



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Química

**FORMULACIÓN Y CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DEL BARNIZ FLUORADO PARA
USO DENTAL A BASE DE COLOFONIA DE LA RESINA DE PINO OCOTE (*Pinus oocarpa*
Schiede ex Schldf), VARIANDO CONCENTRACIONES DE FLUORURO DE SODIO Y
ETANOL, A NIVEL LABORATORIO**

Geraldina Elizabeth García Quiroa

Asesorado por la Inga. Telma Maricela Cano Morales

Coasesor por el Ing. Mario José Mérida Meré

Guatemala, enero de 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**FORMULACIÓN Y CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DEL BARNIZ FLUORADO PARA USO DENTAL A
BASE DE COLOFONIA DE LA RESINA DE PINO OCOTE (*Pinus oocarpa Schiede ex Schldl*),
VARIANDO CONCENTRACIONES DE FLUORURO DE SODIO Y ETANOL, A NIVEL LABORATORIO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

GERALDINA ELIZABETH GARCÍA QUIROA

Asesorado por la Inga. Telma Maricela Cano Morales

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO QUÍMICO

GUATEMALA, ENERO DE 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Otto Raúl de León Paz
EXAMINADOR	Ing. Jorge Emilio Godínez Lemus
EXAMINADORA	Inga. Casta Petrona Zeceña Zeceña
SECRETARIA	Inga. Lisely De León Arana

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

FORMULACIÓN Y CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DEL BARNIZ FLUORADO PARA USO DENTAL A BASE DE COLOFONIA DE LA RESINA DE PINO OCOTE (*Pinus oocarpa Schiede ex Schldl*), VARIANDO CONCENTRACIONES DE FLUORURO DE SODIO Y ETANOL, A NIVEL LABORATORIO

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, con fecha 23 de septiembre de 2010.



Geraldina Elizabeth García Quiroa



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



Nº 24326

Guatemala, 07 de Octubre de 2011

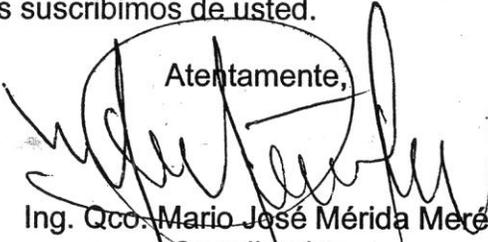
Ingeniero
Williams Álvarez
Director
Escuela de Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Ingeniero Álvarez:

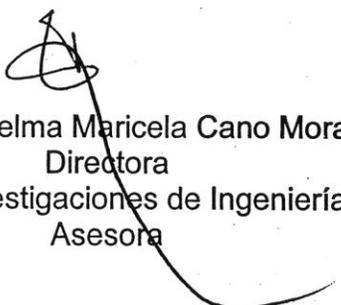
Por medio de la presente HACEMOS CONSTAR que hemos revisado y dado nuestra aprobación al informe final del graduación titulado **“Formulación y caracterización química del barniz fluorado para uso dental a base de colofonia de la resina de pino ocote (*Pinus oocarpa Schiede ex Schldl*) variando concentraciones de fluoruro de sodio y etanol, a nivel laboratorio”**, de la estudiante de Ingeniería Química Geraldina Elizabeth García Quiroa quien se identifica con el carné número 2006-14742.

Sin otro particular nos suscribimos de usted.

Atentamente,


Ing. Qco. Mario José Mérida Meré
Coordinador
Laboratorio de Investigación
de Extractos Vegetales -LIEXVE-
Co-Asesor




Inga. Qca. Telma Maricela Cano Morales
Directora
Centro de Investigaciones de Ingeniería / CII
Asesora





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA.

Edificio T-5, Ciudad Universitaria, zona 12, Guatemala, Centroamérica

Teléfono directo: (502) 2418-9118 PBX: 2418-8000 extensión 1599 Extensión 86214

Guatemala, 8 de Noviembre de 2011

Ref.EIQ.TG.261.2011

Ingeniero

Williams Guillermo Álvarez Mejía

DIRECTOR

Escuela de Ingeniería Química

Facultad de Ingeniería

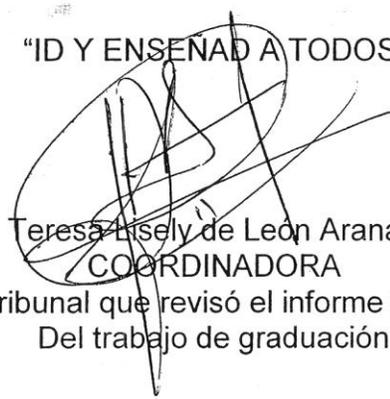
Presente.

Estimado Ingeniero Álvarez:

Como consta en el **Acta TG-92-2011-B-IF** le informo que reunidos los Miembros del Tribunal nombrado por la Escuela de Ingeniería Química, se practicó la revisión del informe final del trabajo de graduación, para optar al título de INGENIERA QUÍMICA a la estudiante universitaria, **Geraldina Elizabeth García Quiroa**, identificada con carné No. **2006-14742**, titulado: **"FORMULACIÓN Y CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DEL BARNIZ FLUORADO PARA USO DENTAL A BASE DE COLOFONIA DE LA RESINA DE PINO OCOTE (*Pinus oocarpa schiede ex schldl*), VARIANDO LAS CONCENTRACIONES DE FLUORURO DE SODIO Y ETANOL, A NIVEL LABORATORIO"**, el cual ha sido asesorado por la Ingeniera Química **Telma Maricela Cano Morales**.

Habiendo encontrado el referido informe final **satisfactorio**, se procede a recomendarle autorice al estudiante **GARCÍA QUIROA**, proceder con los trámites requeridos de acuerdo a normas y procedimientos establecidos por la Facultad para su autorización e impresión.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Inga.  Teresa Lisely de León Arana, M.Sc.

COORDINADORA

Tribunal que revisó el informe final
Del trabajo de graduación



C.c.: archivo



ACAAI



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

Ref.EIQ.TG.009.2012

El Director de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor y de los Miembros del Tribunal nombrado por la Escuela de Ingeniería Química para revisar el Informe del Trabajo de Graduación de la estudiante, **GERALDINA ELIZABETH GARCÍA QUIROA**, titulado: "**FORMULACIÓN Y CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DEL BARNIZ FLUORADO PARA USO DENTAL A BASE DE COLOFONIA DE LA RESINA DE PINO OCOTE (Pinus oocarpa Schiede ex Schldt), VARIANDO CONCENTRACIONES DE FLUORURO DE SODIO Y ETANOL, A NIVEL LABORATORIO**". Procede a la autorización del mismo, ya que reúne el rigor, la secuencia, la pertinencia y la coherencia metodológica requerida.

Ing. Williams Guillermo Álvarez Mejía; C.Dr.
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Química

Guatemala, enero de 2012

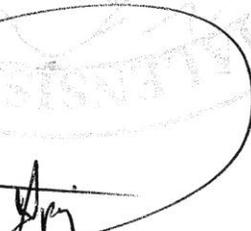


Cc: Archivo
WGAM/ale



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al trabajo de graduación titulado: **FORMULACIÓN Y CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DEL BARNIZ FLUORADO PARA USO DENTAL A BASE DE COLOFONIA DE LA RESINA DE PINO OCOTO (Pinus oocarpa Schiede ex Schltdl), VARIANDO CONCENTRACIONES DE FLUORURO DE SODIO Y ETANOL, A NVEL DE LABORATORIO**, presentado por la estudiante universitaria **Geraldina Elizabeth García Quiroa**, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE


Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
DECANO



Guatemala, enero de 2012

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por permitirme alcanzar una de mis metas. Llenando mi vida de bendiciones y permitirme disfrutar este logro con todos mis seres queridos.
- Mis padres** Gerardo García González y Edilma Quiroa Méndez de García, por darme la mejor educación y guiarme en el camino correcto. Este logro es suyo también. Los quiero.
- Mis hermanas** Ana Edilma García Quiroa y Carolina García Quiroa, por ser ejemplo de mujeres a seguir.
- Mis sobrinos** Pablo Andrés, Mariana y Sophia. Los quiero mucho.
- Mis cuñados** Luis Pablo Méndez y Rafael Gálvez, por apoyarme y estar en los momentos difíciles.
- Edgar Barrientos** Por ser una persona muy especial que ha llenado mi vida de alegría y de amor.
- Mis amigas** Susana Lizama, Adriana Valle y Elena Pineda por compartir momentos difíciles y alegres de la carrera y ser mis amigas.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por darme inteligencia, sabiduría y perseverancia a lo largo de mi carrera.
Mis padres	Gerardo García González y Edilma Quiroa Méndez de García, por brindarme su apoyo, amor y comprensión incondicional en todo momento.
Mi asesora	Ingeniera Telma Maricela Cano Morales. Por su valiosa asesoría en el transcurso de la elaboración de esta investigación.
Mi revisor	Ingeniero César Alfonso García Guerra. Por el tiempo dedicado a la revisión y apoyo durante esta investigación.
La escuela de Ingeniería Química	Gracias a todos los catedráticos por formarme como profesional.
La Universidad de San Carlos de Guatemala	Por la excelente formación académica y poder ser sancarlista.

2.6.1.	Mecanismos de acción de fluoruro en los dientes	20
2.6.2.	Desmineralización y remineralización	21
2.6.3.	Formación del fluoruro de calcio	22
2.7.	Fluoruros empleados en los barnices fluorados	23
2.7.1.	Fluoruro de sodio (NaF)	23
2.7.2.	Monofluoruro fosfato de sodio	23
2.8.	Alcohol etílico empleado en los barnices fluorados	24
2.9.	Caracterización fisicoquímica	24
2.9.1.	Determinación del porcentaje de ión fluoruro por el método del electrodo selectivo de flúor	25
2.9.2.	Determinación del porcentaje de alcohol etílico, por medio de cromatografía de gas sólido	26
2.9.3.	Medición del tiempo de secado	27
2.9.4.	Medición de la viscosidad	28
2.9.4.1.	Viscosímetro Universal de Saybolt	30
2.9.5.	Medición del color	34
2.9.5.1.	El espacio de color L*C*h	34
2.9.5.2.	Modelo CIE L*a*b* (1976)	36
2.9.5.3.	Diferencia entre dos colores	38
2.9.6.	Medición de la densidad	39
3.	DISEÑO METODOLÓGICO	41
3.1.	Variables	41
3.1.1.	Variables independientes	43
3.1.2.	Variables dependientes	44

3.2.	Delimitación del campo de estudio	45
3.3.	Recursos humanos disponibles	46
3.4.	Recursos materiales disponibles	46
3.4.1.	Materia prima y reactivos	46
3.4.2.	Cristalería	47
3.4.3.	Equipos	47
3.5.	Técnica cualitativa	50
3.6.	Recolección y ordenamiento de la información	53
3.6.1.	Datos originales	54
3.6.1.1.	Datos para la determinación del tiempo de secado	54
3.6.1.2.	Datos para la determinación de la diferencia de color	58
3.6.1.3.	Datos para la determinación del porcentaje de fluoruro	61
3.6.1.4.	Datos para la determinación de la densidad	64
3.6.1.5.	Datos para la determinación de la viscosidad	66
3.6.1.6.	Datos para la determinación del porcentaje de alcohol etílico	67
3.6.1.7.	Datos del patrón comparativo	69
3.7.	Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información	70
3.7.1.	Procedimiento de la formulación del barniz dental fluorado	70
3.7.2.	Procedimiento para la calibración del electrodo selectivo de flúor	76
3.7.2.1.	Solución <i>stock</i> de fluoruro	76

3.7.2.2.	Solución estándar de trabajo de 10 ppm	76
3.7.2.3.	Solución estándar de trabajo de 100 ppm	77
3.7.3.	Método para la determinación del porcentaje del ión flúor por medio del electrodo selectivo de flúor	78
3.7.3.1.	Extracción del fluoruro de sodio	79
3.7.4.	Método para la determinación del porcentaje de alcohol etílico por medio de cromatografía de gas sólido	80
3.7.5.	Método para la determinación del tiempo de secado por medio del establecimiento del tiempo de secado al tacto	80
3.7.6.	Método para la determinación de la diferencia de color del barniz fluorado a través del espectrofotómetro	81
3.7.7.	Métodos para la determinación de la densidad del barniz fluorado	82
3.7.8.	Procedimiento para la calibración del viscosímetro de Saybolt	82
3.7.9.	Método para la determinación de la viscosidad por el viscosímetro de Saybolt	83
3.7.10.	Muestra de cálculo	84
3.7.10.1.	Determinación del tiempo de secado	84
3.7.10.2.	Determinación de la diferencia de color	85

	3.7.10.3.	Determinación del porcentaje de fluoruro	86
	3.7.10.4.	Determinación de la densidad	88
	3.7.10.5.	Determinación de la viscosidad	89
	3.7.10.6.	Determinación del porcentaje de alcohol etílico	91
	3.7.10.7.	Análisis de varianza	94
3.7.11.		Datos calculados	96
	3.7.11.1.	Determinación del tiempo de secado	98
	3.7.11.2.	Determinación de la diferencia de color	102
	3.7.11.3.	Determinación del porcentaje de fluoruro	105
	3.7.11.4.	Determinación de la densidad	108
	3.7.11.5.	Determinación de la viscosidad	110
	3.7.11.6.	Determinación del porcentaje de alcohol etílico	111
3.8.		Análisis estadístico	114
	3.8.1.	Determinación del espesor para el cálculo del tiempo de secado	115
	3.8.1.1.	Análisis de varianza	116
	3.8.2.	Tiempo de secado del barniz dental fluorado	117
	3.8.2.1.	Análisis de varianza	118
	3.8.3.	Determinación de la diferencia de color	120
	3.8.3.1.	Análisis de varianza	121
	3.8.4.	Determinación del porcentaje de fluoruro	123
	3.8.4.1.	Análisis de varianza	124
	3.8.5.	Determinación de la densidad	126

3.8.5.1.	Análisis de varianza	127
3.8.6.	Determinación de la viscosidad	129
3.8.7.	Determinación del porcentaje de alcohol etílico	130
3.8.7.1.	Análisis de varianza	131
4.	RESULTADOS	133
5.	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	151
	CONCLUSIONES	159
	RECOMENDACIONES	161
	BIBLIOGRAFÍA	163
	APÉNDICES	167
	ANEXOS	189

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Proceso de resinación	9
2.	Colofonia	13
3.	Contenido de ácidos orgánicos en la Colofonia	14
4.	Orificio Furol del viscosímetro Universal de Saybolt	31
5.	Viscosímetro Universal de Saybolt	32
6.	Medidas del soporte del termómetro, del viscosímetro Universal de Saybolt	32
7.	Retirada del tubo para el uso del viscosímetro Saybolt Universal	33
8.	El espacio de color L*C*h*	35
9.	Diseño general	50
10.	Diagrama de cajas del espesor del barniz dental fluorado, según formulación	114
11.	Diagrama de cajas del tiempo de secado del barniz dental fluorado, según formulación	117
12.	Diagrama de cajas de la diferencia de color del barniz dental fluorado, según formulación	120
13.	Diagrama de cajas del porcentaje de fluoruro, del barniz dental fluorado, según formulación	123
14.	Diagrama de cajas de la densidad, del barniz dental fluorado, según formulación	126
15.	Diagrama de cajas del porcentaje de alcohol etílico, del barniz dental fluorado, según formulación	130

16.	Relación del espesor con las formulaciones del barniz fluorado de las cuatro repeticiones	133
17.	Relación del tiempo de secado con las formulaciones del barniz fluorado de las cuatro repeticiones	134
18.	Relación del tiempo de secado con el espesor de las formulaciones del barniz fluorado que poseen el 25% de etanol, de las cuatro repeticiones	135
19.	Relación del tiempo de secado con el espesor de las formulaciones del barniz fluorado que poseen el 28% de etanol, de las cuatro repeticiones	136
20.	Relación del tiempo de secado con el espesor de las formulaciones del barniz fluorado que poseen el 30% de etanol, de las cuatro repeticiones	137
21.	Relación de la diferencia de color (dE*) y las formulaciones del barniz fluorado, de las cuatro repeticiones	139
22.	Relación del contenido de flúor con las formulaciones del barniz fluorado de las cuatro repeticiones	142
23.	Relación de la densidad con las formulaciones del barniz fluorado de cada repetición	144
24.	Relación de viscosidad y las diferentes formulaciones del barniz fluorado	146
25.	Contenido de etanol (%p/v) para cada repetición según formulaciones del barniz fluorado	148

TABLAS

I.	Actividades y productos que contienen colofonia	16
II.	Espesor recomendado de película de diferentes materiales para realizar los ensayos	28
III.	Nivel de diferencia entre dos colores	38
IV.	Definición operacional de las variables, para la formulación de barniz dental fluorado y su caracterización química	41
V.	Definición operacional de las variables, para la formulación de barniz dental fluorado y su caracterización química	42
VI.	Formulación del barniz dental fluorado tomando como base 50 mL	43
VII.	Diseño experimental de las formulaciones de barniz fluorado para el análisis químico	53
VIII.	Espesor de la tablilla de vidrio y el barniz fluorado de la repetición uno	54
IX.	Espesor de la tablilla de vidrio y el barniz fluorado de la repetición dos	55
X.	Espesor de la tablilla de vidrio y el barniz fluorado de la repetición tres	55
XI.	Espesor de la tablilla de vidrio y el barniz fluorado de la repetición cuatro	56
XII.	Tiempo de secado de las formulaciones de barniz fluorado, de las cuatro repeticiones	57
XIII.	Medición del color del barniz fluorado, sobre las placas blancas, repetición uno	58

XIV.	Medición del color del barniz fluorado, sobre las placas blancas, repetición dos	59
XV.	Medición del color del barniz fluorado, sobre las placas blancas, repetición tres	59
XVI.	Medición del color del barniz fluorado, sobre las placas blancas, repetición cuatro	60
XVII.	Medición del ión fluoruro en una solución acuosa, del barniz fluorado, repetición uno	61
XVIII.	Medición del ión fluoruro en una solución acuosa, del barniz fluorado, repetición dos	62
XIX.	Medición del ión fluoruro en una solución acuosa, del barniz fluorado, repetición tres	62
XX.	Medición del ión fluoruro en una solución acuosa, del barniz fluorado, repetición cuatro	63
XXI.	Mediciones de la masa y volumen, de las repeticiones uno y dos	64
XXII.	Mediciones de la masa y volumen, de las repeticiones tres y cuatro	65
XXIII.	Medición del tiempo de flujo en segundos universales, de las diferentes formulaciones del barniz fluorado	66
XXIV.	Masa tomada de la formulación del barniz fluorado y área bajo la curva, de las repeticiones uno y dos	67
XXV.	Masa tomada de la formulación del barniz fluorado y área bajo la curva, de las repeticiones tres y cuatro	68
XXVI.	Datos del patrón comparativo, con fecha de fabricación/lote 11/07/2002, y vencimiento /10/2011	69

XXVII.	Resumen del cálculo de la varianza univariante del porcentaje real de ión fluoruro en el barniz dental fluorado a diferentes concentraciones de etanol y de fluoruro de sodio	96
XXVIII.	Determinación del espesor de la tablilla de vidrio y el espesor promedio del barniz fluorado; repetición uno	98
XXIX.	Determinación del espesor de la tablilla de vidrio y el espesor promedio del barniz fluorado; repetición dos	99
XXX.	Determinación del espesor de la tablilla de vidrio y el espesor promedio del barniz fluorado; repetición tres	99
XXXI.	Determinación del espesor de la tablilla de vidrio y el espesor promedio del barniz fluorado; repetición cuatro	100
XXXII.	Tiempo de secado de las formulaciones de barniz fluorado, de las cuatro repeticiones	101
XXXIII.	Determinación de la diferencia de color y el nivel de diferencia del barniz fluorado, sobre las placas blancas; repetición uno	102
XXXIV.	Determinación de la diferencia de color y el nivel de diferencia del barniz fluorado, sobre las placas blancas; repetición dos	103
XXXV.	Determinación de la diferencia de color y el nivel de diferencia del barniz fluorado, sobre las placas blancas; repetición tres	104
XXXVI.	Determinación de la diferencia de color y el nivel de diferencia del barniz fluorado, sobre las placas blancas; repetición cuatro	104
XXXVII.	Determinación del porcentaje del ión fluoruro, a partir de la medición del ión fluoruro en una solución acuosa; repetición uno	105

XXXVIII.	Determinación del porcentaje del ión fluoruro, a partir de la medición del ión fluoruro en una solución acuosa; repetición dos	106
XXXIX.	Determinación del porcentaje del ión fluoruro, a partir de la medición del ión fluoruro en una solución acuosa; repetición tres	106
XL.	Determinación del porcentaje del ión fluoruro, a partir de la medición del ión fluoruro en una solución acuosa; repetición cuatro	107
XLI.	Determinación de la densidad del barniz fluorado; repeticiones uno y dos	108
XLII.	Determinación de la densidad del barniz fluorado; repeticiones tres y cuatro	109
XLIII.	Determinación de la viscosidad del barniz fluorado, a 50 °C, a partir del tiempo de flujo en segundos universales	110
XLIV.	Determinación del porcentaje de alcohol etílico relación p/v del barniz fluorado, repetición uno	111
XLV.	Determinación del porcentaje de alcohol etílico relación p/v del barniz fluorado, repetición dos	112
XLVI.	Determinación del porcentaje de alcohol etílico relación p/v del barniz fluorado, repetición tres	112
XLVII.	Determinación del porcentaje de alcohol etílico relación p/v del barniz fluorado, repetición cuatro	113
XLVIII.	Resumen del cálculo de la varianza univariante del espesor del barniz dental fluorado a diferentes concentraciones de etanol y de fluoruro de sodio	115
XLIX.	Resumen de los grupos de subgrupos homogéneos del espesor, del barniz dental fluorado a diferentes concentraciones de etanol y de fluoruro de sodio	116

L.	Resumen del cálculo de la varianza univariante del tiempo de secado, del barniz dental fluorado a diferentes concentraciones de etanol y de fluoruro de sodio	118
LI.	Resumen de los grupos de subgrupos homogéneos del tiempo de secado, del barniz dental fluorado a diferentes concentraciones de etanol y de fluoruro de sodio	119
LII.	Resumen del cálculo de la varianza univariante de la diferencia de color, del barniz dental fluorado a diferentes concentraciones de etanol y de fluoruro de sodio	121
LIII.	Resumen de los grupos de subgrupos homogéneos de la diferencia de color, del barniz dental fluorado a diferentes concentraciones de etanol y de fluoruro de sodio	122
LIV.	Resumen del cálculo de la varianza univariante el porcentaje real de ión fluoruro, del barniz dental fluorado a diferentes concentraciones de etanol y de fluoruro de sodio	124
LV.	Resumen de los grupos de subgrupos homogéneos el porcentaje real de ión fluoruro, del barniz dental fluorado a diferentes concentraciones de etanol y de fluoruro de sodio	125
LVI.	Resumen del cálculo de la varianza univariante en la densidad, del barniz dental fluorado a diferentes concentraciones de etanol y de fluoruro de sodio	127
LVII.	Resumen de los grupos de subgrupos homogéneos en la densidad, del barniz dental fluorado a diferentes concentraciones de etanol y de fluoruro de sodio	128
LVIII.	Resumen de la viscosidad del barniz dental fluorado de las diferentes formulaciones	129

LIX.	Resumen del cálculo de la varianza univariante en el porcentaje de alcohol etílico, del barniz dental fluorado a diferentes concentraciones de etanol y de fluoruro de sodio	131
LX.	Resumen de los grupos de subgrupos homogéneos en el porcentaje de alcohol etílico, del barniz dental fluorado a diferentes concentraciones de etanol y de fluoruro de sodio	132
LXI.	Espesor y tiempo de secado de las formulaciones de barniz fluorado	138
LXII.	Comparación del color de las formulaciones del barniz dental, con un producto comercial; repetición uno y dos	140
LXIII.	Comparación del color de las formulaciones del barniz dental, con un producto comercial; repetición tres y cuatro	141
LXIV.	Contenido de flúor de las formulaciones de barniz fluorado	143
LXV.	Densidad de las formulaciones de barniz fluorado	145
LXVI.	Viscosidad del barniz fluorado	147
LXVII.	Contenido de etanol (%p/v) de las formulaciones del barniz dental fluorado	149

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
A	Absorbancia
cm	Centímetro
cP	<i>Centipoise</i>
cSt	<i>Centistokes</i>
ρ	Densidad
S	Desviación estándar muestral
DAP	Diámetro a la altura del pecho
°C	Grado Celsius
g	Gramo
F⁻	Ión fluoruro
L	Litro
μm	Micrómetro
mg	Milígramo
mL	Mililitro
mm	Milímetro
m	Metro
msnm	Metros sobre el nivel del mar
M	Molaridad
MFP	Monofluoruro Fosfato de Sodio
ppm	Partes por millón
%	Porcentaje
\bar{X}	Promedio
v/p	Relación volumen peso

v/v	Relación volumen volumen
s	Segundos
SUS	Segundos Universales de Saybolt
Y	Tratamiento
ν	Viscosidad

GLOSARIO

a	Representa la ubicación del color dentro del rango de rojo a verde, (de positivo a negativo).
Aceite de trementina	Se obtiene por destilación de la resina de pino. Es antirreumática, revulsiva, cicatrizante, antiséptica y parasiticida. Se utiliza en uso externo en reumatismos, gota, neuralgias, leucorreas, heridas, etcétera.
ASTM	<i>American Section of the International Association for Testing Materials</i> (Sociedad Americana para Pruebas y Materiales).
b	Representa la ubicación del color dentro del rango amarillo a azul, (de positivo a negativo).
Barniz fluorado	Producto dentario espeso que contiene una alta concentración de fluoruro sódico en una solución alcohólica de resinas naturales.
CIE	Siglas de la Comisión Internacional de Iluminación, es la principal organización internacional interesada en el color y manejo del color.

Colofonia	Es una resina natural de color ámbar obtenida de los árboles en crecimiento o extracción de la parte baja de los troncos, es la fracción no arrastrable por vapor de la oleorresina y está constituida de una mezcla de ácidos resínicos y mayoritariamente el ácido abiético.
Color	Percepción visual generada por señales nerviosas que los fotorreceptores de la retina del ojo envían al cerebro con la captación de determinadas longitudes de onda del espectro electromagnético de la luz.
Decapante	Eliminación de una capa de óxido, de pintura u otro revestimiento, de la superficie de un objeto.
Densidad	La densidad de una sustancia es una magnitud escalar referida a la cantidad de masa contenida en un determinado volumen.
Desmineralización	La desmineralización consiste en la pérdida de flúor y calcio en el esmalte de un diente, esto ocurre a pH ácidos, condición por la cual favorece a la formación de caries dentales.

Destilación	Proceso que consiste en calentar un líquido hasta que sus componentes más volátiles pasan a la fase de vapor y a continuación, enfriar el vapor para recuperar dichos componentes en forma líquida por medio de la condensación.
Espectrofotómetro	Es un instrumento usado en la física óptica que sirve para medir, en función de la longitud de onda, la relación entre valores de una misma magnitud fotométrica relativos a dos haces de radiaciones.
FDA	<i>Food and Drug Administration</i> (Administración de alimentos y fármacos).
Fluorapatita	Compuesto estable y permanente que aumenta significativamente la resistencia del esmalte a la desmineralización.
FODECYT	Fondo para el desarrollo científico y tecnológico
Hidroxiapatita	Parte mineral del diente, formado por fosfato de calcio cristalino y representa un depósito del 99% del calcio corporal y 80% del fósforo total.
LIEXVE	Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales.
Limpieza profiláctica	Limpieza dental profunda. (Higiene dental).

Potenciómetro selectivo de flúor

Un electrodo selectivo de flúor, consiste en una membrana que responde más o menos selectivamente al ión fluoruro, y que está en contacto, por una parte, con la disolución del ion fluoruro, midiendo el potencial con el fin de conocer la actividad (concentración) de una sustancia en disolución.

Remineralización

La remineralización es un proceso de precipitar calcio, fosfato y otros iones en la superficie o dentro del esmalte parcialmente desmineralizado. Esta ocurre bajo un pH neutro, condición por la cual, los minerales presentes en los fluidos bucales se precipitan en los defectos del esmalte desmineralizado.

Solvente

Compuesto que en una solución se halla en mayor fracción molar.

Streptococo mutans

Principal agente microbiológico responsable de las caries dentales.

Tocones

Parte del tronco de un árbol que queda unido a la raíz cuando se corta por el pie, normalmente tiene una altura de 30 centímetros.

Tópico

Cualquier medicamento o producto que se utilizará únicamente para uso externo, como la piel, los dientes, etcétera (No ingerir).

Viscosidad

Es la oposición de un fluido a las deformaciones tangenciales. Un fluido que no tiene viscosidad se llama fluido ideal. En realidad todos los fluidos conocidos presentan algo de viscosidad, siendo el modelo de viscosidad nula una aproximación bastante buena para ciertas aplicaciones.

**Viscosímetro
de Saybolt**

Es un instrumento usado para medir viscosidad, midiendo la viscosidad en segundos universales de Saybolt (SUS).

RESUMEN

El propósito del presente trabajo fue formular y determinar las propiedades fisicoquímicas del barniz fluorado a diferentes niveles de concentraciones. El barniz fluorado se preparó para uso tópico, cuyas formulaciones se realizaron utilizando un diseño factorial con 3 concentraciones de fluoruro de sodio, 3 concentraciones de alcohol etílico y las diferentes concentraciones de colofonia tomando como base 50 mL del barniz fluorado; se ejecutaron 4 observaciones para hacer un total de 36 unidades experimentales.

La colofonia se obtuvo a partir de la resina natural del pino de ocote (*Pinus oocarpa Schiede ex Schtdl*), siendo ésta, materia prima nacional. En la sección de Química Industrial del Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, en el laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales LIEXVE, se realizó el proceso de extracción de la colofonia y la elaboración del barniz fluorado, dentro del contexto del proyecto de investigación FODECYT 74-2009.

A las diferentes muestras del barniz dental fluorado se realizaron pruebas fisicoquímicas, siendo estas, pruebas de tiempo de secado, de color utilizando el espectrofotómetro, de viscosidad utilizando el viscosímetro de Saybolt, así como pruebas de cuantificación del ión fluoruro, utilizando el electrodo selectivo de flúor, igualmente se determinaron las concentraciones de alcohol etílico y de densidad. Los resultados obtenidos ayudaron a determinar que la formulación del barniz dental fluorado de mejor calidad, siendo esta la que contiene 4,5% de NaF, 30% de etanol y 65,5% de colofonia (formulación 7).

OBJETIVOS

General

Formular y caracterizar fisicoquímicamente un barniz fluorado utilizando como base la colofonia (*Rosyn*) obtenida de pino ocote (*Pinus oocarpa Schiede ex Schlttl*) a nivel laboratorio, para la formulación de un barniz dental fluorado, para su aplicación tópica.

Específicos

1. Elaborar nueve fórmulas del barniz dental fluorado, en función de la combinación de tres distintas concentraciones de fluoruro de sodio y tres distintas concentraciones de diluyente de alcohol etílico al 96%.
2. Caracterizar fisicoquímicamente las diferentes formulaciones con base a mediciones del tiempo de secado, color, concentraciones de ión fluoruro, densidad, viscosidad y concentraciones del alcohol etílico.
3. Realizar una evaluación estadística en función del tiempo de secado, concentraciones de ión fluoruro, color, densidad, viscosidad y concentraciones del alcohol.

HIPÓTESIS

Hipótesis de la investigación

Existe diferencia estadística significativa en las propiedades fisicoquímicas de la formulación del barniz fluorado a diferentes concentraciones de etanol y flúor.

Hipótesis estadística

Hipótesis nula (H₀)

1. No existe diferencia estadística significativa en los porcentajes reales de etanol y de ión fluoruro de la formulación del barniz fluorado a diferentes concentraciones de etanol y flúor.
2. No existe diferencia estadística significativa en las propiedades físicas de la formulación del barniz fluorado a diferentes concentraciones de etanol y flúor.

Hipótesis alternativa (Ha)

Existe diferencia estadística significativa en los porcentajes reales de etanol y de ión fluoruro de la formulación del barniz fluorado a diferentes concentraciones de etanol y flúor.

Existe diferencia estadística significativa en las propiedades físicas de la formulación del barniz fluorado a diferentes concentraciones de etanol y flúor.

INTRODUCCIÓN

Guatemala se caracteriza por poseer variedad climática y florística, por tal razón es un país rico en la obtención de materia prima natural, tal es el caso de la resina de pino de ocote (*Pinus oocarpa Schiede ex Schldl*) proveniente de Granados, departamento de Baja Verapaz. De la resina de pino de ocote se extrae la colofonia (*Rosyn*) y otros componentes. La colofonia es utilizada para la elaboración de diferentes productos tales como tintas de imprenta, colas y adhesivos, lacas, velas, pintura de labios, jabones, productos dentarios en el que cabe destacar el barniz dental fluorado, entre otros.

Por el amplio mercado y la escases de opciones del producto, así como la ausencia de producto nacional se impulsa la fabricación de un barniz dental fluorado, por lo que en el presente trabajo se planteará la formulación y caracterización química de un barniz dental fluorado, utilizando como vehículo la colofonia a diferentes concentraciones y como componentes el alcohol etílico y el fluoruro de sodio. Determinando la formulación del barniz dental fluorado de mejor calidad, mediante el análisis fisicoquímico, dando un nuevo campo de aplicación para la materia prima nacional.

El análisis fisicoquímico del barniz fluorado necesario para determinar la calidad del mismo abarca, la determinación del contenido de flúor por medio del potenciómetro selectivo de flúor; la determinación del tiempo de secado según norma ASTM D1640, por el método de establecimiento del tiempo de secado al tacto; medición del color, por medio del método de espectrofotometría; determinación de la viscosidad según norma ASTM D1200, por medio del viscosímetro de Saybolt, así como la determinación del contenido de alcohol etílico por medio de cromatografía de gas sólido y de densidad.

