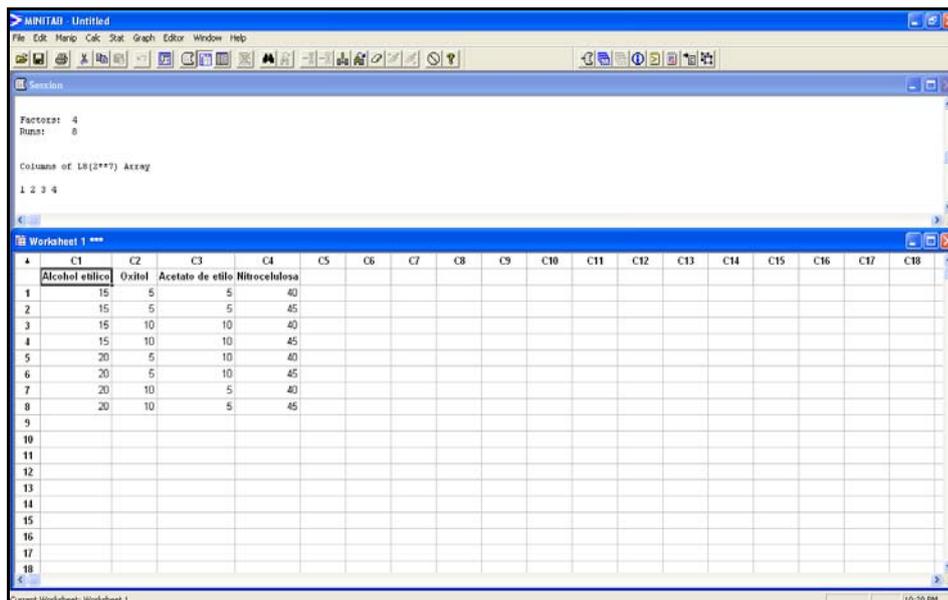


Figura 3.5. Generación del diseño de experimentos Taguchi



### **3.4.5 Aplicación de las diferentes pruebas específicas**

Luego de formular las distintas combinaciones entre las materias primas de las tintas líquidas, se determinaron las propiedades finales de la tinta líquida actual, entre ellas se encuentran la finura, el brillo, la viscosidad y la fuerza colorante, siguiendo los pasos establecidos en el apéndice E.

### **3.4.6 Análisis del Diseño de experimentos (DOE)**

#### **3.4.6.1 Análisis gráfico de las variables de salida (viscosidad y fuerza colorante) en función de la proporción de los distintos solventes y resina utilizados**

Luego de medir las propiedades finales de las tintas líquidas necesarias para la evaluación de los parámetros de calidad, fueron introducidos dichos valores en la hoja de trabajo del programa estadístico Minitab, para realizar el análisis gráfico de los efectos principales para la viscosidad, con la finalidad de conocer el nivel adecuado de cada variable manipulada durante la experimentación de manera tal de producir una tinta líquida que posea baja viscosidad y que además se encuentre dentro de las especificaciones establecidas previamente.

El camino a seguir para especificar los factores a analizar en el gráfico de los efectos principales de las variables de salida en función de las variables manipuladas fue el siguiente:

Stat > DOE > Taguchi > Define Custom Taguchi Design.

Los pasos seguidos para la elaboración del gráfico de los efectos principales se muestra a continuación en la figura 3.6.

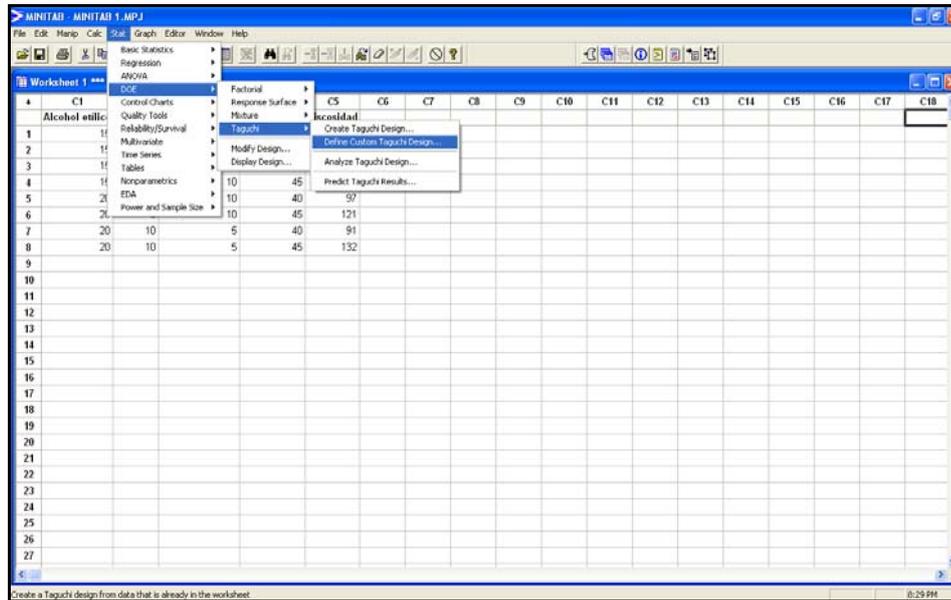


Figura 3.6. Pasos para seleccionar las variables manipuladas a ser analizadas

Luego se especifican en la ventana que se encuentra en la figura 3.7 los factores a analizar haciendo doble click sobre cada uno de ellos.

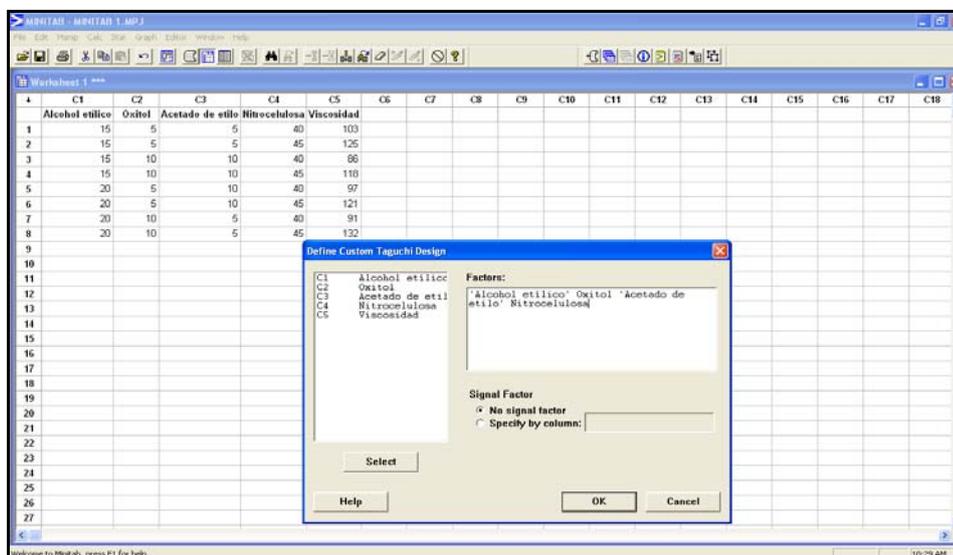


Figura 3.7. Selección de los factores a ser analizados

El camino a seguir para la realización del gráfico de los efectos principales fue el siguiente:



Stat > DOE > Taguchi > Analyze Taguchi Design.

Los pasos seguidos para la elaboración del gráfico de los efectos principales se muestra a continuación en la figura 3.8.

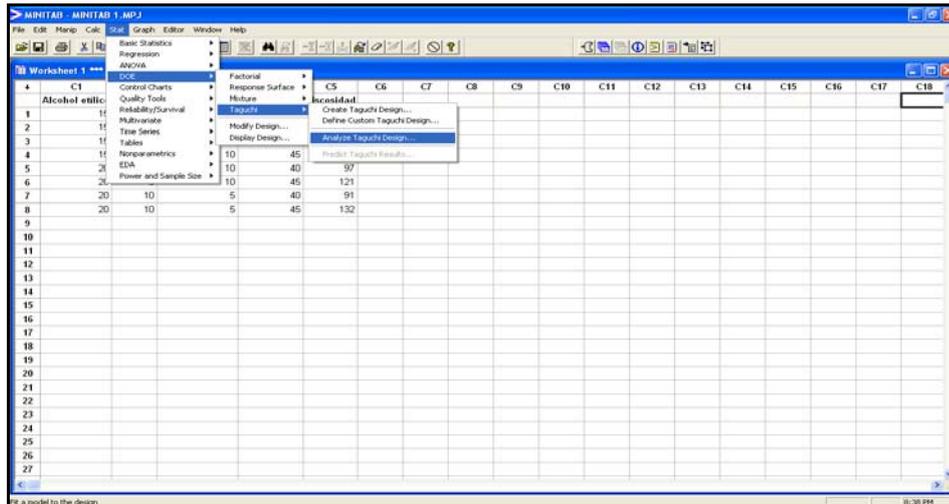


Figura 3.8. Pasos a seguir para seleccionar la variable de salida

Luego se especificó en la ventana que se encuentra en la figura 3.9 la variable de salida a estudiar haciendo doble click sobre la misma.

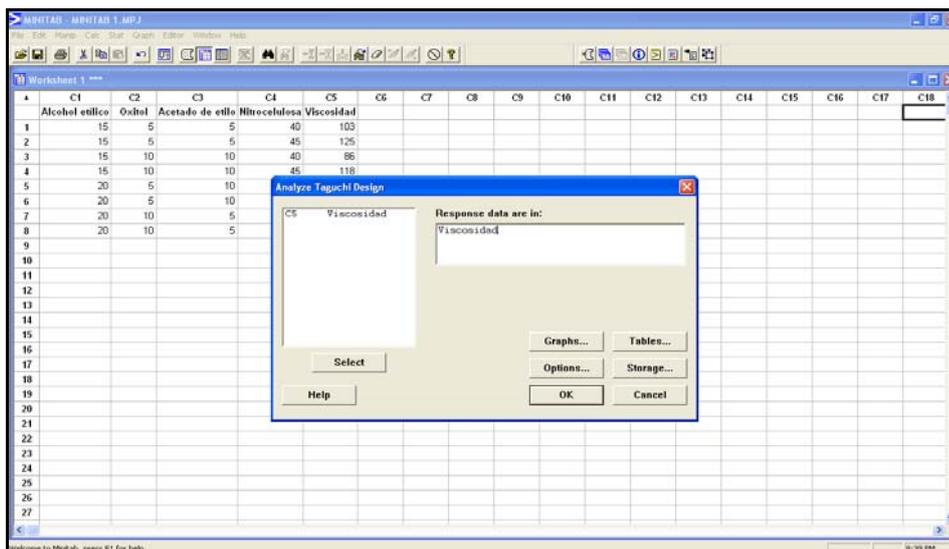
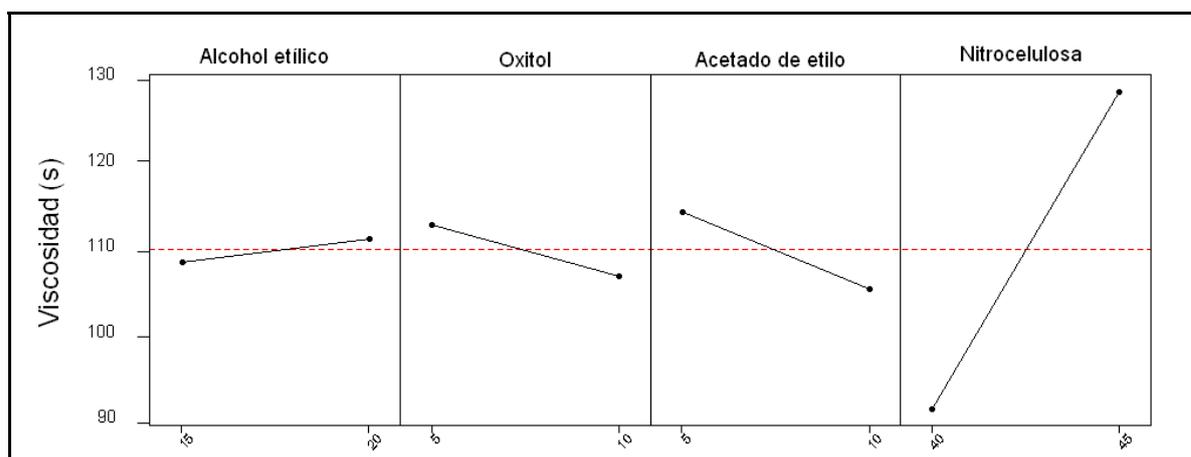


Figura 3.9. Selección de la variable de salida



Se analizó el gráfico de efectos principales construido para la viscosidad en función de las variables de entrada de manera de establecer el nivel más adecuado de cada una de las variables de entrada como se muestra en la gráfica 3.1.



**Gráfica 3.1. Representación gráfica del efecto ocasionado por las variables de entrada sobre la variable de salida (viscosidad)**

### 3.4.6.2 Análisis de Varianza (ANOVA)

Una vez realizado el gráfico de efectos principales construido para la viscosidad en función de las variables de entrada, se procedió a realizar el análisis de varianza (ANOVA), con el cual se conoce analíticamente la incidencia de cada una de las variables de entrada sobre las variables de salida, en este caso viscosidad debido a que es una de las variables de salida de mayor importancia en el desarrollo de esta investigación. El camino para realizar el análisis de varianza fue el siguiente:

Stat > ANOVA > One way.

Se seleccionó la variable de salida a estudiar para cada variable de entrada, la cual se presenta en la figura 3.10.

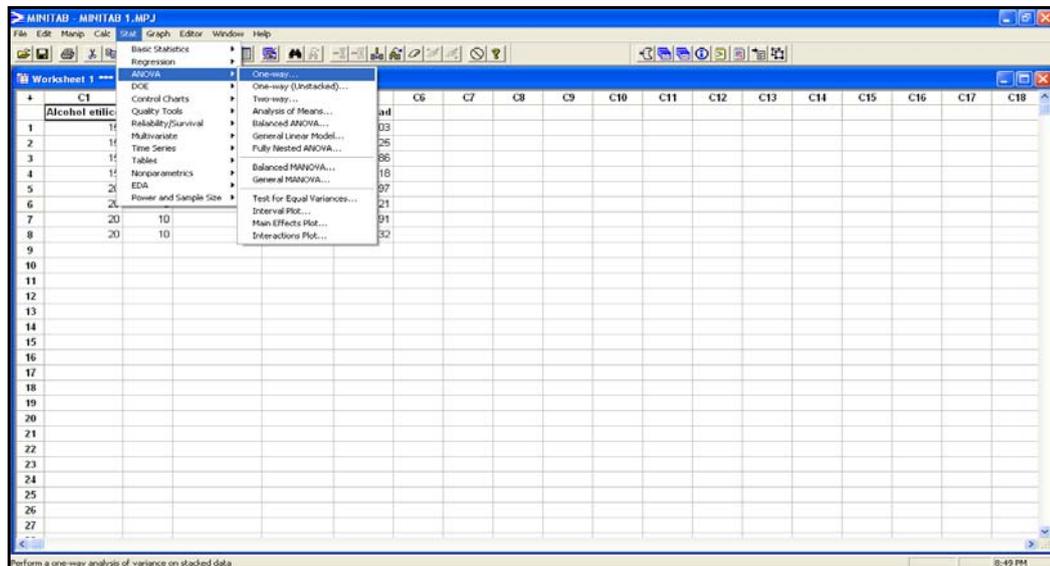


Figura 3.10. Secuencia para la construcción del análisis de varianza (ANOVA)

Luego se debe seleccionar la variable “Response” (Respuesta) y el factor a analizar. La figura 3.11 muestra a la variable viscosidad como respuesta y a la proporción de solvente (alcohol etílico) como factor.

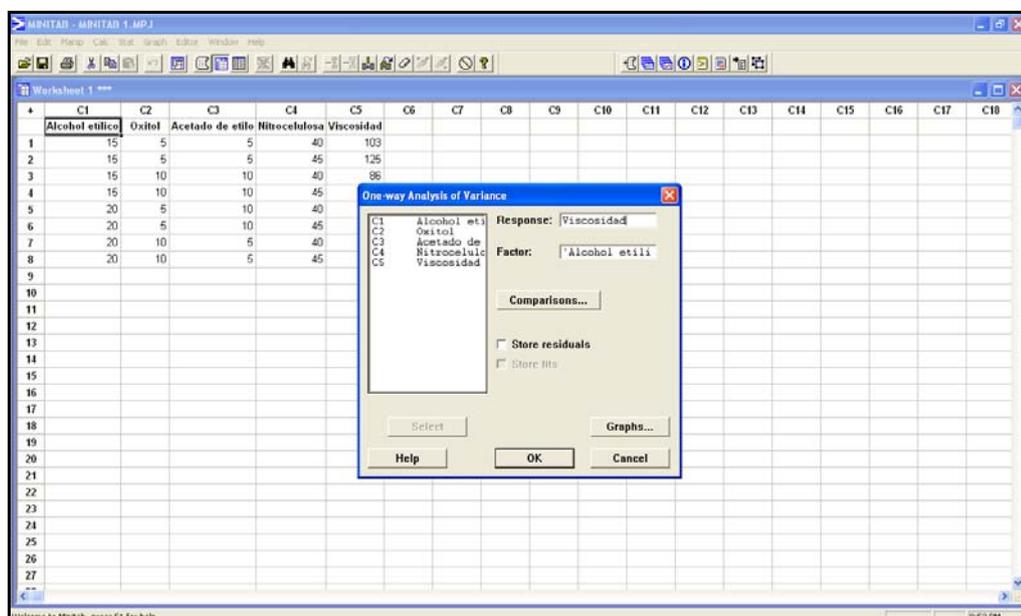


Figura 3.11. Selección de variables a realizarle el análisis de varianza (ANOVA)



En la figura 3.12 se muestran los resultados obtenidos durante el análisis de varianza para la respuesta y factor anteriormente señalados. El parámetro a estudiar durante el análisis es el valor estadístico “P”, que refleja la incidencia de una variable de entrada sobre una de salida.

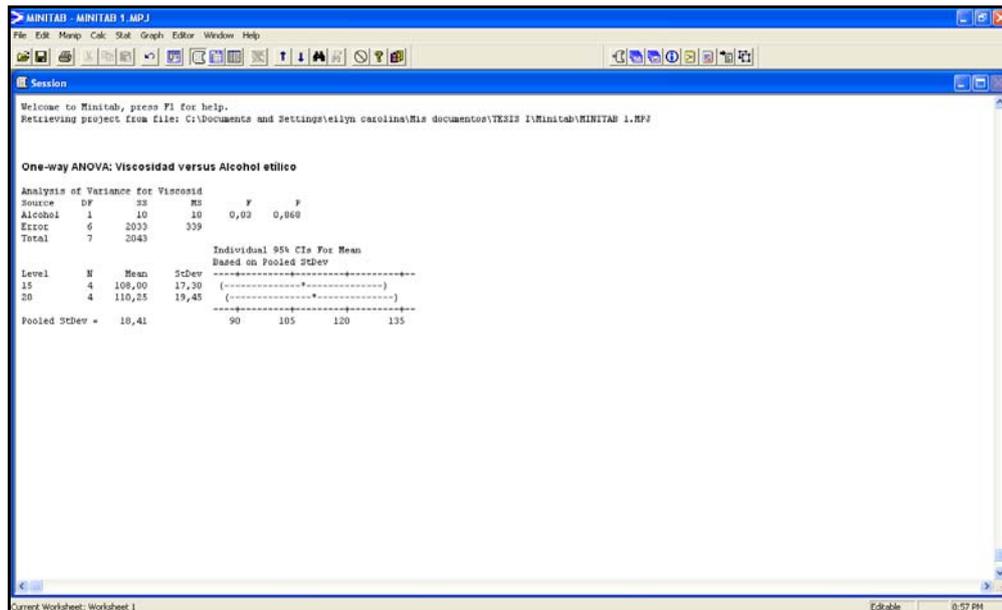


Figura 3.12. Resultados obtenidos por el análisis de varianza (ANOVA)

### 3.4.6.3 Análisis de la relación señal-ruido (S/N)

Una vez realizado el análisis de varianza (ANOVA), se procedió a estudiar la relación señal-ruido (S/N), con la cual se conoce analíticamente la incidencia de la señal ruido sobre cada una de las variables de entrada. El camino a seguir para estimar la señal ruido fue el siguiente:

Stat > DOE > Taguchi > Analyze Taguchi Design.

Los pasos seguidos para la elaboración del gráfico de los efectos principales se muestra a continuación en la figura 3.13.

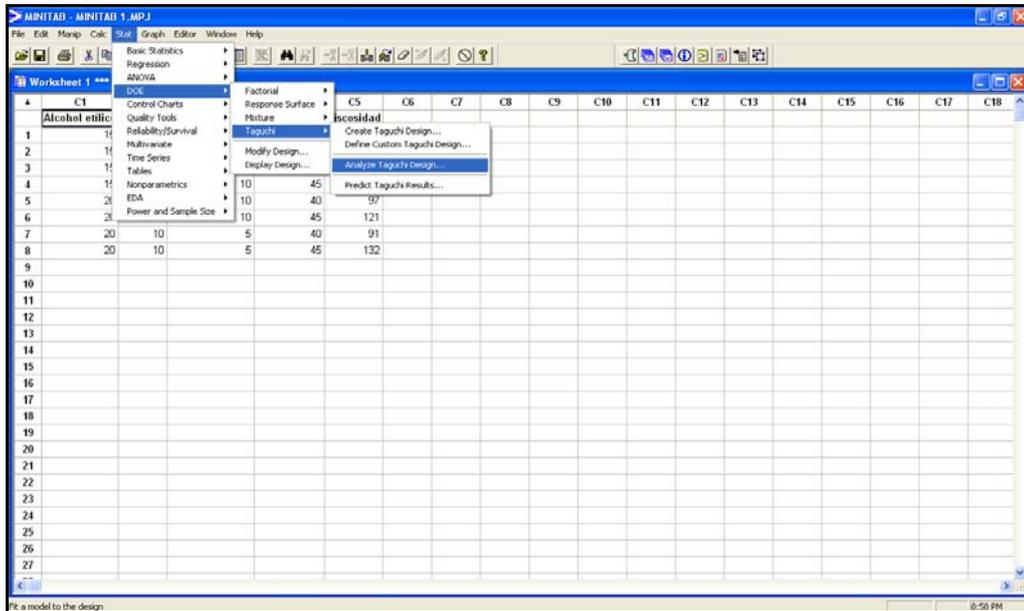


Figura 3.13. Secuencia para estimar la señal-ruído

Por medio del ítem “Graphs”, se especificó el tipo de efecto a evaluar donde se seleccionó la opción “Signal to Noise ratio”. En la figura 3.14, se pueden observar cada una de las réplicas a realizar durante la etapa experimental.

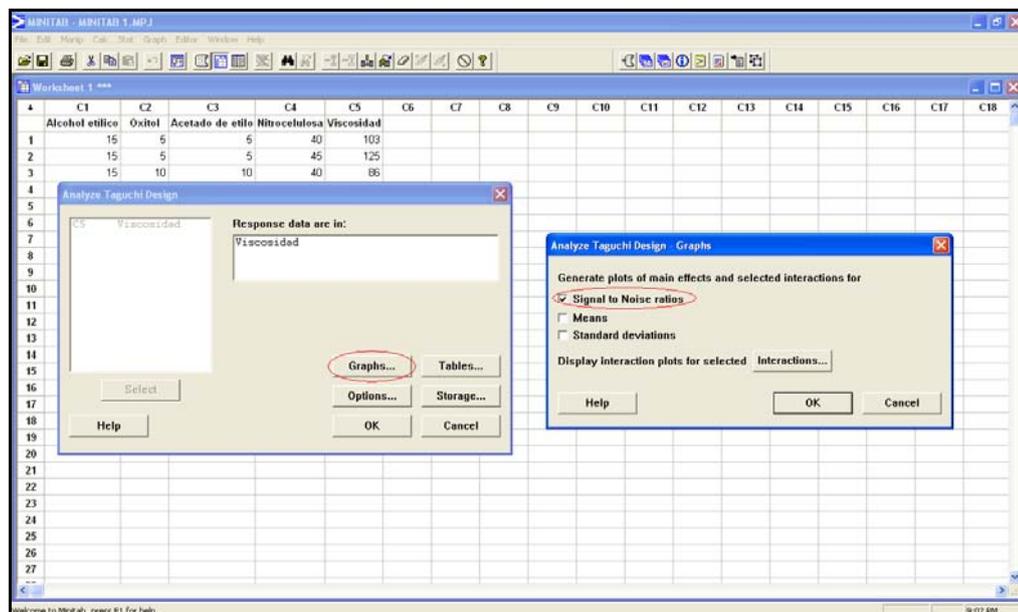


Figura 3.14. Definición de la opción señal-ruído a evaluar



En la figura 3.15 mostrada a continuación se refleja al seleccionar el ítem “Options” el criterio a utilizar durante el análisis de la señal de ruido, eligiendo la opción “Smaller is better” (menor es mejor).

