



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

**ESTUDIO DEL PROCESO DE MEZCLA EN LA ELABORACIÓN DE BASES  
PARA CONSOMÉS DESHIDRATADOS, UTILIZANDO GRASA  
HIDROGENADA, ESTEARINA Y OLEÍNA DE PALMA**

**María José Pivaral Betancourt**

Asesorado por el Ing. Otto Francisco Alvarado Aguilar

Guatemala, enero de 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESTUDIO DEL PROCESO DE MEZCLA EN LA ELABORACIÓN DE BASES  
PARA CONSOMÉS DESHIDRATADOS, UTILIZANDO GRASA  
HIDROGENADA, ESTEARINA Y OLEÍNA DE PALMA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**MARÍA JOSÉ PIVARAL BETANCOURT**

ASESORADO POR EL ING. OTTO FRANCISCO ALVARADO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERA QUÍMICA**

GUATEMALA, ENERO DE 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
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 Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Jorge Rodolfo García Carrera
EXAMINADOR	Ing. Federico Guillermo Salazar Rodríguez
EXAMINADOR	Ing. Manuel Gilberto Galván Estrada
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## 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:

### **ESTUDIO DEL PROCESO DE MEZCLA EN LA ELABORACIÓN DE BASES PARA CONSOMÉS DESHIDRATADOS, UTILIZANDO GRASA HIDROGENADA, ESTEARINA Y OLEÍNA DE PALMA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, con fecha de 3 mayo de 2011.



**María José Pizaral Betancourt**

Guatemala, 15 de octubre de 2012

Ingeniero

Víctor Manuel Monzón Valdez

Director Escuela de Ingeniería Química

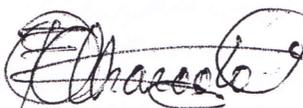
Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Estimado Ingeniero Víctor Monzón

Por este medio le envío mi dictamen de aprobación del informe final de trabajo de graduación titulado: **"ESTUDIO DEL PROCESO DE MEZCLA EN LA ELABORACIÓN DE BASES PARA CONSOMÉS DESHIDRATADOS, UTILIZANDO GRASA HIDROGENADA, ESTEARINA Y OLEÍNA DE PALMA"**. Trabajo final de graduación que podrá continuar el proceso tras la aprobación de la terna evaluadora por la estudiante universitario **MARIA JOSE PIVARAL BETANCOURT** con carné No. **200611310**, quien cursa la carrera de Ingeniería Química y es asesorado y supervisado por mi persona.

Sin otro particular me despido de usted atentamente.



Otto Francisco Alvarado Aguilar  
INGENIERO QUIMICO  
COLEGIADO No. 728

Ing. Otto Francisco Alvarado Aguilar  
Catedrático de la Universidad de San Carlos,  
Centro Universitario de Sur (CUNSUR)  
Colegiado No. 728



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

Guatemala, 22 de octubre de 2012  
Ref. EIQ.TG-IF.048.2012

Ingeniero  
**Víctor Manuel Monzón Valdez**  
DIRECTOR  
Escuela Ingeniería Química  
Facultad de Ingeniería

Estimado Ingeniero Monzón:

Como consta en el Acta TG-174-2011-IF le informo que reunidos los Miembros de la Terna nombrada por la Escuela de Ingeniería Química, se practicó la revisión del:

**INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADUACIÓN**

Solicitado por la estudiante universitaria: **María Jose Pivaral Betancourt**

Identificada con número de carné: **2006-11310**

Previo a optar al título de **INGENIERA QUÍMICA**.

Siguiendo los procedimientos de revisión interna de la Escuela de Ingeniería Química, los Miembros de la Terna han procedido a **APROBARLO** con el siguiente título:

**ESTUDIO DEL PROCESO DE MEZCLA EN LA ELABORACIÓN DE BASES  
PARA CONSOMÉS DESHIDRATADOS, UTILIZANDO GRASA HIDROGENADA,  
ESTEARINA Y OLEÍNA DE PALMA**

El Trabajo de Graduación ha sido asesorado por el Ingeniero Químico: **Otto Alvarado**.

Habiendo encontrado el referido informe final del trabajo de graduación **SATISFACTORIO**, se autoriza al estudiante, proceder con los trámites requeridos de acuerdo a las normas y procedimientos establecidos por la Facultad para su autorización e impresión.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Inga. Hilda Palma  
COORDINADORA DE TERNA  
Tribunal de Revisión  
Trabajo de Graduación



C.c.: archivo

PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA  
ACREDITADO POR  
Agencia Centroamericana de Acreditación de  
Programas de Arquitectura y de Ingeniería  
Período 2009 - 2012



ACAAI



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

Guatemala, 22 de octubre de 2012  
Ref. EI.Q.TG.167.2012

Señores  
Área de Lingüística  
Facultad de Ingeniería  
Presente,

Estimados Señores:

Como consta en el Acta TG-174-2011-IF le informo que reunidos los Miembros de la Terna nombrada por la Escuela de Ingeniería Química, se practicó la revisión del:

**INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADUACIÓN**

Solicitado por la estudiante universitaria: **María José Pivaral Betancourt**

Identificada con número de carné: **2006-11310**

Previo a optar al título de INGENIERA QUÍMICA.

Siguiendo los procedimientos de revisión interna de la Escuela de Ingeniería Química, los Miembros de la Terna han procedido a **APROBARLO** con el siguiente título:

**ESTUDIO DEL PROCESO DE MEZCLA EN LA ELABORACIÓN DE BASES  
PARA CONSOMÉS DESHIDRATADOS, UTILIZANDO GRASA HIDROGENADA,  
ESTEARINA Y OLEÍNA DE PALMA**

El Trabajo de Graduación ha sido asesorado por el Ingeniero Químico: **Otto Alvarado**.

Habiendo encontrado el referido informe final del trabajo de graduación **SATISFACTORIO**, se autoriza al estudiante, proceder con los trámites requeridos de acuerdo a las normas y procedimientos establecidos por la Facultad para su autorización e impresión.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. Víctor Manuel Monzón Valdez  
DIRECTOR  
Escuela de Ingeniería Química



C.c.: archivo

PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA  
ACREDITADO POR  
Agencia Centroamericana de Acreditación de  
Programas de Arquitectura y de Ingeniería  
Periodo 2009 - 2012



ACAAI



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

Ref.EIQ.TG.018.2013

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, **MARÍA JOSÉ PIVARAL BETANCOURT** titulado: "**ESTUDIO DEL PROCESO DE MEZCLA EN LA ELABORACIÓN DE BASES PARA CONSOMÉS DESHIDRATADOS, UTILIZANDO GRASA HIDROGENADA, ESTEARINA Y OLEÍNA DE PALMA**". Procede a la autorización del mismo, ya que reúne el rigor, la secuencia, la pertinencia y la coherencia metodológica requerida.

Ing. Víctor Manuel Monzón Valdez  
DIRECTOR  
Escuela de Ingeniería Química

Guatemala, enero 2013



Cc: Archivo  
VMMV/ale





ACTO QUE OPORTUNO

DTG. 029.2013

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: **ESTUDIO DEL PROCESO DE MEZCLA EN LA ELABORACIÓN DE BASES PARA CONSOMES DESHIDRATADOS, UTILIZANDO GRASA HIDROGENADA, ESTEARINA Y OLEÍNA DE PALMA,** presentado por la estudiante universitaria **María José Pivaral Betancourt,** autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos  
Decano



Guatemala, 29 de enero de 2013

/gdech

## **ACTO QUE DEDICO A:**

### **Dios**

A Él, por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr las metas, además de su infinita bondad y amor.

### **Madre**

Romelia Betancourt, por darme la vida, quererme mucho, creer en mí y porque siempre me apoyaste.

### **Padre**

Orlando Pivaral, por ser ejemplo de perseverancia y constancia que te caracteriza y que me has infundido siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por tu cariño.

### **Familiares**

Por acompañarme y ayudarme de diversas maneras durante el transcurso de mi vida.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

**Universidad de San  
Carlos de Guatemala**

Por abrir sus puertas y permitirme formar parte de ella, brindándome formación académica.

**Facultad de  
Ingeniería**

Especialmente la a Escuela de Química, por representar mi hogar profesional.

**Asesor y coasesores**

Ing. Otto Alvarado, Lic. Roberto Cáceres y Lic. Pedro Jayes; agradezco el apoyo, consejos y paciencia durante la realización de esta tesis.

**Fábrica de productos  
culinarios**

Por permitirme realizar este trabajo de graduación.

**Familia**

Por brindarme el apoyo material y afectivo a lo largo de las distintas etapas de mi carrera.

**Amigos**

Por brindarme su amistad y ayuda durante nuestro ciclo de aprendizaje.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	XI
GLOSARIO .....	XIII
RESUMEN .....	XVII
OBJETIVOS/ HIPÓTESIS .....	XIX
INTRODUCCIÓN .....	XXI
1. MARCO CONCEPTUAL .....	1
1.1. Antecedentes.....	1
2. MARCO TEÓRICO.....	3
2.1. Proceso de mezcla .....	3
2.1.1. Trasiego y pesado de materia prima mayoritaria.	3
2.1.2. Trasiego y pesado de materia prima minoritaria..	4
2.1.3. Proceso de aditivos .....	6
2.2. Mezcla de sólidos.....	8
2.2.1. Generalidades .....	8
2.2.2. Mecanismos de mezclado .....	9
2.2.3. Factores que intervienen en el mezclado de partículas .....	11
2.2.4. Homogeneidad y segregación.....	17
2.3. Procesamiento de aceite crudo de palma africana.....	18
2.3.1. Báscula .....	18
2.3.2. Rampa.....	19

2.3.3.	Planta extractora .....	21
2.3.4.	Almendra .....	22
2.3.5.	Productos, aceite crudo de palma (CPO) aceite de palmiste (PKO) .....	23
2.3.6.	Planta refinadora.....	25
2.3.6.1.	Producto: aceite refinado, blanqueado y desodorizado (RBD) .....	26
2.3.7.	Proceso de fraccionamiento.....	27
2.3.8.	Planta de manteca .....	28
2.3.9.	Envasado de manteca y oleína .....	29
3.	DISEÑO METODOLÓGICO.....	33
3.1.	Variables .....	33
3.1.1.	Métodos a utilizar .....	35
3.2.	Delimitación del campo de estudio.....	37
3.3.	Recursos humanos disponibles .....	38
3.4.	Recurso físico disponible .....	38
3.4.1.	Materia prima .....	39
3.4.2.	Cristalería.....	40
3.4.3.	Equipo.....	41
3.4.4.	Reactivos .....	48
3.5.	Técnica mixta .....	54
3.5.1.	Técnica cualitativa.....	54
3.5.2.	Recolección de información .....	56
3.5.2.1.	Metodología de granulometría .....	59
3.5.2.2.	Metodología de análisis de homogeneidad .....	59

	3.5.2.3.	Metodología para determinación de dureza de producto terminado.	60
	3.5.3.	Análisis estadístico	60
	3.5.3.1.	Análisis de granulometría	60
	3.5.3.2.	Análisis de homogeneidad	63
	3.5.3.3.	Determinación de dureza de producto terminado	67
4.		RESULTADOS	69
	4.1.	Análisis del comportamiento de mezcla de bases para consomés deshidratados según el tipo de aglutinante a utilizar	69
	4.1.1.	Grasa hidrogenada de palma	69
	4.1.2.	Oleína de palma	76
	4.1.3.	Estearina de palma	78
	4.1.4.	Análisis comparativo de mezclas	78
	4.2.	Determinación de homogeneidad de mezcla	81
	4.3.	Determinación de dureza de CPC	84
	4.3.1.	Análisis de referencias	84
	4.3.2.	Análisis de ensayos	90
5.		INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	95
		CONCLUSIONES	99
		RECOMENDACIONES	101
		BIBLIOGRAFÍA	103
		APÉNDICE	105
		ANEXO	133



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Área de silos .....	4
2.	Área de dosificación .....	5
3.	Área de trasiego.....	5
4.	Cámara menos 20 grados Celsius.....	6
5.	Escarcha GHP .....	6
6.	Diagrama de flujo de proceso .....	7
7.	Sistema de mezclado de sólidos.....	8
8.	Cizalla .....	10
9.	Estructura granular segregativa .....	11
10.	Formas de partículas .....	14
11.	Báscula .....	19
12.	Rampa.....	19
13.	Planta extractora .....	22
14.	Planta de palmiste.....	23
15.	Refinadora.....	25
16.	Fraccionadora .....	28
17.	Planta de envasado de manteca y oleína .....	29
18.	Bodega y despacho de producto terminado.....	30
19.	Diagrama de flujo del procesamiento de aceite crudo de palma africana .....	31
20.	Delimitación del campo de estudio.....	37
21.	Materia prima .....	40

22.	Microscopio binocular .....	41
23.	Balanza digital .....	42
24.	Batidora- mezcladora.....	42
25.	Termómetro infrarrojo tipo pistola .....	43
26.	Picadora Laska .....	43
27.	Pulverizadora.....	44
28.	Mezcladora horizontal de paletas .....	44
29.	Prensadora de cubitos .....	45
30.	Refrigeradora.....	45
31.	Espectrofotómetro.....	46
32.	Durómetro .....	46
33.	Cronómetro digital.....	47
34.	Cámara fotográfica .....	47
35.	Analizador halógeno de humedad .....	48
36.	Agua desmineralizada .....	49
37.	Estructura molecular acetona .....	50
38.	Estructura molecular etanol .....	51
39.	Estructura molecular metanol .....	52
40.	Estructura molecular éter etílico .....	53
41.	Formato de documentación de campo.....	55
42.	Diagrama de recolección de información I.....	56
43.	Diagrama de recolección de información II.....	57
44.	Diagrama de recolección de información III.....	58
45.	Gráfico de desviación estándar, para sal refinada yodada .....	61
46.	Gráfico de desviación estándar, para azúcar fortificada con vitamina A .....	61
47.	Gráfico de desviación estándar, para inosinato disódico .....	62
48.	Gráfico de desviación estándar, para glutamato monosódico.....	62

49.	Gráfico de desviación estándar, para almidón .....	63
50.	Gráfico de medias según lote para CPS .....	64
51.	Gráfico de desviación estándar según lote para CPS .....	64
52.	Gráfico de varianza según lote para CPS .....	65
53.	Gráfico de medias según lote para CPC .....	65
54.	Gráfico de desviación estándar según lote para CPC.....	66
55.	Gráfico de varianza según lote para CPC .....	66
56.	Gráfico de desviación estándar, lote 1 según prensadora, para CPC .	67
57.	Gráfico de desviación estándar, lote 2 según prensadora, para CPC .	67
58.	Gráfico de desviación estándar, lote 3 según prensadora, para CPC .	68
59.	Gráfico de desviación estándar según lote para CPC.....	68
60.	Análisis de granulometría, para sal refinada yodada.....	69
61.	Análisis de granulometría, para azúcar fortificada con vitamina A .....	70
62.	Análisis de granulometría, para inosinato disódico .....	71
63.	Análisis de granulometría, para glutamato monosódico .....	72
64.	Análisis de granulometría, para almidón de maíz polvo .....	73
65.	Análisis de granulometría, para grasa hidrogenada de palma (GHP) .	74
66.	Premezcla .....	75
67.	Oleína de palma, premezcla con almidón de maíz.....	77
68.	Determinación de humedad para CPS.....	78
69.	Análisis comparativo de mezclas de CPS .....	79
70.	CPS, degustación.....	80
71.	Determinación de humedad para CPC.....	80
72.	CPC, degustación .....	81
73.	Relación de concentración de inosinato disódico entre lotes aleatorios de muestras de CPS.....	82

74.	Relación de concentración de inosinato disódico entre lotes aleatorios de muestras de CPC .....	83
75.	Relación de fuerza soportada por cara, lote 1 CPC.....	84
76.	Relación de fuerza soportada por cara, lote 1 CPC.....	85
77.	Relación de fuerza soportada por cara, lote 1 CPC.....	85
78.	Relación de fuerza soportada por cara, lote 1 CPC.....	86
79.	Relación de fuerza soportada por cara, lote 2 CPC.....	86
80.	Relación de fuerza soportada por cara, lote 2 CPC.....	87
81.	Relación de fuerza soportada por cara, lote 2 CPC.....	87
82.	Relación de fuerza soportada por cara, lote 2 CPC.....	88
83.	Relación de fuerza soportada por cara, lote 3 CPC.....	88
84.	Relación de fuerza soportada por cara, lote 3 CPC.....	89
85.	Relación de fuerza soportada por cara, lote 3 CPC.....	89
86.	Relación de fuerza soportada por cara, lote 3 CPC.....	90
87.	Relación de fuerza soportada por cara CPC referencia.....	91
88.	Relación de fuerza soportada por cara, ensayo 1 grasa: estearina de palma, CPC .....	91
89.	Relación de fuerza soportada por cara, ensayo 2 grasa: oleína de palma, CPC .....	92
90.	Relación de fuerza soportada por cara, ensayo 3 grasa: oleína con 70%, ref. ensayo 2, CPC.....	92
91.	Relación de fuerza soportada por cara, ensayo 4 grasa: oleína con 50%, ref. ensayo 2, CPC.....	93

## TABLAS

I.	Definición de variables de entrada .....	33
II.	Definición de variables de salida.....	34
III.	Recurso humano disponible.....	38
IV.	Unidades de apoyo .....	39
V.	Agua desmineralizada.....	49
VI.	Acetona .....	50
VII.	Etanol.....	51
VIII.	Metanol .....	52
IX.	Éter etílico .....	53
X.	Tamaño de grano sal refinada yodada.....	70
XI.	Tamaño de grano azúcar fortificada con vitamina A .....	71
XII.	Tamaño de grano inosinato disódico .....	72
XIII.	Tamaño de grano glutamato monosódico .....	73
XIV.	Tamaño de grano almidón de maíz polvo .....	74
XV.	Análisis de premezcla de grasa hidrogenada de palma y almidón de maíz .....	75
XVI.	Análisis de capacidad de transmisión de energía cinética .....	76
XVII.	Análisis de premezcla sólido- líquido entre la oleína y almidón de maíz.....	76
XVIII.	Análisis de segregación de ingredientes de mezcla.....	77
XIX.	Análisis de premezcla sólido seco, sólido húmedo de estearina y almidón de maíz.....	78
XX.	Análisis de degustación según aglutinante oleína/estearina en masa de producto terminado CPS .....	79
XXI.	Análisis de degustación según aglutinante oleína/estearina en masa de producto terminado CPC .....	81

XXII.	Determinación de concentración de inosinato disódico para masa de CPS.....	82
XXIII.	Determinación de concentración de inosinato disódico para masa de CPC .....	83

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>CPO</b>	Aceite crudo de palma
<b>PKO</b>	Aceite de palmiste
<b>RBD</b>	Aceite refinado, blanqueado, y desodorizado
<b>A</b>	Amperios
<b>CPC</b>	Consomé de pollo presentación cubito
<b>CPS</b>	Consomé de pollo presentación sobre
<b>%MC</b>	Contenido de humedad
<b>BHT</b>	Diterbutil hidroxitolueno
<b>g</b>	Gramos
<b>GHP</b>	Grasa hidrogenada de palma
<b>Hz</b>	Hertz
<b>hp</b>	HorsePower (caballos de fuerza)
<b>Kg</b>	Kilogramos
<b>KW</b>	Kilovatios
<b>L</b>	Litros
<b>Mpx</b>	Mega píxel
<b>m</b>	Metros
<b>μm</b>	Micrómetros
<b>mm</b>	Milímetros
<b>nm</b>	Nanómetros
<b>N</b>	Newton

**ppm**

Partes por millón

**UV VIS**

Ultravioleta visible

**V**

Voltios

## GLOSARIO

<b>Absorbancia</b>	Cantidad de intensidad de luz que absorbe la muestra. Es proporcional al grosor de una muestra y la concentración de la sustancia en ésta.
<b>Adsorción</b>	Proceso mediante el cual un sólido poroso (a nivel microscópico) es capaz de retener partículas de un fluido en su superficie tras entrar en contacto con éste.
<b>Analito</b>	En química analítica es el componente (elemento, compuesto o ion), de interés analítico de un amuestra.
<b>Barrido espectral</b>	Variación de la longitud de onda, necesario para la búsqueda de una longitud máxima donde el analito absorbe más luz.
<b>Espectrofotometría UV visible</b>	Técnica analítica que permite determinar la concentración de un compuesto en solución.