1. ANTECEDENTES

Los estudios sobre las formulaciones de barniz dental fluorado, hacen énfasis a los niveles de *Streptococo mutans*, ya que es el principal agente microbiológico responsables de las caries dental. Y surge la necesidad del conocimiento de estudios previos a un barniz dental fluorado ya que actualmente en Guatemala, únicamente se encuentra la comercialización del barniz fluorado Duraphat® el cual pertenece a la Colgate; esta industria importa la resina natural desde otros países. Entre los principales estudios están:

- Petersson LG y col. en 1994, basado en un estudio sobre los diferentes modos de aplicación utilizando barniz fluorado (NaF 5%) (Duraphat ®) donde reportó diferencias a favor del esquema de tratamiento intensivo (tres veces a la semana, una vez al año) en la remineralización de manchas blancas, disminución tanto de la progresión de caries como del riesgo de caries, en vez del tratamiento estándar (2 veces al año), siguiendo un programa supervisado de promoción de la salud.

Por lo que, basado en este estudio, Petersson demostró en su nueva investigación las ventajas económicas (costo beneficio) que ofrecía el tratamiento intensivo, favoreciendo la prevención de nuevas lesiones así como la desaceleración de la progresión de caries en general.

- “Ogaard R y col. en 1994, demostró en un estudio (*in vitro*), que la aplicación tópica de barnices fluorados, produjeron la remineralización de manchas blancas, de manera eficaz debido a que el fluoruro que se deposita sobre la superficie dentaria lo hace por más tiempo y la liberación del compuesto se hizo en forma lenta¹”.
- “Guitellman I y col., en 1999, comparó la efectividad de dos barnices fluorados sobre manchas blancas, revelando cambios clínicos a los quince y treinta días de aplicación con los respectivos barnices. A lo que, concluyó que la aplicación de los barnices fluorados era recomendable para la remineralización de las manchas blancas, demostrado por su efectividad terapéutica²”.
- “Marinho VC, Higgins JP, Sheiham A, Logan S., en el año 2004 publicó en la base de Datos Cochrane una revisión sistemática de 15 estudios en los que comparó los resultados de efectividad de diferentes métodos para la prevención de caries dental en niños³”.

Siendo de mayor relevancia para la aplicación del barniz dental fueron los resultados combinados de las comparaciones del barniz fluorado con enjuague bucal tuvieron una diferencia no significativa que favorece al barniz, pero este resultado no fue firme en un análisis de sensibilidad realizado y la heterogeneidad fue considerable. Los resultados del ensayo simple que comparó barniz con gel y el ensayo simple que comparó gel con enjuague bucal no fueron concluyentes.

¹ GARCÍA VALORIA, Ana. *Barnices de Flúor ¿Debemos Utilizarlos?*. <http://clinicamallat.com/05_formacion/art_cien/odonped/odop02.pdf>. [Consulta: en junio 2010].

² Ibíd.

³ Ibíd.

- “Miller EK, Vann WD Jr., en 2008, publican un informe en la Universidad de Carolina del Norte, Chapell Hill (USA). En este trabajo, los autores plantean la posición que cuando se ha tomado la decisión de recurrir a la terapia tópica de flúor, los barnices de fluoruro deben ser la única consideración para niños de 0-6 y también para aquellos niños de todas las edades que tienen necesidades de salud especiales que limitan su atención y cooperación⁴”.

⁴ Ibíd.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Resina de pino

Las resinas llamadas también oleorresinas, son secreciones vegetales derivadas de las actividades fisiológicas de los árboles de pino, cumpliendo una función defensiva contra organismos patógenos y de cicatrización, constituidas por ácido resínicos disueltos en una mezcla de hidrocarburos terpénicos (monoterpenos, sesquiterpenos, politerpenos, etcétera). Se encuentran en los canales resinosos de la raíz, tronco y ramas de los pinos.

La resina de los pinos es una mezcla de compuestos terpénicos, cuando se destila la resina se obtienen dos fracciones, una fracción volátil conocida como aceite de trementina formada por monoterpenos y monoterpenoides y una fracción no volátil conocida como pez rubia o colofonia. La oleorresina contiene de 16-20% de aceite de trementina y de 64-70% de colofonia, según lo refiere la consulta realizada en junio de 2010 en el sitio *web* <http://www.fao.org/teca/content/resinaci%C3%B3n-de-pinos>, en el artículo titulado Resinar pinos una actividad ancestral.

2.2. Materia prima nacional

La colofonia (*Rosyn*), es el producto que se obtiene del pino o de la madera de tocones de los pinos, que para esta investigación la especie forestal es el pino de ocote (*Pinus oocarpa Schiede ex Schltdl*) y contiene, principalmente, ácidos resínicos con pequeñas cantidades de compuestos no ácidos. “Es translúcida, frágil a temperaturas ordinarias y tiene ligero olor y sabor parecido a la trementina. Es insoluble en agua, pero se disuelve bien en la mayoría de las grasas y disolventes orgánicos entre ellos: los alcoholes, éter, benceno y disulfuro de carbono⁵”.

2.2.1. Descripción del Pino de Ocote (*Pinus oocarpa Schiede ex Schltdl*)

Árbol de 12-18 (25) m de altura por 40-75 cm de diámetro, con la copa por lo común redondeada y frecuentemente compacta; ramas fuertes y extendidas; corteza agrietada, obscura o grisácea, con placas delgadas, largas y casi rectangulares de color amarillento interiormente. “Hojas en grupo de 5 pocas veces de 3-4 en algunos fascículos, de 17-30 cm, aglomeradas, anchamente triangulares de color verde claro, brillantes, tiesas y ásperas, rara vez suaves y flexibles, bordes finamente aserrados⁶”.

⁵ ARCHILA, Miguel. *Arboles, medio ambiente y sociedad*. <<http://sanfern.idoo.com/trementina.html>>. [Consulta: en junio 2010].

⁶ Ibíd.

Crece en bosques de pino en altitudes de 1 500 a 2 400 msnm distribución natural está entre los 29° y los 14° latitud Norte. Necesita de 15 a 24 °C para un buen desarrollo. Las necesidades de lluvia oscilan entre los 1 000-1 900 mm al año. La variedad P. oocarpa var. Trifoliata crece entre los 2 000 y 2 400 m sobre el nivel del mar.

2.2.2. Recolección

Se la conoce como sistema de resinación y para trabajar correctamente en el proceso de resinación se deberá cumplir con las siguientes operaciones:

- Selección del árbol: se deben resinar solo árboles mayores o iguales a 30 de DAP (Diámetro a la Altura del Pecho) y que se encuentren sanos sin ningún defecto tales como quemaduras, grietas y heridas grandes.
- Desroñar: esta operación tiene el objetivo de eliminar lo roñoso o agrietado de la corteza, se realiza de abajo hacia arriba hasta la altura de la rodilla con el cuidado de no herir el árbol para no desperdiciar la resina. Se hace con un instrumento llamado desroñado o alisador.
- Selección de la cara a desroñar: consiste en elegir el lado más favorable para el interés (obtener resina), esto se hace tomando en cuenta el recorrido del sol, lo que provocará más calor y mayor obtención de resina normalmente se escoge el lado Este u Oeste.

- Alisar: aproximadamente una cuarta, medida desde el suelo debe alisarse lo más posible y con sumo cuidado porque es ahí donde se colocará el material de captación de resina esto se hace con el mismo desroñador.
- Colocación del material: consiste en colocar perfectamente en el árbol el equipo de resinación que será el que recibe la resina que mane el pino. Una vez teniendo todos los materiales listos se procede a clavar el delantal con clavos de doble cabeza, luego clavar el canal dándole inclinación suficiente para que la resina pueda resbalar. Al estar todo clavado se doblan las láminas para que la resina no caiga al suelo, se debe asegurar que no queden grietas y espacios vacíos entre el árbol y las láminas. Procedimiento de recolección establecido por Lázaro Hernández, en su publicación La resina.

Es importante mencionar que la calidad de la resina esta determinada por la limpieza de la misma en el momento de la recolección y tanto la limpieza como el color son determinantes en su calidad y precio.

Figura 1. **Proceso de resinación**



Fuente: <<http://www.fao.org/teca/content/resinaci%C3%B3n-de-pinos>>.
[Consulta: en junio 2010].

2.2.3. Procesamiento

Ya recolectada la resina y almacenada en un recipiente adecuado, se procede a la filtración ya que pese a los cuidados de limpieza, esta viene con residuos de diferentes tamaños y para dar paso a la obtención de la colofonia por el método de destilación, previamente debe ser limpiada al máximo.

Para la limpieza de la resina se debe hacer pasar la misma a través de tamices de diferentes tamaños, de un calibre grande a uno pequeño. Para así quitar la resina de cualquier partícula pequeña que posea. Es importante mencionar que por las propiedades de la resina de pino de ocote, esta debe ser calentada para facilitar la filtración.

2.2.3.1. Destilación

Proceso que consiste en calentar un líquido hasta que sus componentes más volátiles pasan a la fase de vapor y a continuación, enfriar el vapor para recuperar dichos componentes en forma líquida por medio de la condensación.

El objetivo principal de la destilación es “separar una mezcla de varios componentes aprovechando sus distintas volatilidades o bien separar los materiales volátiles de los no volátiles⁷”.

Por ejemplo, la eliminación del agua y el aguarrás también conocido como esencia de trementina (componentes volátiles) de la resina y se obtiene colofonia (componente no volátil). Para que ocurra la separación se debe llegar al punto de ebullición del agua y de aguarrás por la diferencia de volatilidades, se puede realizar fácilmente la separación completa en una destilación individual.

⁷ PERRY, ROBERT H. Green Don W. *Manual del Ingeniero Químico*. p. 2-98.

2.2.4. Almacenamiento

La colofonia obtenida se debe almacenar en envases de vidrio a temperatura ambiente, en un lugar bien ventilado, lejos de fuentes de calor y de la luz solar directa. Mantener lejos de puntos de ignición. Mantener lejos de agentes oxidantes y de materiales fuertemente ácidos o alcalinos, de acuerdo al estudio técnico, evaluación y mejoras al sistema de procesamiento de resina en el municipio de Santa Cruz El Chol, Baja Verapaz realizado por ICAITI.

Una vez abiertos los envases, han de volverse a cerrar cuidadosamente y colocarlos verticalmente para evitar derrames.

2.3. Importancia económica de la resina de pino

En la medida en que se han descubierto nuevos derivados y usos de la resina de pino, esta ha incrementando su valor. Los componentes primarios son separados mediante el proceso de destilación por arrastre con vapor, siendo los mismos, la Colofonia y Trementina. A partir de los resultados de estas investigaciones, se inició el desarrollo de la industria de transformación de resina en la obtención de productos derivados denominados colofonias modificadas. Durante muchos años la Colofonia y la Trementina fueron usadas sin procesar en la industria del jabón, el papel y el barniz.

Actualmente, la mayor parte de la colofonia se emplea en la obtención de más de 50 tipos de colofonias modificadas con aplicaciones diferentes. Entre los principales usos se destaca: producción de papel, adhesivos, tintas de impresión, compuestos de goma, revestimientos superficiales, barnices, pinturas, esmaltes, soldaduras, fósforos y redes de pesca.

En la publicación La resina toma en consideración, la confección de flores que ha sido ampliamente utilizada en la preparación de materiales de limpieza, controles biológicos para luchar contra invertebrados y plagas (fitopatógenas) que afectan las plantas, construcciones, embarcaciones, agentes higiénicos y aromatizantes, derivados con acción biácida específica, polímeros termo resistentes, agentes lubricantes y precursores de fármacos, orientados hacia agentes antiulcerosos y antimicrobianos de acción general.

2.4. Componentes principales de colofonia (*Rosyn*)

La colofonia es una resina natural derivada de la resina cruda de las coníferas. Existen los siguientes tipos:

- Resina balsámica: el residuo de la destilación del aceite de aguarrás
- Resina de raíz: el extracto de los rizomas de las coníferas
- Resina tall: el residuo de la destilación tall oil

La colofonia es quebradiza y transparente, dependiendo de la calidad del color puede variar de amarillo claro, rojo a café oscuro. La colofonia se disuelve en muchas soluciones orgánicas como también en aceites minerales y vegetales, sin embargo, no se disuelve en agua. “Punto de ablandamiento aproximadamente 70-80 °C⁸”.

⁸ AJÁ MORATAYA, Roderico Aníbal. *Destilación de la resina de pino ocote (Pinus oocarpa Schiede ex Schltl) extraída en el municipio de Granados, Baja Verapaz para la obtención y caracterización de colofonia (Rosyn) a nivel laboratorio*. 45 p.

Figura 2. **Colofonia**



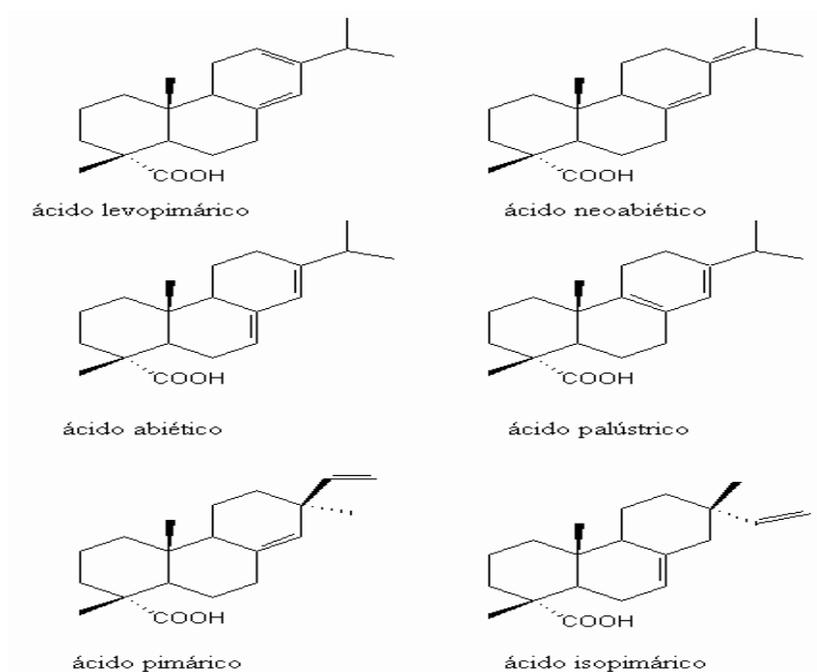
Fuente: Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales (LIEEXVE).

Los terpenos y terpenoides son los encargados de impartir olor, color, sabor y resistencia al ataque de microorganismos e insectos a la madera de especies forestales. La oleoresina contiene de 16-20% de aceite de trementina y de 64-70% de colofonia.

La colofonia se obtiene como residuo sólido de la destilación de la resina es una mezcla de ácidos diterpenoicos tales como: ácido abiético, ácido neobiético, ácido dehidroabiético, ácido pimárico, dextropimárico, levopimárico y ácido palústrico.

“La colofonia contiene ácido abiético (15-20%), ácido neoabiético (15-20%), ácido levopimárico (30-35%) y ácido pimárico (16%)⁹”. La composición varía en dependencia del método de separación o sea si se destila la resina o si se obtienen los ácidos a partir del licor negro de los procesos de pulpeo.

Figura 3. **Contenido de ácidos orgánicos en la Colofonia**



Fuente: <<http://sanfern.idoo.com/trementina.html>>. [Consulta: en mayo de 2010].

⁹ *Resinar pinos una actividad ancestral.*
 <<http://www.fao.org/teca/content/resinaci%C3%B3n-de-pinos>>. [Consulta: en junio 2010].

2.4.1. Aplicaciones de la colofonia

La colofonia tiene numerosas aplicaciones industriales ya que posee propiedades que justifican una amplia utilización como colorante, emulsificante y decapante. Las industrias en las que tanto la colofonia como sus derivados se utilizan de una manera más extendida son en la fabricación de tintas (23 %), adhesivos (23 %) y papel (21 %), lo que se establece en la publicación de María José Berenguer.

También se utiliza en la industria electrónica para el recubrimiento de las varillas para soldadura blanda, ya que sus propiedades decapantes provocan una limpieza efectiva de las superficies a unir, facilitando el proceso de soldadura entre dos metales. Finalmente, se emplea en la fabricación de papel para hacerlo más resistente al agua; el papel reciclable compuesto de pasta mecánica no tratada químicamente, utilizada para papel de periódico contiene más colofonia que el papel a base de pasta tratada químicamente.

Tabla I. **Actividades y productos que contienen colofonia**

Actividades	Productos que contienen colofonia
Medicina	<ul style="list-style-type: none"> • Pañales para niños, adultos y productos de higiene, esparadrapos y vendajes. • Matrices de medicamentos • Productos dentarios • Líquidos antiverrugas • Linimentos • Bolsas de colostomía • Vestidos quirúrgicos de papel • Productos veterinarios: conservantes de medicamentos y repelentes para perros.
Cosméticos	<ul style="list-style-type: none"> • Ceras para depilación • Máscaras y sombras para parpados • Laca de uñas • Productos capilares
Agricultura	<ul style="list-style-type: none"> • Productos para el tratamiento de bosques y lacas para la madera.
Industria en general	<ul style="list-style-type: none"> • Tintas de imprenta • Colas y adhesivos para embalajes, sellados de cajas, etiquetas y selladores en general. • Papeles • Ambientadores • Velas perfumadas • Productos de limpieza • Lacas de barnices y pinturas
Actividades artísticas y deportivas	<ul style="list-style-type: none"> • Cubos de colofonia para trocar los arcos de violín. • Polvos antiderrapantes para distintos deportes.

Fuente: elaboración propia.

2.5. Barniz fluorado

El objetivo general de la aplicación de fluoruro tópico es evitar el desarrollo de caries detenida y caries en general. El primer producto de barniz fluorado comercial es introducido por Schmidt (1964) bajo el nombre comercial de Duraphat® (Woelm pharma Cía., Eschwege, FRG). Duraphat® contiene 5% fluoruro de sodio en un vehículo de resina colofonia neutra.

En 1975 el segundo sistema de barniz fluorado fue el Flúor Protector (Vivadent, Schaan, Liechtenstein), se introdujo por Arends y Schuthof (1975). El Flúor Protector es un barniz poliuretánico que contiene fluoruro (0,1%) en la forma de flúor silano (al 0,9%). Comparado con Duraphat ® que pone una capa castaña amarilla en el diente el Flúor Protector es agrio y se endurece con presencia de aire en una película delgada y transparente. Los barnices son normalmente aplicados con cepillos pequeños o jeringas. Se acepta ahora ampliamente ambos barnices fluorados en Europa y su uso parece estar aumentando en el mundo.

Los barnices de flúor tienen una larga tradición y un potencial efecto preventivo de caries que varía entre un 20 y un 70%, esta variación depende probablemente de diferentes factores como la edad de los sujetos, la incidencia de caries y el modo e intensidad de las aplicaciones del barniz. La ventaja del barniz de flúor sobre otros compuestos fluorados es su capacidad para permanecer por tiempo prolongado sobre la superficie del esmalte, favoreciendo el intercambio iónico entre este y la placa.

El barniz fluorado no se inactiva en presencia de placa dental (Caries) puede aplicarse sin necesidad de una limpieza profiláctica inicial; una superficie seca refuerza la captación de fluoruro en el esmalte. El tiempo promedio de aplicación es de 3 a 5 minutos por paciente. La aceptación, incluso en los niños pequeños, es muy positiva.

Ningún efecto colateral frecuente se ha informado con respecto al tratamiento con los productos Duraphat® y Flúor Protector. Sin embargo, no deben aplicarse los barnices fluorados en los tejidos gingivales sangrantes, debido al riesgo de alergia de contacto a la base de resina colofonia del Duraphat® y al poliuretano del Flúor Protector.

2.5.1. Tipos de barnices de flúor

- Duraphat®: Fluoruro de sodio al 5% con base viscosa de colofonia (resina derivada de la resina del pino).
1 mL de barniz contiene 50 mg de NaF (22,6 mg/mL de fluoruro).
Presentación: tubo de 10 mL.
La FDA permite su uso como agente desensibilizante en dientes hipersensibles.

La base de resina es una suspensión alcohólica que cuando se aplica en la superficie del diente y se evapora el componente volátil, dejando una capa de barniz rica en fluoruro adherida a la superficie.

- Flúor Protector®: 1% de difluorosilano en una base de poliuretano.
1 mL contiene 1 mg de ión flúor. Presenta menor pH y viscosidad que el Duraphat®¹.
Presentación: caja con 20 viales.

- Duraflor®: Fluoruro de sodio al 5 % y xilitol en suspensión alcohólica de resinas naturales.
- Cavity Shield®: Fluoruro de sodio al 5 % con base de resina. 1 mL de barniz contiene 50 mg de NaF. Este reduce la posibilidad de sobreingestión y previene la toxicidad por flúor.

2.6. Fluoruros en la salud bucal

Por más de cinco décadas, la Asociación Dental Americana ha respaldado la fluoración de los suministros de agua de las comunidades y el uso de los productos que contengan fluoruro como medidas seguras y eficaces para prevenir las caries dentales.

En las últimas décadas, las caries dentales han sido reducidas dramáticamente. La razón clave: el fluoruro. Los estudios han demostrado que el fluoruro reduce las caries dentales tanto en los niños como en los adultos.

El fluoruro se obtiene de dos formas: “tópico y sistémico. Los fluoruros tópicos fortalecen los dientes que ya están presentes en la boca haciéndolos más resistentes a las caries. Los fluoruros tópicos incluyen las pastas dentales, los enjuagues bucales y las terapias profesionales de aplicación de fluoruro como geles y barnices¹⁰”.

¹⁰ GARCÍA VALORIA, Ana. *Barnices de Flúor ¿Debemos Utilizarlos?*. <http://clinicamallat.com/05_formacion/art_cien/odonped/odop02.pdf>. [Consulta: en junio 2010].

Los fluoruros sistémicos son aquellos que son ingeridos en el cuerpo y se incorporan a las estructuras que forman los dientes. Los fluoruros sistémicos pueden además dar protección tópica porque el fluoruro está presente en la saliva, que baña continuamente los dientes. Los fluoruros sistémicos incluyen la fluoración de las aguas de consumo humano, la sal y los suplementos de fluoruro en la dieta en forma de tabletas, gotas o pastillas.

2.6.1. Mecanismos de acción de fluoruro en los dientes

Los fluoruros actúan reduciendo la solubilidad del esmalte por simple acción dinámica en el medio líquido entre el fluido de la placa y el esmalte, la capa del esmalte al entrar en contacto con el ión F^- reacciona con este, formando fluoruro de calcio. A partir de este precipitado CaF_2 se producen intercambios más profundos del fluoruro con la hidroxiapatita (parte mineral del diente), donde por diversos mecanismo de intercambio, recristalización, crecimiento del cristal y absorción; los oxhidrilos son reemplazados por el fluoruro formándose fluorapatita, compuesto estable y permanente que aumenta significativamente la resistencia del esmalte a la desmineralización.

Entre las formas posibles en las que el fluoruro puede disminuir la solubilidad del esmalte se mencionan: el flúor entra a la apatita del esmalte durante su formación a expensas del carbonato y se cree que si la concentración de carbonato es baja y la solubilidad se reduce.

La concentración de flúor en un medio donde se forman los cristales de apatita pueden modificar su cristalinidad o bien aumentar el tamaño y reducir los defectos en los cristales y ambos factores tienden a disminuir la solubilidad del cristal. Mientras mayor sea la concentración de fluoruro, mayor será la tendencia a que se deposite alguna apatita.

2.6.2. Desmineralización y remineralización

Silverstone y col. definieron la remineralización en forma muy amplia diciendo que, el proceso de remineralización es cualquier modificación de las estructuras del diente incluyendo dentina y cemento, que ocurre por intermedio de la concentración de minerales en el interior de los tejidos duros dentales previamente desmineralizados. Se ha comprobado que la remineralización está vinculada a un aumento del tamaño de los cristales del esmalte y por consiguiente de la resistencia a las caries.

Tras el contacto con un azúcar, el pH de la placa disminuye, a medida que las bacterias entran en contacto con esta y lo transforman en un ácido. En pocos minutos, el pH de la placa puede disminuir hasta 4 o menos. Mientras la placa permanece en este entorno ácido ocurre un proceso de desmineralización y su fluido se hiposatura respecto a dicho mineral del diente, ocurriendo la disolución del esmalte. Por el contrario, cuando el pH aumenta, la placa se hipersatura respecto de dicho mineral y ello hace que el esmalte capte estos iones en las zonas desmineralizadas.

Durante el proceso de remineralización el flúor difunde al interior del esmalte, primero a través de la sustancia interprismática y desde ella al cristal, a través de la matriz orgánica que lo rodea. Esto fue demostrado por Koulonder y Reed en 1964 quienes descubrieron como el flúor aumento el proceso de remineralización y Silverstone en 1977 detalló cambios en la histología de la lesión. Es importante resaltar que la remineralización se ve favorecida cuando los fluoruros son aplicados a intervalos de alta frecuencia y baja concentración, según la Norma Guatemalteca para las Especificaciones, COGUANOR NGO 30 019.

2.6.3. Formación del fluoruro de calcio

La COGUANOR establece que al utilizar compuestos fluorados en forma de geles, soluciones, barnices o dentífricos dotando al medio bucal una concentración mayor a 100 ppm de fluoruro, se produce una reacción química en la superficie del esmalte. El cristal de apatita se descompone y el fluoruro se combina con los iones de calcio, dando resultado a la formación de fluoruro de calcio.

Los fluoruros de calcio no se disuelven en la saliva con tanta rapidez como en el agua y se mantiene por un período de 2 semanas o más después de una sola aplicación tópica de NaF 2%.

Un descenso del pH de 7 a 5 similar a lo que ocurre en un ataque de caries provoca un aumento de la solubilidad del fluoruro de calcio.

2.7. Fluoruros empleados en los barnices fluorados

Los principales fluoruros empleados en los barnices fluorados a base de resinas naturales son: fluoruro de sodio y Monofluoruro Fosfato de Sodio (MFP).

2.7.1. Fluoruro de Sodio (NaF)

Es el compuesto que más se ha utilizado para los programas de prevención de caries dental.

“El producto comercial suele contener 94-97% de fluoruro de sodio y 1,5-3% de silicio fluoruro sódico. En los preparados de 1 000 ppm de flúor, el fluoruro de sodio constituye el 0,22% del barniz fluorado. En estas formulaciones el fluoruro es altamente ionizable por lo que se vuelve activo tan pronto como se introduce en la boca¹¹”.

2.7.2. Monofluoruro Fosfato de Sodio

En los preparados de MFP el fluoruro se encuentra unido al fosfato en forma covalente, para que el flúor sea activo debe ser liberado por hidrólisis enzimática de la molécula de MFP durante el cepillado por acción de las fosfatasas presente en placa y saliva.

¹¹ PEÑA ORTÍZ, Marta Julia Regina. Determinación potenciométrica de flúor soluble total en los dentífricos de mayor disponibilidad comercial en Guatemala. 100 p.

2.8. Alcohol etílico empleado en los barnices fluorados

Su fórmula química es $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$, principal producto de las bebidas alcohólicas como el vino (un 15% aproximadamente), la cerveza (5%) o licores (hasta un 50%). También conocido como etanol, es un alcohol que se presenta como un líquido incoloro e inflamable con un punto de ebullición de 78 °C. Miscible con agua en cualquier proporción; a la concentración de 95% en peso se forma una mezcla azeotrópica. Características del solvente dadas en la publicación La resina.

2.9. Caracterización fisicoquímica

Dentro de los procesos directos principales de identificación de los componentes de las formulaciones del barniz dental fluorado están:

- Determinación del % del ión fluoruro
- Determinación del % de alcohol etílico
- Determinación del tiempo de secado
- Determinación de la viscosidad
- Determinación de la diferencia color
- Medición de la densidad

2.9.1. Determinación del porcentaje de ión fluoruro por el método del electrodo selectivo de flúor

El electrodo selectivo de fluoruros se emplea ampliamente en la determinación de fluoruros en una gran diversidad de materiales. Se basa en la medida del potencial de una solución que contiene iones fluoruro, cuando se sumerge dentro de ella un electrodo específico para fluoruro y uno de referencia, creándose una corriente eléctrica entre la muestra y la solución interna del electrodo de ión selectivo, cuyo potencial será la medida de la concentración de fluoruro.

Un requisito necesario para su correcta utilización es la necesaria utilización de una disolución amortiguadora de la fuerza iónica total (TISAB) para ajustar todos los estándares y las muestras problemas a prácticamente la misma fuerza iónica; cuando este reactivo se usa, se mide más la concentración de fluoruro que su actividad.

“El pH del amortiguador es alrededor de 5, un nivel al cual el ión F^- es la especie predominante en las especies que contienen flúor. El amortiguador también contiene ácido ciclohexilamino-dinitrilotetraacético. El cual forma quelatos estables con Fe (III) y Al (III), liberando el ión fluoruro de sus complejos con estos cationes¹²”.

¹² Ibíd.

2.9.2. Determinación del porcentaje de alcohol etílico, por medio de cromatografía de gas sólido

La cromatografía gas sólido se basa en la adsorción de sustancias gaseosas sobre superficies sólidas, esta es útil para la separación de especies que no se retienen en columnas de gas líquido, tales como los componentes del aire, sulfuro de hidrógeno, disulfuro de carbono, óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono, dióxido de carbono y los gases nobles.

La cromatografía gas sólido se lleva a cabo tanto en columnas de relleno como en capilares. En estas últimas, se fija en las paredes del capilar una delgada capa de adsorbente; estas columnas a veces se denominan columnas tubulares abiertas de capa porosa o columnas PLOT. Se encuentran dos tipos de adsorbentes: los tamices moleculares y los polímeros porosos.

Los tamices moleculares son intercambiadores de iones de silicato de aluminio, cuyo tamaño de poro depende del tipo de catión presente. Los preparados comerciales de estos materiales están disponibles en tamaños de partícula de 40-60 mesh a 100-120 mesh¹⁶.

Los tamices se clasifican de acuerdo con el diámetro máximo de las moléculas que pueden entrar en los poros. Los tamices moleculares comerciales se encuentran con tamaños de poro de 4, 5, 10 y 13 Angstroms; las moléculas más pequeñas penetran en el interior de las partículas donde tiene lugar la adsorción; para estas moléculas el área superficial disponible es enorme cuando se compara con el área disponible para las moléculas más grandes. Por ello, los tamices moleculares se pueden utilizar para separar las moléculas pequeñas de las grandes.

Por ejemplo, un relleno de 5 Angstroms y 180 cm, a temperatura ambiente separará fácilmente una mezcla de helio, oxígeno, nitrógeno, metano y monóxido de carbono en este orden.

Las bolas de polímeros porosos de tamaño uniforme se fabrican a partir de estireno polimerizado con divinilbenceno. “El tamaño de poro en estas bolas es uniforme y se controla por el grado de polimerización. Los polímeros porosos han encontrado una gran aplicación en la separación de especies polares gaseosas tales como sulfuro de hidrógeno, óxidos de nitrógeno, agua, dióxido de carbono, metanol y cloruro de vinilo¹³”.

2.9.3. Medición del tiempo de secado

El establecimiento del tiempo de secado al tacto se refiere a la determinación de las diferentes etapas y las tasas de formación de la película en el secado de recubrimientos orgánicos utilizados normalmente en condiciones de temperatura ambiente.

Para realizar la prueba, se debe llevar a cabo en una habitación bien ventilada, libre de polvo, con espesores de película adecuada según condiciones de usos reales. Todas las pruebas deben hacerse dentro de un espacio, de por lo menos ½ pulgada (15 mm) del borde del estándar de medición¹⁶.

¹³ Tegascromat, <<http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/8247/3/T3gascromat.doc>>. [Consulta: en junio de 2010].

La iluminación de las películas durante el período de prueba completa de secado debe ser de 25 bujías-pie (260 lx). Nunca deben realizarse las pruebas a luz solar directa u otras fuentes altas de energía radiante o visible.

Tabla II. **Espesor recomendado de película de diferentes materiales para realizar los ensayos**

Material	Espesor de la película de secado
Aceites	1,25 ± 0,25 mm (32 ± 6 µm)
Barnices	1 ± 0,1 mm (25 ± 2 µm)
Lacas	0,5 ± 0,1 mm (12,5 ± 2 µm)
Soluciones de resina	0,5 ± 0,1 mm (12,5 ± 2 µm)
Esmaltes	1,5 ± 0,25 mm (36,5 ± 6 µm)
Pintura de aceite	1,8 ± 0,2 mm (45 ± 2.5 µm)
Pintura de agua	1 ± 0,1 mm (25 ± 2 µm)

Fuente: elaboración propia.

2.9.4. Medición de la viscosidad

La viscosidad es aquella propiedad que tiene un fluido la cual ofrece resistencia al fluir. En un líquido la viscosidad disminuye si aumenta la temperatura. Es importante aclarar que la norma *ASTM* titulada *Drying, Curing, or Film Formation of Organic Coating at Room Temperature*, refiere a que la viscosidad es independiente de la presión y que además esa resistencia para fluir depende de la cohesión y la rapidez de transferencia de la cantidad de movimiento molecular.

Los fluidos según su reología se clasifican en newtonianos y no newtonianos, los primeros son fluidos cuya viscosidad puede considerarse constante en el tiempo y se comportan según la ley de Newton. Un buen número de fluidos comunes se comportan como fluidos newtonianos bajo condiciones normales de presión y temperatura: el aire, el agua, la gasolina, el vino y algunos aceites minerales.

Los fluidos no newtonianos son aquellos cuya viscosidad varía con la temperatura y la tensión cortante que se le aplica. Como resultado, un fluido no newtoniano no tiene un valor de viscosidad definido y constante, a diferencia de un fluido newtoniano. Un ejemplo familiar de un fluido de este tipo es la pintura. Se desea que fluya fácilmente cuando se aplica con el pincel y se le aplica una presión, pero una vez depositada sobre el lienzo se desea que no gotee.