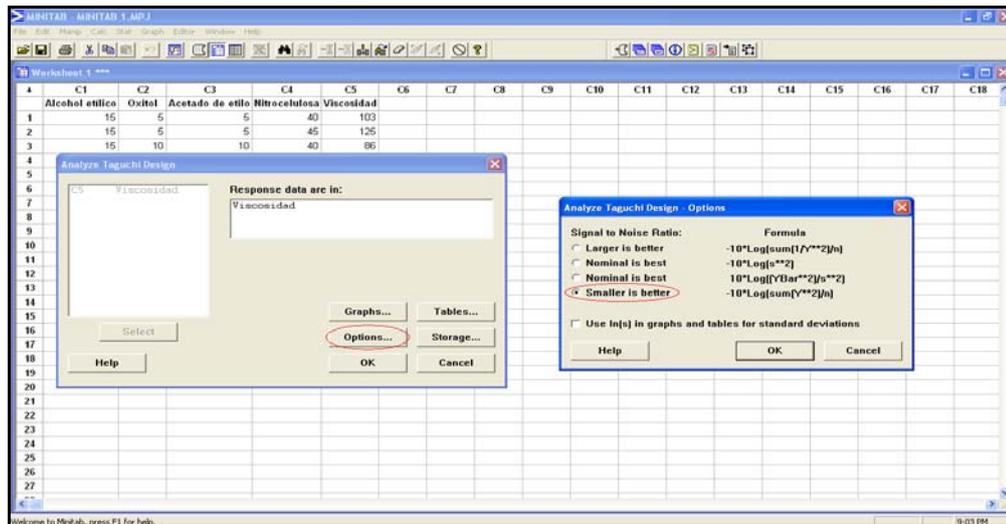


Figura 3.15. Definición del criterio utilizado para el análisis del S/N a evaluar

En la figura 3.16 se muestran los resultados obtenidos por el programa estadístico Taguchi durante el análisis de la señal ruido de las variables de entrada.

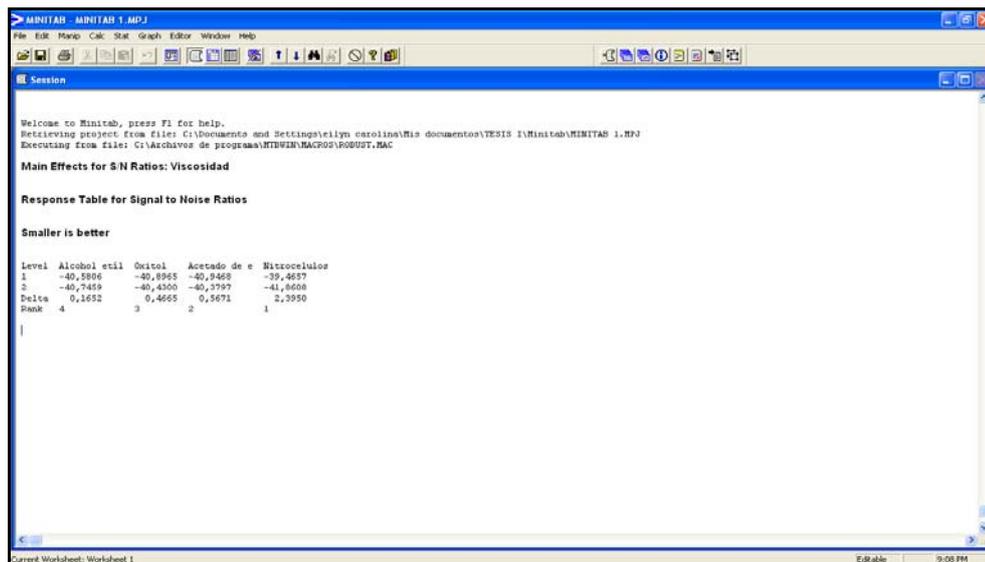


Figura 3.16. Resultados obtenidos por el análisis de la señal-ruido



### **3.4.7 Selección de las mejores alternativas de formulación de las tintas líquidas obtenidas que se encuentren dentro de las especificaciones**

Una vez finalizada la etapa experimental y de obtener los valores de las propiedades finales de las tintas líquidas (finura, brillo, viscosidad y fuerza colorante), se estudiaron cada uno de los resultados obtenidos descartando los que se encontraban fuera de rango con respecto a los parámetros de calidad. Igualmente se analizó gráficamente los efectos principales producidos por las variables de salida en función de las variables de entrada. Además se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para cada una de las variables en estudio y se estimó la señal-ruído durante la etapa experimental, de allí fueron seleccionadas las alternativas de formulaciones que arrojaron los mejores resultados.

## **3.5 COMPROBACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA TINTA FLEXOGRÁFICA SELECCIONADA EN EL PROCESO DE MEZCLADO A NIVEL DE PLANTA**

### **3.5.1 Medición de la temperatura en diferentes etapas durante el proceso de mezclado**

Para la producción a nivel de planta de la tinta seleccionada, inicialmente se realizó una visita a la planta con el propósito de conocer los equipos utilizados, el área de la materia prima y el proceso de fabricación. Se estudió el comportamiento de la tinta líquida seleccionada a nivel de planta durante el proceso de mezclado de la misma, midiendo la temperatura en diferentes etapas de dicho proceso.

### **3.5.2 Aplicación de análisis específicos a la tinta final para comprobar su comportamiento durante el proceso de mezclado**

Al finalizar el proceso de mezclado de la tinta, se aplicaron las pruebas específicas (finura, brillo, viscosidad y fuerza colorante), con el fin de comprobar su comportamiento



y estudiar las características presentes en la misma como consecuencia de cambios en la temperatura.

### **3.5.3 Establecimiento de un rango de temperatura adecuado para asegurar que las propiedades fisicoquímicas de la tinta no varíen por efecto de la temperatura**

Conjuntamente con el personal técnico del laboratorio de investigación y desarrollo de la empresa QUIMITEC C.A., de acuerdo a políticas de la empresa y tomando en cuenta las normas COVENIN, se estableció un rango de temperatura adecuado para asegurar que las características finales de la tinta líquida seleccionada no varíen durante el proceso de mezclado por efectos de la temperatura.

## **3.6 EVALUACIÓN DE LA ESTABILIDAD DE LA TINTA FLEXOGRÁFICA SELECCIONADA EN EL TIEMPO**

### **3.6.1 Establecimiento de un período de tiempo apropiado para realizar el estudio de la estabilidad tinta flexográfica final obtenida durante la investigación**

Conjuntamente con el personal técnico perteneciente a las áreas de investigación y desarrollo de la empresa QUIMITEC C.A., se estableció un período de tiempo adecuado para estudiar la estabilidad de la tinta líquida seleccionada, el cual representa un intervalo de tiempo representativo de acuerdo al objetivo propuesto.

### **3.6.2 Aplicación gradual de análisis específicos de control de calidad durante el período de tiempo establecido**

Una vez más fueron determinadas las propiedades fisicoquímicas en estudio de la tinta líquida actual (finura, brillo, viscosidad y fuerza colorante) durante lapsos de tiempo a fin de comprobar la estabilidad de dichas propiedades en el tiempo establecido.



### **3.6.3 Comparación entre las propiedades fisicoquímicas de la tinta líquida final obtenida y la estudiada durante el período de tiempo establecido para comprobar si la misma mantiene dichas propiedades fisicoquímicas**

Se estudiaron las características de la tinta líquida seleccionada a lo largo de un periodo de tiempo, con la finalidad de comparar dichas características con las propiedades previamente obtenidas al finalizar el experimento y demostrar si se mantienen las mismas durante el lapso de tiempo establecido.

## **3.7 REALIZACIÓN DE UN ESTUDIO COSTO-BENEFICIO DE LA TINTA FLEXOGRÁFICA SELECCIONADA**

### **3.7.1 Estimación de flujos monetarios actual para el proceso de fabricación de la tinta**

Se estiman los flujos monetarios asociados a la tinta líquida actual como costos fijos, costos operativos y precio de venta.

### **3.7.2 Estimación de flujos monetarios para el proceso de fabricación de la tinta propuesta**

Se estiman los flujos monetarios asociados a la tinta líquida seleccionada como costos fijos, costos operativos, precio de venta y beneficio de la misma.

### **3.7.3 Establecimiento de la relación costo-beneficio de la producción de la tinta actual y la propuesta**

A través de modelos de cálculo financieros como lo es Gross Profit se estima la relación costo-beneficio de la incorporación de la tinta flexográfica seleccionada en el mercado.



# CAPÍTULO IV ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS



## **CAPÍTULO IV**

### **ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

A continuación se presentan los análisis y discusiones correspondientes a las diferentes actividades que se realizaron para el cumplimiento de los objetivos específicos y objetivo general planteado.

#### **4.1 IDENTIFICACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS DIFERENTES SOLVENTES, RESINAS Y PIGMENTO ROJO RUBINE**

Para iniciar la investigación se deben conocer las materias primas con las cuales se van a trabajar durante el desarrollo de la misma; en este sentido, se realizaron visitas a las empresas productoras o proveedoras de las materias primas, se contactaron a ingenieros de plantas que permitieron el acceso a las distintas áreas de la empresa.

Inicialmente se visitó a Productos Central C.A., una empresa pionera en distribución y mercadeo de solventes y lubricantes a granel, donde la misma suministró material de apoyo como hojas de caracterización fisicoquímicas de los distintos solventes, así como también hojas de seguridad, propiedades peligrosas y las precauciones de manejo, almacenamiento y uso de dichos solventes. Posteriormente se realizó la visita a la planta donde se observaron los tanques de almacenamiento y las líneas de abastecimiento para el transporte. Cabe destacar que no se pudo observar el proceso de producción de los solventes ya que estos son elaborados en las plantas petroleras del país, y Productos Central C.A. solo es una empresa distribuidora de los mismos, sin embargo, la visita cubrió el objetivo planteado, obteniendo la información necesaria para la investigación.

C.A. Venezolana de pigmentos (Cavenpi) fue la segunda empresa visitada, la cual es productora de pigmentos orgánicos, entre los cuales se encuentra el pigmento rojo rubine 57:1, en esta oportunidad se pudo observar todo el proceso de síntesis del mismo, el cual consiste en obtener inicialmente un compuesto diazo (el cual se forma



de la reacción entre una amina y el ácido nitroso, para luego agregar nitrito de sodio) y un acoplador (compuesto aromático activado) los cuales serán las soluciones iniciales que van a introducirse al reactor para obtener la solución colorante; luego de un tiempo de reacción se obtiene un sólido húmedo que es llevado a los filtros de placa donde es lavado y filtrado para eliminar parte del agua contenida, ya que el material de interés es el sólido; seguidamente el pigmento es introducido a secadores de bandeja para reducir la humedad, luego el material seco es llevado a la molienda para cumplir con la gravimetría deseada y finalmente es ensacado.

Esta visita tuvo como finalidad el entendimiento de la síntesis del pigmento y la recopilación de información acerca las propiedades fisicoquímicas del producto. En el apéndice A se muestran las fotografías que demuestran las visitas a las empresas mencionadas anteriormente.

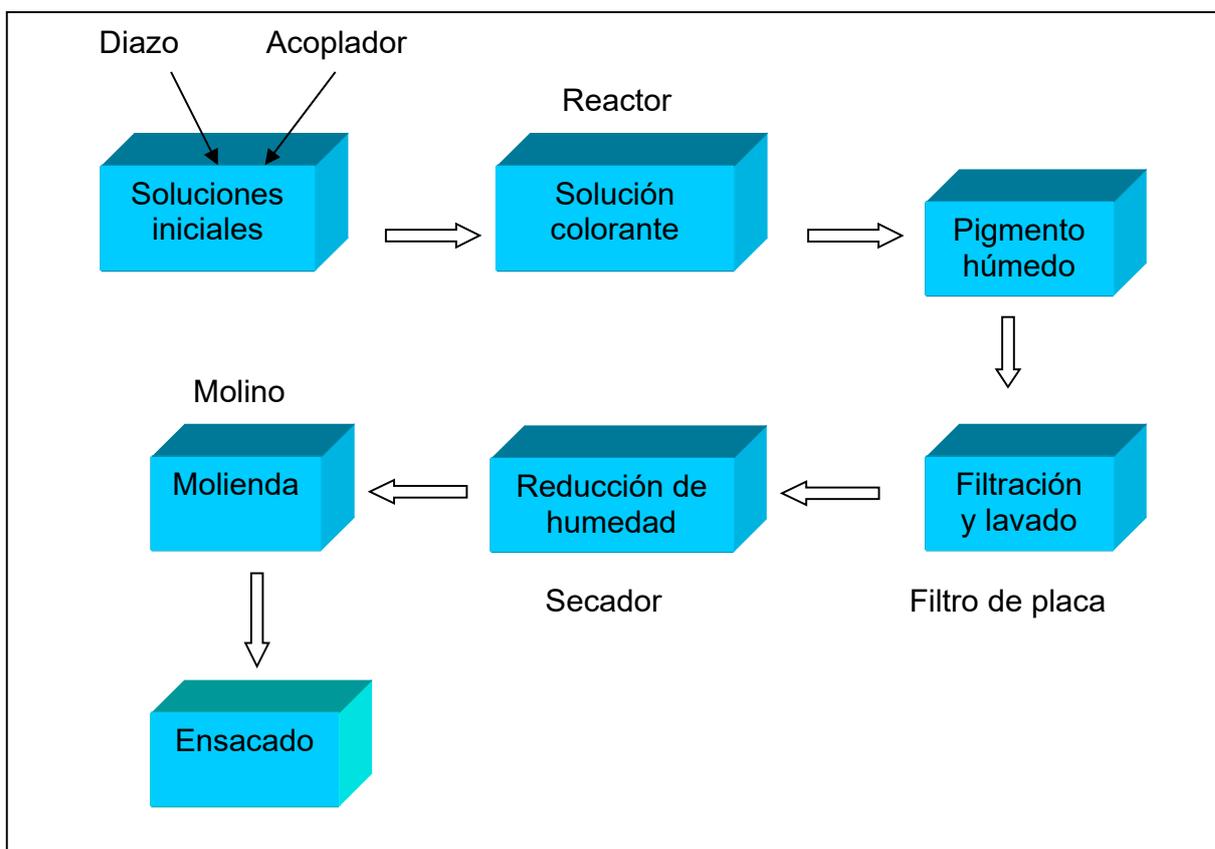


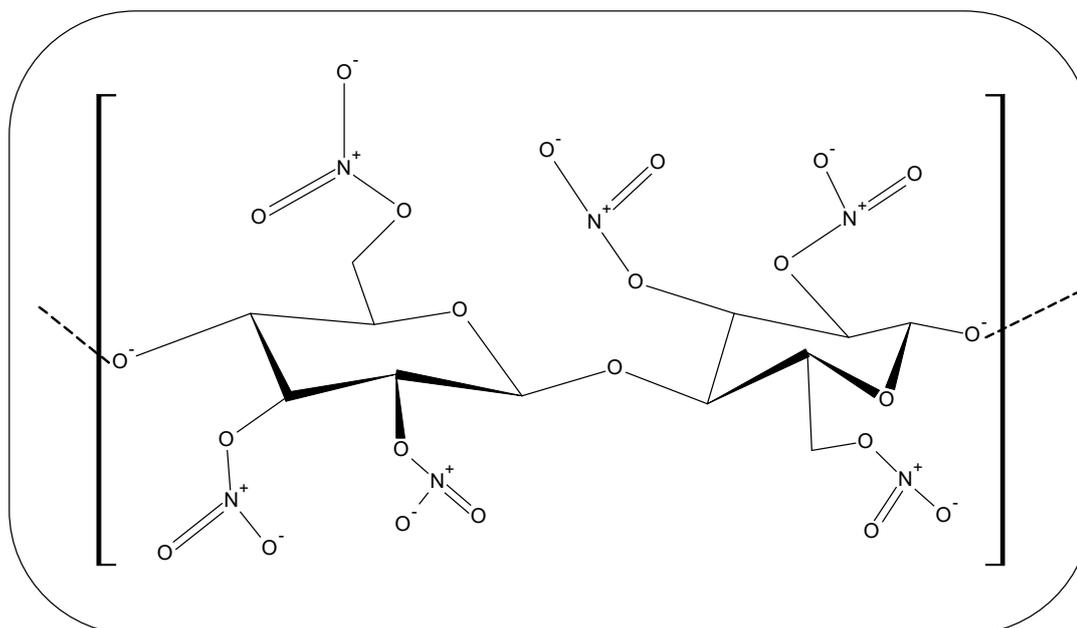
Figura 4.1 Diagrama de bloques del proceso de síntesis del pigmento.



Una vez en planta se procedió a la revisión de manuales técnicos con lo que se logró adquirir una noción básica de las especificaciones de cada una de las materias primas, mostrándose en el apéndice B las fichas técnicas correspondiente a cada uno de los componentes principales de las tintas líquidas. Esto permitió que el personal encargado de la presente investigación se capacitara sobre las propiedades fisicoquímicas de los solventes y pigmento rojo rubine, así como también las precauciones en el momento de manejarlos, toxicidad, reactividad, estabilidad a diferentes condiciones, daño al ambiente, entre otras. En el apéndice C se muestra la toxicología, fuerzas intermoleculares y usos más frecuentes de los solventes. Seguidamente se realizó un recorrido por ambas plantas logrando la verificación física de la información documentada, así como también condiciones de operación, cumplimiento de los procedimientos y normas establecidas por las empresas.

Además de los solventes, la resina y el pigmento juegan un papel importante en la composición de las tintas líquidas. En este sentido, mediante la recopilación de fundamentos teóricos de las materias primas se obtuvo mayor conocimiento acerca de la nitrocelulosa y el pigmento rojo rubine.

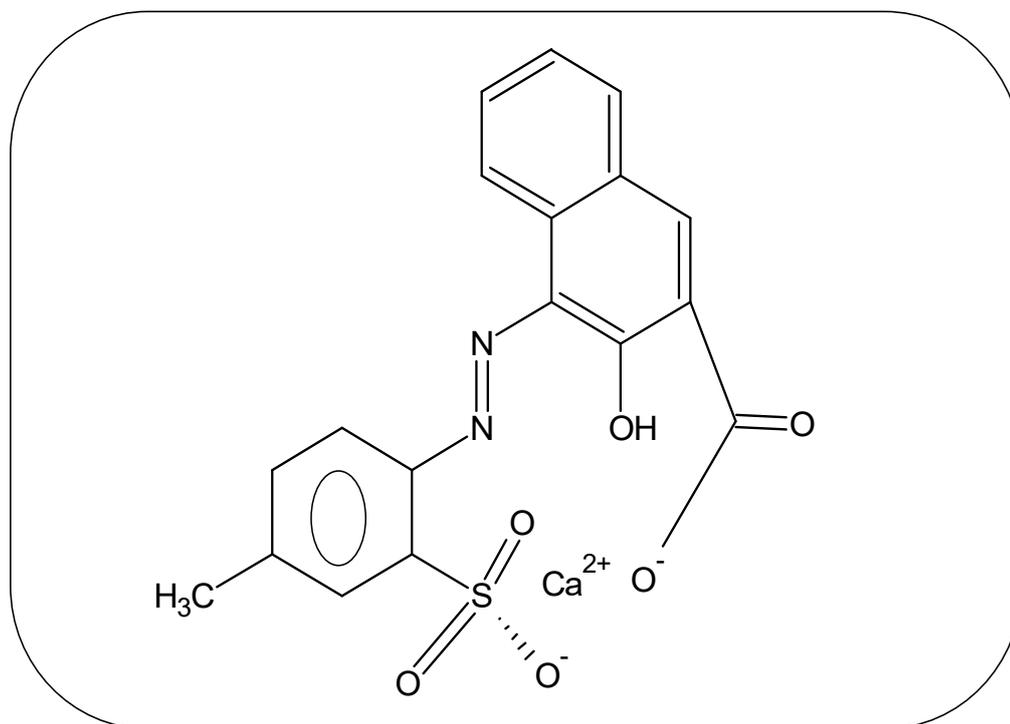
La nitrocelulosa, también llamada nitrato de celulosa, nitrocelulosa, fulmicotón o algodón pólvora. Éste es un sólido parecido al algodón, o un líquido gelatinoso ligeramente amarillo o incoloro con olor a éter, su estructura química se muestra en la figura 4.2. Se emplea en la elaboración de explosivos, propulsores para cohetes, celuloide (base transparente para las emulsiones de las películas fotográficas) y como materia prima en la elaboración de pinturas, lacas, barnices, tintas, selladores y otros productos similares. Es famoso su uso tradicional, como laca nitrocelulósica aplicada como acabado sobre la madera en guitarras eléctricas de calidad. La nitro presenta fuerzas intermoleculares del tipo puente de hidrógeno y fuerzas de Van der Waals.



**Figura 4.2. Molécula de la nitrocelulosa**

El pigmento rojo rubine es un pigmento orgánico, brillante, puro y rico en color, entra en la clasificación de pigmentos azo por contener un enlace -N=N-, el cual es el responsable del color en la molécula. El pigmento se puede obtener por métodos de diazotación directo o indirecto. Para el método directo se hace reaccionar una amina con ácido clorhídrico formando una sal que es soluble en agua (se conoce como amina hidrociorada), luego se hace reaccionar con nitrito de sodio formando así el diazo. Para el método indirecto se utilizan aminas que poseen ciertos sustituyentes en el núcleo aromático que no les permite formar rápidamente una sal; por esta razón inicialmente se hace reaccionar la amina con una base o hidróxido (sodio, potasio o amonio) para formar la sal, posteriormente se enfría la solución para adicionar el nitrito de sodio y luego el ácido clorhídrico para formar el diazo.

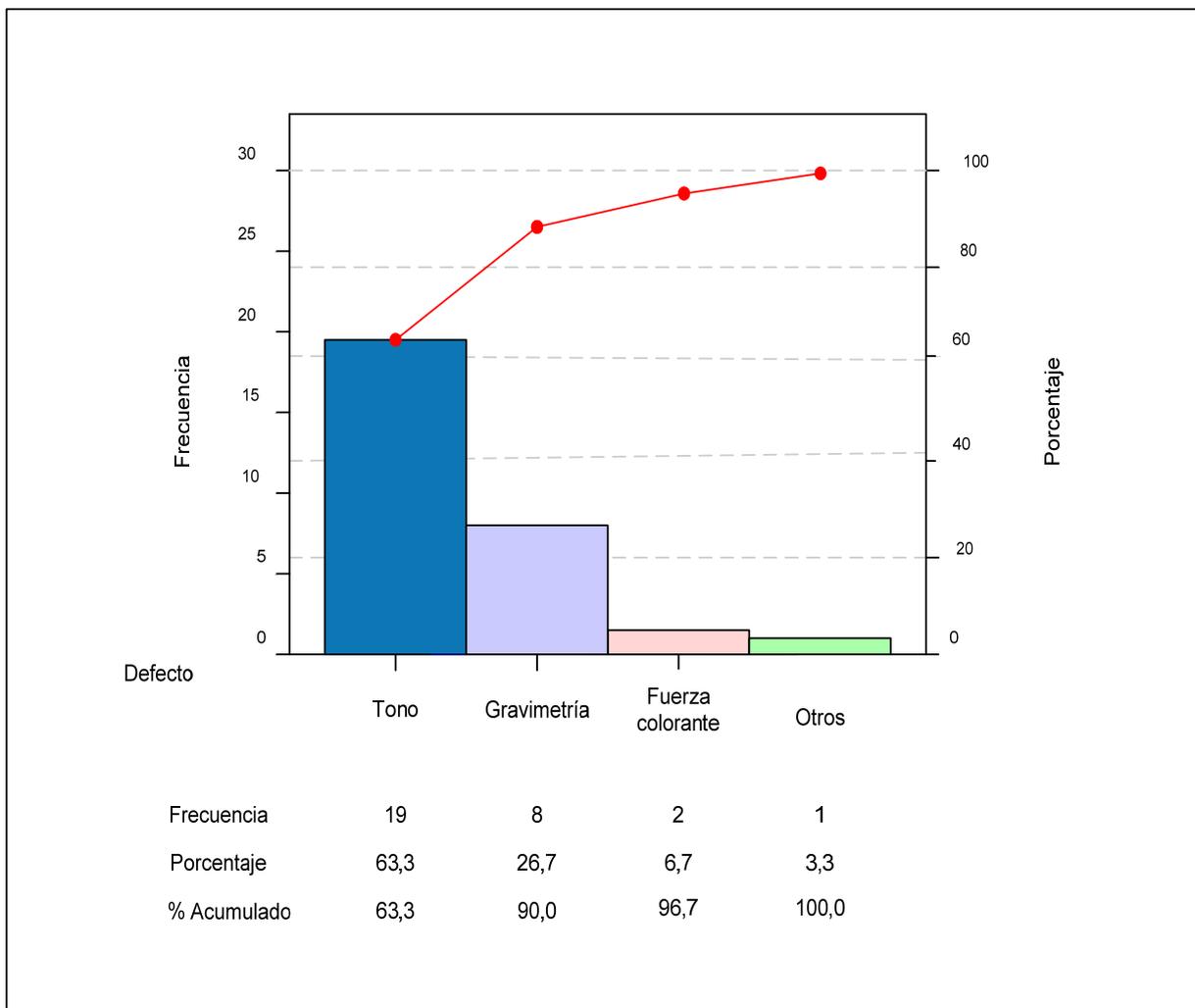
Luego se le agrega un acoplador para transformar el colorante en pigmento, finalmente se realiza un lacado para hacer precipitar un sólido el cual es el producto deseado. El pigmento rojo rubine posee fuerzas de interacción de tipo dipolo-dipolo, además de poseer puentes de hidrógeno y fuerzas de Van der Waals. En la figura 4.3 se observa la estructura química del pigmento.