<b>Hidrogenación</b>	Proceso químico mediante el cual los aceites se transforman en grasas sólidas mediante la adición de hidrógeno a altas presiones y temperaturas, y en presencia de un catalizador.
<b>Higroscopicidad</b>	Capacidad de los materiales para absorber la humedad atmosférica.
<b>Ingredientes protagonistas</b>	Se definen como los ingredientes que protagonizan la mezcla en comparación a los demás ingredientes de la misma. Esto es debido a que el resto de ingredientes poseen proporciones no representativas para la mezcla, mientras que los ingredientes protagonistas muestran entre un 50% de mezcla.
<b>Longitud de onda</b>	Distancia existente entre dos crestas o valles consecutivos en una onda. Su unidad de medida es el metro.
<b>Masa de semielaborado</b>	Masa de mezcla únicamente de ciertos ingredientes, no de la totalidad de la mezcla de ingredientes que dicta la receta.
<b>Mezcla homogénea</b>	Aquella en la que sus componentes no se perciben a simple vista. Su raíz "homo" significa semejanza de procrear de sí mismo.

**Operación unitaria**

Una parte indivisible de cualquier proceso de transformación, sea físico, químico o de naturaleza biológica, de una materia prima en otro producto de características diferentes.

**Reflectancia**

Relación entre la potencia electromagnética incidente con respecto a la potencia que es reflejada en una interface.



## RESUMEN

La caracterización del proceso de mezcla responde a la necesidad que poseen las empresas que involucran el proceso de mezclado de ingredientes potenciadores de sabor, de experimentar nuevas formas de procesar sus productos culinarios, para hacerlos más competitivos en el mercado.

El presente estudio está orientado a observar el efecto que produce un cambio de estado en la grasa de palma hidrogenado tanto para el proceso de mezcla de consomé de pollo cubito (CPC), como para consomé de pollo sobre (CPS). Este trabajo inició con la elaboración de bases deshidratadas, que es la mezcla de ingredientes primarios o protagonistas tales como: almidón de maíz, aceite hidrogenado de palma y glutamato. El proceso de mezclado se realizó en un mezclador horizontal de carcasa fija de 700 kilogramos.

La caracterización de los ingredientes que conforman la materia prima mayoritaria de la mezcla, fue realizada por medio de microscopía óptica, la cual fue documentada y registrada fotográficamente. La determinación de homogeneizado de la mezcla se realizó con un estudio de espectrofotometría UV visible, utilizando la concentración de inosinato presente en la mezcla. También se evaluó la medición de dureza de CPC para tener un índice de comparación y evaluar el efecto provocado en los mismos durante los experimentos.

A través del presente estudio se evaluó el comportamiento de tres tipos de aglutinantes (grasa hidrogenada de palma, estearina de palma y oleína de

palma), en el proceso de fabricación de CPC y CPS, la estearina de palma es la que mostró mayor pulverulencia en la mezcla final, mientras que la oleína de palma presentó la mayor prensabilidad al realizar la mezcla para CPC.

Es importante proseguir con el estudio de los procesos de mezcla, tomando en consideración las características fisicoquímicas de las materias primas para lograr mejores rendimientos de homogenización, así como consistencia, fragancia y sabor en la elaboración de productos alimenticios.

## **OBJETIVOS**

### **General**

Proponer el estudio del proceso de mezcla que permita constatar, a nivel de microanálisis, la homogeneidad en la elaboración de bases para consomés deshidratados en un mezclador horizontal de espiral con carcasa fija, según la elección de GHDP, estearina u oleína de palma.

### **Específicos**

Es necesario definir tres análisis para caracterizar los productos en estudio, en sus diferentes presentaciones:

1. Desarrollar el análisis de granulometría para:
  - Materia prima: sal, azúcar, inosinato disódico, glutamato monosódico, almidón de maíz, grasa hidrogenada de palma.
  - Mezcla actual: de los ingredientes anteriormente mencionados.
  - Mezcla sugerida: con variante de grasa hidrogenada de palma (GHDP) por estearina u oleína de palma.
2. Realizar análisis de homogeneidad de mezcla por medio de determinación de concentración de inosinato a través de espectrofotometría UV visible.

2. Desarrollar análisis de dureza de consomé presentación cubito, mediante la utilización del durómetro.

## **HIPÓTESIS**

### **Hipótesis alternativa**

Es posible que en el proceso de mezclado de base para CPC la oleína presente mayor prensabilidad en la mezcla, mientras que para base de CPS la estearina presente mayor pulverulencia en la mezcla, utilizando para ambos casos mezclador horizontal de espiral con carcasa fija.

### **Hipótesis nula**

No es posible que en el proceso de mezclado de base para CPC la oleína presente mayor prensabilidad en la mezcla, mientras que para base de CPS la estearina presente mayor pulverulencia en la mezcla, utilizando para ambos casos mezclador horizontal de espiral con carcasa fija.

## INTRODUCCIÓN

El mezclado ha sido utilizado a nivel casero desde tiempos inmemorables y recientemente ha ido cobrando importancia como operación unitaria a nivel industrial, de tal modo que, actualmente casi cualquier industria depende de una operación de mezclado en alguna etapa de su proceso de manufactura.

Sin embargo, el hecho de que el mezclado haya tomado importancia, como una operación unitaria industrial, no implica que sea una operación que haya sido estudiada a fondo; existen aún muchas interrogantes acerca de cuál es el procedimiento óptimo de mezclado para cada proceso de manufactura.

Las grandes diferencias entre las propiedades de los ingredientes de una mezcla, hacen que existan tendencias naturales de segregación y que el proceso mezclado resulte con mucha dificultad. Para contrarrestar dichas tendencias naturales de segregación, la industria cuenta con diversas opciones, entre las cuales pueden citarse: la elección del equipo de mezclado más adecuado para la aplicación en particular y el diseño del proceso óptimo de mezclado.

En varias ocasiones, el costo es un factor decisivo en la selección del equipo; por lo que la optimización del proceso de mezclado, mediante un estudio del proceso de mezcla, es la única opción factible para la obtención de un producto de calidad aceptable.

El estudio realizado pretende evaluar el proceso de fabricación de CPC y CPS según el aglutinante a utilizar, comparación de mezcla entre la grasa hidrogenada, estearina y oleína de palma africana (*Elaeis guineensis*).

Para la práctica de este estudio, se seleccionaron lotes aleatorios de base para consomés, utilizando una mezcladora horizontal de espiral con carcasa fija.

# 1. MARCO CONCEPTUAL

## 1.1. Antecedentes

Entre los estudios realizados en relación al proceso de mezclado, destacó la tesis de grado de Suazo Jiménez Pablo Enrique (1991), titulada: Estudio de la eficiencia de mezclado para sistemas de polvos cohesivos, no cohesivos y cohesivos con no cohesivos en un mezclador gravitacional en forma de V.

Este estudio ha demostrado en su totalidad que es posible predecir con certeza la eficiencia de mezclado, en un mezclador gravitacional en forma de V, partiendo exclusivamente de la caracterización de los materiales. Es de esta forma se enlazaron los conocimientos de caracterización de materiales deshidratados en este caso particular con un mezclador diferente.

El indicador recomendado por Suazo es el índice de Ashton - Valentin que es el que da una mejor interpretación de la evolución del mezclado con respecto a los tres sistemas de polvos estudiados. Cabe hacer mención que Suazo utilizó para el caso en particular mezclas de polvos cohesivos, no cohesivos y cohesivos con no cohesivos, llegando a la mejor mezcla con la combinación de polvos cohesivos con no cohesivos.

Y en materia de la metodología, según Monge Orellana (1996), para el control de tamaños de partícula se puede tener control del tamaño mediante la variaciones en el tipo de ruptura, que se aplica sobre el sólido que se va a tratar. La distribución de tamaños de partícula, obtenidos en un molino de

martillos marca Fitz Patrick, puede ser controlada por medio de variaciones en la velocidad de operación del equipo.

Un problema abordado por la tesis en mención es la segregación, de la cual concluye que las partículas segregadas en el mezclado de sólidos puede ser minimizada por medio del control de las condiciones de operación, que en este caso serían velocidad y tipo de ruptura, del quipo de molienda, que permitió una adecuada distribución de tamaños de partícula en el producto resultante.

Un análisis que trató con el aceite de palma es la tesis de grado de Chacón De León (2004), en la cual afirma que según análisis de laboratorio utilizando el método de oxígeno activo, diterbutil hidroxitolueno (BHT) proporciona mayor estabilidad contra la oxidación el cual sólo es efectivo para la oleína de palma y en el aceite de girasol. De esta manera también se determinó con la participación de la oleína de palma las posibles combinaciones de antioxidantes, debido a la estabilidad innata que ésta posee.

Siempre en la metodología del proceso se consideró, el análisis realizado en la industria farmacéutica Ramírez Rodas (2006), en el tema del tableteo de pastillas para la medición del tamaño de grano, ya que los ingredientes activos para este estudio son aloe y zen, los cuales muestran correspondencia en las características con el estudio a realizar sobre los consomés deshidratados con el aceite de palma y el almidón. El análisis concluyó que aunque el tamaño de partícula recomendable para llevar a cabo el tableteo es con malla de 150, el tamaño de malla 100 permite la adecuada compresión en la elaboración de tabletas de efecto laxante.

## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Proceso de mezcla**

El método de mezclado se da por lotes de determinado tamaño, agregando una cantidad específica de cada ingrediente con base en formulación. El mayor uso del método de mezclado por lotes, para este caso, se debe a la mayor flexibilidad para realizar cambios en la formulación; la mezcladora utilizada es horizontal de espiral con carcasa fija.

A continuación se describe el proceso de pesado en el orden que se ingresa a la mezcladora.

#### **2.1.1. Trasiego y pesado de materia prima mayoritaria**

La materia prima mayoritaria se pesó según lote de producto, en un silo automatizado de pesa, en flujo continuo a la mezcladora, que cae por gravedad, como se muestra en la figura 1.

Figura 1. **Área de silos**



Fuente: Centro de mezclas.

### **2.1.2. Trasiego y pesado de materia prima minoritaria**

La materia prima minoritaria se pesó según la formulación de cada producto, en una balanza manual, uniendo todos los aditivos minoritarios según el lote a trabajar. Posteriormente el operario vertió manualmente la bolsa en la mezcladora, la cual incluye todos los ingredientes minoritarios necesarios para el lote en proceso, como se muestra en las figuras 2 y 3.

Figura 2. **Área de dosificación**



Fuente: Centro de mezclas.

Figura 3. **Área de trasiego**



Fuente: Centro de mezclas.

### 2.1.3. Proceso de aditivos

Grasa hidrogenada de palma en bloques a temperatura de menos 20 grados Celcius (GHP), ver figura 4, ingresó a la trituradora que corta el bloque de grasa en trozos más pequeños, ver figura 5, luego pasó a la pulverizadora donde se le adicionó almidón para obtener grasa en polvo.

Figura 4. **Cámara menos 20 grados Celcius**



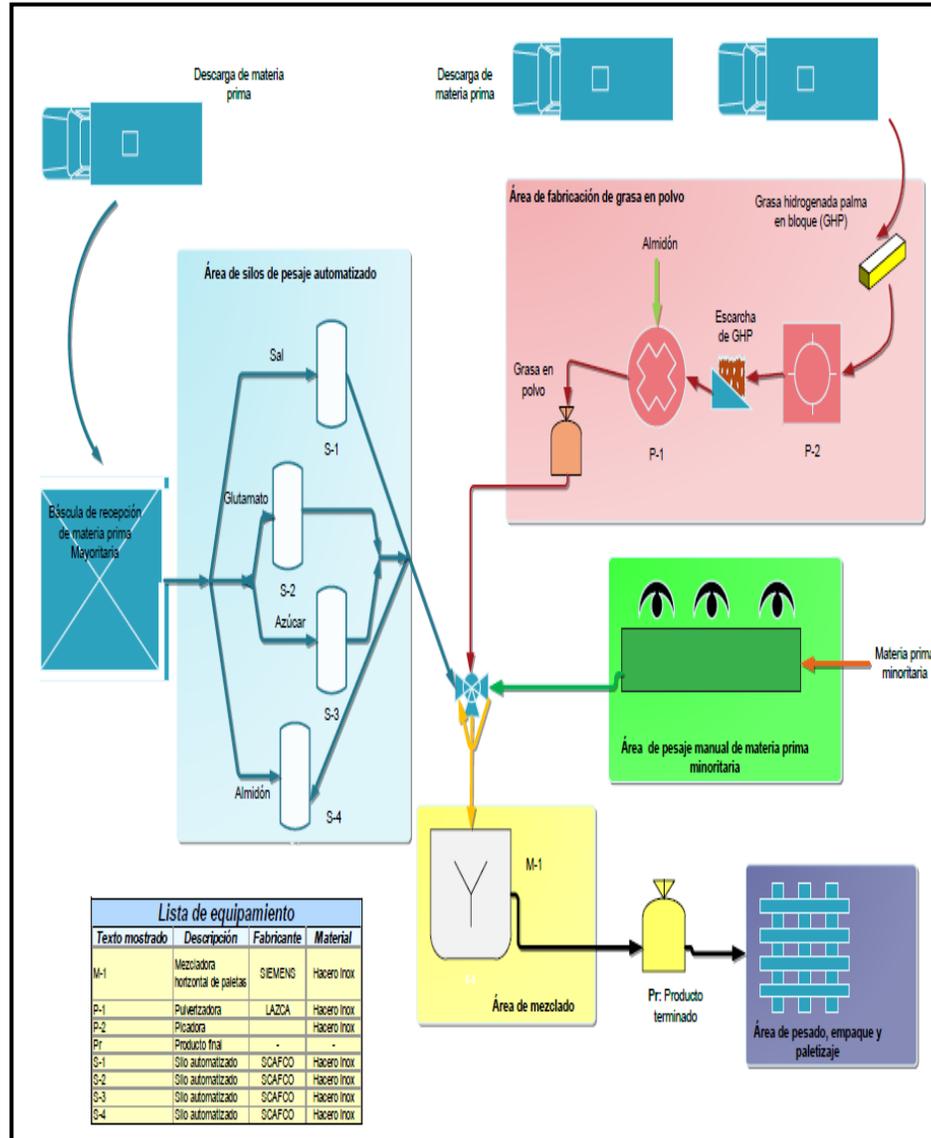
Fuente: Centro de mezclas.

Figura 5. **Escarcha GHP**



Fuente: Centro de mezclas.

Figura 6. Diagrama de flujo de proceso



Fuente: elaboración propia, con datos del área de Centro de mezclas.

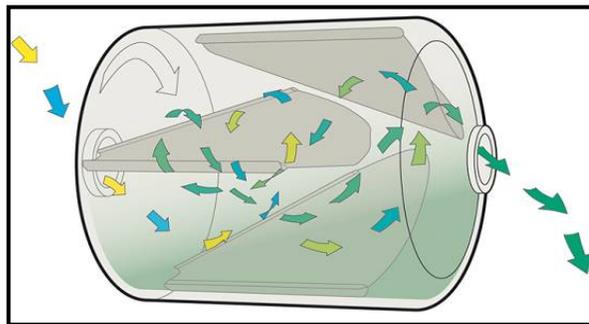
## 2.2. Mezclado de sólidos

Dentro de los distintos procesos que intervienen en la producción de los alimentos balanceados, sin duda el mezclado constituye uno de los procesos más relevantes. Combinar ingredientes con características únicas en una formulación que pueda aportar todos los requerimientos nutricionales al producto, crea un valor agregado que no existe en los ingredientes de manera individual.

### 2.2.1. Generalidades

El mezclado de sólidos es un proceso en el cual, dos o más materiales sólidos, son entrelazados en el espacio uno con el otro, como se muestra en la figura 7. Es la operación unitaria en la que se aplica energía a una masa de material sólido con el propósito de alterar el arreglo inicial de partículas de manera de arribar a un estado más deseable, se denomina la mezcla óptima.

Figura 7. Sistema de mezclado de sólidos



Fuente: [interempresas.net/Quimica/FeriaVirtual/Producto-Sistema-de-mezcla-de-solidos-lindor-50878.html](http://interempresas.net/Quimica/FeriaVirtual/Producto-Sistema-de-mezcla-de-solidos-lindor-50878.html). Consulta: 26 de mayo de 2012.

Según Perry Robert et. al. en su obra Manual del Ingeniero Químico (1993), el mezclado sólido-sólido comprende también, aquellas operaciones en las que se adiciona una pequeña cantidad de líquido, pero el producto final mantiene apariencia y propiedades de sólido.

Además de la combinación de ingredientes, el mezclado de sólidos puede utilizarse para otras operaciones, tales como: enfriamiento o calentamiento de los ingredientes, desecación o tostado de los sólidos, recubrimiento o aglomeración y reacción de la mezcla de sólidos.

Según McCabe y Smith en su obra Operaciones básicas de Ingeniería Química (1976), el proceso de mezcla de sólidos es mucho más complejo y requiere de mayor energía que la mezcla de líquidos.

### **2.2.2. Mecanismos de mezclado**

Según Lacey, citado por Ramé Marcelo en su obra (1983), existen tres mecanismos básicos para el mezclado de partículas sólidas, los cuales se describen a continuación.

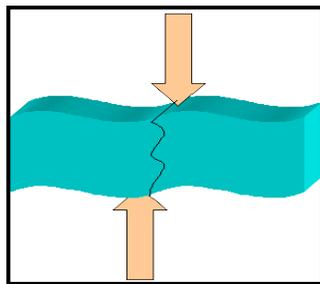
- **Difusión:** el mecanismo difusivo es aquel en el que el movimiento aleatorio es en pequeña escala; se verifica por cambio de lugar de partículas adyacentes individuales. Si no hay efectos contrarios de segregación, esta mezcla por difusión tendrá, con el tiempo, un grado elevado de homogeneidad. Este mecanismo tiene especial importancia en equipos de tipo rotativo en los que existe un deslizamiento de la mezcla a lo largo de una superficie expuesta al aire.

- **Convección:** el mezclado convectivo es aquel en el que el movimiento aleatorio se verifica a gran escala; se da por transporte de grupos de partículas de un punto a otro del mezclador sin ningún contacto. Este mecanismo predomina en los equipos en los que el mezclado lo realiza algún elemento móvil dentro del mezclador; por ejemplo, los mezcladores de eje helicoidal central.

Para un mezclado más rápido, además de la mezcla por difusión, debe haber un mezclado convectivo que permita entremezclar grandes grupos de partículas.

- **Corte o cizallamiento:** este mecanismo, difícilmente tratable por medios matemáticos teóricos, se manifiesta a través de planos que marcan deslizamiento entre bloques (ver figura 8). Cuando se adicionan pequeñas cantidades de líquido a las mezclas sólidas, éste puede combinarse con las partículas sólidas mediante diversos mecanismos, tales como: absorción, adsorción, penetración intersticial o reacción química.

Figura 8. **Cizalla**



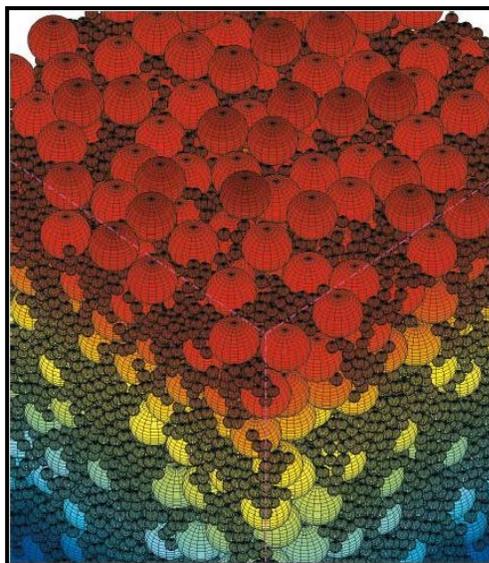
Fuente: <http://www.definicion-de-esfuerzo-y-sustipos.html>. Consulta: 26 de mayo de 2012.

### 2.2.3. Factores que intervienen en el mezclado de partículas

Las grandes diferencias entre propiedades pueden hacer que el mezclado resulte muy difícil; de hecho, son las propiedades de los ingredientes, las que dominan la operación de mezclado. Las características de los sólidos que, con mayor frecuencia producen mecanismos de segregación, son las siguientes:

- **Tamaño de partícula:** la diferencia en la granulometría de las partículas de los ingredientes de una mezcla, es quizás el factor principal para que ocurra la segregación, ya que las partículas grandes, tienden a asentarse por gravedad, mientras que las más finas, tienden a formar un polvillo que se escapa de la masa de mezclado. Además, existe una tendencia inevitable de las partículas pequeñas de recubrir a las grandes, como se observa en la figura 9.

