

25  
2ej.



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Escuela Nacional de Estudios  
Profesionales  
"ZARAGOZA"

METODOS ESTADISTICOS DE OPTIMIZACION PARA  
EL DESARROLLO DE UN QUITA ESMALTE

T E S I S

Para obtener el Título de  
Químico Farmacéutico Biólogo  
p r e s e n t a

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

JOSE ANTONIO GUADARRAMA RODRIGUEZ



México, D. F.

1992



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## INDICE

- 1- INTRODUCCION
- 2- FUNDAMENTACION DEL TEMA
  - 2.1. PROPIEDADES FISICO-QUIMICAS
  - 2.2. REGULACION SANITARIA
  - 2.3. METODOS ESTADISTICOS EN EL DESARROLLO DE FORMULACIONES
  - 2.4. METODOS ESTADISTICOS DE OPTIMIZACION EN EL DESARROLLO DE FORMULACIONES
- 3- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA
- 4- OBJETIVO
- 5- HIPOTESIS
- 6- PARTE EXPERIMENTAL
  - 6.1. DIAGRAMA DE ACTIVIDADES
  - 6.2. MATERIAL
  - 6.3. METODOS DE PRUEBA
  - 6.4. DESCRIPCION DEL METODO
- 7- EVALUACION DEL METODO ANALITICO
  - 7.1. EVALUACION DE LA LINEARIDAD DEL SISTEMA DE MEDICION
  - 7.2. PARTE EXPERIMENTAL
  - 7.3. RESULTADOS
  - 7.4. ANALISIS DE RESULTADOS
  - 7.5. DISCUSION DE RESULTADOS
- 8- DESARROLLO Y ANALISIS DE FORMULACIONES A NIVEL LABORATORIO
  - 8.1. EFECTO DEL % DE DISOLVENTE Y EL % DE HUMECTANTE SOBRE EL % DE DISOLUCION
    - 8.1.1. SISTEMA I
      - 1) DISEÑO DE TRATAMIENTOS Y MODELO ESTOCASTICO
      - 2) MATRIZ DE TRATAMIENTOS Y REGISTRO DE DATOS
      - 3) RESULTADOS
      - 4) ANALISIS DE RESULTADOS
      - 5) DISCUSION DE RESULTADOS
    - 8.1.2. SISTEMA II
      - 1) DISEÑO DE TRATAMIENTOS Y MODELO ESTOCASTICO
      - 2) MATRIZ DE TRATAMIENTOS Y REGISTRO DE DATOS
      - 3) RESULTADOS
      - 4) ANALISIS DE RESULTADOS
      - 5) DISCUSION DE RESULTADOS

### **8.1.3. SISTEMA III**

- 1) DISEÑO DE TRATAMIENTOS Y MODELO ESTOCASTICO**
- 2) MATRIZ DE TRATAMIENTOS Y REGISTRO DE DATOS**
- 3) RESULTADOS**
- 4) ANALISIS DE RESULTADOS**
- 5) DISCUSION DE RESULTADOS**

## **8.2. EFECTO DEL % DEL DISOLVENTE 1 Y % DEL DISOLVENTE 2 SOBRE EL % DE DISOLUCION**

### **8.2.1. SISTEMA IV**

- 1) DISEÑO DE TRATAMIENTOS Y MODELO ESTOCASTICO**
- 2) MATRIZ DE TRATAMIENTOS Y REGISTRO DE DATOS**
- 3) RESULTADOS**
- 4) ANALISIS DE RESULTADOS**
- 5) DISCUSION DE RESULTADOS**

### **8.2.2. SISTEMA V**

- 1) DISEÑO DE TRATAMIENTOS Y MODELO ESTOCASTICO**
- 2) MATRIZ DE TRATAMIENTOS Y REGISTRO DE DATOS**
- 3) RESULTADOS**
- 4) ANALISIS DE RESULTADOS**
- 5) DISCUSION DE RESULTADOS**

### **8.2.3. SISTEMA VI**

- 1) DISEÑO DE TRATAMIENTOS Y MODELO ESTOCASTICO**
- 2) MATRIZ DE TRATAMIENTOS Y REGISTRO DE DATOS**
- 3) RESULTADOS**
- 4) ANALISIS DE RESULTADOS**
- 5) DISCUSION DE RESULTADOS**

#### 8.2.4. SISTEMA VII

- 1) DISEÑO DE TRATAMIENTOS Y MODELO ESTOCASTICO
- 2) MATRIZ DE TRATAMIENTOS Y REGISTRO DE DATOS
- 3) RESULTADOS
- 4) ANALISIS DE RESULTADOS
- 5) DISCUSION DE RESULTADOS

#### 8.2.5. SISTEMA VIII

- 1) DISEÑO DE TRATAMIENTOS Y MODELO ESTOCASTICO
- 2) MATRIZ DE TRATAMIENTOS Y REGISTRO DE DATOS
- 3) RESULTADOS
- 4) ANALISIS DE RESULTADOS
- 5) DISCUSION DE RESULTADOS

### 8.3. EFECTO DEL % DE DISOLVENTE 1, % DE DISOLVENTE 2 Y % DE HUMECTANTE SOBRE EL % DE DISOLUCION

#### 8.3.1. SISTEMA IX

- 1) DISEÑO DE TRATAMIENTOS Y MODELO ESTOCASTICO
- 2) MATRIZ DE TRATAMIENTOS Y REGISTRO DE DATOS
- 3) RESULTADOS
- 4) ANALISIS DE RESULTADOS
- 5) DISCUSION DE RESULTADOS

#### 8.3.2. SISTEMA X

- 1) DISEÑO DE TRATAMIENTOS Y MODELO ESTOCASTICO
- 2) MATRIZ DE TRATAMIENTOS Y REGISTRO DE DATOS
- 3) RESULTADOS
- 4) ANALISIS DE RESULTADOS
- 5) DISCUSION DE RESULTADOS

### 8.3.3. SISTEMA XI

- 1) DISEÑO DE TRATAMIENTOS Y MODELO ESTOCÁSTICO
- 2) MATRIZ DE TRATAMIENTOS Y REGISTRO DE DATOS
- 3) RESULTADOS
- 4) ANÁLISIS DE RESULTADOS
- 5) DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 9.- IRRITABILIDAD PRIMARIA DERMICA

- 9.1. METODO
- 9.2. RESULTADOS
- 9.3. DISCUSION DE RESULTADOS

### 10.- PRUEBA A NIVEL DE CAMPO

- 10.1. RESULTADOS
- 10.2. DISCUSION DE RESULTADOS

### 11.- CONCLUSION FINAL

### 12.- APENDICE 1

#### I DISEÑO DE TRATAMIENTOS EN ESTRUCTURA FACTORIAL 2 A LA 3

- 1.- MODELO ESTOCÁSTICO
- 2.- MATRIZ DE TRATAMIENTO DE REGISTRO DE DATOS Y TOTALES
- 3.- REGION DE EXPLORACION
- 4.- MATRIZ DE COEFICIENTES DE CONTRASTES Y CALCULO DE CONTRASTES
- 5.- CONTRUCCION E INTERPRETACION DE LA TABLA DE ANADEVA
- 6.- DESCRIPCION ANALITICA Y GRAFICA DEL MODELO
- 7.- CAPACIDAD PREDICTIVA DEL MODELO

### 13.- APENDICE 2

- 1.- CUESTIONARIO PARA LA EVALUACION A NIVEL DE CAMPO DE FORMULACIONES DE QUITA ESHALTE

## INTRODUCCION

En el amplio panorama en el cual se puede desenvolver el Químico Farmacéutico Biólogo, se encuentra el área de la cosmetología y aun dentro de esta área, para desarrollar nueva tecnología, es necesario la aplicación de métodos estadísticos de optimización para obtener nuevas formulaciones o mejorar las ya existentes.

Este trabajo describe la aplicación de la metodología necesaria para la optimización de un *quitaesmalte* a partir de pruebas de laboratorio.

Como primer punto en este trabajo se incursionó en la búsqueda bibliográfica de las formulaciones y métodos de preparación, posteriormente se analizaron las formulaciones reportadas para proponer matrices de tratamientos, cuyas formulaciones se evaluaron en términos de la capacidad removente del esmalte de uñas.

Los resultados obtenidos, se analizaron en función del diseño de tratamientos empleados, para generar la superficie de respuesta específica, que permitió proponer nuevas matrices de tratamientos para mejorar la capacidad removente del esmalte de uñas.

Aquellas formulaciones resultantes; siguiendo los lineamientos de la Ley General de Salud en materia de productos de belleza, se les aplicaron la prueba biológica de irritación *primaria dérmica* en conejos, para posteriormente, aquellas que resultaron satisfactorias en términos de dicha norma, evaluarlas a nivel de campo por personas con experiencia en el área de la cosmetología y belleza.

## FUNDAMENTACION DEL TEMA

Los removedores de lacas o esmaltes de uñas, son generalmente solventes de la nitrocelulosa combinados con aceites o grasas emolientes u otros agentes designados para prevenir o reducir la desecación de la piel y uñas, debido a la extracción de aceites y ceras naturales por el solvente respectivamente.

Algunas formulaciones contienen disueltos o emulsificados, aceites o grasas en los solventes, con el fin de reducir los efectos de los solventes sobre la piel y uñas, los más exitosos poseen en sus formulaciones glicerina o derivados de la lanolina.

La acetona y el acetato de etilo son disolventes muy comúnmente usados, pero por su alta acción solvente sobre las ceras y grasas naturales de las uñas, son reemplazados por otros solventes menos fuertes. Algunos de los disolventes más comúnmente usados son los siguientes: acetato de amilo, acetato de n-butilo, acetato de butil cellosolve, acetato de cellosolve, metil etil cetona, metil isobutil cetona, butil cellosolve, cellosolve, metil cellosolve, etanol, alcohol isopropílico, alcohol n-butílico, tolueno y xileno.

Se ha utilizado en removedores de esmaltes como agente humectante, aceite de ricino por arriba del 4% en diversos disolventes. Otras sustancias grasas utilizadas son por ejemplo: aceite de almendras, aceite de semillas de algodón, aceites minerales, alcohol cetílico, estearato de glicol, estearato de trietanolamina, oleato de magnesio, glicerina, derivados de lanolina, ricinoleatos de glicerol e incluso sustancias grasas de esperma de ballena.

Algunos ejemplos de formulaciones en donde se emplean las sustancias anteriormente mencionadas son:

## FORMULA 1

Acetato de etilo	20%
Acetona	66%
Acetato de butilo	5%
Agua	8%
Derivados de lanolina	1%

## FORMULA 2

Acetona	80%
Acetato de etilo	15%
Agua	5%

## FORMULA 3

Acetona	75%
Acetato de etilo	15%
Acetato de butilo	5%
Agua	5%

## FORMULA 4

Cellosolve	20%
Alcohol diacetona	10%
Acetona	40%
Acetato de etilo	30%

## FORMULA 5

Acetato de amilo	20%
Acetona	60%
Acetato de etilo	20%

## FORMULA 6

Acetato de etilo	40%
Lanolina	1%
Miristato de isopropilo	5%
Cellosolve	35%
Acetona	19%

## FORMULA 7

Acetato de etilo	38.5%
Aceite de ricino	8%
Carbitol	14.5%
Cellosolve	10%
Isopropanol al 99%	29%

## FORMULA 8

Acetona	35%
Acetato de etilo	28.5%
Aceite de oliva	6.5%
Ftalato de dibutilo	15%
Carbitol	15%

## FORMULA 9

Etilenglicol monoetil eter	40%
Aceite de ricino	10%
Acetato de etilo	26%
Acetona	24%

## FORMULA 10

Metil etil cetona	85%
Dietilenglicol monometileter	10%
Estearato de butilo	5%

### PROPIEDADES FISICOQUIMICAS

*Aceite de ricinos:* Líquido pegajoso, transparente, amarillento pálido o casi incoloro, olor débil, sabor nauseabundo, peso específico 0.945 - 0.965 (25 °C), índice de saponificación 178, índice de yodo 85, solidifica a -10 °C, punto de ignición 229 °C, temperatura de auto ignición 448.8 °C. Combustible, soluble en alcohol, benceno, cloroformo, disulfuro de carbono. Poco tóxico.

*Aceite de oliva:* Líquido amarillo claro o amarillo verdoso. Aceite no secante, con ligero olor y sabor. Soluble en éter, cloroformo y disulfuro de carbono, ligeramente soluble en alcohol; peso específico 0.910 - 0.918, índice de saponificación 188, índice de yodo 77, temperatura de ignición 225 °C. Combustible. No tóxico.

*Acetato de etilo:* Líquido incoloro de olor fragante, soluble en cloroformo, alcohol y éter, ligeramente soluble en agua; temperatura de ebullición 77 °C (760 mm Hg); presión de vapor 73 mm Hg; temperatura de congelación -83.6 °C; densidad 0.89845 g/ml; temperatura de auto ignición 427 °C.

*Acetona:* Líquido incoloro volátil, olor algo dulce; temperatura de fusión -94.3 °C; temperatura de ebullición 56.2 °C; índice de refracción 1.3591; peso específico 0.792; temperatura de inflamación -9.4 °C; temperatura de auto ignición 538 °C. Miscible con agua, alcohol, éter, cloroformo y la mayoría de aceites.

*Carbitol:* Marca registrada de un grupo de ésteres mono y dialquílicos del dietilenglicol y sus derivados, disolventes especializados con una amplia variedad de propiedades y usos. Propiedades: Líquido incoloro higroscópico de olor suave y agradable, algo viscoso, estable, temperatura de ebullición 195 - 202 °C; peso específico 1.0273; índice de refracción (n<sub>D</sub><sup>25</sup>) 1.425; temperatura de inflamación 96 °C. Miscible con agua y con los disolventes orgánicos comunes. Combustible.

**Cellosolve:** Marca registrada de unos esteres mono y dialquílicos del etilenglicol y sus derivados. Ampliamente utilizados como disolventes industriales. **Propiedades:** Líquido incoloro prácticamente inodoro, temperatura de ebullición 135.6 °C (760mmHg); peso específico 0.9311 (25 °C); índice de refracción (25 °C) 1.4060; temperatura de ignición 49 °C. Miscible con hidrocarburos y agua. Temperatura de autoignición 49 °C. Inflamable, moderado riesgo de incendio y moderadamente tóxico.

**Glicerinas:** Líquido siruposo, claro, incoloro e inodoro, sabor dulce, higroscópico, peso específico (anhidro) 1.2653; temperatura de fusión 18 °C; temperatura de ebullición 290 °C. Soluble en agua y alcohol, insoluble en éter, benceno y aceites fijos volátiles, temperatura de inflamación 177 °C. Combustible, poco tóxico. Temperatura de auto ignición 393 °C.

**Lanolina:** Sólido ceroso de ligero color tostado. Olor ligero, agradable, ligeramente soluble en aceite mineral, insoluble en agua a pH neutro al litmus, intervalo de temperatura de fusión 40 - 50 °C, índice de saponificación 85 - 150.

#### REGULACION SANITARIA

Según el artículo 269 de la LEY GENERAL DE SALUD (REGULACION SANITARIA), los *quitesmaltes* se consideran como productos de perfumería y belleza; el artículo 1240 los considera como productos para uso externo destinados a preservar o mejorar la apariencia personal.

El artículo 1250 designa que los *quitesmaltes* son regulados en términos de ensayos biológicos, a fin de comprobar que no causarán daño a la salud. Las pruebas son:

1. Índice de irritación primaria dérmica.
2. Índice de sensibilización.

## MÉTODOS ESTADÍSTICOS EN EL DESARROLLO DE FORMULACIONES

Existen varios mecanismos para formular, uno de ellos es la aplicación de métodos estadísticos para obtener una formulación, que cumpla con los requisitos deseados. Ya que en cada evaluación experimental, va implícito un error experimental inherente, es necesario estimar las variaciones en los resultados observados a causa del error. Una forma de lograr este propósito, es empleando métodos estadísticos.

A menudo las compañías cosméticas tienen la necesidad de desarrollar un nuevo producto lo cual lo responsabilizan al departamento de desarrollo si es que existe en la empresa, o a un químico con experiencia dentro del área. De manera general el responsable con base en su experiencia desarrolla la formulación utilizando el procedimiento de ensayo y error, es decir, asigna atributos al producto deseado y selecciona aquellos componentes variando de uno en uno hasta encontrar los resultados deseados. Este procedimiento, es el que ha sido utilizado ampliamente anteriormente; con el advenimiento de los métodos estadísticos, la experimentación anterior ha sido sustituida, debido a la disminución de tiempo y costo en el desarrollo de las formulaciones.

## MÉTODOS ESTADÍSTICOS DE OPTIMIZACIÓN EN EL DESARROLLO DE FORMULACIONES

El mayor de los problemas a los cuales se debe de enfrentar un formulador, es el desarrollo de formulaciones. Uno de los procedimientos tradicionales es el de ensayo y error, el cual en la actualidad tiende a ser desplazado por procedimientos estadísticos. Para el desarrollo de este tema es necesario dar las siguientes definiciones:

**Sistema:** Entidad tangible que está constituida por elementos cualitativos y cuantitativos, que describen las propiedades del *Quita Esmalte*.

**Estudio Experimental:** Actividad que permite generar información de un sistema, en el cual el investigador forma parte activa de la generación de información (desarrollo del *Quitaesmalte*).

**Variable de Respuestas:** Aquellos elementos cuantitativos o cualitativos de un sistema (atributos deseados en el *Quita Esmalte* como la capacidad removedora del *Quita Esmalte*, irritación primaria dérmica, etc.), que pueden ser sujetos a un proceso de medición, y que dependen de otros elementos del sistema

**Factores:** Aquellos elementos cuantitativos o cualitativos de un sistema (componentes del *Quita esmalte*: disolvente, humectante), que permiten describir, explicar o predecir a la variable de respuesta

**Niveles de Factores:** Son las distintas clasificaciones de un factor, dentro de un estudio experimental (% de disolvente, % de humectante etc).

**Tratamiento:** Son los distintos niveles de un factor o la combinación de niveles de dos o más factores dentro de un estudio experimental (% de disolvente: un tratamiento es el 5%, otro el 3% etc.).

**Diseño de tratamientos:** Es la estructura que genera los tratamientos, a partir de los niveles de un factor o de la combinación de los niveles de dos o más factores (al combinar dos niveles el disolvente y dos niveles del humectante se genera un diseño de tratamientos dos por dos).

*Unidad Experimental:* Es aquella unidad física independiente a la cual se le asigna un tratamiento, o aquella entidad física que genera el tratamiento (lote experimental de una formulación dada del *Quita Esmalte*).

*Diseño de Experimentos:* Es la forma de asignar los tratamientos a las unidades experimentales.

*Error Experimental:* Es la medida de discordancia de la variable de respuesta, de las unidades experimentales asignadas a un mismo tratamiento.

*Modelos Mecanísticos:* Modelo matemático que describe una relación entre una variable de respuesta y uno o más factores, en función de una ley natural.

*Modelos Estocásticos:* Modelo matemático que describe una relación entre una variable de respuesta y uno o más factores, para una variable de respuesta de tipo aleatorio.

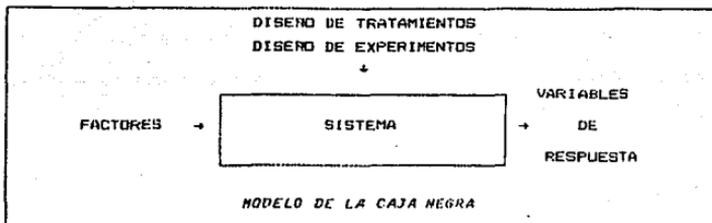
*Análisis de la Varianza:* Procedimiento estadístico que permite detectar los efectos de uno o más factores sobre una variable de respuesta, de un modelo estocástico.

*Análisis de Regresión:* Técnica estadística que permite establecer y medir el efecto de uno o más factores (cuantitativos), sobre una variable de respuesta cuantitativa.

*Efectos:* Cambio de la variable de respuesta respecto a un cambio de los niveles de un factor.

*Interacción:* Efecto debido a la combinación de uno o más factores, sobre la variable de respuesta

Cuando el formulador tiene interés en formular, podemos tomar el modelo de la caja negra para representar esta actividad.



Interpolando este modelo a nuestro sistema, el sistema es un *quitaesmalte*, los factores son los componentes de nuestra formulación tanto cualitativos (acetona, acetato de etilo, celosolve, acetato de amilo, glicerina, lanolina, aceite de ricino, aceite de oliva etc.) como cuantitativos (cantidad o porcentaje) y las variables de respuesta son las propiedades que son deseadas en el *quitaesmalte* (capacidad de disolución del esmalte, velocidad de disolución, grado de irritabilidad en piel etc.). El diseño de tratamientos y experimentos nos permitirá obtener la formulación deseada.

Para la aplicación de éstos procedimientos es necesario determinar en primera instancia los componentes cualitativos y/o cuantitativos del *quitaesmalte*, y generar los tratamientos con base a los niveles de cada factor, el diseño de experimentos comúnmente usado es asignar la preparación de las formulaciones de manera aleatoria y contar con métodos de prueba que nos permitan medir la variable de respuesta. Un procedimiento sistemático para el diseño y análisis de la información es el siguiente:

1.- Proponer un modelo estocástico en función del diseño de tratamientos usado (supóngase un diseño de tratamientos con dos factores a dos niveles).