**Figura 4.3. Molécula del pigmento rojo rubine**

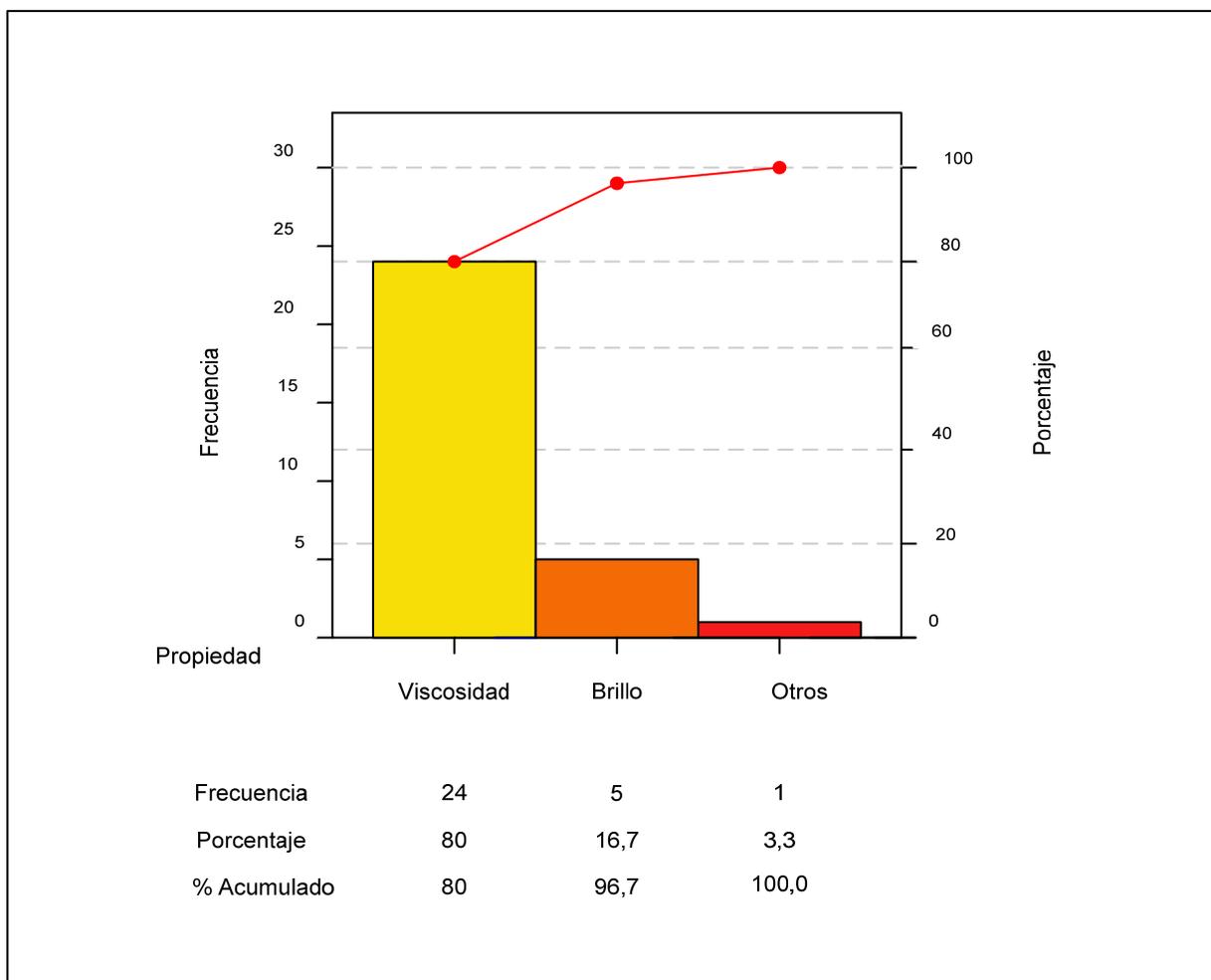
#### 4.1.1 Aplicación de encuestas al personal de laboratorio

En las entrevistas realizadas al azar al personal técnico especializado de la empresa QUIMITEC C.A., pertenecientes a diferentes áreas, se determinaron los problemas más frecuentes que presentan las materias primas utilizadas en la fabricación de las tintas líquidas. El formato de encuesta aplicada se encuentra en el apéndice D, con lo cual se logró conocer que el tono y la gravimetría en el pigmento rojo rubine son los inconvenientes por lo cual el mismo es rechazado habitualmente por el departamento de calidad de materias primas, donde se obtuvo que el 63,3 % de los problemas que presenta frecuentemente el pigmento rojo rubine se debe al tono, un 26,7 % se debe a la gravimetría que posee el mismo, y un 6,7 % le corresponde a la fuerza colorante que tiene el pigmento y el 3.3% restante se refiere a la absorción de aceite y a la tixotropía. Los resultados están representados en el diagrama de pareto mostrado en la gráfica 4.1.



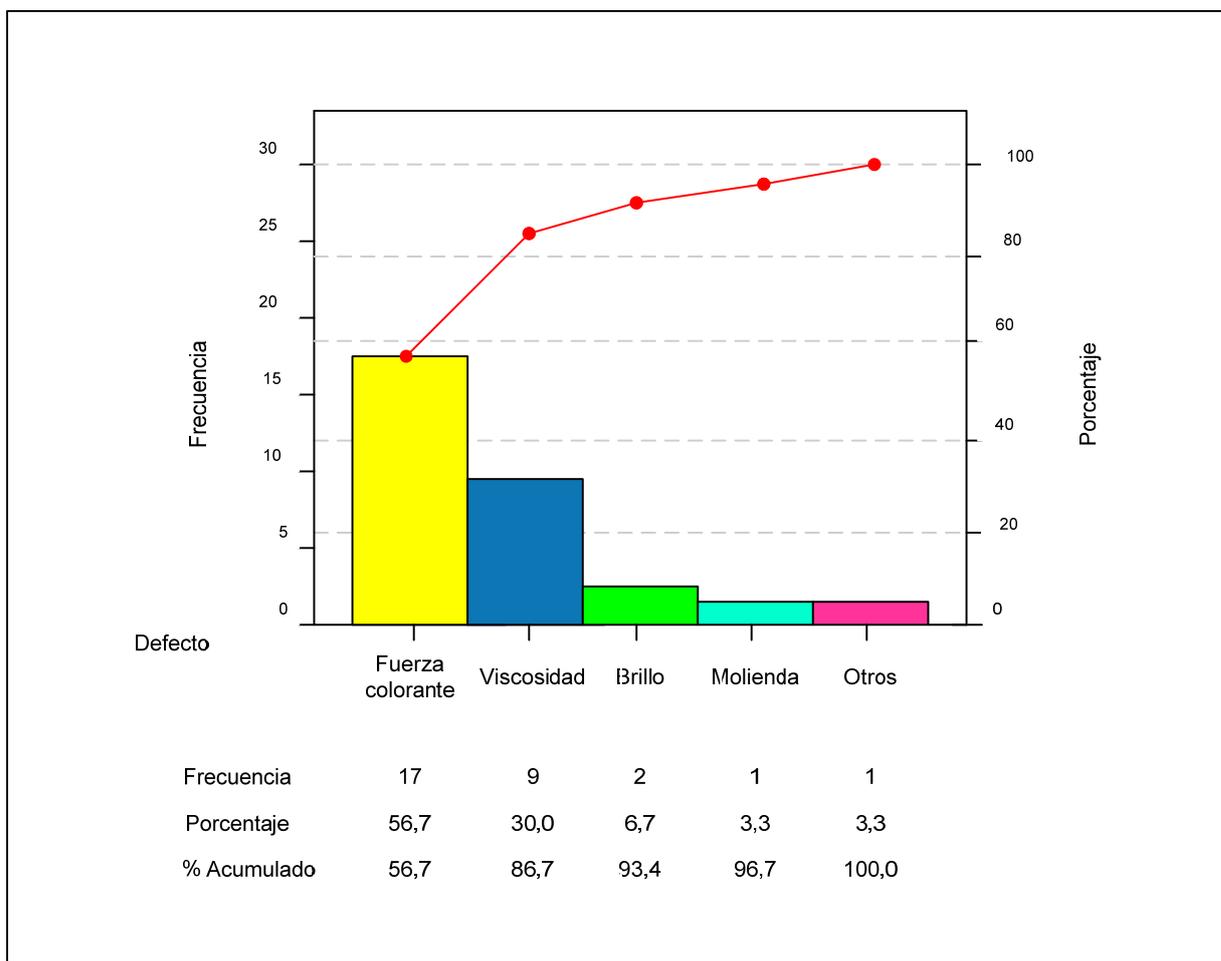
**Gráfica 4.1. Diagrama de pareto de las propiedades fisicoquímicas del pigmento rojo rubine por las que generalmente es rechazado**

En la gráfica 4.2 se muestra el diagrama de pareto correspondiente a la pregunta Nº 2 de la encuesta mostrada en el apéndice D, de la cual se pudo conocer que la viscosidad y el brillo son las principales propiedades fisicoquímicas que las resinas aportan al acabado final de las tintas líquidas. Se observa que el 80 % del personal encuestado opina que la proporción de resina que se agrega a la tinta rojo rubine determina la viscosidad de la misma, y el 16,7 % considera que la resina influye en el brillo de la tinta líquida, finalmente el 3,3% restante se lo atribuyen a la fuerza colorante y el grado de disolución.



**Gráfica 4.2. Diagrama de pareto de las propiedades fisicoquímicas que las resinas aportan al acabado final de las tintas líquidas**

Por otra parte, al preguntar sobre la propiedad fisicoquímica por la que habitualmente es rechazada una tinta líquida, se obtuvo que la fuerza colorante, la viscosidad, el brillo y la molienda son las propiedades fisicoquímicas que presentan las tintas líquidas y que son más significativas para los clientes; además representan las razones por la que la misma es rechazada si no se encuentra dentro de los parámetros establecidos. El diagrama de pareto presentado en la gráfica 4.3 muestra los resultados de las encuestas realizadas con respecto al acabado final de las tintas, donde se obtuvo que el 56,7 % de los problemas que presentan las tintas líquidas en su acabado final se debe a la fuerza colorante, un 30,0 % se debe a la viscosidad, y un 6,7 % le corresponde al brillo y el 3,3% a la velocidad de secado que posee la tinta.



**Gráfica 4.3. Diagrama de pareto de las propiedades fisicoquímicas por las que habitualmente es rechazada una tinta líquida por los clientes**

Los logros más importantes de este objetivo fueron la capacitación sobre las características químicas de las materias primas, incluyendo la descripción de la resina y el pigmento. Por otra parte, por medio de las encuestas realizadas se conoció que las propiedades que causan inconvenientes en la aprobación del pigmento es el tono, la gravimetría y la fuerza colorante y en cuanto a la resina se estableció que las propiedades que aporta al acabado final de la tinta es la viscosidad y el brillo. Finalmente se conoció que la tinta es habitualmente rechazada por la fuerza colorante, la viscosidad, el brillo y la molienda



## **4.2 DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DE LA TINTA LÍQUIDA ACTUAL**

### **4.2.1 Revisión de las normas COVENIN para la realización de las pruebas experimentales a las tintas líquidas**

Para el cumplimiento de este objetivo se revisaron algunas normas COVENIN de gran importancia para la investigación, como lo son:

- Norma COVENIN 2239-1-91 (Materiales inflamables y combustibles) necesaria para estar al tanto de los requisitos de seguridad que se deben cumplir en el almacenamiento y manipulación de los solventes utilizados en la investigación.

- Norma COVENIN 2253:97 (Concentraciones ambientales permisibles de sustancias químicas en lugares de trabajo e índices biológicos de exposición) y norma COVENIN 2250-90 (Ventilación en lugares de trabajo) son importantes ya que para la fabricación de las tintas se manipulan gran cantidad de solventes, que por su volatilidad emanan vapores al ambiente, mayormente en el proceso de pesada de los mismos y dispersión de la tinta, por esto es conveniente saber las condiciones bajo las cuales se acepta que los trabajadores puedan estar expuestos repetidamente sin sufrir efectos adversos a la salud; además de los requisitos mínimos para la operación y mantenimiento de los sistemas de ventilación de las áreas donde se lleva a cabo estas actividades.

En cuanto a la realización de las pruebas de calidad es necesario contar con normas que rijan los procedimientos de las mismas:

- Norma ASTM 3794 (Determinación de la viscosidad de la copa Zahn N° 2) y norma COVENIN 1580:96 (Determinación del grado de dispersión del sistema pigmento vehículo); dichas normas son de gran relevancia debido a que es necesario conocer las



técnicas de realización de las pruebas para obtener buenos resultados, además estas propiedades influye directamente en la aprobación de la tinta final.

#### **4.4.2 Caracterización de las tintas líquidas**

Se realizó la revisión de los manuales técnicos de la planta para asegurar que todo el personal incluyendo pasantes y tesistas que ingresen a la misma cumplan con las normas de seguridad; y en este sentido lograr un desarrollo de actividades laborales con éxito y bajo las políticas instituidas por la empresa.

Otro aspecto importante para lograr la caracterización de la tinta es el adiestramiento y aplicación de los análisis específicos de control de calidad. Para la elaboración de las pruebas descritas en el apéndice E, es necesario tener gran destreza, ya que la tinta contiene un mayor porcentaje de solventes que con el contacto al ambiente se evaporan ocasionando un aumento en la viscosidad, en consecuencia la tinta puede no cumplir con los parámetros de calidad de la empresa por lo que es rechazada. Por lo ya expuesto es indispensable realizar las pruebas con la mayor rapidez posible y de la mejor manera para obtener buenos resultados.

Una vez culminada la etapa de adiestramiento, se procedió a la caracterización de la tinta líquida actual utilizada por la empresa QUIMITEC C.A.; al aplicar las pruebas de control de calidad se obtuvieron los resultados presentados en la tabla 4.1. Cabe destacar que para la determinación del brillo no se hizo uso de ningún equipo, ya que es una propiedad que se determina visualmente dependiendo de la apreciación del evaluador, al aplicar las pruebas antes mencionadas y expuestas en el Apéndice E.



**TABLA 4.1**  
**CARACTERÍSTICAS FISCOQUÍMICAS DE LA TINTA ACTUAL**

Viscosidad original ( $\mu_o \pm 0,01$ )seg	129,24
Viscosidad rebajada ( $\mu_r \pm 0,01$ ) seg	22,36
Fuerza colorante ( $F \pm 1$ ) %	100
Luminosidad ( $L^* \pm 0,01$ ) adim	40,00
Eje rojo-verde ( $a^* \pm 0,01$ ) adim	67,26
Eje amarillo-azul ( $b^* \pm 0,01$ ) adim	1,67
Cromaticidad ( $C^* \pm 0,01$ ) adim	67,28

Fuente: Propia, 2008.

A lo largo de este objetivo se revisaron algunas normas que sustentan la presente investigación y que fueron relevantes para la misma, así como también, los manuales de la planta para cumplir con las normas establecidas por la empresa; se estableció la importancia del adiestramiento para la realización de las pruebas de calidad y por último se procedió a caracterizar la tinta líquida, cuyas propiedades mostradas en la tabla 4.1 se utilizarán como estándar para posteriores comparaciones entre tintas propuestas.

#### **4.3 PROPOSICIÓN DE LOS CONJUNTOS SOLVENTE-RESINA PARA EL PIGMENTO UTILIZADO**

Se analizaron las propiedades fisicoquímicas de los diferentes solventes y resinas existentes en la empresa QUIMITEC C.A. y con la asesoría del personal correspondiente del área de investigación y desarrollo, se seleccionaron las distintas combinaciones de solventes y resinas que presentaban mayor compatibilidad con el pigmento Rojo Rubine.

La forma en que los impresores modifican la tinta líquida es con la adición de solventes volátiles. La tinta es hecha usualmente con una viscosidad y concentración más alta que la de impresión; esto es necesario porque al momento de realizar la



impresión se debe variar la adición de solventes para así controlar la velocidad de secado, el color, la viscosidad y la impresión. Es por esto necesario tener un conocimiento de las propiedades de los solventes, ya que son un gasto necesario. Necesario porque como se dijo anteriormente ellos se usan para que den fluidez al color sólido (pigmento) y los componentes del vehículo (resina y aditivos), es un gasto porque desaparecen cuando la tinta seca. Es por tanto, necesario seleccionar los solventes de tal manera que den un buen desempeño y economía.

Algunas de las propiedades generales que se deben considerar son:

- **Solvencia:** un buen solvente solubiliza rápidamente el vehículo sólido. La alta solvencia promete una adición mínima para reducir la tinta a velocidad de impresión, esto es un gasto mínimo y buena economía. También da la habilidad de imprimir con tintas de altos sólidos que pueden ayudar al secado de la impresión (Beaudet y Gilbert, 1990).

- **Velocidad de secado:** la impresión final debe contener un residuo de solvente mínimo, ya que el solvente residual ablanda la película de tinta, lo cual puede causar deterioro del rodillo y bloqueo al enrollamiento, además el solvente residual puede causar olor. La velocidad de secado se debe controlar en un proceso de impresión de flexo múltiple donde un color se debe imprimir sobre otro (decalque o superposición de varios colores en un diseño para prevenir su separación). El decalque es óptimo haciendo que la primera tinta impresa sea más fuerte, lo menos viscosa, y lo más seca posible en el punto de impresión. Esto en efecto significa que la primera tinta impresa seque más rápido que todas, y cada una aproximadamente después seque más lentamente, siendo la última más lenta en secar, pero no tanto como para causar bloqueo o retención de solvente.

- **Olor:** algunos solventes contienen olor que pueden ser retenido en una película. Olores como el mercaptano o de compuestos sulfúricos encontrados frecuentemente en



hidrocarburos, son rechazables, particularmente para empaques alimenticios para los cuales la empresa QUIMITEC C.A. se proyecta en un 90%.

Las fuerzas intermoleculares de cada uno de los solventes es uno de los factores tomados en cuenta para la selección de los mismos, ya que si se formula una tinta en donde los componentes no sean afines, no se obtendrá un buen resultado en cuanto a uno de las propiedades de la tinta como lo es la adhesión. La absorción o la teoría de interacción molecular, afirma que la adhesión depende de las fuerzas activas en una interfase o dentro de un sólido. Las fuerzas activas son las que unen a los átomos (uniones químicas) o las que unen a las moléculas (uniones físicas). Por lo general, con una pocas excepciones, las uniones químicas no son responsables de la adhesión, las uniones físicas son por lo tanto responsables de la mayoría de la adhesión de las tintas, éstas son obtenidas por medio de débiles fuerzas de atracción como lo son las fuerzas de Van der Waals (Singer, 1990).

Las interacciones más comunes entre los solventes son las fuerzas de Van der Waals y de puentes de hidrógeno; el pigmento y la resina además de poseer las mismas fuerzas intermoleculares que los solventes tienen interacciones dipolo-dipolo. Como todos los solventes poseen fuerzas intermoleculares muy parecidas y también compatibles o afines con el pigmento y la resina no fue un factor concluyente para la selección, por esta razón se también se tomó en cuenta la propiedad física de rata de evaporación.

La rata de evaporación es el proceso por el cual un líquido cambia a vapor y redifunde en la atmósfera, depende de un gran número de factores fuera de las propiedades del solvente, incluyendo: tamaño del recipiente, rata del flujo del aire sobre la superficie, y temperatura. La evaporación es expresada por tanto, con relación a otros solventes y de acuerdo a su velocidad de evaporación. Se seleccionó el agua como base comparativa con un valor de 1. Los solventes con rata de evaporación mayor que 1,0 se pueden clasificar como relativamente lentos. A continuación se presenta una tabla con las ratas de evaporación de los solventes además de otras propiedades relevantes.



**TABLA 4.2**  
**RATA DE EVAPORACIÓN DE ALGUNOS SOLVENTES**

<b>Tipo de solventes</b>	<b>Ejemplos</b>	<b>Rata de Evaporación (adim)</b>
<b>Alcoholes</b>	Alcohol metílico	5,71
	Alcohol etílico	4,40
	Alcohol isopropílico	4,00
	Alcohol propílico	2,39
	Butanol	1,20
<b>Ésteres</b>	Etíl acetato	10,86
	Isopropil acetato	9,50
	Propil acetato	5,78
<b>Éteres glicólicos</b>	Cellosolve	1,06
	Dowanol PM	2,30
	Metil dioxitol	0,06
<b>Hidrocarburos Alifáticos</b>	Hexano	24,70
	Heptano	13,50
	VM & P Nafta	4,10
<b>Glicoles</b>	Glicol etileno	0,03
	Glicol propileno	0,03
<b>Hidrocarburos Aromáticos</b>	Tolueno	5,70
	Xileno	1,70
<b>Cetonas</b>	Acetona	15,70
	Metil etil cetona	10,60
<b>Misceláneas</b>	2-Nitropropano	3,06
	Agua	1,00

Fuente: Beaudet y Gilbert, 1990.



En el mismo sentido de la selección de los solventes se tomó en cuenta su naturaleza química y toxicidad. En el caso de los alcoholes que son la base de las impresiones flexo (debido a que no tienen prácticamente ningún efecto adverso sobre los cilindros de impresión), no se utilizó el alcohol metílico por su toxicidad a pesar de ser considerado un excelente solvente para la nitrocelulosa. Asimismo, el alcohol etílico tiene una solvencia razonable y es relativamente no tóxico (Beaudet y Gilbert, 1990).

Todos los ésteres indicados en la tabla 4.2 son usados ampliamente en la impresión flexo; la mayoría de las nitrocelulosas que contienen las tintas flexo, usan entre el 10 y el 20% de éster para mejorar su solubilidad. El etil e isopropilo acetato son muy volátiles y son usados para acelerar el secado. El propil acetato se evapora a una rata cercana a la del alcohol etílico, y por esta razón son usados conjuntamente.

En cuanto a los hidrocarburos son (compuestos de carbono e hidrógeno solamente), los aromáticos tales como el xileno y el tolueno tienen una mejor solvencia, sin embargo son un poco restringidos porque hinchan excesivamente los rodillos de caucho en las máquinas flexográficas. Los alifáticos varían principalmente en el número y el arreglo de los átomos de carbono en cada molécula lo cual determina la rata de evaporación, por ejemplo el hexano con 6 átomos de carbono, tiene la más rápida rata de evaporación de todos los solventes reportados en la tabla 4.2. El heptano contiene 7 átomos de carbono y es un solvente altamente volátil, así mismo los octanos contienen 8 átomos de carbono y son menos volátiles que el heptano. Estos compuestos a pesar de poseer un secado rápido son poco recomendables por los efectos que causan a las máquinas flexográficas.

Los éteres glicólicos por su parte, con nombres comerciales tales como Cellosolve (nombre comercial de Unión Carbide Corp), Dowanol (nombre comercial del Dow Chemical Corp) y Oxitol (nombre comercial de Shell Chemical Corp), son una familia de solventes de excelente solvencia para la nitrocelulosa y otras resinas. Se evaporan lentamente y por tanto, deben ser usados con moderación para evitar el



bloqueo, olores y fallas de laminación. Un uso apropiado de sus características de solvencia y evaporación, puede mejorar la impresión.

Finalmente, los glicoles como el etilen y propilen glicol, pueden ser usados en tintas como retardadores de la evaporación.

Otra variable importante a tomar en cuenta en la selección de los solventes son los costos, debido a que se busca proponer una tinta líquida de mayor calidad con un costo más bajo al de la tinta estándar, por ello se seleccionaron los solventes que presenten los mejores precios y a su vez posean características que sean afines con el pigmento utilizado. En la tabla 4.3 se encuentran los costos adquisitivos de algunos solventes existentes en la empresa Quimitec C.A.