Figura 9. **Estructura granular segregativa**



Fuente: <http://www.segregacion/mezclas>. Consulta: 23 de mayo de 2012.

Cuando se adicionan pequeñas cantidades de líquidos, el tamaño de partícula tiene doble importancia, ya que la capacidad de un sólido para absorber 20 líquidos, está directamente relacionada con su área superficial. Las partículas de menor tamaño poseen mayor área superficial por unidad de peso que las de mayor tamaño. Por lo que, si se desea que el líquido agregado se distribuya uniformemente en todas las partículas de sólido, es necesario que el tamaño de éstas sea bastante uniforme.

Para evitar los mecanismos de segregación o recubrimiento es recomendable que, la relación entre los diámetros medios de las partículas de los ingredientes destinados a la mezcla, no pase por encima de 1 a 4. Cuando sea imposible tener esta relación, puede ayudar una ligera humidificación de la masa a mezclar para volverla más cohesiva.

Por conveniencia, los tamaños de las partículas se expresan en diferentes unidades, dependiendo del rango de tamaños involucrados. Las partículas gruesas son medidas en centímetros o pulgadas, las partículas finas se miden en términos del tamaño de mallas; las partículas muy finas en micrones o nanómetros y, por último, las partículas, extremadamente finas, son descritas en términos de superficie de área por unidad de masa.

Existen muchas técnicas usadas para medir el tamaño de las partículas en una masa, basadas en principios físicos; el método más utilizado es el tamizado. El análisis de tamaño de partícula permite obtener tres magnitudes de gran importancia para la operación de mezclado, éstas son: superficie específica de la mezcla, tamaño de partícula promedio y número de partículas en la mezcla.

- Densidad: si se manipulan partículas de densidades diferentes, tienden a segregarse de la misma forma en que se segregan las partículas con un amplio rango de tamaño. Las partículas pesadas tienden a quedarse en el fondo y las livianas permanecen en la superficie. Este fenómeno se agrava, aún más, si las partículas pesadas son de mayor tamaño que las livianas. Sin embargo, las diferencias pueden compensarse si las partículas livianas son de mayor tamaño que las pesadas. La densidad de un sólido puede ser medida como la densidad aparente o a granel (*bulk density*), que es el peso por unidad de volumen de una cantidad de partículas de sólido, expresado en libra sobre pie cubico o kilogramo sobre metro cubico. Este valor no es constante y se puede reducir mediante la aireación o incrementarse por vibración o compactación mecánica.

Por otro lado, existe la densidad propia o real (*true density*) del sólido. Esta siempre es mayor que la densidad aparente. Entre más empacada esté una masa de partículas, la densidad aparente estará más cercana a la densidad real.

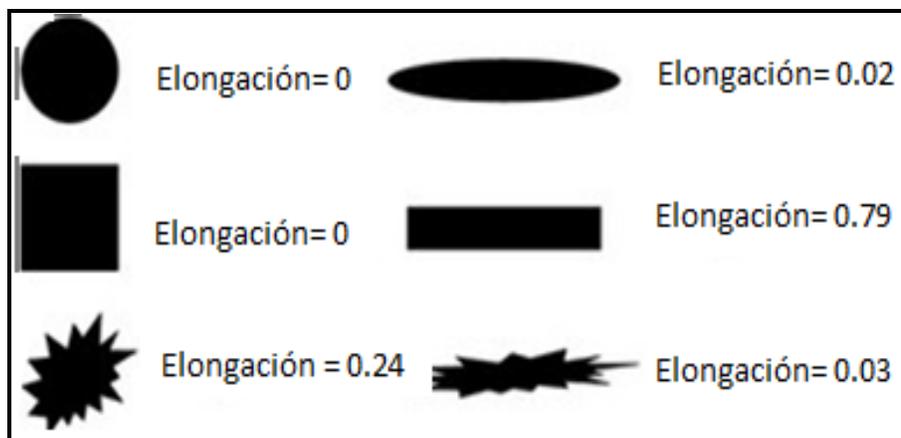
- Forma de partícula: la forma de las partículas guarda relación con su estructura y la manera que se formaron. Los cristales asumen la forma que les preordena su estructura molecular. Algunas partículas, casi esféricas, se forman en ciertos procesos de manufactura. Algunos tipos importantes de formas de partículas son: gránulos, grumos ovalados, bloques, esferas, copos, virutas, varillas, filamentos, cristales y formas irregulares, como se muestra en la figura 10.

La forma de las partículas es importante para el mezclado, ya que está íntimamente relacionada con su capacidad para fluir y el área superficial.

Las partículas esféricas u oviformes, tienden a fluir mejor que las de forma irregular o cúbica.

Las configuraciones irregulares muestran un área superficial mayor que las esféricas y ovoide. La forma de una partícula individual se expresa en términos de su esfericidad, la cual es independiente de su distribución de tamaño de partícula. Si la forma es esférica, la esfericidad de la partícula es la unidad.

Figura 10. **Formas de partículas**



Fuente: <http://www.kalipedia.com/física>. Consulta: 23 de mayo de 2012.

- Características superficiales: las características superficiales que están más relacionadas con los mecanismos de segregación son el área y la conductividad superficial.

Se ha encontrado que, una partícula de forma irregular, tiene mayor área superficial que el resto de partículas. Esto es importante, ya que le brinda una mayor capacidad de absorción y le da mayor posibilidad de reaccionar

químicamente con el resto de partículas. La conductividad superficial de una partícula es su tendencia a retener una carga estática o a disipar rápidamente desbalances electrónicos. Esta característica es muy conveniente para el mezclado, ya que de ella dependen, en gran parte, las fuerzas de atracción y repulsión existentes entre las partículas que se están mezclando.

En ocasiones, la carga electrostática puede dar por resultado el recubrimiento interno del mezclador o de los elementos giratorios. Esto puede ocasionar un problema de limpieza. Las medidas posibles para superar la acumulación de cargas electrostáticas son: la adición de materiales sólidos especiales, con razones muy elevadas de área superficial a peso; la adición de pequeñas cantidades de líquidos que neutralicen la polaridad; el microencapsulamiento; la elección adecuada del material de construcción de los mezcladores; el control de la humedad; y la preparación de los ingredientes del lote para minimizar la carga acumulada.

- Friabilidad: la friabilidad se refiere a la tendencia que tiene el material a dividirse en tamaños menores durante el manejo. Esta propiedad puede ser útil cuando el material que tiende a dividirse es el que posee la granulometría mayor. Sin embargo, es perjudicial si el ingrediente de menor tamaño tiende a dividirse aún más.

En este punto; también debe considerarse el grado de abrasión entre un material y otro.

Algunos factores que afectan la friabilidad son la higroscopicidad y la sensibilidad del material y los cambios de temperatura.

- Estado de aglomeración: esta propiedad se refiere a que las partículas existan independientes o se adhieran unas a otras en racimos. El tipo y grado de energía que se emplea durante el mezclado y la friabilidad del material afectarán la amplitud de la división de los aglomerados y la dispersión de las partículas. En algunos casos es deseable la aglomeración, mientras que en otros es un problema que es preciso resolver.

Hay materiales que sufren aglomeración debido a cargas electrostáticas producidas por el movimiento de la masa al ser mezclada. En otros casos, la cantidad de líquido presente (agua, grasas, jarabes, etc.) favorece la aglomeración. Existen técnicas para favorecer la aglomeración, las más importantes pueden dividirse en dos grupos:

- Aglomeración por crecimiento, boleo
- Aglomeración por presión

Cuando se adiciona una pequeña cantidad de líquido, deben de tenerse en cuenta algunas otras propiedades:

- Humedad o contenido de líquido de los sólidos: la habilidad de las partículas sólidas de atraer y retener líquidos depende, en gran parte, de la humedad o contenido de líquido de éstas. En algunos casos, es necesario un secado previo de los sólidos para aumentar su capacidad de absorción y/o adsorción de líquidos.

Algunos materiales son tan higroscópicos que no permiten la distribución uniforme del líquido agregado, ya que unas pocas partículas toman inmediatamente todo el líquido disponible y el resto permanecen,

prácticamente secas. Las condiciones inadecuadas de manejo y almacenamiento pueden causar variaciones no deseadas en el contenido de humedad de los sólidos, trayendo graves problemas en la mezcla.

#### **2.2.4. Homogeneidad y segregación**

El resultado final de un mezclado, no necesariamente es un arreglo aleatorio, en donde una partícula está a la par de otra de diferente tipo. El mejor criterio para evaluar la calidad de una mezcla sigue siendo su capacidad de cumplir los propósitos para los que fue diseñada funcionalmente.

La regla general es que entre más mezcladas estén las partículas, mejor la calidad de mezcla, (Suazo Jiménez, estudio de la eficiencia de mezclado para sistemas de polvos cohesivos, no cohesivos y cohesivos con no cohesivos en un mezclador gravitacional en forma de V, 1991).

La homogeneidad se alcanza cuando las partículas son contadas y la variación entre muestras tomadas de distintos puntos puede predecirse teóricamente para una mezcla al azar y esa variación puede ser usada como guía para determinar qué tan cerca se ha llegado de tener un mezclado aleatorio de los ingredientes.

La idea de poder lograr una distribución aleatoria, debido a que el movimiento es aleatorio, está basada en el hecho que se asume que no hay otras fuerzas aplicadas a las partículas, esto es contradictorio, ya que siempre existen otros factores en la mezcla. Ellos pueden favorecer al mezclado o, a la segregación. Cuando hay densidades extremadamente diferentes o tamaños y formas de partículas sólidas distintas, se producirá una segregación natural,

(según Suazo Jiménez, Estudio de la eficiencia de mezclado para sistemas de polvos cohesivos, no cohesivos y cohesivos con no cohesivos en un mezclador gravitacional en forma de V, 1991).

Las partículas pequeñas, redondeadas y pesadas tenderán a depositarse en el fondo, mientras que las grandes, irregulares y livianas quedarán en la superficie de la masa de partículas, según McCabe en su obra (1991).

Para el actual estudio del proceso de mezcla existen ingredientes protagonistas de mezcla, ya que éstos participan en mayor proporción en comparando los demás ingredientes en receta. En tal caso, el análisis se iniciará con ingredientes para ambas presentaciones de consomé: sal, azúcar, almidón, glutamato monosódico cristal, inosinato, GHP, estearina de palma y oleína de palma.

### **2.3. Procesamiento de aceite crudo de palma africana**

El proceso de extracción de aceite de palma y otros posteriores, son procesos que se podrían retroceder hasta la actividad de corta de la fruta, el acopio y transporte posterior a la planta de extracción, el cual se hace en camiones de carga, o carretas tiradas por tractores de llantas.

#### **2.3.1. Báscula**

Pesado de vehículos con fruto de palma africana, donde se hace el destare y se obtiene el peso neto del fruto que entregan los proveedores, ver figura 11.

Figura11. **Báscula**



Fuente: <http://coapalmaecara.com/index.php>. Consulta: 12 de junio de 2012.

### 2.3.2. **Rampa**

Vehículos descargan el fruto, el cual se depositan en las tolvas con la cargadora, y se evalúa la calidad del fruto de palma africana en esta misma área, ver figura 12.

Figura 12. **Rampa**



Fuente: <http://coapalmaecara.com/index.php>. Consulta: 12 de junio de 2012.

Tiene una capacidad de procesamiento de 40 toneladas métricas por día.

- El fruto se vacía en canastas para ser llevados a las autoclaves o esterilizadores, donde se cuece a una temperatura de 135 grados Celcius, a una presión de 45 libra por pulgada cuadrada y entre 60 a 70 minutos.
- Luego las canastas son elevadas por la grúa que las vacía en el desfrutador, donde se desprende los frutos de los raquis de palma, y en este punto hay dos subproductos: el raquis vacío y los frutos de la palma.

Con el proceso de esterilización de la fruta se busca:

- Inactivar las enzimas que causan el desdoblamiento del aceite.
- Ablandar el pedúnculo de unión de los frutos con su soporte natural.
- Debilitar los tejidos de la pulpa.
- Calentar y deshidratar parcialmente las almendras contenidas dentro de las nueces.
- Coagular las proteínas e hidrolizar la materia mucilaginosa, contenida en la pulpa del fruto.

Se procede con el proceso de desfrutamiento que consiste en la separación de los racimos esterilizados en frutos sueltos y raquis vacíos. Se utiliza el desfrutador llamado tambor rotatorio, de gran diámetro y longitud para favorecer la recuperación de los frutos interiores que aparecen en los racimos.

Con el proceso de digestión se busca:

- Desprender la pulpa de las nueces y romper las celdas para liberar el aceite que ellas contienen.
- Recalentar la masa de los frutos y darle el contenido de humedad conveniente para preparar la extracción.
- Separar de la masa de frutos digerida, la fracción líquida, compuesta en su mayor parte, por aceite de pulpa de palma y además, por agua y por una cierta cantidad de sólidos que quedan en suspensión en la misma.

El siguiente proceso es el de clarificación. Su objetivo es separar el aceite de palma puro, de los otros componentes del líquido bruto provenientes de la extracción.

### **2.3.3. Planta extractora**

Este proceso se basa en el hecho de que, el aceite y el agua son inmiscibles, y tienden a separarse en dos capas, de tal manera que el líquido de menor densidad (el aceite) se va hacia arriba: la centrifugación acelera tal separación. Ambos procesos se desarrollan en el área que muestra la figura 13.

Figura 13. **Planta extractora**



Fuente: <http://coapalmaecara.com/index.php>. Consulta: 12 de junio de 2012.

#### **2.3.4. Almendra**

La planta de palmiste tiene una capacidad para procesar 25 toneladas métricas por día. Ver figura 14.

Se efectúa el proceso de la ruptura de las nueces y obtener las almendras denominadas también, como palmiste. Éstas se someten a secado el cual es indispensable debido fundamentalmente a dos razones:

- Las almendras húmedas se vuelven mohosas después de un tiempo relativamente corto.
- Cuando las almendras se almacenan en estado húmedo, la acidez del aceite obtenido de ellas se incrementa con mayor rapidez.

- La cáscara es enviada a la caldera, y la nuez sin cáscara, llamada almendra, es sometida a la planta de palmiste. Una vez finalizado el proceso en la planta de palmiste, se obtiene como resultado el aceite de almendra y un residuo llamado harina de palma.

Figura 14. **Planta de palmiste**



Fuente: <http://coapalmaecara.com/index.php>. Consulta: 12 de junio de 2012.

### **2.3.5. Productos, aceite crudo de palma (CPO) aceite de palmiste (PKO)**

La palma de aceite es un cultivo perenne y de tardío y largo rendimiento, ya que la vida productiva puede durar más de 50 años.

Actualmente, el aceite de palma es el segundo aceite más consumido en el mundo y se emplea como aceite de cocina y para elaborar productos de panadería, pastelería, confitería, heladería, sopas instantáneas, salsas,

diversos platos congelados y deshidratados, cremas no lácteas para mezclar con el café.

El contenido de sólidos grasos del aceite de palma le da a algunos productos como margarinas y mantecas una consistencia sólida o semisólida sin necesidad de hidrogenación. En un proceso de hidrogenación parcial se forman ácidos grasos trans, que tienen un efecto negativo en la salud.

El aceite de palma es una materia prima, que también se utiliza ampliamente en jabones y detergentes, en la elaboración de grasas lubricantes y secadores metálicos, destinados a la producción de pintura, barnices y tintas.

El aceite de palmiste se obtiene de la almendra de la semilla del fruto de la palma. Su composición química es completamente diferente a aquella del aceite de palma. Tiene ciertas similitudes con el aceite de coco, en cuanto a características y composición.

En su estado crudo es ligeramente amarillo, pero una vez refinado es completamente claro lo que le permite ser usado en muchas aplicaciones tanto comestibles como no comestibles. Dentro de su composición cromatográfica, predomina el ácido graso láurico (C12) que puede estar presente entre un 46% y un 51%, su punto de fusión puede variar entre los 25,9 y los 28 grados Celcius.

El aceite de palmiste es semisólido a temperatura ambiente promedio de 25 grados Celcius . A bajas temperaturas su contenido de sólidos grasos es alto, pero disminuye rápidamente al acercarse a los 30 grados Celcius. Esta

curva de fusión muy pronunciada permite que este aceite sea muy utilizado en aplicaciones para la confitería.

### **2.3.6. Planta refinadora**

La planta refinadora tiene una capacidad de producción de 100 toneladas por día. Intervienen en la transformación del aceite crudo de palma en un producto terminado completamente desodorizado, proporcionándole las propiedades de estabilidad necesarias para el consumo humano y para su conservación, que cumpla con los criterios internacionales de calidad, siendo un aceite incoloro, inodoro e insípido. Ver figura 15.

Figura 15. **Refinadora**



Fuente: <http://coapalmaecara.com/index.php>. Consulta: 12 de junio de 2012.

### **2.3.6.1. Producto: aceite refinado, blanqueado, y desodorizado (RBD)**

De los procesos a los que se somete el aceite crudo de palma se envía una cantidad al proceso de blanqueado, mediante tratamiento de una solución de ácido cítrico al 20% de concentración y arcilla decolorante.

El proceso de blanqueado consiste en eliminar los carotenos, es decir, elementos que le dan la coloración al aceite crudo. Los carotenos son eliminados en un proceso a partir de agua, aire y temperatura.

El aceite refinado, blanqueado y desodorizado (RBD) es una fuente natural de ácidos grasos. Tiene variedad de aplicaciones como ingrediente de productos alimenticios. Algunos ejemplos son la margarina y las mantecas. Es especialmente conveniente para alimentos de freído profundo como sopas instantáneas y donas.

- Refinado: quitar impurezas, humedad, gomas y metales.
- Blanqueado: el aceite crudo es de color rojizo ocre, y utilizando arcilla blanqueadora llega a tener un color amarillento.
- Desodorizado: dejar olor neutral o normal de un aceite comestible.

El aceite de palma es el aceite comestible de mayor consumo a nivel mundial. Algunas aplicaciones fuera de la industria alimenticia incluyen la elaboración de jabones y uso como fuente de biocombustible o biodiesel.

### **2.3.7. Proceso de fraccionamiento**

El proceso productivo de fraccionamiento comienza con el transporte de la materia prima del tanque de almacenamiento de RBD a los tanques cristalizadores donde el RBD sufre un proceso físico de cristalización a temperatura controlada este es calentado hasta que obtiene una temperatura de 70 grados Celcius, a este proceso se conoce como cristalización, luego es enfriado hasta 18 grados Celcius para luego ser fraccionado donde se obtiene dos productos el aceite de oleína y la estearina que es la base de la manteca.

La planta fraccionadora tiene una capacidad para procesamiento de 50 toneladas métricas por día. Ver figura 16.

Productos resultantes: estearina y oleína.

La estearina es la porción sólida obtenida a través del proceso de fraccionamiento del aceite refinado, blanqueado y desodorizado (RBD). Se utiliza, principalmente, en la industria de alimentos. Debido a su contenido de triglicéridos saturado de alto punto de fusión, este producto es sólido a temperatura ambiente.

La estearina de palma es una fuente muy solicitada de grasa endurecida naturalmente como componente de formulación de mantecas de panificación, margarinas, entre otros.

Es de igual manera una buena alternativa a las grasas animales, ya sea para consumo humano o como grasas de sobrepaso, materia prima para

oleoquímicos y como reemplazo parcial directo del sebo de res en la elaboración de jabones.

La oleína es un aceite comestible obtenido del proceso de fraccionamiento. El aceite refinado (RBD) es separado en dos fracciones a través de cristalización parcial y la parte líquida se llamada oleína de palma. Este aceite es uno de los de mayor comercio a nivel mundial.

Figura 16. **Fraccionadora**



Fuente: <http://coapalmaecara.com/index.php>. Consulta: 12 de junio de 2012.

### **2.3.8. Planta de manteca**

Tiene una capacidad instalada para procesar 50 toneladas métricas de manteca por día. En esta planta se mezcla la estearina y RBD. Luego pasa al empaque y embalaje de manteca. Ver figura 17.

Figura 17. **Planta de envasado de manteca y oleína**



Fuente: <http://coapalmaecara.com/index.php>. Consulta: 12 de junio de 2012.

### **2.3.9. Envasado de manteca y oleína**

Las propiedades físicas de la oleína difieren significativamente de las propiedades del aceite de palma que le dio origen. Es completamente líquido a temperatura ambiente en climas templados. Tiene una composición más reducida de triglicéridos y se mezcla perfectamente con cualquier otro aceite de una oleaginosa.