Esto indica que se tienen dos factores ( $X = \%$  del disolvente 1 y  $Z = \%$  del agente humectante). Para éste caso el modelo estocástico es:

$$Y = \alpha_0 + \alpha_1 X + \alpha_2 Z + \alpha_{12} X Z + \epsilon_1$$

Donde:

$C_0$  = COEFICIENTE

$C_1$  = COEFICIENTE DEL EFECTO LINEAL DEL DISOLVENTE

$C_2$  = COEFICIENTE DEL EFECTO LINEAL DEL AGENTE HUMECTANTE

$C_{12}$  = COEFICIENTE DE LA INTERACCION DEL EFECTO LINEAL-LINEAL ENTRE LOS FACTORES  $M$  DE DISOLVENTE Y  $N$  HUMECTANTE

$X$  =  $M$  DE DISOLVENTE

$Z$  =  $N$  DE AGENTE HUMECTANTE

$\epsilon_i$  = ERROR EXPERIMENTAL

2.- Describir la matriz de tratamientos, de registro de datos y totales:

MATRIZ DE TRATAMIENTOS		
X		
	$X_1$	$X_2$
$Z_1$	$X_1 Z_1$	$X_2 Z_1$
$Z_2$	$X_1 Z_2$	$X_2 Z_2$

$X_1$  = 40N DE DISOLVENTE

$X_2$  = 80N DE DISOLVENTE

$Z_1$  = 10N DE AGENTE HUMECTANTE

$Z_2$  = 20N DE AGENTE HUMECTANTE

$X_1 Z_1$  = 40N DE DISOLVENTE, 10N DE AGENTE HUMECTANTE, C. E. P. PARA 100N

$X_1 Z_2$  = 40N DE DISOLVENTE, 20N DE AGENTE HUMECTANTE, C. E. P. PARA 100N

$X_2 Z_1$  = 80N DE DISOLVENTE, 10N DE AGENTE HUMECTANTE, C. E. P. PARA 100N

$X_2 Z_2$  = 80N DE DISOLVENTE, 20N DE AGENTE HUMECTANTE, C. E. P. PARA 100N

MATRIZ DE REGISTRO DE DATOS		
	X	
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>
Z <sub>1</sub>	Y <sub>111</sub>	Y <sub>211</sub>
	Y <sub>112</sub>	Y <sub>212</sub>
	⋮	⋮
	Y <sub>11r</sub>	Y <sub>21r</sub>
	Y <sub>121</sub>	Y <sub>221</sub>
Z <sub>2</sub>	Y <sub>122</sub>	Y <sub>222</sub>
	⋮	⋮
	Y <sub>12r</sub>	Y <sub>22r</sub>

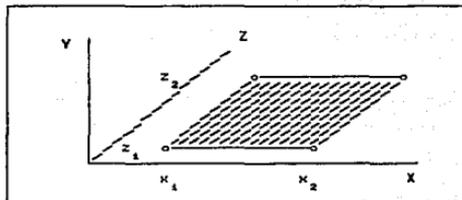
$Y_{111}$  = VALOR ASOCIADO A LA VARIABLE DE RESPUESTA DE LA PRIMERA FORMULACION A NIVEL LABORATORIO QUE CONTIENE 40% DEL DISOLVENTE 1 Y 10% DE 10% DE AGENTE HUMECTANTE.

$Y_{112}$  = VALOR ASOCIADO A LA VARIABLE DE RESPUESTA DE LA SEGUNDA FORMULACION A NIVEL LABORATORIO QUE CONTIENE 40% DEL DISOLVENTE 1 Y 10% DE 10% DE AGENTE HUMECTANTE.

$Y_{22r}$  = VALOR ASOCIADO A LA VARIABLE DE RESPUESTA DE LA r-ésima FORMULACION A NIVEL LABORATORIO QUE CONTIENE 80% DEL DISOLVENTE 1 Y 20% DE 10% DE AGENTE HUMECTANTE.

MATRIZ DE TOTALES	
$Y_{11.}$	$= Y_{111} + Y_{112} + \dots + Y_{11r}$
$Y_{12.}$	$= Y_{121} + Y_{122} + \dots + Y_{12r}$
$Y_{21.}$	$= Y_{211} + Y_{212} + \dots + Y_{21r}$
$Y_{22.}$	$= Y_{221} + Y_{222} + \dots + Y_{22r}$
$Y_{...}$	$= Y_{11.} + Y_{12.} + Y_{21.} + Y_{22.}$
$\sum_{l,j,k} Y_{ljk}^2$	$= Y_{111}^2 + Y_{112}^2 + \dots + Y_{22r}^2$
$\sum_{l,j} Y_{lj.}^2$	$= Y_{11.}^2 + Y_{12.}^2 + Y_{21.}^2 + Y_{22.}^2$

## 3.- Región de exploración:



Y = % DE DISOLUCION  
 X = % DE DISOLVENTE  
 Z = % DE HUMECTANTE  
 $x_1$  = 40% DE DISOLVENTE  
 $x_2$  = 80% DE DISOLVENTE  
 $z_1$  = 10% DE HUMECTANTE  
 $z_2$  = 20% DE HUMECTANTE

## 4.- Matriz de Coeficientes de Contrastes y Cálculo de Contrastes:

Tratamiento	Totales	Efecto		
		$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_{12}$
$x_1 z_1$	$Y_{11.}$	-1	-1	+1
$x_1 z_2$	$Y_{12.}$	-1	+1	-1
$x_2 z_1$	$Y_{21.}$	+1	-1	-1
$x_2 z_2$	$Y_{22.}$	+1	+1	+1

$\alpha_1$  = EFECTO LINEAL ASOCIADO AL PORCIENTO DE DISOLVENTE

$\alpha_2$  = EFECTO LINEAL ASOCIADO AL PORCIENTO HUMECTANTE

$\alpha_{12}$  = EFECTO DE LA INTERACCION LINEAL-LINEAL DEL % DE DISOLVENTE Y DEL % DEL HUMECTANTE

### 5.- Construcción e Interpretación de la Tabla de ANADEVAs:

La construcción de la tabla se presenta en la próxima página:

La interpretación de la tabla de ANADEVAs en primera instancia debe de efectuarse para el contraste de la interacción lineal del % de disolvente y del % de humectante (XZ).

Si  $F_{CAL} \geq F_{CRI}$  → existe efecto de XZ sobre Y.

Si  $F_{CAL} < F_{CRI}$  → no existe efecto de XZ sobre Y.

En caso en que se detecte efecto de la interacción lineal del % de disolvente y % de humectante el modelo que representa la asociación entre la variable de respuesta y factores es:

$$Y = \alpha_0 + \alpha_1 X + \alpha_2 Z + \alpha_{12} X Z \quad (1)$$

En caso en que no se detecte efecto de la interacción, se procede a interpretar el efecto lineal del porcentaje del disolvente (X) y el efecto lineal del porcentaje del humectante (Z).

Si para el efecto lineal del porcentaje del disolvente (X) y para el efecto lineal del porcentaje de humectante (Z):

$F_{CAL} \geq F_{CRI}$  → existe efecto X y Z sobre Y.

En este caso, el modelo que representa la asociación entre las variables es:

$$Y = \alpha_0 + \alpha_1 X + \alpha_2 Z \quad (2)$$

Si para X:

$F_{CAL} \geq F_{CRI}$  → existe efecto X sobre Y.

y para Z:

$F_{CAL} < F_{CRI}$  → no existe efecto Z sobre Y.

TABLA DE ANADEVIA

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	F <sub>cal</sub>	F <sub>crit</sub>
X	1	$SC_{q_1} = \frac{a_1^2}{4r}$	$MC_{q_1} = SC_{q_1}$	$\frac{MC_{q_1}}{MC_e}$	F <sub>1-α;1;g1e</sub>
Z	1	$SC_{q_2} = \frac{a_2^2}{4r}$	$MC_{q_2} = SC_{q_2}$	$\frac{MC_{q_2}}{MC_e}$	
X Z	1	$SC_{q_{12}} = \frac{a_{12}^2}{4r}$	$MC_{q_{12}} = SC_{q_{12}}$	$\frac{MC_{q_{12}}}{MC_e}$	
ERROR	g1e=4(r-1)	$SC_e = \frac{\sum \sum Y_{ljk}^2 - \frac{\sum Y_{lj}^2}{r}}{r}$	$MC_e = \frac{SC_e}{g1e}$		

Entonces el modelo que representa la asociacion entre las variables es:

$$Y = \alpha_0 + \alpha_1 X \quad (3)$$

Si para Z:

$$F_{CAL} \geq F_{CR1} \rightarrow \text{existe efecto Z sobre Y.}$$

y para X:

$$F_{CAL} < F_{CR1} \rightarrow \text{no existe efecto X sobre Y.}$$

Entonces el modelo que representa la asociacion entre las variables es:

$$Y = \alpha_0 + \alpha_2 Z \quad (4)$$

En caso de que para los 3 efectos (X, Z y XZ):

F < F  
CAL CRM

Se da por terminado el análisis, concluyendo que no se detecta efecto de los factores dentro de la región de exploración sobre la variable de respuesta.

Dependiendo si el modelo se representa por (1), (2), (3) o (4), se procede a la estimación de aquellos coeficientes pertinentes, así como sus unidades codificadas asociadas.

#### 6.- Descripción Analítica y Gráfica del Modelo:

Determinación de las unidades codificadas:

$$X = (x - \bar{x}) / (x_2 - \bar{x})$$

X = UNIDAD CODIFICADA DEL N DE DISOLVENTE

x = UNIDAD DECODIFICADA DEL N DE DISOLVENTE

$\bar{x}$  = 30N

$x_2$  = 80N

$$Z = (z - \bar{z}) / (z_2 - \bar{z})$$

Z = UNIDAD CODIFICADA DEL N DEL HUMECTANTE

z = UNIDAD DECODIFICADA DEL N DEL HUMECTANTE

$\bar{z}$  = 15N

$z_2$  = 20N

Cálculo de los Coeficientes:

$$\hat{\alpha}_0 = \frac{Y_{...}}{4r}$$

$$\hat{\alpha}_1 = \frac{q_1}{4r}$$

$$\hat{\alpha}_2 = \frac{q_2}{4r}$$

$$\hat{\alpha}_{12} = \frac{q_{12}}{4r}$$

- $\hat{\alpha}_0$  = PROMEDIO ARITMETICO DE LA VARIABLE DE RESPUESTA  
 $\hat{\alpha}_1$  = ESTIMADO DEL COEFICIENTE DEL EFECTO LINEAL DEL PORCENTAJE DE DISOLVENTE  
 $\hat{\alpha}_2$  = ESTIMADO DEL COEFICIENTE DEL EFECTO LINEAL DEL PORCENTAJE DE HUMECTANTE  
 $\hat{\alpha}_{12}$  = ESTIMADO DEL COEFICIENTE DE LA INTERACCION DEL EFECTO LINEAL DEL PORCENTAJE DE DISOLVENTE Y EL EFECTO LINEAL DEL PORCENTAJE DE HUMECTANTE

La descripción gráfica del modelo se procede a realizar según los siguientes criterios:

Si el modelo se representa por (3) o (4), la descripción se efectúa mediante un diagrama cartesiano dentro de la región de exploración, ya sea de el porcentaje de disolvente (X) vs la variable de respuesta (Y) o el porcentaje de humectante (Z) vs la variable de respuesta (Y); dependiendo del modelo. Si el modelo se representa por (2), su descripción suele hacerse por diagramas de contorno. Este procedimiento consiste en:

Del modelo:

$$\hat{Y} = \hat{\alpha}_0 + \hat{\alpha}_1 X + \hat{\alpha}_2 Z \quad (2)$$

Se fija un valor para la variable de respuesta ( $\hat{Y}_0$ ), de preferencia, que sea un valor observado dentro de la región de exploración:

Por lo tanto:

$$\hat{Y}_0 = \hat{\alpha}_0 + \hat{\alpha}_1 X + \hat{\alpha}_2 Z \quad (5)$$

A partir de (5) se resuelve Z como función de X; por lo tanto:

$$Z = \frac{-\hat{\alpha}_1}{\hat{\alpha}_2} X + \frac{\hat{Y}_0 - \hat{\alpha}_0}{\hat{\alpha}_2} \quad (6)$$

La cual es una función lineal que nos representa el contorno para  $\hat{Y}_0$ . Este procedimiento se repite para distintos valores de  $\hat{Y}_0$ , obteniendo sus contornos respectivos. Estos, al graficarse en un plano cartesiano, genera una familia de rectas con la misma pendiente, pero con distinto valor de la ordenada al origen. Esta descripción, permite visualizar al investigador la asociación entre los factores y la variable.

Si el modelo se representa por (1), su descripción suele hacerse por el procedimiento antes mencionado. La única diferencia es el modelo del contorno, que ahora es:

$$Z = \frac{-\hat{\alpha}_1 X}{\hat{\alpha}_2 + \hat{\alpha}_{12} X} + \frac{\hat{Y}_0 - \hat{\alpha}_0}{\hat{\alpha}_2 + \hat{\alpha}_{12}} \quad (7)$$

La cual es una función inversa que nos representa el contorno para  $\hat{Y}_0$ . Este procedimiento se repite para distintos valores de  $\hat{Y}_0$ , obteniendo sus contornos respectivos. Esto, al graficarse en un plano cartesiano, genera una familia de funciones inversas. Esta descripción, permite visualizar al investigador la asociación entre los factores y la variable

#### 7.- Capacidad predictiva del modelo

La capacidad predictiva del modelo se representa por el coeficiente de determinación ( $r^2$ ), cuyo cálculo depende del modelo encontrado:

Para el modelo (1) el coeficiente de determinación se calcula por:

$$r^2 = \frac{SC_{q_{12}} + SC_{q_1} + SC_{q_2}}{SC_t}$$

Donde  $SC_t = SC_{q_{12}} + SC_{q_1} + SC_{q_2} + SC_0$

Para el modelo (2) el coeficiente de determinación se calcula por:

$$r^2 = \frac{SC_{q_1} + SC_{q_2}}{SC_t}$$

Para el modelo (3) el coeficiente de determinación se calcula por:

$$r^2 = \frac{SC_{q_1}}{SC_t}$$

Para el modelo (4) el coeficiente de determinación se calcula por:

$$n^2 = \frac{SC_{q_2}}{SC_t}$$

Este procedimiento ha sido descrito para un diseño de tratamientos en estructura factorial dos a la dos para un diseño completamente al azar; dependiendo el tipo de diseño de tratamientos se modifica el modelo estocástico, la matriz de tratamientos, la región de exploración, la matriz de coeficientes de contrastes y cálculo de los contrastes, la construcción de la tabla de ANADEVIA, la descripción analítica y gráfica del modelo y el cálculo de la capacidad predictiva del modelo. Dado que en el desarrollo de formulaciones, es común manejar dos o tres factores en el apéndice (1), se describe el diseños de tratamientos de 3 factores a 2 niveles. Los procedimientos se pueden generalizar para el caso de 3 niveles.

El presente trabajo de tesis muestra la aplicación de ésta metodología para obtener la formulación deseada del *Quita Esualte*.

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Un *quitaesmalte* debe cumplir con ciertas propiedades Físicas, Químicas y Biológicas, y sobre todo, eliminar o remover un esmalte de uñas.

Para obtener una formulación de un *quitaesmalte* con características adecuadas; en relación a su eficiencia, respecto a remover la capa de esmalte en las uñas, su efecto sobre la apariencia y estructura de las uñas; es necesario el desarrollo experimental de diversas formulaciones, la evaluación de sus propiedades y el análisis de los resultados, via *métodos estadísticos de optimización*, para obtener una formulación final de un *quitaesmalte*, que reúna las características óptimas que se requieren en el producto.

**OBJETIVO**

**Desarrollar la formulación de un *Quita Esalte* empleando *Métodos Estadísticos de Optimización* a partir de pruebas a nivel laboratorio.**

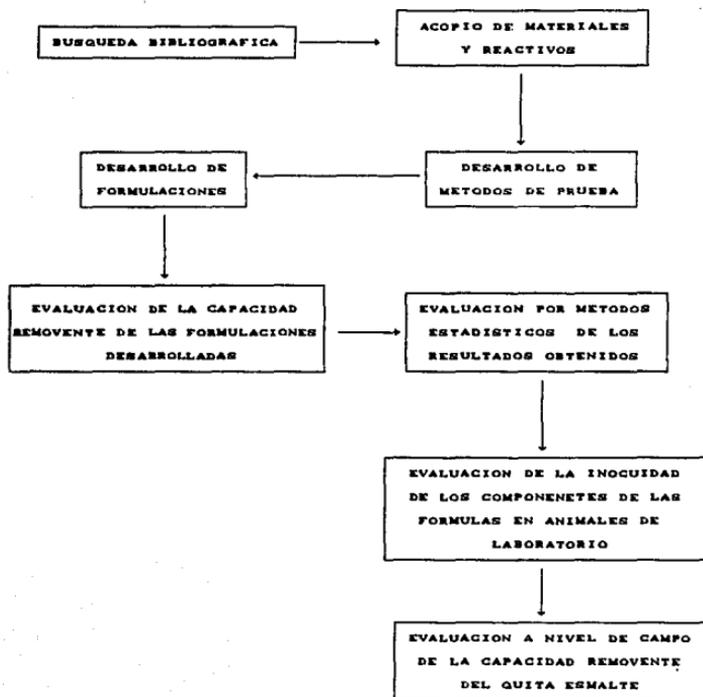
## HIPOTESIS

Por medio del diseño de tratamientos para el desarrollo de un quitaesmalte, y aplicando a los resultados obtenidos *Métodos estadísticos de optimización*, se obtendrá la formulación de un quitaesmalte con características ideales, tales como:

- a) Eliminar rápidamente el esmalte de las uñas.
- b) Proporcionar a las uñas un aspecto natural después de la eliminación del esmalte.

## PARTE EXPERIMENTAL

## DIAGRAMA DE ACTIVIDADES



## MATERIAL

- Tubos de ensaye 18X150 mm
- Balanza analítica *NETTLER HBO*
- Gradillas
- Pipetas graduadas 10ml
- Agitador de carrusel automático *SOL-BAT*
- Cronómetro
- Espectrofotómetro *ESPECTRONIC 20 RAUSCH & LOMB*

## METODOS DE PRUEBA

## I. Evaluación de la capacidad disolvente de un quitaesmalte.

## DESCRIPCION DEL METODO

1. Se pesa un tubo de ensaye perfectamente limpio y seco, posteriormente se deposita en el, una gota de un esmalte para uñas, se pesa inmediatamente y se deja secar por espacio de 24 horas, a temperatura ambiente.
2. En los tubos con muestra, se depositan 10 ml del quitaesmalte y se agita en un agitador automático *SOL-BAT* por espacio de 20 min. Paralelamente se corre un tubo con 10 ml de acetona pura como referencia.
3. Al término del tiempo, se detiene la agitación y se dejan reposar los tubos con el quitaesmalte por 5 min. Se separa la fase líquida y se lee la absorbancia de las disoluciones en un espectrofotómetro a 570 nm, utilizando como blanco para calibración, el quita esmalte correspondiente sin ensayar.
4. Se registran las lecturas de absorbancia correspondientes y se les determina el porcentaje de disolución. Se utiliza como el 100% de disolución a la lectura del tubo de referencia de acetona pura, utilizando la fórmula:

$$\% \text{ DE DISOLUCION} = \frac{\frac{ABS}{W}}{\frac{ABS_{std}}{V}} \times 100$$

ABS = ABSORBANCIA MEDIDA DE LA MUESTRA

ABS<sub>std</sub> = ABSORBANCIA MEDIDA DEL ESTANDAR

W = PESO EN GRAMOS DEL ESMALTE CORRESPONDIENTE A CADA TUBO

## EVALUACION DEL METODO ANALITICO

## EVALUACION DE LA LINEARIDAD DEL SISTEMA DE MEDICION

El análisis cuantitativo por espectrofotometría al visible (absorción de luz en el intervalo visible), se basan en la proporcionalidad entre la concentración de la sustancia de interés (esmalte) y la absorción de un haz monocromático de luz (Ley de Lambert-Beer). La relación proporcional da lugar a la ecuación:

$$C = \alpha A$$

Donde:

C es la concentración de sustancia de interés.

$\alpha$  es el coeficiente de extinción.

A es la absorbancia.

Ecuación de un modelo lineal cuyo valor de la ordenada al origen es cero y pendiente equivalente al coeficiente de extinción.

Para establecer como válido el análisis a un solo punto (una dilución del estándar y una dilución de la muestra) empleando la espectrofotometría, debe cumplirse que:

- La relación entre concentración y absorbancia sea descrita mediante un modelo de regresión lineal simple.
- Que la ordenada al origen del modelo sea cero.
- Que la relación sea capaz de ser reproducida.

## PARTE EXPERIMENTAL

Para evaluar el método espectrofotométrico utilizado en el método de prueba, se estudio el comportamiento del sistema de medición, determinando la absorbancia de diluciones del esmalte. El comportamiento del sistema se evaluó en 2 corridas distintas.

## RESULTADOS

## PRIMERA CORRIDA

CONCENTRACION mg/ml	ABSORBANCIA
3.390	1.50
1.695	0.75
0.8475	0.33
0.4237	0.18
0.2118	0.09

## SEGUNDA CORRIDA

CONCENTRACION mg/ml	ABSORBANCIA
3.1800	1.40
1.5900	0.70
0.7950	0.34
0.3975	0.17
0.1987	0.09

## ANALISIS DE RESULTADOS

Para cada corrida se reporta la estimación de la ordenada al origen y de la pendiente por mínimos cuadrados, los límites de confianza, el análisis de la varianza y su capacidad predictiva, para el modelo de regresión lineal simple.