**TABLA 4.3**  
**VALORES ECONÓMICOS REFERENCIALES DEL COSTO ADQUISITIVO**  
**DE LOS SOLVENTES**

<b>Solventes</b>	<b>Costos</b> <b>(C<sub>c/u</sub> ± 0,01) BsF/kg</b>
Alcohol Etilico	4,90
Etilenglicol	11,18
Propanol	11,93
Propil Acetato	12,40
Alcohol isopropílico	7,40
Xileno	10,70
Hexano	9,30
Tolueno	8,14
Metanol	3,45

Fuente: Quimitec C.A., 2008

Por todas las razones expuestas anteriormente (fuerzas intermoleculares, toxicidad, rata de evaporación, naturaleza química y costos) los solventes que se



eligieron para realizar las diferentes combinaciones fueron el alcohol etílico, el acetato de etilo, el etilenglicol, el propanol, el propil acetato y el butanol.

En cuanto a la resina más apropiada para el pigmento rojo rubine se tomaron en cuenta las pruebas realizadas anteriormente por el departamento de investigación y desarrollo de la empresa, además de las fuerzas intermoleculares y polaridad de la misma. La mayoría de las resinas utilizadas en las tintas son altamente polares; sin embargo la sola densidad polar alta no asegura una excelente tinta.

Como se mencionó anteriormente, las fuerzas de Van der Waals cuentan con el 75 al 100% de la fuerza cohesiva. Estas fuerzas son creadas por movimientos de la nube electrónica formada por la distribución de electrones cuando se forma una unión covalente, y ocurren específicamente debido a interacciones que inducen un efecto de atracción; la energía asociada a estas fuerzas se incrementa al aumentar el tamaño molecular, a mayor peso molecular, son mayores las fuerzas de London, y mejor es la fuerza cohesiva del material.

El efecto de las fuerzas de London o de Van der Waals también se ve en las pobres fuerzas de unión relacionadas con las resinas poliamidas solubles en alcohol. La densidad polar de las poliamidas es algo alta, esto debería conducir a una buena adición; sin embargo el peso molecular de estos compuestos es relativamente bajo.

Las fuerzas de London también explican la presencia de nitrocelulosa en muchas tintas; aunque la nitrocelulosa tiene algunos grupos polares, por lo general, es no polar y no se encuentra presente generalmente por sus efectos adhesivos. Se usa más bien, debido a su alto peso molecular y por consiguiente debido a su excelente fuerza de cohesión.

De este modo se concluyó que la resina más adecuada según las propiedades del pigmento es la nitrocelulosa, la cual será utilizada para todas las combinaciones de los solventes.



Las diferentes combinaciones seleccionadas según la compatibilidad entre los solventes y la resina con el pigmento se muestran en la tabla 4.4.

**TABLA 4.4**  
**COMBINACIONES DE SOLVENTES-RESINA SELECCIONADAS**

<b>COMBINACIÓN</b>	<b>SOLVENTES</b>	<b>RESINA</b>
1	Alcohol etílico Etilenglicol Acetato de etilo	Nitrocelulosa
2	Alcohol etílico Butanol Etilenglicol	Nitrocelulosa
3	Alcohol etílico Propanol Propil acetato	Nitrocelulosa
4	Alcohol etílico Propil acetato	Nitrocelulosa
5	Alcohol etílico Etilenglicol Propil acetato	Nitrocelulosa
6	Alcohol etílico Etilenglicol Propanol Propil acetato	Nitrocelulosa

Fuente: Propia, 2008.

#### **4.4 EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL PAR SOLVENTE-RESINA EN LA DISPERSIÓN Y EN EL ACABADO FINAL DE LA TINTA LÍQUIDA**

Para la identificación de las variables involucradas en la elaboración de las tintas líquidas se aplicó al personal de las áreas de laboratorio de investigación y calidad la encuesta mostrada en el apéndice D, específicamente la pregunta N° 4 referente a los



factores más importantes que intervienen en la formulación de las tintas líquidas, en la cual se obtuvo que los tipos de solventes utilizados, la proporción de cada uno de ellos y la proporción de resinas son los factores que participan en la optimización de la formulación de las tintas líquidas.

Posteriormente se establecieron los rangos de valores dentro de los cuales se deben encontrar los resultados obtenidos al aplicar las diferentes pruebas realizadas a las tintas líquidas en su acabado final, los cuales se muestran en la Tabla 4.5. Los mismos permiten establecer los valores límites entre los cuales se deben encontrar las variables de salida obtenidas durante la fase experimental de la presente investigación.

**TABLA 4.5**  
**RANGO DE VALORES DE TRABAJO PARA LAS VARIABLES DE SALIDA**

Propiedades	Rango de valores	Unidades
Finura	(0,0 – 0,5)	mils
Brillo	Aprobado – No aprobado	-
Viscosidad	(40,0 – 120,0)	seg
Fuerza colorante	(90 – 110)	%

Fuente: Quimitec C.A., 2008

Después de establecer los rangos de trabajo, se seleccionó conjuntamente con el personal de las áreas de investigación y desarrollo de la empresa las cantidades más apropiadas de solventes y resina a agregar para la elaboración de las tintas líquidas tomando en cuenta las combinaciones establecidas previamente.

A continuación se muestra la tabla 4.6 que representa los distintos niveles escogidos para la combinación de solventes y resina establecidas previamente.



**TABLA 4.6**  
**CANTIDADES DE SOLVENTES Y RESINA A AGREGAR EN LAS COMBINACIONES SELECCIONADAS**

Combinación	Materia prima Solventes/Resina	Nivel	
		1	2
1	Alcohol etílico	15	20
	Etilenglicol	5	10
	Acetato de etilo	5	10
	Nitrocelulosa	40	45
2	Alcohol etílico	20	25
	Butanol	5	10
	Etilenglicol	5	10
	Nitrocelulosa	40	45
3	Alcohol etílico	20	25
	Propanol	5	10
	Propil acetato	10	15
	Nitrocelulosa	30	40
4	Alcohol etílico	15	20
	Propil acetato	10	15
	Nitrocelulosa	30	40
5	Alcohol etílico	25	30
	Etilenglicol	5	10
	Propil acetato	10	15
	Nitrocelulosa	20	30
6	Alcohol etílico	20	25
	Etilenglicol	5	10
	Propanol	5	10
	Propil acetato	10	15
	Nitrocelulosa	30	40



Luego de determinar las cantidades de solventes y resina a agregar y basados en los fundamentos teóricos señalados en el capítulo II, se establecieron cuales eran las metodologías experimentales que posiblemente se podían utilizar para el logro de los objetivos, de los cuales se seleccionó la metodología Taguchi para la evaluación y análisis de los efectos producidos por los solventes en el acabado final de las tintas líquidas.

Según las variables involucradas en la elaboración de las tintas líquidas, se tiene que las de mayor importancia y consideradas como variables independientes son tipo de solventes, proporción de solventes y proporción de resina. Se realizaron diferentes diseños de experimentos con el fin de estudiar los efectos de los solventes sobre las tintas líquidas.

La metodología estadística empleada se ajusta a los requerimientos del experimento por condiciones de flexibilidad en el número de corridas experimentales a realizar y en el tiempo a emplear en el desarrollo de los mismos. Cada una de las variables de entrada fueron evaluadas a diferentes niveles. La metodología Taguchi permite la combinación de todos los factores de interés o variable de entrada, cada uno distintos al otro, cuyos efectos fueron estudiados simultáneamente, lo que garantiza una buena obtención de resultados o variables de salida, viscosidad y fuerza colorante.

Por todo lo anterior expuesto, se aplica el diseño de experimentos para cada combinación de solventes y resina seleccionadas, que arroja el arreglo ortogonal que representa el diseño experimental proporcionado por el software estadístico Minitab (versión 13,20) y según la metodología Taguchi, donde se indica el número de ensayos realizados durante la etapa experimental.



#### 4.4.1 Diseño de experimentos 1 (DOE 1)

Para la realización de la etapa experimental, elaboradas las 8 formulaciones establecidas en la combinación 1 y diseñadas para detectar las variables influyentes en el acabado final de las tintas líquidas.

En la tabla 4.7 se muestra el arreglo ortogonal 1 (combinación 1) y los resultados obtenidos de viscosidad y fuerza colorante, donde se observa que la mayoría de las corridas experimentales realizadas se encuentran dentro de las especificaciones pero no superan a la tinta estándar con respecto a la fuerza colorante (tabla 4.1).

**TABLA 4.7**  
**VALORES DE VISCOSIDAD Y FUERZA COLORANTE OBTENIDOS**  
**PARA EL ARREGLO ORTOGONAL 1**

Corrida	Alcohol etílico (%)	Etilenglicol (%)	Acetato de etilo (%)	Nitrocelulosa (%)	Viscosidad ( $\mu \pm 0,01$ ) seg	Fuerza colorante ( $F_c \pm 1$ ) %
1	15	5	5	40	103,90	96
2	15	5	5	45	125,86	82
3	15	10	10	40	86,67	95
4	15	10	10	45	118,12	92
5	20	5	10	40	97,85	93
6	20	5	10	45	121,45	97
7	20	10	5	40	91,81	97
8	20	10	5	45	132,49	88

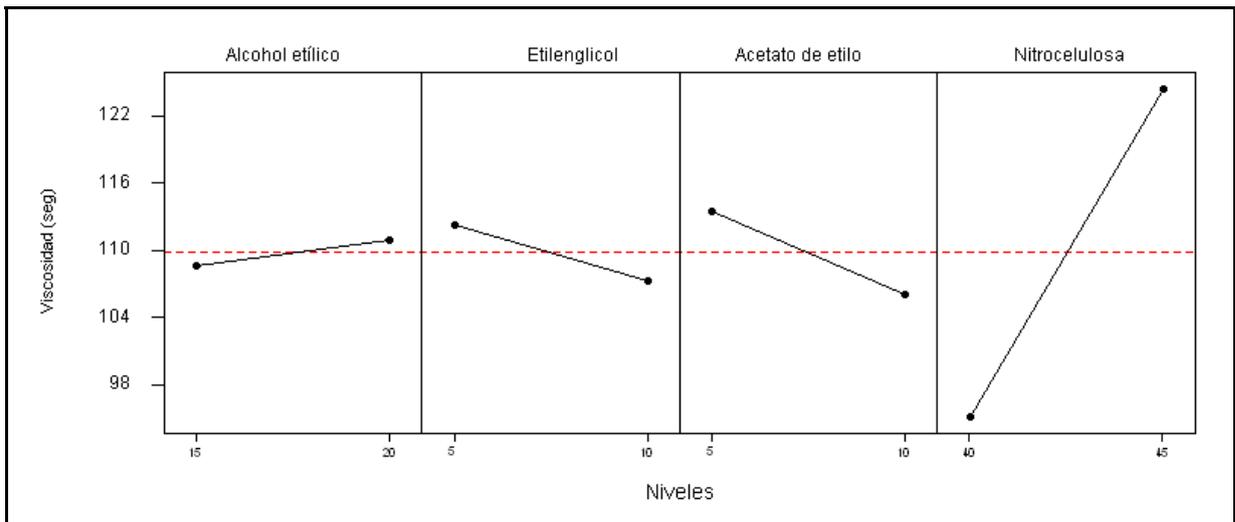
Fuente: Propia, 2008.



#### 4.4.1.1 Análisis gráfico de las variables de salida (viscosidad y fuerza colorante) en función de la proporción de los distintos solventes y resina utilizados

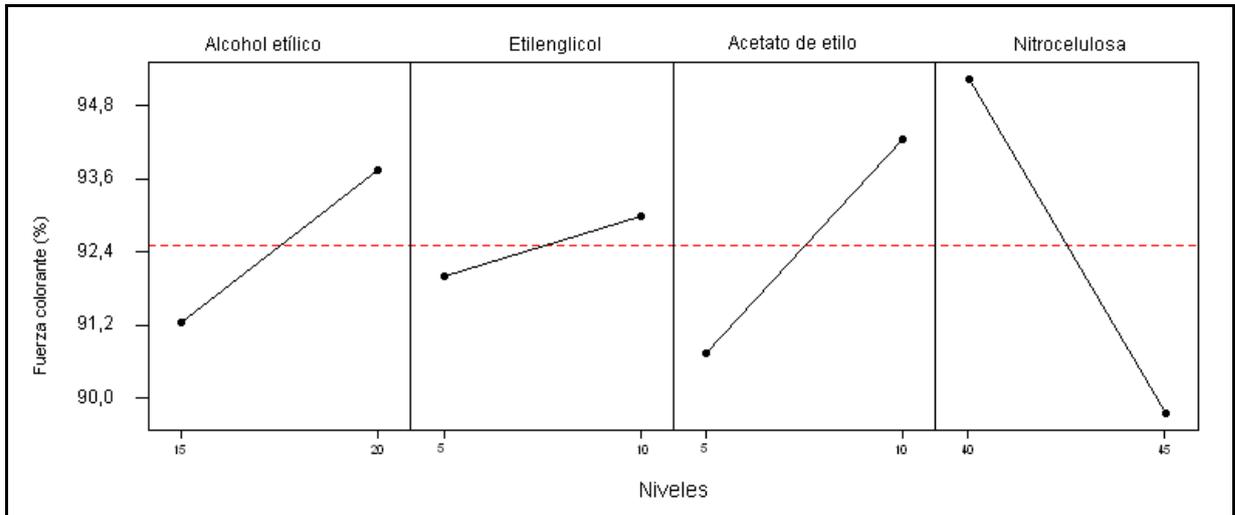
Una vez medidas las propiedades finales de las tintas líquidas, dichos valores fueron introducidos en la hoja de trabajo del programa estadístico Minitab (versión 13,20), para realizar el análisis gráfico de los efectos principales de las variables de entrada sobre la viscosidad y la fuerza colorante.

De la grafica 4.4 se desprende que la cantidad de resina agregada influye notablemente en los valores de viscosidad obtenidos, donde al utilizar 40 % de proporción de resina se logran los mejores resultados, ya que de esta manera se asegura alcanzar las viscosidades más bajas en la tinta líquida final.



**Gráfica 4.4. Comportamiento gráfico de la viscosidad en función de los diferentes factores evaluados a los niveles seleccionados en la combinación 1**

En cuanto la fuerza colorante, para los intereses de la investigación es aquella que presenta los valores más altos, por lo que de acuerdo a la gráfica 4.5, para obtener la fuerza colorante mayor se deben utilizar un 40% de nitrocelulosa.



**Gráfico 4.5. Comportamiento gráfico de la fuerza colorante en función de los diferentes factores evaluados a los niveles seleccionados en la combinación 1**

#### 4.4.1.2 Análisis de Varianza (ANOVA)

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para comprobar si existe o no algún efecto de las variables controladas sobre las variables de salida viscosidad y fuerza colorante. Los resultados obtenidos del valor estadístico “p” se muestran a continuación en la tabla 4.8, donde se puede observar que para el caso de la viscosidad, la variable de entrada que puede generar un efecto sobre la misma es la cantidad de resina a agregar, debido a que el valor estadístico “p” para la nitrocelulosa es menor al valor empírico  $\alpha$  igual a 0,05 unidades, es decir, la medida de viscosidad está determinada por la cantidad de resina adicionada en la elaboración de las tinta líquidas.

Para el caso de la fuerza colorante, se desprende de la tabla 4.8 que los valores de “p” son mayores a 0,05 unidades para las diferentes proporciones de las variables de entrada, por lo que las mismas no inciden sobre la fuerza colorante.



**TABLA 4.8**  
**ESTIMACIÓN DEL VALOR ESTADÍSTICO “P” PARA LOS FACTORES EVALUADOS**  
**EN LA COMBINACIÓN 1 APLICANDO UN ANÁLISIS DE VARIANZA**

Factor/Respuesta	Valor estadístico ( $p \pm 0,001$ ) adim			
	Alcohol etílico	Etilenglicol	Acetato de etilo	Nitrocelulosa
$\mu$ (seg)	0,867	0,710	0,573	0,001
$F_c$ (%)	0,540	0,809	0,382	0,145

#### 4.4.1.3 Análisis de la relación señal-ruido (S/N).

Se verificó la señal-ruido de las variables medidas para en la combinación 1, con la intención de observar la diferencia entre las señales obtenidas y verificar si las mismas son relevantes, así como los niveles en que ocurre la perturbación, con la finalidad de tomarlos en cuenta para futuros experimentos.

El parámetro Delta corresponde a la diferencia de señales de ruido entre los diferentes niveles estudiados para las variables de entrada manipuladas. La variable Rank expresa el orden de incidencia de una variable sobre las variables de salida. Los factores Delta y Rank son consideraciones de la metodología Taguchi.

Para el caso de la viscosidad, la relación señal-ruido mayor ocurre para el nivel 1 para la nitrocelulosa, para los niveles 2, 2 y 1 para el acetato de etilo, etilenglicol y alcohol etílico respectivamente, por lo que para cada uno de estos niveles se observó la menor perturbación a los resultados recolectados. Para el caso del etilenglicol y el alcohol etílico los valores de la señal-ruido son similares en cualquiera de los niveles, por lo que se puede considerar que para estos dos parámetros el efecto de la señal-ruido es equivalente, lo que representa que las perturbaciones de ruido no son significantes para los resultados obtenidos como se muestra a continuación en la tabla 4.9.



**TABLA 4.9**  
**RESPUESTA DE LA RELACIÓN SEÑAL RUIDO PARA LA VISCOSIDAD**  
**DE LOS FACTORES EVALUADOS EN LA COMBINACIÓN 1**

Nivel	Nitrocelulosa	Acetato de etilo	Etilenglicol	Alcohol etílico
1	-39,5397	-41,0079	-40,9573	-40,6335
2	-41,8940	-40,4258	-40,4763	-40,8002
Delta	2,3543	0,5821	0,4810	0,1667
Rank	1	2	3	4

En la Tabla 4.10 se observa que las señales de ruido obtenidas son similares en todos los casos, en cuanto a las mediciones de los valores de fuerza colorante se refiere, pudiendo concluir que los efectos de ruido sobre cada una de ellas son semejantes y cada medición se realizó bajo las mismas condiciones.

**TABLA 4.10**  
**RESPUESTA DE LA RELACIÓN SEÑAL RUIDO PARA LA FUERZA COLORANTE**  
**DE LOS FACTORES EVALUADOS EN LA COMBINACIÓN 1**

Nivel	Nitrocelulosa	Acetato de etilo	Alcohol etílico	Etilenglicol
1	-39,5762	-39,1367	-39,1880	-39,2567
2	-39,0443	-39,4838	-39,4325	-39,3638
Delta	0,5320	0,3471	0,2446	0,1071
Rank	1	2	3	4

#### 4.4.2 Diseño de experimentos 2 (DOE 2)

El diseño de experimentos 2 (combinación 2) arrojado por la metodología Taguchi con la ayuda del software Minitab (versión 13,20), según los factores y niveles seleccionados previamente, se muestra en la tabla 4.11, en el cual se indica el número de corridas realizadas durante la etapa experimental conjuntamente con los valores de viscosidad y fuerza colorante obtenidos para el arreglo ortogonal 2. Como se puede observar ninguno de los resultados de fuerza colorante obtenidos superan a la



formulación estándar (tabla 4.1), pero la mayoría de ellos se encuentra dentro del rango establecido en la tabla 4.5.

**TABLA 4.11**  
**VALORES DE VISCOSIDAD Y FUERZA COLORANTE OBTENIDOS**  
**PARA EL ARREGLO ORTOGONAL 2**

Corrida	Alcohol etílico (%)	Butanol (%)	Etilenglicol (%)	Nitrocelulosa (%)	Viscosidad ( $\mu \pm 0,01$ ) seg	Fuerza colorante ( $F_c \pm 1$ ) %
1	20	5	5	40	112,31	87
2	20	5	5	45	125,87	90
3	20	10	10	40	94,33	88
4	20	10	10	45	118,70	91
5	25	5	10	40	94,48	88
6	25	5	10	45	114,72	90
7	25	10	5	40	99,02	93
8	25	10	5	45	109,51	96

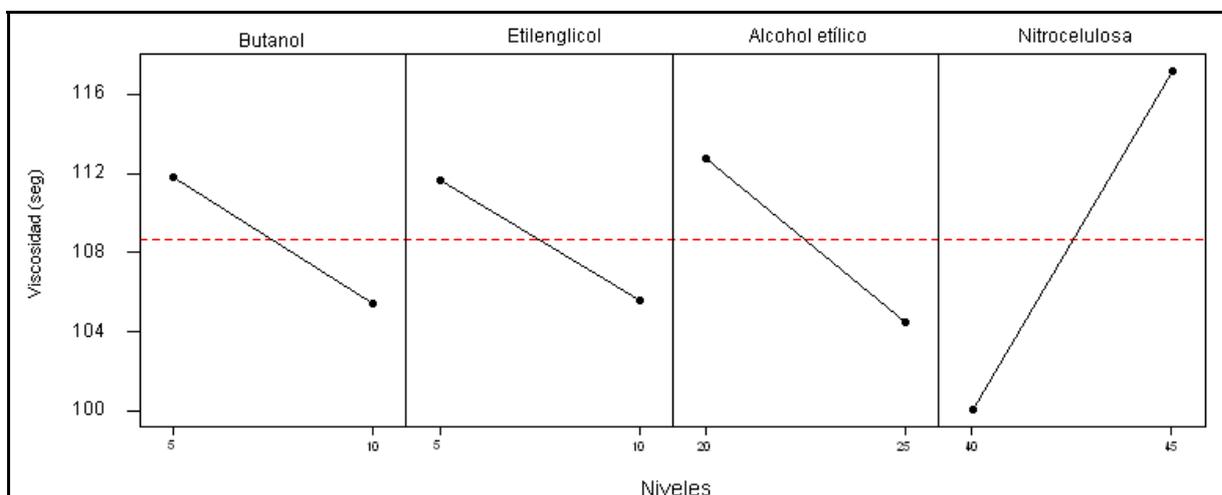
**4.4.2.1 Análisis gráfico de las variables de salida (viscosidad y fuerza colorante) en función de la proporción de los distintos solventes y resina utilizados.**

El comportamiento gráfico de las variables de salida (viscosidad y fuerza colorante) en función de la variables manipuladas (tipos de solventes, proporción de solventes y proporción de resina), se muestran en las gráficas 4.6 y 4.7, tomando en cuenta los distintos niveles seleccionados para cada una de las variables controladas.

La proporción de nitrocelulosa es determinante en la viscosidad de la tinta, mientras la cantidad de resina sea menor, la viscosidad igual lo será. En la combinación 2 los niveles que proporcionan los mejores resultados de viscosidades son de 10% para

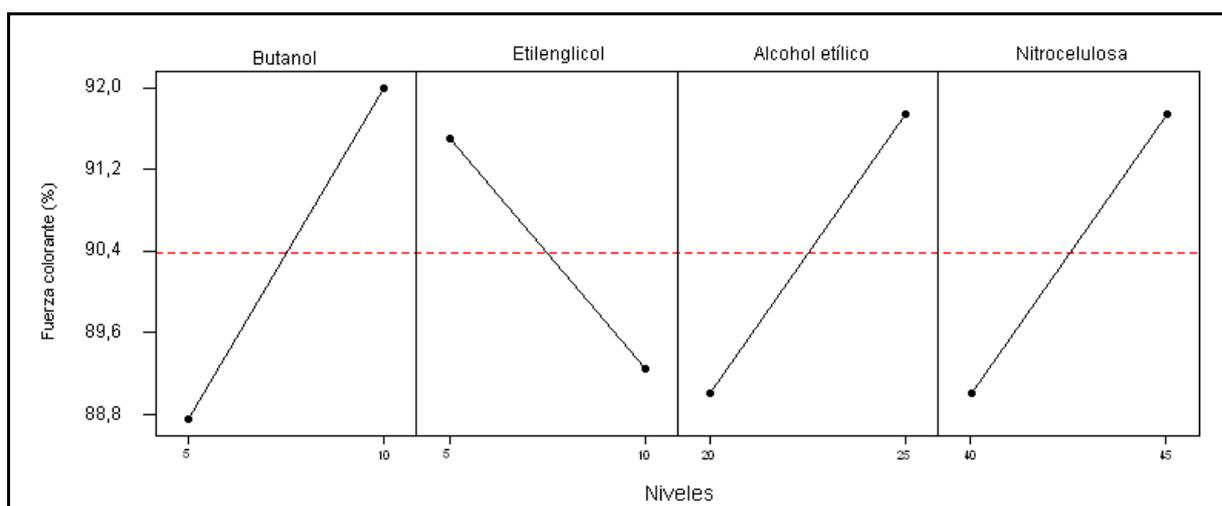


el butanol y el etilenglicol agregado, un 25% para la proporción de alcohol metílico y 40% para la de resina, según lo observado en la gráfica 4.6.



**Gráfica 4.6. Comportamiento gráfico de la viscosidad en función de los diferentes factores evaluados a los niveles seleccionados en la combinación 2**

De la gráfica 4.7 se desprende que los niveles más adecuados para obtener las fuerzas colorantes más elevadas son de un 10 % para el butanol, 5 % para el etilenglicol, el 25 % y 45 % para el alcohol etílico y la nitrocelulosa respectivamente.