Se encuentran, principalmente, dos tipos de oleína, la estándar y la súper oleína (proveniente de un doble fraccionamiento) que tiene un punto de turbidez menor que la primera.

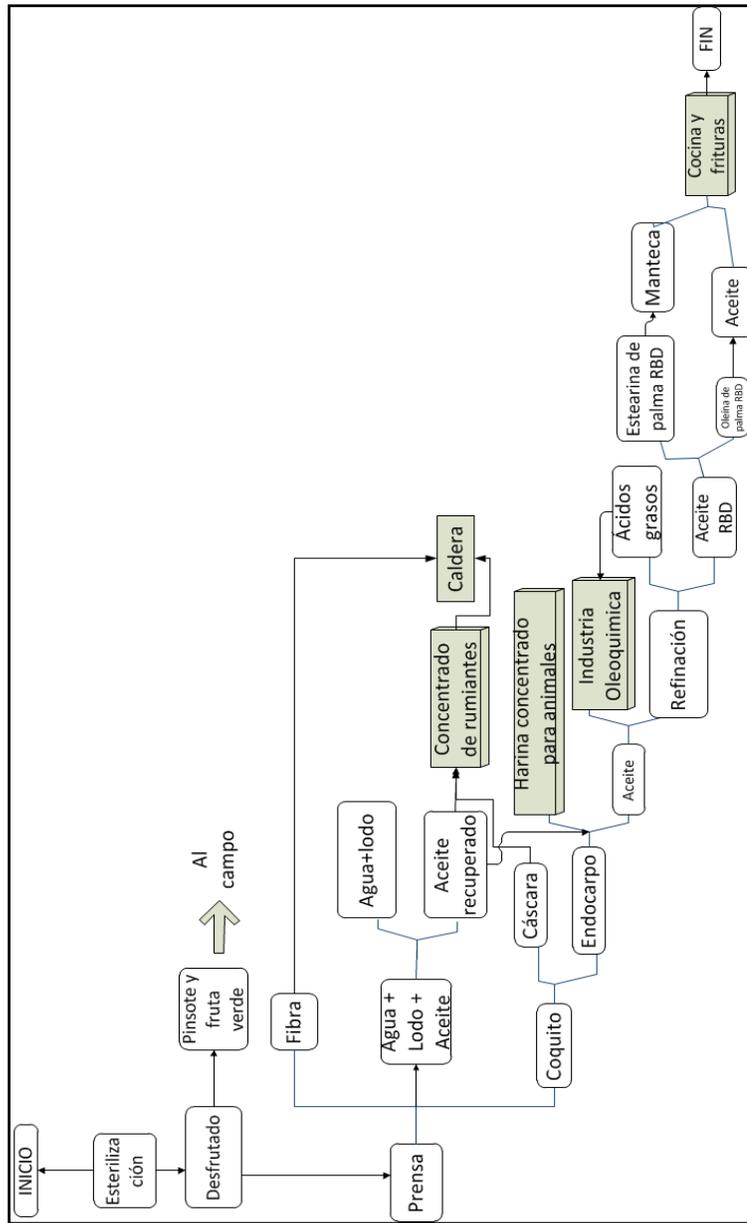
El área de envasado lo muestra la figura 18. Para comprender mejor el detalle del procesamiento del aceite de palma se detalla el diagrama de flujo en la figura 19.

Figura 18. **Bodega y despacho de producto terminado**



Fuente: <http://coapalmaecara.com/index.php>. Consulta: 12 de junio de 2012.

Figura 19. Diagrama de flujo del procesamiento de aceite crudo de palma africana



Fuente: elaboración propia.



### 3. DISEÑO METODOLÓGICO

#### 3.1. Variables

Dentro de la investigación se identificaron variables de entrada y de respuesta al método, listados en la tabla I y II.

Tabla I. Definición de variables de entrada

No.	Variable	Dimensional	Definición conceptual	Factor potencial de diseño		Factores perturbadores	
				Dependiente	Independiente	Controlables	De ruido
Método							
1	Tipo de aglutinante	%	que actúa como agente de recubrimiento para demás componentes de mezcla	X			
Análisis de ambiente externo							
1	Temperatura	°C	Magnitud escalar relacionada con la energía interna de un sistema termodinámico.			X	
2	Humedad	%	Cantidad de vapor de agua presente en el aire.				X

Fuente: elaboración propia.

**Tabla II. Definición de variables de salida**

No.	Variable	Dimensional	Definición conceptual	Factor potencial de diseño		Factores perturbadores	
				Dependiente	Independiente	Controlables	De ruido
1	Tamaño de partícula	µm	Granulometría de partículas para cada ingrediente de mezcla.	X			
2	Forma de partícula	NA	Guarda relación con su estructura y la manera de formación.		X		
3	Apariencia	NA	Característica o conjunto de características que parece poseer cada partícula.		X		
4	Color	NA	Persepción visual de cada partícula.		X		
5	Olor	NA	Es una propiedad intrínseca de la materia.		X		
6	Gusto	NA	Sabor característico.		X		
7	Concentración	ppm	Proporción o relación que hay entre la cantidad de soluto y la cantidad de disolvente.	X			
8	Fuerza	N	Todo agente capaz de modificar la cantidad de movimiento o la forma de los cuerpos materiales.	X			

Fuente: elaboración propia.

### 3.1.1. Métodos a utilizar

Debido a la necesidad de comparar el comportamiento de mezcla según el aglutinante a utilizar, se definieron tres metodologías a seguir:

- Determinación de tamaño de partícula por medio de microscopía óptica, técnica campo oscuro.

El microscopio de campo oscuro utiliza un haz enfocado de luz muy intensa en forma de un cono hueco concentrado sobre la partícula. El objeto iluminado dispersa la luz y se hace así visible contra el fondo oscuro que tiene detrás, “Como las partículas de polvo iluminadas por un rayo de sol que se cuela en una habitación cerrada” <sup>1</sup>. Por ello las porciones transparentes de la partícula quedan oscuras, mientras que las superficies y caras se ven brillantes, por la luz que reciben y dispersan en todas las direcciones, incluida la del eje óptico que conecta el objeto con la pupila del observador.

Esta forma de iluminación se utiliza para analizar elementos biológicos transparentes y sin pigmentar, invisibles con iluminación normal, sin fijar la muestra, es decir, sin matarla. También es bastante utilizado en la observación de muestras metalográficas para la observación de detalles en superficies con alta reflectancia.

El objetivo recibe la luz dispersa o refractada por las estructuras del espécimen. Para lograrlo, el microscopio de campo oscuro está equipado

---

1. MONGE ORELLANA, Oscar Alberto. *Control de la distribución de tamaños de partícula en la etapa de molienda*. p. 12

con un condensador especial que ilumina la muestra con luz fuerte indirecta. En consecuencia; el campo visual se observa detrás de la muestra como un fondo oscuro sobre el cual aparecen pequeñas partículas brillantes de la muestra que reflejan parte de la luz hacia el objetivo.

- Determinación de homogenizado de mezcla por medio de determinación de concentración de inosinato a través de espectrofotometría UV visible

La espectrofotometría UV visible es una técnica analítica que permite determinar la concentración de un compuesto en solución. Se basa en que las moléculas absorben las radiaciones electromagnéticas; la cantidad de luz absorbida depende en forma lineal de la concentración. Para hacer este tipo de medidas se emplea un espectrofotómetro, en el que se puede seleccionar la longitud de onda de la luz que pasa por una solución y medir la cantidad de luz absorbida por la misma.

- Determinación de dureza de cubitos, según técnica de determinación de dureza de tabletas y comprimidos

Se selecciona el método de medición de dureza de comprimidos, para determinar la dureza de cubitos de consomé, con base en las dimensiones del cubito y el rango de fuerza soportada por unidad de área. El resultado dureza está directamente influenciado por el incremento lineal de la fuerza o velocidad.

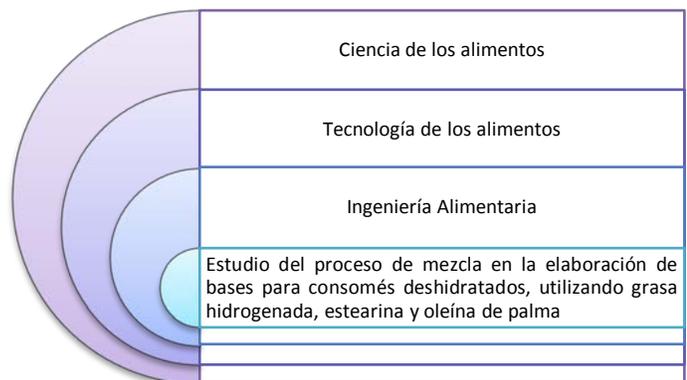
### 3.2. Delimitación del campo de estudio

El estudio se delimitó dentro del campo de la Ciencia de los Alimentos, esto debido a que como profesionales de la ciencia es necesario estudiar la composición química y física de los alimentos.

La aplicación de los principios de la Ciencia de Alimentos es la Tecnología de los alimentos enfocándose en el procesamiento, muy de la mano con la calidad en la producción, utilizando materias primas tradicionales y no tradicionales.

Como línea de investigación destacó la ingeniería alimentaria, que tiene como función la utilización y transformación de materias primas de consumo humano en productos con vida útil más prolongada, fundamentada en la comprensión de fenómenos de la química de los alimentos. Gráficamente se muestran el rango de la delimitación del campo de estudio en la figura 20.

Figura 20. **Delimitación del campo de estudio**



Fuente: elaboración propia.

### 3.3. Recursos humanos disponibles

El recurso humano de los que se dispuso en la investigación son los profesionales listados en la tabla III.

Tabla III. **Recurso humano disponible**

Asesor	Ing. Qco. Otto Alvarado
Coasesor	Lic. Roberto Cáceres Lic. Pedro Jayes
Asesor de fábrica	Ing. Obed Sulecio
Colaboradores	Operarios de la línea de elaboración de masa de simielaborado.
Tesista	Br. Maria José Pivaral Betancourt

Fuente: elaboración propia.

### 3.4. Recurso físico disponible

Comprende bienes consumibles y no consumibles, organizadas adecuadamente en sistemas determinados. Ver tabla IV.

Tabla IV. **Unidades de apoyo**

Laboratorio	•Actividad
Laboratorio de Microbiología. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC.	•Análisis de tamaño de partícula por medio de microscopía óptica.
Unidad de Análisis Instrumental, UAI. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC.	•Determinación de concentración de inosinato, por medio de espectrofotometría UV visible.
Laboratorio farmacéutico. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC.	•Determinación de dureza de consomé presentación cubito.

Fuente: elaboración propia.

### 3.4.1. **Materia prima**

Ingredientes de mezcla mayoritarios para bases de consomé:

- Azúcar
- Sal
- Glutamato
- Almidón

Ingredientes de mezcla minoritarios representativos para bases para consomés, ver figura 21:

- Inosinato

Figura 21. **Materia prima**



Fuente: Área de trasiegos.

### 3.4.2. **Cristalería**

La cristalería utilizada según el laboratorio de análisis es la siguiente:

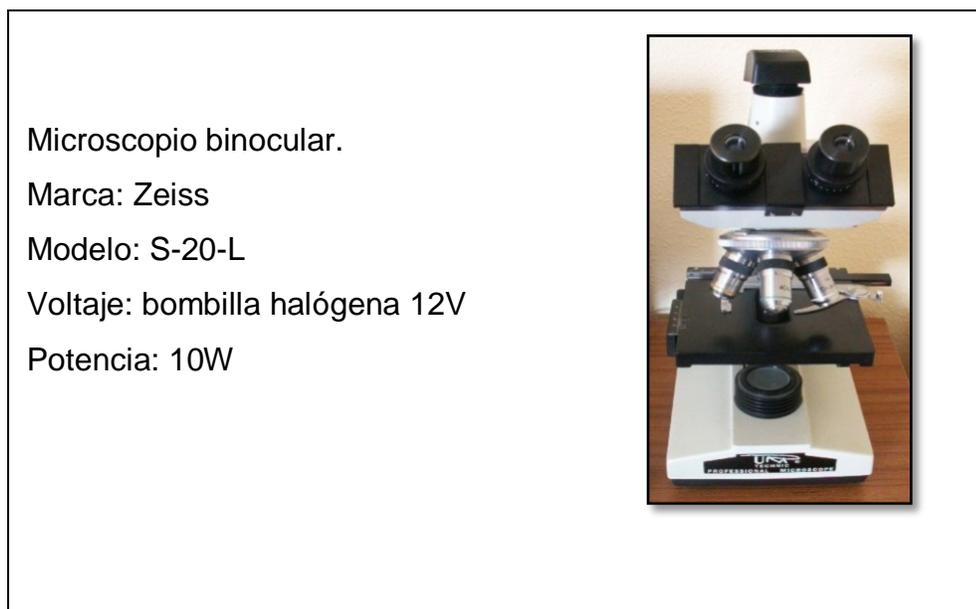
- Portaobjetos
- Cubreobjetos
- Balones
- *Beackers*
- Probetas
- Pipetas
- Matraces
- Vidrios de reloj
- Agitadores de vidrio

- Agitadores magnéticos

### 3.4.3. Equipo

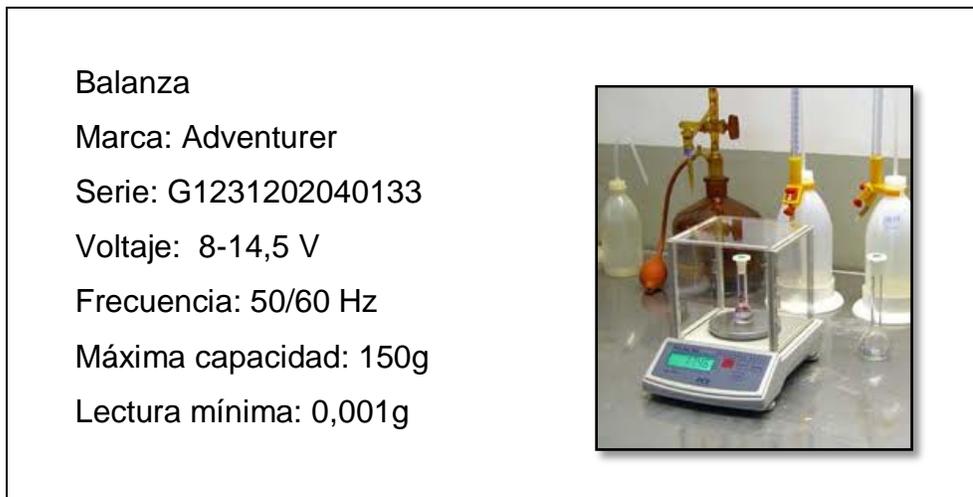
El equipo utilizado se lista a continuación según el laboratorio de análisis.  
Ver figuras 22 a la 35.

Figura 22. **Microscopio binocular**



Fuente: Laboratorio de Microbiología, Facultad de Ciencias Químicas  
y Farmacia, USAC.

Figura 23. **Balanza digital**



Fuente: Laboratorio de Microbiología, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC.

Figura 24. **Batidora-mezcladora**



Fuente: Cocina experimental, análisis de campo.

Figura 25. **Termómetro infrarrojo tipo pistola**

Termómetro infrarrojo tipo pistola

Marca : Fluke

Modelo: TI1250

Alimentación: una batería alcalina 9V

Coeficiente de distancia: 30:1

Emisividad: 0,10 ~ 1,00



Fuente: Centro de mezclas, análisis de campo.

Figura 26. **Picadora Laska**

Picadora

Marca : MPBS Industries

Modelo: MPBS 9000

Alimentación: 208/230/460

Vca trifásica

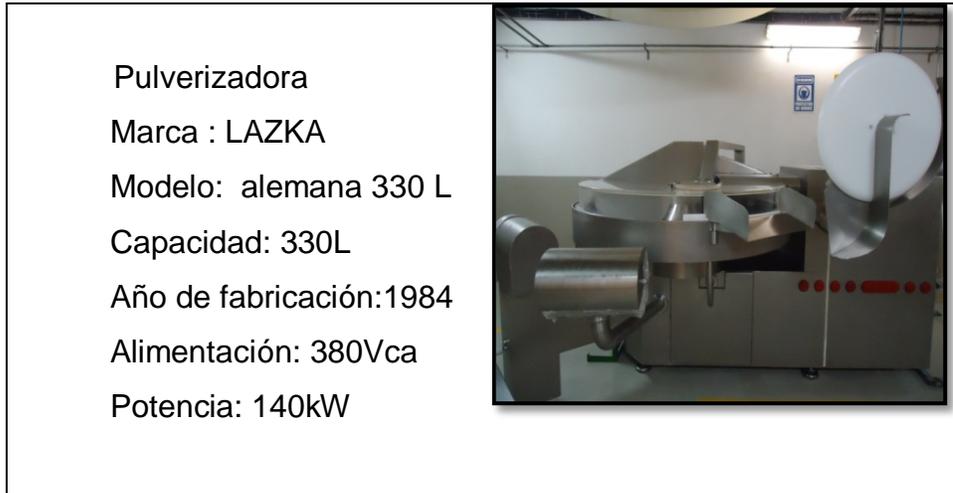
Potencia: 10HP

Frecuencia: 60Hz



Fuente: Centro de mezclas, análisis de campo.

Figura 27. **Pulverizadora**



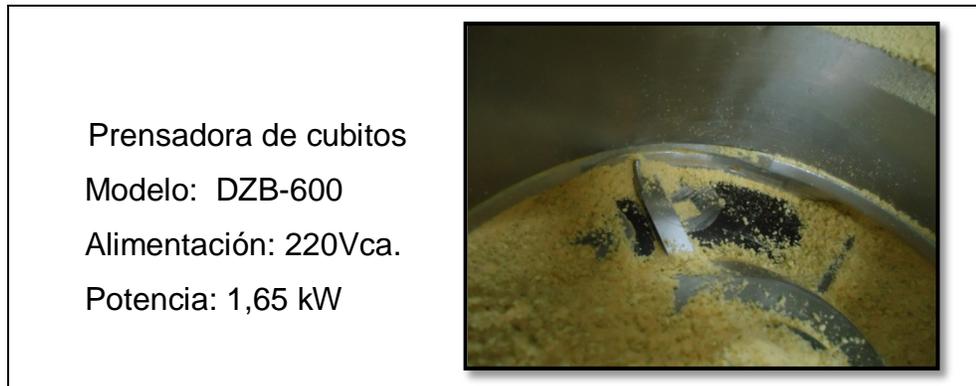
Fuente: Centro de mezclas, análisis de campo.

Figura 28. **Mezcladora horizontal de paletas**



Fuente: Centro de mezclas, análisis de campo.

Figura 29. **Prensadora de cubitos**



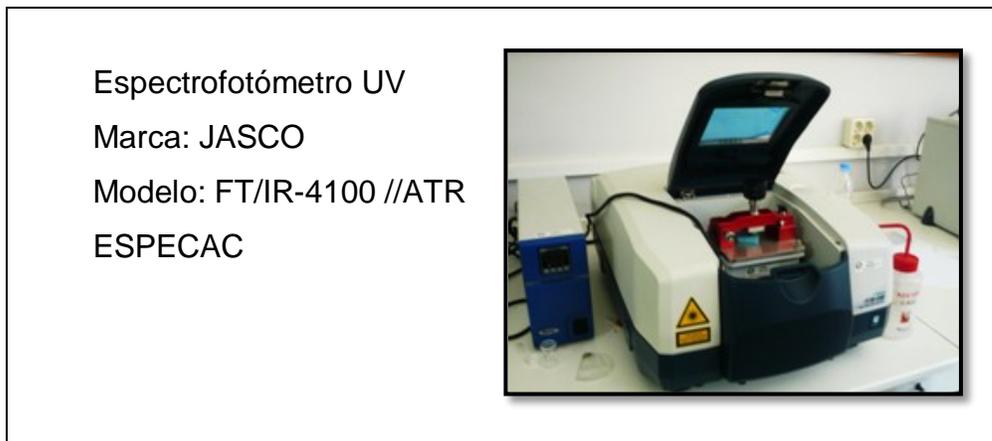
Fuente: Centro de mezclas, análisis de campo.

Figura 30. **Refrigeradora**



Fuente: Laboratorio de Microbiología Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia  
USAC.

Figura 31. **Espectrofotómetro**



Fuente: Unidad de Análisis Instrumental UAI Facultad de Ciencias  
Químicas y Farmacia, USAC.

Figura 32. **Durómetro**



Fuente: Laboratorio Farmacéutico, Facultad de Ciencias Químicas y  
Farmacia, USAC.