La viscosidad puede ser absoluta y cinemática, la primera representa la viscosidad dinámica del líquido y es medida por el tiempo en que tarda en fluir a través de un tubo capilar a una determinada temperatura. Sus unidades son el poise o centipoise (g/s cm), siendo muy utilizada con fines prácticos.

Y la segunda representa la característica propia del líquido desechando las fuerzas que generan su movimiento, obteniéndose a través del cociente entre la viscosidad absoluta y la densidad del producto en cuestión. Su unidad es el stoke o centistoke (cm^2/s).

2.9.4.1. Viscosímetro Universal de Saybolt

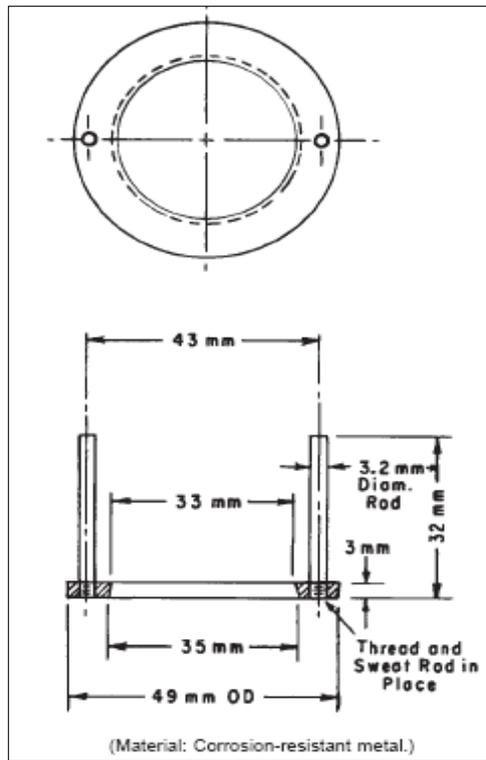
El viscosímetro Universal de Saybolt, consiste en la medición del flujo de salida de 60 mL de un fluido tomada en segundos, este fluye a través de un orificio calibrado conocido como Furol en condiciones específicas. El valor de la viscosidad reportada por el instrumento es en segundos universales SUS, en una temperatura específica.

El tiempo de flujo en segundos que tarda en fluir 60 mL de la muestra, a través de un orificio calibrado, se mide con cuidado y en condiciones controladas. Este método es útil en la caracterización de ciertos productos derivados del petróleo. Referido por la norma *ASTM Standard Test Method for Saybolt furol viscosity of bituminous materials at high temperatures*.

El aparato, consta de un calentador externo que se puede dejar de utilizar, pero si se usa, este será 51 mm más (2 pulgadas) del viscosímetro. El viscosímetro posee forma de cilindro, construido totalmente de metal resistente a la corrosión. Posee una cubierta de metal, con una parte superior plana de aproximadamente 57 mm ($2\frac{1}{4}$ de pulgada) de diámetro y 7 mm ($\frac{1}{4}$ de pulgada) de profundidad, medidas estándar de la norma.

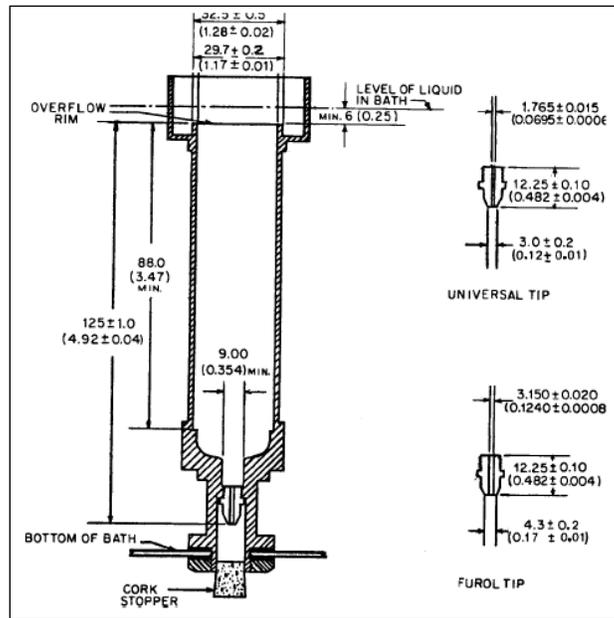
Un agujero ligeramente más grande que el diámetro de un termómetro de viscosidad situado en el centro de la tapa y dos más pequeñas para permitir la vertical barras del anillo de desplazamiento para pasar a través de la cubierta.

Figura 4. Orificio Furol del viscosímetro Universal de Saybolt



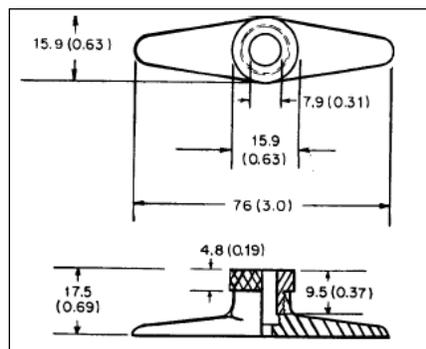
Fuente: *ASTM*. Standard Test Method for Saybolt furol viscosity of bituminous materials at high temperatures. p. 143.

Figura 5. **Viscosímetro Universal de Saybolt**



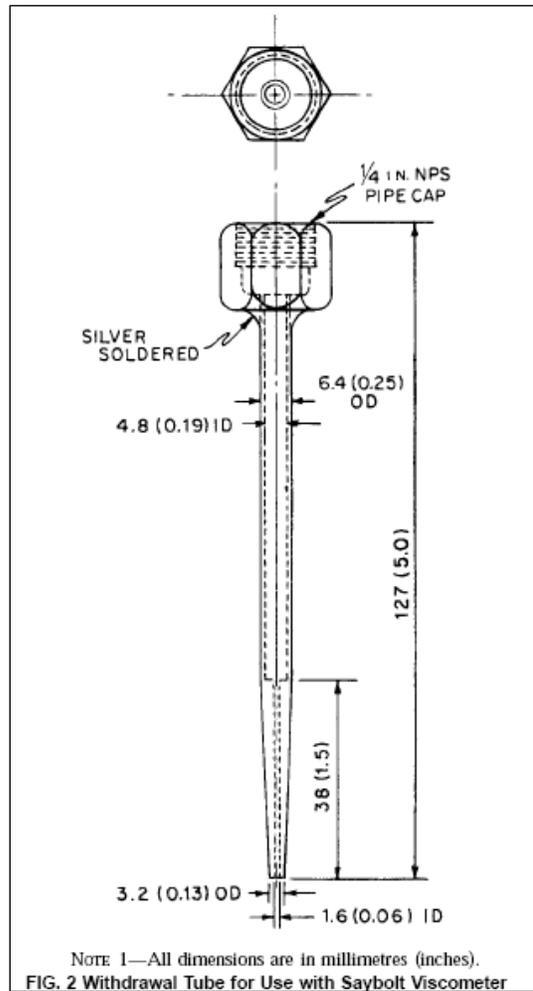
Fuente: ASTM. Method for Conversion of Kinematic viscosity to Saybolt Universal or to Saybolt Furol Viscosity. p. 44.

Figura 6. **Medidas del soporte del termómetro, del viscosímetro Universal de Saybolt**



Fuente: ASTM. Method for Conversion of Kinematic viscosity to Saybolt Universal or to Saybolt Furol Viscosity. p. 44.

Figura 7. Retirada del tubo para el uso del viscosímetro Saybolt Universal



Fuente: ASTM. Method for Conversion of Kinematic viscosity to Saybolt Universal or to Saybolt Furol Viscosity. p. 45.

2.9.5. Medición del color

Las propiedades para definir un color son:

- Matiz o tono: es la propiedad que permite diferenciar un color de otro y clasificarlo como rojo, amarillo o azul. Es el estado puro del color, sin el blanco o negro agregados. “Está asociado con la longitud de onda dominante en la mezcla de las ondas luminosas. Los 3 colores primarios representan los 3 matices primarios y mezclando estos se puedan obtener los demás matices o colores¹⁴”.
- Saturación: esta propiedad representa la pureza o intensidad de un color particular. Los colores puros del espectro están completamente saturados.
- Luminosidad o brillo: describe qué tan claro u oscuro parece un color refiriéndose a la cantidad de luz percibida. El brillo representa lo claro u oscuro que es un color respecto a su color patrón.

2.9.5.1. El espacio de color L*C*h*

“El espacio de color L*C*h* es un sistema de medición de color que combina el sistema de coordenadas rectangulares L*a*b* (sistema CIELAB) con las coordenadas polares C* y h*. Los tres ejes del sistema CIELAB se indican con los parámetros L*, a* y b*¹⁵”.

¹⁴ ARRECHEA ALVARADO, Marlene Susana. Evaluación de tres absorbentes para la reducción del porcentaje de sólidos totales en la recuperación de la mezcla de acetato de Etilo/alcohol etílico, en el proceso de limpieza de equipo, en la Industria Gráfica. 166 p.

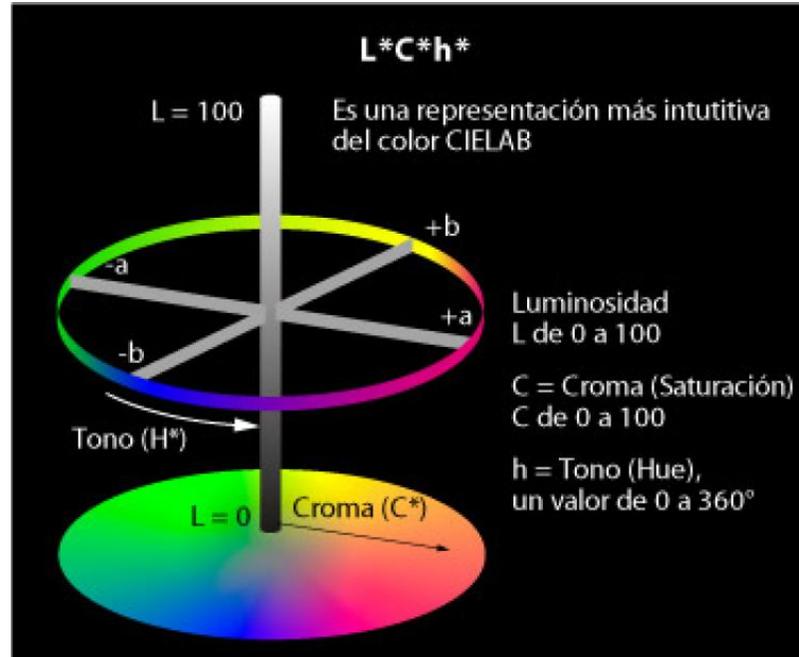
¹⁵ Ibíd.

La luminosidad se representa con L^* , la tonalidad de rojo a verde con a^* y la tonalidad de amarillo a azul con b^* . La luminosidad (L^*) varía de 0 (negro) a 100 (blanco). El eje a^* varía de -120 (verde) a $+120$ (rojo). El eje b^* varía de -120 (azul) a $+120$ (amarillo). Los valores de C^* y h^* corresponden al croma y al tono o matiz, respectivamente. El valor de h^* es el ángulo del tono y se expresa en grados sexagesimales. Las ecuaciones que calculan a C^* y h^* son:

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (\text{Ecuación 1})$$

$$h^* = \tan^{-1} \left(\frac{b^*}{a^*} \right) \quad (\text{Ecuación 2})$$

Figura 8. **El espacio de color $L^*C^*h^*$**



Fuente: <<http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/8247/3/T3gascromat.doc>>. [Consulta: en noviembre de 2009].

2.9.5.2. Modelo CIE $L^*a^*b^*$ (1976)

El sistema colorimétrico XYZ permite representar colores según su cromatismo (ejes x y y) y su luminancia (eje Y). La gama de un dispositivo de visualización por lo general se representa al trazar en el diagrama cromático un polígono que contenga todos los colores que el dispositivo sea capaz de producir. Sin embargo, este tipo de representación es puramente matemática y no tiene en cuenta factores fisiológicos, es decir, la percepción que tiene el ojo humano del color, da como resultado un diagrama de cromatismo que deja demasiado espacio para la gama de los verdes. Es decir, el sistema XYZ y los diagramas de cromaticidad asociados no son perceptualmente uniformes. Este problema dificulta el cálculo de las diferencias entre dos estímulos de color.

La necesidad de un espacio de color uniforme condujo a la transformación de una serie de transformaciones no lineales del espacio CIE XYZ 1931 que concluyeron en la especificación concreta de una de estas transformaciones en lo que se conoce como espacio de color CIE 1976 ($L^*a^*b^*$).

En 1960, la CIE desarrolló el modelo Luv. Finalmente, en 1976, para superar los problemas del modelo XYZ , la CIE desarrolló el modelo colorimétrico Lab (también llamado $CIELab$). El espacio $CIELab$ permite especificar estímulos de color en un espacio tridimensional.

Los ejes de coordenadas son a y b , representan variación entre rojizo verdoso y amarillento-azulado, respectivamente con valores que van del -120 al +120. En a los valores negativos representan el verde y los positivos el rojo, en b los negativos representan el azul y los positivos el amarillo.

Aquellos casos donde $a=b=0$, son acromáticos; por eso el eje L representa la escala acromática de grises que va de blanco al negro²⁰. Las proporciones de Lab se obtienen de los valores de tres estímulos de acuerdo con las siguientes transformaciones:

$$L^* = 116 \left(\frac{Y}{Y_n} \right)^{1/2} - 16 \quad (\text{Ecuación 3})$$

$$a^* = 500 \left[\left(\frac{X}{X_n} \right)^{1/2} - \left(\frac{Y}{Y_n} \right)^{1/2} \right] \quad (\text{Ecuación 4})$$

$$b^* = 200 \left[\left(\frac{Y}{Y_n} \right)^{1/2} - \left(\frac{Z}{Z_n} \right)^{1/2} \right] \quad (\text{Ecuación 5})$$

“Donde X_n , Y_n , y Z_n son los respectivos valores de X , Y y Z con el iluminante que se haya usado para obtener los valores X , Y y Z de la muestra; y los cocientes de X/X_n , Y/Y_n y Z/Z_n son todos superiores a 0,008856¹⁶” (cuando alguno de ellos es menor a esa cifra, se usa un conjunto de ecuaciones levemente distinto).

¹⁶ ARRECHEA ALVARADO, Marlene Susana. Evaluación de tres absorbentes para la reducción del porcentaje de sólidos totales en la recuperación de la mezcla de acetato de Etilo/alcohol etílico, en el proceso de limpieza de equipo, en la Industria Gráfica. 166 p.

Por lo tanto, el modelo *Lab* abarca todo el espectro de visión del ojo humano y lo representa de manera uniforme. Esto hace posible medir todos los colores visibles independientemente de cualquier tecnología gráfica.

Incluye todos los colores *RGB* (rojo, verde, azul) y *CMKY* (cian, magenta, amarillo, negro) y por ello que este modelo es muy utilizado en la industria para la medición de color. Los modelos CIE no son intuitivos, sin embargo, su utilización garantiza que sea posible medir un color creado por estos modelos de la misma manera.

2.9.5.3. Diferencia entre dos colores

La diferencia entre dos colores se calcula con la siguiente ecuación:

$$\nabla E^* = \sqrt{(\nabla L^*)^2 + (\nabla a^*)^2 + (\nabla b^*)^2} \quad (\text{Ecuación 6})$$

El nivel de diferencia entre dos colores se establece con el siguiente criterio:

Tabla III. Nivel de diferencia entre dos colores

ΔE^*	Nivel de diferencia
< 1	Imperceptible
< 2	Mínima
< 3	Aceptable
< 5	Casi inaceptable
≥ 5	Inaceptable

Fuente: <<http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/8247/3/T3gascromat.doc>>. [Consulta: en noviembre de 2010].

2.9.6. Medición de la densidad

La densidad es una medida utilizada por la física y la química para determinar la cantidad de masa contenida en un determinado volumen. Se calcula con la siguiente fórmula:

$$\rho = \frac{\text{Masa}}{\text{volumen}} \quad (\text{Ecuación 7})$$

La fórmula de la densidad, masa/volumen, se puede aplicar para cualquier sustancia, no obstante esta debe ser homogénea. Pues en sustancias heterogéneas la densidad va a ser distinta en diferentes partes.

La densidad de una sustancia puede variar si se cambia la presión o la temperatura. En el caso de que la presión aumente, la densidad del material también lo hace; por el contrario, en el caso de que la temperatura aumente, la densidad baja. Sin embargo, para ambas variaciones, presión y temperatura, existen excepciones, por ejemplo, para sólidos y líquidos el efecto de la temperatura y la presión no es importante, a diferencia de los gases que se ven fuertemente afectados.

3. METODOLOGÍA

3.1. VARIABLES

Tabla IV. Definición operacional de las variables, para la formulación barniz dental fluorado y su caracterización química

No.	Variable	Fórmula química	Factor potencial de diseño		Factores perturbadores	
			Constante	Variable	Controlables	No controlables
Análisis de la formulación del barniz dental fluorado						
1	Fluoruro de sodio	NaF		X	X	
2	Alcohol etílico	CH ₃ CH ₂ OH		X	X	
3	Colofonia	----		X	X	
4	Volumen total	----	X		X	

Fuente: elaboración propia.

Tabla V. **Definición operacional de las variables, para la formulación de barniz dental fluorado y su caracterización química**

No.	Variable	Fórmula química	Factor potencial de diseño		Factores perturbadores	
			Constante	Variable	Controlables	No controlables
Análisis de la caracterización química						
5	Determinar ion fluoruro	(%) F		X		X
6	Determinar alcohol etílico	(%) CH ₃ CH ₂ OH		X		X
7	Determinar el tiempo de secado			X		X
8	Determinar color			X		X
9	Determinar densidad	ρ		X		X
10	Determinar la viscosidad	μ		X		X

Fuente: elaboración propia.

3.1.1. Variables independientes

Composición de la formulación del barniz dental fluorado, con la mezcla fluoruro de sodio - alcohol etílico - colofonia.

Tabla VI. **Formulación del barniz dental fluorado tomando como base 50 mL**

Formulación	NaF (%)	C₂H₅OH (%)	Colofonia (%)
1	4,5	25	70,5
2	5,0	25	70,0
3	5,5	25	69,5
4	4,5	28	67,5
5	5,0	28	67,0
6	5,5	28	66,5
7	4,5	30	65,5
8	5,0	30	65,0
9	5,5	30	64,5

Fuente: elaboración propia.

3.1.2. Variables dependientes

- **Tiempo de secado** Se midió el tiempo de secado con el método de establecimiento del tiempo de secado al tacto de las nueve formulaciones con 4 observaciones (mezcla de fluoruro de sodio - alcohol etílico - agua).
- **Color** Se midió el color por medio del espectrofotómetro de las nueve formulaciones con 4 observaciones (mezcla de fluoruro de sodio - alcohol etílico - agua).
- **Porcentaje de flúor** Se midió el % de flúor por medio del electrodo selectivo de flúor, para conocer el valor real presente en las nueve formulaciones con 4 observaciones (mezcla de fluoruro de sodio - alcohol etílico - agua).
- **Densidad** Se midió la densidad por medio de una probeta de 25 mL, de las nueve formulaciones con 4 observaciones (mezcla de fluoruro de sodio - alcohol etílico - agua).
- **Viscosidad** Se midió la viscosidad por medio del viscosímetro de Saybolt, de las nueve formulaciones con 4 observaciones (mezcla de fluoruro de sodio - alcohol etílico - agua).

- Porcentaje de alcohol etílico Se midió el % de alcohol etílico por medio de la cromatografía de gas-sólido, para conocer el valor real presente en las nueve formulaciones con 4 observaciones (mezcla de fluoruro de sodio - alcohol etílico - agua).

3.2. Delimitación del campo de estudio

- Industria: odontológica médica
- Proceso: formulación del barniz dental fluorado
- Etapa del proceso: caracterización química, mediante el establecimiento del tiempo de secado al tacto, medición del color por medio del espectrofotómetro, medición de ión flúor por el electrodo selectivo de flúor, medición de la viscosidad y determinación del contenido de etanol por cromatografía de gas sólido.
- Ubicación: en el municipio de Granados del departamento de Baja Verapaz, Guatemala, se obtuvo la materia prima. La formulación del barniz dental fluorado, la determinación de la densidad, viscosidad y tiempo de secado se llevó a cabo en el Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales (LIEXVE), del Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad de San Carlos de Guatemala. La determinación de flúor se realizó en el laboratorio de Investigación de Química Ambiental (LIQA), del departamento de análisis inorgánico de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Así mismo, la determinación del porcentaje de alcohol etílico se realizó en la Unidad de Análisis Instrumental (UAI) de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, de la Universidad de San Carlos de Guatemala y la determinación del color se realizó en el Laboratorio de Calidad Siegwerk Centroamérica S.A.

3.3. Recursos humanos disponibles

- Persona que realiza el estudio: Geraldina Elizabeth García Quiroa
- Asesora: Ingeniera Química Telma Maricela Cano Morales. (Colegiada No. 433)
- Coasesor: Ingeniero Químico Mario José Mérida Meré (Colegiado No. 1411)

3.4. Recursos materiales disponibles

Son todos los recursos que se utilizaron para elaborar y caracterizar químicamente las formulaciones del barniz dental fluorado.

3.4.1. Materia prima y reactivos

- Colofonia obtenida de resina de pino de ocote (*Pinus oocarpa Schiede ex Schltdl*).
- Fluoruro de sodio
- Alcohol etílico al 96%
- Benceno
- Agua desmineralizada
- TISAB II

3.4.2. Cristalería

- Recipientes para guardar materia prima fresca
- Recipientes para guardar materia exhausta
- Frascos de vidrio para guardar materia prima fresca de 250 mL
- Recipientes plásticos para guardar materia exhausta de 5 L
- Probetas de 50 y 100 mL
- Balones de 100 mL
- Beackers de 25 y 100 mL
- Varillas de agitación
- Espátula
- Pizeta
- Termómetro
- Agitadores magnéticos
- Ampolla de decantación

3.4.3. Equipos

- Balanza semianalítica
Marca: Adventur
Serie: G1231202040133
Voltaje 8-14,5V, frecuencia 50/60 Hz
Máxima Capacidad 150 g, Lectura mínima 0,001 g
Hecha en U.S.A.

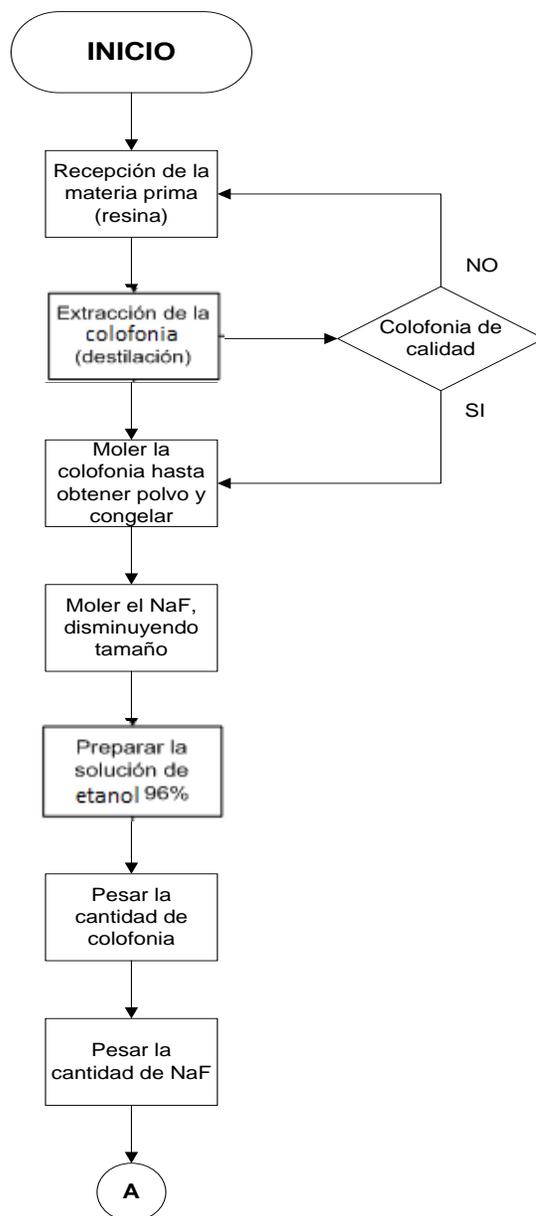
- Plancha de calentamiento con agitación
Marca: Corning
Modelo serie: PC-620, 120V/100V
Frecuencia 60 Hz; Potencia 1 113 Watts
Rango: temperatura: 0 – 4 800 °C, Agitación: 0 – 1 100 rpm
- Campana de extracción
Marca: Serproma
Voltaje de 110 V; Potencia 900 Watts
Capacidad del motor: $\frac{3}{4}$ Hp
- Horno secador al vacío VWR International
Marca: Sheldon Manufacturing, Inc.
Modelo: 1 415 M
Número de serie: 1201101
Temperatura: 5 °C sobre la temperatura ambiente hasta 325 °C
Tensión: 120 V
Frecuencia: 60 Hz
Corriente: 4 A
- Electrodo selectivo de ion fluoruro
Marca: Orión de estado sólido

- Espectrofotómetro
Marca: Gretag Macbeth
Modelo: Spectro Eye
Dimensiones: longitud 24,5 cm, profundidad 8,3 cm, alto 8 cm,
peso 990 g
Software: color quality basic V.5.0
- Viscosímetro Saybolt Universal
Marca: Saybolt Universal
Dimensiones: Diámetro 5,2''
- Cromatógrafo de gases
Marca: Agilent Technologies
Serie: 6 850

3.5. Técnica cualitativa

La técnica cualitativa es una explicación secuencial y ordenada del proceso de elaboración de las formulaciones del barniz fluorado.

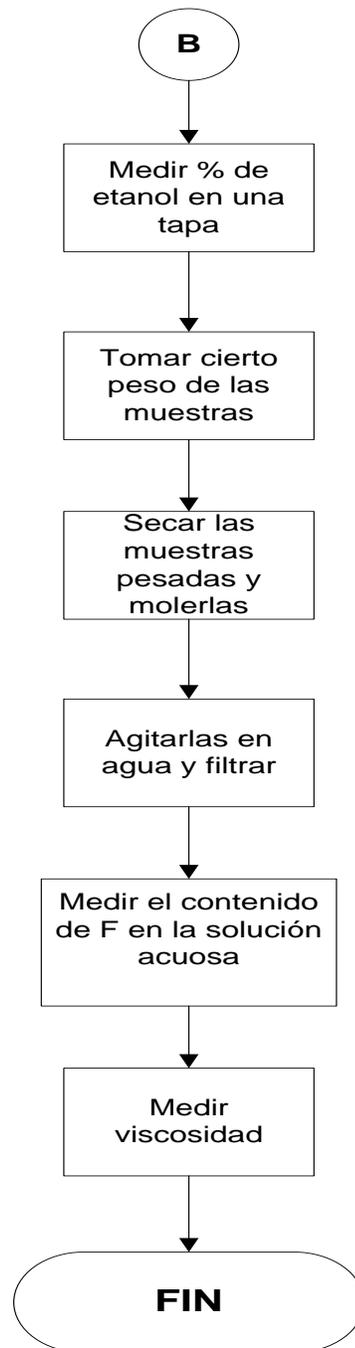
Figura 9. **Diseño general**



Continuación de la figura 9.



Continuación de la figura 9.



Fuente: elaboración propia.

3.6. Recolección y ordenamiento de la información

La colofonia que se utilizó, se obtuvo del proceso de destilación de una mezcla de agua – aguarrás –Resina; 20% - 5,71% - 74,29% respectivamente.

La elaboración del barniz dental fluorado se trabajó con tres distintas concentraciones de fluoruro de sodio y tres distintas proporciones de alcohol etílico en el barniz dental fluorado. Se utilizó como vehículo la colofonia, con tamaño de cada muestra de 50 mL. Realizándose así 9 formulaciones con 4 observaciones cada una, haciendo un total de 36 tratamientos.

Tabla VII. **Diseño experimental de las formulaciones de barniz fluorado para el análisis químico**

No. de formulación	(%) Fluoruro de sodio	(%) Alcohol etílico	(%) Colofonia
1	4,5	25	70,5
2	5,0	25	70,0
3	5,5	25	69,5
4	4,5	28	67,5
5	5,0	28	67,0
6	5,5	28	66,5
7	4,5	30	65,5
8	5,0	30	65,0
9	5,5	30	64,5

Fuente: elaboración propia.

3.6.1. Datos originales

Los datos originales se obtuvieron durante la elaboración experimental y caracterización química, del barniz dental fluorado a base de colofonia.

3.6.1.1. Datos para la determinación del tiempo de secado

La determinación del tiempo de secado del barniz fluorado, se realizó comparando las mediciones de espesor y el tiempo transcurrido al secar la muestra sobre una tablilla de vidrio a una temperatura de 37 °C y los datos obtenidos se encuentran en las siguientes tablas.

Tabla VIII. **Espesor de la tablilla de vidrio y el barniz fluorado de la repetición uno**

Formulación	Espesor tablilla (mm)	Barniz fluorado		
		Espesor 1 (mm)	Espesor 2 (mm)	Espesor 3 (mm)
1	169,58	170,12	170,03	169,94
2		169,98	169,84	169,70
3		169,80	169,78	169,92
4		169,88	169,88	169,82
5		169,67	169,80	169,79
6		169,88	169,82	169,85
7		169,84	169,60	169,70
8		169,77	169,65	169,68
9		169,69	169,78	169,82

Fuente: elaboración propia, basado en datos experimentales.

Tabla IX. **Espesor de la tablilla de vidrio y el barniz fluorado de la repetición dos**

Formulación	Espesor tablilla (mm)	Barniz fluorado		
		Espesor 1 (mm)	Espesor 2 (mm)	Espesor 3 (mm)
1	169,58	170,09	169,98	170,12
2		169,85	170,01	169,91
3		170,47	169,67	169,78
4		169,78	169,89	169,98
5		169,82	169,87	169,77
6		169,73	169,87	170,01
7		169,87	169,86	169,76
8		170,01	169,75	169,72
9		169,82	169,85	169,78

Fuente: elaboración propia, basado en datos experimentales.

Tabla X. **Espesor de la tablilla de vidrio y el barniz fluorado de la repetición tres**

Formulación	Espesor tablilla (mm)	Barniz fluorado		
		Espesor 1 (mm)	Espesor 2 (mm)	Espesor 3 (mm)
1	169,58	170,50	169,95	170,10
2		169,78	169,84	169,78
3		169,94	169,88	169,95
4		170,01	170,00	169,97
5		169,87	169,99	169,96
6		170,06	169,88	170,02
7		169,67	169,71	169,90
8		169,71	169,79	169,88
9		169,81	169,82	169,83

Fuente: elaboración propia, basado en datos experimentales.

Tabla XI. **Espesor de la tablilla de vidrio y el barniz fluorado de la repetición cuatro**

Formulación	Espesor tablilla (mm)	Barniz fluorado		
		Espesor 1 (mm)	Espesor 2 (mm)	Espesor 3 (mm)
1	169,58	170,48	169,96	169,97
2		169,96	169,87	169,87
3		169,85	169,95	170,10
4		169,95	169,91	170,01
5		169,98	169,87	169,85
6		169,87	169,91	169,69
7		169,78	169,93	169,90
8		169,94	169,79	169,80
9		170,30	169,98	169,63

Fuente: elaboración propia, basado en datos experimentales.

Tabla XII. **Tiempo de secado de las formulaciones de barniz fluorado, de las cuatro repeticiones**

Repeticiones	Formulación	% etanol	Tiempo (min)
1	1	25	48
	2		48
	3		51
	4	28	54
	5		54
	6		60
	7	30	51
	8		51
	9		57
2	1	25	48
	2		51
	3		54
	4	28	54
	5		54
	6		60
	7	30	54
	8		60
	9		60
3	1	25	51
	2		48
	3		54
	4	28	57
	5		57
	6		60
	7	30	51
	8		57
	9		60
4	1	25	51
	2		51
	3		54
	4	28	54
	5		57
	6		57
	7	30	54
	8		57
	9		63

Fuente: elaboración propia, basado en datos experimentales.

3.6.1.2. Datos para la determinación de la diferencia de color

El color de las formulaciones del barniz fluorado, se midió con el espectrofotómetro sobre una superficie blanca de teflón y los datos obtenidos se encuentran en las siguientes tablas.

Tabla XIII. **Medición del color de las formulaciones de barniz fluorado, sobre las placas blancas, repetición uno**

Formulación	% de colofonia	L*	a*	b*	C*	h*
1	70,5	75,48	-3,53	30,61	30,81	96,57
2	70,0	86,49	-4,94	16,01	16,76	107,15
3	69,5	85,67	-4,71	14,71	15,45	107,77
4	67,5	85,53	-5,07	16,19	16,97	107,38
5	67,0	87,52	-5,51	14,54	15,55	110,74
6	66,5	84,72	-4,71	14,90	15,63	107,54
7	65,5	93,00	-5,09	6,03	7,90	130,71
8	65,0	84,99	-4,67	19,91	20,45	103,21
9	64,5	80,96	-4,89	22,52	23,04	102,25

Fuente: elaboración propia, basado en datos experimentales.

Tabla XIV. **Medición del color de las formulaciones de barniz fluorado, sobre las placas blancas, repetición dos**

Formulación	% de colofonia	L*	a*	b*	C*	h*
1	70,5	86,53	-5,07	16,19	16,97	107,38
2	70,0	83,61	-4,68	20,23	20,77	103,02
3	69,5	86,00	-5,03	16,26	17,02	107,18
4	67,5	85,90	-5,23	15,41	16,27	108,75
5	67,0	90,39	-5,01	9,71	10,92	117,32
6	66,5	88,50	-5,22	13,21	14,20	111,57
7	65,5	96,30	-4,84	5,73	7,50	130,18
8	65,0	91,62	-4,84	6,23	7,92	128,12
9	64,5	82,17	-4,08	24,85	25,18	99,33

Fuente: elaboración propia, basado en datos experimentales.