## PRIMERA CORRIDA

PENDIENTE	LIMITE SUPERIOR DEL INTERVALO DE CONFIANZA	LIMITE INFERIOR DEL INTERVALO DE CONFIANZA
0.44888	0.47266	0.42509

ORDENADA AL ORIGEN	LIMITE SUPERIOR DEL INTERVALO DE CONFIANZA	LIMITE INFERIOR DEL INTERVALO DE CONFIANZA
-0.02164	0.01997	-0.06326

TABLA DE ANALISIS DE LA VARIANZA				
Fuente de variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Media de Cuadrados	Fcal
Regresión	1	1.34596	1.34596	3607.71 **
Error de Regresión	3	0.00037	0.00012	

\*\* altamente significativo

CAPACIDAD PREDICTIVA DEL MODELO	
CANTIDAD ADICIONADA mg/ml	PREDICCIÓN Absorbancia
3.3900	1.5001
1.6950	0.7392
0.8475	0.35878
0.4237	0.16855
0.2118	0.07343

COEFICIENTE DE DETERMINACION ( $r^2$ ) = 0.9992

## SEGUNDA CORRIDA

PENDIENTE	LIMITE SUPERIOR DEL INTERVALO DE CONFIANZA	LIMITE INFERIOR DEL INTERVALO DE CONFIANZA
0.44126	0.44862	0.4339

ORDENADA AL ORIGEN	LIMITE SUPERIOR DEL INTERVALO DE CONFIANZA	LIMITE INFERIOR DEL INTERVALO DE CONFIANZA
-0.00374	0.00833	-0.01581

TABLA DE ANALISIS DE LA VARIANZA				
Fuente de variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Media de Cuadrados	Fcal
Regresión	1	1.14451	1.14451	36441.95**
Error de Regresión	3	0.00009	0.00003	

\*\* altamente significativo

CAPACIDAD PREDICTIVA DEL MODELO	
CANTIDAD ADICIONADA mg/ml	PREDICCIÓN Absorbancia
3.1800	1.3995
1.5900	0.6979
0.7950	0.34706
0.3975	0.1717
0.1987	0.0839

COEFICIENTE DE DETERMINACION ( $r^2$ ) = .9999

**DISCUSION DE RESULTADOS**

En las corridas se observa una relación lineal altamente significativa del tipo  $Y=K X$ , entre las variables ( $X$ = concentración del esmalte en mg/ml y  $Y$ = absorbancia correspondiente a cada concentración) y la relación lineal es reproducible. De acuerdo con lo anterior, es posible predecir o calcular el valor de la absorbancia correspondiente a un valor dado de la concentración del esmalte. La capacidad predictiva del modelo es alta, es decir, el grado de asociación entre las dos variables (coeficiente de correlación) en las dos corridas, es alta:  $r^2 > 0.999$ ; es decir por lo menos el 99.9% de la variación de la absorbancia lo explica la concentración por el modelo y aproximadamente el 0.1% es debido a al error experimental. En conclusión, el método es confiable para la determinación del esmalte empleando dá determinación a un solo punto.

**DESARROLLO Y ANALISIS DE FORMULACIONES A NIVEL LABORATORIO**  
**EFFECTO DEL % DEL DISOLVENTE 1 Y % DEL HUMECTANTE SOBRE EL % DE DISOLUCION**

**SISTEMA I**

**1) Diseño de Tratamientos y Modelo Estocástico:**

Factorial  $3^2$  en un diseño completamente al azar. Se investigó el efecto del % del disolvente a 3 niveles (40%, 60% y 80%) y el % del humectante a 3 niveles (2%, 11% y 20%), cada formulación a nivel laboratorio, se elaboró por duplicado; el orden de elaboración de las formulaciones se efectuó de manera aleatoria. El modelo estocástico es:

$$Y = \alpha_0 + \alpha_1 X + \alpha_2 Z + \alpha_{12} X Z + \alpha_{11} X^2 + \alpha_{22} Z^2 + \alpha_{112} X^2 Z + \alpha_{122} X Z^2 + \alpha_{1122} X^2 Z^2 + c_L$$

**2) Matriz de Tratamientos y de Registro de Datos:**

<b>MATRIZ DE TRATAMIENTOS</b>				
<b>X (% DE DISOLVENTE)</b>				
		$X_1$ (40)	$X_2$ (60)	$X_3$ (80)
<b>Z (% DE HUMECTANTE)</b>	$Z_1$ (2)	$X_1 Z_1$	$X_2 Z_1$	$X_3 Z_1$
	$Z_2$ (11)	$X_1 Z_2$	$X_2 Z_2$	$X_3 Z_2$
	$Z_3$ (20)	$X_1 Z_3$	$X_2 Z_3$	$X_3 Z_3$

MATRIZ DE REGISTRO DE DATOS				
X (N DE DISOLVENTE)				
Z (N DE REFERENCIA)		X <sub>1</sub> (40)	X <sub>2</sub> (60)	X <sub>3</sub> (80)
		Z <sub>1</sub> (2)	Y <sub>111</sub>	Y <sub>211</sub>
	Y <sub>112</sub>	Y <sub>212</sub>	Y <sub>312</sub>	
Z <sub>2</sub> (14)	Y <sub>121</sub>	Y <sub>221</sub>	Y <sub>321</sub>	
	Y <sub>122</sub>	Y <sub>222</sub>	Y <sub>322</sub>	
Z <sub>3</sub> (20)	Y <sub>131</sub>	Y <sub>231</sub>	Y <sub>331</sub>	
	Y <sub>132</sub>	Y <sub>232</sub>	Y <sub>332</sub>	

## 3) RESULTADOS

Se reporta la cantidad de esmalte disuelto por el *quitaesmalte*, tomando como el 100% la cantidad disuelta por la referencia de acetona pura.

MATRIZ DE REGISTRO DE DATOS				
X (N DE DISOLVENTE)				
Z (N DE REFERENCIA)		X <sub>1</sub> (40)	X <sub>2</sub> (60)	X <sub>3</sub> (80)
		Z <sub>1</sub> (2)	0	0
	0	0	12.21	
Z <sub>2</sub> (14)	0	0	14.69	
	0	2.68	9.69	
Z <sub>3</sub> (20)	0	2.49	0	
	0	1.91	0	

## 4) Analisis de Resultados

ANALISIS DE LA VARIANZA				
Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Media de Cuadrados	F cal
Regresión	8	335.49266	41.93657	10.21**
Error de Regresión	9	36.97568	4.108409	
Efecto lineal de				
% de disolvente	1	149.178	149.178	36.31**
Efecto lineal de				
% humectante	1	15.3228	15.3228	3.73
Interacción del efecto lineal % disolvente con el efecto lineal de % humectante	1	40.3202	40.3202	9.81 *
Efecto cuadrático de				
% disolvente	1	22.01173	22.01173	5.36 *
Efecto cuadrático de				
% humectante	1	27.91361	27.91361	6.79 *
Interacción del efecto cuadrático de % disolvente con el efecto lineal de % humectante	1	29.83739	29.83739	7.26 *
Interacción del efecto lineal de % disolvente con el efecto cuadrático de % humectante	1	39.37281	39.37281	9.58 *
Interacción del efecto cuadrático del % disolvente con el efecto cuadrático de % humectante	1	11.53601	11.53601	2.81
Error puro	9	36.97568	4.10841	

\* significativo

\*\* altamente significativo

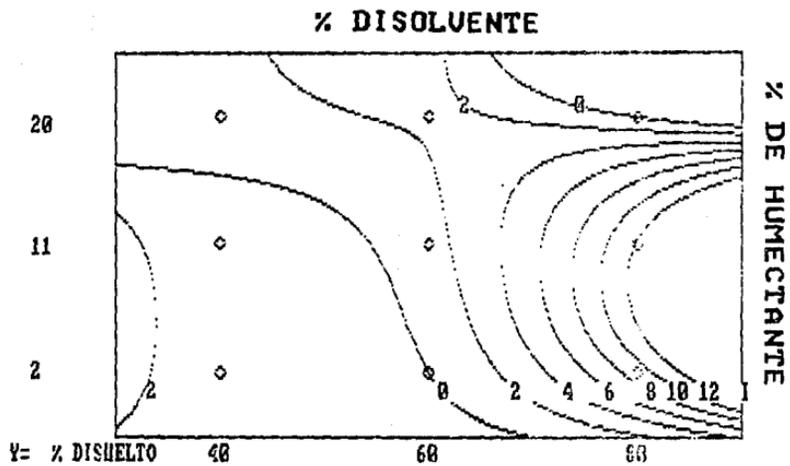
**MODELO ESTOCASTICO EN UNIDADES CODIFICADAS**

<b>COEFICIENTE</b>	<b>EFECTO</b>
2.743889	MEDIA ARITMETICA DE % DISUELTO
3.525833	LINEAL DE % DISOLVENTE
-1.13	LINEAL DE % HUMECTANTE
-2.245	LINEAL DE % DISOLVENTE *LINEAL DE % HUMECTANTE
2.345833	CUADRATICO DE % DISOLVENTE
-2.641667	CUADRATICO DE % HUMECTANTE
-3.344999	CUADRATICO DE % DISOLVENTE *LINEAL DE % HUMECTANTE
-3.8425	LINEAL DE % DISOLVENTE *CUADRATICO DE % HUMECTANTE
-3.6025	CUADRATICO DE % DISOLVENTE *CUADRATICO DE % HUMECTANTE

**CAPACIDAD PREDICTIVA DEL MODELO ESTOCASTICO**

<b>% DISOLVENTE</b>	<b>% HUMECTANTE</b>	<b>PREDICCION % DISUELTO</b>
40	2	0
40	11	0
40	20	0
20	2	0
20	11	0
20	20	1.340
80	2	8.980
80	11	12.175
80	20	0

$$r^2 = 0.9007$$



GRAFICA DE CONTORNO  
1

**5) Discusión de Resultados.**

Del análisis anterior se concluye que existe una asociación altamente significativa entre el % de disolución y el % de disolvente y % de humectante, el modelo que describe esta asociación es :

$$Y = 2.7439 + 3.5258 X - 1.13 Z - 2.245 XZ + 2.3458 X^2 - 2.6417 Z^2 \\ + 3.3445 X^2 Z - 3.8425 X Z^2 - 3.6025 X^2 Z^2$$

La gráfica de contorno del ensayo anterior indica que para aumentar el % de disolución se debe aumentar el % de disolvente y disminuir el % de humectante.

## SISTEMA II

## 1) Diseño de Tratamientos y Modelo Estocástico:

Factorial  $3^2$  en un diseño completamente al azar. Se investigó el efecto del % del disolvente a 3 niveles (80%, 85% y 90%) y el % del humectante a 3 niveles (2%, 6% y 10%), cada formulación a nivel laboratorio, se elaboró por duplicado; el orden de elaboración de las formulaciones se efectuó de manera aleatoria. El modelo estocástico es:

$$Y = \alpha_0 + \alpha_1 X + \alpha_2 Z + \alpha_{12} X Z + \alpha_{11} X^2 + \alpha_{22} Z^2 + \alpha_{112} X^2 Z + \alpha_{122} X Z^2 + \alpha_{1122} X^2 Z^2 + \epsilon_L$$

## 2) Matriz de Tratamientos y de Registro de Datos:

MATRIZ DE TRATAMIENTOS				
X (% DE DISOLVENTE)				
		X <sub>1</sub> (80)	X <sub>2</sub> (85)	X <sub>3</sub> (90)
M O D E L O E S T O C Á S T I C O	Z (2)	X <sub>1 1</sub>	X <sub>2 1</sub>	X <sub>3 1</sub>
	Z (6)	X <sub>1 2</sub>	X <sub>2 2</sub>	X <sub>3 2</sub>
	Z (10)	X <sub>1 3</sub>	X <sub>2 3</sub>	X <sub>3 3</sub>

		MATRIZ DE REGISTRO DE DATOS		
		X (N DE DISOLVENTE)		
		X <sub>1</sub> (80)	X <sub>2</sub> (85)	X <sub>3</sub> (90)
Z INDICES NO PREDICABLES	Z <sub>1</sub> (2)	Y <sub>111</sub>	Y <sub>211</sub>	Y <sub>311</sub>
		Y <sub>112</sub>	Y <sub>212</sub>	Y <sub>312</sub>
	Z <sub>2</sub> (6)	Y <sub>121</sub>	Y <sub>221</sub>	Y <sub>321</sub>
		Y <sub>122</sub>	Y <sub>222</sub>	Y <sub>322</sub>
	Z <sub>3</sub> (10)	Y <sub>131</sub>	Y <sub>231</sub>	Y <sub>331</sub>
		Y <sub>132</sub>	Y <sub>232</sub>	Y <sub>332</sub>

## 3) RESULTADOS

Se reporta la cantidad de esmalte disuelto por el *quitaesmalte*, tomando como el 100% la cantidad disuelta por la referencia de acetona pura.

		MATRIZ DE REGISTRO DE DATOS		
		X (N DE DISOLVENTE)		
		X <sub>1</sub> (80)	X <sub>2</sub> (85)	X <sub>3</sub> (90)
Z INDICES NO PREDICABLES	Z <sub>1</sub> (2)	20.06	19.55	38.67
		19.31	3.19	16.48
	Z <sub>2</sub> (6)	25.72	10.59	22.82
		17.10	26.75	32.26
	Z <sub>3</sub> (10)	6.06	0	0
		7.92	0	0

## 4) Análisis de Resultados

ANÁLISIS DE LA VARIANZA				
Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Hedía de Cuadrados	F cal
Regresión	8	1837.762	229.7200	3.48*
Error de Regresión	9	594.3165	66.03516	
Efecto lineal de % Disolvente	1	16.47363	16.47363	0.25
Efecto lineal de % Humectante	1	229.6875	229.6875	3.48
Interacción del efecto lineal de % Disolvente con el efecto lineal de % de Humectante	1	810.8363	810.8363	12.28**
Efecto cuadrático de % Disolvente	1	206.5927	206.5927	3.13
Efecto cuadrático de % Humectante	1	538.5494	538.5494	8.16*
Interacción del efecto cuadrático de % disolvente con el efecto Lineal de % Humectante	1	10.2966	10.2966	0.16
Interacción del efecto Lineal de % Disolvente con el efecto cuadrático de % humectante	1	21.50826	21.50826	0.33
Interacción del efecto cuadrático de % Disolvente con el efecto cuadrático de % humectante	1	3.818004	3.818004	0.06
Error puro	9	594.3157	66.03508	

\* significativo

\*\* altamente significativo

**MODELO ESTOCÁSTICO EN UNIDADES CODIFICADAS**

<b>COEFICIENTE</b>	<b>EFECTO</b>
14.80444	MEDIA ARITMETICA DE % DISUELTO
1.171667	LINEAL DE % DISOLVENTE
-4.375	LINEAL DE % HUMECTANTE
-10.0675	LINEAL DE % DISOLVENTE *LINEAL DE % HUMECTANTE
7.186666	CUADRATICO DE % DISOLVENTE
-11.60333	CUADRATICO DE % HUMECTANTE
1.965	CUADRATICO DE % DISOLVENTE *LINEAL DE % HUMECTANTE
-2.84	LINEAL DE % DISOLVENTE *CUADRATICO DE % HUMECTANTE
2.0725	CUADRATICO DE % DISOLVENTE *CUADRATICO DE % HUMECTANTE

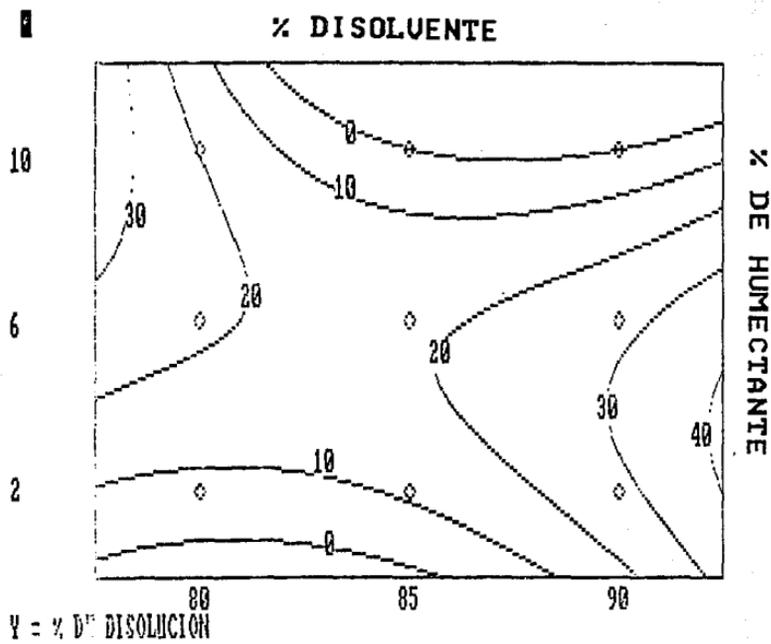
**CAPACIDAD PREDICTIVA DEL MODELO EMPIRICO**

<b>% DISOLVENTE</b>	<b>% HUMECTANTE</b>	<b>PREDICCIÓN % DISUELTO</b>
80	2	6.990
80	6	21.410
80	10	19.685
85	2	11.370
85	6	18.670
85	10	0
90	2	27.575
90	6	27.540
90	10	0

$$r^2 = 0.7556$$

## GRAFICA DE CONTORNO

2



### 5) Discusión de Resultados.

De este análisis se concluye que existe una asociación significativa entre el % de disolución y el % de disolvente y el % de humectante, por lo tanto el modelo que describe esta asociación es:

$$Y = 14.8044 + 1.1717 X - 4.375 Z - 10.0675 XZ + 7.1867 X^2 - 11.6033 Z^2 \\ + 1.965 X^2 Z - 2.84 X Z^2 + 2.0725 X^2 Z^2$$

De la gráfica se concluye que se obtiene un mayor porcentaje en el % de disolución a partir del intervalo del 80% de disolvente incluso se obtendría mayor % de disolución a más del 90% de disolvente dentro del intervalo del 2% al y 6% del % de humectante.

## SISTEMA III

## 1) Diseño de Tratamientos y Modelo Estocástico:

Factorial  $3^2$  en un diseño completamente al azar. Se investigó el efecto del % del disolvente a 3 niveles (77%, 80% y 83%) y el % del humectante a 3 niveles (4%, 7% y 10%), cada formulación a nivel laboratorio, se elaboró por duplicado; el orden de elaboración de las formulaciones se efectuó de manera aleatoria. El modelo estocástico es:

$$Y = \alpha_0 + \alpha_1 X + \alpha_2 Z + \alpha_{12} X Z + \alpha_{11} X^2 + \alpha_{22} Z^2 + \alpha_{112} X^2 Z + \alpha_{122} X Z^2 + \alpha_{1122} X^2 Z^2 + \epsilon_L$$

## 2) Matriz de Tratamientos y de Registro de Datos:

MATRIZ DE TRATAMIENTOS				
X (% DE DISOLVENTE)				
		X <sub>1</sub> (77)	X <sub>2</sub> (80)	X <sub>3</sub> (83)
Z (% DE HUMECTANTE)	Z <sub>1</sub> (4)	X <sub>1</sub> X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub> X <sub>1</sub>	X <sub>3</sub> X <sub>1</sub>
	Z <sub>2</sub> (7)	X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>	X <sub>2</sub> X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub> X <sub>2</sub>
	Z <sub>3</sub> (10)	X <sub>1</sub> X <sub>3</sub>	X <sub>2</sub> X <sub>3</sub>	X <sub>3</sub> X <sub>3</sub>

MATRIZ DE REGISTRO DE DATOS				
X (N DE DISOLVENTE)				
		X <sub>1</sub> (77)	X <sub>2</sub> (80)	X <sub>3</sub> (88)
Z PUNTO DE EJEMPLO	Z <sub>1</sub> (4)	V <sub>111</sub>	V <sub>211</sub>	V <sub>311</sub>
		V <sub>112</sub>	V <sub>212</sub>	V <sub>312</sub>
	Z <sub>2</sub> (7)	V <sub>121</sub>	V <sub>221</sub>	V <sub>321</sub>
		V <sub>122</sub>	V <sub>222</sub>	V <sub>322</sub>
	Z <sub>3</sub> (10)	V <sub>131</sub>	V <sub>231</sub>	V <sub>331</sub>
		V <sub>132</sub>	V <sub>232</sub>	V <sub>332</sub>

## 3) RESULTADOS

Se reporta la cantidad de esmalte disuelto por el *quitaesmalte*, tomando como el 100% la cantidad disuelta por la referencia de acetona pura.

MATRIZ DE REGISTRO DE DATOS				
X (N DE DISOLVENTE)				
		X <sub>1</sub> (77)	X <sub>2</sub> (80)	X <sub>3</sub> (88)
Z PUNTO DE EJEMPLO	Z <sub>1</sub> (4)	8.92	10.30	16.13
		6.63	7.20	19.51
	Z <sub>2</sub> (7)	8.82	3.87	22.47
		8.07	13.91	25.02
	Z <sub>3</sub> (10)	14.70	21.14	31.05
		12.23	21.20	32.15

## 4) Análisis de Resultados

ANÁLISIS DE LA VARIANZA				
Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Media de Cuadrados	F cal
Regresión	8	1128.825	1128.825	18.57**
Error de Regresión	9	68.3262	7.5918	
Efecto Lineal de % Disolvente	1	616.614	614.614	80.96**
Efecto lineal de % Humectante	1	350.136	350.136	46.12**
Interacción del efecto lineal de % Disolvente con el efecto lineal de % de Humectante	1	28.35046	28.35046	3.73
Efecto cuadrático de % Disolvente	1	73.33068	73.33068	9.66*
Efecto cuadrático de % Humectante	1	40.1111	40.1111	5.28*
Interacción del efecto cuadrático de % disolvente con el efecto Lineal de % Humectante	1	3.72882	3.72882	0.49
Interacción del efecto Lineal de % Disolvente con el efecto cuadrático de % humectante	1	1.46026	1.46026	0.19
Interacción del efecto cuadrático de % Disolvente con el efecto cuadrático de % humectante	1	17.09176	17.09176	2.25
Error puro	9	68.32776	7.59177	

\* significativo

\*\* altamente significativo

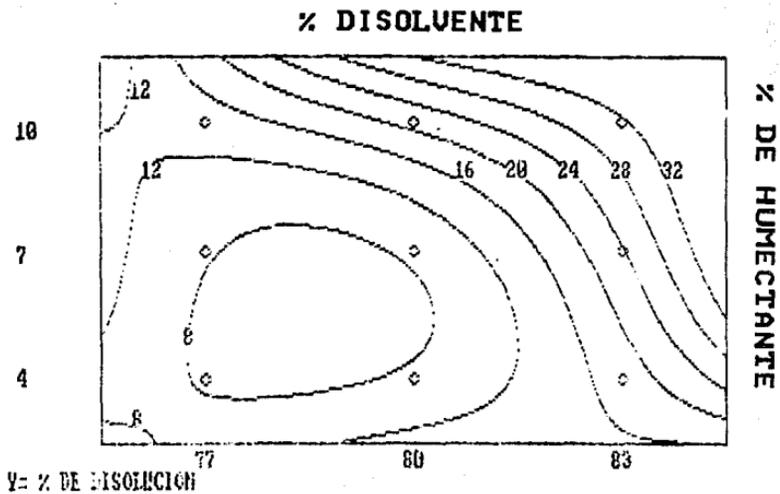
**MODELO ESTOCASTICO EN UNIDADES CODIFICADAS**

COEFICIENTE	EFECTO
15.80445	MEDIA ARITMETICA DE % DISUELTO
7.156670	LINEAL DE % DISOLVENTE
5.401670	LINEAL DE % HUMECTANTE
1.882500	LINEAL DE % DISOLVENTE
	*LINEAL DE % HUMECTANTE
4.281670	CUADRATICO DE % DISOLVENTE
3.166670	CUADRATICO X HUMECTANTE
-1.182500	CUADRATICO DE % DISOLVENTE
	*LINEAL DE % HUMECTANTE
-0.74	LINEAL DE % DISOLVENTE
	*CUADRATICO DE % HUMECTANTE
-4.3850	CUADRATICO DE % DISOLVENTE
	*CUADRATICO DE % HUMECTANTE

**CAPACIDAD PREDICTIVA DEL MODELO ESTOCASTICO**

% DISOLVENTE	% HUMECTANTE	PREDICION % DISUELTO
77	4	7.765
77	7	8.445
77	10	14.015
80	4	8.790
80	7	8.890
80	10	21.170
83	4	17.820
83	7	23.745
83	10	31.600

$$r^2 = 0.9429$$



GRAFICA DE CONTORNO  
3

### 5) Discusión de Resultados

Del análisis anterior se concluye que existe una asociación altamente significativa entre el % de disolución y el % de disolvente y el % de humectante, y el modelo que describe esta asociación es:

$$Y = 15.8045 + 7.1567 X + 5.4017 Z + 1.8825 XZ + 4.2817 X^2 + 3.1667 Z^2 - 1.1825 X^2 Z - 0.74 X Z^2 - 4.385 X^2 Z^2$$

De la gráfica de contorno se puede concluir que un aumento en el % de disolución es posible aumentando el % de disolvente a más del 83% en un intervalo máximo del 10% del % de humectante.