Figura 33. **Cronómetro digital**



Fuente: Centro de mezclas, análisis de campo.

Figura 34. **Cámara fotográfica**



Fuente: Centro de mezclas, análisis de campo.

Figura 35. **Analizador halógeno de humedad**



Fuente: Centro de mezclas, análisis de campo.

#### 3.4.4. **Reactivos**

Los reactivos utilizados se describen en las figuras 36 a la 40.

Tabla V. **Agua desmineralizada**

Número CAS	7732-18-5
pH	5-6
Conductividad específica	<5 microsiemens/cm
Magnesio	<0,1 mg/L
Calcio	<0,1 mg/L
Cloruros	<1 mg/L
Sodio	<0,01 mg/L
Dureza total	<0,3 mg CaCO <sub>3</sub> /L

Fuente: elaboración propia.

Figura 36. **Agua desmineralizada**



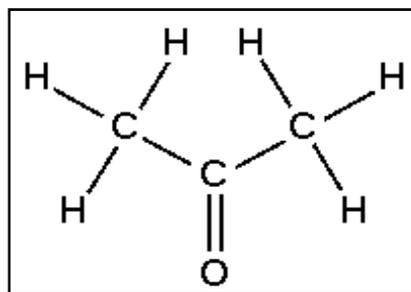
Fuente: Unidad de Análisis Instrumental UAI Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia USAC.

Tabla VI. **Acetona**

Fórmula semidesarrollada	CH <sub>3</sub> -CO-CH <sub>3</sub>
Fórmula molecular	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O
Número CAS	67-64-1
Estado de agregación	líquido
Apariencia	incoloro
Masa molecular	58,04 g/mol
Punto de fusión	178,2 K (-95 °C)
Punto de ebullición	329,4 K (56 °C)
Punto de inflamabilidad	253 K (-20 °C)
Temperatura de autoignición	738 K (465 °C)
Solubilidad en agua	soluble. También puede disolverse en etanol, iso-propanol y tolueno

Fuente: elaboración propia.

Figura 37. **Estructura molecular acetona**



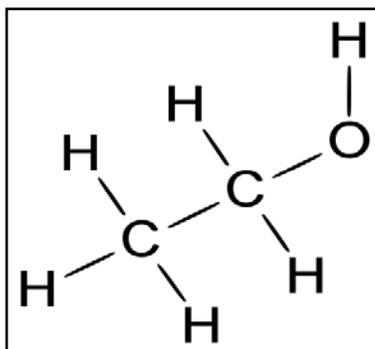
Fuente: <http://rena.edu.ve>. Consulta: 22 de abril de 2012.

Tabla VII. **Etanol**

Fórmula semidesarrollada	CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -OH
Fórmula molecular	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O
Número CAS	64-17-5
Estado de agregación	líquido
Apariencia	incoloro
Masa molecular	46,07 g/mol
Punto de fusión	158,9 K (-114 °C)
Punto de ebullición	351,6 K (78 °C)
Punto de inflamabilidad	286 K (13 °C)
Temperatura de autoignición	636 K (363 °C)
Solubilidad en agua	miscible

Fuente: elaboración propia.

Figura 38. **Estructura molecular etanol**



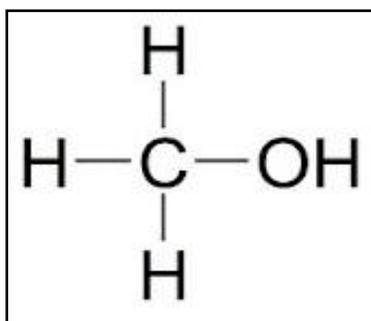
Fuente: <http://velocidadmaxima.com>. Consulta: 22 de abril de 2012.

Tabla VIII. **Metanol**

Fórmula semidesarrollada	CH <sub>3</sub> -OH
Fórmula molecular	CH <sub>4</sub> -O
Número CAS	67-56-1
Estado de agregación	líquido
Apariencia	incoloro
Masa molecular	32,04 g/mol
Punto de fusión	176°K (-97,16°C)
Punto de ebullición	337,8°K (64,7°C)
Punto de inflamabilidad	285°K (12°C)
Temperatura de autoignición	658°K (385°C)
Solubilidad en agua	totalmente miscible
Constante dieléctrica	33,6

Fuente: elaboración propia.

Figura 39. **Estructura molecular metanol**



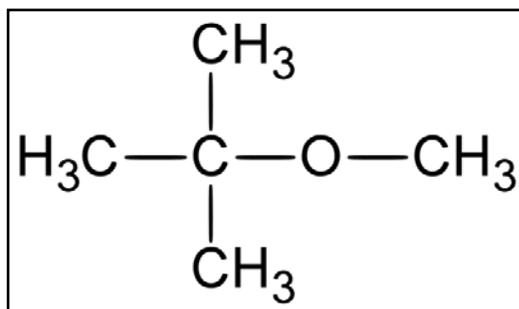
Fuente: <http://Foros.toxico-pc.com>. Consulta: 22 de abril de 2012.

Tabla IX. **Éter etílico**

Fórmula semidesarrollada	H <sub>3</sub> C-CH <sub>2</sub> -O-CH <sub>2</sub> -CH <sub>3</sub>
Fórmula molecular	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> O
Número CAS	60-29-7
Estado de agregación	líquido
Apariencia	incolore
Masa molecular	74.12 g/mol
Punto de fusión	-116,3 °C (156,85 K)
Punto de ebullición	34,6 °C (307,75 K)
Punto de inflamabilidad	-45 °C (288 K)
Temperatura de autoignición	170 °C (443 K)
Solubilidad en agua	6.9 g/100 ml (20 °C)

Fuente: elaboración propia.

Figura 40. **Estructura molecular éter etílico**



Fuente: <http://Foros.toxico-pc.com>. Consulta: 22 de abril de 2012.

### **3.5. Técnica mixta**

El estudio de caracterización del proceso de mezcla se realizó bajo una técnica mixta debido a que se pretende comprender el proceso de mezcla específico entre los ingredientes protagonistas en la elaboración de bases para consomés deshidratados, en los productos objetivos, incorporando investigación documental comprensiva amarrada a una investigación de campo.

#### **3.5.1. Técnica cualitativa**

Las técnicas de recopilación de información fueron la observación, la documentación de campo Individual y estructurada:

- Observación del participante  
Se realizó con el objetivo de hacer el registro de fenómenos detallados que participan dentro del proceso.
- Documentación de campo individuales  
Se tuvo como metodología una conversación verbal con el propósito de conocer lo que piensa o siente el entrevistado acerca del tema en cuestión. Se cuestionó sobre el proceso con mayor detenimiento, según formato de de figura 41.

Figura 41. **Formato de documentación de campo**

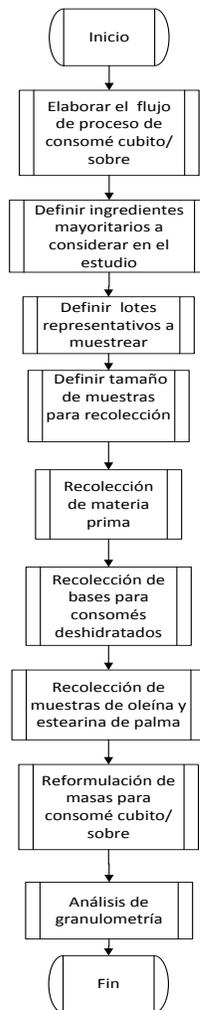
Entrevista Estructurada	
Tema:	
Nombre del colaborador:	
Cargo:	
Departamento/Área:	
Fecha:	
Preguntas	
Datos aportados	

Fuente: elaboración propia.

### 3.5.2. Recolección de información

Dentro de la técnica de determinación de tamaño de grano, granulometría, se determinaron las dimensiones aproximadas de las partículas en cuestión, forma y apariencia, según flujo de la figura 42.

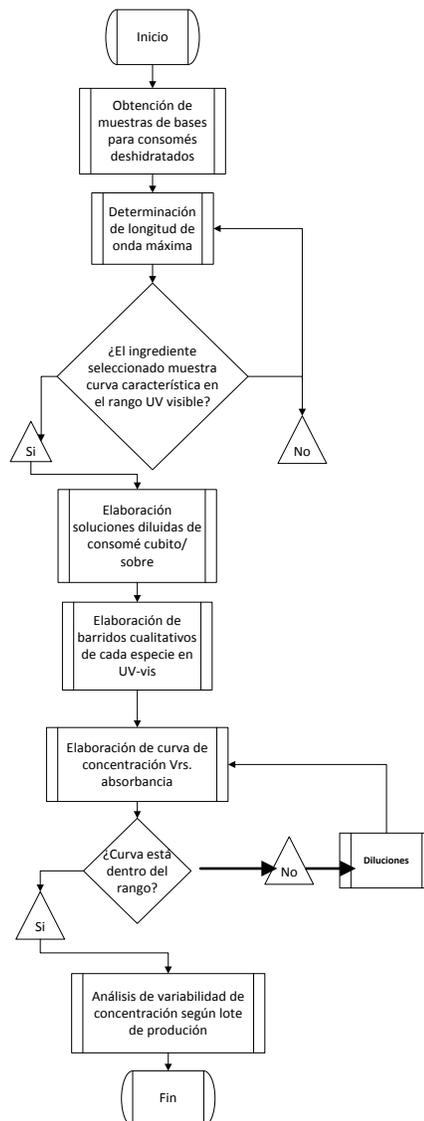
Figura 42. Diagrama de recolección de información I



Fuente: elaboración propia.

Para el análisis de homogenizado de mezcla, con ayuda del espectrofotómetro UV visible, se describe a continuación la recolección y ordenamiento de datos, según flujo de la figura 43.

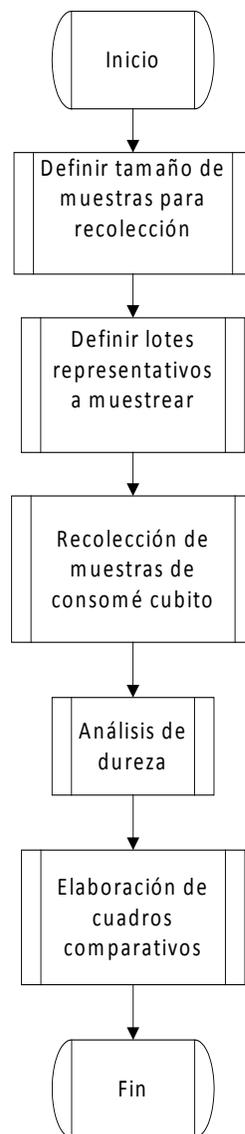
Figura 43. Diagrama de recolección de información II



Fuente: elaboración propia.

El proceso para la determinación de la dureza de CPC se describe a continuación, en la figura 44.

Figura 44. **Diagrama de recolección de información III**



Fuente: elaboración propia.

### **3.5.2.1. Metodología de granulometría**

- Utilización de la técnica de campo obscuro.
- Determinación del tamaño de grano de cada ingrediente de mezcla, midiendo la longitud de cada lado, forma, color y apariencia.
- Se determinó los datos mencionados en el punto anterior, para mezclas de bases de consomés deshidratados originales.
- Se determinó los datos mencionados en el punto anterior, para mezclas reformuladas según aglutinante a utilizar.
- Se utilizó dos objetivos 5X – 10X, únicamente con almidón se utilizó: 5X – 100X.

### **3.5.2.2. Metodología de análisis de homogeneidad**

- Determinación de longitud de onda máxima según la cantidad de luz absorbida por la solución.
- Barrido de cada uno de los ingredientes.
- Se determinó la interferencia de ingredientes no seleccionados.
- Realización de la prueba de solubilidad, con solventes:
  - Etanol
  - Acetona
  - Metanol
  - Agua desmineralizada
  - Éter etílico
- Elaboración de curva de estándares a 30, 50, 70 partes por millón.
- Determinación de la concentración de soluciones a bombardear.

- Se determinó la absorción de cada muestra con ayuda de espectro de UV visible de cada muestra de lote.

### **3.5.2.3. Metodología para determinación de dureza de producto terminado**

- Determinar el tamaño de muestra para recolección de CPC.
- Definir lotes representativos a muestrear.
- Recolección de muestras.
- Determinar la fuerza soportada según cara de cubito, con ayuda de durómetro.
- Elaborar cuadros comparativos según lotes.

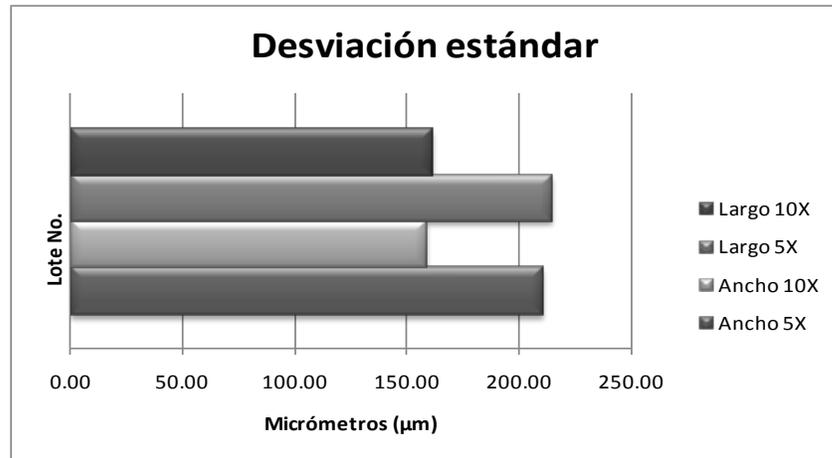
### **3.5.3. Análisis estadístico**

Se utilizó la estadística descriptiva para el análisis de granulometría, homogeneidad y dureza, con el objetivo de evidenciar características importantes en cada conjunto de datos.

#### **3.5.3.1. Análisis de granulometría**

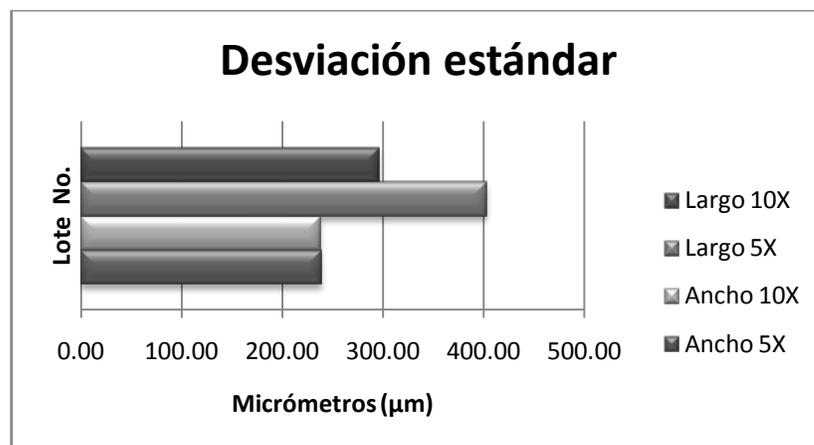
A continuación se detalla el análisis estadístico para cada materia prima, ver figuras 45 a la 49

Figura 45. **Gráfico de desviación estándar, para sal refinada yodada**



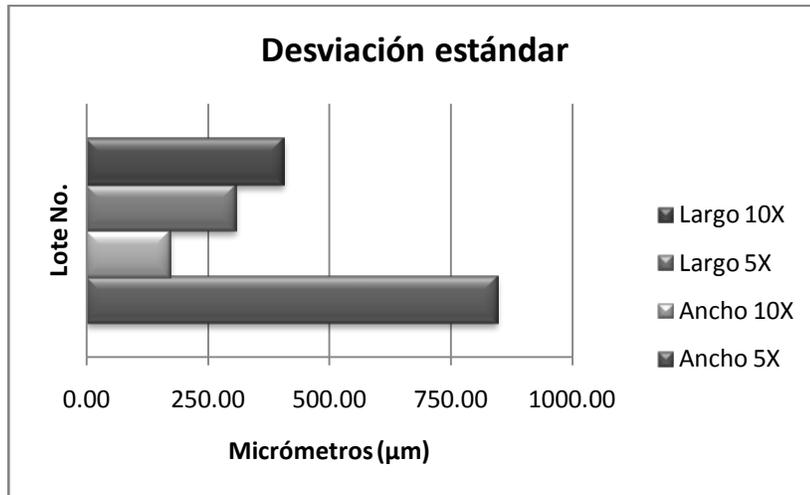
Fuente: elaboración propia.

Figura 46. **Gráfico de desviación estándar, para azúcar fortificada con vitamina A**



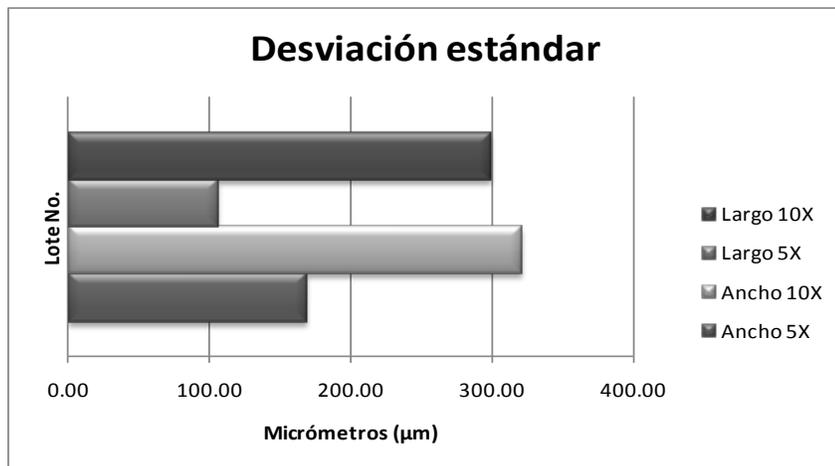
Fuente: elaboración propia.

Figura 47. **Gráfico de desviación estándar, para inosinato disódico**



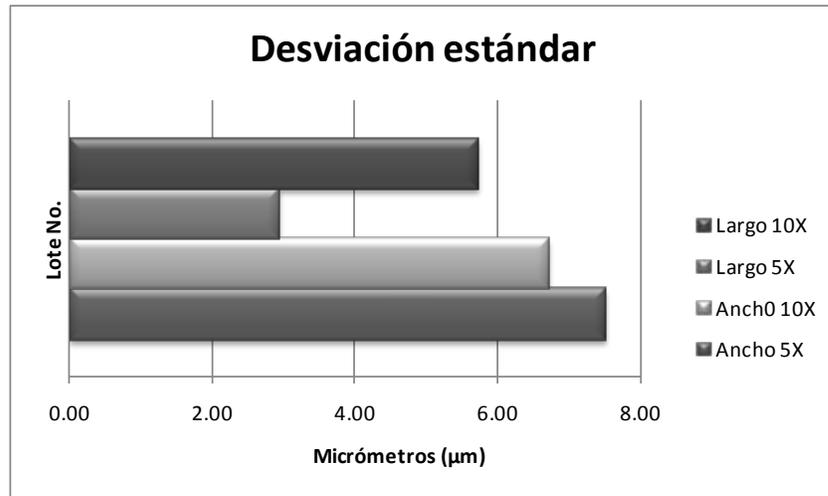
Fuente: elaboración propia.

Figura 48. **Gráfico de desviación estándar, para glutamato monosódico**



Fuente: elaboración propia.

Figura 49. Gráfico de desviación estándar, para almidón

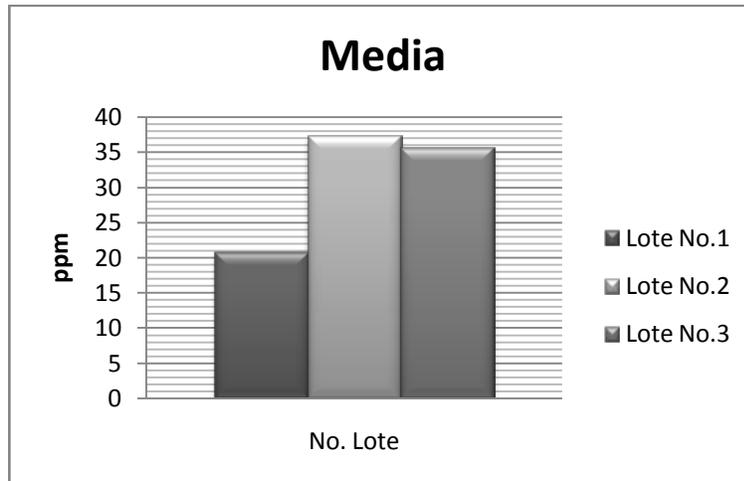


Fuente: elaboración propia.