**Gráfica 4.7. Comportamiento gráfico de la fuerza colorante en función de los diferentes factores evaluados a los niveles seleccionados en la combinación 2**



#### 4.4.2.2 Análisis de Varianza (ANOVA).

El análisis de varianza aplicado utilizando el software Minitab y según la metodología Taguchi, a los resultados obtenidos realizando los ensayos presentados en la tabla 4.11 a la combinación 2 se muestran en la tabla 4.12 donde la proporción de nitrocelulosa influye en la viscosidad de las tintas líquidas y el valor de “p” es igual a 0,020; es decir, menor al parámetro estadístico  $\alpha$ . Al estudiar los valores de “p” de cada una de las variables controladas sobre la fuerza colorante de las tintas líquidas, todos son mayores a 0,05; por lo que ninguna de estas variables influye considerablemente sobre la fuerza colorante de las mismas.

**TABLA 4.12**  
**ESTIMACIÓN DEL VALOR ESTADÍSTICO “P” PARA LOS FACTORES EVALUADOS**  
**EN LA COMBINACIÓN 2 APLICANDO UN ANÁLISIS DE VARIANZA**

Factor/Respuesta	Valor estadístico ( $p \pm 0,001$ ) adim			
	Alcohol etílico	Butanol	Etilenglicol	Nitrocelulosa
$\mu$ (seg)	0,347	0,476	0,500	0,020
F <sub>c</sub> (%)	0,213	0,128	0,320	0,213

#### 4.4.2.3 Análisis de la relación señal-ruido (S/N).

Los niveles 1 y 2 corresponden a los parámetros que se encuentran en la tabla 4.6 para cada una de las variables de entrada. La relación señal ruido mayor es proporcionada por la resina, por lo que los resultados obtenidos de viscosidad con respecto a la nitrocelulosa son los que menos fueron perturbados por las señales de ruido (tabla 4.13) Los valores similares de la relación para las otras variables de entrada manipuladas en la combinación son similares, por lo que la perturbación de ruido del alcohol etílico, etilenglicol y butanol sobre los resultados obtenidos puede considerarse iguales.



**TABLA 4.13**  
**RESPUESTA DE LA RELACIÓN SEÑAL RUIDO PARA LA VISCOSIDAD**  
**DE LOS FACTORES EVALUADOS EN LA COMBINACIÓN 2**

Nivel	Nitrocelulosa	Alcohol etílico	Etilenglicol	Butanol
1	-39,9807	-40,9972	-40,9276	-40,9266
2	-41,3673	-40,3508	-40,4204	-40,4214
Delta	1,3867	0,6464	0,5072	0,5052
Rank	1	2	3	4

Como se observa en la tabla 4.14, el valor Delta de la nitrocelulosa es el mayor, lo que indica que dicha variable de entrada medida perturbó en menor proporción los valores de fuerza colorante obtenidos, mientras que los valores de Delta proporcionado por el software para las demás variables controladas (proporción de butanol, etilenglicol y alcohol etílico) son similares, por lo que sus efectos sobre la variable de salida son equivalentes y presentan la misma consecuencia sobre los valores de fuerza colorante medidos.

**TABLA 4.14**  
**RESPUESTA DE LA RELACIÓN SEÑAL RUIDO PARA LA FUERZA COLORANTE**  
**DE LOS FACTORES EVALUADOS EN LA COMBINACIÓN 2**

Nivel	Butanol	Nitrocelulosa	Alcohol etílico	Etilenglicol
1	-38,9624	-38,9848	-38,9864	-39,2226
2	-39,2714	-39,2490	-39,2474	-39,0112
Delta	0,3090	0,2642	0,2610	0,2113
Rank	1	2	3	4



#### 4.4.3 Diseño de experimentos 3 (DOE 3)

El número de corridas realizadas para el DOE 3 (combinación 3) se muestra en la tabla 4.15, además de los resultados obtenidos para el arreglo ortogonal 3, diseñado para detectar la influencia de las variables manipuladas sobre la viscosidad y la fuerza colorante las tintas líquidas, donde para ninguna corrida experimental realizada la fuerza colorante supera a la estándar mostrada en la tabla 4.1.

**TABLA 4.15**  
**VALORES DE VISCOSIDAD Y FUERZA COLORANTE OBTENIDOS**  
**PARA EL ARREGLO ORTOGONAL 3**

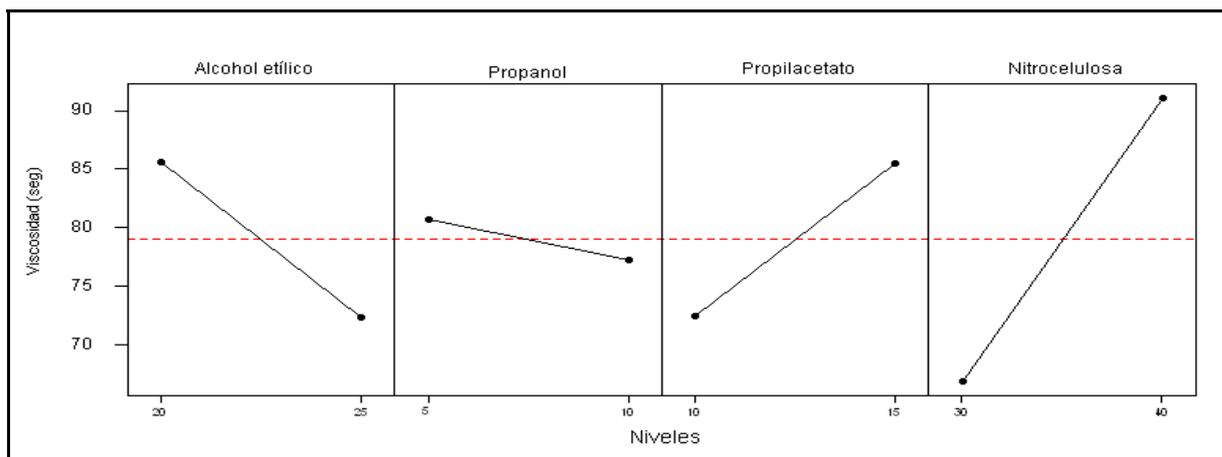
Corrida	Alcohol etílico (%)	Propanol (%)	Propilacetato (%)	Nitrocelulosa (%)	Viscosidad ( $\mu \pm 0,01$ ) seg	Fuerza colorante ( $F_c \pm 1$ ) %
1	20	5	10	30	69,31	81
2	20	5	10	40	92,50	85
3	20	10	15	30	86,78	98
4	20	10	15	40	94,09	92
5	25	5	15	30	56,22	83
6	25	5	15	40	104,97	94
7	25	10	10	30	55,19	93
8	25	10	10	40	88,85	88

##### 4.4.3.1 Análisis gráfico de las variables de salida (viscosidad y fuerza colorante) en función de la proporción de los distintos solventes y resina utilizados.

El análisis gráfico de los efectos causados por las variables de entrada sobre la viscosidad y la fuerza colorante se encuentran en las gráficas 4.8 y 4.9.

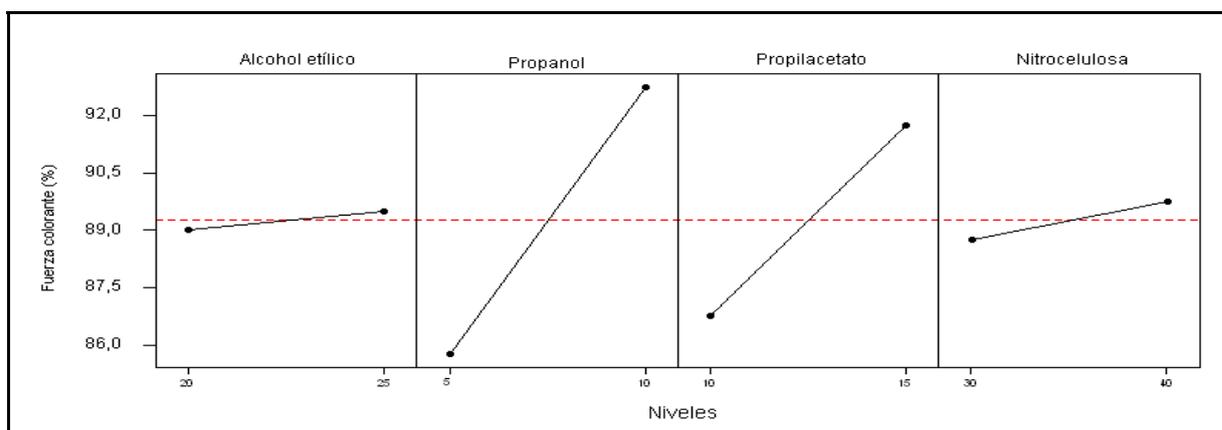


En la gráfica 4.8 se observa que la cantidad de resina afecta considerablemente los valores de viscosidad obtenidos, resultado las proporciones más adecuadas de resinas de 30 % para la combinación 3, ya que de esta manera se asegura alcanzar las medidas de viscosidades bajas de la tinta final.



**Gráfica 4.8. Comportamiento gráfico de la viscosidad en función de los diferentes factores evaluados a los niveles seleccionados en la combinación 3**

De la gráfica 4.9 se desprende que los niveles más adecuados para obtener las fuerzas colorantes más elevadas son de un 10 % para el propanol y 15 % para el propil acetato.



**Gráfica 4.9. Comportamiento gráfico de la fuerza colorante en función de los diferentes factores evaluados a los niveles seleccionados en la combinación 3**



#### 4.4.3.2 Análisis de Varianza (ANOVA).

Para el arreglo ortogonal 3, la nitrocelulosa es la variable controlada que ejerce influencia sobre la viscosidad, presentando un valor de “p” igual a 0,013. Para la fuerza colorante los valores de “p” obtenidos son mayores a 0,05 unidades para las diferentes proporciones de las variables de entrada, por lo que ellas no inciden sobre la fuerza colorante, como se muestra en la tabla 4.16.

**TABLA 4.16**  
**ESTIMACIÓN DEL VALOR ESTADÍSTICO “P” PARA LOS FACTORES EVALUADOS EN LA COMBINACIÓN 3 APLICANDO UN ANÁLISIS DE VARIANZA**

Factor/Respuesta	Valor estadístico (p ± 0,001) adim			
	Alcohol etílico	Propanol	Propilacetato	Nitrocelulosa
μ (seg)	0,516	0,974	0,531	0,013
F <sub>c</sub> (%)	0,916	0,095	0,264	0,832

#### 4.4.3.3 Análisis de la relación señal-ruido (S/N).

En la tabla 4.17 se observa que la relación señal ruido para la nitrocelulosa fue mayor en comparación con las otras variables de entrada, consiguiendo la señal ruido que menos perturbó los resultados obtenidos de viscosidad.

**TABLA 4.17**  
**RESPUESTA DE LA RELACIÓN SEÑAL RUIDO PARA LA VISCOSIDAD DE LOS FACTORES EVALUADOS EN LA COMBINACIÓN 3**

Nivel	Nitrocelulosa	Alcohol etílico	Propilacetato	Propanol
1	-36,3548	-38,5945	-37,4873	-37,8895
2	-39,5470	-37,3074	-38,4146	-38,0124
Delta	3,1922	1,2871	0,9273	0,1229
Rank	1	2	3	4



Como se observa en la Tabla 4.18 las señales de ruido obtenidas son parecidas para cada una de las variables de entrada, por lo tanto los efectos de las mismas sobre la fuerza colorante son similares.

**TABLA 4.18**  
**RESPUESTA DE LA RELACIÓN SEÑAL RUIDO PARA LA FUERZA COLORANTE**  
**DE LOS FACTORES EVALUADOS EN LA COMBINACIÓN 3**

Nivel	Propanol	Propilacetato	Nitrocelulosa	Alcohol etílico
1	-38,6505	-38,7543	-38,9364	-38,9646
2	-39,3399	-39,2361	-39,0541	-39,0259
Delta	0,6893	0,4818	0,1177	0,0613
Rank	1	2	3	4

#### 4.4.4 Diseño de experimentos 4 (DOE 4)

Según los niveles escogidos anteriormente para cada uno de los factores seleccionados, la metodología Taguchi proporciona el arreglo ortogonal que representa el diseño experimental 4, que indica el número de ensayos realizados durante la etapa experimental. Se aplicaron las pruebas específicas para realizar la medición de las variables de salida, cuyos resultados obtenidos se encuentran tabulados en la tabla 4.19 mostrada a continuación, donde se muestra que los valores de fuerzas colorantes alcanzados no superan la fuerza colorante de la formulación estándar que se encuentra en la tabla 4.1. Además se puede notar que las corridas experimentales 1 y 4 se encuentran dentro del rango de valores establecidos para fuerza colorante en la tabla 4.5, mientras que los experimentos 2 y 3 no cumplen con las especificaciones de calidad.



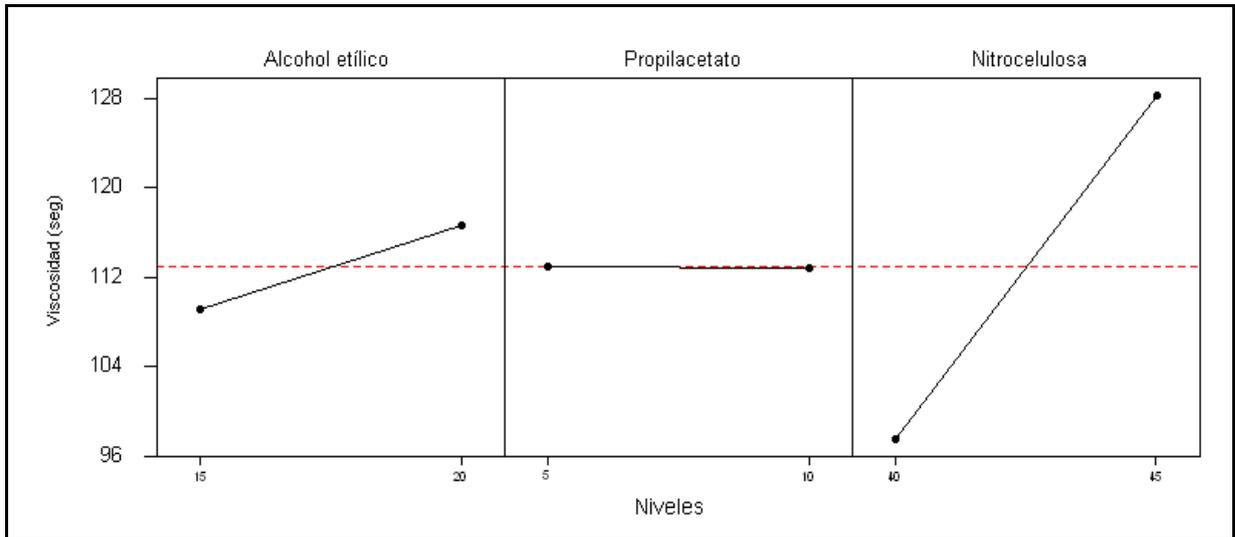
**TABLA 4.19**  
**VALORES DE VISCOSIDAD Y FUERZA COLORANTE OBTENIDOS**  
**PARA EL ARREGLO ORTOGONAL 4**

Corrida	Alcohol etílico (%)	Propil acetato (%)	Nitrocelulosa (%)	Viscosidad ( $\mu \pm 0,01$ ) seg	Fuerza colorante ( $F_c \pm 1$ ) %
1	15	5	40	93,91	94
2	15	10	45	124,42	79
3	20	5	45	132,11	86
4	20	10	40	101,08	91

**4.4.4.1 Análisis gráfico de las variables de salida (viscosidad y fuerza colorante) en función de la proporción de los distintos solventes y resina utilizados.**

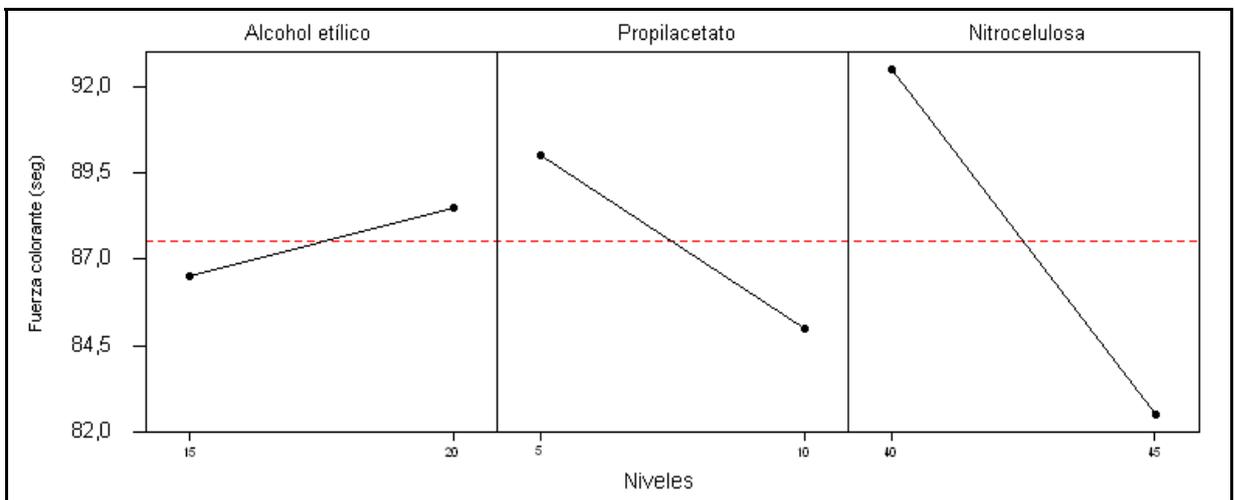
En las gráficas 4.10 y 4.11 se observa el comportamiento gráfico de las variables controladas (tipo de solventes, proporción de solventes y proporción de resina) sobre las variables de salida, viscosidad y fuerza colorante respectivamente.

En la gráfica 4.10 se observa que la proporción de nitrocelulosa afecta notablemente la viscosidad de las tintas líquidas, por lo que para esta combinación de solventes y resina, el nivel más adecuado de la misma es de 40 %. Los resultados de viscosidad obtenidos al variar la proporción de propilacetato en la mezcla se mantuvieron constantes, por lo que la cantidad del mismo agregado incide notablemente sobre la misma.



**Gráfica 4.10. Comportamiento gráfico de la viscosidad en función de los diferentes factores evaluados a los niveles seleccionados en la combinación 4**

Igualmente se puede observar en la gráfica 4.11 que los valores más altos de fuerza colorante vienen dados por el nivel de 40 % de nitrocelulosa.



**Gráfica 4.11. Comportamiento gráfico de la fuerza colorante en función de los diferentes factores evaluados a los niveles seleccionados en la combinación 4**



#### 4.4.4.2 Análisis de Varianza (ANOVA).

El análisis de varianza aplicado a los resultados obtenidos realizando los ensayos correspondientes a la combinación 4 se muestran a continuación en la tabla 4.20., donde se puede observar que para el caso de la viscosidad, la variable de entrada que genera un efecto sobre la misma es la cantidad de resina que tiene la tinta, debido a que el valor estadístico “p” para la nitrocelulosa es menor al valor empírico  $\alpha$  igual a 0,05 unidades, es decir, la medida de viscosidad está determinada por la cantidad de resina adicionada en la elaboración de las tinta líquidas. Igualmente para el caso de la fuerza colorante, se desprende de la tabla anterior que los valores de “p” son mayores a 0,05 unidades para las diferentes proporciones de las variables de entrada, por lo que las mismas no inciden sobre la fuerza colorante.

**TABLA 4.20**  
**ESTIMACIÓN DEL VALOR ESTADÍSTICO “P” PARA LOS FACTORES EVALUADOS EN LA COMBINACIÓN 4 APLICANDO UN ANÁLISIS DE VARIANZA**

Factor/Respuesta	Valor estadístico ( $p \pm 0,001$ ) adim		
	Alcohol etílico	Propilacetato	Nitrocelulosa
$\mu$ (seg)	0,765	0,992	0,028
$F_c$ (%)	0,824	0,560	0,120

#### 4.4.4.3 Análisis de la relación señal-ruido (S/N).

Los niveles 1 y 2 observados en la tabla 4.21 corresponden a los parámetros que se muestran en la tabla 4.6 para cada una de las variables controladas (proporción de alcohol etílico, proporción de propil acetato y proporción de nitrocelulosa), donde se puede observar que para el nivel 2 de nitrocelulosa la relación señal-ruido resultó la menos perturbadora para los resultados recolectados de la viscosidad. Para el caso del alcohol etílico y el propilacetato obtuvieron valores de Delta, proporcionados por la metodología Taguchi y usando el software Minitab (versión 13,20), de 0,5800 y 0,0591 respectivamente.



**TABLA 4.21**  
**RESPUESTA DE LA RELACIÓN SEÑAL RUIDO PARA LA VISCOSIDAD**  
**DE LOS FACTORES EVALUADOS EN LA COMBINACIÓN 4**

Nivel	Nitrocelulosa	Alcohol etílico	Propilacetato
1	-39,7738	-40,6760	-40,9365
2	-42,1583	-41,2560	-40,9956
Delta	2,3845	0,5800	0,0591
Rank	1	2	3

En la tabla 4.22 la respuesta obtenida de la señal ruido durante la medición de la fuerza colorante para la combinación 4 indica que la variable que presentó mayor influencia sobre la medición de la misma fue el propil acetato, con un valor de Delta de 0,2278, seguido del alcohol etílico con 0,5096 y la nitrocelulosa con una valor de 1,0004, siendo la misma la que causó la menor perturbación sobre la fuerza colorante.

**TABLA 4.22**  
**RESPUESTA DE LA RELACIÓN SEÑAL RUIDO PARA LA FUERZA COLORANTE**  
**DE LOS FACTORES EVALUADOS EN LA COMBINACIÓN 4**

Nivel	Nitrocelulosa	Alcohol etílico	Propilacetato
1	-39,3217	-39,0763	-38,7075
2	-38,3213	-38,5667	-38,9354
Delta	1,0004	0,5096	0,2278
Rank	1	2	3

#### 4.4.5 Diseño de experimentos 5 (DOE 5)

En la tabla 4.23 se muestra el arreglo ortogonal 5 (combinación 5) que representa el diseño experimental proporcionado por el software estadístico Minitab y según la metodología Taguchi, que indica el número de ensayos realizados durante la etapa experimental de la investigación y donde se observan los resultados obtenidos de las variables de salida (viscosidad y fuerza colorante) medidas para cada ensayo realizado.



La fuerza colorante obtenida para la corrida experimental 5 supera a la formulación estándar.

**TABLA 4.23**  
**VALORES DE VISCOSIDAD Y FUERZA COLORANTE OBTENIDOS**  
**PARA EL ARREGLO ORTOGONAL 5**

Corrida	Alcohol etílico (%)	Etilenglicol (%)	Propil acetato (%)	Nitrocelulosa (%)	Viscosidad ( $\mu \pm 0,01$ ) seg	Fuerza colorante ( $F_c \pm 1$ ) %
1	25	5	10	20	72,31	92
2	25	5	10	30	90,07	91
3	25	10	15	20	81,98	98
4	25	10	15	30	112,55	81
5	30	5	15	20	47,10	115
6	30	5	15	30	108,17	87
7	30	10	10	20	84,14	72
8	30	10	10	30	102,39	88

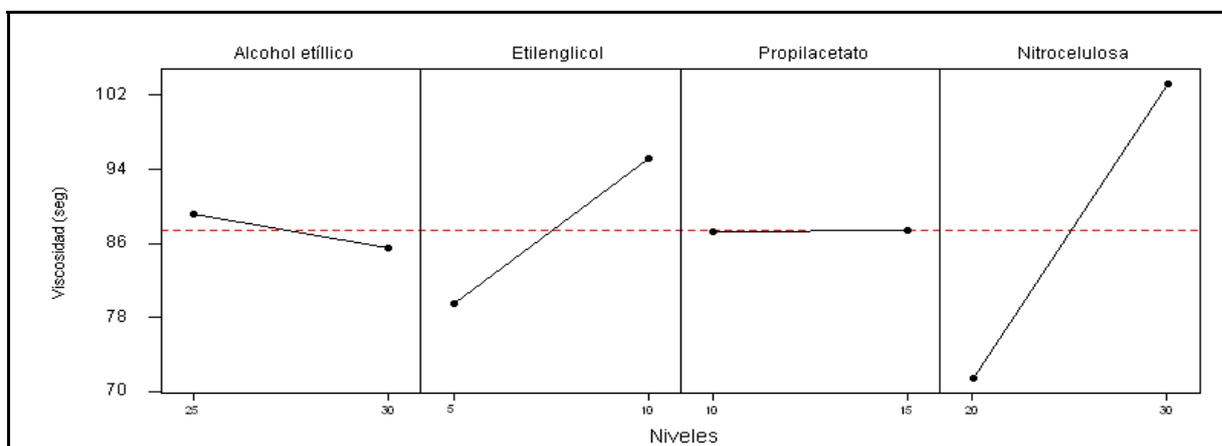
#### **4.4.5.1 Análisis gráfico de las variables de salida (viscosidad y fuerza colorante) en función de la proporción de los distintos solventes y resina utilizados.**

El comportamiento gráfico de las variables de salida (viscosidad y fuerza colorante) en función de las variables controladas (tipo de solventes, proporción de los solventes y proporción de resina) se muestran a continuación en las gráficas 4.12 y 4.13 proporcionadas por la metodología Taguchi.