Tabla XV. **Medición del color de las formulaciones de barniz fluorado, sobre las placas blancas, repetición tres**

Formulación	%de colofonia	L*	a*	b*	C*	h*
1	70,5	85,63	-5,27	21,65	22,28	103,68
2	70,0	83,70	-4,88	22,24	22,77	102,27
3	69,5	85,81	-5,05	16,85	17,06	106,69
4	67,5	79,37	-3,60	29,42	29,64	96,98
5	67,0	84,79	-5,06	19,42	20,07	104,61
6	66,5	85,85	-5,20	17,37	18,13	106,66
7	65,5	84,39	-4,57	17,05	17,65	105,00
8	65,0	85,51	-4,28	16,37	16,92	104,66
9	64,5	89,57	-5,03	10,09	11,28	116,50

Fuente: elaboración propia, basado en datos experimentales.

Tabla XVI. **Medición del color de las formulaciones de barniz fluorado, sobre las placas blancas, repetición cuatro**

Formulación	% de colofonia	L*	a*	b*	C*	h*
1	70,5	75,48	-3,53	30,61	30,81	96,57
2	70,0	85,96	-4,89	11,50	12,50	113,01
3	69,5	91,06	-4,92	5,16	7,13	133,64
4	67,5	91,40	-4,42	3,22	5,47	143,91
5	67,0	86,61	-4,38	8,72	9,75	116,66
6	66,5	88,90	-4,32	6,49	7,79	123,69
7	65,5	87,49	-4,53	7,64	8,88	120,68
8	65,0	85,62	-4,50	12,44	13,23	109,91
9	64,5	88,85	-4,86	8,09	9,44	121,00

Fuente: elaboración propia, basado en datos experimentales.

3.6.1.3. Datos para la determinación del porcentaje de fluoruro

El porcentaje de fluoruro en las formulaciones del barniz fluorado se midió con el electrodo selectivo de flúor a partir de una solución acuosa y los datos obtenidos se encuentran en las siguientes tablas.

Tabla XVII. **Medición del ión fluoruro en una solución acuosa, del barniz fluorado, repetición uno**

Formulación	% NaF	% F ⁻ agregado a la formulación	Fluoruro libre (F ⁻) (mg F/L)
1	4,5	2,25	763
2	5,0	2,50	1 051
3	5,5	2,75	1 461
4	4,5	2,25	1 386
5	5,0	2,50	859
6	5,5	2,75	888
7	4,5	2,25	634
8	5,0	2,50	1 048
9	5,5	2,75	1 186

Fuente: elaboración propia, basado en datos experimentales.

Tabla XVIII. **Medición del ión fluoruro en una solución acuosa, del barniz fluorado, repetición dos**

Formulación	% NaF	% F⁻ agregado a la formulación	Fluoruro libre (F⁻) (mg F/L)
1	4,5	2,25	1 826
2	5,0	2,50	739
3	5,5	2,75	1 135
4	4,5	2,25	1 199
5	5,0	2,50	1 060
6	5,5	2,75	1 161
7	4,5	2,25	1 153
8	5,0	2,50	1 048
9	5,5	2,75	684

Fuente: elaboración propia, basado en datos experimentales.

Tabla XIX. **Medición del ión fluoruro en una solución acuosa, del barniz fluorado, repetición tres**

Formulación	% NaF	% F⁻ agregado a la formulación	Fluoruro libre (F⁻) (mg F/L)
1	4,5	2,25	1 005
2	5,0	2,50	1 164
3	5,5	2,75	1 029
4	4,5	2,25	1 031
5	5,0	2,50	1 589
6	5,5	2,75	1 150
7	4,5	2,25	789
8	5,0	2,50	623
9	5,5	2,75	1 046

Fuente: elaboración propia, basado en datos experimentales.

Tabla XX. **Medición del ión fluoruro en una solución acuosa, del barniz fluorado, repetición cuatro**

Formulación	% NaF	% F⁻ agregado a la formulación	Fluoruro libre (F⁻) (mg F/L)
1	4,5	2,25	763
2	5,0	2,50	1 051
3	5,5	2,75	1 289
4	4,5	2,25	886
5	5,0	2,50	1 175
6	5,5	2,75	671
7	4,5	2,25	666
8	5,0	2,50	1 455
9	5,5	2,75	838

Fuente: elaboración propia, basado en datos experimentales.

3.6.1.4. Datos para la determinación de la densidad

La densidad de las formulaciones del barniz fluorado se midió con la ayuda de una probeta y los datos obtenidos se encuentran en las siguientes tablas.

Tabla XXI. **Mediciones de la masa y volumen, de las repeticiones uno y dos**

Número de formulaciones	Repetición 1		Repetición 2	
	masa (g)	volumen (cm ³)	masa (g)	volumen (cm ³)
1	5,0891	5	5,0472	5
2	4,7153	5	4,9385	5
3	4,4774	5	5,0901	5
4	4,8560	5	4,8695	5
5	4,8394	5	4,8435	5
6	5,2486	5	4,9876	5
7	4,6482	5	4,5988	5
8	4,6629	5	4,8146	5
9	5,0679	5	4,8949	5

Fuente: elaboración propia, basado en datos experimentales.

Tabla XXII. **Mediciones de la masa y volumen, de las repeticiones tres y cuatro**

Número de formulaciones	Repetición 3		Repetición 4	
	masa (g)	volumen (cm ³)	masa (g)	volumen (cm ³)
1	5,0433	5	4,8511	5
2	4,9910	5	4,8865	5
3	4,8905	5	5,0232	5
4	4,8568	5	4,9273	5
5	4,8174	5	4,7428	5
6	4,8876	5	5,1176	5
7	4,7967	5	4,9158	5
8	4,8162	5	4,8927	5
9	4,9824	5	4,9689	5

Fuente: elaboración propia, basado en datos experimentales.

3.6.1.5. Datos para la determinación de la viscosidad

La determinación de la viscosidad de las formulaciones del barniz fluorado, se realizó para medir la fluidez del mismo y los datos obtenidos se encuentran en la siguiente tabla

Tabla XXIII. **Medición del tiempo de flujo en segundos universales, de las diferentes formulaciones del barniz fluorado**

Formulación	% etanol	Tiempo reportado (SUS)
1	25	5 165,22
2		4 192,29
3		3 922,05
4	28	2 695,06
5		2 437,16
6		2 363,08
7	30	1 613,37
8		1 547,87
9		1 262,51

Fuente: elaboración propia, basado en datos experimentales.

3.6.1.6. Datos para la determinación del porcentaje de alcohol etílico

El contenido de alcohol etílico de las formulaciones del barniz fluorado se realizó por medio de un cromatógrafo y los datos obtenidos se encuentran en las siguientes tablas.

Tabla XXIV. **Masa tomada de la formulación del barniz fluorado y área bajo la curva, de las repeticiones uno y dos**

Número de formulaciones	% etanol	Repetición 1		Repetición 2	
		Área	Masa (g)	Área	Masa (g)
1	25	802,49	0,0243	2 298,10	0,0480
2		3 089,35	0,0526	2 299,19	0,0525
3		5 083,29	0,0514	2 705,80	0,0505
4	28	3 407,62	0,0442	2 452,73	0,0501
5		2 780,44	0,0443	1 484,37	0,0554
6		2 876,13	0,0500	1 455,46	0,0406
7	30	1 655,88	0,0411	3 855,19	0,0687
8		1 713,79	0,0434	6 039,08	0,0720
9		2 161,12	0,0561	1 702,27	0,0525

Fuente: elaboración propia, basado en datos experimentales.

Tabla XXV. **Masa tomada de la formulación del barniz fluorado y área bajo la curva, de las repeticiones tres y cuatro**

Número de formulaciones	% etanol	Repetición 3		Repetición 4	
		Área	Masa (g)	Área	Masa (g)
1	25	5 016,26	0,0730	3 001,30	0,0819
2		3 082,16	0,0825	4 138,98	0,0711
3		2 067,15	0,0497	1 544,32	0,0655
4	28	5 861,44	0,0794	3 560,35	0,0657
5		3 011,48	0,0569	1 824,79	0,0645
6		1 916,27	0,0810	3 674,09	0,0630
7	30	1 874,75	0,0508	1 976,36	0,0560
8		1 899,05	0,0725	5 497,80	0,0929
9		3 320,46	0,0705	1 819,23	0,0615

Fuente: elaboración propia, basado en datos experimentales.

3.6.1.7. Datos del patrón comparativo

El patrón comparativo se analizó bajo las mismas condiciones que las formulaciones elaboradas del barniz fluorado.

Tabla XXVI. **Datos del patrón comparativo, con fecha de fabricación/lote 11/07/2002, y de vencimiento /10/2011**

	Testigo	Elaboración del experimento	Descripción
Densidad ρ (g/cm³)	0,9555	Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales (LIEXVE)	Elaborada a la muestra testigo, no se tiene evidencia en la ficha técnica.
% etanol	25,32	Unidad de Análisis Instrumental (UAI)	Elaborada a la muestra testigo, se tiene evidencia en la ficha técnica 26% de etanol.
% flúor	2,26	Ficha técnica	Elaborada a la muestra testigo, se tiene evidencia en la ficha técnica.
Viscosidad cP	600 000	Ficha técnica Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales (LIEXVE)	Ficha técnica Elaborada a la muestra testigo, no se tiene evidencia en la ficha técnica.
Tiempo de secado	Tiempo= 30 min		
	Espesor= 0.10 mm		
Color	Luminosidad L= 90,1	Laboratorio de Calidad Siegwark Centroamérica S.A.	Elaborada a la muestra testigo, no se tiene evidencia en la ficha técnica.
	(rojo-verde) a=-5,6		
	(amarillo- azul) b= 9,9		
	Concentración C*= 11,37		
	Tono h=119,68		

Fuente: elaboración propia, basado en datos experimentales.

3.7. Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información

Son todos los datos obtenidos a partir de los resultados experimentales al realizar las formulaciones de barniz fluorado y se tabulan en tablas y gráficas para su comprensión y análisis.

3.7.1. Procedimiento de la formulación del barniz dental fluorado

Consistió en la elaboración de nueve diferentes formulaciones del barniz dental fluorado, con sus cuatro respectivas observaciones.

Procedimiento

- Base: 50 mL de barniz dental fluorado. 4,5% de fluoruro de sodio (v/m), 25% de alcohol etílico p/v) y 70,5% colofonia (v/v);
 - Se pesó 2,25 g de fluoruro de sodio;
 - Se midió un volumen de 12,5 mL de alcohol etílico;
 - Se midió un volumen de 35,25 mL de colofonia;
($\rho_{colofonia} = 0,9867 g/cm^3$)
 - En un *beacker* de 100 mL colocado en baño de maría se agregaron los reactivos medidos y se agitó en una plancha a una temperatura de 45 a 50 °C hasta lograr una mezcla homogénea; y

- Se colocó la mezcla homogénea en un vial debidamente sellado y almacenado;
- Base: 50 mL de barniz dental fluorado 5% de fluoruro de sodio (v/m), 25% de alcohol etílico (p/v) y 70% colofonia (v/v);
 - Se pesó 2,5 g de fluoruro de sodio;
 - Se midió un volumen de 12,5 mL de alcohol etílico;
 - Se midió un volumen de 35 mL de colofonia;
($\rho_{colofonia} = 0,9867\text{ g/cm}^3$)
 - En un *beacker* de 100 mL colocado en baño de maría se agregaron los reactivos medidos y se agitó en una plancha a una temperatura de 45 a 50 °C hasta lograr una mezcla homogénea; y
 - Se colocó la mezcla homogénea en un vial debidamente sellado y almacenado;
- Base: 50 mL de barniz dental fluorado 5,5% de fluoruro de sodio (v/m), 25% de alcohol etílico (p/v) y 69,5% colofonia (v/v);
 - Se pesó 2,75 g de fluoruro de sodio;
 - Se midió un volumen de 12,5 mL de alcohol etílico;
 - Se midió un volumen de 34,75 mL de colofonia;
($\rho_{colofonia} = 0,9867\text{ g/cm}^3$)

- En un *beacker* de 100 mL colocado en baño de maría se agregaron los reactivos medidos y se agitó en una plancha a una temperatura de 45 a 50 °C hasta lograr una mezcla homogénea; y
- Se colocó la mezcla homogénea en un vial debidamente sellado y almacenado;
- Base: 50 mL de barniz dental fluorado 4,5% de fluoruro de sodio (v/m), 28% de alcohol etílico (p/v) y 67,5% colofonia (v/v);
 - Se pesó 2,25 g de fluoruro de sodio;
 - Se midió un volumen de 14 mL de alcohol etílico;
 - Se midió un volumen de 33,75 mL de colofonia;
($\rho_{colofonia} = 0,9867\text{ g/cm}^3$)
 - En un *beacker* de 100 mL colocado en baño de maría se agregaron los reactivos medidos y se agitó en una plancha a una temperatura de 45 a 50 °C hasta lograr una mezcla homogénea; y
 - Se colocó la mezcla homogénea en un vial debidamente sellado y almacenado;
- Base: 50 mL de barniz dental fluorado 5% de fluoruro de sodio (v/m), 28% de alcohol etílico (p/v) y 67% colofonia (v/v);
 - Se pesó 2,5 g de fluoruro de sodio;

- Se midió un volumen de 14 mL de alcohol etílico;
 - Se midió un volumen de 33,5 mL de colofonia;
($\rho_{colofonia} = 0,9867\text{g/cm}^3$)
 - En un *beacker* de 100 mL colocado en baño de maría se agregaron los reactivos medidos y se agitó en una plancha a una temperatura de 45 a 50 °C hasta lograr una mezcla homogénea; y
 - Se colocó la mezcla homogénea en un vial debidamente sellado y almacenado;
- Base: 50 mL de barniz dental fluorado 5,5% de fluoruro de sodio (v/m), 28% de alcohol etílico (p/v) y 66,5% colofonia (v/v);
 - Se pesó 2,75 g de fluoruro de sodio;
 - Se midió un volumen de 14 mL de alcohol etílico;
 - Se midió un volumen de 33,25 mL de colofonia;
($\rho_{colofonia} = 0,9867\text{g/cm}^3$)
 - En un *beacker* de 100 mL colocado en baño de maría se agregaron los reactivos medidos y se agitó en una plancha a una temperatura de 45 a 50 °C hasta lograr una mezcla homogénea; y
 - Se colocó la mezcla homogénea en un vial debidamente sellado y almacenado;

- Base: 50 mL de barniz dental fluorado 4,5% de fluoruro de sodio (v/m), 30% de alcohol etílico (p/v) y 65,5% colofonia (v/v);
 - Se pesó 2,25 g de fluoruro de sodio;
 - Se midió un volumen de 15 mL de alcohol etílico;
 - Se midió un volumen de 32,75 mL de colofonia;
($\rho_{colofonia} = 0,9867\text{g/cm}^3$)
 - En un *beacker* de 100 mL colocado en baño de maría se agregaron los reactivos medidos y se agitó en una plancha a una temperatura de 45 a 50 °C hasta lograr una mezcla homogénea; y
 - Se colocó la mezcla homogénea en un vial debidamente sellado y almacenado;

- Base: 50 mL de barniz dental fluorado 5% de fluoruro de sodio (v/m), 30% de alcohol etílico (p/v) y 65% colofonia (v/v);
 - Se pesó 2,5 g de fluoruro de sodio;
 - Se midió un volumen de 15 mL de alcohol etílico;
 - Se midió un volumen de 32,5 mL de colofonia;
($\rho_{colofonia} = 0,9867\text{g/cm}^3$)

- En un *beacker* de 100 mL colocado en baño de maría se agregaron los reactivos medidos y se agitó en una plancha a una temperatura de 45 a 50 °C hasta lograr una mezcla homogénea; y
- Se colocó la mezcla homogénea en un vial debidamente sellado y almacenado;
- Base: 50 mL de barniz dental fluorado 5,5% de fluoruro de sodio (v/m), 30% de alcohol etílico (p/v) y 64,5% colofonia (v/v);
 - Se pesó 2,75 g de fluoruro de sodio;
 - Se midió un volumen de 15 mL de alcohol etílico;
 - Se midió un volumen de 32,25 mL de colofonia;
($\rho_{colofonia} = 0,9867\text{g/cm}^3$)
 - En un *beacker* de 100 mL colocado en baño de maría se agregaron los reactivos medidos y se agitó en una plancha a una temperatura de 45 a 50 °C hasta lograr una mezcla homogénea; y
 - Se colocó la mezcla homogénea en un vial debidamente sellado y almacenado.

3.7.2. Procedimiento para la calibración del electrodo selectivo de flúor

Para calibrar el electrodo selectivo de flúor se realizaron las soluciones estándares siendo las siguientes:

3.7.2.1. Solución *stock* de fluoruro

El procedimiento para la preparación de la solución *stock* es el siguiente:

Procedimiento

- Se pesó 2,21 g de NaF;
- En agua desmineralizada, se disolvió el NaF aforando a 1 litro. (concentración 1 000 ppm);
- De la solución de 1 000 ppm, se tomó 10 mL y se aforó a 1 litro. (concentración 10 ppm); y
- Se tomó 100 mL de la solución de 1000 ppm y se aforó a 1 litro. (concentración 100 ppm).

3.7.2.2. Solución estándar de trabajo de 10 ppm

El procedimiento para la preparación de la solución estándar de trabajo de 10 ppm es el siguiente:

Procedimiento

- De la solución *stock* de 10 mL se tomó 25 mL de los cuales se vertieron en un *beacker* y se agregó 25 mL de TISAB II.

3.7.2.3. Solución estándar de trabajo de 100 ppm

El procedimiento para la preparación de la solución estándar de trabajo de 100 ppm es el siguiente:

Procedimiento

- De la solución *stock* de 100 mL se tomó 25 mL de los cuales se vertieron en un *beacker* y se agregó 25 mL de TISAB II.

Para utilizar el electrodo selectivo de flúor, con la ayuda de la elaboración de las soluciones anteriores y cuyo resultado sea preciso, se realizó lo siguiente:

Procedimiento

- Se tomó el estándar preparado de 10 ppm para NaF y se colocó en un agitador magnético;
- Se introdujo el electrodo cerciorándose que quedará por lo menos 3 cm sumergidos de modo que no quedaran burbujas adheridas a las superficies activas;

- En el potenciómetro se presionó el botón *mode* (modo de lectura), hasta que apareciera en la pantalla: *CONCN* (concentración);
- Luego se presionó *function* (función) hasta que llegó a STD 1 (primer estándar);
- Se realizó la lectura del estándar manteniendo la agitación constante. La concentración que mostró la pantalla se modificó, hasta que coincidiera con la concentración referida en el estándar preparado;
- Cuando la lectura se estabilizó, se pulsó la tecla *enter* (registro), luego apareció en la pantalla STD 2 (segundo estándar). Se retiró los electrodos tendiendo presionado *standby* (espera);
- Se procedió con el segundo estándar que fue el de mayor concentración. Se presionó *function* para recuperar la lectura. Se colocó el segundo estándar y se modificó la lectura hasta coincidir con el preparado; y
- Al final de la introducción del segundo estándar se presionó la tecla *function* hasta que apareció en la pantalla *slope* (pendiente) cuyo valor se encontró entre 56 ± 2 milivoltios.

3.7.3. Método para la determinación del porcentaje del ión flúor por medio del electro selectivo de flúor

Para lograr identificar el porcentaje de ión fluoruro del barniz dental fluorado por medio del electrodo selectivo, se extrajo en una solución acuosa para su posterior determinación.

3.7.3.1. Extracción del fluoruro de sodio

Procedimiento

- Se tomó una muestra del barniz fluorado, previamente agitado;
- Se secó la muestra durante 5 horas, en el secador al vacío;
- Al barniz seco se le agregó benceno, en una relación 15: 85, de manera que se disolviera el barniz seco;
- Se le agregó 100 mL de agua desmineralizada a la solución de benceno y barniz, agitándose en una ampolla de decantación para su posterior separación;
- De la solución obtenida de la ampolla de decantación se diluyó con agua desmineralizada, se tomó 25 mL de los cuales se vertieron en un *beacker* y se agregaron 25 ml de TISAB II;
- Se tomó la solución anterior y se colocó en un agitador magnético;
- El electrodo, se introdujo cerciorándose que quedará por lo menos 3 cm sumergidos de modo que no quedaran burbujas adheridas a las superficies activas; y
- Se realizó la lectura del estándar manteniendo la agitación constante. Dando como resultado mg F⁻/L.

3.7.4. Método para la determinación del porcentaje de alcohol etílico por medio de cromatografía de gas sólido

Para determinar el porcentaje de alcohol etílico en el cromatógrafo de gases se utilizó lo siguiente:

Procedimiento

- La temperatura del horno, se utilizó a 50 °C;
- Se utilizó la columna HP al 85% de fenil metil siloxano;
- A una temperatura de 260 °C, se empleó un detector;
- Un inyector se utilizó a una temperatura de 260 °C;
- Se tomó una muestra del barniz fluorado; y
- La muestra de barniz fluorado, se dejó correr durante 5 minutos.

3.7.5. Método para la determinación del tiempo de secado por medio del establecimiento del tiempo de secado al tacto

Para determinar el tiempo de secado del barniz dental se realizarán los siguientes pasos:

Procedimiento

- La aplicación del barniz dental se realizó sobre paneles limpios de vidrio, con las dimensiones adecuadas, dentro de un espacio, de por lo menos $\frac{1}{2}$ pulgada (15 mm) del borde del panel;
- Se aplicó el barniz dental con una espátula, deslizándolo por lo largo del panel. Se dejó el panel a una temperatura de 37 °C; y
- A los 3 minutos se tocó la película ligeramente con la punta de un dedo limpio, la película se consideró seca cuando no tenía marcas pronunciadas que son dejados por los dedos al tocar la película en la misma zona en cada observación.

3.7.6. Método para la determinación de la diferencia de color del barniz fluorado a través del espectrofotómetro

Para determinar la diferencia de color del barniz dental se realizarán los siguientes pasos:

Procedimiento

- Sobre el sustrato de teflón blanco , se realizó un arrastre de la muestra;
- Las coordenadas de color L^* , a^* y b^* del arrastre, se midieron con el espectrofotómetro;

- Se calculó la diferencia L^* , a^* y b^* , con el valor de referencia medido con el espectrofotómetro; y
- Se calculó dE^* .

3.7.7. Método para la determinación de la densidad del barniz fluorado

Para medir la densidad del barniz dental, se realizarán los siguientes pasos:

Procedimiento

- La probeta de 25 mL, se taró;
- Se agregó 5ml de la muestra de las formulaciones barniz dental; y
- Se pesó la probeta con la muestra del barniz.

3.7.8. Procedimiento para la calibración del viscosímetro de Saybolt

Para utilizar el viscosímetro de Saybolt y obtener resultados confiables primero se debe calibrar el viscosímetro y su frecuencia de calibración dependerá del uso.

Procedimiento

- La temperatura durante el proceso de calibración, se mantuvo a la temperatura que se manejó el barniz;
- Se tapó el orificio antes de llenar la copa con el líquido estándar, en este caso agua desmineralizada a 50 °C;
- Se niveló el instrumento para que el viscosímetro pueda ser llenada a su máximo nivel sin un desbordamiento de un lado;
- Se destapó el orificio; y
- El tiempo de flujo de salida, se determinó con una precisión de 0,2 s.

3.7.9. Método para la determinación de la viscosidad por el viscosímetro de Saybolt

La determinación de la viscosidad del barniz dental se realizó de la siguiente manera:

Procedimiento

- El área de trabajo se realizó en un lugar en donde los cambios de temperatura fueron mínimos y así se obtuvo un alto grado de precisión en cuanto a la temperatura ambiente;

- Se colocó el instrumento, nivelándolo para que el viscosímetro pueda ser llenado a un nivel máximo sin que exista un menisco o desbordamiento de los lados;
- En el orificio, se colocó un tapón de goma;
- Se calentó la muestra a 50 °C y se trasvasó al viscosímetro; y
- El tapón de goma, se quitó al mismo tiempo que se inició el conteo en el cronómetro, se midió el tiempo hasta la última gota.

3.7.10. Muestra de cálculo

La muestra de cálculo indica las fórmulas que se utilizarán para la obtención de los resultados a partir de los datos obtenidos experimentalmente al realizar las formulaciones del barniz fluora.

3.7.10.1. Determinación del tiempo de secado

Para la determinación del tiempo de secado es importante conocer el espesor de la muestra ya que esta es directamente proporcional al tiempo de secado, por lo tanto, para determinar el tiempo de secado se cálculo lo siguiente:

$$\varepsilon = \varepsilon_t - \varepsilon_{ta} \quad (\text{Ecuación 8})$$

Donde:

ε = espesor de la muestra (mm)

ε_t = espesor de la muestra y de la tablilla (mm)

ε_{ta} = espesor de la tablilla (mm)

Ejemplo:

En el caso de la formulación número uno, repetición uno se realizó de la siguiente manera, realizándose de igual forma las demás formulaciones con sus respectivas repeticiones.

$$\varepsilon = 5,40mm - 4,95mm$$

$$\varepsilon = 0,45mm$$

Los datos calculados para las otras repeticiones y formulaciones se encuentran en la sección de datos calculados.

3.7.10.2. Determinación de la diferencia de color

La diferencia de color entre dos muestras, siendo uno de ellas una muestra patrón que se calculó de la siguiente forma:

$$\nabla E^* = \sqrt{(\nabla L^*)^2 + (\nabla a^*)^2 + (\nabla b^*)^2} \quad (\text{Ecuación 9})$$

Donde:

∇L = diferencia de luminosidad

∇a = diferencia de rojo o verde de la muestra

∇b = diferencia de amarillo o azul de la muestra

Ejemplo:

La diferencia de color que se presenta entre la muestra de testigo y la formulación uno, repetición uno es:

$$\nabla E^* = \sqrt{(90,10 - 75,48)^2 + (-5,60 + 3,53)^2 + (30,61 - 9,90)^2}$$
$$\nabla E^* = 25,47$$

De acuerdo a la tabla III, esta diferencia es inaceptable, la diferencia de color para las otras formulaciones se encuentra en la sección de datos calculados.

3.7.10.3. Determinación del porcentaje de fluoruro

Para determinar el porcentaje de ión fluoruro presente en el barniz dental por medio del electrodo selectivo, primero es necesaria la extracción del fluoruro de sodio en una solución acuosa y posteriormente realizar la medición y cuyo dato se obtiene de la siguiente manera:

$$L.E = \textit{resultado} \quad (\text{Ecuación 10})$$

Donde:

L.E = lectura del electrodo

Resultado = resultado (mg F⁻/l)

Ejemplo:

El resultado de ión fluoruro libre en la muestra de la solución acuosa que se presenta en la formulación uno, repetición uno es:

$$L. E = 763 \text{ mg } F^{-} / l$$

Los datos para las otras repeticiones y formulaciones se encuentran en la sección de datos calculados. Estos resultados sirvieron para determinar el porcentaje de ión fluoruro de las formulaciones de acuerdo con la relación peso/peso se calculó de la forma siguiente:

$$\%F = \left[\left(\frac{L.E \times 0.1}{1000} \right) \times \frac{100}{M_m} \right] \times \left(\frac{M_{NaF} + M_c}{M_t} \right) \quad (\text{Ecuación 11})$$

Donde:

$\%F$ = porcentaje de ión fluoruro (%)

L. E = lectura del electrodo (mg F^{-} /l)

M_m = peso de la muestra de la formulación (g)

M_{NaF} = peso real agregado a la formulación de fluoruro de sodio (g)

M_c = peso real agregado a la formulación de colofonia (g)

M_t = peso total de la formulación (g)

Ejemplo:

El resultado del porcentaje ión fluoruro que se presenta en la formulación uno, repetición uno es:

$$\%F = \left[\left(\frac{763 \text{ mgF} / l \times 0,1}{1\ 000} \right) \times \frac{100}{2,6159 \text{ g}} \right] \times \left(\frac{2,2502 \text{ g} + 34,7816 \text{ g}}{46,8906 \text{ g}} \right)$$

$$\%F = 2,3035 \%$$

Los datos para las otras repeticiones y formulaciones se encuentran en la sección de datos calculados.

3.7.10.4. Determinación de la densidad

Para calcular la densidad de las formulaciones se llevó a cabo el desarrollo de la siguiente ecuación:

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (\text{Ecuación 12})$$

Donde:

ρ = densidad (g/cm³)

m = masa (g)

V = volumen (cm³)

Ejemplo:

El resultado de la densidad para la formulación uno, repetición uno es:

$$\rho = \frac{5,0891 \text{ g}}{5 \text{ cm}^3}$$

$$\rho = 1,01782 \text{ g/cm}^3$$

Los datos para las otras repeticiones y formulaciones se encuentran en la sección de datos calculados.

3.7.10.5. Determinación de la viscosidad

La viscosidad cinemática de las diferentes formulaciones se calculó de la siguiente manera:

$$\text{SUS} = [1 + 0,00011(T - 38)] \left[4,632v + \frac{1,0+0,3264v}{(3\ 930,2+2,627v+23,97v^2+1,64v^3) \times 10^{-5}} \right]$$

(Ecuación 13)

Donde:

SUS = segundos universales de saybolt

T = temperatura (°C)

v = viscosidad cinemática (cSt)

Ejemplo:

El resultado de la viscosidad cinemática para la formulación uno, repetición uno es:

$$5\,165,2 = [1 + 0,00011(50 - 38)] \left[4,632\nu + \frac{1,0+0,3264\nu}{(3\,930,2+2,627\nu+23,97\nu^2+1,64\nu^3)\times 10^{-5}} \right]$$

$$\nu = 1\,113,60 \text{ cSt}$$

Los datos para las otras repeticiones y formulaciones se encuentran en la sección de datos calculados. Estos resultados sirvieron para determinar la viscosidad absoluta de las diferentes formulaciones se calculó de la siguiente manera:

$$\eta = \nu \times \rho \quad (\text{Ecuación 14})$$

Donde:

η = viscosidad absoluta (cP)

ν = viscosidad cinemática (cSt)

ρ = densidad (g/cm³)

Ejemplo:

El resultado de la viscosidad absoluta para la formulación uno, repetición uno es:

$$\eta = 1\,113,60 \text{ Cst} \times 1,01782 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

$$\eta = 1\,115,31 \text{ cP}$$

Los datos para las otras repeticiones y formulaciones se encuentran en la sección de datos calculados

3.7.10.6. Determinación del porcentaje de alcohol etílico

El contenido de etanol en las formulaciones del barniz fluorado se midió por medio del comatógrafo.

3.7.10.6.1. Determinación de la curva de calibración

El cromatógrafo de gases se calibró con alcohol etílico, dando como resultado una regresión lineal siendo la siguiente:

$$A = 1\,872,4091 \times EtOH - 341,17791 \quad (\text{Ecuación 15})$$

Donde:

A = área bajo la curva (cm^2)

$EtOH$ = alcohol etílico (%)

La curva de calibración se encuentra en la sección de anexos.

3.7.10.6.2. Determinación del porcentaje (v/v) del alcohol etílico

La determinación del porcentaje (p/v) del etanol, se calculó despejando la regresión dada como resultado en la curva de calibración.

$$\%EtOH = \frac{A+341,17791}{1\ 874,4091} \quad (\text{Ecuación 16})$$

Donde:

A = área bajo la curva (cm²)

$EtOH$ = alcohol etílico (%)

Ejemplo:

El resultado del porcentaje v/v de etanol, para la formulación uno, repetición uno es:

$$\%EtOH = \frac{802,49 + 341,17791}{1\ 872,4091}$$

$$\%EtOH = 0,6108\%$$

Los datos para las otras repeticiones y formulaciones se encuentran en la sección de datos calculados.

3.7.10.6.3. Determinación del porcentaje (p/v) del alcohol etílico

El porcentaje de alcohol etílico de las formulaciones, de acuerdo con la relación p/v se calculó de la forma siguiente:

$$\%EtOH = \left(\frac{\% V/V}{100 \text{ sol.}} \right) \times \left(\frac{0,5 \text{ ml sol. agre}}{m} \right) \times 100 \text{ g} \quad (\text{Ecuación 17})$$

Donde:

$\%EtOH$ = alcohol etílico (%)

$\% V/V$ = porcentaje de alcohol etílico, relación volumen/volumen (%)

sol = solución (mL)

sol. agre = solución agregada (mL)

m = masa (g)

Ejemplo:

El resultado del porcentaje p/v de etanol, para la formulación uno, repetición uno es:

$$\%EtOH = \left(\frac{0,6108}{100 \text{ sol.}} \right) \times \left(\frac{0,5 \text{ ml sol. agre}}{0,0243} \right) \times 100 \text{ g} =$$

$$\%EtOH = 12,58\%$$

Los datos para las otras repeticiones y formulaciones se encuentran en la sección de datos calculados.

3.7.10.7. Análisis de varianza

Hipótesis nula

- No existe diferencia estadística significativa en los porcentajes reales de etanol y de ión fluoruro de la formulación del barniz fluorado a diferentes concentraciones de etanol y flúor.
- No existe diferencia estadística significativa en las propiedades físicas de la formulación del barniz fluorado a diferentes concentraciones de etanol y flúor.

Hipótesis alternativa

- Existe diferencia estadística significativa en los porcentajes reales de etanol y de ión fluoruro de la formulación del barniz fluorado a diferentes concentraciones de etanol y flúor.
- Existe diferencia estadística significativa en las propiedades físicas de la formulación del barniz fluorado a diferentes concentraciones de etanol y flúor.