### 3.5.3.2. Análisis de homogeneidad

A continuación se detalla el análisis estadístico de homogeneidad, ver figuras 50 a la 55.

Figura 50. **Gráfico de medias según lote para CPS**



Fuente: elaboración propia.

Figura 51. **Gráfico de desviación estándar según lote para CPS**



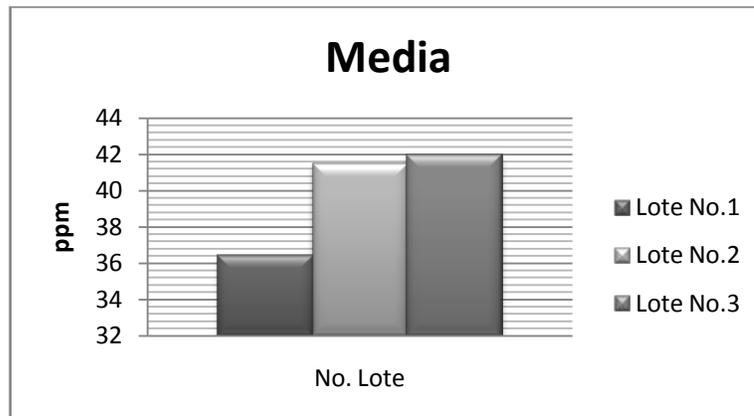
Fuente: elaboración propia.

Figura 52. **Gráfico de varianza según lote para CPS**



Fuente: elaboración propia.

Figura 53. **Gráfico de medias según lote para CPC**



Fuente: elaboración propia.

Figura 54. **Gráfico de desviación estándar según lote para CPC**



Fuente: elaboración propia.

Figura 55. **Gráfico de varianza según lote para CPC**



Fuente: elaboración propia.

### 3.5.3.3. Determinación de dureza de producto terminado

A continuación se detalla el análisis estadístico de dureza, ver figuras 56 a la 59.

Figura 56. **Gráfico de desviación estándar, lote 1 según prensadora, para CPC**



Fuente: elaboración propia.

Figura 57. **Gráfico de desviación estándar, lote 2 según prensadora, para CPC**



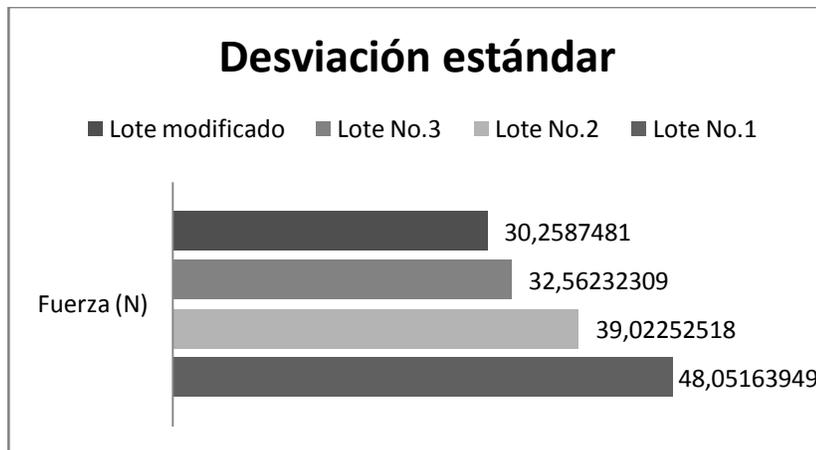
Fuente: elaboración propia.

Figura 58. **Gráfico de desviación estándar, lote 3 según prensadora, para CPC**



Fuente: elaboración propia.

Figura 59. **Gráfico de desviación estándar según lote para CPC**



Fuente: elaboración propia.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Análisis del comportamiento de mezcla de bases para consomés deshidratados según el tipo de aglutinante a utilizar

El análisis en cuestión incluye los tres tipos de aglutinantes: grasa hidrogenada de palma, estearina y oleína de palma, con el objetivo de hacer comparaciones entre características representativas.

#### 4.1.1. Grasa hidrogenada de palma

Se determinó el tamaño de grano de cada ingrediente representativo. Ver figuras 60 a la 65 y tablas V a la X.

Figura 60. Análisis de granulometría, para sal refinada yodada



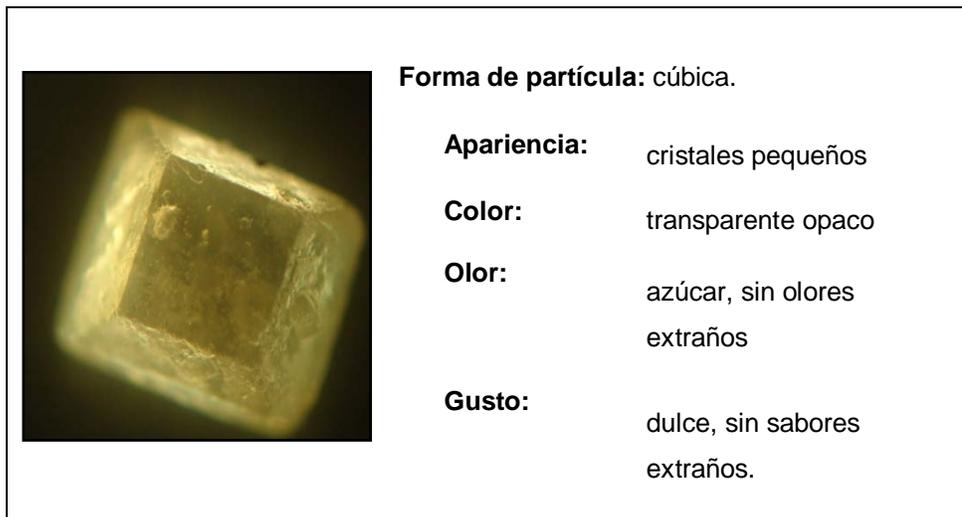
Fuente: Microscopía óptica (5X, 10X). Laboratorio de Microbiología Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia USAC.

Tabla X. **Tamaño de grano sal refinada yodada**

	5X		10X	
	Ancho	Largo	Ancho	Largo
Mínimo ( $\mu\text{m}$ )	180	187	183	183
Rango ( $\mu\text{m}$ )	357 - 365	343 - 373	346 - 347	361 - 363
Máximo ( $\mu\text{m}$ )	613	600	493	506

Fuente: elaboración propia.

Figura 61. **Análisis de granulometría, para azúcar fortificada con vitamina A**



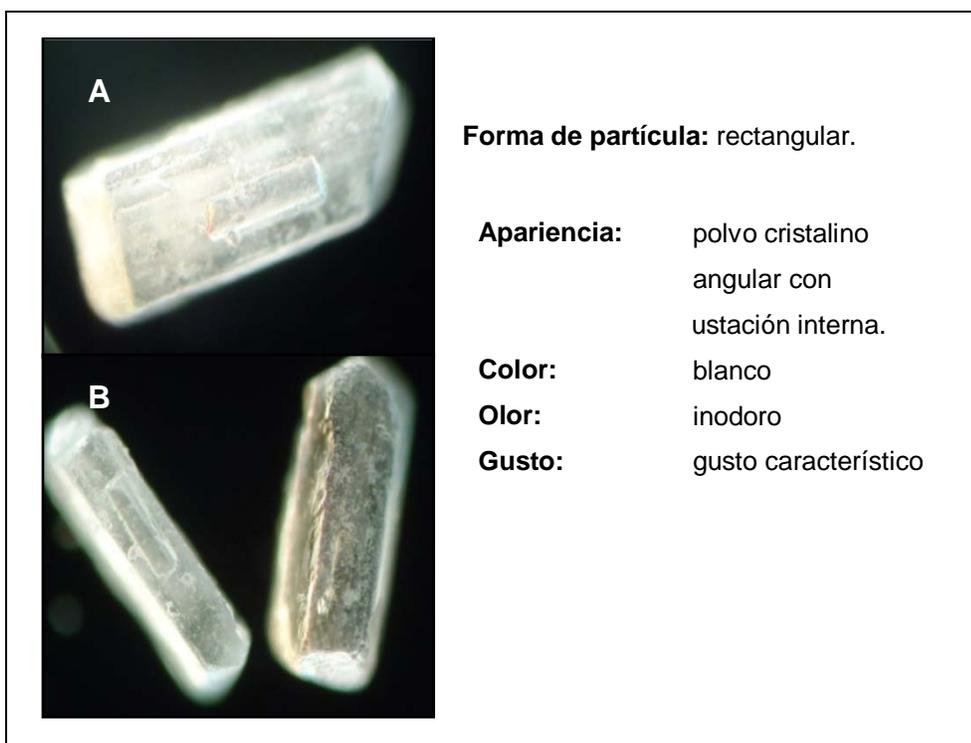
Fuente: Microscopía óptica (A.5X, 10X). Laboratorio de Microbiología Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia USAC.

Tabla XI. **Tamaño de grano azúcar fortificada con vitamina A**

	5X		10X	
	Ancho	Largo	Ancho	Largo
Mínimo ( $\mu\text{m}$ )	373	513	385	806
Rango ( $\mu\text{m}$ )	517 - 531	795 - 800	529 - 568	806 - 807
Máximo ( $\mu\text{m}$ )	840	1307	852	1319

Fuente: elaboración propia.

Figura 62. **Análisis de granulometría, para inosinato disódico**



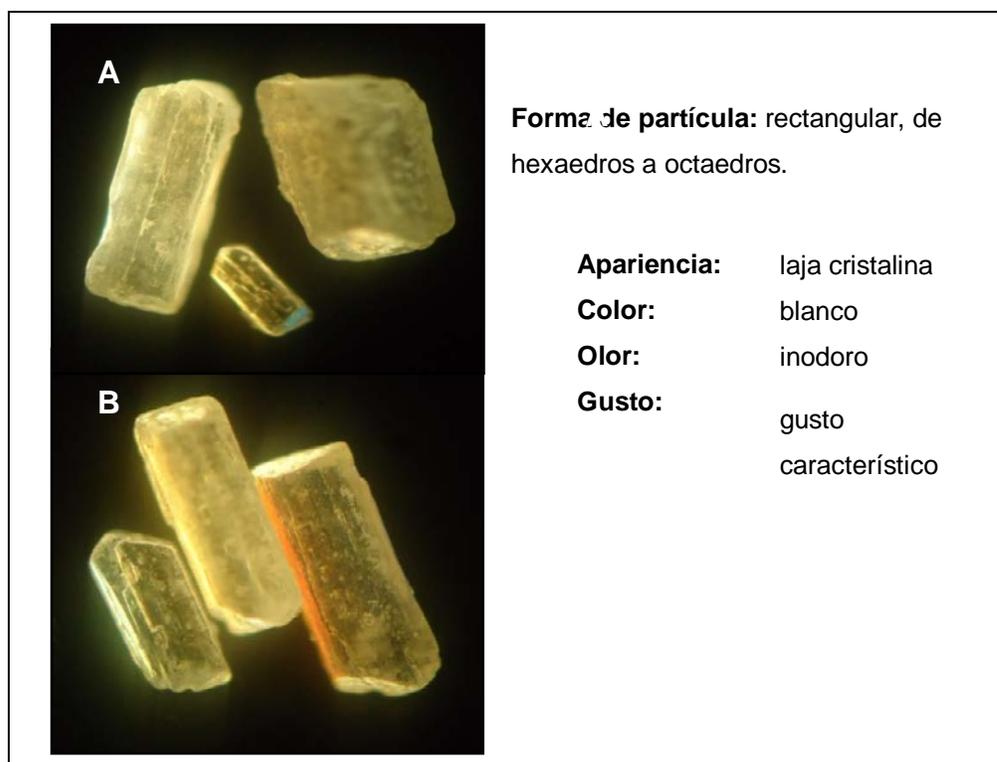
Fuente: Microscopía óptica (B.5X, A.10X). Laboratorio de Microbiología Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia USAC.

Tabla XII. **Tamaño de grano inosinato disódico**

	5X		10X	
	Ancho	Largo	Ancho	Largo
Mínimo ( $\mu\text{m}$ )	87	633	77	253
Rango ( $\mu\text{m}$ )	233 - 280	633 - 672	187 - 199	470 - 595
Máximo ( $\mu\text{m}$ )	1627	1180	413	1050

Fuente: elaboración propia.

Figura 63. **Análisis de granulometría, para glutamato monosódico**



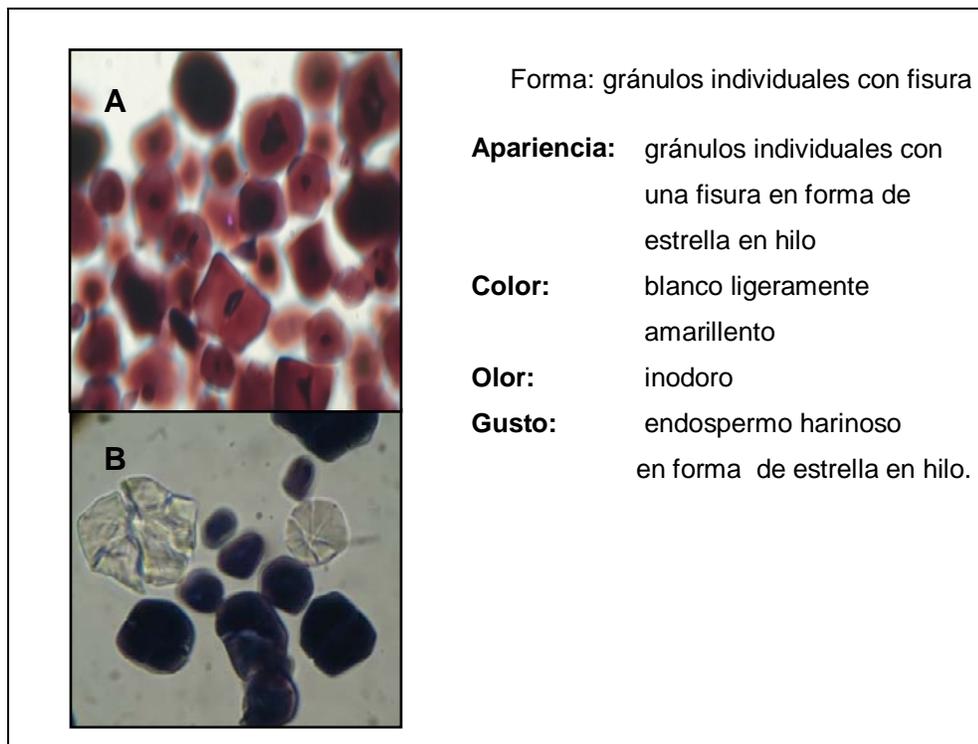
Fuente: Microscopía óptica (A.5X, B.10X). Laboratorio de Microbiología Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia USAC.

Tabla XIII. **Tamaño de grano glutamato monosódico**

	5X		10X	
	Ancho	Largo	Ancho	Largo
Mínimo ( $\mu\text{m}$ )	147	940	70	403
Rango ( $\mu\text{m}$ )	263 - 278	979 - 972	159 - 179	643 - 790
Máximo ( $\mu\text{m}$ )	480	1513	280	998

Fuente: elaboración propia.

Figura 64. **Análisis de granulometría, para almidón de maíz polvo**



Fuente: Microscopía óptica (A.40X, B.100X). Laboratorio de Microbiología Facultad. de Ciencias Químicas y Farmacia USAC.

Tabla XIV. **Tamaño de grano almidón de maíz polvo**

	40X		100X	
	Ancho	Largo	Ancho	Largo
Mínimo ( $\mu\text{m}$ )	14	20	15	17
Rango ( $\mu\text{m}$ )	21 - 22	23 - 25	22 - 23	22 - 24
Máximo ( $\mu\text{m}$ )	29	32	28	28

Fuente: elaboración propia.

Figura 65. **Análisis de granulometría, para grasa hidrogenada de palma (GHP)**



Fuente: Microscopía óptica (5X, 10X). Laboratorio de Microbiología Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia USAC.

Tabla XV. **Análisis de premezcla de grasa hidrogenada de palma y almidón de maíz**

Tamaño de grano (µm)	
Grasa hidrogenada de palma	Almidón de maíz
> 1000	(22- 24)
Relación entre diámetros medios	
Relación ideal	$\frac{1}{4}$
Relación real	$\frac{23}{1000}$

Con base en la desviación de las relaciones de tamaño de partícula entre la grasa hidrogenada de palma y el almidón de maíz, las fuerzas de cohesión no definen mayor injerencia. Por lo que es más evidente el recubrimiento del almidón a las partículas de grasa hidrogenada de palma, lo que conlleva a una ligera humidificación de la masa a mezclar, obteniendo una masa más cohesiva.

Fuente: elaboración propia.

Figura 66. **Premezcla**



Fuente: Microscopía óptica (5X, 10X). Laboratorio de Microbiología Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia USAC.

Tabla XVI. **Análisis de capacidad de transmisión de energía cinética**

<b>Energía cinética</b>	La forma de las partículas es importante para el mezclado, ya que está íntimamente relacionada con su capacidad para fluir y el área superficial. Las partículas esféricas u oviformes, tienden a fluir mejor que las de forma irregular o cúbica. Por lo que la capacidad de transmisión de energía cinética de las paletas de la mezcladora hacia las partículas de cada ingrediente se vio afectada, ya que en su mayoría las partículas a mezclar son cristalinas.
-------------------------	--

Fuente: elaboración propia.

#### 4.1.2. Oleína de palma

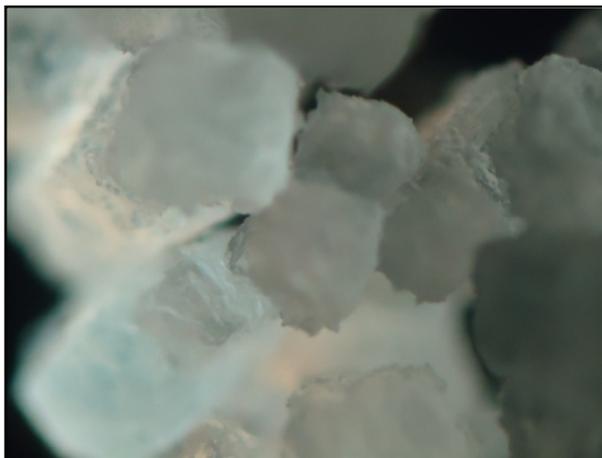
Para el análisis en la elección de aglutinante oleína se describen los resultados obtenidos a continuación, ver figura 67 y tabla XI.

Tabla XVII. **Análisis de premezcla sólido- líquido entre la oleína y almidón de maíz**

<b>Tamaño de grano (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	
<b>Oleína de palma</b>	<b>Almidón de maíz</b>
	(22- 24)
El tamaño de partícula mantuvo una relación inversa al área superficial; a menor tamaño de partícula mayor área superficial por unidad de peso. Dado que el almidón de maíz es la partícula de menor tamaño en la mezcla, tiene la mayor área superficial para absorber la oleína líquida. Esto contribuyó a una distribución uniforme.	

Fuente: elaboración propia.

Figura 67. **Oleína de palma, premezcla con almidón de maíz**



Fuente: Microscopía óptica (5X, 10X). Laboratorio de Microbiología Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia USAC.

Tabla XVIII. **Análisis de segregación de ingredientes de mezcla**

Segregación	<p>Los rangos de medidas entre la sal y el inosinato mostraron movilidades similares mientras que los extremos se encuentran entre el azúcar y el almidón. El azúcar por el mayor peso mantuvo la tendencia a segregarse en el fondo, no así el almidón.</p> <p>Debido a que el almidón representó la partícula de menor tamaño de mezcla, ésta misma presentó la mayor área superficial por unidad de peso. Por lo que el líquido se distribuyó uniformemente en partículas de menor tamaño y rangos medios similares</p>
-------------	--

Fuente: elaboración propia.

#### 4.1.3. Estearina de palma

Para el análisis en la elección de aglutinante estearina se describen los resultados obtenidos a continuación, ver tablas XII a XIV.