De la gráfica 4.12 se desprende que la cantidad de resina adicionada es determinante en los valores de viscosidad obtenidos, de este modo las proporciones más adecuadas de resinas es de 20 %, ya que de esta manera se asegura alcanzar las viscosidades más bajas en la tinta líquida final. Igualmente se observa que al agregar el

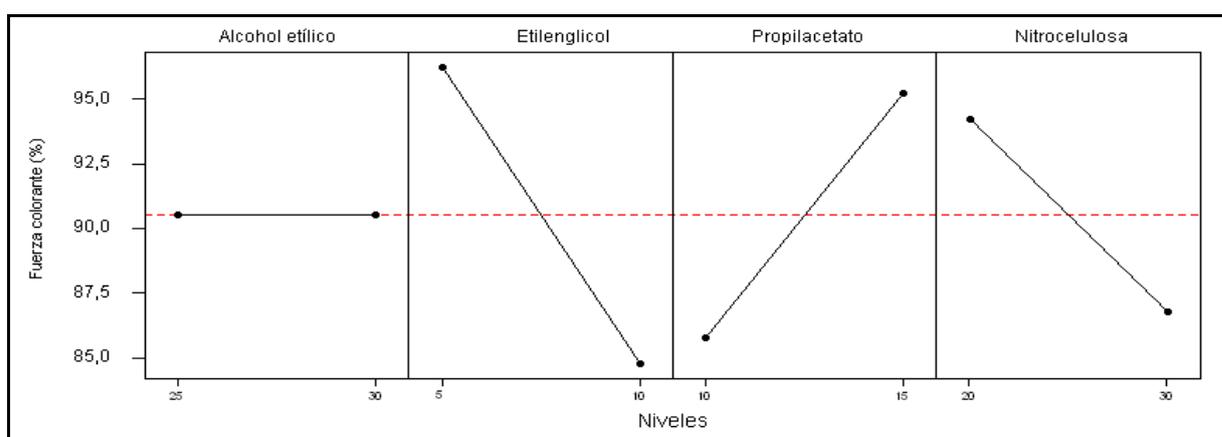


5 % de etilenglicol en la mezcla se obtienen igualmente mínimos valores de viscosidades para la tinta final.



**Gráfica 4.12. Comportamiento gráfico de la viscosidad en función de los diferentes factores evaluados a los niveles seleccionados en la combinación 5**

Se observa en la gráfica 4.13 que los niveles más apropiados para obtener valores de fuerza colorantes altos son 5, 15 y 20 % para el etilenglicol, propil acetato y nitrocelulosa respectivamente. La variación de la proporción de alcohol etílico según los niveles seleccionados en la Tabla 4.35 no son relevantes para los valores de la fuerza colorante buscados para fines de la investigación.



**Gráfica 4.13. Comportamiento gráfico de la fuerza colorante en función de los diferentes factores evaluados a los niveles seleccionados en la combinación 5**



#### 4.4.5.2 Análisis de Varianza (ANOVA).

Los resultados obtenidos para la viscosidad y la fuerza colorante del valor estadístico “p” se muestran a continuación en la tabla 4.24, en la cual se observa que para la viscosidad, la nitrocelulosa es la variable de entrada que puede generar un efecto sobre la misma, debido a que el valor estadístico “p” para la misma es menor a 0,05 unidades, es decir, la medida de viscosidad está determinada por la cantidad de resina adicionada en la elaboración de las tinta líquidas. Igualmente se desprende que para la fuerza colorante los valores obtenidos son mayores a 0,05 unidades para cada una de las variables manipuladas, por ende las mismas no ejercen ningún efecto sobre la fuerza colorante.

**TABLA 4.24**  
**ESTIMACIÓN DEL VALOR ESTADÍSTICO “P” PARA LOS FACTORES EVALUADOS**  
**EN LA COMBINACIÓN 5 APLICANDO UN ANÁLISIS DE VARIANZA**

Factor/Respuesta	Valor estadístico ( $p \pm 0,001$ ) adim			
	Alcohol etílico	Etilenglicol	Propil acetato	Nitrocelulosa
$\mu$ (seg)	0,824	0,330	0,990	0,017
$F_c$ (%)	1,000	0,220	0,322	0,442

#### 4.4.5.3 Análisis de la relación señal-ruido (S/N).

En las tablas 4.25 y 4.26 se muestran las respuestas de las señales de ruido obtenidas para las mediciones de viscosidad y fuerza colorante. La relación señal-ruido como se observa en la tabla 4.25 para la nitrocelulosa fue mayor en comparación con las otras variables de entrada, consiguiendo la señal-ruido que menos perturbó los resultados obtenidos de viscosidad.



**TABLA 4.25**  
**RESPUESTA DE LA RELACIÓN SEÑAL RUIDO PARA LA VISCOSIDAD**  
**DE LOS FACTORES EVALUADOS EN LA COMBINACIÓN 5**

Nivel	Nitrocelulosa	Etilenglicol	Alcohol etílico	Propilacetato
1	-36,8546	-37,6045	-38,8942	-38,7452
2	-40,2515	-39,5016	-38,26822	-38,3609
Delta	3,3968	1,8970	0,6822	0,3843
Rank	1	2	3	4

En la Tabla 4.26 se observa que la relación señal ruido obtenida para el etilenglicol es la más alta, por lo que no ejerce mayor efecto sobre la medición de la fuerza colorante.

**TABLA 4.26**  
**RESPUESTA DE LA RELACIÓN SEÑAL RUIDO PARA LA FUERZA COLORANTE**  
**DE LOS FACTORES EVALUADOS EN LA COMBINACIÓN 5**

Nivel	Etilenglicol	Propilacetato	Nitrocelulosa	Alcohol etílico
1	-39,6152	-38,6232	-39,3652	-39,1127
2	-38,5076	-39,4996	-38,7576	-39,0102
Delta	1,1076	0,8764	0,6076	0,1025
Rank	1	2	3	4

#### 4.4.6 Diseño de experimentos 6 (DOE 6)

Los resultados obtenidos de viscosidad y fuerza colorante se encuentran tabulados en la tabla 4.27 que se muestra a continuación correspondiente al arreglo ortogonal 6 (combinación 6) definido previamente en la tabla 4.6, en la cual se reflejan el número de corridas experimentales realizadas. Las corridas experimentales 1 y 6 superan a la formulación estándar en cuanto a la fuerza colorante se refiere.



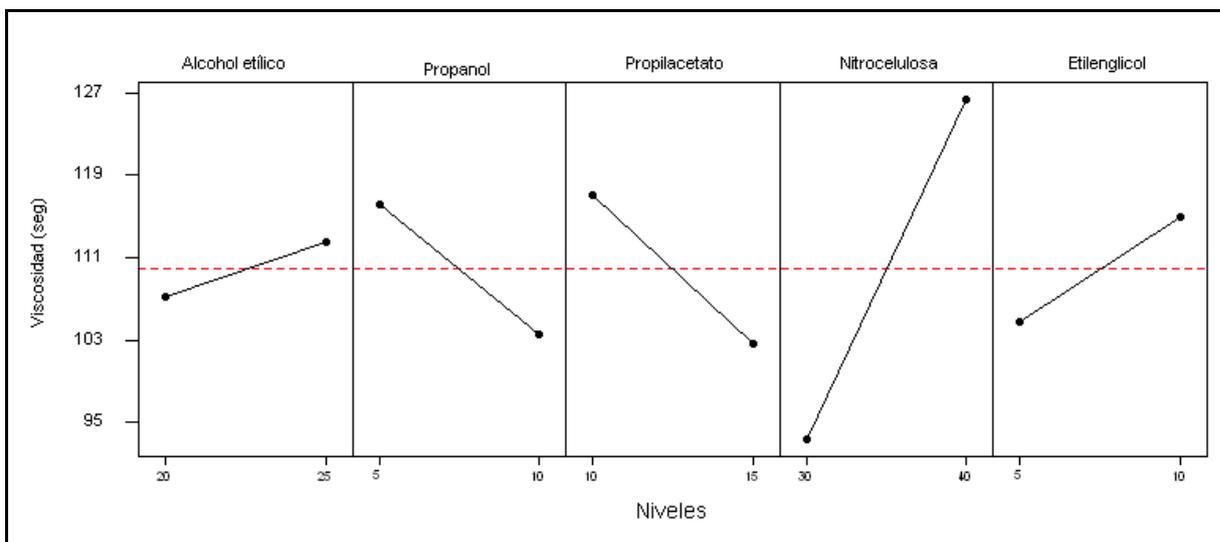
**TABLA 4.27**  
**VALORES DE VISCOSIDAD Y FUERZA COLORANTE OBTENIDOS**  
**PARA EL ARREGLO ORTOGONAL 6**

Corrida	Alcohol etílico (%)	Etilenglicol (%)	Propanol (%)	Propil acetato (%)	Nitrocelulosa (%)	Viscosidad ( $\mu \pm 0,01$ ) seg	Fuerza colorante ( $F_c \pm 1$ ) %
1	20	5	5	10	30	102,27	112
2	20	5	5	15	40	114,48	85
3	20	10	10	10	30	93,21	92
4	20	10	10	15	40	118,52	90
5	25	5	10	10	40	123,66	98
6	25	5	10	15	30	78,69	125
7	25	10	5	10	40	148,90	94
8	25	10	5	15	30	99,04	84

**4.4.6.1 Análisis gráfico de las variables de salida (viscosidad y fuerza colorante) en función de la proporción de los distintos solventes y resina utilizados.**

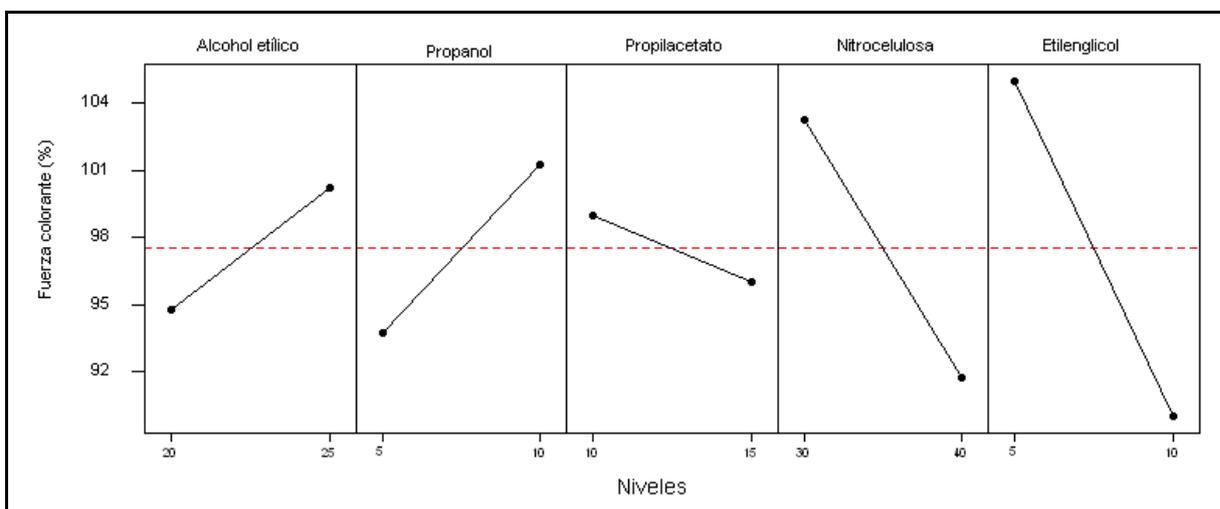
En las gráficas 4.14 y 4.15 se observa el comportamiento gráfico de las variables manipuladas sobre la viscosidad y la fuerza colorante respectivamente.

En la gráfica 4.14 se desprende que la proporción de nitrocelulosa afecta notablemente la viscosidad de las tintas líquidas, por lo que para esta combinación de solventes y resina, el nivel más adecuado de la misma es de 30 %.



**Gráfica 4.14. Comportamiento gráfico de la viscosidad en función de los diferentes factores evaluados a los niveles seleccionados en la combinación 6**

La proporción de etilenglicol de 5 %, es la más adecuada para obtener valores de fuerza colorante altos que cumplan con los rangos de valores definidos como óptimos en la Tabla 4.5.



**Gráfica 4.15. Comportamiento gráfico de la fuerza colorante en función de los diferentes factores evaluados a los niveles seleccionados en la combinación 6**



#### 4.4.6.2 Análisis de Varianza (ANOVA).

En la Tabla 4.28 se muestran los resultados obtenidos para la viscosidad y la fuerza colorante del valor estadístico “p” analizados con la metodología Taguchi, donde se tiene que para la viscosidad la nitrocelulosa es la variable manipulada que incide sobre la misma, presentando un valor de “p” igual a 0,012 unidades. Para el caso de la fuerza colorante los valores de “p” obtenidos son mayores a 0,05 unidades para los diferentes niveles de las variables de entrada, por lo que las mismas no inciden sobre la fuerza colorante de la tinta líquida.

**TABLA 4.28**  
**ESTIMACIÓN DEL VALOR ESTADÍSTICO “P” PARA LOS FACTORES EVALUADOS EN LA COMBINACIÓN 6 APLICANDO UN ANÁLISIS DE VARIANZA**

Factor/Respuesta	Valor estadístico (p ± 0,001) adim				
	Alcohol etílico	Etilenglicol	Propanol	Propil acetato	Nitrocelulosa
μ (seg)	0,749	0,547	0,448	0,386	0,012
F <sub>c</sub> (%)	0,622	0,143	0,497	0,790	0,283

#### 4.4.6.3 Análisis de la relación señal-ruido (S/N).

Los valores de Delta obtenidos de la diferencia entre la relación máxima y mínima de la señal ruido señalan que la mayor incidencia sobre la medición de la viscosidad la proporcionó el alcohol etílico con 0,2256, luego el etilenglicol con 0,7767, con valores muy cercanos el propanol y al propil acetato con 1,0289 y 1,1004 respectivamente. La variable de entrada (proporción de nitrocelulosa) fue la que menos perturbó los resultados obtenidos de viscosidad con un valor de Delta de 2,6335.



**TABLA 4.29**  
**RESPUESTA DE LA RELACIÓN SEÑAL RUIDO PARA LA VISCOSIDAD**  
**DE LOS FACTORES EVALUADOS EN LA COMBINACIÓN 6**

Nivel	Nitrocelulosa	Propilacetato	Propanol	Etilenglicol	Alcohol etílico
1	-39,3547	-41,2217	-41,1859	-40,2831	-40,5587
2	-41,9882	-41,1213	-40,1570	-41,0598	-40,7843
Delta	2,6335	1,1004	1,0289	0,7767	0,2256
Rank	1	2	3	4	5

En la Tabla 4.30 se puede observar que para el nivel 2 de etilenglicol la relación señal ruido resultó la menos perturbadora para los resultados recolectados de fuerza colorante. Para el caso de la nitrocelulosa se obtuvo un valor de 0,9309. Los resultados obtenidos para el propanol, el alcohol etílico y el propil acetato son parecidos, por lo que su incidencia sobre la medición de la fuerza colorante es similar.

**TABLA 4.30**  
**RESPUESTA DE LA RELACIÓN SEÑAL RUIDO PARA LA FUERZA COLORANTE**  
**DE LOS FACTORES EVALUADOS EN LA COMBINACIÓN 6**

Nivel	Etilenglicol	Nitrocelulosa	Propanol	Alcohol etílico	Propilacetato
1	-40,3339	-40,1710	-39,3802	-39,4833	-39,8868
2	-39,0772	-39,2401	-40,0308	-39,9277	-39,5243
Delta	1,2567	0,9309	0,6506	0,4444	0,3625
Rank	1	2	3	4	5

En base a los resultados obtenidos en función del análisis estadístico realizado, y del comportamiento de cada variable de entrada para la obtención de una tinta líquida con características de viscosidad y fuerza colorante dentro de las especificaciones (tabla 4.5), se proponen las formulaciones de dos tintas, las cuales se observan en las tablas 4.31.



La formulación A propuesta corresponde al ensayo 6 del arreglo ortogonal 6, cuyos resultados obtenidos fueron de 78,69 seg y 125 % de viscosidad y fuerza colorante respectivamente, reportados en la tabla 4.27.

Cabe destacar que el valor de viscosidad se encuentra dentro del rango establecido en la tabla 4.5, pero el valor de fuerza colorante es mayor al límite superior del rango, lo que significa que la fuerza colorante obtenida supera a la estándar en un 25 %, que para efectos de la investigación aporta mejores resultados a los esperados.

La formulación B propuesta corresponde al ensayo 5 del arreglo ortogonal 5, cuyos resultados obtenidos fueron de 47,10 seg y 115 % de viscosidad y fuerza colorante respectivamente, reportados en la Tabla 4.23. Igualmente la fuerza colorante obtenida supera al rango establecido, lo que implica un mayor aporte a la investigación como se mencionó anteriormente.

**TABLA 4.31**  
**FORMULACIONES “A” Y “B” PROPUESTAS**

Materia Prima	Proporción (%)	
	A	B
Alcohol etílico	25	30
Etilenglicol	5	5
Propanol	10	-
Propil acetato	15	15
Nitrocelulosa	30	20

Otro punto importante a considerar como factor en el momento de seleccionar la mejor formulación obtenida, es el costo asociado a las materias primas de la tinta líquida. En la siguiente tabla se muestran los valores económicos referenciales de las materias primas utilizadas.



**TABLA 4.32**  
**VALORES ECONÓMICOS REFERENCIALES DEL COSTO**  
**ADQUISITIVO DE LAS MATERIAS PRIMAS**

<b>Materia Prima</b>	<b>Costos</b> <b>(C<sub>c/u</sub> ± 0,01) BsF/kg</b>
Alcohol Etilico	4,90
Etilenglicol	11,18
Propanol	11,93
Propil Acetato	12,40
Nitrocelulosa	18,02
Pigmento rojo rubine	25,90
Aditivos	11,85

Según los costos de las materias primas y las proporciones de las mismas mostradas en la tabla 4.31, el costo total de la tinta A es de 15,55 BsF/Kg, mientras que el de la propuesta B es de 14,21 BsF/Kg.

En resumen, la combinación de solventes y resina que exhibió los mejores resultados de viscosidad y fuerza colorante comparados con los de la tinta actual fueron los obtenidos según la formulación propuesta “A” mostrada en la Tabla 4.31. No obstante, y tomando en cuenta el costo adquisitivo de la propuesta “B”, además de que los valores de viscosidad y fuerza colorante obtenidos se encuentran dentro del rango, hace que la misma sea la mejor alternativa, por lo cual se selecciona la propuesta B.

#### **4.5 COMPROBACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA TINTA FLEXOGRÁFICA SELECCIONADA EN EL PROCESO DE MEZCLADO A NIVEL DE PLANTA.**

Para la producción a nivel de planta, en el caso de la preparación de la tinta rojo rubine seleccionada (propuesta B), el proceso se inicia con la pesada de la materia prima, para lo cual se utiliza un montacargas para colocar una olla de tamaño industrial sobre una balanza digital y se tara para descartar el peso de la misma (figura 4.14). Seguidamente



se agregó las cantidades de solventes (figura 4.15), resina y aditivos (figura 4.16).según la formulación seleccionada.



**Figura 4.14. Traslado de la olla a la balanza digital**



**Figura 4.15. Adición de solventes**



(a)



(b)

**Figura 4.16. Pesada de la resina (a). Adición de los aditivos (b)**



Luego que el vehículo fue pesado, se trasladó la olla hasta un turbo dispersor Ross de alta velocidad; éste cuenta con una cuchilla de mezclado/dispersión que proporciona una combinación apropiada de acción de bombeo y cizallado/dispersión necesaria para lograr resultados rápidos y consistentes, además que genera menos calor en el producto. El Ross dispersor posee un motor de 30 caballos de fuerza y gira a una velocidad máxima de 1200 rpm, el mismo se muestra en la figura 4.17.

Una vez colocada la olla en el turbo dispersor, el equipo se enciende para mezclar por 15 minutos al vehículo antes de agregar el pigmento. Transcurrido este tiempo se agregó el pigmento (figura 4.18) y la mezcla se mantuvo en dispersión durante 45 minutos. En este proceso existen cuatro etapas inseparables, que dependen unas de las otras y ocurren más o menos simultáneamente. En la primera etapa se debe reducir el tamaño de la partícula, seguidamente viene la etapa de humectación donde se debe reemplazar las interfaces pigmento-humedad y pigmento-aire por pigmento-vehículo. En la figura 4.19 se muestra el proceso de dispersión de la base.

Finalmente si el proceso de dispersión se realizó exitosamente, cada partícula de pigmento habrá sido completamente humectada por el medio y se inicia la estabilización.



(a)



(b)

**Figura 4.17. Vista de lado del turbo dispersor (a). Cuchilla del Ross (b)**



**Figura 4.18. Adición del pigmento en la etapa de dispersión**



**Figura 4.19. Dispersión de la base**

Durante la etapa de dispersión se tomó alternadamente la temperatura de la base en lapsos de tiempos de 15 minutos como se muestra en la figura 4.20, con el fin de contabilizar la fluctuación de la misma debido a que ésta tiene un efecto considerable sobre la viscosidad; aunque este efecto depende del tipo y color de la tinta, es una variable importante porque la tinta tiende a calentarse después que ha estado en una fuente por algún período de tiempo.



**Figura 4.20. Medición de la temperatura en la prueba piloto**

Para poder realizar la prueba en la planta inicialmente se tuvo que hacer una prueba a nivel de banco, mostrada en la figura 4.21, para verificar la temperatura máxima que podía alcanzar la tinta, y posteriormente realizarle las pruebas de calidad y determinar si las propiedades se mantuvieron, de esta forma si los resultados eran negativos no se perdía una cantidad elevada de materia prima. La temperatura máxima alcanzada fue de 55 °C, para la cual los análisis de viscosidad y fuerza colorante resultaron fuera de los rangos establecidos, posiblemente por evaporación de solvente y por tixotropía como se cita en el capítulo II. La viscosidad de un líquido tixotrópico decrece al incrementar la rata de cizalladura o de velocidad de agitación.



**Figura 4.21. Proceso de dispersión a nivel de banco**



Por la prueba a nivel de banco se pudo establecer una temperatura máxima de 50 °C. Al realizar la prueba piloto se obtuvieron temperaturas de 27, 33 y 44 °C para la primera, segunda y tercera medida respectivamente, para este caso las propiedades de la tinta si se mantuvieron, por lo que se estableció un rango de temperatura entre 30 y 50 °C.

Una vez terminado el proceso de dispersión y establecido el rango de temperatura, la olla es pasada a la etapa de molienda. En la planta existen dos tipos de molinos, uno de microesferas horizontal (figuras 4.22 y 4.23) y otro de piedra (4.24); el molino utilizado para la prueba fue el de microesferas, el cual está conformado por un motor que hace que gire el eje principal (figura 4.25), una bomba para transportar la base hasta el molino y un enchaquetado de enfriamiento con agua, para controlar la temperatura dentro del mismo.

En la etapa de molienda (figura 4.26) se estableció en el controlador del molino la temperatura máxima y también se monitoreó la fluctuación de la misma, la cual se mantuvo oscilando entre 42 y 45 °C, dichos valores se encuentran dentro del rango de temperaturas acordado.

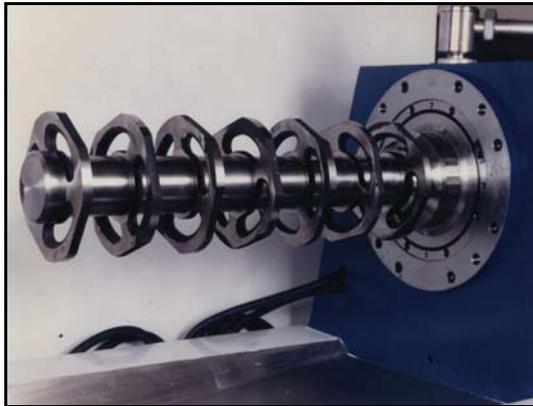


(a)



(b)

**Figura 4.22. Molino microesferas. (a) vista de frente, (b) Vista posterior,**



(c)



(d)

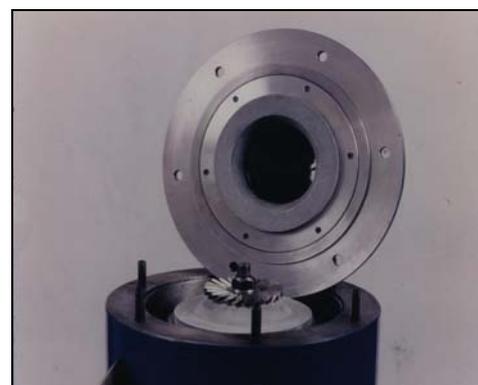
Figura 4.22. (c) Eje principal del molino, (d) Termómetro del molino (Continuación)



Figura 4.23. Microesferas



(a)



(b)

Figura 4.24. Molino de piedra (a). Cuba del molino de piedra (b)



(a)



(b)

**Figura 4.25. Lazo de la olla con el molino (a). Motor del molino (b)**



**Figura 4.26. Proceso de Molienda**

En resumen se tiene que la prueba de dispersión realizada a nivel banco alcanzó una temperatura máxima de 55 °C para la cual los análisis de calidad resultaron fuera de parámetros. En la prueba a escala piloto se mantuvo una temperatura de 50 °C y para este caso los análisis si estuvieron dentro de los parámetros acordados por la empresa, de este modo se estableció que el rango de temperatura en el cual se obtienen resultados dentro de las especificaciones de la empresa es de 30 a 50 °C.