Ejemplo:

En el caso del porcentaje de ión fluoruro de la formulación del barniz fluorado el análisis de varianza será:

Hipótesis nula

No existe diferencia estadística significativa en los porcentajes reales de ión fluoruro de la formulación del barniz fluorado a diferentes concentraciones de etanol y flúor.

Hipótesis alternativa

Existe diferencia estadística significativa en las propiedades físicas de la formulación del barniz fluorado a diferentes concentraciones de etanol y flúor.

Nivel de significancia

$$\alpha = 0,01$$

Grados de libertad

$$Gl = k - 1$$

$$Gl = 9 - 1 = 8$$

Donde:

Gl = grados de libertad

k = número de muestras

Gran media (\bar{X})

La gran media de todos los elementos de todas las muestras se calcula con la siguiente ecuación:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n_1} X_i + \sum_{i=1}^{n_2} X_i + \dots + \sum_{i=1}^k X_i}{\sum_{i=1}^k n_i} \quad (\text{Ecuación 15})$$

Donde:

X_i = elementos

Estadístico crítico (F_c)

Con 8 grados de libertad, media cuadrática 0,160 en el numerador y 0,102 en el denominador, al 0,01 de significancia, $F_c = 1,562$.

Tabla XXVII. **Resumen del cálculo de la varianza univariante del porcentaje real de ión fluoruro en el barniz dental fluorado a diferentes concentraciones de etanol y de fluoruro de sodio**

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Formulación	1,278	8	0,160	1,562	0,189
Repetición	0,161	3	0,054	0,524	0,670
Error	2,455	24	0,102		
Total	226,834	36			
Total corregida	3,895	35			

Fuente: elaboración propia.

Resultado

Basado en medias observadas, usando un tamaño muestral de la media armónica $N=4$, mostrando las medias de los grupos de subgrupos homogéneos y un nivel de significancia mayor a $\alpha = 0,01$, se acepta H_0 .

Conclusión

No existe diferencia estadística significativa en los porcentajes reales de ión fluoruro de la formulación del barniz fluorado a diferentes concentraciones de etanol y flúor.

Los resultados obtenidos para las otras especies se encuentran en la sección de análisis estadístico.

3.7.11. Datos calculados

Los datos calculados son los que se obtienen a partir del desarrollo de las fórmulas planteadas en la sección de muestra de cálculo.

3.7.11.1. Determinación del tiempo de secado

La determinación del tiempo de secado del barniz fluorado, se realizó comparando las mediciones de espesor y el tiempo transcurrido al secar la muestra sobre una tablilla de vidrio a una temperatura de 37 °C y los datos calculados se encuentran en las siguientes tablas.

Tabla XXVIII. **Determinación del espesor de la tablilla de vidrio y el espesor promedio del barniz fluorado; repetición uno**

Formulación	% de etanol	Espesor tablilla (mm)	Espesor 1 (mm)	Espesor 2 (mm)	Espesor 3 (mm)	Espesor promedio (mm)	Espesor del barniz (mm)
1	25	169,58	170,12	170,03	169,94	170,03	0,45
2			169,98	169,84	169,70	169,84	0,26
3			169,80	169,78	169,92	169,83	0,26
4	28		169,88	169,88	169,82	169,86	0,29
5			169,67	169,80	169,79	169,75	0,18
6			169,88	169,82	169,85	169,85	0,28
7	30		169,84	169,60	169,70	169,71	0,14
8			169,77	169,65	169,68	169,70	0,13
9			169,69	169,78	169,82	169,76	0,19

Fuente: elaboración propia, basado en muestra de cálculo.

Tabla XXIX. **Determinación del espesor de la tablilla de vidrio y el espesor promedio del barniz fluorado; repetición dos**

Formulación	% de etanol	Espesor tablilla (mm)	Espesor 1 (mm)	Espesor 2 (mm)	Espesor 3 (mm)	Espesor promedio (mm)	Espesor del barniz (mm)
1	25	169,58	170,09	16998	170,12	170,06	0,48
2			169,85	170,01	169,91	169,92	0,34
3			170,47	169,67	169,78	169,97	0,39
4	28		169,78	169,89	169,98	169,88	0,30
5			169,82	169,87	169,77	169,82	0,24
6			169,73	169,87	170,01	169,87	0,29
7	30		169,87	169,86	169,76	169,83	0,25
8			170,01	169,75	169,72	169,83	0,25
9			169,82	169,85	169,78	169,82	0,24

Fuente: elaboración propia, basado en muestra de cálculo.

Tabla XXX. **Determinación del espesor de la tablilla de vidrio y el espesor promedio del barniz fluorado; repetición tres**

Formulación	% de etanol	Espesor tablilla (mm)	Espesor 1 (mm)	Espesor 2 (mm)	Espesor 3 (mm)	Espesor promedio (mm)	Espesor del barniz (mm)
1	25	169,58	170,50	169,95	170,10	170,18	0,60
2			169,78	169,84	169,78	169,80	0,22
3			169,94	169,88	169,95	169,92	0,34
4	28		170,01	170,00	169,97	169,99	0,41
5			169,87	169,99	169,96	169,94	0,36
6			170,06	169,88	170,02	169,99	0,41
7	30		169,67	169,71	169,90	169,76	0,18
8			169,71	169,79	169,78	169,76	0,18
9			169,81	169,82	169,83	169,82	0,24

Fuente: elaboración propia, basado en muestra de cálculo.

Tabla XXXI. **Determinación del espesor de la tablilla de vidrio y el espesor promedio del barniz fluorado; repetición cuatro**

Formulación	% de etanol	Espesor tablilla (mm)	Espesor 1 (mm)	Espesor 2 (mm)	Espesor 3 (mm)	Espesor promedio (mm)	Espesor del barniz (mm)
1	25	169,58	170,48	169,96	169,97	170,14	0,56
2			169,96	169,87	169,87	169,90	0,32
3			169,85	169,95	170,10	169,97	0,39
4	28		169,95	169,91	170,01	169,96	0,38
5			169,98	169,87	169,85	169,90	0,32
6			169,87	169,91	169,69	169,82	0,24
7	30		169,78	169,93	169,90	169,87	0,29
8			169,94	169,79	169,80	169,84	0,26
9			170,30	169,98	169,63	169,97	0,39

Fuente: elaboración propia, basado en muestra de cálculo.

Tabla XXXII. **Tiempo de secado de las formulaciones de barniz fluorado, de las cuatro repeticiones**

Repetición	Formulación	% de etanol	Tiempo (min)
1	1	25	48
	2		48
	3		51
	4	28	54
	5		54
	6		60
	7	30	51
	8		51
	9		57
2	1	25	48
	2		51
	3		54
	4	28	54
	5		54
	6		60
	7	30	54
	8		60
	9		60
3	1	25	51
	2		48
	3		54
	4	28	57
	5		57
	6		60
	7	30	51
	8		57
	9		60
4	1	25	51
	2		51
	3		54
	4	28	54
	5		57
	6		57
	7	30	54
	8		57
	9		63

Fuente: elaboración propia, basado en datos originales.

3.7.11.2. Determinación de la diferencia de color

El color de las formulaciones del barniz fluorado, se midió con el espectrofotómetro sobre una superficie blanca de teflón y los datos calculados se encuentran en las siguientes tablas.

Tabla XXXIII. **Determinación de la diferencia de color y el nivel de diferencia del barniz fluorado, sobre las placas blancas; repetición uno**

Formulación	% de colofonia	Luminosidad L	(rojo-verde) a	(amarillo-azul) b	dE	Nivel de diferencia
1	70,5	75,48	-3,53	30,61	25,47	Inaceptable
2	70,0	86,49	-4,94	16,01	7,17	Inaceptable
3	69,5	85,67	-4,71	14,71	6,64	Inaceptable
4	67,5	85,53	-5,07	16,19	7,29	Inaceptable
5	67,0	87,52	-5,51	14,54	5,34	Inaceptable
6	66,5	84,72	-4,71	14,90	7,43	Inaceptable
7	65,5	93,00	-5,09	6,03	5,49	Inaceptable
8	65,0	84,99	-4,67	19,91	7,99	Inaceptable
9	64,5	80,96	-4,89	22,52	15,69	Inaceptable

Fuente: elaboración propia, basado en muestra de cálculo.

Tabla XIV. **Determinación de la diferencia de color y el nivel de diferencia del barniz fluorado, sobre las placas blancas; repetición dos**

Formulación	% de colofonia	Luminosidad L	(rojo-verde) a	(amarillo-azul) b	dE	Nivel de diferencia
1	70,5	86,53	-5,07	16,19	7,29	Inaceptable
2	70,0	83,61	-4,68	20,23	12,27	Inaceptable
3	69,5	86,00	-5,03	16,26	7,63	Inaceptable
4	67,5	85,90	-5,23	15,41	6,97	Inaceptable
5	67,0	90,39	-5,01	9,71	1,47	Mínima
6	66,5	88,50	-5,22	13,21	3,16	Casi inaceptable
7	65,5	92,30	-4,84	5,73	5,55	Inaceptable
8	65,0	91,62	-4,84	6,23	4,89	Casi inaceptable
9	64,5	82,17	-4,08	24,85	13,69	Inaceptable

Fuente: elaboración propia, basado en muestra de cálculo.

Tabla XXXV. **Determinación de la diferencia de color y el nivel de diferencia del barniz fluorado, sobre las placas blancas; repetición tres**

Formulación	% de colofonia	Luminosidad L	(rojo-verde) a	(amarillo-azul) b	dE	Nivel de diferencia
1	70,5	85,63	-5,27	21,65	11,83	Inaceptable
2	70,0	83,70	-4,88	22,24	13,28	Inaceptable
3	69,5	85,81	-5,05	16,85	5,15	Inaceptable
4	67,5	79,37	-3,06	29,42	19,07	Inaceptable
5	67,0	84,79	-5,06	19,42	7,69	Inaceptable
6	66,5	85,85	-5,20	17,37	5,45	Inaceptable
7	65,5	84,39	-4,57	17,05	8,82	Inaceptable
8	65,0	85,51	-4,28	16,37	7,61	Inaceptable
9	64,5	89,57	-5,03	10,09	1,55	Mínima

Fuente: elaboración propia, basado en muestra de cálculo.

Tabla XXXVI. **Determinación de la diferencia de color y el nivel de diferencia del barniz fluorado, sobre las placas blancas; repetición cuatro**

Formulación	% de colofonia	Luminosidad L	(rojo-verde) a	(amarillo-azul) b	dE	Nivel de diferencia
1	70,5	75,48	-3,53	30,61	25,47	Inaceptable
2	70,0	85,96	-4,89	11,50	4,78	Casi inaceptable
3	69,5	91,06	-4,92	5,16	5,86	Inaceptable
4	67,5	91,40	-4,42	3,22	6,89	Casi inaceptable
5	67,0	86,61	-4,38	8,72	3,91	Casi inaceptable
6	66,5	88,90	-4,32	6,49	3,84	Casi inaceptable
7	65,5	87,49	-4,53	7,64	3,64	Casi inaceptable
8	65,0	85,62	-4,50	12,44	4,34	Casi inaceptable
9	64,5	88,85	-4,86	8,09	5,53	Inaceptable

Fuente: elaboración propia, basado en muestra de cálculo.

3.7.11.3. Determinación del porcentaje de fluoruro

El porcentaje de fluoruro en las formulaciones del barniz fluorado se midió con el electrodo selectivo de flúor a partir de una solución acuosa y los datos calculados se encuentran en las siguientes tablas.

Tabla XXXVII. **Determinación del porcentaje del ión fluoruro, a partir de la medición del ión fluoruro en una solución acuosa; repetición uno**

Formulación	% NaF	%F ⁻ agregado a la formulación	Fluoruro libre (F ⁻) (mg F/L)	%F ⁻ obtenidos en la formulación
1	4,5	2,25	763	2,3035
2	5,0	2,50	1 051	2,5738
3	5,5	2,75	1 461	2,2658
4	4,5	2,25	1 386	2,5675
5	5,0	2,50	859	2,5957
6	5,5	2,75	888	2,5466
7	4,5	2,25	634	2,3480
8	5,0	2,50	1 048	2,2314
9	5,5	2,75	1 186	2,5261

Fuente: elaboración propia, basado en muestra de cálculo y datos calculados.

Tabla XXXVIII. **Determinación del porcentaje del ión fluoruro, a partir de la medición del ión fluoruro en una solución acuosa; repetición dos**

Formulación	% NaF	%F ⁻ agregado a la formulación	Fluoruro libre (F ⁻) (mg F/L)	%F ⁻ obtenidos en la formulación
1	4,5	2,25	1 826	2,5084
2	5,0	2,50	739	2,4175
3	5,5	2,75	1 135	2,4263
4	4,5	2,25	1 199	2,5411
5	5,0	2,50	1 060	2,1419
6	5,5	2,75	1 161	2,5150
7	4,5	2,25	1 153	2,2413
8	5,0	2,50	1 048	2,1658
9	5,5	2,75	684	2,7208

Fuente: elaboración propia, basado en muestra de cálculo y datos calculados.

Tabla XXXIX. **Determinación del porcentaje del ión fluoruro, a partir de la medición del ión fluoruro en una solución acuosa; repetición tres**

Formulación	% NaF	%F ⁻ agregado a la formulación	Fluoruro libre (F ⁻) (mg F/L)	%F ⁻ obtenidos en la formulación
1	4,5	2,25	1 005	2,5169
2	5,0	2,50	1 164	2,5360
3	5,5	2,75	1 029	2,8224
4	4,5	2,25	1 031	1,9833
5	5,0	2,50	1 589	2,7044
6	5,5	2,75	1 150	2,7101
7	4,5	2,25	789	2,1793
8	5,0	2,50	623	2,5836
9	5,5	2,75	1 046	2,7518

Fuente: elaboración propia, basado en muestra de cálculo y datos calculados.

Tabla XL. **Determinación del porcentaje del ión fluoruro, a partir de la medición del ión fluoruro en una solución acuosa; repetición cuatro**

Formulación	% NaF	%F⁻ agregado a la formulación	Fluoruro libre (F⁻) (mg F/L)	%F⁻ obtenidos en la formulación
1	4,5	2,25	763	2,1606
2	5,0	2,50	1 051	3,7122
3	5,5	2,75	1 289	3,2276
4	4,5	2,25	886	2,0960
5	5,0	2,50	1 175	2,2777
6	5,5	2,75	671	2,2874
7	4,5	2,25	666	2,0114
8	5,0	2,50	1 455	2,7106
9	5,5	2,75	838	2,6791

Fuente: elaboración propia, basado en muestra de cálculo y datos calculados.

3.7.11.4. Determinación de la densidad

La densidad de las formulaciones del barniz fluorado se midió con la ayuda de una probeta y los datos calculados se encuentran en las siguientes tablas.

Tabla XLI. **Determinación de la densidad del barniz fluorado; repeticiones uno y dos**

Formulación	Repetición 1			Repetición 2		
	masa (g)	volumen (cm ³)	densidad ρ (g/cm ³)	masa (g)	volumen (cm ³)	densidad ρ (g/cm ³)
1	5,0433	5	1,0178	4,8511	5	1,0094
2	4,9910	5	0,9431	4,8865	5	0,9877
3	4,8905	5	0,8955	5,0232	5	1,0180
4	4,8568	5	0,9712	4,9273	5	0,9739
5	4,8174	5	0,9679	4,7428	5	0,9687
6	4,8876	5	1,0497	5,1176	5	0,9975
7	4,7967	5	0,9296	4,9158	5	0,9198
8	4,8162	5	0,9326	4,8927	5	0,9629
9	4,9824	5	1,0136	4,9689	5	0,9790

Fuente: elaboración propia, basado en muestra de cálculo.

Tabla XLII. **Determinación de la densidad del barniz fluorado;
repeticiones tres y cuatro**

Formulación	Repetición 3			Repetición 4		
	masa (g)	volumen (cm ³)	densidad ρ (g/cm ³)	masa (g)	volumen (cm ³)	densidad ρ (g/cm ³)
1	5,0433	5	1,0087	4,8511	5	0,9702
2	4,9910	5	0,9982	4,8865	5	0,9773
3	4,8905	5	0,9781	5,0232	5	1,0046
4	4,8568	5	0,9714	4,9273	5	0,9855
5	4,8174	5	0,9635	4,7428	5	0,9486
6	4,8876	5	0,9775	5,1176	5	1,0235
7	4,7967	5	0,9593	4,9158	5	0,9832
8	4,8162	5	0,9632	4,8927	5	0,9785
9	4,9824	5	0,9965	4,9689	5	0,9938

Fuente: elaboración propia, basado en muestra de cálculo.

3.7.11.5. Determinación de la viscosidad

La determinación de la viscosidad de las formulaciones del barniz fluorado, se realizó para medir la fluidez del mismo y los datos calculados se encuentran en la siguiente tabla.

Tabla XLIII. **Determinación de la viscosidad del barniz fluorado, a 50°C, a partir del tiempo de flujo en segundos universales**

Formulaciones	% de etanol	Tiempo reportado (SUS)	Viscosidad cSt	Viscosidad cP	Densidad (g/cm ³)
1	25	5 165,22	1 113,60	1 115,31	1,0015
2		4 192,29	903,87	882,69	0,9766
3		3 922,05	845,61	823,67	0,9741
4	28	2 695,06	581,06	566,81	0,9755
5		2 437,16	525,45	505,56	0,9622
6		2 363,08	509,48	515,63	1,0121
7	30	1 613,37	347,82	329,72	0,9480
8		1 547,87	333,69	320,12	0,9593
9		1 262,51	272,15	270,98	0,9957

Fuente: elaboración propia, basado en muestra de cálculo.

3.7.11.6. Determinación del porcentaje de alcohol etílico

El contenido de alcohol etílico de las formulaciones del barniz fluorado se realizó por medio de un cromatógrafo y los datos calculados se encuentran en las siguientes tablas.

Tabla XLIV. **Determinación del porcentaje de alcohol etílico relación p/v del barniz fluorado, repetición uno**

Formulaciones	% Etanol	Área	Masa (g)	% v/v Etanol	% p/v Etanol
1	25	802,49	0,0243	0,6108	12,5700
2		3 089,35	0,0526	1,8321	17,4158
3		5 083,29	0,0514	2,8971	28,1814
4	28	3 407,62	0,0442	2,0021	22,6485
5		2 780,44	0,0443	1,6670	18,8168
6		2 876,13	0,0500	1,7183	17,1827
7	30	1 655,88	0,0411	1,0666	12,9753
8		1 713,79	0,0434	1,0975	12,6439
9		2 161,12	0,0561	1,3364	14,4946

Fuente: elaboración propia, basado en muestra de cálculo.

Tabla XLV. **Determinación del porcentaje de alcohol etílico relación p/v del barniz fluorado, repetición dos**

Formulaciones	% Etanol	Área	Masa (g)	% v/v Etanol	% p/v Etanol
1	25	2 298,10	0,0480	1,4096	14,6829
2		2 299,19	0,0525	1,4101	13,4299
3		2 705,80	0,0505	1,6273	16,1119
4	28	2 452,73	0,0501	1,4921	14,8916
5		1 484,37	0,0554	0,9750	8,7993
6		1 455,46	0,0406	0,9595	11,8169
7	30	3 855,19	0,0687	2,2411	16,3112
8		6 039,08	0,0720	3,4075	23,6633
9		1 702,27	0,0525	1,0913	10,3938

Fuente: elaboración propia, basado en muestra de cálculo.

Tabla XLVI. **Determinación del porcentaje de alcohol etílico relación p/v del barniz fluorado, repetición tres**

Formulación	% Etanol	Área	Masa (g)	% v/v Etanol	% p/v Etanol
1	25	5 016,26	0,0730	2,8613	19,5976
2		3 082,16	0,0825	1,8283	11,0806
3		2 067,15	0,0497	1,2862	12,9398
4	28	5 861,44	0,0794	3,3164	20,8604
5		3 011,48	0,0569	1,7906	15,7342
6		1 916,27	0,0810	1,2056	7,4422
7	30	1 874,75	0,0508	1,1835	11,6483
8		1 899,05	0,0725	1,1964	8,2399
9		3 320,46	0,0705	0,8874	6,2938

Fuente: elaboración propia, basado en muestra de cálculo.

Tabla XLVII. **Determinación del porcentaje de alcohol etílico relación p/v del barniz fluorado, repetición cuatro**

Formulación	% Etanol	Área	Masa (g)	% v/v Etanol	% p/v Etanol
1	25	3 001,30	0,0819	1,7851	10,8982
2		4 138,98	0,0711	2,3927	16,8265
3		1 544,32	0,0655	1,0070	7,6869
4	28	3 560,35	0,0657	2,0837	15,8576
5		1 824,79	0,0645	1,1567	8,9673
6		3 674,09	0,0630	2,1444	17,0194
7	30	1 976,36	0,0560	1,2377	11,0512
8		5 497,80	0,0929	3,1184	16,7838
9		1 819,23	0,0615	1,1538	9,3806

Fuente: elaboración propia, basado en muestra de cálculo.

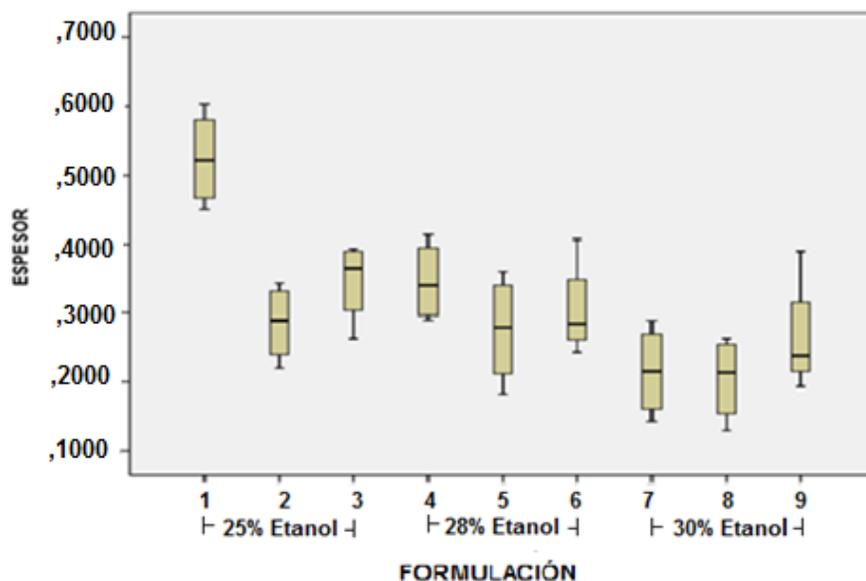
3.8. Análisis estadístico

El análisis estadístico de los datos obtenidos del porcentaje del ión flúor, porcentaje alcohol etílico, tiempo de secado, color, viscosidad y densidad de las formulaciones realizadas se llevó a cabo por medio de un análisis de varianza por medio de un diseño de bloques aleatorio con la distribución de Fisher.

3.8.1. Determinación del espesor para el calculo del tiempo de secado

El tiempo de secado se determinó mediante la medición del espesor y tiempo de secado de las formulaciones del barniz fluorado.

Figura 10. Diagrama de cajas del espesor del barniz dental fluorado, según formulación



Fuente: elaboración propia, basado en datos calculados.

3.8.1.1. Análisis de varianza

Hipótesis nula

No existe diferencia estadística significativa en el espesor de la formulación del barniz fluorado a diferentes concentraciones de etanol y flúor.

Hipótesis alternativa

Existe diferencia estadística significativa en el espesor de la formulación del barniz fluorado a diferentes concentraciones de etanol y flúor.

Tabla XLVIII. **Resumen del cálculo de la varianza univariante del espesor del barniz dental fluorado a diferentes concentraciones de etanol y de fluoruro de sodio**

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Formulación	0,287	8	0,036	12,382	0,000
Repetición	0,056	3	0,019	6,464	0,002
Error	0,070	24	0,003		
Total	3,819	36			
Total corregida	0,413	35			

Fuente: elaboración propia, basado en datos calculados.

Tabla XLIX. **Resumen de los grupos de subgrupos homogéneos del espesor, del barniz dental fluorado a diferentes concentraciones de etanol y de fluoruro de sodio**

Formulación	N	Subconjunto		
		1	2	3
8	4	0,205000		
7	4	0,215833		
9	4	0,265000	0,265000	
5	4	0,275833	0,275833	
2	4	0,285833	0,285833	
6	4	0,305000	0,305000	
4	4		0,345833	
3	4		0,346667	
1	4			0,523333
Sig.		0,227000	0,469000	1,000000

Fuente: elaboración propia, basado en datos calculados.

Resultado

Rechazar la hipótesis nula (H₀).

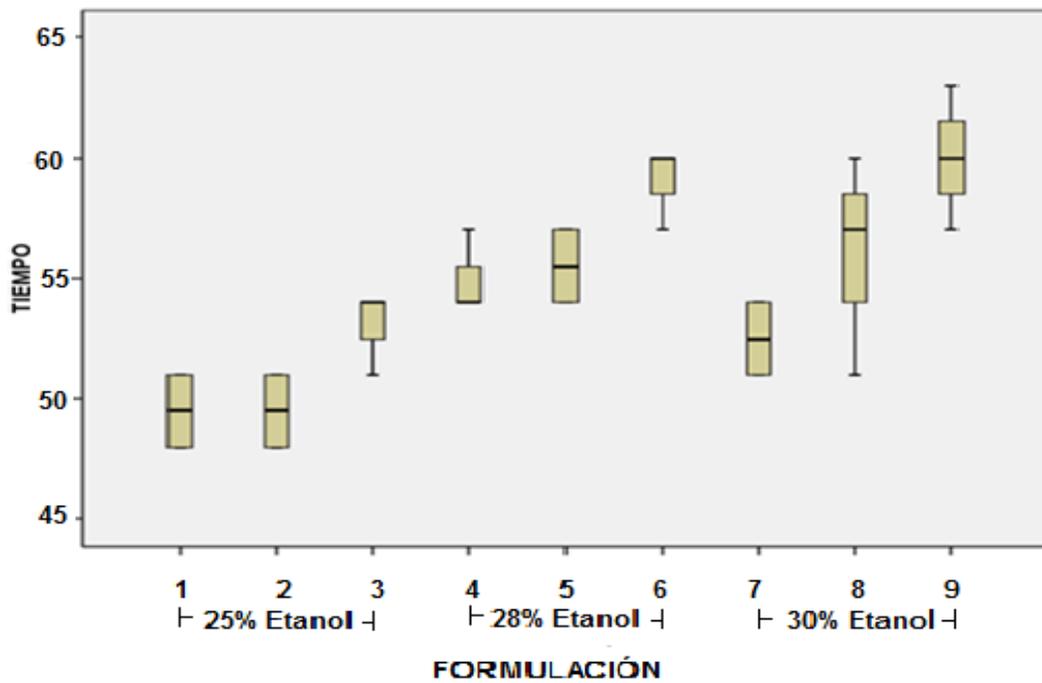
Conclusión

El espesor de la formulación del barniz fluorado a diferentes concentraciones de etanol y flúor, es distinto a un nivel de confianza del 95%.

3.8.2. Tiempo de secado del barniz dental fluorado

El tiempo de secado se determinó mediante la medición del espesor y tiempo de secado de las formulaciones del barniz fluorado.

Figura 11. Diagrama de cajas del tiempo de secado del barniz dental fluorado, según formulación



Fuente: elaboración propia, basado en datos calculados.

3.8.2.1. Análisis de varianza

Hipótesis nula

No existe diferencia estadística significativa en el tiempo de secado de la formulación del barniz fluorado a diferentes concentraciones de etanol y flúor.

Hipótesis alternativa

Existe diferencia estadística significativa en el tiempo de secado de la formulación del barniz fluorado a diferentes concentraciones de etanol y flúor.

Tabla L. **Resumen del cálculo de la varianza univariante del tiempo de secado, del barniz dental fluorado a diferentes concentraciones de etanol y de fluoruro de sodio**

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Formulación	450	8	56,250	17,763	0,000
Repetición	41	3	13,667	4,316	0,014
Error	76	24	3,167		
Total	107 496	36			
Total corregida	567	35			

Fuente: elaboración propia, basado en datos calculados.

Tabla LI. **Resumen de los grupos de subgrupos homogéneos del tiempo de secado, del barniz dental fluorado a diferentes concentraciones de etanol y de fluoruro de sodio**

Formulación	N	Subconjunto			
		1	2	3	4
1	4	49,500			
2	4	49,500			
7	4	52,500	52,500		
3	4	53,250	53,250		
4	4		54,750		
5	4		55,500	55,500	
8	4		56,250	56,250	56,250
6	4			59,250	59,250
9	4				60,000
Sig.		0,119	0,119	0,119	0,119

Fuente: elaboración propia, basado en datos calculados.

Resultado

Rechazar la hipótesis nula (H_0).

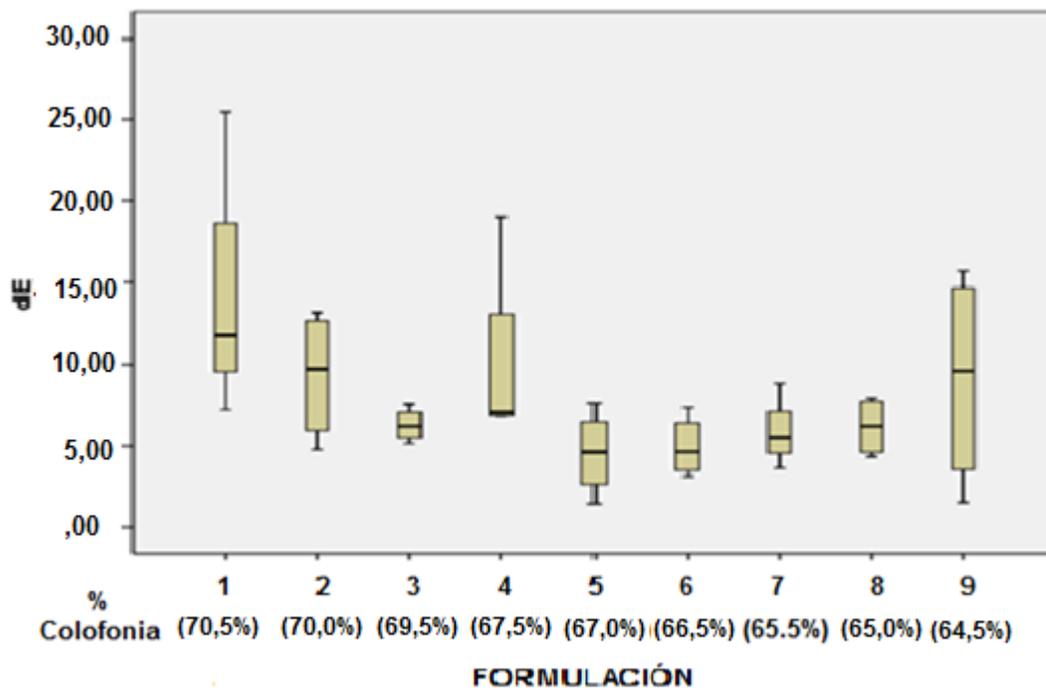
Conclusión

El tiempo de secado de la formulación del barniz fluorado a diferentes concentraciones de etanol y flúor, es distinto a un nivel de confianza del 95%.

3.8.3. Determinación de la diferencia de color

Los datos obtenidos de la determinación de color se analizaron mediante el análisis de varianza por medio de un diseño de bloques aleatorio con la distribución de Fisher.

Figura 12. **Diagrama de cajas de la diferencia de color del barniz dental fluorado, según formulación**



Fuente: elaboración propia, basado en datos calculados.

3.8.3.1. Análisis de varianza

Hipótesis nula

No existe diferencia estadística significativa en la diferencia de color de la formulación del barniz fluorado a diferentes concentraciones de etanol y flúor.

Hipótesis alternativa

Existe diferencia estadística significativa en la diferencia de color de la formulación del barniz fluorado a diferentes concentraciones de etanol y flúor.

Tabla LII. **Resumen del cálculo de la varianza univariante de la diferencia de color, del barniz dental fluorado a diferentes concentraciones de etanol y de fluoruro de sodio**

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Formulación	303,648	8	37,956	2,071	0,080
Repetición	97,019	3	32,340	1,765	0,181
Error	439,816	24	18,326		
Total	3 058,423	36			
Total corregida	840,483	35			

Fuente: elaboración propia, basado en datos calculados.

Tabla LIII. **Resumen de los grupos de subgrupos homogéneos de la diferencia de color, del barniz dental fluorado a diferentes concentraciones de etanol y de fluoruro de sodio**

Formulación	N	Subconjunto	
		1	2
5	4	4,6025	
6	4	4,9700	4,9700
7	4	5,8750	5,8750
8	4	6,2075	6,2075
3	4	6,3200	6,3200
9	4	9,1150	9,1150
2	4	9,3750	9,3750
4	4	10,0550	10,0550
1	4		14,1225
Sig.		0,6810	0,1090

Fuente: elaboración propia, basado en datos calculados.

Resultado

Rechazar la hipótesis nula (H_0).