## SISTEMA IV

## 1) Diseño de Tratamientos y Modelo Estocástico:

Factorial  $3^2$  en un diseño completamente al azar. Se investigó el efecto del % del disolvente a 3 niveles (90%, 93% y 96%) y el % del humectante a 3 niveles (1%, 2% y 3%), cada formulación a nivel laboratorio, se elaboró por duplicado; el orden de elaboración de las formulaciones se efectuó de manera aleatoria. El modelo estocástico es:

$$Y = \alpha_0 + \alpha_1 X + \alpha_2 Z + \alpha_{12} X Z + \alpha_{11} X^2 + \alpha_{22} Z^2 + \alpha_{112} X^2 Z + \alpha_{122} X Z^2 + \alpha_{1122} X^2 Z^2 + \epsilon_i$$

## 2) Matriz de Tratamientos y de Registro de Datos:

MATRIZ DE TRATAMIENTOS				
X (% DE DISOLVENTE)				
		X <sub>1</sub> (D0)	X <sub>2</sub> (D3)	X <sub>3</sub> (D6)
Z (% DE HUMECTANTE)	Z <sub>1</sub> (1)	X <sub>11</sub>	X <sub>21</sub>	X <sub>31</sub>
	Z <sub>2</sub> (2)	X <sub>12</sub>	X <sub>22</sub>	X <sub>32</sub>
	Z <sub>3</sub> (3)	X <sub>13</sub>	X <sub>23</sub>	X <sub>33</sub>

		MATRIZ DE REGISTRO DE DATOS			
		X (N DE DISOLVENTE)			
		X <sub>1</sub> (D0)	X <sub>2</sub> (D3)	X <sub>3</sub> (D6)	
Z	Z <sub>1</sub> (1)	Y	111	211	311
		Y	112	212	312
	Z <sub>2</sub> (1)	Y	121	221	321
		Y	122	222	322
	Z <sub>3</sub> (3)	Y	131	231	331
		Y	132	232	332

## 3) RESULTADOS

Se reporta la cantidad de esmalte disuelto por el *quitaesmalte*, tomando como el 100% la cantidad disuelta por la referencia de acetona pura.

		MATRIZ DE REGISTRO DE DATOS			
		X (N DE DISOLVENTE)			
		X <sub>1</sub> (D0)	X <sub>2</sub> (D3)	X <sub>3</sub> (D6)	
Z	Z <sub>1</sub> (1)		24.58	25.44	84.12
			26.49	31.59	99.33
	Z <sub>2</sub> (2)		27.03	23.84	88.25
			20.94	26.42	78.26
	Z <sub>3</sub> (3)		22.23	26.07	33.45
			24.01	36.97	32.05

## 4) Análisis de Resultados

ANÁLISIS DE LA VARIANZA				
Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Media de Cuadrados	F cal
Regresión	8	11542.43	1442.804	48.07**
Error de Regresión	9	270.1406	30.01563	
Efecto Lineal de % Disolvente	1	6083.104	6083.104	202.66**
Efecto lineal de % Humectante	1	1136.270	1136.270	37.86**
Interacción del efecto lineal de % Disolvente con el efecto lineal de % de Humectante	1	1599.517	1599.517	53.29**
Efecto cuadrático de % Disolvente	1	1345.422	1345.422	44.82**
Efecto cuadrático de % Humectante	1	110.7756	110.7756	3.69
Interacción del efecto cuadrático de % disolvente con el efecto Lineal de % Humectante	1	757.1268	757.1268	25.22**
Interacción del efecto Lineal de % Disolvente con el efecto cuadrático de % Humectante	1	304.1664	304.1664	10.14*
Interacción del efecto cuadrático de % Disolvente con el efecto cuadrático de % humectante	1	206.0450	206.0450	6.86*
Error puro	9	206.0450	206.0450	

\* significativo

\*\* altamente significativo

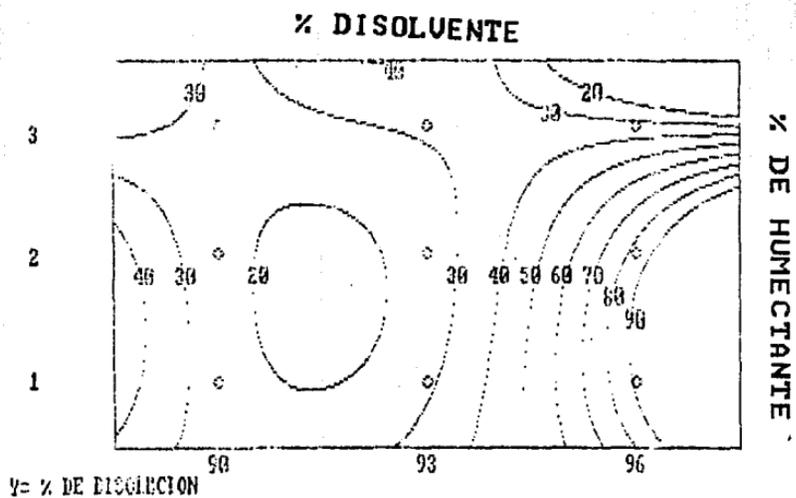
MODELO ESTOCASTICO EN UNIDADES CODIFICADAS

CÓEFICIENTE	EFEECTO
40.61501	MEDIA ARITMETICA DE % DISUELTO
22.5150	LINEAL DE % DISOLVENTE
-9.73083	LINEAL DE % HUMECTANTE
-14.140	LINEAL DE % DISOLVENTE *LINEAL DE % HUMECTANTE
18.340	CUADRATICO DE % DISOLVENTE
-3.2625	CUADRATICO % HUMECTANTE
-16.850	CUADRATICO DE % DISOLVENTE *LINEAL DE % HUMECTANTE
-10.680	LINEAL DE % DISOLVENTE *CUADRATICO DE % HUMECTANTE
-15.225	CUADRATICO DE % DISOLVENTE *CUADRATICO DE % HUMECTANTE

CAPACIDAD PREDICTIVA DEL MODELO ESTOCASTICO

% DISOLVENTE	% HUMECTANTE	PREDICION % DISUELTO
90	1	25.535
90	2	23.985
90	3	23.120
93	1	28.515
93	2	25.130
93	3	31.520
96	1	91.725
96	2	83.255
96	3	32.750

$$r^2 = 0.9771$$



4  
GRAFICA DE CONTORNO

### 5) Discusión de Resultados.

Del anterior análisis se concluye que existe una asociación altamente significativa entre el % de disolución y el % de disolvente y el % de humectante, y el modelo que describe esta asociación está dada por:

$$Y = 40.6150 + 22.515 X - 9.7308 Z - 14.14 XZ + 18.34 X^2 - 5.2625 Z^2 \\ - 16.85 X^2 Z - 10.68 X Z^2 - 15.225 X^2 Z^2$$

Dentro de la gráfica de contorno es apreciable que el máximo % de disolución se desplaza hacia el 96% del % de disolvente en el intervalo 1% a 2% del % de humectante. Para obtener un % de disolución mayor es necesario evaluar por arriba del el 96 % de disolvente y mantener el intervalo del % de humectante.

## EFECTO DEL % DEL DISOLVENTE 1 Y % DEL DISOLVENTE 2 SOBRE EL % DE DISOLUCION

## SISTEMA V

## 1) Diseño de Tratamientos y Modelo Estocástico:

Factorial  $3^2$  en un diseño completamente al azar. Se investigó el efecto del % del disolvente 1 a 3 niveles (30%, 40% y 50%) y el % del disolvente 2 a 3 niveles (30%, 40% y 50%). cada formulación a nivel laboratorio, se elaboró por duplicado; el orden de elaboración de las formulaciones se efectuó de manera aleatoria. El modelo estocástico es:

$$Y = \alpha_0 + \alpha_1 X + \alpha_2 Z + \alpha_{12} X Z + \alpha_{11} X^2 + \alpha_{22} Z^2 + \alpha_{112} X^2 Z + \alpha_{122} X Z^2 + \alpha_{1122} X^2 Z^2 + \epsilon_i$$

## 2) Matriz de Tratamientos y de Registro de Datos:

MATRIZ DE TRATAMIENTOS				
X (% DE DISOLVENTE 1)				
		X <sub>1</sub> (30)	X <sub>2</sub> (40)	X <sub>3</sub> (50)
Z (% DE DISOLVENTE 2)	Z <sub>1</sub> (30)	X <sub>1</sub> Z <sub>1</sub>	X <sub>2</sub> Z <sub>1</sub>	X <sub>3</sub> Z <sub>1</sub>
	Z <sub>2</sub> (40)	X <sub>1</sub> Z <sub>2</sub>	X <sub>2</sub> Z <sub>2</sub>	X <sub>3</sub> Z <sub>2</sub>
	Z <sub>3</sub> (50)	X <sub>1</sub> Z <sub>3</sub>	X <sub>2</sub> Z <sub>3</sub>	X <sub>3</sub> Z <sub>3</sub>

MATRIZ DE REGISTRO DE DATOS				
X (N DE DISOLVENTE 1)				
Z N PRECIPITACION NO X		X <sub>1</sub> (40)	X <sub>2</sub> (50)	X <sub>3</sub> (80)
	Z <sub>1</sub> (80)	Y <sub>111</sub>	Y <sub>211</sub>	Y <sub>311</sub>
		Y <sub>112</sub>	Y <sub>212</sub>	Y <sub>312</sub>
	Z <sub>2</sub> (40)	Y <sub>121</sub>	Y <sub>221</sub>	Y <sub>321</sub>
	Y <sub>122</sub>	Y <sub>222</sub>	Y <sub>322</sub>	
Z <sub>3</sub> (50)	Y <sub>131</sub>	Y <sub>231</sub>	Y <sub>331</sub>	
	Y <sub>132</sub>	Y <sub>232</sub>	Y <sub>332</sub>	

## 3) RESULTADOS

Se reporta la cantidad de esmalte disuelto por el quitapesoite, tomando como el 100% la cantidad disuelta por la referencia de acetona pura.

MATRIZ DE REGISTRO DE DATOS				
X (N DE DISOLVENTE 1)				
Z N PRECIPITACION NO X		X <sub>1</sub> (80)	X <sub>2</sub> (40)	X <sub>3</sub> (50)
	Z <sub>1</sub> (80)	0	9.23	5.10
		0	9.09	4.06
	Z <sub>2</sub> (40)	0	12.57	12.22
	0	13.92	10.40	
Z <sub>3</sub> (50)	0	12.53	97.34	
	0	12.19	98.62	

## 4) Análisis de Resultados

ANÁLISIS DE LA VARIANZA				
Fuente de variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Media de Cuadrados	Fcal
Regresión	8	15412.74	1926.593	4336.95 **
Error de Regresión	9	3.998047	.4442274	
Efecto lineal de % de disolvente 1	1	4322.125	1322.125	9729.53 **
Efecto lineal de % de disolvente 2	1	3110.520	3110.520	7002.09 **
Interacción del efecto lineal % disolvente 1 con el efecto lineal de % disolvente 2	1	4361.780	4361.780	9818.80 **
Efecto cuadrático de % disolvente 1	1	218.4483	218.4483	491.75 **
Efecto cuadrático de % disolvente 2	1	624.4999	624.4999	1405.81 **
Interacción del efecto cuadrático de % disolvente 1 con el efecto lineal de % disolvente 2	1	1261.500	1261.500	2839.76 **
Interacción del efecto lineal de % disolvente 1 con el efecto cuadrático de % disolvente 2	1	1065.067	1065.067	2397.57 **
Interacción del efecto cuadrático de % disolvente 1 con el efecto cuadrático de % disolvente 2	1	448.8008	448.8008	1010.30 **
Error puro	9	3.998047	.4442274	

\* significativo

\*\* altamente significativo

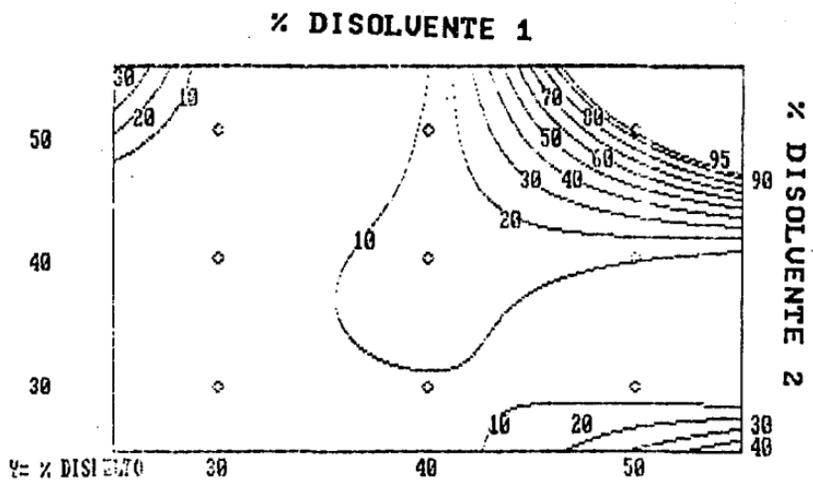
**MODELO ESTOCASTICO EN UNIDADES CODIFICADAS**

COEFICIENTE	EFEECTO
16.515	MEDIA ARITMETICA DE % DISUELTO
18.97833	LINEAL DE % DISOLVENTE 1
16.1	LINEAL DE % DISOLVENTE 2
23.35	LINEAL DE % DISOLVENTE 1
	*LINEAL DE % DISOLVENTE 2
7.389998	CUADRATICO DE % DISOLVENTE 1
12.495	CUADRATICO DE % DISOLVENTE 2
21.75	CUADRATICO DE % DISOLVENTE 1
	*LINEAL DE % DISOLVENTE 2
19.985	LINEAL DE % DISOLVENTE 1
	*CUADRATICO % DISOLVENTE 2
22.47	CUADRATICO DE % DISOLVENTE 1
	*CUADRATICO DE % DISOLVENTE 2

**CAPACIDAD PREDICTIVA DEL MODELO ESTOCASTICO**

% DISOLVENTE 1	% DISOLVENTE 2	PREDICCIÓN % DISUELTO
30	30	0
30	40	0
30	50	0
40	30	9.160
40	40	13.245
50	50	12.360
50	30	4.580
50	40	11.310
50	50	97.980

$$r^2 = 0.9997$$



5  
GRAFICA DE CONTORNO

**5) Discusión de Resultados.**

Del análisis anterior puede concluirse que existe relación altamente significativa entre el % de disolvente 1 y el % de disolvente 2 sobre el % de disolución, y la ecuación que explica esta relación es:

$$Y = 16.515 + 18.9783 X + 16.1 Z + 23.35 XZ + 7.39 X^2 + 12.495 Z^2 \\ 21.75 X^2 Z + 19.985 X Z^2 + 22.47 X^2 Z^2$$

Con respecto a la gráfica de contorno existe una gran tendencia hacia los niveles altos tanto del % de disolvente 1 y % de disolvente 2 para aumentar % de disolución.

## SISTEMA VI

## 1) Diseño de Tratamientos y Modelo Estocástico:

Factorial  $2^2$  con un punto central en un diseño completamente al azar. Se investigó el efecto del % del disolvente 1 a 2 niveles (35% y 45%), el % del disolvente 2 a 2 niveles (15% y 25%) y el punto central al 40% del disolvente 1 y al 20% para el disolvente 2. Cada formulación a nivel laboratorio, se elaboró por duplicado; el orden de elaboración de las formulaciones se efectuó de manera aleatoria. El modelo estocástico es:

$$Y = \alpha_0 + \alpha_1 X + \alpha_2 Z + \alpha_{12} X Z + \alpha_{11} X^2 + \alpha_{22} Z^2$$

## 2) Matriz de Tratamientos y de Registro de Datos:

MATRIZ DE TRATAMIENTOS				
X (% DE DISOLVENTE 1)				
N NIVELO DISOLVENTE 2		X <sub>1</sub> (35)	X <sub>2</sub> (40)	X <sub>3</sub> (45)
	Z <sub>1</sub> (15)	X <sub>1</sub> Z <sub>1</sub>		X <sub>3</sub> Z <sub>1</sub>
	Z <sub>2</sub> (20)		X <sub>2</sub> Z <sub>2</sub>	
	Z <sub>3</sub> (25)	X <sub>1</sub> Z <sub>3</sub>		X <sub>3</sub> Z <sub>3</sub>

MATRIZ DE REGISTRO DE DATOS				
X (% DE DISOLVENTE 1)				
N NIVELO DISOLVENTE 2		X <sub>1</sub> (35)	X <sub>2</sub> (40)	X <sub>3</sub> (45)
	Z <sub>1</sub> (15)	Y <sub>111</sub> Y <sub>112</sub>		Y <sub>311</sub> Y <sub>312</sub>
	Z <sub>2</sub> (20)		Y <sub>221</sub> Y <sub>222</sub>	
	Z <sub>3</sub> (25)	Y <sub>131</sub> Y <sub>132</sub>		Y <sub>331</sub> Y <sub>332</sub>

## 3) RESULTADOS

Se reporta la cantidad de esmalte disuelto por el *quitaesmalte*, tomando como el 100% la cantidad disuelta por la referencia de acetona pura.

		X (N DE DISOLVENTE 1)		
		X <sub>1</sub> (20)	X <sub>2</sub> (40)	X <sub>3</sub> (45)
Z	Z <sub>1</sub> (15)	40.66 24.98		15.03 9.22
	Z <sub>2</sub> (20)		31.72 33.00	
	Z <sub>3</sub> (25)	0 0		22.63 21.02

## 4) Análisis de Resultados

ANÁLISIS DE LA VARIANZA				
Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Media de Cuadrados	F cal
Regresión	3	1171.881	390.627	13.66**
Efecto Lineal de % Disolvente 1	1	.638450	.638450	0.02
Efecto lineal de % Disolvente 2	1	267.2672	267.2672	9.35*
Interacción del efecto lineal de % Disolvente 1 con el efecto lineal de % Disolvente 2	1	903.9752	903.9752	31.61**
Efecto cuadrático de % de Disolvente 1 o/y efecto cuadrático de % de Disolvente 2	1	159.95	159.95	5.59*
Error puro	5	142.987	28.5974	

\* significativo

\*\* altamente significativo

**MODELO ESTOCASTICO EN UNIDADES CODIFICADAS**

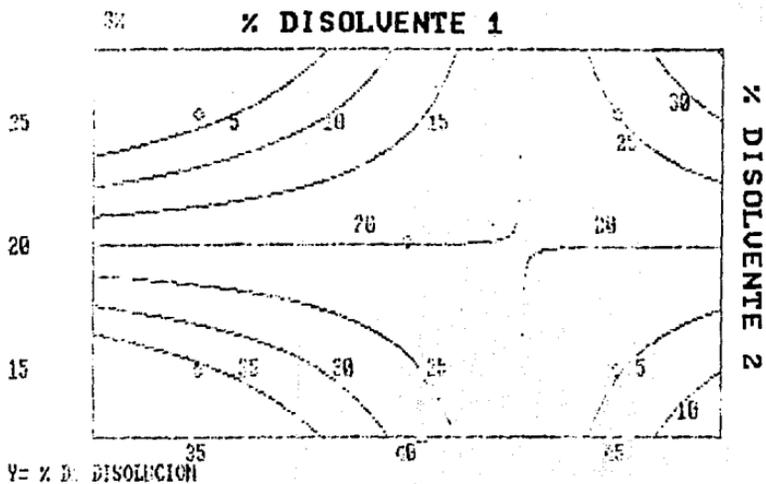
<b>COEFICIENTE</b>	<b>EFECTO</b>
19.892	MEDIA ARITMETICA DE % DISUELTO
0.28250	LINEAL DE % DISOLVENTE 1
-5.7800	LINEAL DE % DISOLVENTE 2
10.630	LINEAL DE % DISOLVENTE 1
	+LINEAL DE % DISOLVENTE 2
-0.055625	EFECTO CUADRATICO DE % DE
	DISOLVENTE 1 Y/O EFECTO
	CUADRATICO DE % DE DISOLVENTE
	2

**CAPACIDAD PREDICTIVA DEL MODELO ESTOCASTICO**

<b>% DISOLVENTE 1</b>	<b>% DISOLVENTE 2</b>	<b>PREDICION % DISUELTO</b>
35	15	36.02
35	25	3.199
40	20	19.892
45	15	15.325
45	25	25.025

$$r^2 = 0.6796$$

HUMECTANTE



GRAFICA DE CONTORNO  
6

### 5) Discusión de Resultados

Se concluye de este sistema que existe relación altamente significativa de la variable de respuesta % de disolución con los factores % de disolvente 1 y % de disolvente 2, y la ecuación que describe esta relación es la siguiente:

$$Y = 19.892 + 0.2825 X - 5.78 Z + 10.63 XZ$$

En la gráfica de contorno se observan dos puntos en donde se pueden obtener % de disolución mayores, sin embargo existe una tendencia más alta en el intervalo de 35 y 40 en % de disolvente 1 manteniéndose en 15 el % de disolvente 2. En la región de exploración se detecta efecto cuadrático, por lo que es conveniente emplear diseños de tratamientos  $3^2$ .