#### 4.6 EVALUACIÓN DE LA ESTABILIDAD DE LA TINTA FLEXOGRÁFICA SELECCIONADA EN EL TIEMPO

Durante el tiempo de estudio de estabilidad de la tinta seleccionada B, se le realizaron semanalmente pruebas de calidad como finura, brillo, viscosidad y fuerza colorante a la tinta final producida como se muestra en la tabla 4.34, estas pruebas se fueron comparando unas con otras, con el fin de verificar la estabilidad de la tinta en el tiempo.

**TABLA 4.33**  
**PRUEBAS DE CALIDAD PARA EL ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD EN EL TIEMPO DE LA TINTA PROPUESTA B**

<b>Pruebas</b>	<b>Semana 0</b>	<b>Semana 1</b>	<b>Semana 2</b>	<b>Semana 3</b>	<b>Semana 4</b>
<b>Temperatura (<math>T \pm 0,5</math>) °C</b>	25,0	26,0	26,5	24,0	25,0
<b>Finura</b>	Aprobado	Aprobado	Aprobado	Aprobado	Aprobado
<b>Brillo</b>	Aprobado	Aprobado	Aprobado	Aprobado	Aprobado
<b>Viscosidad (<math>\mu \pm 0,01</math>) seg</b>	47,10	47,83	49,20	49,60	49,98
<b>Fuerza colorante (<math>F_c \pm 1</math>) %</b>	115	114	114	114	114

En la realización de los análisis se observaron pequeños cambios en algunas de las propiedades de la tinta. Como se puede observar en la Tabla 4.33 la temperatura de la tinta tuvo una fluctuación baja entre 25,0 y 26,5 °C, esto se debe a cambios de las condiciones ambientales en la cual se encontraba expuesta la tinta, sin embargo fue suficiente para que existieran cambios en cuanto a la viscosidad.



El cambio de temperatura ocasionó la evaporación de solventes aumentando la viscosidad; hay que tomar en cuenta que la viscosidad es usada como un método para controlar la composición y la operación de las tintas, pero no para determinar el desempeño de ellas en la impresora, por esta razón la fuerza colorante varió solo en una unidad. La viscosidad debería entonces ser medida y mantenida por adición de solvente para reponer las pérdidas por evaporación.

Aún cuando hubo pequeños cambios en las propiedades de la tinta, ésta siempre se mantuvo dentro de los rangos establecidos, por lo que podemos decir que si mantiene una estabilidad a través del tiempo.

#### **4.7 REALIZACIÓN DE UN ESTUDIO COSTO-BENEFICIO DE LA TINTA FLEXOGRÁFICA SELECCIONADA**

Para la realización del análisis económico se cotizaron los costos de las materias primas involucradas en el proceso de producción de la tinta rojo rubine (propuesta B), tanto para la formulación actual como para las propuestas; para ello se establecieron los costos de producción de cada una de las tintas terminadas, considerando que los costos fijos asociados a depreciación, financiamiento y amortización para la ejecución del proyecto son inalterables y a su vez un valor constante para efecto de los cálculos.

Los costos variables toman en cuenta los costos operativos, estos incluyen los costos en cuanto a mano de obra y producción además de los gastos generales que comprenden costos por maquinaria y equipos, costos de arrendamiento, transporte y mantenimiento de vehículos, seguro de fábrica servicio controlado y gastos de servicios como luz, agua y teléfono entre otros.

En este sentido, los costos asociados a la materia prima son los únicos que se tomaron en cuenta para la determinación de la relación costo-beneficio como se muestra en la Tablas 4.35.



**TABLA 4.34**  
**COMPARACIÓN DE COSTOS DE MATERIA PRIMA PARA LA FORMULACIÓN**  
**ACTUAL Y LA PROPUESTA, EN LA PRODUCCIÓN DE LA TINTA**  
**LÍQUIDA ROJO RUBINE EN LA EMPRESA QUIMITEC C.A.**

Materia Prima	Costos de la tinta ( $C_t \pm 0,01$ ) BsF/kg	
	Actual	Propuesta B
Alcohol Etilico	0,54	1,69
Etilenglicol	-	0,45
Propanol	1,13	-
Propil Acetato	0,79	1,09
Nitrocelulosa	8,11	3,60
Pigmento	6,48	6,48
Aditivos	0,36	0,36

Fuente: Quimitec C.A., 2008

A continuación se presenta en la tabla 4.36 la comparación costo-beneficio para la tinta estándar y la formulación propuesta. En el Apéndice F se encuentran los cálculos que sustentan estos resultados.

**TABLA 4.35**  
**VALORES PARA LA RELACIÓN COSTO-BENEFICIO PARA LA FORMULACIÓN**  
**ACTUAL Y LAS FORMULACIONES PROPUESTAS DE LA**  
**TINTA LÍQUIDA ROJO RUBINE**

	Formulación Actual	Propuesta "B"
Costos variables (BsF/kg)	17,40	14,21
Precio de venta (BsF/kg)	21,00	21,00
Beneficio (BsF/kg)	3,60	6,80
Relación Costo-Beneficio (%)	483,49	209,05



Analizando los resultados de la tabla anterior se puede concluir que la aplicación de la propuestas es completamente beneficioso para la empresa, debido a que la relación costo-beneficio es más baja que la de la tinta actual lo que determina una mejor solución; además se ahorrarían un 18,37 % en cuanto a los costos de producción.



# CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



## CONCLUSIONES

De acuerdo a los objetivos planteados y en función de los resultados obtenidos en el desarrollo del trabajo, se muestran a continuación las conclusiones en la evaluación de los efectos producidos por los solventes en el acabado final de la tinta rojo rubine.

1. Los factores de mayor incidencia en el proceso de análisis del pigmento rojo rubine en el departamento de control de calidad de la empresa, son el tono y la gravimetría con un 63,3 y 26,7% respectivamente.
2. Las propiedades que aporta la resina en el acabado final de la tinta es la viscosidad y el brillo, según el resultado de la encuesta.
3. Las propiedades que comúnmente se encuentran fuera del rango en la tinta líquida es la fuerza colorante, viscosidad, brillo y molienda, según el diagnóstico realizado.
4. Las variables de mayor interés en la caracterización de la tinta actual y que sirvió de comparación a los posteriores análisis fueron las viscosidad y la fuerza colorante.
5. La destreza para elaborar los análisis específicos de calidad son de vital importancia para poder obtener resultados confiables.
6. La viscosidad de la tinta líquida actual es de  $(129,24 \pm 0,01)$  seg y la fuerza colorante es de  $(100 \pm 1)$  %, los cuales fueron los valores estándar para posteriores comparaciones.
7. Los solventes utilizados para la producción de la tinta poseen fuerzas intermoleculares muy similares, por lo cual esta propiedad no fue concluyente para la elección de los mismos.



8. Los solventes elegidos para realizar las diferentes combinaciones son el alcohol etílico, acetato de etilo, etilenglicol, propanol, propil acetato y butanol.
9. La resina con mayor afinidad según sus fuerzas intermoleculares para las formulaciones de la tinta rojo rubine es la Nitrocelulosa.
10. El tipo y la proporción de solvente utilizado, así como también la proporción de la resina son las variables de entrada que afectan directamente las propiedades de las tintas.
11. Para todos los arreglos ortogonales realizados se obtuvo que la resina influye notablemente sobre la viscosidad, a menor cantidad de resina la viscosidad disminuye.
12. El análisis de varianza para los arreglos realizados demuestran que la medida de la viscosidad esta determina por la cantidad de resina, ya que se obtuvieron valores estadísticos “p” menores a 0,05.
13. El análisis de varianza para la fuerza colorante evidenció que ninguna de las variables de entrada tuvo alguna incidencia sobre la misma.
14. Según la relación señal/ruido la resina fue la variable que perturbó en menor proporción los valores de viscosidad en todas las corridas realizadas.
15. La formulación seleccionada según la calidad y costo de las materias primas es la propuesta B.
16. Aún cuando la propuesta A posee mayor fuerza colorante es descartada por ser 1,34 BsF más costosa que la propuesta B.



17. El etilenglicol, propil acetato y alcohol etílico son los solventes que le imprimen a la tinta líquida las características necesarias para cumplir con los requisitos de control de calidad.
18. El alcohol etílico es el solvente que proporcionó menor relación señal/ruido para la mayoría de las corridas realizadas.
19. El proceso de dispersión en planta provoca sobrecalentamiento de la tinta ocasionando la evaporación del solvente.
20. La temperatura máxima a la que debe llegar la tinta en el proceso de dispersión es de 50 °C, a fin de mantener sus propiedades.
21. El rango de temperatura donde se recomienda obtener buenos resultados en el proceso de dispersión es de 30 a 50 °C.
22. El tiempo del proceso de dispersión y molienda son determinantes para el desarrollo de la fuerza colorante del pigmento.
23. La viscosidad controla la composición y operación de la tinta pudiendo ser ajustado con solventes.
24. Aún con pequeños cambios de temperatura (2,5 °C) la tinta flexográfica propuesta mantiene sus propiedades a través del tiempo.
25. La relación costo-beneficio de la propuesta B es de 209,05%, siendo menor a la de la formulación actual de 483,49 %.
26. El ahorro en costos de producción si se utiliza la propuesta B es de 18,37%



## RECOMENDACIONES

En todas las empresas existen cosas que mejorar, para obtener un desarrollo continuo y ofrecer productos de mayor calidad. Luego de la realización de la presente investigación se recomienda:

1. Elaborar los manuales de funcionamiento de todos los equipos utilizados para el proceso de fabricación de la tinta.
2. Emplear sistemas de medición y control más adecuados para los procesos de planta a fin de obtener mejores resultados en su funcionamiento.
3. Instalar equipos de medición y control de la viscosidad y temperatura de la tinta líquida en todos los equipos de dispersión.
4. Implementar la propuesta realizada en la presente investigación, con la finalidad de mejorar el desempeño del pigmento, y obtener mayor porcentaje de ganancia.
5. Realizar un estudio donde se varíe el tiempo de dispersión para verificar si la tinta cumple con las especificaciones mínimas de calidad y así obtener un porcentaje de ahorro mayor.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adams, L. (2004). Estudio crítico de los distintos enfoques al problema de diseños de parámetros. [Página Web en línea]. Disponible <http://www.tesisexarxa.net/TDX-0727104-091313> [Consulta: 2008, Agosto 28].
- Alvarado, D. y Mora, N. (2001). Evaluación técnica para la selección de solventes en diversas aplicaciones industriales. Trabajo de grado no publicado. Universidad de Carabobo, Valencia.
- Amiuny, A. (2008). Factibilidad de la sustitución de una resina alquídica usada en la elaboración de un fondo negro de alto desempeño aplicado a sustrato metálico. Trabajo de grado no publicado. Universidad de Carabobo.
- Anderson, D. (1999). Estadística para Administración y Economía. (7<sup>a</sup> ed.). International Thomson Editores. Santa María la Ribera, México.
- Determinación de viscosidad en copa. Norma ASTM N° 3794.
- Beaudet, N. y Gilbert, S. (1990). Flexografía. Principios y prácticas. Capítulo IX. (4<sup>a</sup> ed.). Estados Unidos: Flexographic Technical Association, Inc.
- Castellanos, M. (2006). Evaluación de la etapa redox en la síntesis de un polímero acrílico estirenado para eliminar su opacidad y falta de brillo. Trabajo de grado no publicado. Universidad de Carabobo.
- Cole, K. (2007). Printability and environmental testing using silver-based conductive flexographic ink printed on a polyamide substrate [Resumen en línea]. Trabajo de grado de maestría no publicado. Instituto Tecnológico Rochester, Nueva



York. Disponible: <http://ritdml.rit.edu/dspace/handle/1850/4490> [Consulta: 2008, Febrero 16].

Colton, J. (1990). Flexografía. Principios y prácticas. Capítulo II. (4ª ed.). Estados Unidos: Flexographic Technical Association, Inc.

Concentraciones ambientales permisibles de sustancias químicas en lugares de trabajo e índices biológicos de exposición. Norma COVENIN N° 2253-97:

Conde, R. (2003). Estandarización de dispersión de pigmento para mejorar el proceso de igualación de colores en la producción de pintura automotriz por método vectorial. Trabajo de grado no publicado. Universidad de Carabobo.

Cook, B. (2007). The Effects of Ink Viscosity of Water-Based Inks on Print Quality in Flexographic Printing [Resumen en línea]. Trabajo de grado de maestría no publicado. Universidad de Clemson, Carolina del Sur. Disponible: <http://graphics.clemson.edu/itc/research.htm> [Consulta: 2008, Febrero 16].

Cote, P. (1990). Flexografía. Principios y prácticas. Capítulo XI. (4ª ed.). Estados Unidos: Flexographic Technical Association, Inc.

Denis, H. (2007). Mejoramiento en el proceso de pintado automotriz para sustratos plásticos para productos desarrollados en la empresa DuPont Performance Coatings Venezuela, C.A. Trabajo de grado no publicado. Universidad de Carabobo.

Design of experiments overview handbook (1994). Council for Continuous Improvement. Editorial PANORAMA, México.

Determinación del grado de dispersión del sistema pigmento vehículo. Norma COVENIN N° 1580-96:



- Edaplan (2005). Dispersantes poliméricos. Münzing Chemie GMBH, NY, USA. [Documento en línea]. Disponible: [http://www.munzing-chemie.com/pdf/fcs\\_dispergier\\_edaplan\\_sp.pdf](http://www.munzing-chemie.com/pdf/fcs_dispergier_edaplan_sp.pdf). [Consulta; 2008, Junio, 16].
- Fourcade, R. (2004). Mejora de la dispersión del pigmento negro de humo en el solvente utilizado para la fabricación de tinta negra para la impresión de periódicos. Trabajo de grado de maestría no publicado. Universidad de Carabobo.
- Fraser, I. Niven, S. y Wilcox, J. (2005). Organic solvent-based printing inks. [Documento en línea]. Corporación Ciba de especialidades químicas. Tarrytown, Nueva York. Disponible: <http://www.wipo.int/pctdb/en/wo.jsp?wo=2004013237> [Consulta: 2007, Febrero 16].
- Hendrik, V. (2006). Evaluación y diseño de un sistema de distribución de solventes en la empresa Montana Gráfica. Trabajo de grado no publicado. Universidad de Carabobo, Valencia.
- Ivisky, M. (2007). Introducción a la teoría de costos. [Página Web en línea]. Disponible: <http://www.monografias.com/trabajos4/costos/costos.shtml> [Consulta: 2008, Agosto 31].
- Kirck, R. y Othmer, D., (1998). Enciclopedia of Chemical Tecnology, editorial Jhon Wiley & Son, 4ª Edición, NY, USA.
- Marcano, D. y Cortés, L. (1998). Fundamentos de Química Orgánica. Ediciones Vicerectorado Académico – UCV. Caracas, Venezuela.
- Martínez, M. (2003). Desarrollo de un pigmento rojo Rubine C.I. 57:1 estable en medio acuoso. Trabajo de grado no publicado. Universidad de Carabobo, Valencia.



- Materiales inflamables y combustibles. Almacenamiento y manipulación. Parte 1: Líquidos. Norma COVENIN N° 2239-1-91.
- Montgomery, D. C. (1991). "Diseño y Análisis de Experimentos". Grupo Editorial Iberoamericana, S.A. México.
- Olsson, R. (2007). Some aspects on Flexographic ink-paper and paperboard coating Interaction [Documento en línea]. Facultad Ingeniería Química, Ciencia y Tecnología de la Universidad Karlstad, Suecia. Disponible: <http://www.diva-portal.org/kau/theses/abstract.xsql?lang=sv&dbid=1218> [Consulta: 2007, Diciembre 03].
- Oropeza, E. (2005). Evaluación y mejoramiento del sistema de producción de tintas líquidas. Trabajo de grado no publicado. Universidad de Carabobo, Valencia.
- Parker, L. (1976). "Tecnología de los recubrimientos de superficies". (2ª ed.). Editorial Limusa. Barcelona, España.
- Patton, T. C. (1979). Paint flow and pigment dispersion. John Wiley and Sons. NY, USA.
- Seminario de control de Color (1999). Datacolor Internacional.
- Sheldom, H. (1990). Flexografía. Principios y prácticas. Capítulo I. (4ª ed.). Estados Unidos: Flexographic Technical Association, Inc.
- Singer, S. (1990). Flexografía. Principios y prácticas. Capítulo VII. (4ª ed.). Estados Unidos: Flexographic Technical Association, Inc.
- Tamayo, M. (2003). El proceso de la investigación científica. (4ª ed.). Editorial Limusa. México D.F., México.
- Ventilación en lugares de trabajo. Norma COVENIN N° 2250-90.



X-Rite Incorporated (2002). Guía para entender la comunicación del color. Michigan, USA.

Yacuzzi (2000). El diseño experimental y los Métodos Taguchi. (4<sup>a</sup> ed.). Editorial Limusa. México D.F., México.



# APÉNDICE A

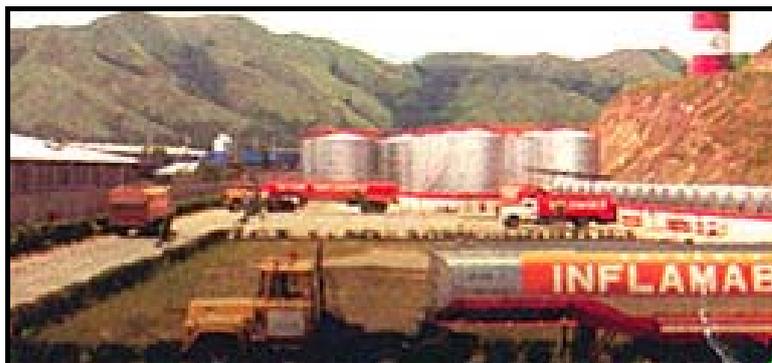


**APÉNDICE A**  
**VISITAS A LOS PROVEEDORES DE LAS MATERIAS PRIMAS**

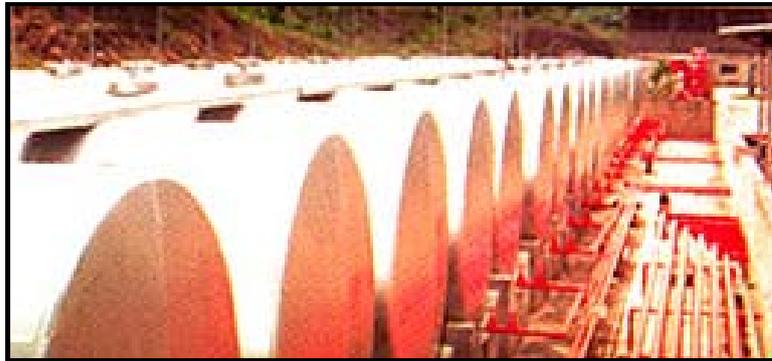
**Visita a la empresa distribuidora de solventes Productos Central C.A.**



**Figura A.1. Tanques de almacenamiento de los solventes**



**Figura A.2. Área de almacenamiento**



**Figura A.3. Líneas de abastecimiento de los diversos solventes**



**Figura A.4. Área de distribución de los solventes**



**Visita a la empresa C.A. Venezolana de Pigmentos (Cavenpi)**



**Figura A.5. Filtros prensa**



**Figura A.6. Pigmento rojo rubine húmedo**



**Figura A.7. Secadores**



**Figura A.8. Molienda**



**Figura A.9. Área de molienda y llenado de Big Bags**



**Figura A.10. Almacenamiento del pigmento en Big Bags**



**Figura A.11. Área de almacenamiento de los pigmentos**



# APÉNDICE B



## APÉNDICE B

### FICHAS TÉCNICAS DE LAS MATERIAS PRIMAS



RIF.: J - 07523038 - 8

*Supervisiones e Inspecciones Venezuela S.A.*  
**(Sivenca)**

TORRE EJECUTIVA, PISO 11, CALLE VALENCIA.  
TELÉFONOS: (0242) 3612057 - 3610427 - 3610243 - 3615856 - FAX: 3615497  
APARTADO 386 - PUERTO CABELLO - 2024, VENEZUELA  
E - MAIL: sivenca-venezuela@cantv.net

**TO: PRODUCTOS CENTRAL, C.A.**  
**Guacara, Edo Carabobo.-**

**REPORT OF ANALYSIS No. 07-2975**

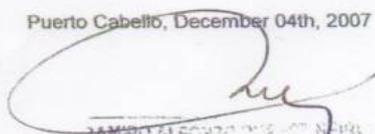
Vessel : m.t. " PANAM CELESTE"  
 Installation : VOPAK Venezuela, S.A., Puerto Cabello.-  
 Product, Said to be : ISOPROPYL ALCOHOL  
 Client Name : PRODUCTOS CENTRAL, C.A. Guacara.-  
 Sample Date : December 01st, 2007

Samples taken in connection with the discharge operation, results as follows:

TEST	METHOD ASIM	RESULTS			
		SHIP'S TANKS		SHORE'S TANKS	
		Nº 5-CENTER	SLOPPING	500/25	500/35
Appearance (25 °C)	D-4176	(*)	(*)	(*)	(*)
Colour, Hazen	D-1209	5	5	5	5
Density, 15.56 °C	D-1298	0.7883		0.7883	0.7883
Karl Fischer, Water (WT %)	D-1364	0.013	0.024	0.013	0.020
Distillation, °C	D-1078				
I.B.P.		82.0		82.0	82.0
D.P.		82.4		82.4	82.4

**NOTE:** This samples will be retained by us during one month.  
 (\*) Clear, bright and free of visible particulate matter.

Puerto Cabello, December 04th, 2007



**JAMARO ALONSO**  
 Inspector de Petróleo, Gas y GNL  
 Inscrito en el Ministerio de Energía y  
 Superintendencia de Seguridad

This inspection has been carried out to the best of our knowledge and our responsibility is limited to the exercise of *rsyca* *lab* *care*.



**A Member Of THE OTI INTERNATIONAL Group - USA**  
 WORLDWIDE INSPECTORS OF PETROLEUM AND PETROCHEMICALS.  
 MINERALS. FOOD AND ALLIED PRODUCTS - DRAFT SURVEY - TANK CALIBRATION  
 QUALITY - QUANTITY - SAMPLING - LABORATORY AND CONSULTANT SERVICES

15.01.2002

**Figura B.1. Ficha técnica del alcohol isopropílico**

Fuente: Productos Central C.A.



01/01 2008 18:30 FAX 3815497 SIVENCA 002



RIF.: J - 07523038 - B

*Supervisiones e Inspecciones Venezuela C.A.*  
(Sivenca)

TORRE EJECUTIVA, PISO 11, CALLE VALENCIA,  
TELEFONOS: 0242) 3812087 - 3810427 - 3810243 - 3818098 - FAX: 3815497  
APARTADO 388 - PUERTO CABELLO - 2024, VENEZUELA  
E - MAIL: sivenca-venezuela@ontv.net

TO: PETROQUIMICA DE VENEZUELA, S.A. "PEQUIVEN"  
Merón, Edo Carabobo.-

**REPORT OF ANALYSIS No. 08-2028**

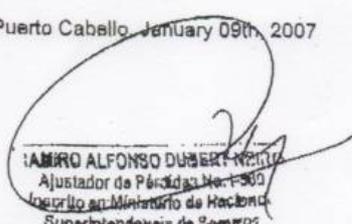
Vessel : mt " JOSE STREAM "  
Installation : Puerto Borburata, Venezuela.-  
Product, Said to be : METHANOL  
Client Name : PETROQUIMICA DE VENEZUELA, S.A. "PEQUIVEN"  
Sample Date : January 09th, 2008,

Samples taken in connection with the discharge, results as follows:

TEST	METHOD	RESULTS
		SHORE TANK Nº 19
Appearance (25 °C)	D-4176	(*)
Colour, Hazen	D-1209	5
Density, 15.56 °C	D-1298	0.7949
Karl Fischer, Water (WT %)	D-1364	0.045
Distillation, °C	D-1078	
I.B.P.		64.4
D.P.		65.0
Permanganate Time (Minutes)	D-1363	>60

**NOTE:** These samples will be retained by us during one month.  
(\*) Clear, bright and free of visible particulate matter.