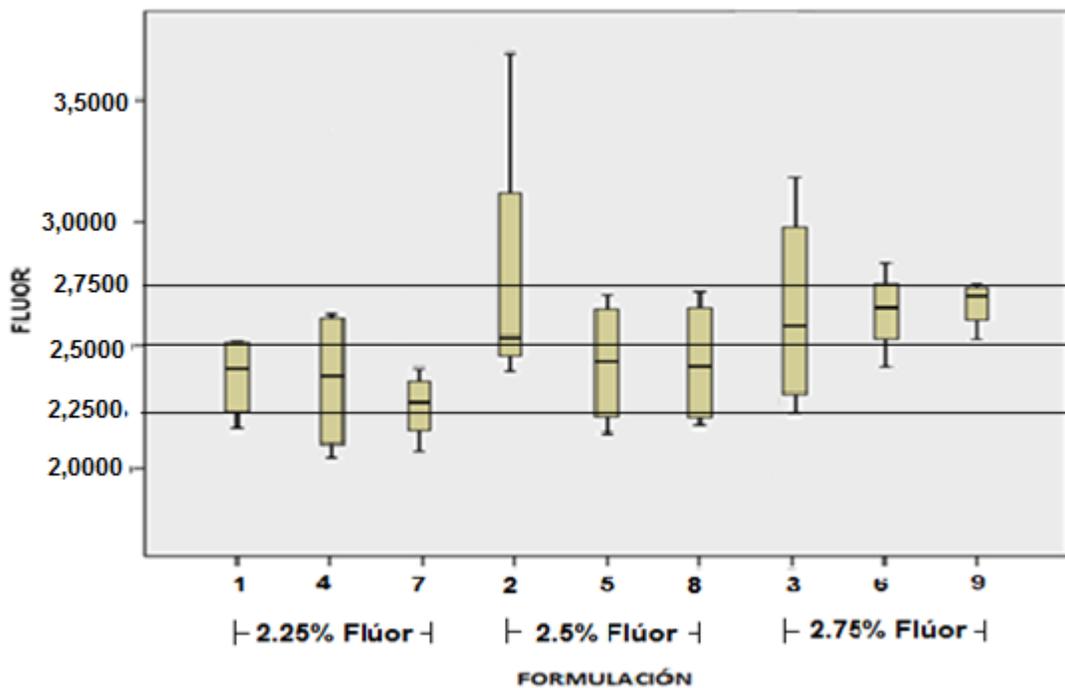
Conclusión

La diferencia de color (dE) de la formulación del barniz fluorado a diferentes concentraciones de etanol y flúor, es distinto a un nivel de confianza del 95%.

3.8.4. Determinación del porcentaje de fluoruro

Los datos obtenidos de la determinación contenido de flúor se analizaron mediante el análisis de varianza por medio de un diseño de bloques aleatorio con la distribución de Fisher.

Figura 13. **Diagrama de cajas del porcentaje de fluoruro, del barniz dental fluorado, según formulación**



Fuente: elaboración propia, basado en datos calculados.

3.8.4.1. Análisis de varianza

Hipótesis nula

No existe diferencia estadística significativa en el porcentaje real de ión fluoruro de la formulación del barniz fluorado a diferentes concentraciones de etanol y flúor.

Hipótesis alternativa

Existe diferencia estadística significativa en el porcentaje real de ión fluoruro de la formulación del barniz fluorado a diferentes concentraciones de etanol y flúor.

Tabla LIV. **Resumen del cálculo de la varianza univariante el porcentaje real de ión fluoruro, del barniz dental fluorado a diferentes concentraciones de etanol y de fluoruro de sodio**

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Formulación	1,278	8	0,160	1,562	0,189
Repetición	0,161	3	0,054	0,524	0,670
Error	2,455	24	0,102		
Total	226,834	36			
Total corregida	3,895	35			

Fuente: elaboración propia, basado en datos calculados.

Tabla LV. **Resumen de los grupos de subgrupos homogéneos el porcentaje real de ión fluoruro, del barniz dental fluorado a diferentes concentraciones de etanol y de fluoruro de sodio**

Formulación	N	Subconjunto
		1
7	4	2,195003
4	4	2,296971
1	4	2,372359
8	4	2,422853
5	4	2,429905
6	4	2,514776
9	4	2,669461
3	4	2,685503
2	4	2,809905
Sig.		0,193000

Fuente: elaboración propia, basado en datos calculados.

Resultado

Aceptar la hipótesis nula (Ho).

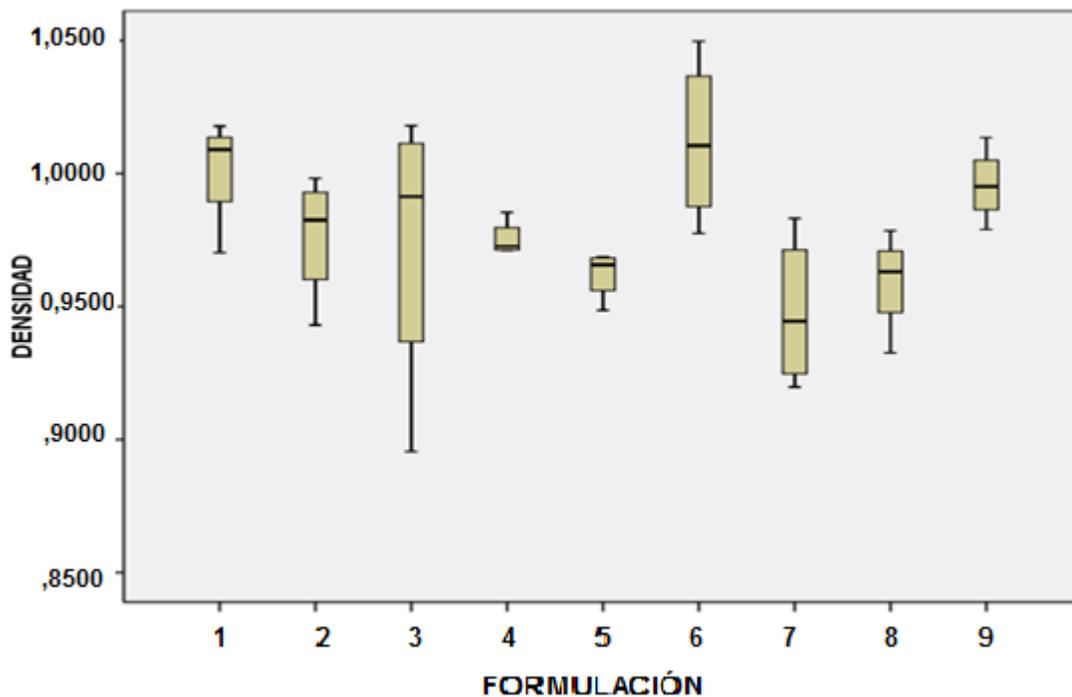
Conclusión

El porcentaje real de ión fluoruro de la formulación del barniz fluorado a diferentes concentraciones de etanol y flúor, es igual con un nivel de confianza del 95%.

3.8.5. Determinación de la densidad

Los datos obtenidos de la determinación de la densidad se analizaron mediante el análisis de varianza por medio de un diseño de bloques aleatorios con la distribución de Fisher.

Figura 14. **Diagrama de cajas de la densidad, del barniz dental fluorado, según formulación**



Fuente: elaboración propia, basado en datos calculados.

3.8.5.1. Análisis de varianza

Hipótesis nula

No existe diferencia estadística significativa en la densidad de la formulación del barniz fluorado a diferentes concentraciones de etanol y flúor.

Hipótesis alternativa

Existe diferencia estadística significativa en la densidad de la formulación del barniz fluorado a diferentes concentraciones de etanol y flúor.

Tabla LVI. **Resumen del cálculo de la varianza univariante en la densidad, del barniz dental fluorado a diferentes concentraciones de etanol y de fluoruro de sodio**

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Formulación	0,014	8	0,002	2,306	0,054
Repetición	0,001	3	0,000	0,527	0,668
Error	0,018	24	0,001		
Total	34,490	36			
Total corregida	0,034	35			

Fuente: elaboración propia, basado en datos calculados.

Tabla LVII. **Resumen de los grupos de subgrupos homogéneos en la densidad, del barniz dental fluorado a diferentes concentraciones de etanol y de fluoruro de sodio**

Formulación	N	Subconjunto	
		1	2
7	4	0,94798	
8	4	0,95932	0,959320
5	4	0,96216	0,962155
3	4	0,97406	0,974060
4	4	0,97548	0,975480
2	4	0,97657	0,976565
9	4	0,99571	0,995705
1	4	1,00154	1,001535
6	4		1,012070
Sig.		0,19000	0,204000

Fuente: elaboración propia, basado en datos calculados.

Resultado

Rechazar la hipótesis nula (H₀).

Conclusión

La densidad de la formulación del barniz fluorado a diferentes concentraciones de etanol y flúor, es distinto a un nivel de confianza del 95%.

3.8.6. Determinación de la viscosidad

La viscosidad de las formulaciones del barniz fluorado se determinó midiendo el tiempo de vaciado del viscosímetro de Saybolt a una temperatura de 50 °C.

Tabla LVIII. **Resumen de la viscosidad del barniz dental fluorado de las diferentes formulaciones**

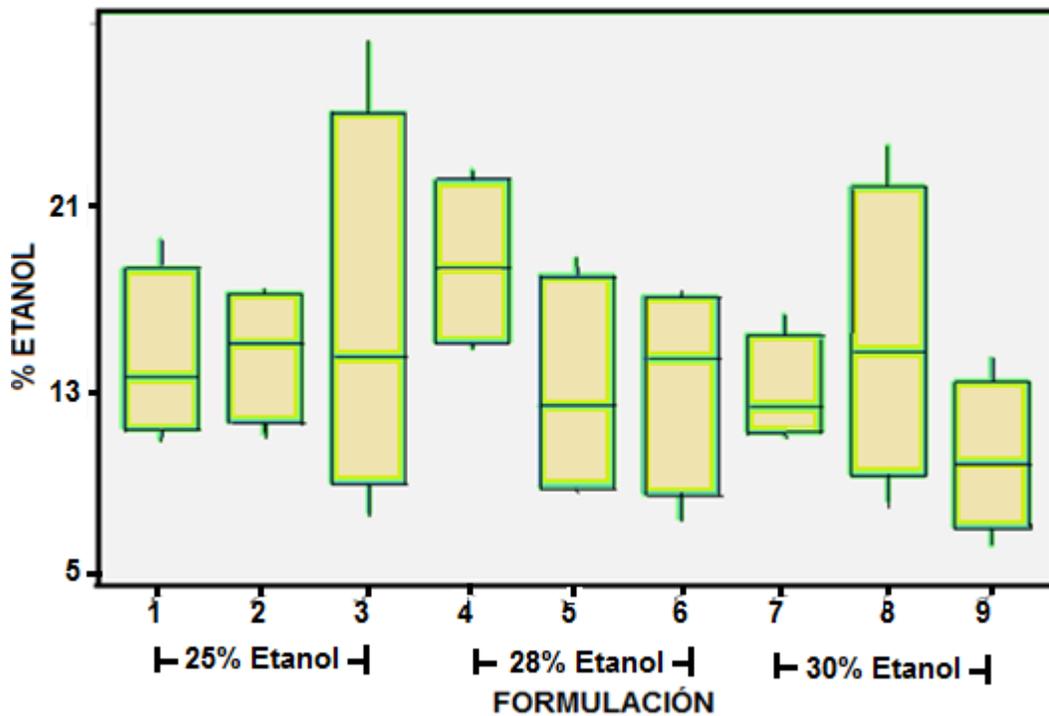
Formulaciones	Tiempo reportado (SUS)	Viscosidad cSt	Viscosidad cP
1	5 165,22	1 113,60	1 115,31
2	4 192,29	903,87	882,69
3	3 922,05	845,61	823,67
4	2 695,06	581,06	566,81
5	2 437,16	525,45	505,56
6	2 363,08	509,48	515,63
7	1 613,37	347,82	329,72
8	1 547,87	333,69	320,12
9	1 262,51	272,15	270,98

Fuente: elaboración propia, basado en muestra de cálculo.

3.8.7. Determinación del porcentaje de alcohol etílico

Los datos obtenidos de la determinación del contenido de etanol se estudiaron mediante el análisis de varianza por medio de un diseño de bloques aleatorio con la distribución de Fisher.

Figura 15. Diagrama de cajas del porcentaje de alcohol etílico, del barniz dental fluorado, según formulación



Fuente: elaboración propia, basado en datos calculados.

3.8.7.1. Análisis de varianza

Hipótesis nula

No existe diferencia estadística significativa en el porcentaje de alcohol etílico de la formulación del barniz fluorado a diferentes concentraciones de etanol y flúor.

Hipótesis alternativa

Existe diferencia estadística significativa en el porcentaje de alcohol etílico de la formulación del barniz fluorado a diferentes concentraciones de etanol y flúor.

Tabla LIX. **Resumen del cálculo de la varianza univariante en el porcentaje de alcohol etílico, del barniz dental fluorado a diferentes concentraciones de etanol y de fluoruro de sodio**

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Formulación	135,780	3	22,2538	1,0200	0,4479
Repetición	178,030	8	45,2600		
Error	523,591	24	21,8163		
Total	837,401	35			

Fuente: elaboración propia, basado en datos calculados.

Tabla LX. **Resumen de los grupos de subgrupos homogéneos en el porcentaje de alcohol etílico, del barniz dental fluorado a diferentes concentraciones de etanol y de fluoruro de sodio**

Formulación	N	Subconjunto
		1
9	4	10,141
7	4	12,997
5	4	13,079
6	4	13,365
1	4	14,437
2	4	14,688
8	4	15,333
3	4	16,230
4	4	18,565
Sig.		2,3354

Fuente: elaboración propia, basado en datos calculados.

Resultado

Aceptar la hipótesis nula (Ho).

Conclusión

El porcentaje de alcohol etílico de la formulación del barniz fluorado a diferentes concentraciones de etanol y flúor, es igual a un nivel de confianza del 95%.

4. RESULTADOS

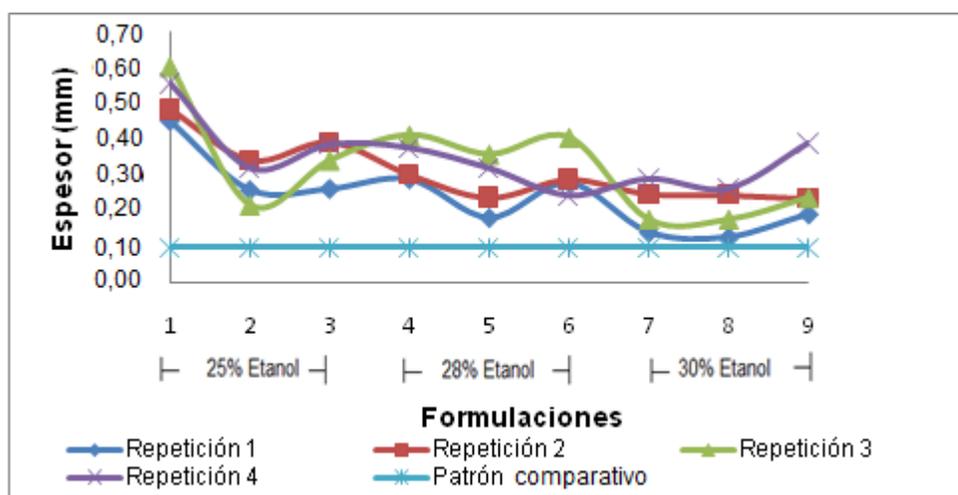
4.1. Determinación del tiempo de secado

El tiempo de secado del barniz fluorado, se realizó comparando las mediciones de espesor y el tiempo transcurrido al secar la muestra sobre una placa de vidrio a una temperatura de 37 °C.

4.1.1. Espesor del barniz dental fluorado

Los datos obtenidos del espesor del barniz fluorado, se tabularon y se ordenaron gráficamente para mostrar su comportamiento.

Figura 16. **Relación del espesor con las formulaciones del barniz fluorado de las cuatro repeticiones**

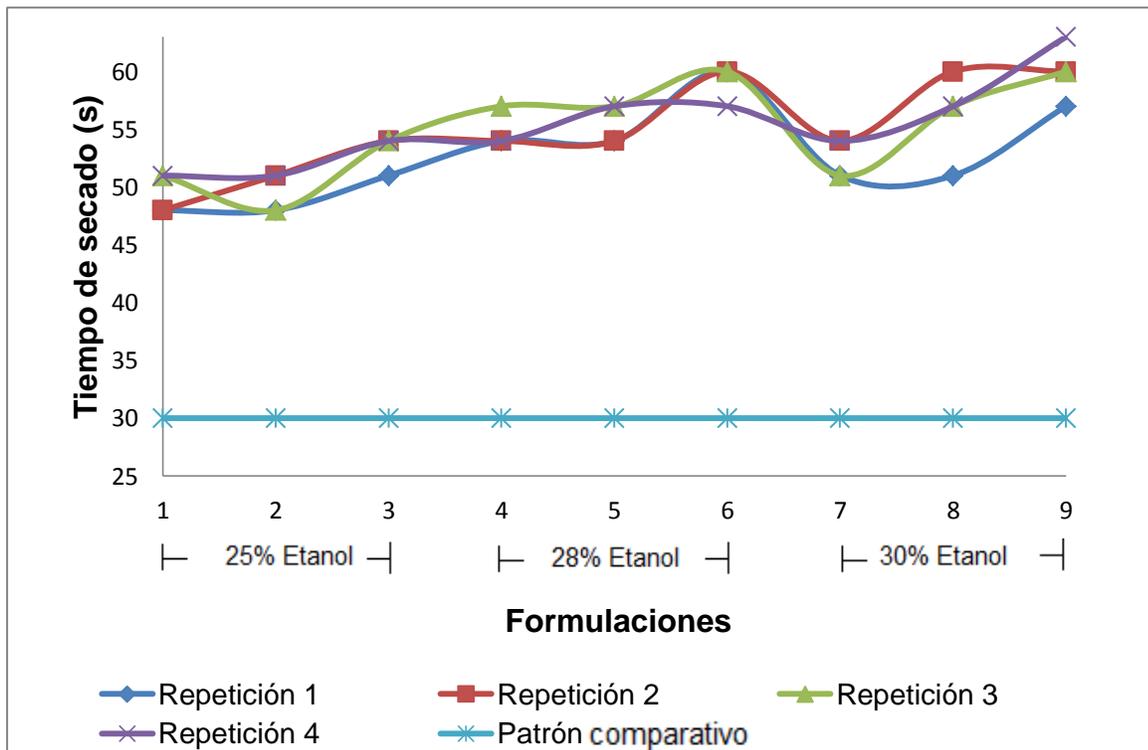


Fuente: elaboración propia, basado en las tablas XXVIII – XXXI.

4.1.2. Tiempo de secado del barniz dental fluorado

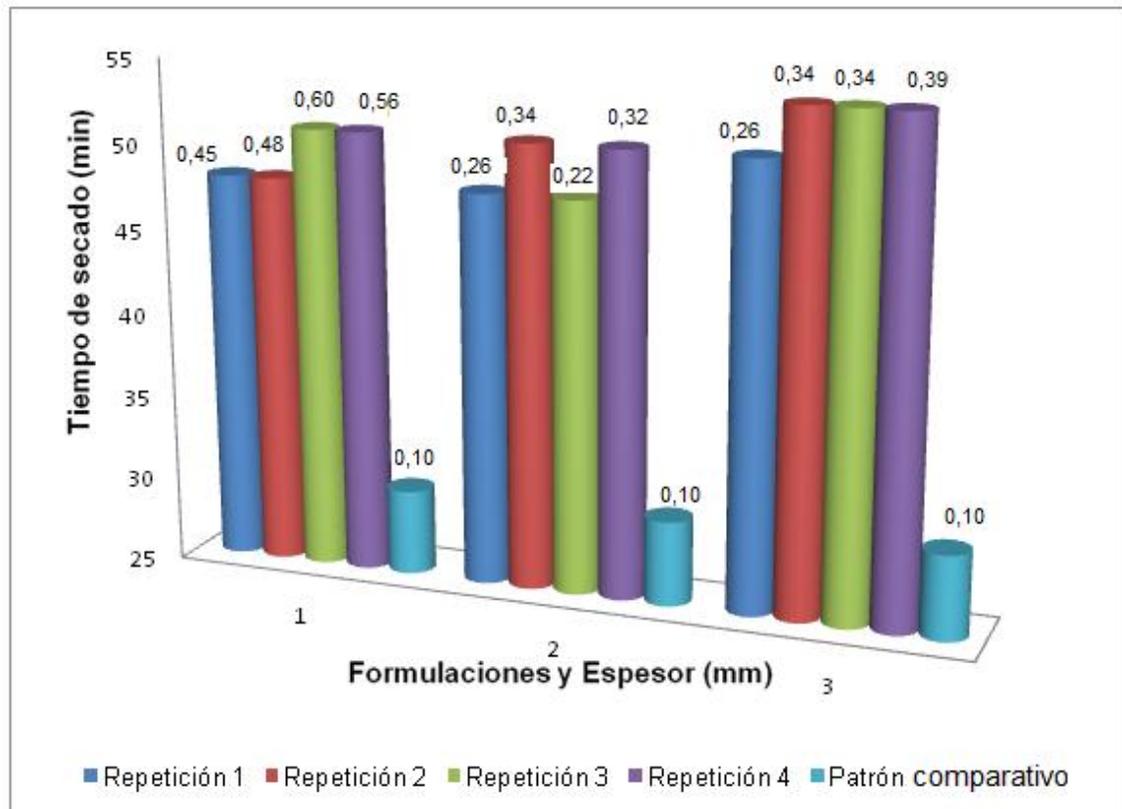
Los datos obtenidos del tiempo de secado de las formulaciones del barniz fluorado, se tabularon y se ordenaron gráficamente para mostrar su comportamiento.

Figura 17. Relación del tiempo de secado con las formulaciones del barniz fluorado de de las cuatro repeticiones



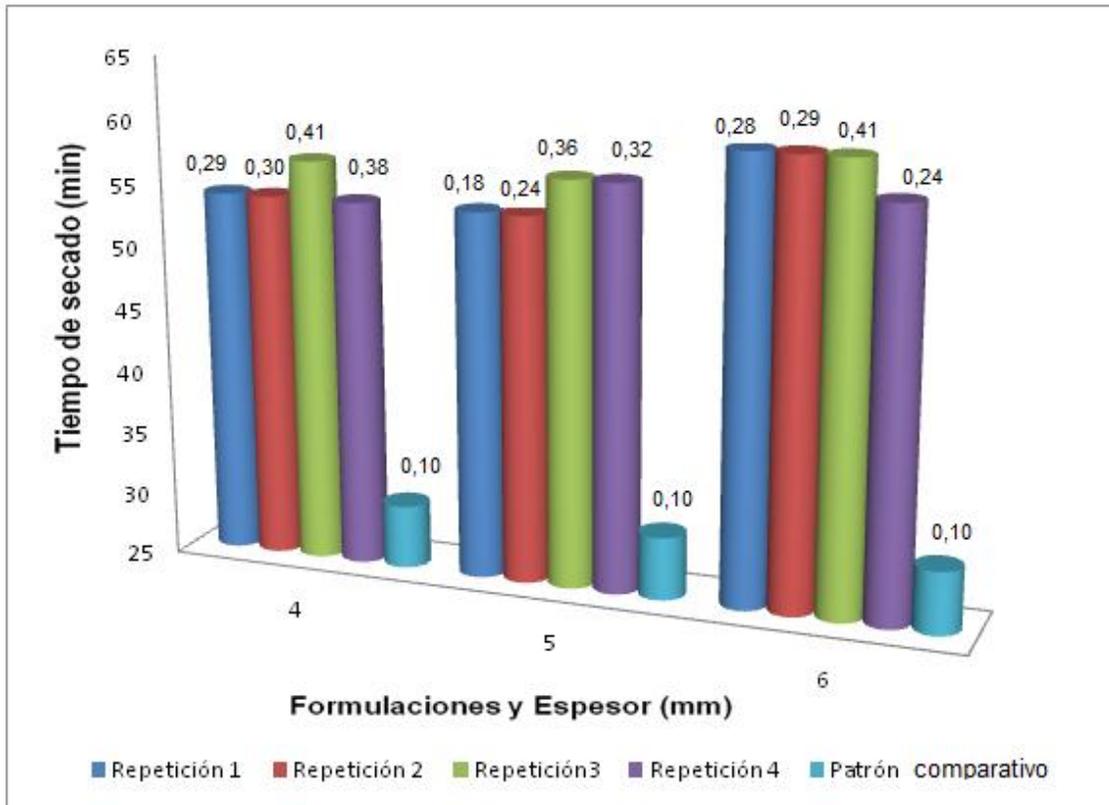
Fuente: elaboración propia, basado en la tabla XXXII.

Figura 18. **Relación del Tiempo de secado, espesor y porcentaje de etanol de las formulaciones del barniz fluorado que poseen el 25% de etanol, de las cuatro repeticiones**



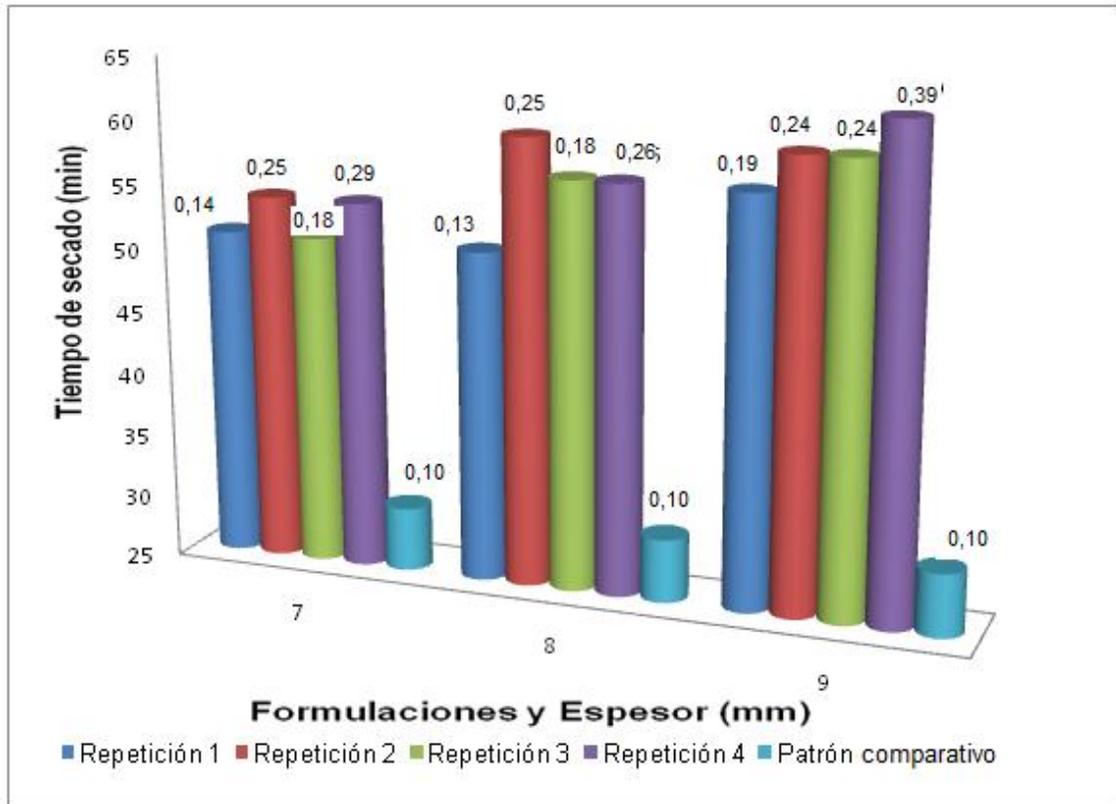
Fuente: elaboración propia, basado en las tablas XXVIII – XXXII.

Figura 19. **Relación del Tiempo de secado, espesor y porcentaje de etanol de las formulaciones del barniz fluorado que poseen el 28% de etanol, de las cuatro repeticiones**



Fuente: elaboración propia, basado en las tablas XXVIII – XXXII.

Figura 20. **Relación del Tiempo de secado, espesor y porcentaje de etanol de las formulaciones del barniz fluorado que poseen el 30% de etanol, de las cuatro repeticiones**



Fuente: elaboración propia, basado en las tablas XXVIII – XXXII.

Tabla LXI. **Espesor y tiempo de secado de las formulaciones de barniz fluorado**

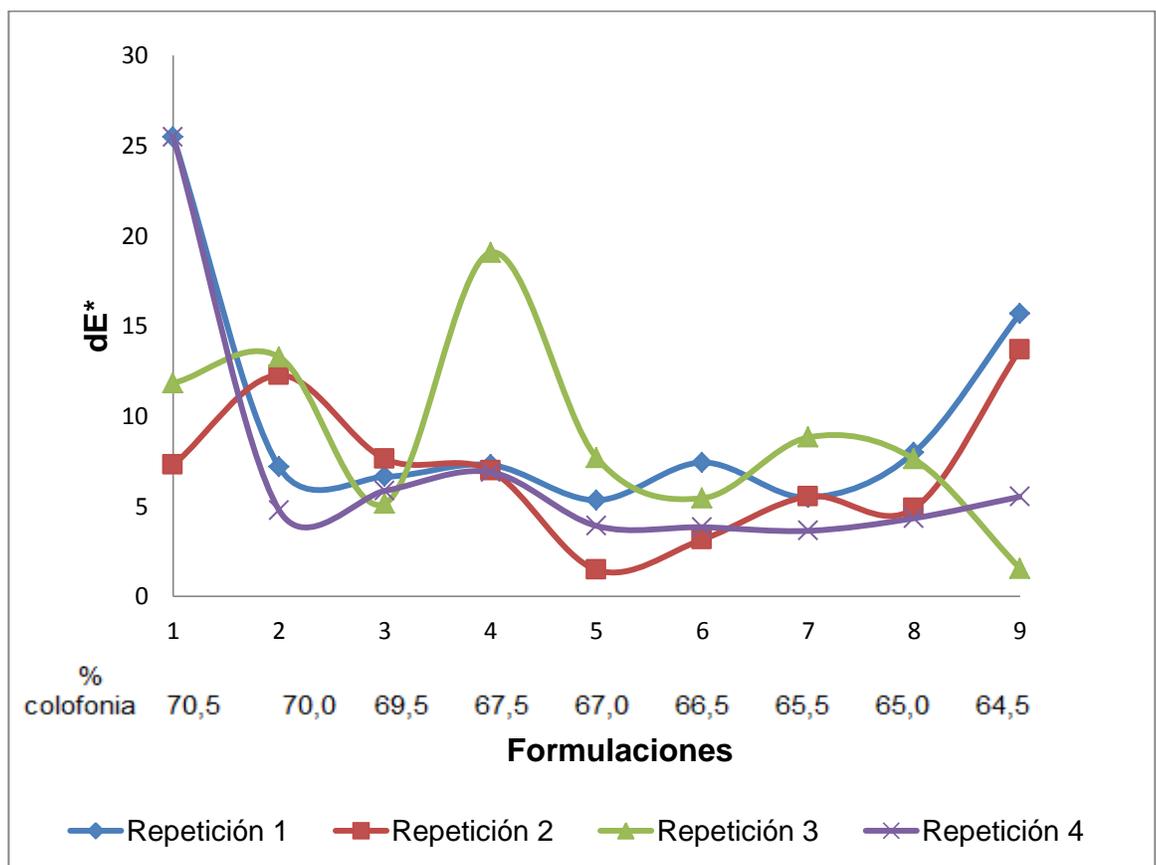
Repetición	Formulación	% etanol	Espesor (mm)	Tiempo (min)
1	1	25	0,45	48
	2		0,26	48
	3		0,26	51
	4	28	0,29	54
	5		0,18	54
	6		0,28	60
	7	30	0,14	51
	8		0,13	51
	9		0,19	57
2	1	25	0,48	48
	2		0,34	51
	3		0,39	54
	4	28	0,30	54
	5		0,24	54
	6		0,29	60
	7	30	0,25	54
	8		0,25	60
	9		0,24	60
3	1	25	0,60	51
	2		0,22	48
	3		0,34	54
	4	28	0,41	57
	5		0,36	57
	6		0,41	60
	7	30	0,18	51
	8		0,18	57
	9		0,24	60
4	1	25	0,56	51
	2		0,32	51
	3		0,39	54
	4	28	0,38	54
	5		0,32	57
	6		0,24	57
	7	30	0,29	54
	8		0,26	57
	9		0,39	63

Fuente: elaboración propia, basado en datos calculados.

4.2. Determinación de la diferencia de color

Los datos obtenidos de la diferencia de color de las formulaciones del barniz fluorado, se tabularon y se ordenaron gráficamente para mostrar su comportamiento.

Figura 21. Relación de la diferencia de color (dE^*) y las formulaciones del barniz fluorado, de las cuatro repeticiones



Fuente: elaboración propia, basado en las tablas XXXIII - XXXVI.

Tabla LXII. **Comparación del color de las formulaciones del barniz dental, con un producto comercial; repeticiones uno y dos**

Repetición	Formulación	(%) colofonia	dE*	Observación comparativa
1	1	70,5	25,47	Inaceptable
	2	70,0	7,17	Inaceptable
	3	69,5	6,64	Inaceptable
	4	67,5	7,29	Inaceptable
	5	67,0	534	Inaceptable
	6	66,5	7,43	Inaceptable
	7	65,5	5,49	Inaceptable
	8	65,0	7,99	Inaceptable
	9	64,5	15,69	Inaceptable
2	1	70,5	7,29	Inaceptable
	2	70,0	12,27	Inaceptable
	3	69,5	7,63	Inaceptable
	4	67,5	6,97	Inaceptable
	5	67,0	1,47	Mínima
	6	66,5	3,16	Casi inaceptable
	7	65,5	5,55	Inaceptable
	8	65,0	4,89	Casi inaceptable
	9	64,5	13,69	Inaceptable

Fuente: elaboración propia, basado en datos calculados.