## SISTEMA VII

## 1) Diseño de Tratamientos y Modelo Estocástico:

Factorial  $3^2$  en un diseño completamente al azar. Se investigó el efecto del % del disolvente 1 a 3 niveles (40%, 45% y 50%) y el % del disolvente 2 a 3 niveles (40%, 45% y 50%). cada formulación a nivel laboratorio, se elaboró por duplicado; el orden de elaboración de las formulaciones se efectuó de manera aleatoria. El modelo estocástico es:

$$Y = \alpha_0 + \alpha_1 X + \alpha_2 Z + \alpha_{12} X Z + \alpha_{11} X^2 + \alpha_{22} Z^2 + \alpha_{112} X^2 Z + \alpha_{122} X Z^2 + \alpha_{1122} X^2 Z^2 + \epsilon_L$$

## 2) Matriz de Tratamientos y de Registro de Datos:

		MATRIZ DE TRATAMIENTOS X (% DE DISOLVENTE 1)		
		X <sub>1</sub> (40)	X <sub>2</sub> (45)	X <sub>3</sub> (50)
Z (% DE DISOLVENTE 2)	Z <sub>1</sub> (40)	X <sub>11</sub>	X <sub>21</sub>	X <sub>31</sub>
	Z <sub>2</sub> (45)	X <sub>12</sub>	X <sub>22</sub>	X <sub>32</sub>
	Z <sub>3</sub> (50)	X <sub>13</sub>	X <sub>23</sub>	X <sub>33</sub>

MATRIZ DE REGISTRO DE DATOS				
X (N DE DISOLVENTE 1)				
Z INDICADOR DE Z	Z <sub>1</sub> (40)	X <sub>1</sub> (40)	X <sub>2</sub> (45)	X <sub>3</sub> (50)
		Y <sub>111</sub>	Y <sub>211</sub>	Y <sub>311</sub>
	Y <sub>112</sub>	Y <sub>212</sub>	Y <sub>312</sub>	
	Z <sub>2</sub> (45)	Y <sub>121</sub>	Y <sub>221</sub>	Y <sub>321</sub>
Y <sub>122</sub>	Y <sub>222</sub>	Y <sub>322</sub>		
Z <sub>3</sub> (50)	Y <sub>131</sub>	Y <sub>231</sub>	Y <sub>331</sub>	
Y <sub>132</sub>	Y <sub>232</sub>	Y <sub>332</sub>		

## 3) RESULTADOS

Se reporta la cantidad de esmalte disuelto por el *quitaesmalte*, tomando como el 100% la cantidad disuelta por la referencia de acetona pura.

MATRIZ DE REGISTRO DE DATOS				
X (N DE DISOLVENTE 1)				
Z INDICADOR DE Z	Z <sub>1</sub> (40)	X <sub>1</sub> (40)	X <sub>2</sub> (45)	X <sub>3</sub> (50)
		13.98	9.76	12.37
	26.43	10.19	20.19	
	Z <sub>2</sub> (45)	13.69	16.03	64.95
13.77	21.80	48.58		
Z <sub>3</sub> (50)	12.82	62.51	69.70	
13.88	93.59	72.96		

## 4) Análisis de Resultados

ANÁLISIS DE LA VARIANZA				
Fuente de variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Media de Cuadrados	Fcal
Regresión	8	11964.32	1495.540	18.02**
Error de Regresión	9	746.8262	82.98068	
Efecto lineal de % de disolvente 1	1	3133.424	3133.424	37.76**
Efecto lineal de % de disolvente 2	1	4495.779	4495.779	54.18**
Interacción del efecto lineal % disolvente 1 con el efecto lineal de % disolvente 2	1	55.52729	55.52729	0.67
Efecto cuadrático de % disolvente 1	1	101.5727	101.5727	1.22
Efecto cuadrático de % disolvente 2	1	1293.308	1293.308	15.59**
Interacción del efecto cuadrático de % disolvente 1 con el efecto lineal de % disolvente 2	1	172.2703	172.2703	2.08*
Interacción del efecto lineal de % disolvente 1 con el efecto cuadrático de % disolvente 2	1	804.6733	804.6733	9.70*
Interacción del efecto cuadrático de % disolvente 1 con el efecto cuadrático de % disolvente 2	1	1907.766	1907.766	22.99**
Error puro	9	746.8233	82.98036	

\* significativo

\*\* altamente significativo

**MODELO ESTOCASTICO EN UNIDADES CODIFICADAS**

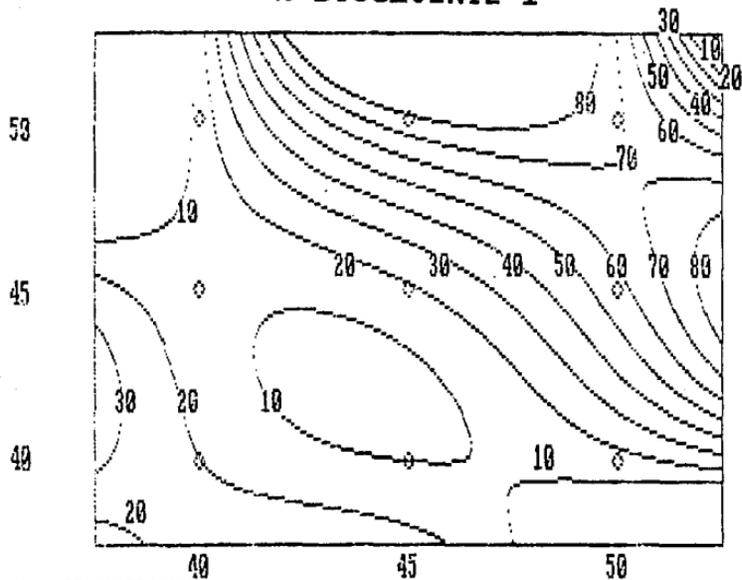
COEFICIENTE	EFFECTO
33.16278	MEDIA ARITMETICA DE % DISUELTO
16.15917	LINEAL DE % DISOLVENTE 1
19.35583	LINEAL DE % DISOLVENTE 2
15.4425	LINEAL DE % DISOLVENTE 1
	*LINEAL DE % DISOLVENTE 2
-3.725832	CUADRATICO DE % DISOLVENTE 1
5.039164	CUADRATICO % DISOLVENTE 2
-22.0225	CUADRATICO DE % DISOLVENTE 1
	*LINEAL DE % DISOLVENTE 2
-8.037498	LINEAL DE % DISOLVENTE 1
	*CUADRATICO DE % DISOLVENTE 2
-30.0875	CUADRATICO DE % DISOLVENTE 1
	CUADRATICO DE % DISOLVENTE 2

**CAPACIDAD PREDICTIVA DEL MODELO ESTOCASTICO**

% DISOLVENTE 1	% DISOLVENTE 2	PREDICCION % DISUELTO
40	40	20.205
40	45	13.730
40	50	13.350
45	40	9.975
45	45	18.915
45	50	78.050
50	40	16.280
50	45	56.765
50	50	71.195

$$r^2 = 0.9412$$

% DISOLVENTE 1



% DISOLVENTE 2

GRAFICA DE CONTORNO

7

## DISCUSION DE RESULTADOS

De el análisis anterior se concluye que existe relación altamente significativa de la variable de respuesta % de disolución con los factores % de disolvente 1 y % de disolvente 2, y el modelo que describe esta asociación es:

$$Y = 33.1628 + 16.1592 X + 19.3558 Z + 15.4425 XZ - 3.7258 X^2 + 5.0392 Z^2 - 22.0225 X^2 Z - 8.0375 X Z^2 - 30.0875 X^2 Z^2$$

De la gráfica de contorno se concluye que el máximo % de disolución se encuentra en la zona hacia la derecha del % de disolvente 1, es decir, aumentando el % de Disolvente 1 a más del 50%, manteniendo el % de disolvente 2 en 45%. Este efecto se observa también con el disolvente 2, sin embargo es más acentuado con el disolvente 1.

## SISTEMA VIII

## 1) Diseño de Tratamientos y Modelo Estocástico:

Factorial  $3^2$  en un diseño completamente al azar. Se investigó el efecto del % del disolvente 1 a 3 niveles (46%, 48% y 50%) y el % del disolvente 2 a 3 niveles (46%, 48% y 50%), cada formulación a nivel laboratorio, se elaboró por duplicado; el orden de elaboración de las formulaciones se efectuó de manera aleatoria. El modelo estocástico es:

$$Y = \alpha_0 + \alpha_1 X + \alpha_2 Z + \alpha_{12} X Z + \alpha_{11} X^2 + \alpha_{22} Z^2 + \alpha_{112} X^2 Z + \alpha_{122} X Z^2 + \alpha_{1122} X^2 Z^2 + \epsilon_i$$

## 2) Matriz de Tratamientos y de Registro de Datos:

MATRIZ DE TRATAMIENTOS X (% DE DISOLVENTE 1)				
		X <sub>1</sub> (46)	X <sub>2</sub> (48)	X <sub>3</sub> (50)
Z (% DE DISOLVENTE 2)	Z <sub>1</sub> (46)	X <sub>1</sub> <sup>1</sup>	X <sub>2</sub> <sup>1</sup>	X <sub>3</sub> <sup>1</sup>
	Z <sub>2</sub> (48)	X <sub>1</sub> <sup>2</sup>	X <sub>2</sub> <sup>2</sup>	X <sub>3</sub> <sup>2</sup>
	Z <sub>3</sub> (50)	X <sub>1</sub> <sup>3</sup>	X <sub>2</sub> <sup>3</sup>	X <sub>3</sub> <sup>3</sup>

MATRIZ DE REGISTRO DE DATOS				
X (% DE DISOLVENTE 1)				
		X <sub>1</sub> (40)	X <sub>2</sub> (48)	X <sub>3</sub> (50)
Z MEZCLA COMPO NO 2	Z <sub>1</sub> (40)	V	V	V
		Y	Y	Y
	Z <sub>2</sub> (48)	V	V	V
		Y	Y	Y
	Z <sub>3</sub> (50)	V	V	V
		Y	Y	Y

## 3) RESULTADOS

Se reporta la cantidad de esmalte disuelto por el *quitaesmalte*, tomando como el 100% la cantidad disuelta por la referencia de acetona pura.

MATRIZ DE REGISTRO DE DATOS				
X (% DE DISOLVENTE 1)				
		X <sub>1</sub> (40)	X <sub>2</sub> (48)	X <sub>3</sub> (50)
Z MEZCLA COMPO NO 2	Z <sub>1</sub> (40)	18.23	29.07	104.17
		18.52	38.69	123.33
	Z <sub>2</sub> (48)	10.09	105.78	211.27
		10.45	132.22	220.02
	Z <sub>3</sub> (50)	50.90	132.42	82.32
		61.24	190.33	63.11

## 4) Análisis de Resultados

ANÁLISIS DE LA VARIANZA				
Fuente de variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Media de Cuadrados	Fcal
Regresión	8	76727.52	9590.939	34.08**
Error de Regresión	9	2532.516	281.3906	
Efecto lineal de % de disolvente 1	1	33579.86	33579.86	119.33**
Efecto lineal de % de disolvente 2	1	5138.154	5138.154	18.26**
Interacción del efecto lineal % disolvente 1 con el efecto lineal de % disolvente 2	1	3099.207	3099.207	11.01**
Efecto cuadrático de % disolvente 1	1	2230.515	2230.515	7.93*
Efecto cuadrático de % disolvente 2	1	6066.594	6066.594	21.56**
Interacción del efecto cuadrático de % disolvente 1 con el efecto lineal de % disolvente 2	1	1122.40	1122.40	39.53**
Interacción del efecto lineal de % disolvente 1 con el efecto cuadrático de % disolvente 2	1	14873.27	14873.27	52.86**
Interacción del efecto cuadrático de % disolvente 1 con el efecto cuadrático de % disolvente 2	1	617.5269	617.5269	2.19
Error puro	9	2532.506	281.3895	

\* significativo

\*\* altamente significativo

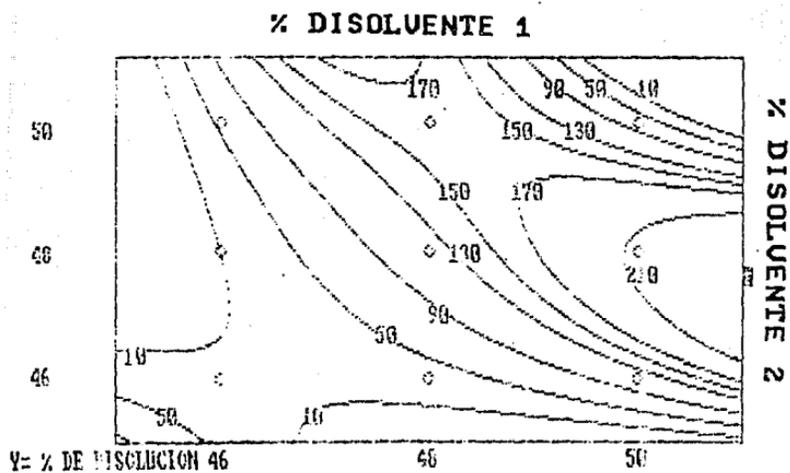
**MODELO ESTOCASTICO EN UNIDADES CODIFICADAS**

COEFICIENTE	EFEECTO
89.00888	MEDIA ARITMETICA DE % DISUELTO
52.89917	LINEAL DE % DISOLVENTE 1
20.69250	LINEAL DE % DISOLVENTE 2
-19.68250	LINEAL DE % DISOLVENTE 1
	*LINEAL DE % DISOLVENTE 2
-23.61416	CUADRATICO DE % DISOLVENTE 1
-38.94417	CUADRATICO % DISOLVENTE 2
-64.58250	CUADRATICO DE % DISOLVENTE 1
	*LINEAL DE % DISOLVENTE 2
-74.68249	LINEAL DE % DISOLVENTE 1
	*CUADRATICO DE % DISOLVENTE 2
-26.35750	CUADRATICO DE % DISOLVENTE 1
	*CUADRATICO DE % DISOLVENTE 2

**CAPACIDAD PREDICTIVA DEL MODELO ESTOCASTICO**

% DISOLVENTE 1	% DISOLVENTE 2	PREDICION % DISUELTO
46	46	18.375
46	48	10.270
46	50	56.070
48	46	33.880
48	48	119.000
48	50	161.375
50	46	113.750
50	48	215.645
50	50	72.715

$$r^2 = 0.9681$$



B  
GRAFICA DE CONTORNO

### 5) Discusión de Resultados.

Del análisis anterior se concluye que existe una asociación altamente significativa entre el % de disolvente 1 y el % de disolvente 2 y el % de disolución, y el modelo que describe ésta asociación es:

$$Y = 89.0089 + 52.8992 X + 20.6925 Z - 19.6825 XZ - 23.6142 X^2 \\ - 38.9442 Z^2 - 64.5825 X^2 Z - 74.6825 X Z^2 - 26.3575 X^2 Z^2$$

De la gráfica de contorno puede concluirse que los valores más altos en el % de disolución se encuentran dentro de los intervalos de 48 y 50% tanto para el % de disolvente 1 como para el % de disolvente 2, sin embargo se aprecia un gran desplazamiento en el % de disolución aumentando el % de disolvente 1 por arriba del 50% manteniendo el % de disolvente 2 en 48%.

**EFFECTO DEL % DE DISOLVENTE 1, % DE DISOLVENTE 2 Y % DE HUMECTANTE  
SOBRE EL % DE DISOLUCION**

1) Diseño de Tratamientos y Modelo Estocástico:

Factorial 2<sup>3</sup> en un diseño completamente al azar. Se investigó el efecto del % del disolvente 1 a 2 niveles (20% y 40%), del % del disolvente 2 a 2 niveles (20% y 40%) y el % del humectante a 2 niveles (2% y 10%), cada formulación a nivel laboratorio, se elaboró por duplicado; el orden de elaboración de las formulaciones se efectuó de manera aleatoria. El modelo estocástico es:

$$Y = \alpha_0 + \alpha_1 X + \alpha_2 Z + \alpha_3 W + \alpha_{12} XZ + \alpha_{13} XW + \alpha_{23} ZW + \alpha_{123} XZW + \epsilon_i$$

2) Matriz de Tratamientos y de Registro de Datos:

MATRIZ DE TRATAMIENTOS					
		X (% DE DISOLVENTE 1)			
		X <sub>1</sub> (20)		X <sub>2</sub> (40)	
Z (% DE DISOLVENTE 2)		Z <sub>1</sub> (20)	Z <sub>2</sub> (40)	Z <sub>1</sub> (20)	Z <sub>2</sub> (40)
W (% DE HUMECTANTE)	W <sub>1</sub> (2)	X <sub>1</sub> Z <sub>1</sub> W <sub>1</sub>	X <sub>1</sub> Z <sub>2</sub> W <sub>1</sub>	X <sub>2</sub> Z <sub>1</sub> W <sub>1</sub>	X <sub>2</sub> Z <sub>2</sub> W <sub>1</sub>
	W <sub>2</sub> (10)	X <sub>1</sub> Z <sub>1</sub> W <sub>2</sub>	X <sub>1</sub> Z <sub>2</sub> W <sub>2</sub>	X <sub>2</sub> Z <sub>1</sub> W <sub>2</sub>	X <sub>2</sub> Z <sub>2</sub> W <sub>2</sub>

MATRIZ DE REGISTRO DE DATOS

Z (N DE DISOLVENTE 2)		X (N DE DISOLVENTE 1)			
		X <sub>1</sub> (20)		X <sub>2</sub> (40)	
		E <sub>1</sub> (20)	E <sub>2</sub> (40)	E <sub>1</sub> (20)	E <sub>2</sub> (40)
W (N DE HUMECTANTE)	V <sub>1</sub> (2)	Y <sub>1111</sub>	Y <sub>1211</sub>	Y <sub>2111</sub>	Y <sub>2211</sub>
		Y <sub>1112</sub>	Y <sub>1212</sub>	Y <sub>2112</sub>	Y <sub>2212</sub>
	V <sub>2</sub> (10)	Y <sub>1121</sub>	Y <sub>1221</sub>	Y <sub>2121</sub>	Y <sub>2221</sub>
		Y <sub>1122</sub>	Y <sub>1222</sub>	Y <sub>2122</sub>	Y <sub>2222</sub>

3) RESULTADOS

Se reporta la cantidad de esmalte disuelto por el quitaesmalte, tomando como el 100% la cantidad disuelta por la referencia de acetona pura.