Puerto Cabello, January 09th, 2007



AMIRO ALFONSO DUBERT  
Ajustador de Pérdidas No. F-900  
Inscrito en Ministerio de Hacienda  
Superintendencia de Seguros

This inspection has been carried out to the best of our knowledge and our responsibility is limited to the exercise of reasonable care.



**WORLDWIDE INSPECTORS OF PETROLEUM AND PETROCHEMICALS.**  
MINERALS. FOOD AND ALLIED PRODUCTS - DRAFT SURVEY - TANK CALIBRATION

15.01.2002

Figura B.2. Ficha técnica del metanol

Fuente: Productos Central C.A.



**CENTRAL**

### CERTIFICADO DE ANALISIS

PRODUCTO: ALCOHOL ETÍLICO F-2		CÓDIGO: 018-0010	Nro. LOTE: 080314	FECHA: 03/04/08
CLIENTE:			CANTIDAD: GRANEL	
ANÁLISIS	UNIDAD	MÉTODOS	RESULTADOS	ESPECIFICACIONES
FUERZA REAL GRADO ALCOHOLÍMETRO	°GL		96.10	MIN. 96.0 – MAX. 96.3
PH (20 °C)	°C		7.12	MIN. 7.0 – MAX. 9.0
DENSIDAD (20/20)	g/ml		0.8184	MIN. 0.7900
SENSORIALES:				
OLOR	Adimensional		CARACTERISTICO	
ASPECTO			LIQUIDO INCOLORO	
SABOR			CARACTERISTICO	

OBSERVACIONES: Agente desnaturalizante Alcohol Butílico Terciario 0.125 / Lts. 100 Lts. A.A.

---

ELABORADO POR: \_\_\_\_\_ APROBADO POR: \_\_\_\_\_

---

Carretera Nacional Guacara-San Joaquín Sector Pruinca-Cerro del Medio Guacara .Edo. Carabobo Tlf.: (0245) 5640762 – 5640215 Tele fax (0245) 5642518  
Revisión: 2 Agosto 2.006 F02-P11

**Figura B.3. Ficha técnica del alcohol etílico**

Fuente: Productos Central C.A.





**Refinería El Palito**  
**GERENCIA TECNICA**  
**CERTIFICADO DE CALIDAD**

Fecha : 18/02/2008  
Hora : 10:57:49 pm

---

Certificado # 1488

Producto : Tolueno

---

Cliente : Mercado Interno.	Muestra : L08009643
Buque :	Muestreo : 18/02/2008 21:15
Tipo Cert : Certificar	Tanque : 10x3

---

Norma Covenin: 662:1998(Rev4)

ANALISIS	COVENIN/METODOS	RESULTADOS	ESPECIFICACIONES MIN - MAX
GRV ESPECIFICA	3401 ASTM D4052	0,8718	.8690 .8730
DENSIDAD 60F	3401 ASTM D4052	0,8714	.8681 .8721
COLOR Co-Pt	ASTM D1209	5	20
CORROSION (Cu)	ASTM D 849	1a	
DESTILACION oC D-850	ASTM D 850	110,3	
PIE	ASTM D 850	110,7	
5% Vol	ASTM D 850	110,7	
10% Vol	ASTM D 850	110,7	
20% Vol	ASTM D 850	110,7	
30% Vol	ASTM D 850	110,7	
40% Vol	ASTM D 850	110,7	
50% Vol	ASTM D 850	110,7	
60% Vol	ASTM D 850	110,6	
70% Vol	ASTM D 850	110,6	
80% Vol	ASTM D 850	110,6	
90% Vol	ASTM D 850	110,6	
95% Vol	ASTM D 850	110,7	
RECOBRADO	ASTM D 850	96,0	
PUNTO SECO	ASTM D 850	110,8	
RANGO DESTIL	ASTM D 850	0,5	1.0
COLOR L. ACIDO	ASTM D848	<1	<2, <1,1
IMPUREZAS EN TOLUEN	NO AROMATICOS	0,00	7000.0
	BENCENO	72,00	
	TOLUENO	99,98	99.300
	o-BENCENO	207,50	
	m-XILENO	102,10	
	p-XILENO	81,30	
	o-XILENO	6,40	
	AROMAT. C9+	0,00	
AGUA x COULUMETRIA	AGUA x COULOMC	144,20	
ACIDEZ (Solvente Titul.)	ACD,mgNaOH/100g	No Detec.	
S Total Sievers ppmS		0,20	
S TOTAL SIEVERS pppm	ASTM D 5623	0,20	2.0

---

\* Resultados de muestra puntual de la semana. Muestra # :

Impreso por : LUIS GIL

  
 Supervisor de Turno

Figura B.4. Ficha técnica del tolueno

Fuente: Productos Central C.A.



FROM : SGS, VENEZUELA, PT8CA... L. PHONE NO. : 842 610253 Feb. 20 2008 10:45AM P2

**SGS**

Clients: PEQUIVEN, S.A. Sheet Nº.: 02/12

Ship: Clipper Caribe  
 Cargo: MIXED XYLENE  
 Port: Borburata, Venezuela  
 Report No.: OGC/PC/252960/08  
 Date: February, 07th, 2008

**QUALITY REPORT  
 NON-SGS LABORATORY ATTENDANCE\***

SAMPLE SOURCE: FROM SHORE TANKS AT UPPER, MIDDLE AND LOWER LEVELS  
 DRAWN BY: SGSL PERSONNEL WITNESSED BY SGS

SAMPLING DATE : 03/02/2008 07/02/2008 04/02/2008  
 ANALYSIS DATE : 04/02/2008 07/02/2008 05/02/2008

Test	Method Astm	Spec Min./Max.	Results		
			Shore TK. No. 1 Before Discharged	Ships 8 Stbd	Shore TK. No.1 After Discharged
Appearance (25 C)	D-4178	N/A	(*)	(*)	(*)
Colour, Hazen	D-1209	N/A	5	5	5
Density 15.56 C	D-1298	N/A	0,8698	0,8690	0,8690
Distillation, C	D-1078				
IBP		N/A	138,0	137,5	137,0
DP		N/A	140,0	140,0	141,0

(\*) Clear, bright and free of visible particular matter

Note : this samples will be retained during one month

ANALYSIS CARRIED OUT BY: LABORATORY STAFF IN PDVSA'S LABORATORY  
 SGS ATTENDED DURING TESTING: YES / D. NAVA

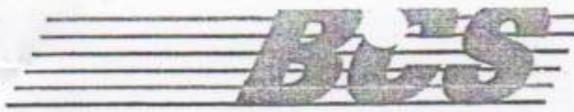
\*COMMONLY REFERRED TO AS "WITNESSING" BY THE INDUSTRY

THE RESPONSIBILITY OF SGS OIL, GAS & CHEMICALS SERVICES IS LIMITED TO AN OGC OIL, GAS & CHEMICALS SERVICES REPRESENTATIVE ATTENDING DURING THE TESTING AND ASCERTAINING THAT IN OUR OPINION, THE TESTS ARE CARRIED OUT ON THE CORRECT SAMPLE. ALL APPARATUS, INSTRUMENTATION AND MEASURING DEVICES ARE ASSUMED TO BE IN CALIBRATION AND GOOD WORKING ORDER. RESIDENTS AND EVALUATION ARE MEMBER OF THE SGS GROUP.

Figura B.5. Ficha técnica del xileno

Fuente: Productos Central C.A.





221 Boston Post Road East, Suite 230  
 Marlborough, MA 01752  
 Phone: (508) 480-6720  
 Fax: (508) 480-8712

---

**CERTIFICATE of ANALYSIS**

---

**TO:**  
 Productos Central, C.A.  
 Carretera Nacional Guacara - San Joaquin  
 Guacara, Edo. Carabobo, Venezuela

COPY

**DATE:** 12-Feb-08

**PRODUCT:** N-Propyl Acetate

**PO NUMBER:** BCS o/n 574981

**SHIP VIA:** Vessel "MSC Peggy VV89A"

**BATCH NO.:** 012308

Characteristic	Results	Lower	Upper
Production Date	1/21/08		
Visual Color, pcs	5		5
Appearance	Passes		
Refractive Index @ 25°C	1.382	1.380	1.384
Water, %	0.0057		0.0500
Non-volatile Matter, g/200mL	0.004		0.005
Initial Boiling Point, C	100.9	99.0	
Dry Point, C	102.1		103.0
Specific Gravity @ 20/20°C	0.890	0.885	0.890
n-Propyl Alcohol, %	0.269		0.500
n-Propyl Acetate, %	99.72	99.50	
Acetic Acid, %	0.0010		0.0100

Basic Chemical Solutions, LLC  
 221 Boston Post Road East #230  
 Marlborough, MA 01752 USA

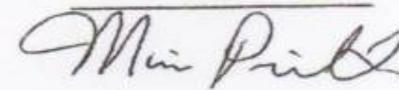


Figura B.6. Ficha técnica del propil acetato

Fuente: Productos Central C.A.





**Premium Business Overseas, Corp.**  
**1792 BELL TOWER LANE**  
**WESTON, FLORIDA 33326**

**To:** **PRODUCTOS CENTRAL, C.A.**  
 Carretera Nacional Guacara-San Joaquin-Sector Pruinca  
 Cerro del Medio. Apartado de Correos 121.  
 Guacara Edo. Carabobo

**Attn:** Roberto Benavides

**Date:** June 1, 2007

**Invoice Number:** 73962

**CERTIFICATE OF ANALYSIS**

**Lot Number:** 4505170701-2H

N-PROPANOL

Characteristics	Value	Lower Limit	Upper limit
Production Date:	05/07/2007		
Acidity as Acetic Acid, w%:	0.001		0.002
Appearance, P/F:	Passes		
Color, PTCO:	2		5
Propionaldehyde, ppm:	9		50
n-Propanol, W%:	99.992	99.80	
Specific Gravity @20/20 C	0.8051	0.8040	0.8070
Water, W%:	0.020		0.100

PROCENCA  
 1-2007-04/08  
 1/UP

PREMIUM BUSINESS OVERSEAS CORP.

*yay*

117

Figura B.7. Ficha técnica del propanol

Fuente: Productos Central C.A.



DE : TRANSPORTES INOXIDABLES LTDA NO. DE TEL : 621 4748 17 MAR. 2007 03:46PM P2

GERENCIA COMPLEJO BARRANCABERMEJA  
COORDINACION INSPECCION DE CALIDAD  
Reporte de resultados de ensayo de laboratorio

15/03/2007 03:00:10 p.m.



Producto: HEXANO  
Número de muestra: 202 016 913  
Fecha de Vo.Bo: 23-02-2007 12:28 03  
Almacenamiento: K0872 Vo Bo: SI

ANALISIS	UNIDAD	RESULTADO	ESPECIFICACION	METODO
COLOR SAYBOLT	N/A	+30	25 MINIMO	ASTM D 156
CORROSION LAMINA COBRE	CLASIFICACION	1A	1 MAXIMO	ASTM D 130
AROMATICOS TOTALES	g/100g	0.03	0.05 MAXIMO	UOP 555
DESTILACION				
PTO INICIAL DE EBULLICION	°C	62.5	60 MINIMO	ASTM D 1078
PUNTO SECO	°C	69.5	71.1 MAXIMO	
DENSIDAD A 15 °C	kg/m <sup>3</sup>	689.40	REPORTAR	ASTM D 4052
MATERIA NO VOLATIL	mp/ 00mL	0.5	1 MAXIMO	ASTM D 1353
NUMERO DE BROMO	g Br/100g	2.18	6 MAXIMO	ASTM D 1159
ENSAYO DOCTOR	N/A	PASA		ASTM D 235
PRESSION DE VAPOR (METODO MINI REID)				
PRESSION DE VAPOR MINI REID	kPa	41.4	REPORTAR	ASTM D 5191
PRESSION DE VAPOR MINI REID	psi	6	REPORTAR	
VISTO BUENO TANQUES				
COMENTARIO	N/A	NINGUNO	REPORTAR	VISTO BUENO
VoBo	N/A	SI	REPORTAR	

N/A, No Aplica Comentario: NINGUNO

VoBo. Nombre: N/A

JAVIER PATINO GENTIL Reg. 2-2266

NOTA: Si tiene alguna duda en cuanto al producto favor comunicarse con la Gerencia de Comercialización:

\* COORDINACIÓN DE COMERCIALIZACION BARRANCABERMEJA: (097820) 8 100/6607 FAX (097820) 9071 Refinería ECOPETROL  
 \* COORDINACIÓN DE PETROLIO MINERO E INDUSTRIALES: BOGOTÁ: (091204) 50013091/59484873/58718999 FAX: (091241) 29855530 Calle 37 No. 7-43 Piso 8.  
 \* COORDINACIÓN DE COMERCIALIZACION BOGOTÁ: (091234) 1150515861/9471 FAX (091233) 9666/9328 Calle 37 N.O. 7-43 Piso 8.  
 Para tramitar un reclamo se requiere comunicación escrita indicando producto, N.º de Factura y Objeto del Reclamo, además muestra del producto (Líquidos un galón. Sólidos 3 Kilos). Para el Polietileno adicionar el número de lote.

>> Este producto fue muestreado de acuerdo con el instructivo STD-00-1-004, el cual está basado en la norma ASTM D 4057.

Los Métodos ASTM D 3822, ASTM D 4052, ASTM D 445, ASTM D 2270, ASTM D 99, ASTM D 5590, ASTM D 5191, ASTM D 88, ASTM D 3827, ASTM D 894, ASTM D 2700, ASTM D 3866, ASTM D 5083, ASTM D 5708, ASTM D 4294, ASTM D 97, ASTM D 5972, ASTM D 4530, ASTM D 482, ASTM D 1783, SM-3500B, ASTM D 1840, ASTM D 1078, ASTM D 860, ASTM D 8002, se encuentran acrobentados bajo la norma ISO 17025 según la Resolución N°000003 del 2 de Enero de 2006 de la SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

Figura B.8. Ficha técnica del hexano

Fuente: Productos Central C.A.





TDS - TECHNICAL DELIVERY SPECIFICATION		Pigments & Additives
Edition: 1	Last Modified: 04/12/2005	
Creation: 16/08/2000	Reason of Change:	
<b>Product: Permanent Rubine P-L7B</b>		
1 Chemical Group: Monoazo Pigment of BONA		
1.2 Colour Index: Pigment Red 57:1		Nº. 15850:1
<b>2. Technical Properties:</b>		
2.1 Colour Strength:	100±5	%
2.2 Shade ( DH ):	±0,5	(CIELAB units)
2.3 Purity ( DC ):	±0,8	(CIELAB units)
2.4 Lightness ( DL ):	±0,5	(CIELAB units)
2.5 pH Value:	5,5-8,0	
2.6 Specific Conductivity:	0,0-0,5	mS/cm
2.7 Volatile Matter:	0,0-2,0	%

This Specification will not be signed. It has been automatically printed.

**Note:** For specific information, please check our catalogues.

**Figura B.10. Ficha técnica del pigmento rojo rubine**

Fuente: C.A. Venezolana de pigmentos (Cavenpi)



# APÉNDICE C



## APÉNDICE C

### TOXICOLOGÍA Y USOS DE LOS SOLVENTES

#### Toxicología de los solventes utilizados para la investigación

La Organización de las Naciones Unidas (ONU) ha asignado un número de cuatro dígitos para identificar los materiales peligrosos y ha establecido una clasificación de riesgos dividida en nueve grupos, alguno de los cuales se han subdividido de acuerdo al peligro que presenten. Los números de clase y división tienen los siguientes significados:

- **Clase 1: Explosivos**

División 1.1 Explosivos con riesgo de explosión en masa.

División 1.2 Explosivos con riesgo de proyección.

División 1.3 Explosivos con riesgos predominante de incendio.

División 1.4 Explosivos sin riesgo significativo de explosión.

División 1.5 Explosivos muy insensibles, agentes explosivos.

División 1.6 Materiales detonantes extremadamente insensibles.

- **Clase 2: Gases**

División 2.1 Gases inflamables.

División 2.2 Gases comprimidos no inflamables, no tóxicos.

División 2.3 Gases tóxicos por inhalación.

División 2.4 Gases corrosivos.

- **Clase 3: Líquidos inflamables**

- **Clase 4: Sólidos inflamables, materiales espontáneamente combustibles y materiales peligrosos al humedecerse.**

División 4.1 Sólidos inflamables

División 4.2 Materiales espontáneamente combustibles.



División 4.3 Materiales peligrosos al humedecerse.

- **Clase 5: Oxidantes y peróxidos orgánicos**

División 5.1 Oxidantes.

División 5.2 Peróxidos orgánicos.

- **Clase 6: Materiales tóxicos y sustancias infecciosas**

División 6.1 Materiales tóxicos.

División 6.2 Sustancias infecciosas.

- **Clase 7: Materiales radiactivos.**

- **Clase 8: Materiales corrosivos.**

- **Clase 9 Materiales peligrosos misceláneos.**

Características de los solventes del laboratorio de desarrollo e investigación de la empresa Quimitec C.A.

**TABLA C.1  
TOXICOLOGÍA DE LOS SOLVENTES**

		
CLASE 3. LÍQUIDOS INFLAMABLES		
Sustancia	Nº ONU	Característica
Acetato de etilo	1173	Inflamable, irritante
Acetato de propilo	1276	Inflamable, irritante
Butanol	1120	Nocivo, irritante, inflamable
Etanol	1170	Inflamable
Etilenglicol	1188	Tóxico, inflamable, nocivo

Fuente: Productos Central C.A., 2008



**TABLA C.1**  
**TOXICOLOGÍA DE LOS SOLVENTES (CONTINUACIÓN)**

		
<b>CLASE 3. LÍQUIDOS INFLAMABLES</b>		
<b>Sustancia</b>	<b>Nº ONU</b>	<b>Característica</b>
Metanol	1230	Inflamable, tóxico
Hexano	1208	Nocivo, irritante, inflamable, peligroso para el ambiente
2-propanol	1219	Inflamable, irritante
Propanol	1274	Irritante
Tolueno	1294	Nocivo
p-Xileno	1307	Nocivo, irritante, inflamable

**Fuente: Productos Central C.A., 2008**



**TABLA C.2**  
**FUERZAS INTERMOLECULARES Y USOS INDUSTRIALES DE LOS SOLVENTES**

<b>Compuesto</b>	<b>Otros nombres</b>	<b>Fuerzas intermoleculares</b>	<b>Usos industriales</b>
Alcohol etílico	Etanol	Puente de hidrógeno, Van der Waals.	Utilizado como solvente para lacas, barnices perfumes, como medio para reacciones químicas y para recristalización.
Alcohol Isopropílico	2-Propanol Isopropanol Dimetil carbinol Alcohol seudopropílico	Puente de hidrógeno, Van der Waals.	Desengrasante, uso farmacéutico, para la obtención de la acetona, en espectrofotometría
Metanol	Carbinol Alcohol metílico Alcohol de madera	Puente de hidrógeno, Van der Waals debiles.	Se utiliza como solvente, anticongelante en los vehículos, disolvente de tintas, resinas y adhesivos.
Propanol	Alcohol propílico	Puente de hidrógeno, Van der Waals.	Se utiliza como un antiséptico, es usado como un disolvente importante, su uso más común es en forma de quitaestalte

**Fuente: Productos Central C.A., 2008**



**TABLA C.2**  
**FUERZAS INTERMOLECULARES Y USOS INDUSTRIALES DE LOS SOLVENTES (CONTINUACIÓN)**

<b>Compuesto</b>	<b>Otros nombres</b>	<b>Fuerzas intermoleculares</b>	<b>Usos industriales</b>
Tolueno	metil-benceno	Van der Waals fuertes	Materia prima para obtener derivados del benceno, el fenol, la sacarina colorantes.
Acetato de etilo	Éter acético Acetoxietano Etanoato de etilo Éster etil acético Ester etílico del ácido acético	Van der Waals debiles y puente de hidrógeno	Se utiliza en la producción de tintas de impresión, colas derivados de la celulosa, en esencias artificiales de frutas
Butanol	n-butanol Alcohol butílico	Puente de hidrógeno, Van der Waals.	Se utiliza como solvente, en procesos de cloración, en síntesis orgánica d ésteres plastificantes y otros compuestos.

Fuente: Productos Central C. A., 2008



**TABLA C.2**  
**FUERZAS INTERMOLECULARES Y USOS INDUSTRIALES DE LOS SOLVENTES (CONTINUACIÓN)**

<b>Compuesto</b>	<b>Otros nombres</b>	<b>Fuerzas intermoleculares</b>	<b>Usos industriales</b>
Hexano	n-hexano	Van der Waals.	Principalmente como disolvente para pinturas y procesos químicos, en la industria del calzado.
Etilenglicol	Oxitol	Puente de hidrógeno, Van der Waals.	Anticongelante en los circuitos de refrigeración de motores, como difusor de calor, compuestos de poliéster y como disolvente de tintas.
Xileno	-	Van der Waals.	Se usa como disolvente en la imprenta y en las industrias de caucho y cuero, también se utiliza como agente de limpieza.

**Fuente: Productos Central C. A., 2008**



# APÉNDICE D



## APÉNDICE D FORMATO DE ENCUESTA

Maracay, Marzo 2008

Área de Trabajo: \_\_\_\_\_

Lea detenidamente cada una de las preguntas antes de contestarlas.

1. ¿Por qué propiedad fisicoquímica del pigmento rojo rubine (C.I. 57:1) generalmente es rechazado por el departamento de control de calidad de materias primas?

Absorción de aceite

Gravimetría

Tixotropía

Tono

Fuerza colorante

2. ¿Qué propiedad fisicoquímica considera usted que las resinas aportan al acabado final de las tintas líquidas?

Brillo

Fuerza colorante

Grado de disolución

Viscosidad

3. ¿Por qué propiedad fisicoquímica habitualmente es rechazada una tinta líquida por los clientes?

---

---

4. ¿Cuáles considera usted que son los factores más importantes que intervienen en la formulación de las tintas líquidas?

---

---

---



# APÉNDICE F



## APÉNDICE F CÁLCULOS TÍPICOS

### Cálculos de la relación costo-beneficio de las tintas propuestas según la herramienta Gross Profit.

La tinta realizada con el pigmento rojo rubine tiene un precio de 21 BsF/kg y el método empleado para la estimación de los precios de venta del producto fue Gross Profit, el cual se rige por la siguiente ecuación:

$$PV = \frac{\text{Costos variables}}{100 - \text{ganancia}} \quad (\text{Invisky, 2007})$$

Con un 10% de ganancia bruta y de 5% de ganancias netas establecidas por la empresa, y tomando como base el costo operativo actual de la tinta líquida se obtiene un precio de venta aproximado de 21 BsF/kg. De este modo el beneficio resulta:

$$\text{Beneficio} = \text{Precio}_{\text{venta}} - \text{Costos}_{\text{variables}} \quad (\text{Invisky, 2007})$$

$$\text{Beneficio}_{\text{Actual}} = 21,00 \text{ BsF/kg} - 17,40 \text{ BsF/kg} = 3,60 \text{ BsF/kg}$$

$$\text{Beneficio}_{\text{propuesta-B}} = 21,00 \text{ BsF/kg} - 14,21 \text{ BsF/kg} = 6,80 \text{ BsF/kg}$$

La relación costo beneficio resulta de la división del costo operativo entre el beneficio calculado, por lo que resulta:

$$\% \left( \frac{\text{Costo}}{\text{Beneficio}} \right) = \frac{\text{Costos variables}}{\text{Beneficio}} \times 100$$



$$\% \left( \frac{\text{Costo}}{\text{Beneficio}} \right)_{\text{actual}} = \frac{17,40 \text{ BsF/kg}}{3,60 \text{ BsF/kg}} \times 100 = 483,49\%$$

$$\% \left( \frac{\text{Costo}}{\text{Beneficio}} \right)_B = \frac{14,21 \text{ BsF/kg}}{6,80 \text{ BsF/kg}} \times 100 = 209,05\%$$

### Cálculo del porcentaje de minimización de los costos variables.

La minimización de los costos variables se determina como la diferencia entre los costos variables de la formulación actual y la formulación propuesta, entre los costos variables de la formulación actual.

$$\%MCV = \frac{\text{Costos variables}_{\text{actual}} - \text{Costos variables}_{\text{propuesta}}}{\text{Costos variables}_{\text{actual}}} \times 100 \quad (\text{Invisky, 2007})$$

Para la propuesta B:

$$\%MCV_B = \frac{17,40 \text{ BsF/kg} - 14,21 \text{ BsF/kg}}{17,40 \text{ BsF/kg}} \times 100 = 18,37\%$$