Tabla LXIII. **Comparación del color de las formulaciones del barniz dental, con un producto comercial; repeticiones tres y cuatro**

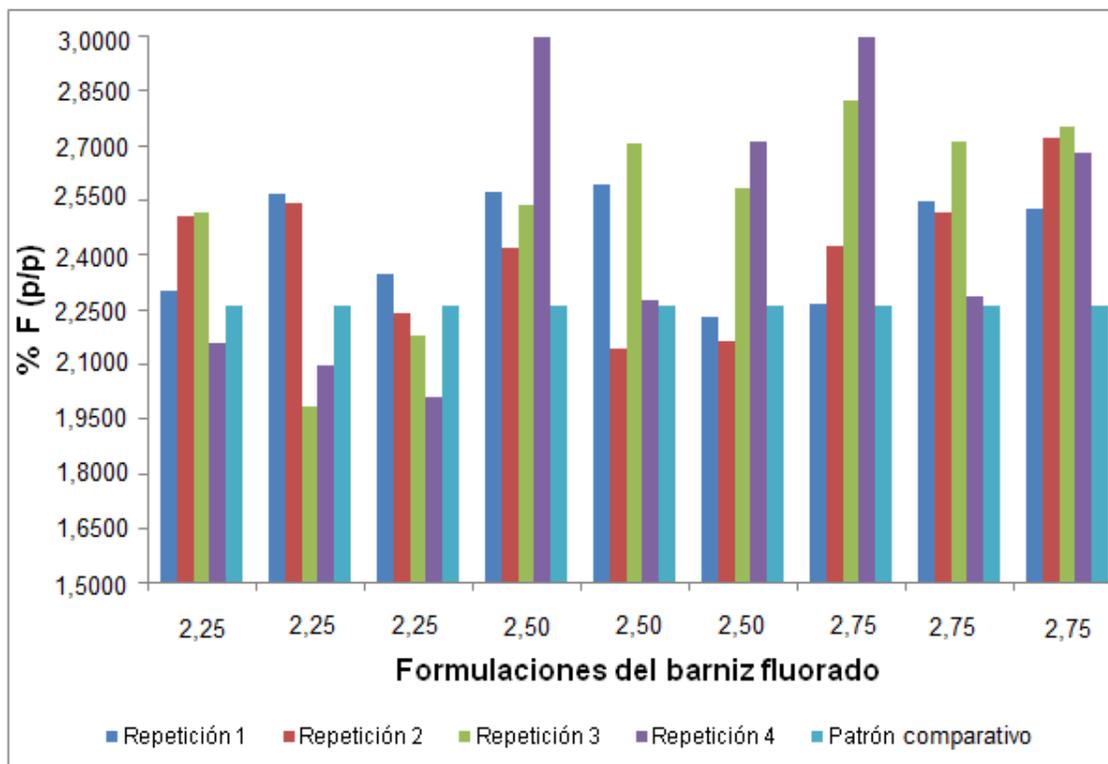
Repetición	Formulación	(%) colofonia	dE*	Observación comparativa
3	1	70,5	11,83	Inaceptable
	2	70,0	13,28	Inaceptable
	3	69,5	5,15	Inaceptable
	4	67,5	19,07	Inaceptable
	5	67,0	7,69	Inaceptable
	6	66,5	5,45	Inaceptable
	7	65,5	8,82	Inaceptable
	8	65,0	7,61	Inaceptable
	9	64,5	1,55	Mínima
4	1	70,5	25,47	Inaceptable
	2	70,0	4,78	Casi inaceptable
	3	69,5	5,86	Inaceptable
	4	67,5	6,89	Casi inaceptable
	5	67,0	3,91	Casi inaceptable
	6	66,5	3,84	Casi inaceptable
	7	65,5	3,64	Casi inaceptable
	8	65,0	4,34	Casi inaceptable
	9	64,5	5,53	Inaceptable

Fuente: elaboración propia, basado en datos calculados.

4.3. Determinación del porcentaje de fluoruro

Los datos obtenidos del contenido de flúor en las formulaciones del barniz fluorado, se tabularon y se ordenaron gráficamente para mostrar su comportamiento.

Figura 22. **Relación del contenido de flúor con las formulaciones del barniz fluorado de las cuatro repeticiones**



Fuente: elaboración propia, basado en las tablas XXXVII – XL.

Tabla LXIV. **Contenido de flúor de las formulaciones de barniz fluorado**

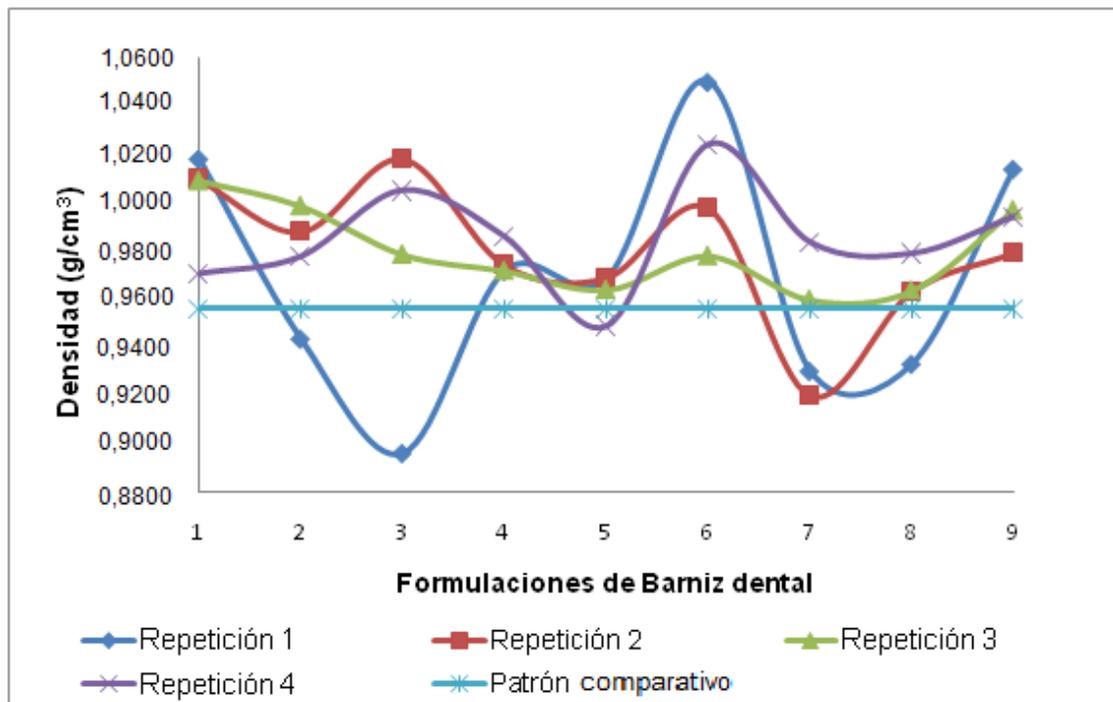
Repetición	Formulación	% NaF	%F ⁻ agregado	%F ⁻ p/p
1	1	4,5	2,25	2,3035
	2	5,0	2,50	2,5738
	3	5,5	2,75	2,2658
	4	4,5	2,25	2,5675
	5	5,0	2,50	2,5957
	6	5,5	2,75	2,5466
	7	4,5	2,25	2,3480
	8	5,0	2,50	2,2314
	9	5,5	2,75	2,5261
2	1	4,5	2,25	2,5084
	2	5,0	2,50	2,4175
	3	5,5	2,75	2,4263
	4	4,5	2,25	2,5411
	5	5,0	2,50	2,1419
	6	5,5	2,75	2,5150
	7	4,5	2,25	2,2413
	8	5,0	2,50	2,1658
	9	5,5	2,75	2,7208
3	1	4,5	2,25	2,5169
	2	5,0	2,50	2,5360
	3	5,5	2,75	2,8224
	4	4,5	2,25	1,9833
	5	5,0	2,50	2,7044
	6	5,5	2,75	2,7101
	7	4,5	2,25	2,1793
	8	5,0	2,50	2,5836
	9	5,5	2,75	2,7518
4	1	4,5	2,25	2,1606
	2	5,0	2,50	3,7122
	3	5,5	2,75	3,2276
	4	4,5	2,25	2,0960
	5	5,0	2,50	2,2777
	6	5,5	2,75	2,2874
	7	4,5	2,25	2,0114
	8	5,0	2,50	2,7106
	9	5,5	2,75	2,6791

Fuente: elaboración propia, basado en datos calculados.

4.4. Determinación de la densidad

Los datos obtenidos de la densidad las formulaciones del barniz fluorado, se tabularon y se ordenaron gráficamente para mostrar su comportamiento.

Figura 23. **Relación de la densidad con las formulaciones del barniz fluorado de cada repetición**



Fuente: elaboración propia, basado en las tablas XLI – XLII.

Tabla LXV. **Densidad de las formulaciones del barniz fluorado**

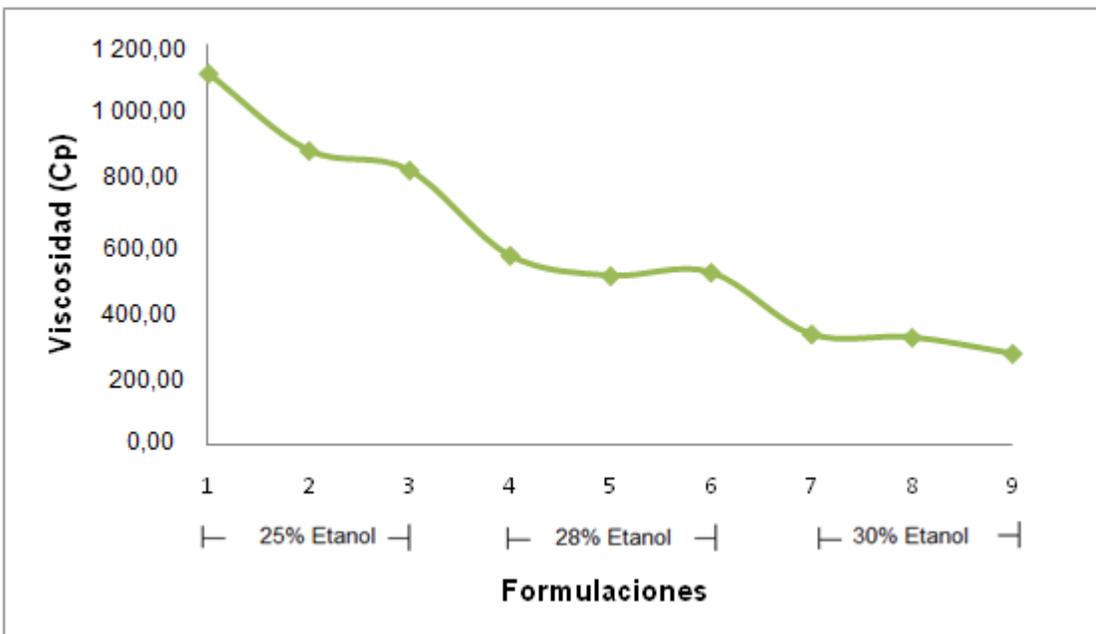
Repetición	Formulación	Densidad ρ (g/cm ³)
1	1	1,0178
	2	0,9431
	3	0,8955
	4	0,9712
	5	0,9679
	6	1,0497
	7	0,9296
	8	0,9326
	9	1,0136
2	1	1,0094
	2	0,9877
	3	1,0180
	4	0,9739
	5	0,9687
	6	0,9975
	7	0,9198
	8	0,9629
	9	0,9790
3	1	1,0087
	2	0,9982
	3	0,9781
	4	0,9714
	5	0,9635
	6	0,9775
	7	0,9593
	8	0,9632
	9	0,9965
4	1	0,9702
	2	0,9773
	3	1,0046
	4	0,9855
	5	0,9486
	6	1,0235
	7	0,9832
	8	0,9785
	9	0,9938

Fuente: elaboración propia, basado en datos calculados.

4.5. Determinación de la viscosidad

Los datos obtenidos de la viscosidad en las formulaciones del barniz fluorado, se tabularon y se ordenaron gráficamente para mostrar su comportamiento.

Figura 24. **Relación de viscosidad y las diferentes formulaciones del barniz fluorado**



Fuente: elaboración propia, basado en la tabla XLIII.

Tabla LXVI. **Viscosidad del barniz fluorado**

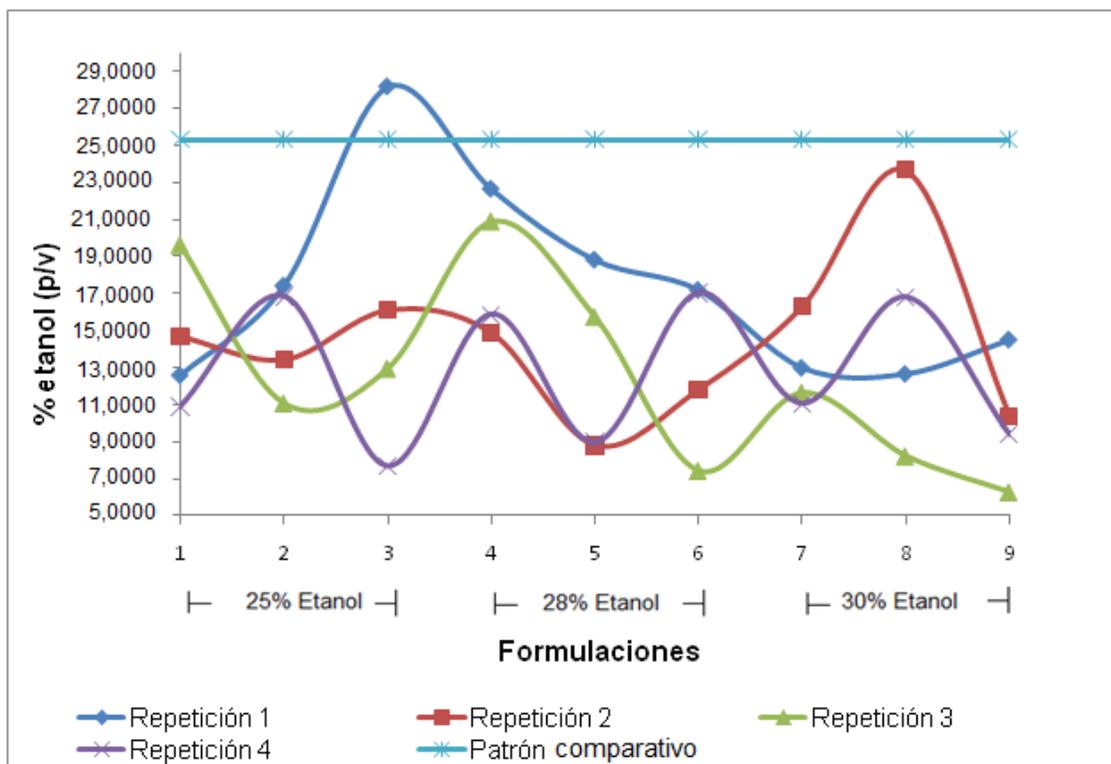
Formulaciones	% etanol	Tiempo reportado (SUS)	Viscosidad cP
1	25	5 165,22	1 115,31
2		4 192,29	882,69
3		3 922,05	823,67
4	28	2 695,06	566,81
5		2 437,16	505,56
6		2 363,08	515,63
7	30	1 613,37	329,72
8		1 547,87	320,12
9		1 262,51	270,98

Fuente: elaboración propia, basado en datos calculados.

4.6. Determinación del porcentaje de alcohol etílico por medio de cromatografía de gases

Los datos obtenidos del contenido de etanol en las formulaciones del barniz fluorado, se tabularon y se ordenaron gráficamente para mostrar su comportamiento.

Figura 25. **Contenido de etanol (%p/v) para cada repetición según formulaciones del barniz fluorado**



Fuente: elaboración propia, basado en las tablas XLIV – XLVII.

Tabla LXVII. **Contenido de etanol (%p/v) de las formulaciones del barniz dental fluorado**

Repetición	Formulación	% etanol agregado	% etanol encontrado
1	1	25	12,5679
	2		17,4158
	3		28,1814
	4	28	22,6485
	5		18,8168
	6		17,1827
	7	30	12,9753
	8		12,6440
	9		14,4946
2	1	25	14,6829
	2		13,4299
	3		16,1119
	4	28	14,8917
	5		8,9940
	6		11,8169
	7	30	16,3112
	8		23,6633
	9		10,3938
3	1	25	19,5976
	2		11,0806
	3		12,9398
	4	28	20,8604
	5		15,7342
	6		7,4422
	7	30	11,6483
	8		8,2400
	9		6,2938
4	1	25	10,8982
	2		16,8264
	3		7,6869
	4	28	15,8576
	5		8,9673
	6		17,0194
	7	30	11,0512
	8		16,7838
	9		9,3806

Fuente: elaboración propia, basado en datos calculados.

5. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Las formulaciones de barniz fluorado se elaboraron bajo condiciones ambientales, entre un rango de temperatura de 45 a 50 °C, en las cuales al etanol se le agregó colofonia previamente molida y fluoruro de sodio.

5.1. Pruebas del tiempo de secado

La determinación del tiempo de secado del barniz fluorado, se realizó comparando las mediciones de espesor y el tiempo transcurrido al secar la muestra sobre una placa de vidrio a una temperatura de 37 °C. El análisis de varianza por el método de Tukey demostró que las mediciones de espesor y tiempo son estadísticamente diferentes al secar las formulaciones de barniz fluorado al 95% de nivel de confianza.

Con estos resultados se determinó que la formulación que posee el menor tiempo de secado son 49,5 minutos y un espesor de 0,5233 mm, es la que contiene 4,5% de fluoruro de sodio, 25% de etanol y 70,5% de colofonia (formulación 1), ya que posee menor porcentaje de etanol y mayor cantidad de colofonia, lo que incidió a que el deslizamiento de esta formulación no fuera conveniente, ya que la falta de etanol y aditivos dificultó el proceso de aplicación haciendo que el espesor aumentará.

Analizando las repeticiones de cada una de las formulaciones, cabe resaltar que la formulación que posee el 4,5% de fluoruro de sodio, 30% de etanol y 65,5% de colofonia (formulación 7) posee una simetría de la distribución de los datos y no posee valores atípicos, como se muestra en el diagrama de cajas de la figura 10 y 11. Dicha formulación posee un tiempo de secado de 52,50 minutos y un espesor de 0,2158 mm.

El patrón comparativo posee un tiempo de secado de 30 minutos con un espesor de 0,13 mm, por lo tanto, la formulación que más se asemeja es la de 4,5% de fluoruro de sodio, 30% de etanol y 65,5 % de colofonia (formulación 7), ya que su deslizamiento es muy parecido al patrón comparativo debido a la cantidad de etanol y colofonia que poseía, además el espesor de la muestra facilita la evaporación del etanol.

5.2. Pruebas de color

Las pruebas de medición de color se basaron en el espacio de color $L^*C^*h^*$. En donde el parámetro de mayor importancia para la aplicación de esta investigación es el b^* , ya que indican un rango dentro del color amarillo a azul.

La diferencia de color (dE) del barniz fluorado respecto a su patrón comparativo se establece con niveles de criterio de aceptabilidad, siendo una muestra aceptada cuando su resultado es menor que tres y por lo contrario cuando el resultado es mayor o igual que cinco, además, es importante mencionar que mientras más predomine el color amarillo mejor será, ya que lo importante es observar la presencia de la aplicación en los dientes.

En los resultados obtenidos se observó que 26 de las muestras son inaceptables, 8 casi aceptables y 2 mínimas, debido a los valores muy altos de b^* haciendo la diferencia bastante grande al compararla con el patrón, según lo demuestran las tablas LXII y LXIII, debido a que las formulaciones elaboradas poseen un color amarillo intenso comparadas con el patrón, esto se debe a la colofonia utilizada ya que varía el color según la forma de extracción.

El análisis de varianza demostró, diferencias significativas en la determinación del color de las formulaciones del barniz fluorado al 95% de nivel de confianza, por lo que la formulación que se acerca más al patrón comparativo es la que posee el 5% de fluoruro de sodio, 28% de etanol y 67% de colofonia (formulación 5), el resultado se ve influido por la cantidad de colofonia agregada y por el espesor de la muestra.

5.3. Pruebas de porcentaje de fluoruro

A las formulaciones de barniz fluorado se le agregó 4,5%, 5% y 5,5% de fluoruro de sodio, además de la colofonia y el etanol; para determinar el porcentaje de ión fluoruro presente en el barniz fluorado, de primero se realizó la extracción por medio de agua y benceno, para separar la colofonia y el flúor y por último en una solución acuosa se midió el porcentaje por medio del electrodo de flúor.

El análisis de varianza demostró que las mediciones en porcentaje de ión fluoruro son iguales en las formulaciones de barniz fluorado, al 95% de nivel de confianza.

Igualmente, se observaron las repeticiones de cada una de las formulaciones y se determinó que la formulación que posee el 4,5% de fluoruro de sodio, 30% de etanol y 65,5 % de colofonia (formulación 7) posee una simetría de la distribución de los datos y no posee valores atípicos, distribución de datos que se encuentran en el diagrama de cajas de la figura 13, teniendo un porcentaje de flúor de 2,19% relación p/v.

El porcentaje de flúor que presenta el patrón comparativo es de 2,26% relación p/v, porcentaje parecido a la formulación anterior, este valor porcentual de diferencia se debe a que se sedimenta el fluoruro de sodio en el barniz y para utilizarlo se debió agitar pudiendo quedar restos de fluoruro de sodio sin homogenizar, además se le adicionan las pérdidas en el proceso de extracción.

5.4. Pruebas de la densidad

La prueba de densidad se realizó para determinar la viscosidad del barniz fluorado, además del cálculo de la cantidad de masa que existe en un volumen específico. El análisis de varianza demostró que las mediciones de la densidad son diferentes en las formulaciones de barniz fluorado, al 95% de nivel de confianza.

La formulación que posee el 4,5% de fluoruro de sodio, 30% de etanol y 65,5% de colofonia (formulación 7) y una densidad de $0,94798 \text{ g/cm}^3$, fue la formulación que presentó simetría en la distribución de los datos según repeticiones, como se puede observar en el diagrama de cajas de la figura 14, esta posee un valor similar al patrón comparativo, el cual indica una densidad de $0,9555 \text{ g/cm}^3$.

La diferencia en estos valores radica principalmente en el proceso de medición ya que se realizó con una probeta y por ser un material muy viscoso dificulta la medición exacta del volumen.

5.5. Pruebas de viscosidad

La viscosidad se ve influenciada principalmente por la cantidad presente de etanol, seguido por la cantidad de colofonia que le da esta apariencia, por tal razón las formulaciones que poseen menor cantidad de etanol y a su vez mayor cantidad de colofonia son las que presentan mayor viscosidad.

La prueba de viscosidad se realizó para determinar la fluidez al aplicar el barniz fluorado, este requiere una alta viscosidad porque debe cumplir con una aplicación puntual y excelente humectación sobre la superficie dental, por ejemplo, en ortodoncia como “el barniz dental es de alta viscosidad se puede aplicar a nivel de cuello de la pieza dentaria y no va escurrir a donde están los *brackets*¹⁷”.

¹⁷ GARCÍA VALORIA, Ana. *Barnices de Flúor ¿Debemos Utilizarlos?*. <[http://clinicamallat.com/05_formacion/art_cien/odonped/odop02.pdf](http://clanicamallat.com/05_formacion/art_cien/odonped/odop02.pdf)>. [Consulta: en junio 2010].

Por lo que la formulación que presenta mayor viscosidad determinada por medio del viscosímetro de Saybolt a una temperatura de 50 °C es la número uno, con un valor de 1 115,31 cP, valor bastante bajo relacionado con el patrón comparativo siendo el valor de 600 000 cP, este resultado se ve influenciado porque las mediciones se realizaron a una temperatura de 50 °C y la del patrón a temperatura ambiente, la variación de la temperatura fue debido a la capacidad del instrumento. Otros factores importantes a la viscosidad muy baja fueron por la falta de aditivos que ayudan a aumentar la viscosidad y adherencia a una superficie.

5.6. Pruebas de porcentaje de alcohol etílico

El análisis de varianza de la determinación del porcentaje de alcohol etílico en las formulaciones de barniz fluorado demostró que las mediciones son iguales, con un nivel de confianza del 95%, a pesar de que se ven promedios bastante diferentes entre las repeticiones, la alta variabilidad dentro de los mismos hace que no se detecte diferencia significativa, como se puede observar en la figura 15.

El porcentaje de etanol agregado a las formulaciones de barniz fluorado fueron de 25%, 28% y 30%, obteniendo resultados bastante bajos comparados con lo agregado.

Los resultados bajos de etanol se deben a que se dejó de último el desarrollo de las pruebas por medio de cromatografía de gas-sólido, agregándosele la utilización de recipientes de almacenamiento parcialmente herméticos, lo que facilitó la evaporación del etanol en las muestras formuladas.

Las formulaciones que poseen mayor porcentaje de etanol son las que poseen menor porcentaje de colofonia, facilitando el proceso de evaporación de etanol y por lo tanto, son estas formulaciones las que poseían el menor resultado.

Otra causa que influyó en los resultados de etanol fue en el momento de la realización de las formulaciones de barniz fluorado, ya que se trabajó en un rango de temperatura de 45 a 50 °C, tomando un tiempo de 30 minutos para su elaboración y por ser un solvente muy volátil, esta temperatura facilitó su evaporación.

CONCLUSIONES

1. La prueba del tiempo de secado, que determinó la formulación óptima es la de 30% de etanol (p/v), con 52,20 minutos de tiempo de secado.
2. El color de las formulaciones en general, son de mayor intensidad que la muestra patrón.
3. La diferencia de color (dE), determinó que la formulación óptima es la de 67% de colofonia, con una diferencia de 4,6025.
4. El porcentaje de ión fluoruro, determinó que la formulación óptima es la de 4.5 % NaF, con un porcentaje de flúor de 2,19% (p/v).
5. La densidad de las mejores formulaciones seleccionadas tienen un valor de 0,94798 g/cm³ y 0,95932 g/cm³.
6. La formulación que posee el 25% de etanol (p/v) y 70,5% de colofonia es la que presenta mayor viscosidad.
7. Según resultados del porcentaje de alcohol etílico, la formulación del 28% de etanol (p/v), es la que presenta mayor contenido de etanol con un porcentaje de 18,565%(p/v).

RECOMENDACIONES

1. Realizar otros estudios en donde se evalúe la adición de coadyuvantes para aumentar la estabilidad de la suspensión coloidal y viscosidad.
2. Efectuar otros estudios de formulación de barnices fluorados en donde se varíe la resina y la sal de fluoruro a utilizar.
3. Ejecutar pruebas de aplicación en modelos dentales (tipodonto), con las formulaciones elaboradas en posteriores investigaciones.
4. Hacer un estudio que disminuya la velocidad de secado, mejorando el tiempo, incorporando aditivos que el producto patrón cita.
5. Proponer una nueva técnica de extracción de flúor, en las formulaciones del barniz fluorado.
6. Al elaborar las formulaciones de barniz fluorado, se debe cerciorar el uso correcto y adecuado del equipo de protección personal (EPP).
7. Los desechos producidos se deben recolectar en un recipiente de vidrio debidamente identificado, para luego enviarlo a una empresa que realice el proceso de tratamiento adecuado y así disminuir el impacto ambiental.

BIBLIOGRAFÍA

1. AJÁ MORATAYA, Roderico Aníbal. *Destilación de la resina de pino ocote (Pinus oocarpa Schiede ex Schltdl) extraída en el municipio de Granados, Baja Verapaz para la obtención y caracterización de colofonia (Rosyn) a nivel laboratorio*. Trabajo de graduación de Ing. Química. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2006. 150 p.
2. American Society for Testing and Materials. *ASTM D 1640 – 83. Drying, curing, or film formation of organic coating at room temperature*. Pennsylvania: ASTM, 1990. p. 223-226.
3. _____. *ASTM D 1200 – 88. Standard Test Method for Saybolt furol viscosity of bituminous materials at high temperatures*. Pennsylvania: ASTM, 1990. p. 142-144.
4. _____. *ASTM D 2161 - 87. Method for Conversion of Kinematic viscosity to Saybolt Universal or to Saybolt Furol Viscosity*. Pennsylvania: ASTM, 1990. p. 67-73.
5. ARCHILA, Miguel. *Arboles, medio ambiente y sociedad* [en línea]. Disponible en Web: <<http://sanfern.idoo.com/trementina.html>>. [Consulta: en junio 2010].

6. ARRECHEA ALVARADO, Marlene Susana. *Evaluación de tres absorbentes para la reducción del porcentaje de sólidos totales en la recuperación de la mezcla de acetato de Etilo/alcohol etílico, en el proceso de limpieza de equipo, en la Industria Gráfica*. Trabajo de graduación de Ing. Química. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2010. 166 p.
7. BERENGUER SUBILS, María José. *Colofonia riesgos asociados a su utilización* [en línea]. Disponible en Web: <<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/>>. [Consulta: en junio 2010].
8. COGUANOR. *Norma Guatemalteca para las Especificaciones*, COGUANOR NGO 30 019. Guatemala: COGUANOR, 1987.
9. FAO. *Resinar pinos una actividad ancestral* [en línea]. Disponible en Web: <<http://www.fao.org/teca/content/resinaci%C3%B3n-de-pinos>>. [Consulta: en junio 2010].
10. GARCÍA VALORIA, Ana. *Barnices de Flúor ¿Debemos utilizarlos?* [en línea]. Disponible en Web: <http://clinicamallat.com/05_formacion/art_cien/odonped/odop02.pdf>. [Consulta: en junio 2010].
11. HERNÁNDEZ MUÑOZ, Lázaro. *La resina* [en línea]. Disponible en Web: <<http://www.matutedealmazan.org/resina.htm>>. [Consulta: en junio 2010].

12. Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial; Unidad Ejecutora del Programa de desarrollo forestal comunal. *Estudio técnico evaluación y mejoras al sistema de procesamiento de resina en el municipio de Santa Cruz El Chol, Baja Verapaz*. Guatemala: ACAITI, 1971. 87 p.
13. MORENO, Luciano. *Teoría del color. Propiedades de los colores* [en línea]. Disponible en Web: <<http://www.desarrolloweb.com/articulos/1503.php>>. [Consulta: en agosto 2010].
14. PEÑA ORTÍZ, Marta Julia Regina. *Determinación potenciométrica de flúor soluble total en los dentífricos de mayor disponibilidad comercial en Guatemala*. Trabajo de graduación de Lic. Química en Química Farmacéutica. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2000. 100 p.
15. PERRY, Robert. *Manual del Ingeniero Químico*. 7 ed. México: McGraw-Hill, 1999. p. 2-98.
16. TEGASCROMAT. *Componentes de la resina de pino* [en línea]. Disponible en Web: <<http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/8247/3/T3gascromat.doc>>. [Consulta: en agosto 2010].

17. VARGAS GONZÁLEZ, Mónica María. *Estudio comparativo de dos métodos (Método por cromatografía de gas y método por electrodo selectivo de flúor) para determinar flúor en crema dental*. Trabajo de graduación de Lic. Química en Farmacéutica. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1994. 97 p.