MATRIZ DE REGISTRO DE DATOS

Z (N DE DISOLVENTE 2)		X (N DE DISOLVENTE 1)			
		X <sub>1</sub> (20)		X <sub>2</sub> (40)	
		E <sub>1</sub> (20)	E <sub>2</sub> (40)	E <sub>1</sub> (20)	E <sub>2</sub> (40)
W (N DE HUMECTANTE)	V <sub>1</sub> (2)	0	0	6.10	0
		0	0	2.61	0
	V <sub>2</sub> (10)	0	0	0	0
		0	0	0	0

## 4) Análisis de Resultados

ANÁLISIS DE LA VARIANZA				
Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Medida de Cuadrados	F cal
Regresión	7	33.19055	4.741506	6.23*
Error de Regresión	8	6.090050	.7612562	
Efecto Lineal de % Disolvente 1	1	4.741506	4.741506	6.23*
Efecto lineal de % Disolvente 2	1	4.741506	4.741506	6.23*
Efecto lineal de % Humectante	1	4.741506	4.741506	6.23*
Interacción del efecto lineal de % Disolvente 1 con el efecto lineal de % Disolvente 2	1	4.741506	4.741506	6.23*
Interacción del efecto lineal de % Disolvente 1 con el efecto lineal de % Humectante	1	4.741506	4.741506	6.23*
Interacción del efecto lineal de % Disolvente 2 con el efecto lineal de % Humectante	1	4.741506	4.741506	6.23*
Interacción del efecto lineal de % Disolvente 1 con el efecto lineal de % Disolvente 2 con el efecto lineal de % Humectante	1	4.741506	4.741506	6.23*
Error puro	8	6.090050	6.090050	

\* significativo

\*\* altamente significativo

MODELO ESTOCASTICO EN UNIDADES CODIFICADAS

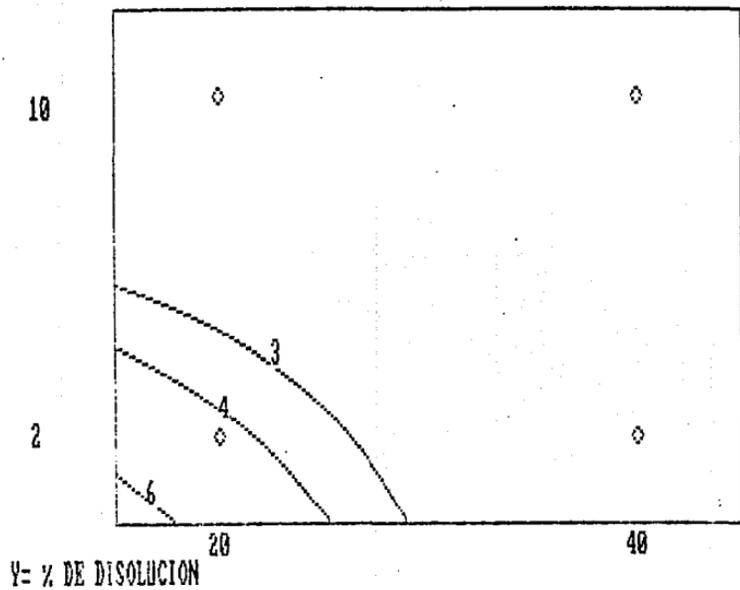
COEFICIENTE	EFEECTO
.544375	MEDIA ARITMETICA DE % DISUELTO
.544375	LINEAL DE % DISOLVENTE 1
-.544375	LINEAL DE % DISOLVENTE 2
-.544375	LINEAL DE % HUMECTANTE
-.544375	LINEAL DE % DISOLVENTE 1
-.544375	*LINEAL DE % DISOLVENTE 2
-.544375	LINEAL DE % DISOLVENTE 1
-.544375	*LINEAL DE % HUMECTANTE
.544375	LINEAL DE % DISOLVENTE 2
.544375	*LINEAL DE % HUMECTANTE
.554375	LINEAL DE % DISOLVENTE 1
.554375	*LINEAL DE % DISOLVENTE 2
.554375	*LINEAL DE % HUMECTANTE

CAPACIDAD PREDICTIVA DEL MODELO ESTOCASTICO

% DISOL 1	% DISOL 2	% HUMEC	PREDICCION % DISUELTO
20	20	2	0
20	20	10	0
20	40	2	0
20	40	10	0
40	20	2	4.355
40	20	10	0
40	40	2	0
40	40	10	0

$$r^2 = 0.8450$$

% DISOLVENTE 2



% DE HUMECTANTE

GRAFICA DE CONTORNO  
9

### 5) Discusión de Resultados

Del análisis anterior se concluye que existe asociación significativamente bajo entre el % de disolución, el % de disolvente 1, % de disolvente 2 y % de humectante, y el modelo matemático que describe dicha asociación es:

$$Y = 0.5444 + 0.5444 X - 0.5444 Z - 0.5444 W - 0.5444 XZ \\ - 0.5444 XW + 0.5444 ZW + 0.5444 XZW$$

De la gráfica de contorno se puede apreciar que aumenta el % de disolución a medida que se disminuye el % de humectante en la formulación, esto es debido a una posible neutralización por parte del humectante sobre el poder remoyente de los disolventes, de esta forma según la gráfica, se aumenta el % de disolución incluso disminuyendo los % de ambos disolventes.

## SISTEMA X

## 1) Diseño de Tratamientos y Modelo Estocástico:

Factorial  $2^3$  en un diseño completamente al azar. Se investigó el efecto del % del disolvente 1 a 2 niveles (40% y 60%), del % del disolvente 2 a 2 niveles (10% y 20%) y el % del humectante a 2 niveles (1% y 3%), cada formulación a nivel laboratorio, se elaboró por duplicado; el orden de elaboración de las formulaciones se efectuó de manera aleatoria. El modelo estocástico es:

$$Y = \alpha_0 + \alpha_1 X + \alpha_2 Z + \alpha_3 W + \alpha_{12} X Z + \alpha_{13} X W + \alpha_{23} Z W + \alpha_{123} X Z W + \epsilon_i$$

## 2) Matriz de Tratamientos y de Registro de Datos:

MATRIZ DE TRATAMIENTOS					
		X (% DE DISOLVENTE 1)			
		X <sub>1</sub> (40)		X <sub>2</sub> (60)	
Z (% DE DISOLVENTE 2)		Z <sub>1</sub> (10)	Z <sub>2</sub> (20)	Z <sub>1</sub> (10)	Z <sub>2</sub> (20)
W (% DE HUMECTANTE)	W <sub>1</sub> (1)	X <sub>1</sub> Z <sub>1</sub> W <sub>1</sub>	X <sub>1</sub> Z <sub>2</sub> W <sub>1</sub>	X <sub>2</sub> Z <sub>1</sub> W <sub>1</sub>	X <sub>2</sub> Z <sub>2</sub> W <sub>1</sub>
	W <sub>2</sub> (3)	X <sub>1</sub> Z <sub>1</sub> W <sub>2</sub>	X <sub>1</sub> Z <sub>2</sub> W <sub>2</sub>	X <sub>2</sub> Z <sub>1</sub> W <sub>2</sub>	X <sub>2</sub> Z <sub>2</sub> W <sub>2</sub>

MATRIZ DE REGISTRO DE DATOS					
Z (N DE DISOLVENTE 2)		X (N DE DISOLVENTE 1)			
		X <sub>1</sub> (40)		X <sub>2</sub> (60)	
		Z <sub>1</sub> (10)	Z <sub>2</sub> (20)	Z <sub>1</sub> (10)	Z <sub>2</sub> (20)
W (N DE HUMECTANTE)	V <sub>1</sub> (1)	Y <sub>1111</sub>	Y <sub>1211</sub>	Y <sub>2111</sub>	Y <sub>3211</sub>
		Y <sub>1112</sub>	Y <sub>1212</sub>	Y <sub>2112</sub>	Y <sub>3212</sub>
	V <sub>2</sub> (5)	Y <sub>1121</sub>	Y <sub>1221</sub>	Y <sub>2121</sub>	Y <sub>3221</sub>
		Y <sub>1122</sub>	Y <sub>1222</sub>	Y <sub>2122</sub>	Y <sub>3222</sub>

## 3) RESULTADOS

Se reporta la cantidad de esmalte disuelto por el *quitaesmalte*, tomando como el 100% la cantidad disuelta por la referencia de acetona pura.

MATRIZ DE REGISTRO DE DATOS					
Z (N DE DISOLVENTE 2)		X (N DE DISOLVENTE 1)			
		X <sub>1</sub> (40)		X <sub>2</sub> (60)	
		Z <sub>1</sub> (10)	Z <sub>2</sub> (20)	Z <sub>1</sub> (10)	Z <sub>2</sub> (20)
W (N DE HUMECTANTE)	V <sub>1</sub> (1)	2.96	11.76	6.10	8.94
		5.85	25.70	2.93	9.38
	V <sub>2</sub> (5)	5.13	51.97	4.80	21.74
		10.42	33.29	10.40	23.78

## 4) Análisis de Resultados

ANÁLISIS DE LA VARIANZA				
Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Media de Cuadrados	F cal
Regresión	7	2538.886	362.6980	9.60**
Error de Regresión	8	302.3633	37.79541	
Efecto Lineal de % Disolvente 1	1	162.6263	162.6263	4.30
Efecto lineal de % Disolvente 2	1	1331.703	1331.703	35.24**
Efecto lineal de % Humectante	1	399.1005	399.1005	10.56**
Interacción del efecto lineal de % Disolvente 1 con el efecto lineal de % Disolvente 2	1	278.4727	278.4727	7.37*
Interacción del efecto lineal de % Disolvente 1 con el efecto lineal de % Humectante	1	10.84056	10.84056	0.29
Interacción del efecto lineal de % Disolvente 2 con el efecto lineal de % Humectante	1	307.0380	307.0380	8.12*
Interacción del efecto lineal de % Disolvente 1 con el efecto lineal de % Disolvente 2 con el efecto lineal de % Humectante	1	49.10507	49.10507	1.30
Error puro	8	302.3633	37.79541	

\* significativo

\*\* altamente significativo

**MODELO ESTOCASTICO EN UNIDADES CODIFICADAS**

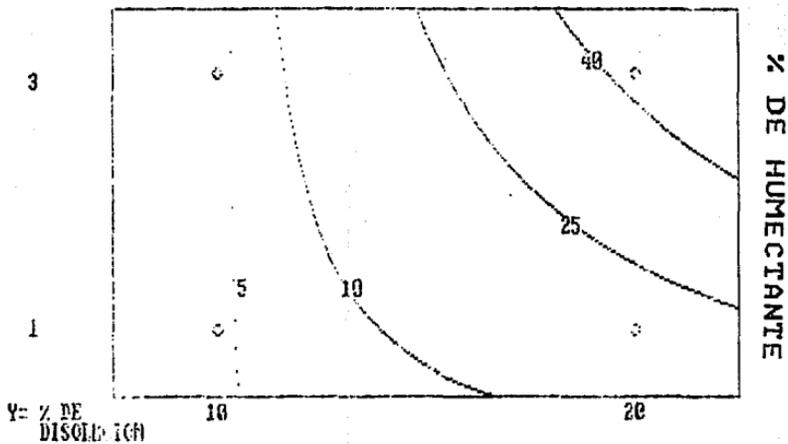
COEFICIENTE	EFECTO
14.19688	MEDIA ARITMETICA DE % DISUELTO
-3.18813	LINEAL DE % DISOLVENTE 1
9.12313	LINEAL DE % DISOLVENTE 2
4.99438	LINEAL DE % HUMECTANTE
-4.17187	LINEAL DE % DISOLVENTE 1
	*LINEAL DE % DISOLVENTE 2
-0.823130	LINEAL DE % DISOLVENTE 1
	*LINEAL DE % HUMECTANTE
4.38062	LINEAL DE % DISOLVENTE 2
	*LINEAL DE % HUMECTANTE
-1.75188	LINEAL DE % DISOLVENTE 1
	*LINEAL DE % DISOLVENTE 2
	*LINEAL DE % HUMECTANTE

**CAPACIDAD PREDICTIVA DEL MODELO ESTOCASTICO**

% DISOL 1	% DISOL 2	% HUMEC	PREDICCIÓN % DISUELTO
40	10	1	4.405
40	10	3	3.775
40	20	1	18.73
40	20	3	42.630
60	10	1	4.515
60	10	3	7.600
60	20	1	9.160
60	20	3	22.760

$$r^2 = 0.8936$$

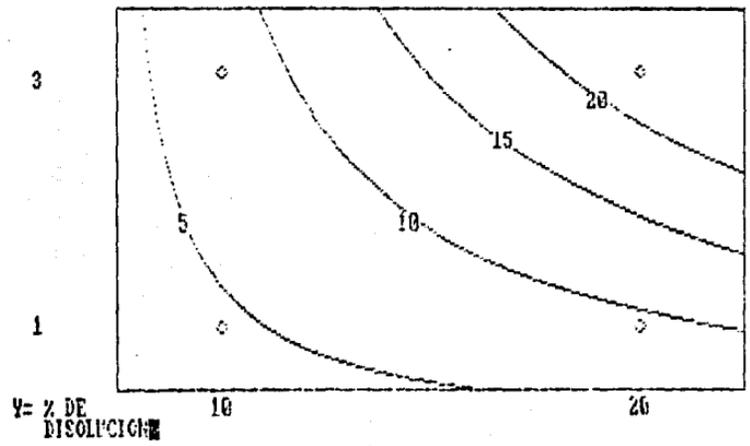
49% DISOLVENTE 1 % DISOLVENTE 2



% DE HUMECTANTE

GRAFICA DE CONTORNO  
10 (a)

60% DISOLVENTE 1    % DISOLVENTE 2



% DE HUMECTANTE

GRAFICA DE CONTORNO  
10 (b)

### 5) Discusión de Resultados.

En el anterior análisis existe una relación altamente significativa del la variable de respuesta % de disolución con los factores % de disolvente 1 % de disolvente 2 y % de humectante, y la ecuación que describe dicha relación es la siguiente:

$$Y = 14.1969 - 3.1881 X + 9.1231 Z + 4.9944 W - 4.1719 XZ \\ - 0.8231 XW + 4.3806 ZW - 1.7519 XZW$$

De las gráficas de contorno puede concluirse que el sistema que incluye el % de disolvente 1 constante en 40% (gráfica 10b) se obtiene un mayor % de disolución a partir de un 20% de % de disolvente 2 manteniendo un 3% del % de humectante, se obtiene un porcentaje menor de disolución con los mismos valores sólo variando el % de disolvente 1 en 60%.

## SISTEMA XI

## 1) Diseño de Tratamientos y Modelo Estocástico:

Factorial  $2^3$  en un diseño completamente al azar. Se investigó el efecto del % del disolvente 1 a 2 niveles (40% y 50%), del % del disolvente 2 a 2 niveles (20% y 40%) y el % del humectante a 2 niveles (3% y 5%), cada formulación a nivel laboratorio, se elaboró por duplicado; el orden de elaboración de las formulaciones se efectuó de manera aleatoria. El modelo estocástico es:

$$Y = \alpha_0 + \alpha_1 X + \alpha_2 Z + \alpha_3 W + \alpha_{12} X Z + \alpha_{13} X W + \alpha_{23} Z W + \alpha_{123} X Z W + \epsilon_i$$

## 2) Matriz de Tratamientos y de Registro de Datos:

MATRIZ DE TRATAMIENTOS					
		X (% DE DISOLVENTE 1)			
		X <sub>1</sub> (40)		X <sub>2</sub> (50)	
Z (% DE DISOLVENTE 2)		Z <sub>1</sub> (20)	Z <sub>2</sub> (40)	Z <sub>1</sub> (20)	Z <sub>2</sub> (40)
W (% DE HUMECTANTE)	W <sub>1</sub> (3)	X <sub>1</sub> Z <sub>1</sub> W <sub>1</sub>	X <sub>1</sub> Z <sub>2</sub> W <sub>1</sub>	X <sub>2</sub> Z <sub>1</sub> W <sub>1</sub>	X <sub>2</sub> Z <sub>2</sub> W <sub>1</sub>
	W <sub>2</sub> (5)	X <sub>1</sub> Z <sub>1</sub> W <sub>2</sub>	X <sub>1</sub> Z <sub>2</sub> W <sub>2</sub>	X <sub>2</sub> Z <sub>1</sub> W <sub>2</sub>	X <sub>2</sub> Z <sub>2</sub> W <sub>2</sub>

## SISTEMA XI

## 1) Diseño de Tratamientos y Modelo Estocástico:

Factorial  $2^3$  en un diseño completamente al azar. Se investigó el efecto del % del disolvente 1 a 2 niveles (40% y 50%), del % del disolvente 2 a 2 niveles (20% y 40%) y el % del humectante a 2 niveles (3% y 5%), cada formulación a nivel laboratorio, se elaboró por duplicado; el orden de elaboración de las formulaciones se efectuó de manera aleatoria. El modelo estocástico es:

$$Y = \alpha_0 + \alpha_1 X + \alpha_2 Z + \alpha_3 W + \alpha_{12} X Z + \alpha_{13} X W + \alpha_{23} Z W + \alpha_{123} X Z W + \epsilon_i$$

## 2) Matriz de Tratamientos y de Registro de Datos:

MATRIZ DE TRATAMIENTOS					
		X (N DE DISOLVENTE 1)			
		X <sub>1</sub> (40)		X <sub>2</sub> (50)	
Z (N DE DISOLVENTE 2)		Z <sub>1</sub> (20)	Z <sub>2</sub> (40)	Z <sub>1</sub> (20)	Z <sub>2</sub> (40)
W (N DE HUMECTANTE)	V <sub>1</sub> (3)	X <sub>1</sub> Z <sub>1</sub> W <sub>1</sub>	X <sub>1</sub> Z <sub>2</sub> W <sub>1</sub>	X <sub>2</sub> Z <sub>1</sub> W <sub>1</sub>	X <sub>2</sub> Z <sub>2</sub> W <sub>1</sub>
	V <sub>2</sub> (5)	X <sub>1</sub> Z <sub>1</sub> W <sub>2</sub>	X <sub>1</sub> Z <sub>2</sub> W <sub>2</sub>	X <sub>2</sub> Z <sub>1</sub> W <sub>2</sub>	X <sub>2</sub> Z <sub>2</sub> W <sub>2</sub>

MATRIZ DE REGISTRO DE DATOS					
Z (N DE DISOLVENTE 2)		X (N DE DISOLVENTE 1)			
		X <sub>1</sub> (40)		X <sub>2</sub> (50)	
		Z <sub>1</sub> (20)	Z <sub>2</sub> (40)	Z <sub>1</sub> (20)	Z <sub>2</sub> (40)
W (N DE HUMECTANTE)	V <sub>1</sub> (3)	Y <sub>1111</sub>	Y <sub>1211</sub>	Y <sub>2111</sub>	Y <sub>2211</sub>
		V <sub>112</sub>	Y <sub>1212</sub>	Y <sub>2112</sub>	Y <sub>2212</sub>
W (N DE HUMECTANTE)	V <sub>2</sub> (5)	Y <sub>1121</sub>	Y <sub>1221</sub>	Y <sub>2121</sub>	Y <sub>2221</sub>
		V <sub>122</sub>	Y <sub>1222</sub>	Y <sub>2122</sub>	Y <sub>2222</sub>

## 3) RESULTADOS

Se reporta la cantidad de esmalte disuelto por el *quitaesmalte*, tomando como el 100% la cantidad disuelta por la referencia de acetona pura.

MATRIZ DE REGISTRO DE DATOS					
Z (N DE DISOLVENTE 2)		X (N DE DISOLVENTE 1)			
		X <sub>1</sub> (40)		X <sub>2</sub> (50)	
		Z <sub>1</sub> (20)	Z <sub>2</sub> (40)	Z <sub>1</sub> (20)	Z <sub>2</sub> (40)
W (N DE HUMECTANTE)	V <sub>1</sub> (3)	11.89	0	6.48	0
		10.52	0	7.47	0
W (N DE HUMECTANTE)	V <sub>2</sub> (5)	0	0	13.34	0
		0	0	4.02	0

## 4) Análisis de Resultados

ANÁLISIS DE LA VARIANZA				
Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Media de Cuadrados	F cal
Regresión	7	318.7252	45.53217	8.12**
Error de Regresión	8	44.85974	5.607470	
Efecto lineal de % Disolvente 1	1	4.950630	4.950630	0.88
Efecto lineal de % Disolvente 2	1	180.3649	180.3649	32.17**
Efecto lineal de % Humectante	1	22.56250	22.56250	4.02
Interacción del efecto lineal de % Disolvente 1 con el efecto lineal de % Disolvente 2	1	4.950630	4.950630	0.88
Interacción del efecto lineal de % Disolvente 1 con el efecto lineal de % Humectante	1	41.66702	41.66702	7.43*
Interacción del efecto lineal de % Disolvente 2 con el efecto lineal de % Humectante	1	22.56250	22.56250	4.02
Interacción del efecto lineal de % Disolvente 1 con el efecto lineal de % Disolvente 2 con el efecto lineal de % Humectante	1	41.66702	41.66702	7.43*
Error puro	8	44.85968	5.607460	

\* significativo

\*\* altamente significativo

**MODELO ESTOCASTICO EN UNIDADES CODIFICADAS**

COEFICIENTE	EFEECTO
3.3575	MEDIA ARITMETICA DE % DISUELTO
0.55625	LINEAL DE % DISOLVENTE 1
-3.3575	LINEAL DE % DISOLVENTE 2
-1.1875	LINEAL DE % HUMECTANTE
-0.55625	LINEAL DE % DISOLVENTE 1 *LINEAL DE % DISOLVENTE 2
1.1875	LINEAL DE % DISOLVENTE 1 *LINEAL DE % HUMECTANTE
1.1875	LINEAL DE % DISOLVENTE 2 *LINEAL DE % HUMECTANTE
-1.61375	LINEAL DE % DISOLVENTE 1 *LINEAL DE % DISOLVENTE 2 *LINEAL DE % HUMECTANTE

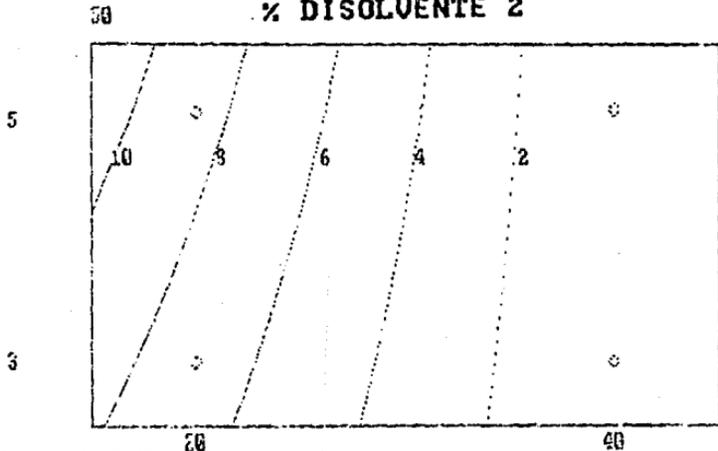
**CAPACIDAD PREDICTIVA DEL MODELO ESTOCASTICO**

% DISOL 1	% DISOL 2	% HUMEC	PREDICCIÓN % DISUELTO
40	20	3	11.205
40	20	5	0
40	40	3	0
40	40	5	0
50	20	3	6.975
50	20	5	8.680
50	40	3	0
50	40	5	0

$$r^2 = 0.8766$$

% DISOLVENTE 1

% DISOLVENTE 2

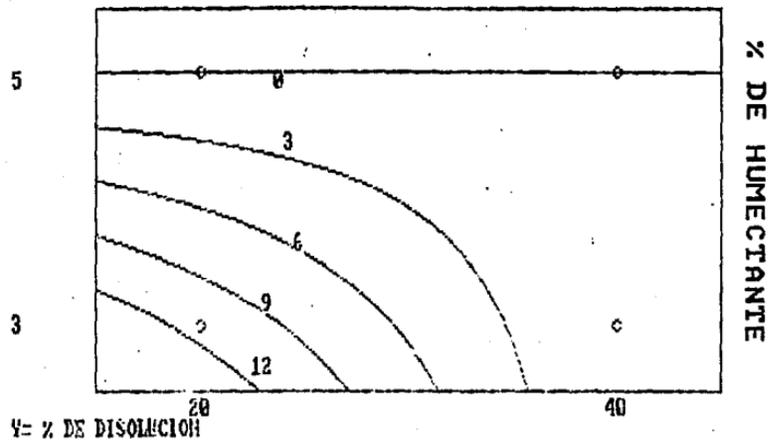


Y= % DE DISOLUCION

% DE HUMECTANTE

GRAFICA DE CONTORNO  
1.1 (a)

40% DISOLVENTE 1 % DISOLVENTE 2



GRAFICA DE CONTORNO  
11 (b)

### 5) Discusion de Resultados.

De el analisis anterior se concluye que existe relacion altamente significativa de la variable de respuesta % de disolucion con los factores % de disolvente 1, % de disolvente 2 y % de humectante, el modelo que describe dicha relacion es:

$$Y = 3.3575 + 0.5563 X - 3.3575 Z - 1.1875 W - 0.5563 XZ + 1.1875 XW \\ + 1.1875 ZW - 1.6138 XZW$$

De las graficas de contorno se observan varios casos, manteniendo el % de disolvente 1 a 50% se concluye que se obtiene un máximo en el % de disolucion conforme se disminuye a menos del 20% del % de disolvente 2 manteniendo el % de humectante en 5%. Para la siguiente (grafica 11b) en donde se mantiene el % de disolvente 1 en 40%, es mayor el % de disolucion si se disminuye el % de disolvente 2 por de bajo del 20% y a la vez manteniendo el % de humectante en un 3%.