Tabla XIX. **Análisis de premezcla solido seco, sólido húmedo de estearina y almidón de maíz**

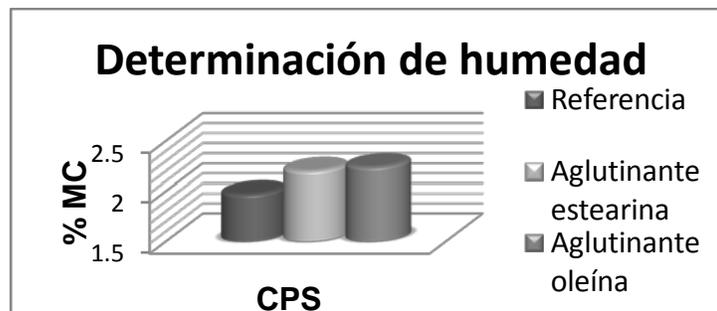
Partículas de estearina y almidón de maíz	Esta mezcla presentó el microencapsulamiento de la oleína al almidón de maíz debido al menor tamaño de partícula del almidón en comparación al resto de los demás ingredientes. Cada partícula de estearina es recubierta por almidón de maíz en todo el contorno.
---	--

Fuente: elaboración propia.

#### 4.1.4. Análisis comparativo de mezclas

Para el análisis comparativo de mezclas, ver figuras 68 a la 72 y tablas XV y XVI.

Figura 68. **Determinación de humedad para CPS**



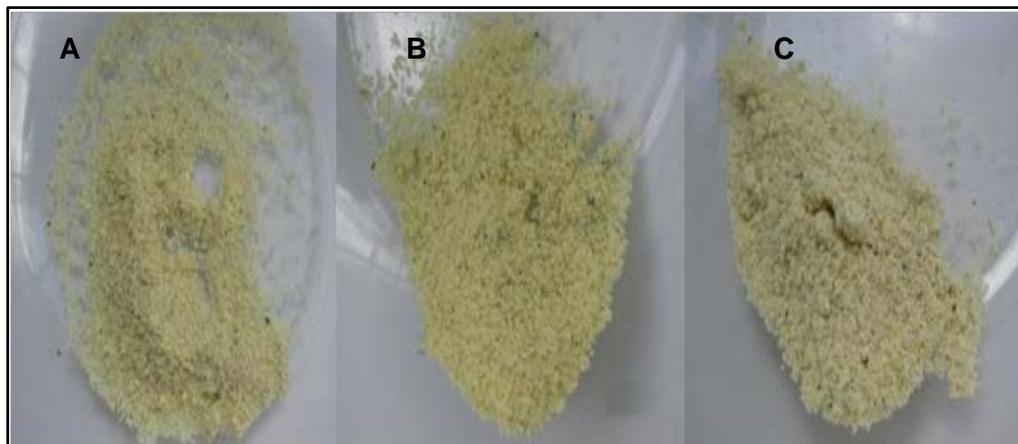
Fuente: elaboración propia.

Tabla XX. **Análisis de degustación según aglutinante oleína/estearina en masa de producto terminado CPS**

	Referencia	Oleína	Estearina
Apariencia	Con glóbulos de grasa	+	++
Color	Uniforme	Se mantiene	Se mantiene
Olor	Resaltante	Se mantiene	Se mantiene
+ Escaso    ++ Regular cantidad    +++ Abundante			

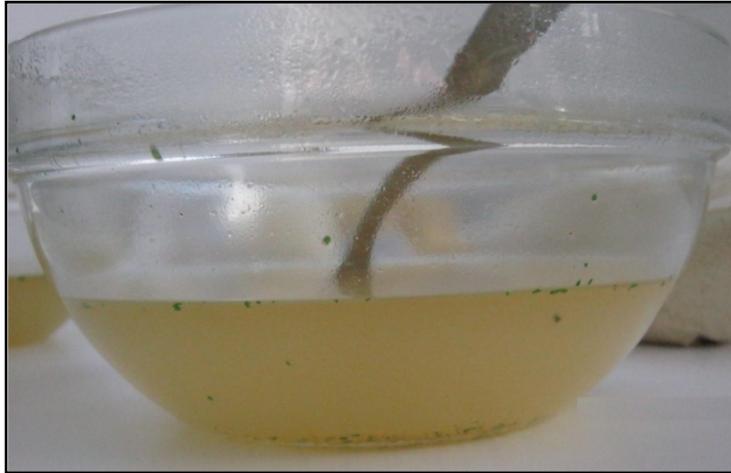
Fuente: elaboración propia.

Figura 69. **Análisis comparativo de mezclas de CPS**



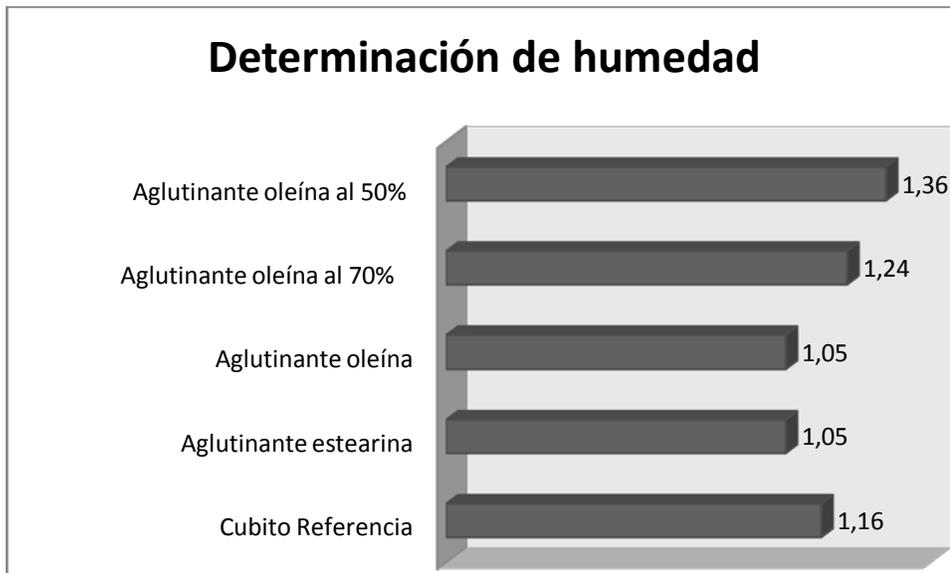
Fuente: Cocina experimental. A. CPS referencia. B. CPS con aglutinante oleína. C. CPS con aglutinante estearina.

Figura 70. **CPS, degustación**



Fuente: Cocina experimental.

Figura 71. **Determinación de humedad para CPC**



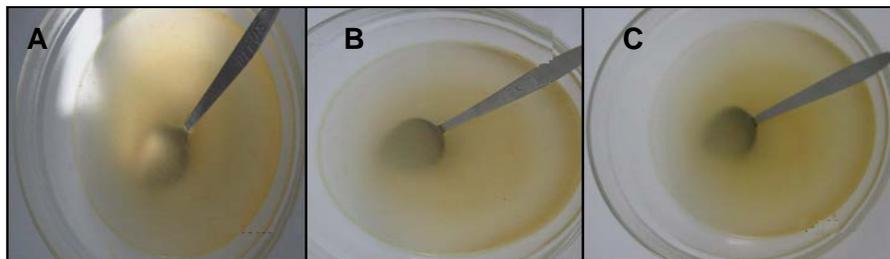
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXI. **Análisis de degustación según aglutinante oleína/estearina en masa de producto terminado CPC**

	Referencia	Oleína	Estearina
Apariencia	Con glóbulos de grasa	+	++
Color	Uniforme	Más intenso	Se mantiene
Olor	Resaltante	Resaltante de sal	Se mantiene
+ Escaso    ++ Regular cantidad    +++ Abundante			

Fuente: elaboración propia.

Figura 72. **CPC, degustación**



Fuente: Cocina experimental. A. CPC degustación referencia. B. CPC degustación estearina. C. CPC degustación oleína.

#### 4.2. **Determinación de homogeneidad de mezcla**

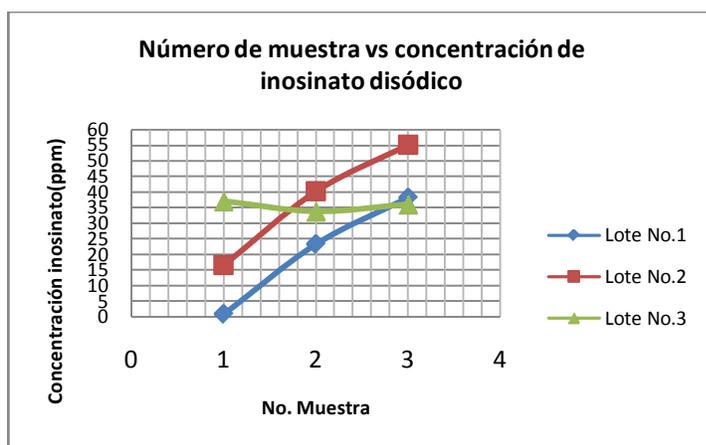
La homogeneidad de mezcla se describe a través de las figuras 73 y 74, tablas XVII y XVIII.

Tabla XXII. **Determinación de concentración de inosinato disódico para masa de CPS**

Lote No.1		
No. Muestra	Concentración inosinato(ppm)	%
1	0,9843	0,0070
2	2,3158	0,1657
3	38,1514	0,2716
Lote No.2		
No. Muestra	Concentración inosinato(ppm)	%
1	16,6601	0,1191
2	40,2071	0,2874
3	55,0494	0,3905
Lote No.3		
No. Muestra	Concentración inosinato (ppm)	%
1	37,0637	0,2637
2	33,7643	0,2403
3	36,0397	0,2566

Fuente: Unidad de Análisis Instrumental UAI Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia USAC.

Figura 73. **Relación de concentración de inosinato disódico entre lotes aleatorios de muestras de CPS**



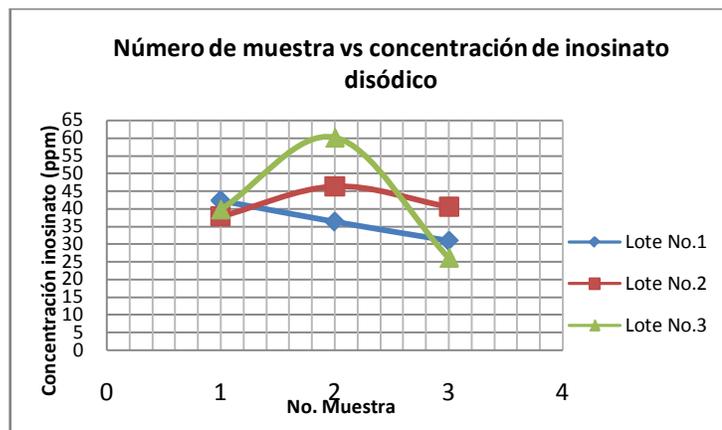
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIII. **Determinación de concentración de inosinato disódico para masa de CPC**

<b>Lote 1</b>		
<b>No. Muestra</b>	<b>Concentración inosinato (ppm)</b>	<b>%</b>
1	42,2563	0,2408
2	36,2421	0,2066
3	30,8214	0,1761
<b>Lote 2</b>		
<b>No. Muestra</b>	<b>Concentración inosinato (ppm)</b>	<b>%</b>
1	37,7855	0,2154
2	46,2438	0,2633
3	40,4992	0,2302
<b>Lote 3</b>		
<b>No. Muestra</b>	<b>Concentración inosinato (ppm)</b>	<b>%</b>
1	39,7805	0,2264
2	60,0886	0,3431
3	26,1069	0,1483

Fuente: Unidad de Análisis Instrumental UAI Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia USAC.

Figura 74. **Relación de concentración de inosinato disódico entre lotes aleatorios de muestras de CPC**



Fuente: elaboración propia

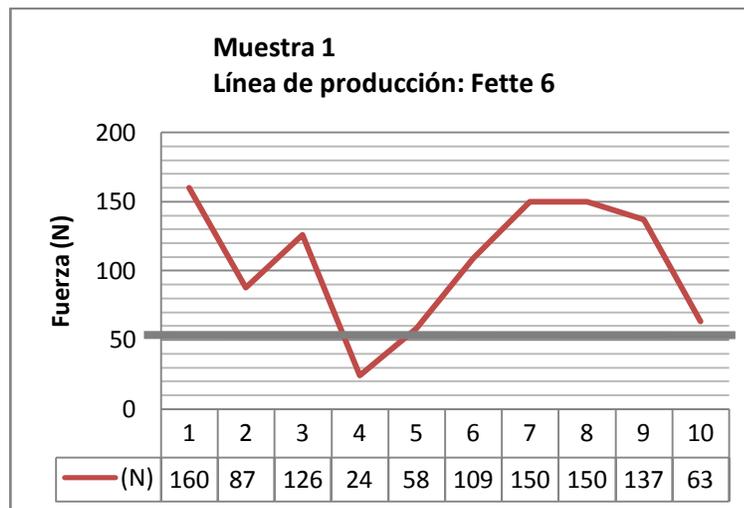
### 4.3. Determinación de dureza de CPC

La determinación de dureza de CPC se describe en función de las prendadoras de fábrica, ver figuras 75 a 86.

#### 4.3.1. Análisis de referencias

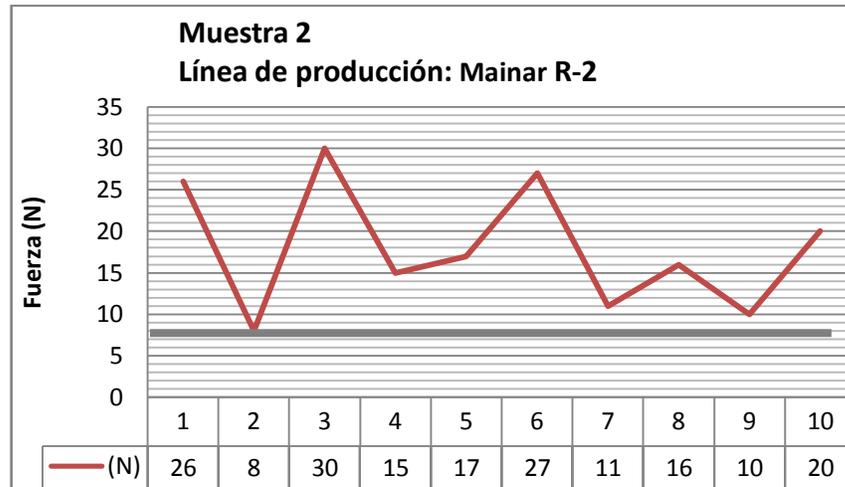
En este apartado se midió la fuerza soportada por unidad de área de CPC, utilizando grada hidrogenada de palma.

Figura 75. Relación de fuerza soportada por cara, lote 1 CPC



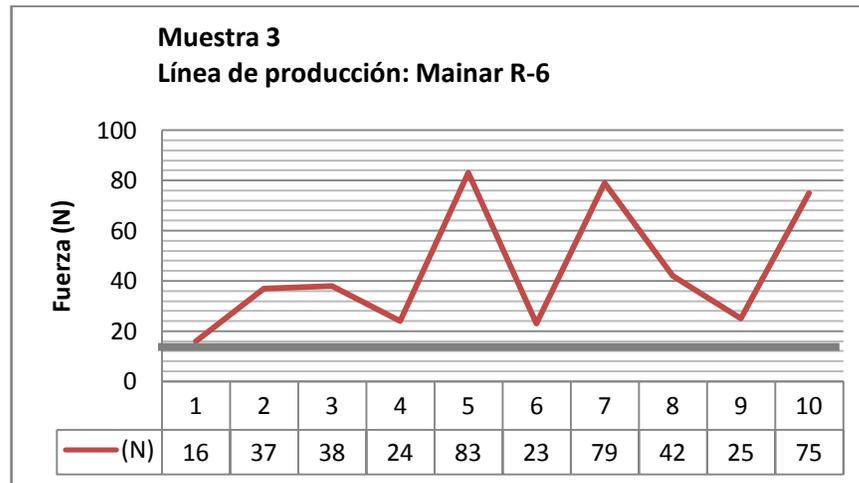
Fuente: elaboración propia.

Figura 76. **Relación de fuerza soportada por cara, lote 1 CPC**



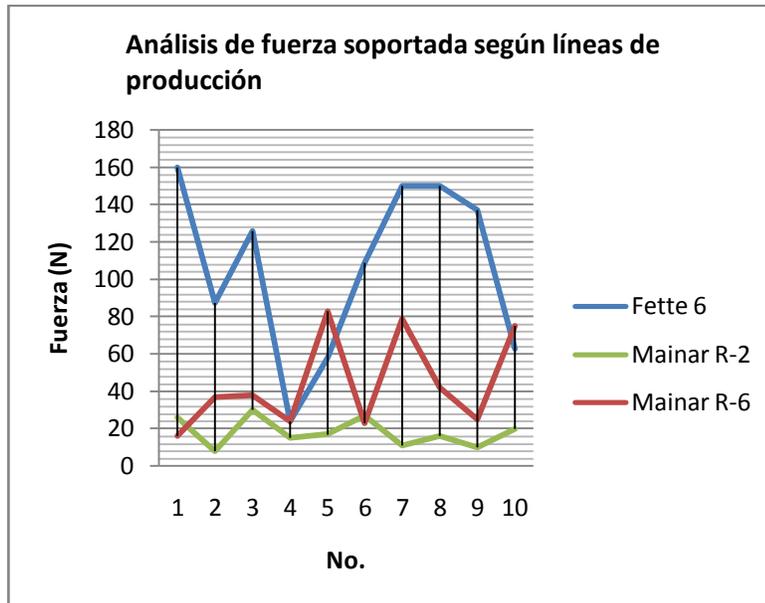
Fuente: elaboración propia.

Figura 77. **Relación de fuerza soportada por cara, lote 1 CPC**



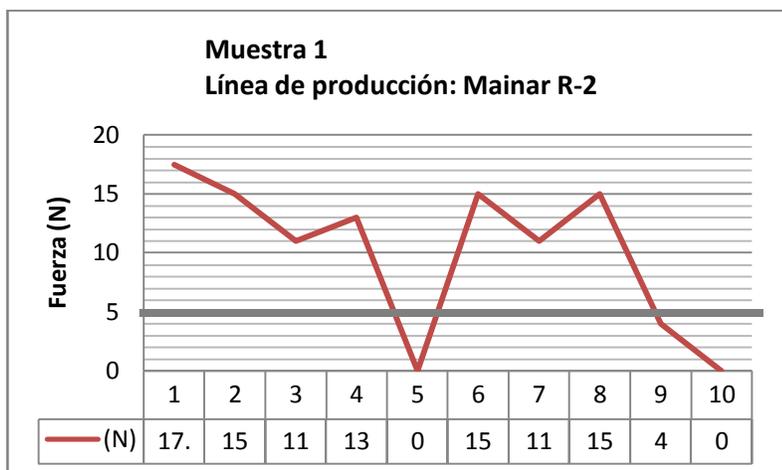
Fuente: elaboración propia.

Figura 78. Relación de fuerza soportada por cara, lote 1 CPC



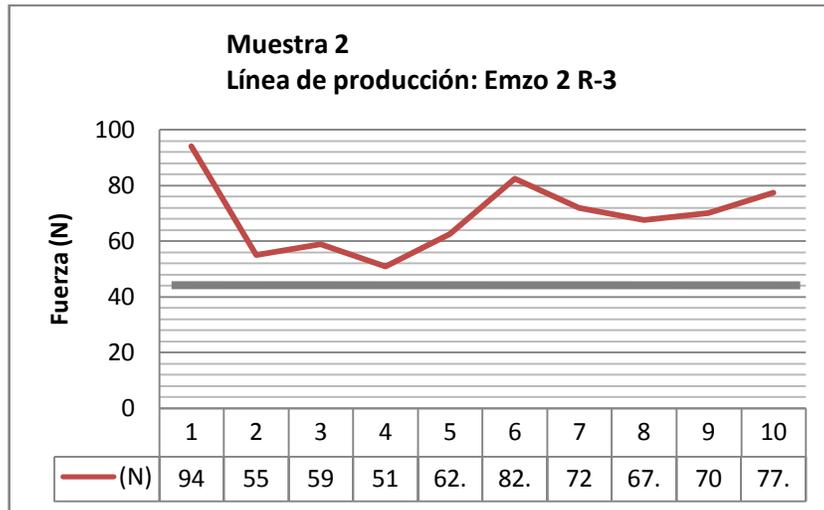
Fuente: elaboración propia.