APÉNDICES

Apéndice 1. Cronograma

ACTIVIDAD	MES I				MES II				MES III				MES IV				MES V				MES VI			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	3	4	1	2	3	4			
Corrección y aprobación del protocolo																								
Inicio de la investigación																								
Recolección de datos teóricos																								
Obtención de la colofonia (LIXVE)																								
Formulación del barniz dental fluorado (LIXVE)																								
Análisis químico																								
Análisis toxicológicos de la muestras																								
Análisis Microbiológicos																								
Evaluación de calidad según RTCA 71.03.45:07																								
Compilación de datos y análisis estadístico																								
Interpretación y conclusiones																								
Período de correcciones																								
Presentación y aprobación final																								

Nota: ■ Obtención de colofonia, ■ Formulación del barniz fluorado,
■ Análisis microbiológico, ■ Actividades conjuntas

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. **Costos para la obtención de la materia prima**

Cantidad	Descripción	Costo (Quetzales)
140 Km	Combustible a Q30,00/ galón (35 Km/ galón)	150,00
1 tiempo	Alimentación, Q30,00	30,00
1 bote	Colofonia	135,00
	Subtotal	315,00

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. **Costos para la cristalería**

Cantidad	Cristalería	Descripción	Costo (Quetzales)
2	Probetas	Vidrio 50 mL	1 000,00
2	Probetas	Vidrio 100 mL	508,00
1	Pipetas volumétricas	Vidrio 25 mL	44,50
3	<i>Beackers</i>	Vidrio 25 mL	90,00
3	<i>Beackers</i>	Vidrio 100 mL	90,00
2	Varillas de agitación	Vidrio	20,60
1	Espátula	Mango de madera,	62,00
1	Pizeta	Polietileno	23,52
1	<i>Parafilm</i>	Rollo	245,00
1	Termómetro	Mercurio	150,00
3	Guantes	Látex	180,00
	Subtotal		2 413,62

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4. **Costos para el equipo**

Cantida d	Equipo	Descripción	Costo de depreciación por 6 meses (Quetzales)
1	Balanza analítica	Marca: Adventur serie: G1231202040133	1 839,50
1	Plancha de calentamiento	Marca Corning, modelo PC-620	1 945,58
1	Campana de extracción	Marca Serproma de motor con capacidad de ¾ Hp	3 675,70
1	Refractómetro	Marca Abbe serie 32200	5 850,00
Subtotal			13 310,78

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 5. **Costos de reactivos**

Cantidad	Reactivo	Descripción	Costo (Quetzales)
1	Fluoruro de sodio	1 kg	1 130,70
1	Alcohol etílico	2,5 L	220,00
2	Agua desmineralizada	18,9 L	25,40
Subtotal			1 376,10

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 6. **Costos de energía eléctrica**

Equipo	Potencia (watt)	No. de horas	kW-H totales	Costo kW-H	Costo total
Balanza analítica	12	12	25	1,67	35,07
Plancha de calentamiento	1 113	24	87,64	1,67	146,36
Potenciómetro	15	10	0,07	1,67	0,12
Campana de extracción	900	2	15	1,67	25,05
Electrodo de referencia de precisión	15	10	0,07	1,67	0,12
Refractómetro	400	20	21	1,67	35,07
				Subtotal	241,79

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 7. **Costos varios**

Cantidad	Artículo	Descripción	Costo (Quetzales)
5	Recipientes	Botes plásticos	10125
10	Frascos	De vidrio	100,00
36	Frascos	De vidrio	360,00
1	<i>Maskintape</i>		6,75
1	Marcador		12,30
1	Tijeras		15,70
1	Mascarillas	Caja	9875
1	Guantes látex	Caja	70,00
Subtotal			764,75

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 8. **Costos de servicios prestados**

Servicio	Número de muestras	Costos unitario (Quetzales)	Costo (Quetzales)
Determinación de flúor LIQA	37	150,00	5 550,00
Determinación de etanol (UAI)	36	150,00	5 400,00
Determinación de etanol (UAI)	1	350,00	350,00
Subtotal			11 300,00

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 9. **Costos totales**

Descripción	Sub-Totales (Quetzales)
Materia prima	315,00
Cristalería	2 413,62
Equipo	13 310,78
Reactivos	1 376,10
Energía Eléctrica	241,79
Varios	764,75
Servicios prestados	11 300,00
Total	29 722,04

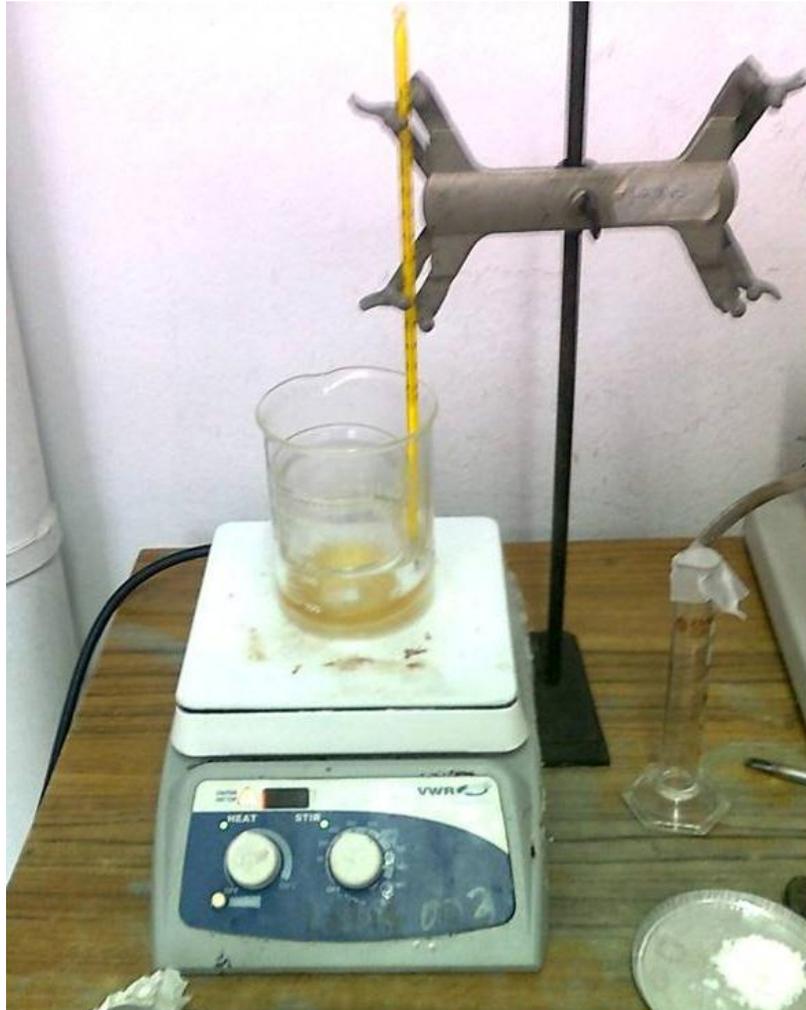
Fuente: elaboración propia.

Apéndice 10. **Muestra de colofonia molida**



Fuente: Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales (LIEXVE).

Apéndice 11. **Cristalería y equipo necesario para la elaboración del barniz dental fluorado**



Fuente: Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales (LIEXVE).

Apéndice 12. **Vernier electrónico utilizado para medir espesor**



Fuente: Laboratorio de Química Industrial (USAC).

Apéndice 13. **Secador al vacío**



Fuente: Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales (LIEXVE).

Apéndice 14. **Viscosímetro de Saybolt**



Fuente: Laboratorio de Físicoquímica (USAC).

Apéndice 15. **Equipo de medición de coordenadas de color Gretag
Macbeth**



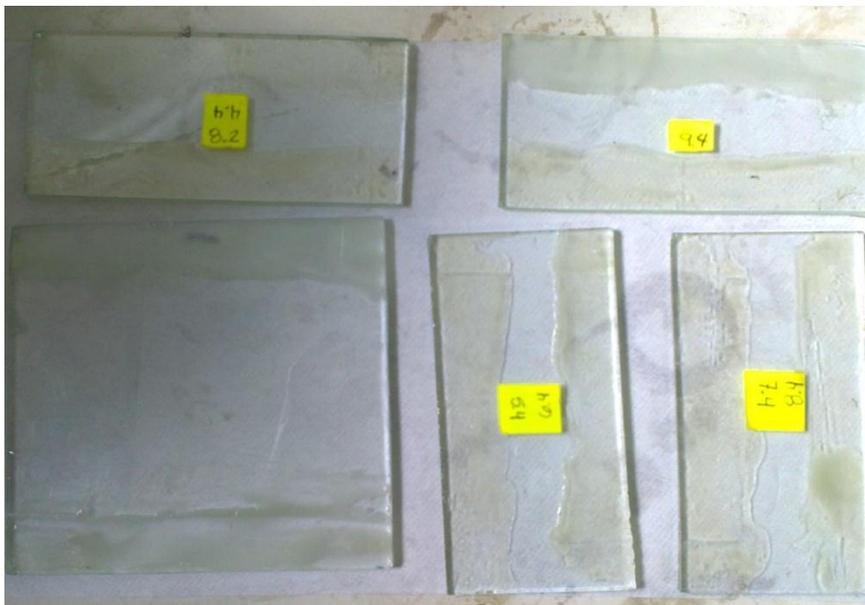
Fuente: Laboratorio de Calidad Siegwark Centroamérica S.A.

Apéndice 16. **Muestras de una repetición completa del barniz fluorado**



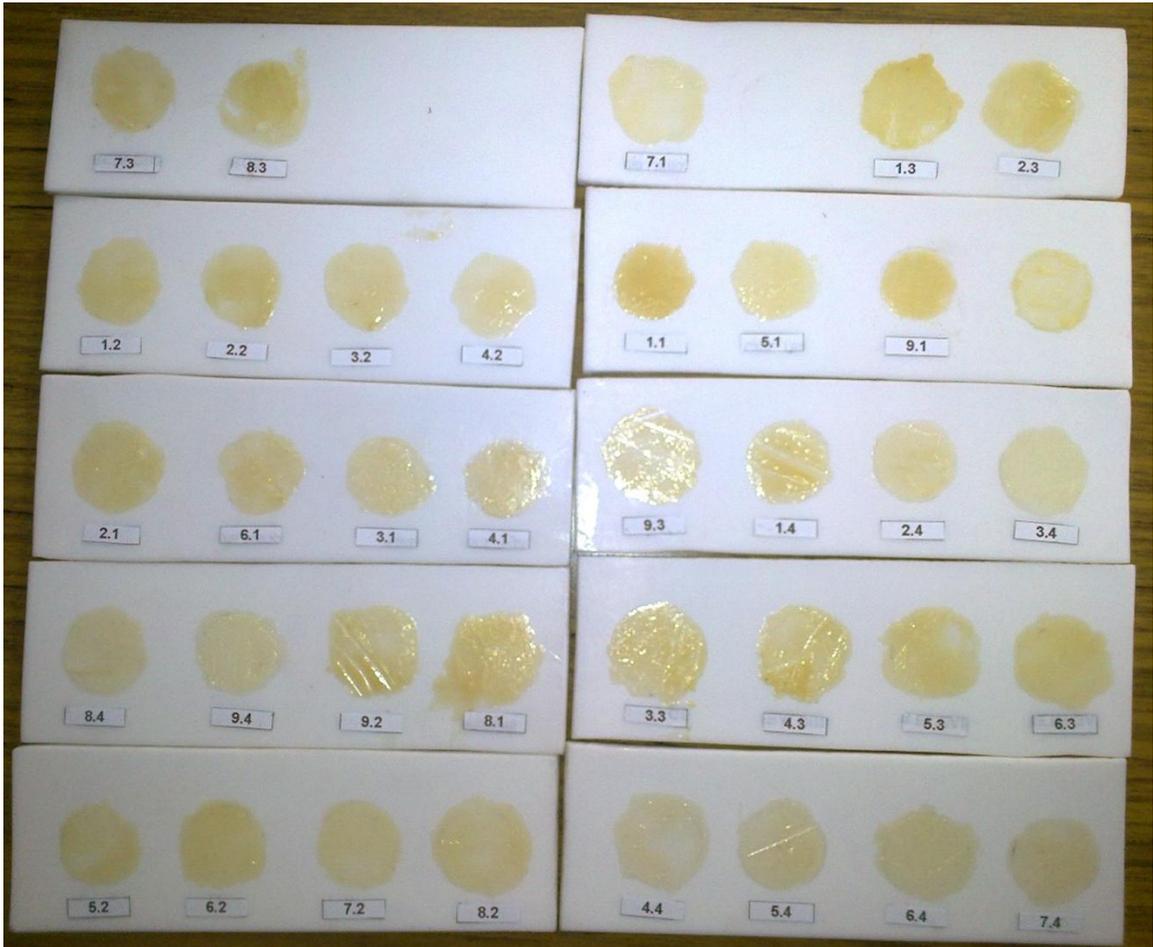
Fuente: Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales (LIECVE).

Apéndice 17. **Muestras de barniz fluorado, para determinar tiempo de secado**



Fuente: Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales (LIECVE).

Apéndice 18. **Muestras de barniz fluorado, para determinar la diferencia de color**



Fuente: Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales (LIEXVE).

Apéndice 19. **Forma de extracción del ión fluoruro del barniz fluorado**



Fuente: Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales (LIEXVE).

Apéndice 20. **Ficha de seguridad de compuestos fluorados**

1. Identificación de peligros

Los principales peligros y riesgos al trabajar con compuestos fluorados, son: peligros fisicoquímicos, ambientales y que afectan la salud humana.

1.1. Peligros físicoquímicos

El calentamiento del producto por encima de su temperatura de fusión o su contacto con ácidos minerales fuertes, libera vapores tóxicos y corrosivos.

1.2. Peligros ambientales

Los compuestos de fluoruros pueden causar daños en el agua y en el ambiente.

1.3. Peligros para la salud humana

En casos de exposiciones prolongadas y repetidas, la absorción de iones fluoruro en la sangre, por inhalación de polvos o vapores, por ingestión o por absorción cutánea, puede producir fluorosis (fijación del calcio de los huesos por fluoruros). La absorción de iones fluoruro en la sangre puede reducir los niveles de calcio y magnesio del suero, causando posible hipocalcemia e hipomagnesia.

Exposición en grandes concentraciones puede causar daño a riñones. Exposiciones prolongadas a polvo de fluoruro, vapores o mezclas resultantes pueden producir hemorragias nasales. Los síntomas de sobreexposición a fluoruros pueden incluir salivación, náuseas, vómitos, dolor abdominal, diarreas, fiebre, respiración fatigosa.

2. Manipulación y almacenamiento

Al trabajar con compuestos fluorados además de conocer el adecuado equipo de protección personal es necesario conocer la manipulación y almacenamiento adecuado.

2.1. Manipulación

Manipúlese y ábrase el recipiente con prudencia, evitando que se derrame y que produzca polvo. Procurar buena ventilación. Los envases que hayan sido parcialmente utilizados deben volverse a cerrar herméticamente después de su uso y devolverse al almacén. Los envases vacíos pueden contener residuos, por lo que deben manipularse como si estuvieran llenos.

2.2. Almacenamiento

El almacenamiento debe estar situado en lugar seco y bien ventilado, en una zona adaptada para los productos tóxicos, lejos de fuentes de calor y de productos incompatibles. Almacenarlo en el envase original herméticamente cerrado. No almacenar en la proximidad de productos destinados a la alimentación humana o animal. Como materiales de embalaje se pueden utilizar envases de papel multihoja, papel plastificado, cartón, plástico, madera, metal, GRG's de plástico y silos metálicos.

3. Controles de exposición y protección personal

3.1. Valores límite de la exposición

Valor límite para exposiciones repetidas:

VLA – ED: 2,5 mg (F) / m³ – Guía del INSHT

VLA – ED: 2 mg (Al, sales soluble) / m³ – Guía INSHT

3.2. Controles de la exposición

Si las condiciones de uso producen polvo, será necesario utilizar equipos de protección personal. No comer, beber, ni fumar durante la manipulación del producto. Al terminar el trabajo ducharse o lavarse. Antes de pausas lavarse las manos. Cambiarse de ropa de trabajo después de manipular el producto y la ropa manchada o humedecida y lavarla previamente a su reutilización.

3.3. Protección respiratoria

En correspondencia con los niveles de exposición, utilizar el equipo respiratorio adecuado que corresponda a dichos niveles. Los equipos respiratorios apropiados, todos ellos EPI'S de categoría 3, pueden ser mascarillas autofiltrantes tipo FFP3, filtros con media máscara tipo P3, filtros con máscara completa tipo P3, ventilación asistida con casco o capucha tipo THP3, ventilación asistida con máscara completa tipo TMP3.

3.4. Protección de las manos

Guantes de látex

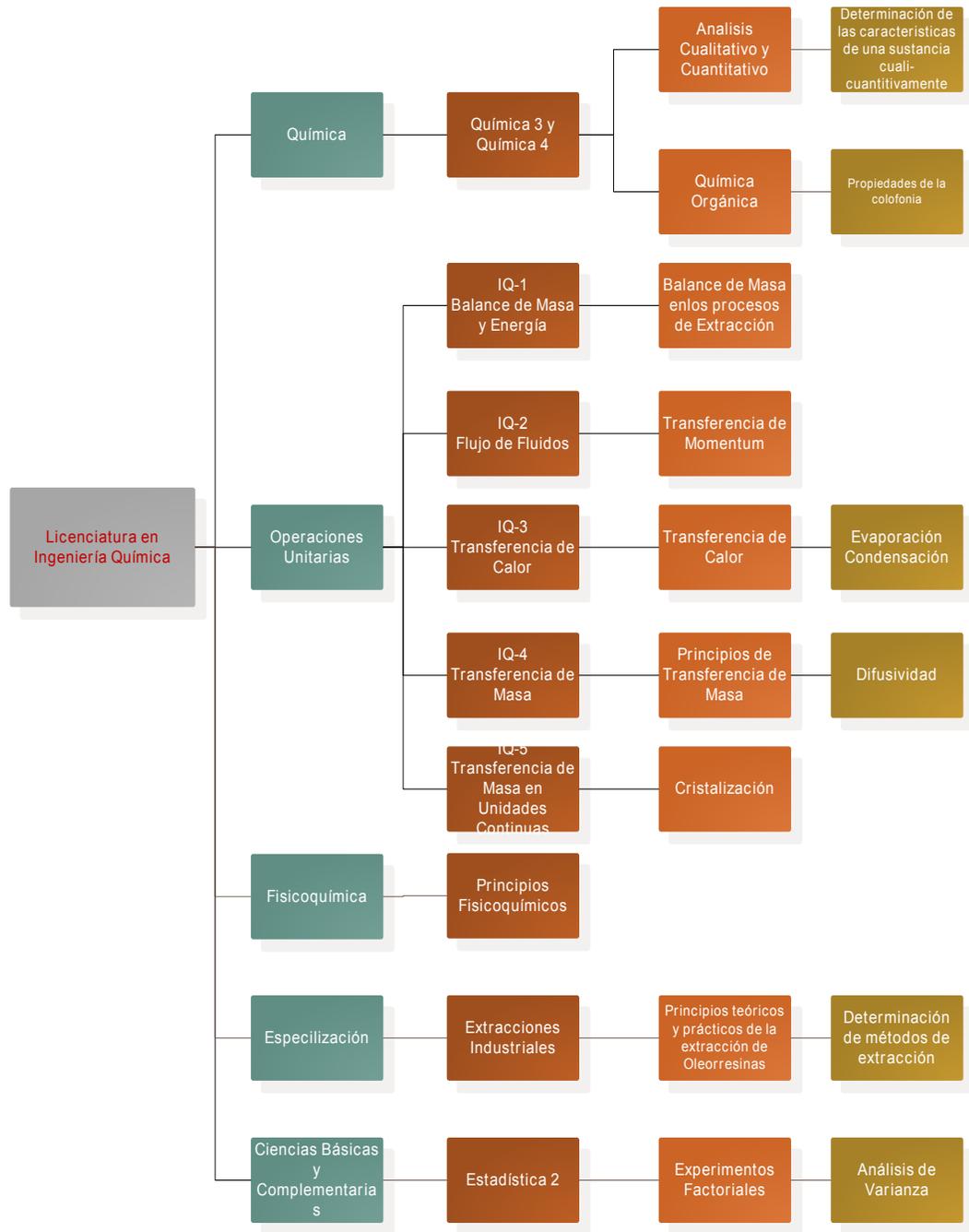
3.5. Protección de los ojos

Gafas de protección química, tipo motorista o buzo, bien ajustadas.

4. Tratamiento del producto

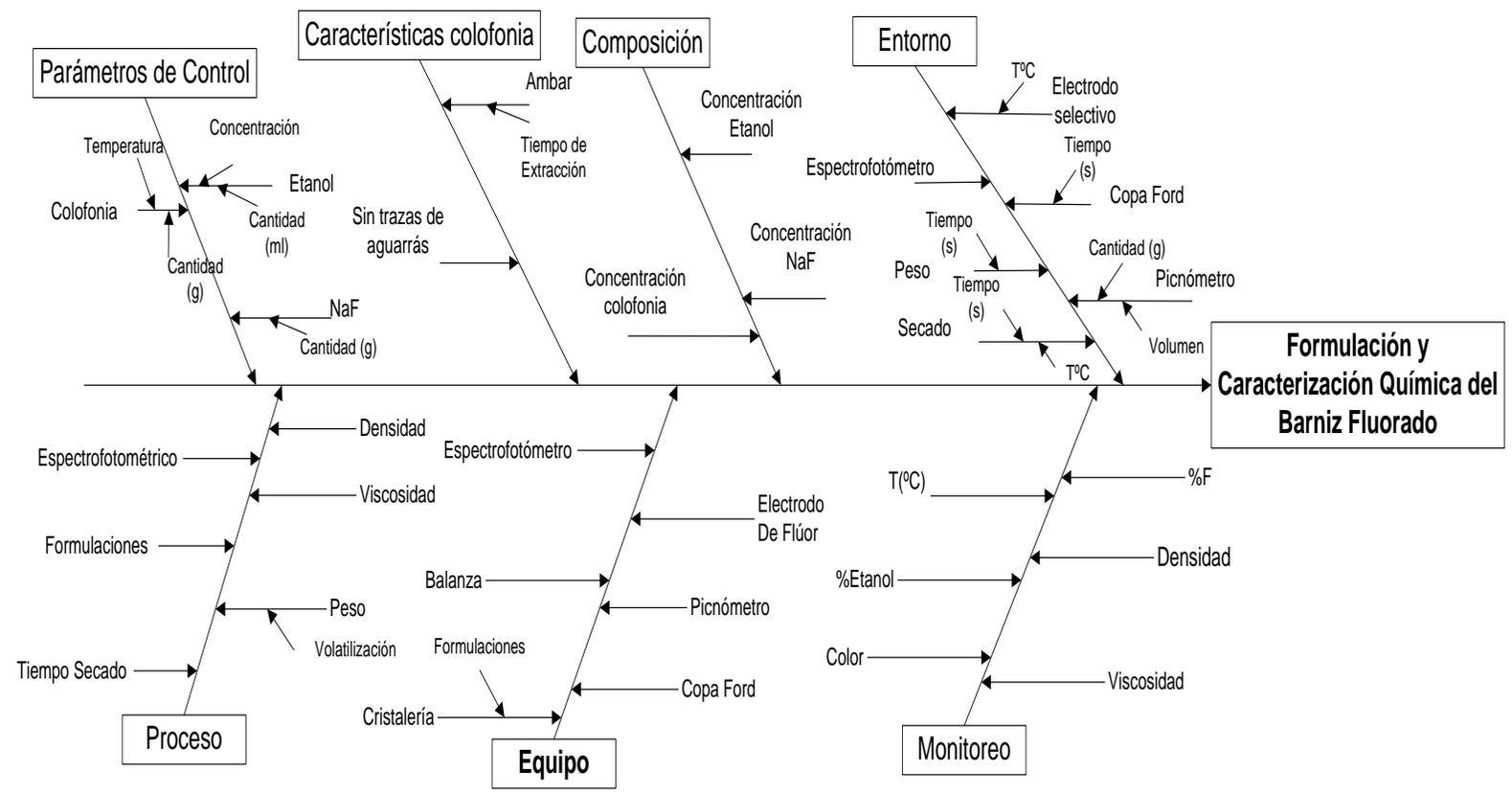
Entregar el producto envasado, en envases secos y cerrados, a un gestor autorizado para que él gestione su eliminación, que probablemente lo realizará mediante un tratamiento físicoquímico y posterior depósito en un vertedero controlado.

Apéndice 21. **Tabla de requisitos académicos**



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 21. Diagrama de Ishikawa

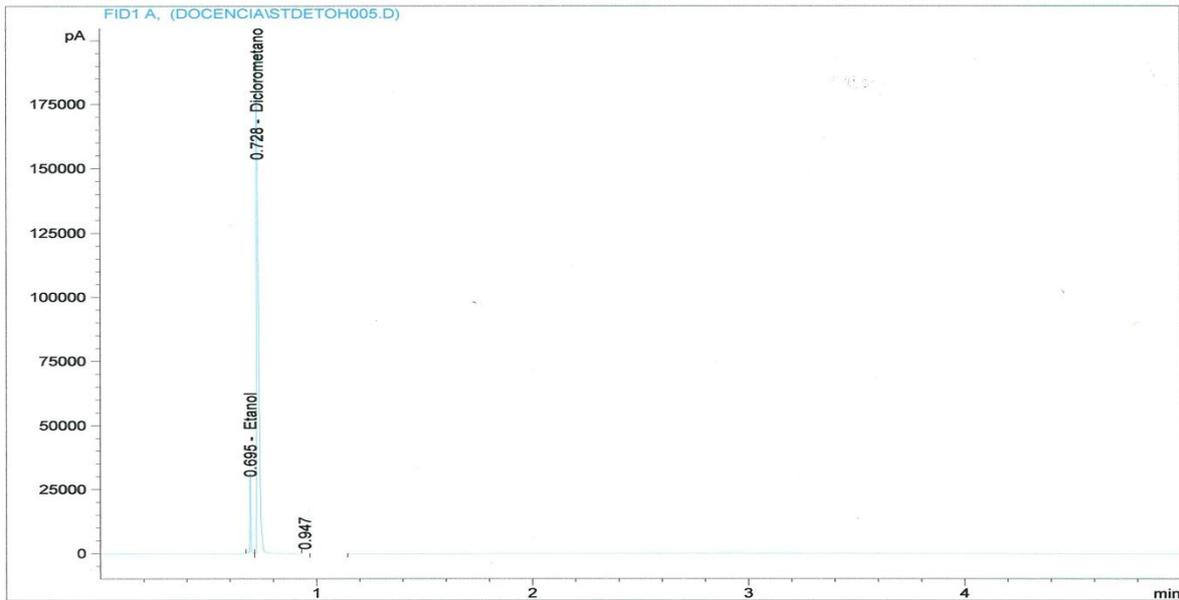


Fuente: elaboración propia.

ANEXOS

Anexo 1. Cromatograma para determinar la curva de calibración

Acq. Operator : Patricia Navas
 Acq. Instrument : Instrument 1 Location : Vial 1
 Injection Date : 8/24/2011 6:20:39 PM Inj : 1
 Inj Volume : Manually
 Acq. Method : C:\CHEM32\1\METHODS\ALCOHOLES RESINAS.M
 Last changed : 8/24/2011 6:19:08 PM by Patricia Navas
 Analysis Method : C:\CHEM32\1\METHODS\ALCOHOLES RESINAS.M
 Last changed : 8/25/2011 7:47:08 PM by Patricia Navas
 Sample Info : Barniz dental.
 Determinacion porcentaje de etanol
 Proyecto Inga. Cano



Area Percent Report

Sorted By : Signal
 Calib. Data Modified : 8/24/2011 7:54:50 PM
 Multiplier : 1.0000
 Dilution : 1.0000
 Sample Amount : 2.00000e-1 [%] (not used in calc.)
 Use Multiplier & Dilution Factor with ISTDs

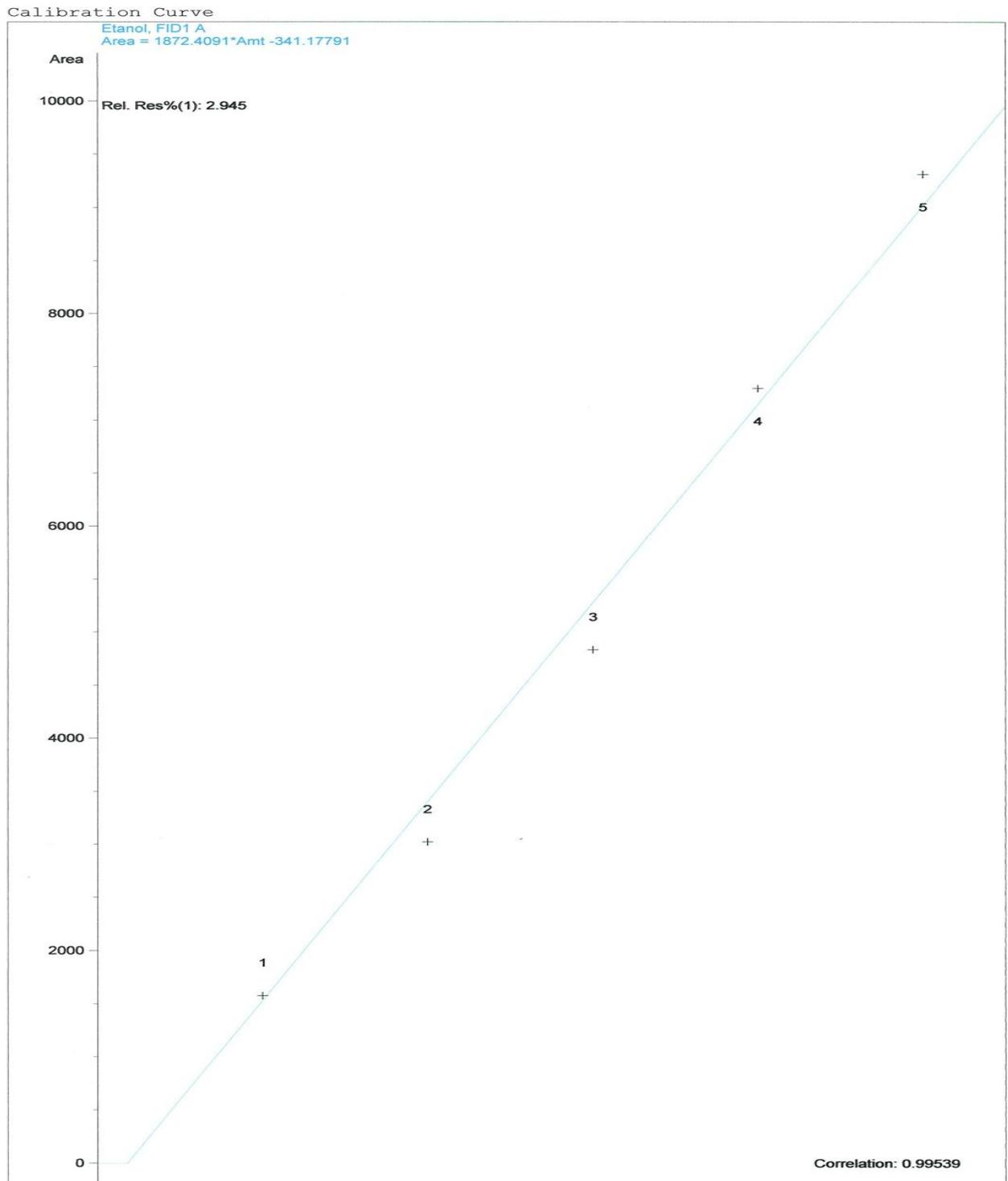
Signal 1: FID1 A,

Peak #	RetTime [min]	Type	Width [min]	Area [pA*s]	Area %	Name
1	0.695	BV S	6.83e-3	9311.79395	6.26519	Etanol
2	0.728	VB S	0.0138	1.39286e5	93.71485	Diclorometano
3	0.947	BB X	0.0104	29.65242	0.01995	?

Totals : 1.48627e5

Fuente: Unidad de Análisis Instrumental (UAI).

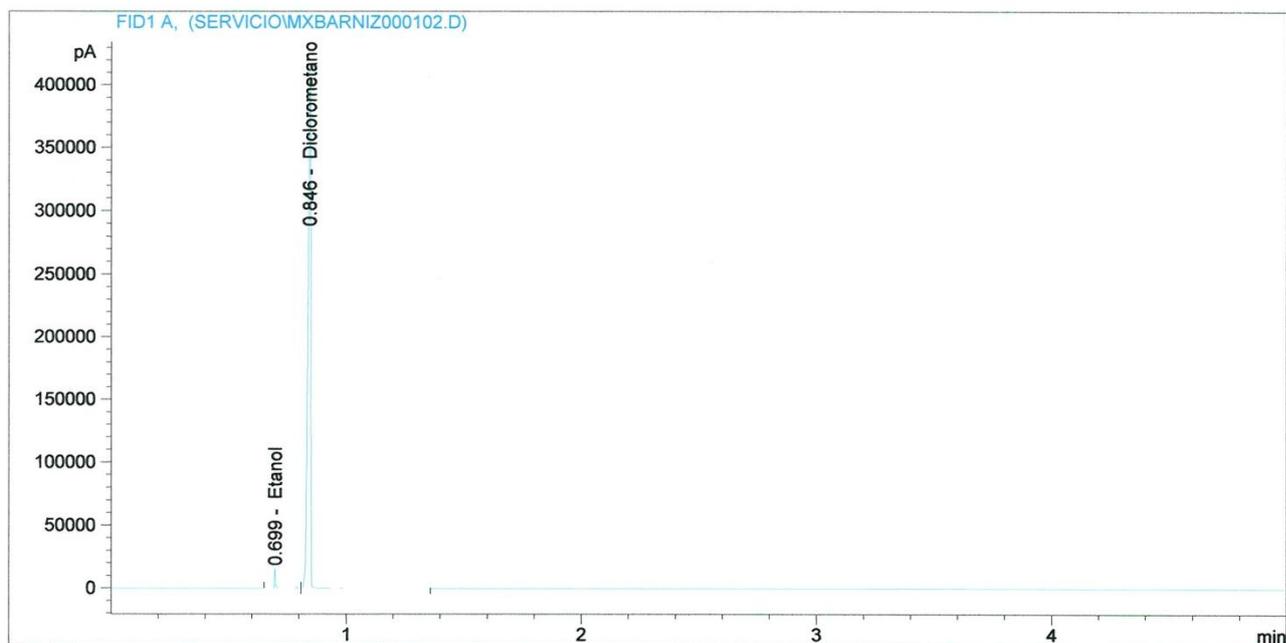
Anexo 2. Curva de calibración para determinar porcentaje de etanol



Fuente: Unidad de Análisis Instrumental (UAI).

Anexo 3. Cromátograma para determinar el porcentaje de etanol del patrón comparativo

Acq. Operator : Patricia Navas
Acq. Instrument : Instrument 1 Location : Vial 1
Injection Date : 9/19/2011 6:51:33 PM Inj : 1
Inj Volume : Manually
Acq. Method : C:\CHEM32\1\METHODS\ALCOHOLES RESINAS.M
Last changed : 9/19/2011 6:51:07 PM by Patricia Navas
(modified after loading)
Analysis Method : C:\CHEM32\1\METHODS\ALCOHOLES RESINAS.M
Last changed : 9/19/2011 6:54:41 PM by Patricia Navas
(modified after loading)
Sample Info : Determinacion de porcentaje de etanol



=====
Area Percent Report
=====

Sorted By : Signal
Calib. Data Modified : 9/19/2011 7:05:28 PM
Multiplier : 1.0000
Dilution : 1.0000
Sample Amount : 2.00000e-1 [%] (not used in calc.)
Use Multiplier & Dilution Factor with ISTDs

Fuente: Unidad de Análisis Instrumental (UAI).

Anexo 4. Resultado del porcentaje de etanol del patrón comparativo

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE CC. QQ.
Y FARMACIA
EDIFICIO T-12
Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

ESCUELA DE QUIMICA UNIDAD DE ANALISIS INSTRUMENTAL Edificio T-13, Ciudad Universitaria, Zona 12 Tel: 2418-9423			INFORME DE ANÁLISIS DE LABORATORIO QUÍMICO	
NOMBRE COMÚN O COMERCIAL DE LA MUESTRA Barniz fluorado dental			No. de Código / Marca del Remitente -----	
No. registro: 1109228			Empresa/Institución: Remitente/Solicitante: Geraldina García	
Fecha recolección 19/09/2011	Muestras recibidas por PN	Tipo de recipiente Tubo	Peso neto ***	
DETERMINACIONES SOLICITADAS: Cuantificación de Etanol				
RESULTADOS DE ANÁLISIS				
Muestra	Código	% P/V		
1109228	Barniz fluorado	25.32		
Costo total:		Q. 350.00		
Analista(s) PN		Ref. Registro Análisis: Cuad/UAI/PN	Costo total facturado: Q.350.00	
Firma Jefe UAI:	Recibido nombre:	Firma	Fecha:	



1/3

Fuente: Laboratorio de Investigación de Química Ambiental (LIQA)-