Con éste sistema se da por terminado el análisis experimental. De los resultados obtenidos se seleccionaron las formulaciones que tuvieron el % de disolución más alto, las cuales serán sujetas a un ensayo biológico para determinar su inocuidad y posteriormente a una prueba a nivel de campo para seleccionar sólo una de las cuatro formulaciones en base a los criterios de profesionales en el área de la cosmetología.

Las formulaciones son las siguientes:

	DISOLVENTE (%)	HUMECTANTE (%)	C.B.P.	DISOLUCION (%)	
				A	B
FORMULA 1	83	10	7	31.05	32.15
FORMULA 2	96	1	3	84.12	99.33

	DISOLVENTE 1 (%)	DISOLVENTE 2 (%)	C.B.P.	DISOLUCION (%)	
				A	B
FORMULA 3	50	48	2	211.22	220.02

	DISOLVENTE (%)		HUMECTANTE (%)	C.B.P.	DISOLUCION (%)	
	1	2			A	B
FORMULA 4	35	15	3	47	40.0619	24.9836

### IRRITABILIDAD PRIMARIA DERMICA

La irritación producida por una sustancia se mide por una técnica con un parche de gasa estéril sobre la piel intacta del conejo albino rasurado en su parte dorsal.

Se usan por lo menos seis conejos para las pruebas de sobre la piel intacta.

#### METODO

Se introduce bajo un parche cuadrado de gasa quirúrgica de 2.5 X 2.5 cm y con un grosor de dos monocapas, 0.5ml de la sustancia a probar (en este caso los *quitaeswaites*).

Los animales se inmovilizaron con los parches asegurados en su lugar con tela adhesiva. Todo el tronco del animal se envuelve con un material impermeable, por un periodo de 24 horas, con el objetivo de que los parches permanecieran en su posición. Después de la exposición, se quitaron los parches y se evaluaron las reacciones resultantes de acuerdo con la siguiente tabla (ver siguiente página):

REACCION CUTANEA	VALOR*
<i>Eritema y formación de escaras:</i>	
No hay una reacción visible. Esta calificación puede incluir superficiales de la piel tales como brillo o resequead	0
Eritema muy ligero (apenas perceptible)	1
Eritema bien definido	2
Eritema de moderado a severo	3
Eritema severo (rojo betabel) a formación ligera de escaras (heridas en profundidad)	4
<i>Formación de edemas:</i>	
No edema	0
Edema muy ligero (apenas perceptible)	1
Edema ligero (bordes del área conspicuos por elevación definida)	2
Edema moderado (elevación de aproximadamente 1 mm)	3
Edema severo (elevación mayor de 1 mm y extendiéndose más allá del área de exposición)	4
* EL "VALOR" REGISTRADO PARA CADA LECTURA ES EL VALOR PROMEDIO DE SEIS ANIMALES SUJETOS A LA PRUEBA.	

Se realizaron las lecturas al final de un total de 72 h (48 h después de la primera lectura).

## RESULTADOS

## PRUEBA DE IRRITACION PRIMARIA DERMICA

FORMULACION	TIEMPO DE EXPOSICION	REACCION DE EVALUACION	
		ERITEMA Y FORMACION DE ESCARA	FORMACION DE EDEMA
1	24 hrs	0	0
	48	0	0
	72	0	0
2	24 hrs	0	0
	48	0	0
	72	0	0
3	24 hrs	0	0
	48	0	0
	72	0	0
4	24 hrs	0	0
	48	0	0
	72	0	0

## DISCUSION DE RESULTADOS

Al término de la prueba y al no observar reacción alguna en la piel de los conejos por parte de las cuatro formulaciones ensayadas, se llegó a la conclusión de que los productos eran inocuos para la piel de los humanos, y que en consecuencia se podían aplicar sin problema alguno.

## PRUEBA A NIVEL DE CAMPO

Una vez determinada la inocuidad de las formulaciones para la piel, se procedió a evaluar las formulaciones a nivel de campo, para que el resultado de esta prueba permita elegir aquella o aquellas formulaciones con las características que el público requiere en un *quitaesmalte*.

Para tal efecto fue necesario hacer una evaluación sobre los requerimientos más comunes que el público (sobre todo del sexo femenino) exige en un *quitaesmalte*.

De esta manera se formuló un cuestionario basándonos en las anteriores respuestas, y junto con una muestra de cada formulación, se llevó a varias estéticas y salones de belleza, para que las personas encargadas de los establecimientos al aplicarlos en sus clientes determinaran cual de las cuatro formulaciones aplicadas cumple con los requisitos que ellos mismos exigen en el producto.

El cuestionario se presenta en el apéndice 2.

## RESULTADOS

Se visitaron 8 establecimientos a los cuales se les dejó el cuestionario y formulaciones, de aquí se obtuvieron los siguientes resultados de acuerdo a los incisos marcados:

ESTETICAS	PREGUNTA 1				PREGUNTA 2				PREGUNTA 3				PREGUNTA 4				PREGUNTA 5			
	FORMULACIONES				FORMULACIONES				FORMULACIONES				FORMULACIONES				FORMULACIONES			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
NERY	3	3	3	3	2	2	3	2	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2
EL Y ELLA	3	3	3	2	3	3	2	1	3	3	1	3	2	2	2	2	2	2	2	2
AURORA	1	2	3	1	2	2	2	3	3	2	1	2	3	2	1	2	2	2	2	2
MAGIC TOUCH	3	3	3	1	3	3	3	2	3	2	1	3	2	2	1	1	2	2	2	1
D'GEORGE	3	3	3	2	3	2	3	2	2	2	1	2	2	2	2	1	3	3	1	3
JARED	1	3	3	3	3	3	3	3	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2
RAMOS	3	3	3	3	2	3	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2
SALAZAR	1	3	3	1	2	3	3	1	3	3	2	3	2	2	1	1	1	2	2	1
MODA:	3	3	3	2	2.5	3	3	2	3	2.5	1	3	2	2	2	2	2	2	2	2

PREGUNTAS	MODAS FORMULACIONES			
	A	B	C	D
1	3	3	3	2
2	2.5	3	3	2
3	3	2.5	1	3
4	2	2	2	2
5	2	2	2	2

## DISCUSION DE RESULTADOS

En base a los anteriores resultados, la formulación que posee una mayor cantidad de atributos que se requieren en un *Quita Esmalte* es sin duda la formulación No. 1. Es por lo tanto que en base a los puntos obtenidos por el cuestionario se determina que la formulación 1 es la que posee los caracteres de un *Quita Esmalte* ideal para remover el esmalte de uñas y proteger al mismo tiempo la piel y las uñas de los usuarios.

## CONCLUSION FINAL

Se desarrolló un método analítico confiable para evaluar la capacidad removente de un *quita esmalte*.

Los métodos estadísticos permitieron establecer que al aumentar el % de Disolvente mejora la capacidad removente, que al aumentar el % de humectante disminuye y existe interacción entre ambos factores.

Los métodos estadísticos permitieron elegir formulaciones para las pruebas biológicas.

Las pruebas biológicas permitieron seleccionar las formulaciones para las pruebas de campo.

Con base a las pruebas de campo se eligió la formulación 1\* como la mejor formulación en relación a las propiedades que debe tener un *Quita Esmalte*.

Con todo lo anterior es necesario hacer énfasis en los Métodos Estadísticos, pues a partir de ellos fué como se obtuvo un producto que reúne características óptimas sobre cualquier producto de su tipo. Por lo tanto, es necesario desarrollar procedimientos semejantes para poder obtener o en otros casos mejorar formulaciones ya existentes teniendo el firme conocimiento de que aplicando los Métodos Estadísticos conlleva a obtener resultados plenamente satisfactorios.

## APENDICE 1

## DISEÑO DE TRATAMIENTOS EN ESTRUCTURA FACTORIAL 2 A LA 3

En este diseño de tratamientos se tienen tres factores (X, Z, W, X= % de disolvente 1, Z= % de disolvente 2 y W= % de humectante) y cada uno de ellos a dos niveles ( $x_1, x_2; z_1, z_2; w_1, w_2$ )

## 1.- Modelo estocástico

$$Y = \alpha_0 + \alpha_1 X + \alpha_2 Z + \alpha_3 W + \alpha_{12} X Z + \alpha_{13} X W + \alpha_{23} Z W + \alpha_{123} X Z W + \epsilon_L$$

Donde:

$\alpha_0$  = COEFICIENTE

$\alpha_1$  = COEFICIENTE LINEAL DEL DISOLVENTE 1

$\alpha_2$  = COEFICIENTE LINEAL DEL DISOLVENTE 2

$\alpha_3$  = COEFICIENTE LINEAL DEL AGENTE HUMECTANTE

$\alpha_{12}$  = COEFICIENTE LINEAL DE LA INTERACCION LINEAL-LINEAL ENTRE LOS FACTORES M DE DISOLVENTE 1 Y N DE DISOLVENTE 2

$\alpha_{13}$  = COEFICIENTE LINEAL DE LA INTERACCION LINEAL-LINEAL ENTRE LOS FACTORES M DE DISOLVENTE 1 Y N HUMECTANTE

$\alpha_{23}$  = COEFICIENTE LINEAL DE LA INTERACCION LINEAL-LINEAL ENTRE LOS FACTORES M DE DISOLVENTE 2 Y N HUMECTANTE

$\alpha_{123}$  = COEFICIENTE LINEAL DE LA INTERACCION LINEAL-LINEAL ENTRE LOS FACTORES M DE DISOLVENTE 1, N DE DISOLVENTE 2 Y N HUMECTANTE

X = M DE DISOLVENTE 1

Z = M DE DISOLVENTE 2

W = M DE HUMECTANTE

$\epsilon_L$  = ERROR EXPERIMENTAL

2.- Describir la matriz de tratamientos, de registro de datos y totales:

MATRIZ DE TRATAMIENTOS						
		X				
		x <sub>1</sub>		x <sub>2</sub>		
		Z	z <sub>1</sub>	z <sub>2</sub>	z <sub>1</sub>	z <sub>2</sub>
W	v <sub>1</sub>	x <sub>1</sub> z <sub>1</sub> v <sub>1</sub>	x <sub>1</sub> z <sub>2</sub> v <sub>1</sub>	x <sub>2</sub> z <sub>1</sub> v <sub>1</sub>	x <sub>2</sub> z <sub>2</sub> v <sub>1</sub>	
	v <sub>2</sub>	x <sub>1</sub> z <sub>1</sub> v <sub>2</sub>	x <sub>1</sub> z <sub>2</sub> v <sub>2</sub>	x <sub>2</sub> z <sub>1</sub> v <sub>2</sub>	x <sub>2</sub> z <sub>2</sub> v <sub>2</sub>	

#### NIVELES DE LOS FACTORES

x<sub>1</sub> = 40% DE DISOLVENTE 1  
 x<sub>2</sub> = 50% DE DISOLVENTE 1  
 z<sub>1</sub> = 20% DE DISOLVENTE 2  
 z<sub>2</sub> = 30% DE DISOLVENTE 2  
 v<sub>1</sub> = 5% DE AGENTE HUMECTANTE  
 v<sub>2</sub> = 10% DE AGENTE HUMECTANTE

#### TRATAMIENTOS

x<sub>1</sub>z<sub>1</sub>v<sub>1</sub> = 40% DE DISOLVENTE 1, 20% DE DISOLVENTE 2, 5% DE AGENTE HUMECTANTE  
 C. B. F. PARA 100M

x<sub>1</sub>z<sub>1</sub>v<sub>2</sub> = 40% DE DISOLVENTE 1, 20% DE DISOLVENTE 2, 10% DE AGENTE HUMECTANTE  
 C. B. F. PARA 100M

x<sub>1</sub>z<sub>2</sub>v<sub>1</sub> = 40% DE DISOLVENTE 1, 30% DE DISOLVENTE 2, 5% DE AGENTE HUMECTANTE  
 C. B. F. PARA 100M

x<sub>1</sub>z<sub>2</sub>v<sub>2</sub> = 40% DE DISOLVENTE 1, 30% DE DISOLVENTE 2, 10% DE AGENTE HUMECTANTE  
 C. B. F. PARA 100M

x<sub>2</sub>z<sub>1</sub>v<sub>1</sub> = 50% DE DISOLVENTE 1, 20% DE DISOLVENTE 2, 5% DE AGENTE HUMECTANTE  
 C. B. F. PARA 100M

x<sub>2</sub>z<sub>1</sub>v<sub>2</sub> = 50% DE DISOLVENTE 1, 20% DE DISOLVENTE 2, 10% DE AGENTE HUMECTANTE  
 C. B. F. PARA 100M

x<sub>2</sub>z<sub>2</sub>v<sub>1</sub> = 50% DE DISOLVENTE 1, 30% DE DISOLVENTE 2, 5% DE AGENTE HUMECTANTE  
 C. B. F. PARA 100M

x<sub>2</sub>z<sub>2</sub>v<sub>2</sub> = 50% DE DISOLVENTE 1, 30% DE DISOLVENTE 2, 10% DE AGENTE HUMECTANTE  
 C. B. F. PARA 100M

**MATRIZ DE REGISTRO DE DATOS**

Z		X			
		X <sub>1</sub>		X <sub>2</sub>	
		Z <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>	Z <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>
W	V <sub>1</sub>	Y <sub>1111</sub>	Y <sub>1211</sub>	Y <sub>2111</sub>	Y <sub>2211</sub>
		Y <sub>1112</sub>	Y <sub>1212</sub>	Y <sub>2112</sub>	Y <sub>2211</sub>
		Y <sub>1112</sub>	Y <sub>1212</sub>	Y <sub>2112</sub>	Y <sub>2211</sub>
		Y <sub>1112</sub>	Y <sub>1212</sub>	Y <sub>2112</sub>	Y <sub>2211</sub>
		Y <sub>1112</sub>	Y <sub>1212</sub>	Y <sub>2112</sub>	Y <sub>2211</sub>
	V <sub>2</sub>	Y <sub>1121</sub>	Y <sub>1221</sub>	Y <sub>2121</sub>	Y <sub>2221</sub>
		Y <sub>1122</sub>	Y <sub>1222</sub>	Y <sub>2122</sub>	Y <sub>2222</sub>
		Y <sub>1122</sub>	Y <sub>1222</sub>	Y <sub>2122</sub>	Y <sub>2222</sub>
		Y <sub>1122</sub>	Y <sub>1222</sub>	Y <sub>2122</sub>	Y <sub>2222</sub>
		Y <sub>1122</sub>	Y <sub>1222</sub>	Y <sub>2122</sub>	Y <sub>2222</sub>

Y<sub>1111</sub> = VALOR ASOCIADO A LA VARIABLE DE RESPUESTA DE LA PRIMERA FORMULACION PILOTO QUE CONTIENE 40% DE DISOLVENTE 1 Y 20% DE DISOLVENTE 2 Y 5% DEL AGENTE HUMECTANTE.

Y<sub>1112</sub> = VALOR ASOCIADO A LA VARIABLE DE RESPUESTA DE LA SEGUNDA FORMULACION PILOTO QUE CONTIENE 40% DE DISOLVENTE 1 Y 20% DE DISOLVENTE 2 Y 5% DEL AGENTE HUMECTANTE.

...

Y<sub>111r</sub> = VALOR ASOCIADO A LA VARIABLE DE RESPUESTA DE LA r-ESIMA FORMULACION PILOTO QUE CONTIENE 40% DE DISOLVENTE 1 Y 20% DE DISOLVENTE 2 Y 5% DEL AGENTE HUMECTANTE.

Y<sub>1121</sub> = VALOR ASOCIADO A LA VARIABLE DE RESPUESTA DE LA PRIMERA FORMULACION PILOTO QUE CONTIENE 40% DE DISOLVENTE 1 Y 20% DE DISOLVENTE 2 Y 10% DEL AGENTE HUMECTANTE.

...

Y<sub>222r</sub> = VALOR ASOCIADO A LA VARIABLE DE RESPUESTA DE LA r-ESIMA FORMULACION PILOTO QUE CONTIENE 50% DE DISOLVENTE 1 Y 50% DE DISOLVENTE 2 Y 10% DEL AGENTE HUMECTANTE.

## CALCULO DE TOTALES

$$Y_{111} = Y_{1111} + Y_{1112} + \dots + Y_{111r}$$

$$Y_{112} = Y_{1121} + Y_{1122} + \dots + Y_{112r}$$

$$Y_{121} = Y_{1211} + Y_{1212} + \dots + Y_{121r}$$

$$Y_{122} = Y_{1221} + Y_{1222} + \dots + Y_{122r}$$

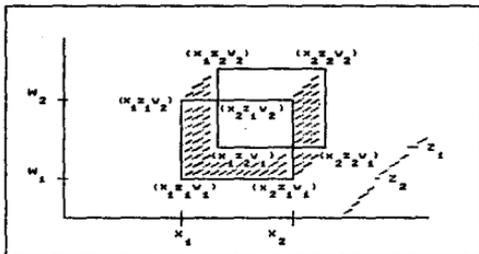
$$Y_{211} = Y_{2111} + Y_{2112} + \dots + Y_{211r}$$

$$Y_{212} = Y_{2121} + Y_{2122} + \dots + Y_{212r}$$

$$Y_{221} = Y_{2211} + Y_{2212} + \dots + Y_{221r}$$

$$Y_{222} = Y_{2221} + Y_{2222} + \dots + Y_{222r}$$

## 3.- Región de exploración:



$X$  =  $n$  DE DISOLVENTE 1

$Z$  =  $n$  DE DISOLVENTE 2

$W$  =  $n$  DE AGENTE HUMECTANTE

$X_1$  = 40% DE DISOLVENTE

$X_2$  = 50% DE DISOLVENTE

$Z_1$  = 20% DE DISOLVENTE

$Z_2$  = 30% DE DISOLVENTE

$W_1$  = 5% DE AGENTE HUMECTANTE

$W_2$  = 10% DE AGENTE HUMECTANTE

## 4.- Matriz de Coeficientes de Contrastes y Cálculo de Contrastes:

MATRIZ DE COEFICIENTES DE CONTRASTES								
Tratamiento	Totales	EFECTO						
		$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$	$\alpha_{12}$	$\alpha_{13}$	$\alpha_{23}$	$\alpha_{123}$
$X_1 Z_1 V_1$	$Y_{111}$	-1	-1	-1	+1	+1	+1	-1
$X_1 Z_1 V_2$	$Y_{112}$	-1	-1	+1	+1	-1	-1	+1
$X_1 Z_2 V_1$	$Y_{121}$	-1	+1	-1	-1	+1	-1	+1
$X_1 Z_2 V_2$	$Y_{122}$	-1	+1	+1	-1	-1	+1	-1
$X_2 Z_1 V_1$	$Y_{211}$	+1	-1	-1	-1	-1	+1	+1
$X_2 Z_1 V_2$	$Y_{212}$	+1	-1	+1	-1	+1	-1	-1
$X_2 Z_2 V_1$	$Y_{221}$	+1	+1	-1	+1	-1	-1	+1
$X_2 Z_2 V_2$	$Y_{222}$	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1

$\alpha_1$  = EFECTO LINEAL ASOCIADO AL PORCIENTO DE DISOLVENTE 1

$\alpha_2$  = EFECTO LINEAL ASOCIADO AL PORCIENTO DE DISOLVENTE 2

$\alpha_3$  = EFECTO LINEAL ASOCIADO AL PORCIENTO DE HUMECTANTE

$\alpha_{12}$  = EFECTO DE LA INTERACCION LINEAL-LINEAL DEL % DE DISOLVENTE 1 Y DEL % DEL DISOLVENTE 2

$\alpha_{13}$  = EFECTO DE LA INTERACCION LINEAL-LINEAL DEL % DE DISOLVENTE 1 Y DEL % DEL HUMECTANTE

$\alpha_{23}$  = EFECTO DE LA INTERACCION LINEAL-LINEAL DEL % DE DISOLVENTE 2 Y DEL % DEL HUMECTANTE

$\alpha_{123}$  = EFECTO DE LA INTERACCION LINEAL-LINEAL DEL % DE DISOLVENTE 1, DEL % DEL DISOLVENTE 2 Y % DEL HUMECTANTE

CONTRASTES	
$q_1 = -Y_{111} - Y_{112} - Y_{121} - Y_{122} + Y_{211} + Y_{212} + Y_{221} + Y_{222}$	
$q_2 = -Y_{111} - Y_{112} + Y_{121} + Y_{122} - Y_{211} - Y_{212} + Y_{221} + Y_{222}$	
$q_3 = -Y_{111} + Y_{112} - Y_{121} + Y_{122} - Y_{211} + Y_{212} - Y_{221} + Y_{222}$	
$q_{12} = +Y_{111} + Y_{112} - Y_{121} - Y_{122} - Y_{211} - Y_{212} + Y_{221} + Y_{222}$	
$q_{13} = +Y_{111} - Y_{112} + Y_{121} - Y_{122} - Y_{211} + Y_{212} - Y_{221} + Y_{222}$	
$q_{23} = +Y_{111} - Y_{112} - Y_{121} + Y_{122} + Y_{211} - Y_{212} - Y_{221} + Y_{222}$	
$q_{123} = -Y_{111} + Y_{112} + Y_{121} - Y_{122} + Y_{211} - Y_{212} - Y_{221} + Y_{222}$	

### 5.- Construcción e Interpretación de la Tabla de ANADEVAs

La construcción de la tabla se presenta en la próxima página:

La interpretación de la tabla de ANADEVAs en primera instancia debe de efectuarse para el contraste de la interacción lineal del X de disolvente 1, lineal del X de disolvente 2 y lineal del X de humectante (XZW).

Si  $F_{CAL} \geq F_{CR1}$  → existe efecto de XZW sobre Y.

Si  $F_{CAL} < F_{CR1}$  → no existe efecto de XZW sobre Y.

En caso en que se detecta efecto de la interacción lineal del X de disolvente, X de disolvente 2 y X de humectante el modelo que representa la asociación entre la variable de respuesta y factores es:

$$Y = \alpha_0 + \alpha_1 X + \alpha_2 Z + \alpha_3 W + \alpha_{12} X Z + \alpha_{13} X W + \alpha_{23} Z W + \alpha_{123} X Z W \quad (1)$$

En caso en que no se detecta efecto de la interacción, se procede a interpretar las interacciones de primer orden. Las tres interacciones de primer orden son significativas; si para cada una de ellas:

TABLA DE ANADIVA					
FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	F <sub>cal</sub>	F <sub>crit</sub>
X	1	$SC_{q_1} = \frac{q_1^2}{Br}$	$MC_{q_1} = SC_{q_1}$	$\frac{MC_{q_1}}{MC_0}$	F <sub>1-a; 1; gl<sub>0</sub></sub>
Z	1	$SC_{q_2} = \frac{q_2^2}{Br}$	$MC_{q_2} = SC_{q_2}$	$\frac{MC_{q_2}}{MC_0}$	
M	1	$SC_{q_3} = \frac{q_3^2}{Br}$	$MC_{q_3} = SC_{q_3}$	$\frac{MC_{q_3}}{MC_0}$	
X Z	1	$SC_{q_{12}} = \frac{q_{12}^2}{Br}$	$MC_{q_{12}} = SC_{q_{12}}$	$\frac{MC_{q_{12}}}{MC_0}$	
X M	1	$SC_{q_{13}} = \frac{q_{13}^2}{Br}$	$MC_{q_{13}} = SC_{q_{13}}$	$\frac{MC_{q_{13}}}{MC_0}$	
Z M	1	$SC_{q_{23}} = \frac{q_{23}^2}{Br}$	$MC_{q_{23}} = SC_{q_{23}}$	$\frac{MC_{q_{23}}}{MC_0}$	
X Z M	1	$SC_{q_{123}} = \frac{q_{123}^2}{Br}$	$MC_{q_{123}} = SC_{q_{123}}$	$\frac{MC_{q_{123}}}{MC_0}$	
ERRORES	B(r-1)	$SC_0 = \frac{\sum \sum \sum Y_{ijkl}^2}{r}$	$MC_0 = \frac{SC_0}{gl_0}$		

$$F_{CAL} \geq F_{CRF}$$

el modelo es:

$$Y = \alpha_0 + \alpha_1 X + \alpha_2 Z + \alpha_3 W + \alpha_{12} X Z + \alpha_{13} X W + \alpha_{23} Z W \quad (2)$$

Si alguna de las interacciones de primer orden no es significativa, se pueden tener los siguientes modelos:

1) Si la interacción ZW no es significativa:

$$Y = \alpha_0 + \alpha_1 X + \alpha_2 Z + \alpha_3 W + \alpha_{12} X Z + \alpha_{13} X W \quad (3)$$

2) Si la interacción XM no es significativa:

$$Y = \alpha_0 + \alpha_1 X + \alpha_2 Z + \alpha_3 W + \alpha_{12} X Z + \alpha_{23} Z W \quad (4)$$

3) Si la interacción XZ no es significativa:

$$Y = \alpha_0 + \alpha_1 X + \alpha_2 Z + \alpha_3 W + \alpha_{13} X W + \alpha_{23} Z W \quad (5)$$

Si dos interacciones no son significativas y una es significativa, se pueden tener los siguientes modelos, siempre y cuando el efecto lineal del factor no presente en las interacciones de primer orden es significativo:

1) La interacción XZ significativa, y el efecto lineal de W significativo

$$Y = \alpha_0 + \alpha_1 X + \alpha_2 Z + \alpha_3 W + \alpha_{12} X Z \quad (6)$$

2) La interacción XM significativa y el efecto lineal de Z significativo

$$Y = \alpha_0 + \alpha_1 X + \alpha_2 Z + \alpha_3 W + \alpha_{13} X W \quad (7)$$

3) La interacción ZW significativa y el efecto lineal de X significativo

$$Y = \alpha_0 + \alpha_1 X + \alpha_2 Z + \alpha_3 W + \alpha_{23} Z W \quad (8)$$

Cuando no existe efecto de ninguna de las interacciones de segundo orden ni de ninguna de las interacciones lineales se pueden tener los siguientes modelos:

- 1) Cuando los tres efectos lineales son significativos:

$$Y = \alpha_0 + \alpha_1 X + \alpha_2 Z + \alpha_3 W \quad (9)$$

- 2) Cuando los efectos lineales X y Z son significativos:

$$Y = \alpha_0 + \alpha_1 X + \alpha_2 Z \quad (10)$$

- 3) Cuando los efectos lineales X y W son significativos:

$$Y = \alpha_0 + \alpha_1 X + \alpha_3 W \quad (11)$$

- 4) Cuando los efectos lineales Z y W son significativos:

$$Y = \alpha_0 + \alpha_2 Z + \alpha_3 W \quad (12)$$

- 5) Cuando el efecto lineal X es significativo:

$$Y = \alpha_0 + \alpha_1 X \quad (13)$$

- 6) Cuando el efecto lineal de Z es significativo:

$$Y = \alpha_0 + \alpha_2 Z \quad (14)$$

- 7) Cuando el efecto lineal de W es significativo:

$$Y = \alpha_0 + \alpha_3 W \quad (15)$$

Si ninguno de los efectos es significativo se da por terminado el análisis, concluyendo que no se detecta efecto de los factores dentro de la región de exploración sobre la variable de respuesta.

Dependiendo si el modelo se representa por (1), (2)...(15), se procede a la estimación de aquellos coeficientes pertinentes así como sus unidades codificadas asociadas.

## 6.- Descripción Analítica y Gráfica del Modelo:

Determinación de las unidades codificadas:

$$X = (x - \bar{x}) / (x_2 - \bar{x})$$

X = UNIDAD CODIFICADA DEL N DE DISOLVENTE 1

x = UNIDAD DECODIFICADA DEL N DE DISOLVENTE 1

 $\bar{x} = 45N$  $x_2 = 50N$ 

$$Z = (z - \bar{z}) / (z_2 - \bar{z})$$

Z = UNIDAD CODIFICADA DEL N DE DISOLVENTE 2

z = UNIDAD DECODIFICADA DEL N DE DISOLVENTE 2

 $\bar{z} = 25N$  $z_2 = 30N$ 

$$W = (w - \bar{w}) / (w_2 - \bar{w})$$

W = UNIDAD CODIFICADA DEL N DEL HUMECTANTE

w = UNIDAD DECODIFICADA DEL N DEL HUMECTANTE

 $\bar{w} = 7.5N$  $w_2 = 10N$

## CALCULO DE LOS COEFICIENTES

$$\hat{\alpha}_0 = \frac{Y_{...}}{Br}$$

$$\hat{\alpha}_1 = \frac{q_1}{Br}$$

$$\hat{\alpha}_2 = \frac{q_2}{Br}$$

$$\hat{\alpha}_3 = \frac{q_3}{Br}$$

$$\hat{\alpha}_{12} = \frac{q_{12}}{Br}$$

$$\hat{\alpha}_{13} = \frac{q_{13}}{Br}$$

$$\hat{\alpha}_{23} = \frac{q_{23}}{Br}$$

$$\hat{\alpha}_{123} = \frac{q_{123}}{Br}$$

$\hat{\alpha}_0$  = PROMEDIO ARITMETICO DE LA VARIABLE DE RESPUESTA

$\hat{\alpha}_1$  = ESTIMADO DEL COEFICIENTE DEL EFECTO LINEAL DEL N DE DISOLVENTE 1

$\hat{\alpha}_2$  = ESTIMADO DEL COEFICIENTE DEL EFECTO LINEAL DEL N DE HUMECTANTE 2

$\hat{\alpha}_3$  = ESTIMADO DEL COEFICIENTE DEL EFECTO LINEAL DEL N DE HUMECTANTE

$\hat{\alpha}_{12}$  = ESTIMADO DEL COEFICIENTE DE LA INTERACCION DEL EFECTO LINEAL DEL N DE DISOLVENTE 1 Y EL EFECTO LINEAL DEL N DE DISOLVENTE 2

$\hat{\alpha}_{13}$  = ESTIMADO DEL COEFICIENTE DE LA INTERACCION DEL EFECTO LINEAL DEL N DE DISOLVENTE 1 Y EL EFECTO LINEAL DEL N DE HUMECTANTE

$\hat{\alpha}_{23}$  = ESTIMADO DEL COEFICIENTE DE LA INTERACCION DEL EFECTO LINEAL DEL N DE DISOLVENTE 2 Y EL EFECTO LINEAL DEL N DE HUMECTANTE

$\hat{\alpha}_{123}$  = ESTIMADO DEL COEFICIENTE DE LA INTERACCION DEL EFECTO LINEAL DEL N DE DISOLVENTE 1, N DE DISOLVENTE 2 Y DEL N DE HUMECTANTE

La descripción gráfica del modelo se procede a realizar según los siguientes criterios:

Si el modelo se representa por (13), (14) y (15) la descripción se efectúa mediante un diagrama cartesiano dentro de la región de exploración ya sea de el porcentaje de disolvente 1 (X) vs la variable de respuesta (Y) o el porcentaje de disolvente 2 (Z) vs la variable de respuesta (Y), o el porcentaje de humectante (W) vs la variable de respuesta (Y), dependiendo del modelo.

Si el modelo se representa por (10), su descripción suele hacerse por diagramas de contorno. Este procedimiento es:

Del modelo:

$$\hat{Y} = \hat{\alpha}_0 + \hat{\alpha}_1 X + \hat{\alpha}_2 Z \quad (10)$$

Se fija un valor para la variable de respuesta ( $\hat{Y}_0$ ), de preferencia que sea un valor observado dentro de la región de exploración:

Por lo tanto:

$$\hat{Y}_0 = \hat{\alpha}_0 + \hat{\alpha}_1 X + \hat{\alpha}_2 Z \quad (16)$$

A partir de (19) se resuelve Z como función de X; por lo tanto:

$$Z = \frac{-\hat{\alpha}_1}{\hat{\alpha}_2} X + \frac{\hat{Y}_0 - \hat{\alpha}_0}{\hat{\alpha}_2} \quad (17)$$

La cual es una función lineal que nos representa el contorno para  $\hat{Y}_0$ . Este procedimiento se repite para distintos valores de  $\hat{Y}_0$ , obteniendo sus contornos respectivos. Los contornos, al graficarse en un plano cartesiano, genera una familia de rectas con la misma pendiente, pero con distinto valor de la ordenada al origen. Esta descripción, permite visualizar al investigador la asociación entre los factores y la variable. El mismo procedimiento se aplica para los modelos restantes (11) y (12).

Para el modelo (9) es necesario fijar el valor codificado para uno de los tres (para ejemplo sea W); si fijamos el valor codificado de W en -1 (nivel bajo del factor % de humectante) y al fijar un valor dado de la variable de respuesta ( $\hat{Y}_0$ ) la ecuación queda de la siguiente manera:

$$Z = \frac{-\hat{\alpha}_1}{\hat{\alpha}_2} X + \frac{\hat{Y}_0 - \hat{\alpha}_0 + \hat{\alpha}_3}{\hat{\alpha}_2} \quad (18)$$

Si fijamos el valor codificado de W en +1 (nivel alto del factor % de humectante) y al fijar un valor dado de la variable de respuesta ( $\hat{Y}_0$ ) la ecuación queda de la siguiente manera:

$$Z = \frac{-\hat{\alpha}_1}{\hat{\alpha}_2} X + \frac{\hat{Y}_0 - \hat{\alpha}_0 - \hat{\alpha}_3}{\hat{\alpha}_2} \quad (19)$$

Los cuales son funciones lineales que nos representan el contorno para  $\hat{Y}_0$  para cada nivel respectivo del factor W. Este procedimiento se repite para distintos valores de  $\hat{Y}_0$ , obteniendo sus contornos respectivos. Los contornos, al graficarse en un plano cartesiano, genera una familia de rectas con la misma pendiente, pero con distinto valor de la ordenada al origen. Esta descripción, permite visualizar al investigador la asociación entre los factores y la variable.

Para el modelo (6) es necesario fijar el valor codificado para uno de los tres (para ejemplo sea W); si fijamos el valor codificado de W en -1 (nivel bajo del factor % de humectante) y al fijar un valor dado de la variable de respuesta ( $\hat{Y}_0$ ) la ecuación queda de la siguiente manera:

$$Z = \frac{-\hat{\alpha}_1 X}{\hat{\alpha}_2 + \hat{\alpha}_{12} X} + \frac{\hat{Y}_0 - \hat{\alpha}_0 - \hat{\alpha}_3}{\hat{\alpha}_2 + \hat{\alpha}_{12} X} \quad (20)$$

Si fijamos el valor codificado de W en +1 (nivel alto del factor % de humectante) y al fijar un valor dado de la variable de respuesta ( $\hat{Y}_0$ ) la ecuación queda de la siguiente manera:

$$Z = \frac{-\hat{\alpha}_4 X}{\hat{\alpha}_2 + \hat{\alpha}_{12} X} + \frac{\hat{Y}_0 - \hat{\alpha}_0 + \hat{\alpha}_8}{\hat{\alpha}_2 + \hat{\alpha}_{12} X} \quad (21)$$

Los cuales son funciones inversas que nos representan el contorno para  $\hat{Y}_0$ , para cada nivel respectivo del factor W. Este procedimiento se repite para distintos valores de  $\hat{Y}_0$ , obteniendo sus contornos respectivos. Los contornos, al graficarse en un plano cartesiano, genera una familia de funciones inversas.

El procedimiento se puede generalizar para los modelos restantes (1) ... (5), (7) y (8) etc. Esta gráficas permiten al investigador visualizar las asociaciones entre los factores y la variable de respuesta en la región de exploración con el objeto de efectuar predicciones sobre los valores de la variable de respuesta.

#### 7.- Capacidad predictiva del modelo

La capacidad predictiva del modelo se representa por el coeficiente de determinación ( $r^2$ ), cuyo cálculo depende del modelo encontrado:

Para el modelo (1) el coeficiente de determinación se calcula por:

$$r^2 = \frac{SC_{q_1} + SC_{q_2} + SC_{q_3} + SC_{q_{12}} + SC_{q_{13}} + SC_{q_{23}} + SC_{q_{123}}}{SC_t} \quad (22)$$

Donde:

$$SC_t = SC_{q_1} + SC_{q_2} + SC_{q_3} + SC_{q_{12}} + SC_{q_{13}} + SC_{q_{23}} + SC_{q_{123}} + SC_e$$

Para el modelo (2) el coeficiente de determinación se calcula por:

$$r^2 = \frac{SC_{q_1} + SC_{q_2} + SC_{q_3} + SC_{q_{12}} + SC_{q_{13}} + SC_{q_{23}}}{SC_t} \quad (23)$$

Para el modelo (3) el coeficiente de determinación se calcula por:

$$r^2 = \frac{SC_{q_1} + SC_{q_2} + SC_{q_9} + SC_{q_{12}} + SC_{q_{18}}}{SC_t} \quad (24)$$

Para el modelo (4) el coeficiente de determinación se calcula por:

$$r^2 = \frac{SC_{q_1} + SC_{q_2} + SC_{q_9} + SC_{q_{12}} + SC_{q_{23}}}{SC_t} \quad (25)$$

Para el modelo (5) el coeficiente de determinación se calcula por:

$$r^2 = \frac{SC_{q_1} + SC_{q_2} + SC_{q_9} + SC_{q_{18}} + SC_{q_{23}}}{SC_t} \quad (25)$$

Para el modelo (6) el coeficiente de determinación se calcula por:

$$r^2 = \frac{SC_{q_1} + SC_{q_2} + SC_{q_9} + SC_{q_{12}}}{SC_t} \quad (26)$$

Para el modelo (7) el coeficiente de determinación se calcula por:

$$r^2 = \frac{SC_{q_1} + SC_{q_2} + SC_{q_9} + SC_{q_{18}}}{SC_t} \quad (27)$$

Para el modelo (8) el coeficiente de determinación se calcula por:

$$r^2 = \frac{SC_{q_1} + SC_{q_2} + SC_{q_9} + SC_{q_{23}}}{SC_t} \quad (28)$$

Para el modelo (9) el coeficiente de determinación se calcula por:

$$r^2 = \frac{SC_{q_1} + SC_{q_2} + SC_{q_3}}{SC_t} \quad (29)$$

Para el modelo (10) el coeficiente de determinación se calcula por:

$$r^2 = \frac{SC_{q_1} + SC_{q_2}}{SC_t} \quad (30)$$

Para el modelo (11) el coeficiente de determinación se calcula por:

$$r^2 = \frac{SC_{q_1} + SC_{q_3}}{SC_t} \quad (31)$$

Para el modelo (12) el coeficiente de determinación se calcula por:

$$r^2 = \frac{SC_{q_2} + SC_{q_3}}{SC_t} \quad (32)$$

Para el modelo (13) el coeficiente de determinación se calcula por:

$$r^2 = \frac{SC_{q_1}}{SC_t} \quad (33)$$

Para el modelo (14) el coeficiente de determinación se calcula por:

$$r^2 = \frac{SC_{q_2}}{SC_t} \quad (34)$$

Para el modelo (15) el coeficiente de determinación se calcula por:

$$r^2 = \frac{SC_{q_s}}{SC_t} \quad (35)$$

## APPENDICE 2

**QUESTIONARIO PARA LA EVALUACION A NIVEL DE CAMPO  
DE FORMULACIONES DE QUITAESMALTE**

NOMBRE DEL ESTABLECIMIENTO: \_\_\_\_\_

DIRECCION: \_\_\_\_\_ TELEFONO: \_\_\_\_\_

QUESTIONARIO

FORMULA No. \_\_\_\_\_

PARA CADA PREGUNTA, MARQUE CON UNA "X" LA RESPUESTA MAS CERCANA A SUS OBSERVACIONES:

- 1.- La disolución del esmalte de las uñas es:
 

(1) LENTA	(2) REGULAR	(3) RAPIDA
-----------	-------------	------------
- 2.- La permanencia del liquido en las uñas es:
 

(1) LARGA	(2) DURACION MEDIA	(3) CORTA
-----------	--------------------	-----------
- 3.- El aspecto de las uñas después de la aplicación es:
 

(1) RESECAS	(2) NORMALES	(3) HUMEDAS
-------------	--------------	-------------
- 4.- Con respecto al olor del producto este es:
 

(1) PENETRANTE	(2) TOLERABLE	(3) AGRADABLE
----------------	---------------	---------------
- 5.- Con respecto al rendimiento del producto este es:
 

(1) POCO DURABLE	(2) DURACION MODERADA	(3) RENDIDORA
------------------	-----------------------	---------------

## BIBLIOGRAFIA

- 1.- Balsam M. S. & Gershan S. D. "Cosmetics. Science and Technology" Vol 2, 2a. edición, Edit. Board. USA 1972.
- 2.- Bennett H. "The Cosmetic Formulary" Vol 1, Edit. Chemical publishing Co. New York 1973.
- 3.- Bonadeu I. "Cosméticos Extracutáneos, Cosmetología Estética e Higiénica; Química Física y Técnica de Preparación de Productos para la cosmética". Edit. Científico Médica; Barcelona, España 1964.
- 4.- Hawley G.G. "Diccionario de Química y Productos Químicos"; Edit. Omega; Barcelona, España, 1975.
- 5.- Keithler W.H.R. "The Formulation of Cosmetics and Specialities"; Edit. Drug and Cosmetic Industry; USA 1956.
- 6.- Ley General de Salud, Edit. Porrúa, Sa. Edición 1989, México D.F.
- 7.- Reglamento de Productos de Perfumería y Artículos de Belleza, Diario Oficial de 16 de agosto de 1960.
- 8.- Tesis: María de Lourdes Aranda Mayo "Derivados de Lanolina y su aplicación en Productos Cosméticos"; Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Química, 1981.
- 9.- Navarre M. "The Chemistry and Manufacture of Cosmetics"; Edit. Duannostrand Company Inc. New York, 1941.
- 10.- Box G.E.P. & Hunter J.S. "Statistical for Experimenters"; Edit. J. Wiley & Sons. 1978.
- 11.- Ostle B. "Estadística Aplicada"; Edit. Limusa, México D.F. 1979.
- 12.- Gill J.L. "Design & Analysis of Experiments", Vol I; Iowa State University Press, 1978.

- 13.- Mendez I. "Modelos Estadísticos Lineales"; Focacvi/conacyt, 1976.
- 14.- Montgomery D.C "Design & Analysis of Experiments"; Edit. J. Wiley & Sons, 1979.
- 15.- Hicks C. R. "Fundamental Concepts in the Design of Experiments"; Edit. Hol Rinehart & Winston, 1964.
- 16.- Box G. E. P. "The Design & Analysis of Industrial Experiments"; Imperial Chemical Industries Limited, 1960.
- 17.- Sokal R. R. & Rohlf "Biometria"; Ediciones H. Blume. 1979.
- 18.- Cochran W. G. & Cox G. M. "Diseños Experimentales"; Edit. Trillas, 1976.
- 19.- Younger M. "A Handbook for Linear Regression"; Duxbury Press, 1979.