Figura 79. Relación de fuerza soportada por cara, lote 2 CPC



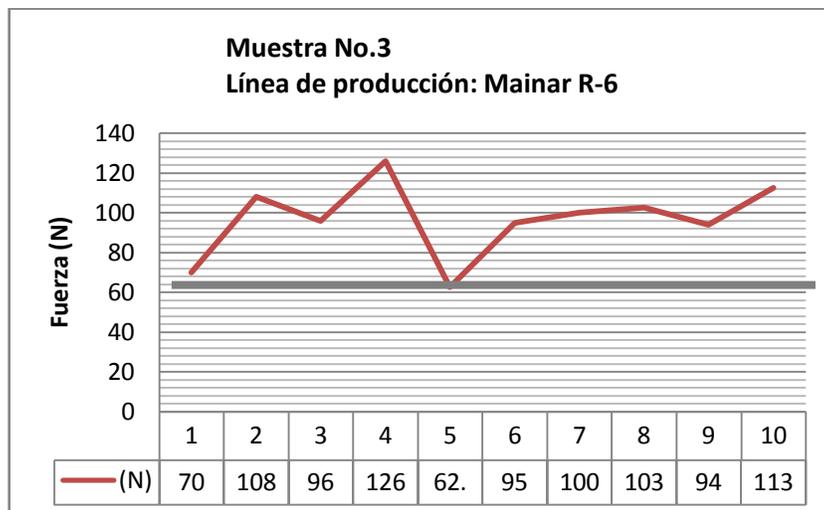
Fuente: elaboración propia.

Figura 80. **Relación de fuerza soportada por cara, lote 2 CPC**



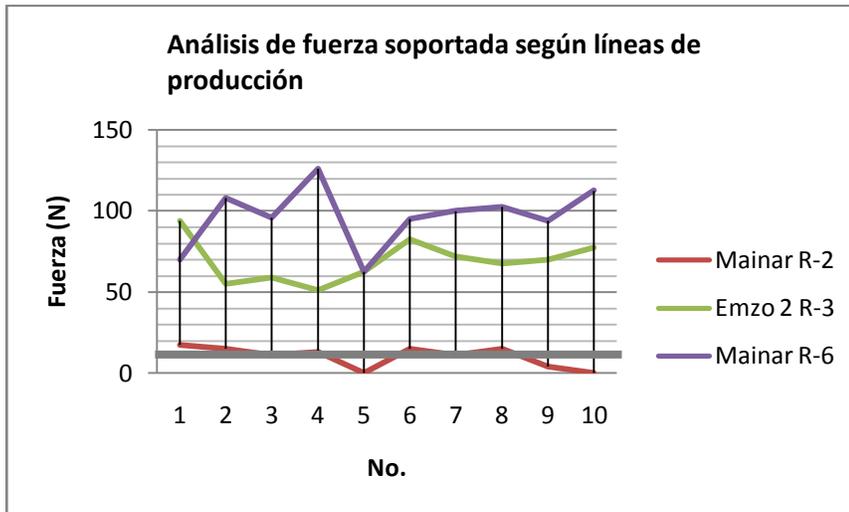
Fuente: elaboración propia.

Figura 81. **Relación de fuerza soportada por cara, lote 2 CPC**



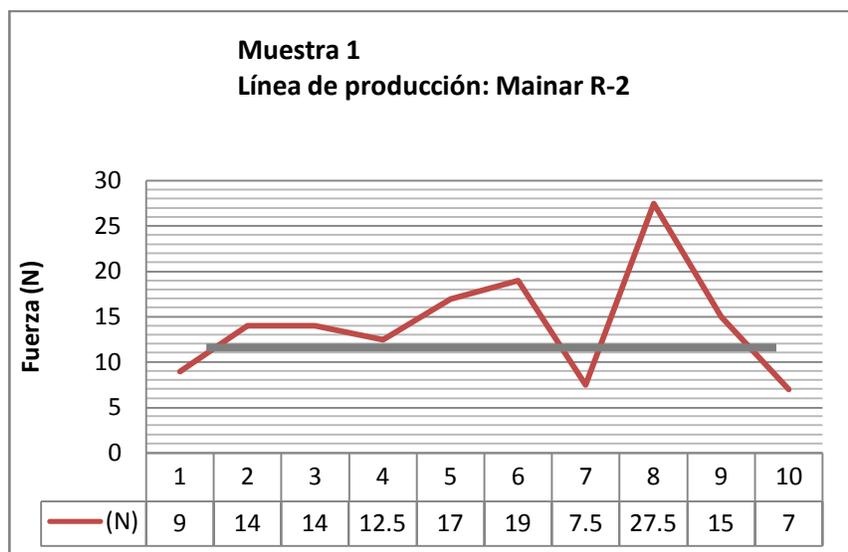
Fuente: elaboración propia.

Figura 82. **Relación de fuerza soportada por cara, lote 2 CPC**



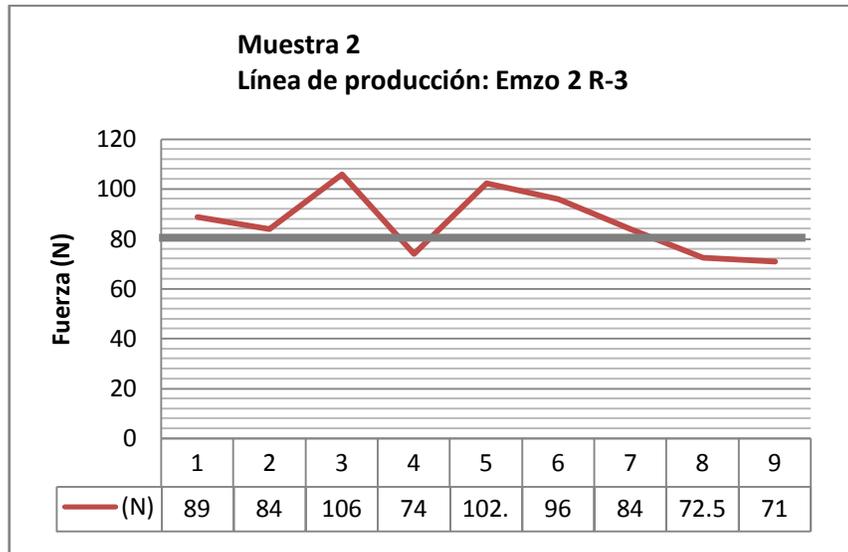
Fuente: elaboración propia.

Figura 83. **Relación de fuerza soportada por cara, lote 3 CPC**



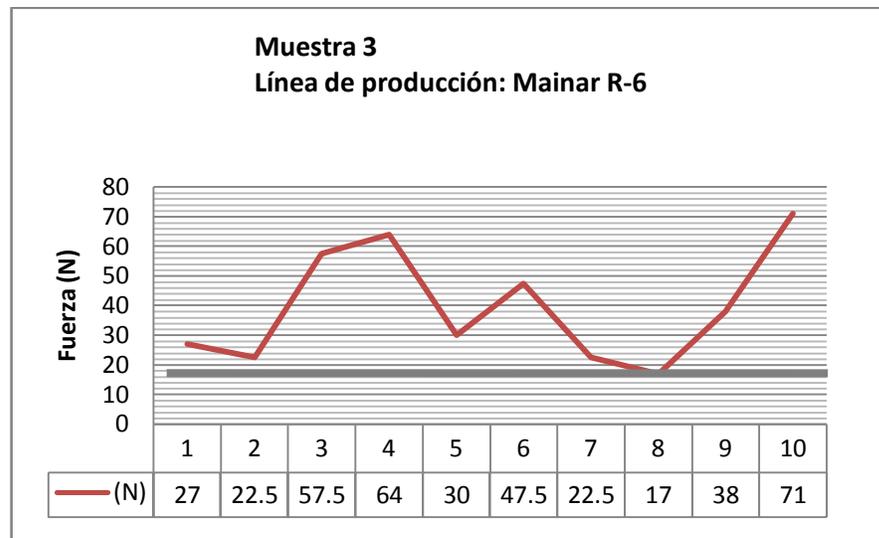
Fuente: elaboración propia.

Figura 84. **Relación de fuerza soportada por cara, lote 3 CPC**



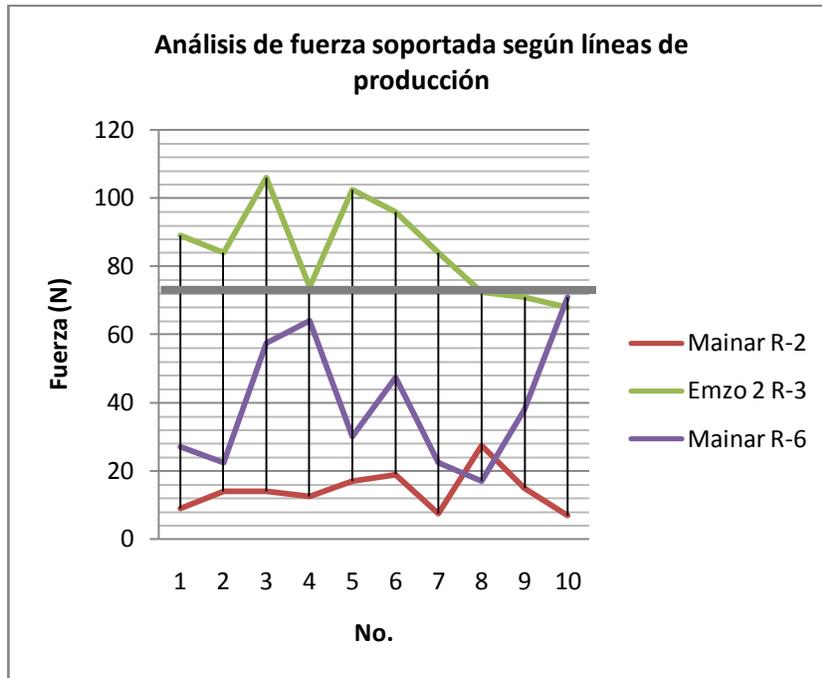
Fuente: elaboración propia.

Figura 85. **Relación de fuerza soportada por cara, lote 3 CPC**



Fuente: elaboración propia.

Figura 86. **Relación de fuerza soportada por cara lote 3 CPC**

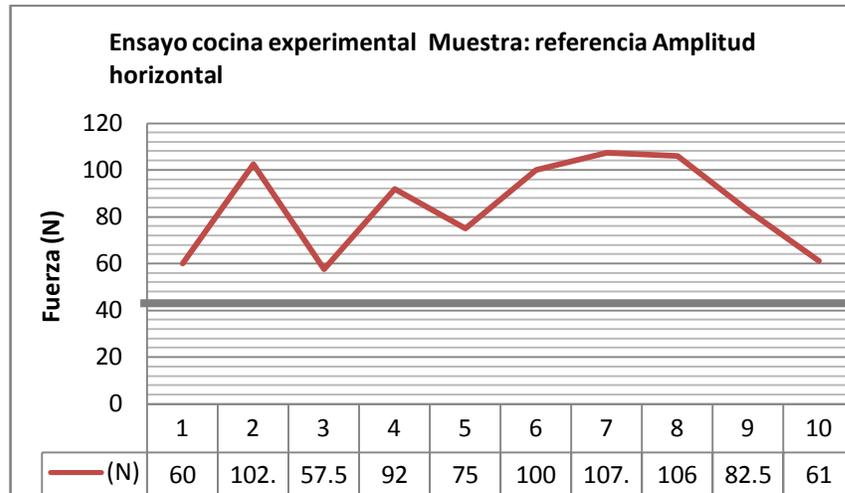


Fuente: elaboración propia.

#### 4.3.2. **Análisis de ensayos**

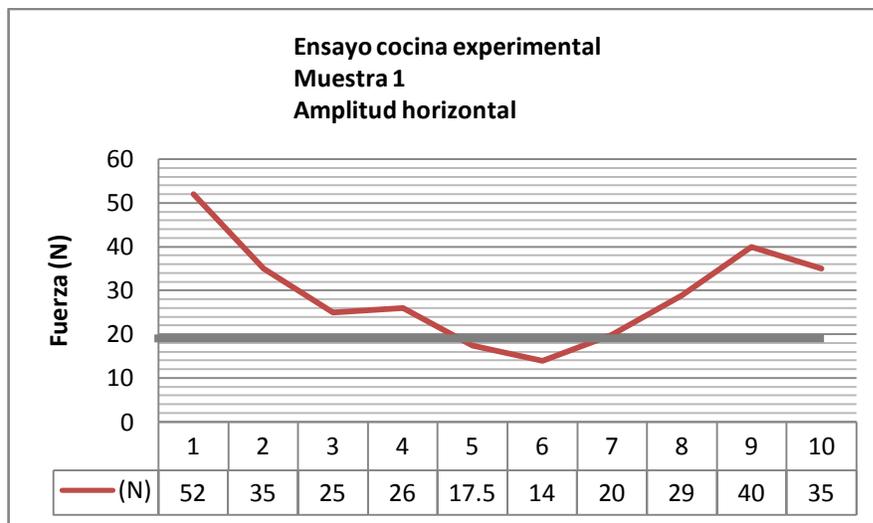
El ensayo de CPC es la comparación de la fuerza soportada por cara en el cubito referencia que utiliza grasa hidrogenada de palma, versus la fuerza soportada por cara en los cubitos elaborados en cocina experimental, con dos diferentes variaciones de grasas; oleína y estearina de palma; ver figuras 87 a la 91.

Figura 87. **Relación de fuerza soportada por cara CPC referencia**



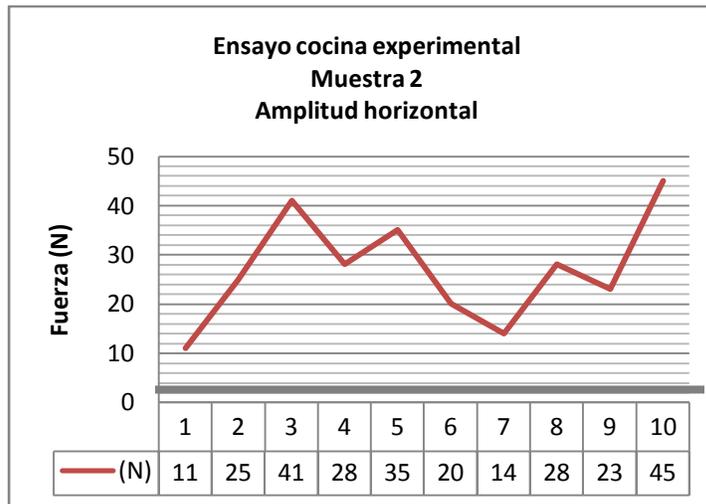
Fuente: elaboración propia.

Figura 88. **Relación de fuerza soportada por cara, ensayo 1  
grasa: estearina de palma, CPC**



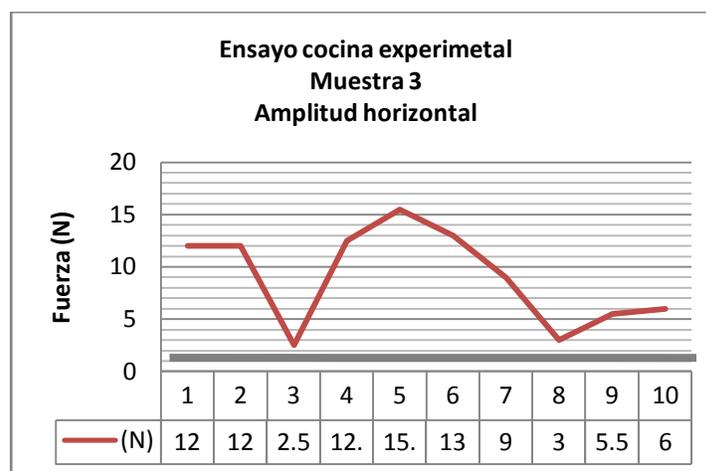
Fuente: elaboración propia.

Figura 89. **Relación de fuerza soportada por cara, ensayo 2  
grasa: oleína de palma, CPC**



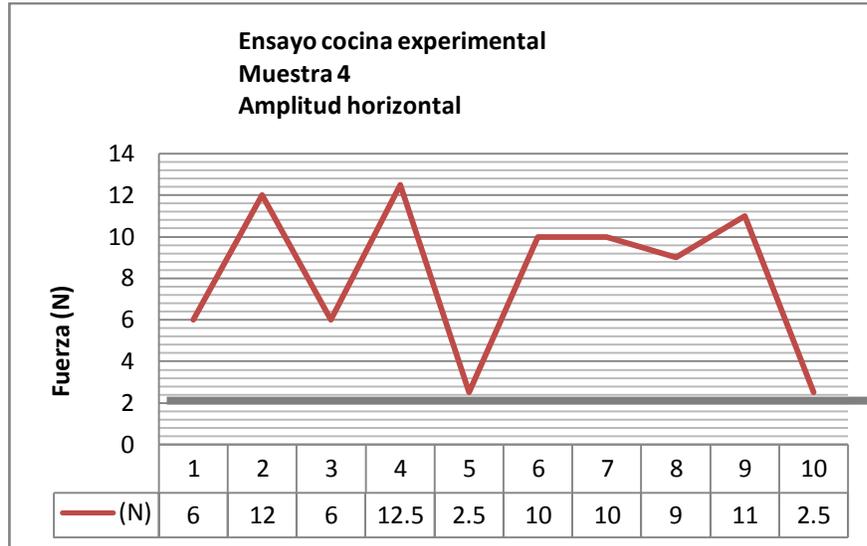
Fuente: elaboración propia.

Figura 90. **Relación de fuerza soportada por cara, ensayo 3 grasa:  
oleína con 70%, ref. ensayo 2, CPC**



Fuente: elaboración propia

Figura 91. **Relación de fuerza soportada por cara, ensayo 4 grasa: oleína con 50%, ref. ensayo 2, CPC**



Fuente: elaboración propia.



## 5. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

El análisis del comportamiento de mezcla se puede clasificar de acuerdo a los tres tipos de aglutinante utilizados:

- Grasa hidrogenada de palma
- Estearina de palma
- Oleína de palma

Como propósito primordial se tiene: caracterizar ingredientes representativos en la mezcla de bases para consomés deshidratados, es decir, ratificar a nivel microscópico cada ingrediente según su tamaño de grano.

El tamaño de grano, en general, de los ingredientes: sal refinada yodada, azúcar fortificada con vitamina A, inosinato disódico, glutamato monosódico y almidón de maíz, se muestra en rangos de variación aceptables, según tablas de V a la X, por lo que no se evidenció mayor índice de segregación, exceptuando al almidón que es la partícula más pequeña; debido a esto es necesario mezclar previamente con la grasa hidrogenada de palma para evitar segregación. La adición de almidón de forma individual, no genera segregación, debido que la proporción del mismo, en la formulación es menor.

- ¿Estearina u oleína para fabricación de CPS?

Resultado acometido: mezcla pulverulenta, sin grumos ni adherencia a paredes de equipo de mezcla.

En la fabricación de esta masa se evidenció que se tiene como resultado una mejor mezcla utilizando estearina de palma. Esto con base en la caracterización de grano de ingredientes y el porcentaje de humedad, reflejando éste último un aumento en relación a la masa referencia; pero con una menor cantidad de humedad en comparación a la oleína. Presenta una mejor elección que la oleína con base en que las partículas de almidón no llegan a su nivel máximo de absorción logrando obtener una mezcla pulverulenta.

- ¿Estearina u oleína para fabricación CPC?

Resultado acometido: mezcla cohesiva, sin grumos.

En la fabricación de esta masa, se evidenció que se tiene como resultado una mejor mezcla utilizando oleína de palma. Se mostró una diferencia de humedad utilizando estearina que oleína de palma; y estos valores de humedad a su vez son menores en comparación a la humedad que refleja la muestra referencia, esto consigue menor cantidad de grumos y una mejor adherencia entre cristales.

En cuanto a la variación de proporción de oleína, sucede un fenómeno no esperado, la relación inversamente proporcional de la oleína y la humedad. Esto debido a que al mezclar menos cantidad de oleína quedan pequeños gránulos de masa que simulan un incremento en la humedad, apoyado por la aparición de segregación, donde el almidón permanece en la superficie con la oleína atrapada y los cristales de mayor tamaño como sal, azúcar y glutamato permanecen el fondo de la mezcla. Lo que ocasionó que al tomar lectura de humedad, en analizador de humedad de halógeno diera lecturas mayores por los gránulos aparecidos.

Otras características que aportó la utilización de oleína es el aumento en la maleabilidad en la masa, mejora la forma visual y gustativa, además de una mejor homogenización de mezcla.

No siendo objetivo de este estudio, es necesario hacer mención que para ambos aglutinantes, estearina y oleína de palma, las características sensoriales de apariencia y sabor se mejoran, debido que los glóbulos de grasa disminuyen notablemente en la degustación de ambos productos.

Debido a que en índices de humedad no se mostró mayor variación entre oleína y estearina, la estearina podría dar como resultado masa con mayor cohesividad que la GHDP, esto para homogenizar aglutinante en varios productos.

- Sobre la homogeneidad de mezcla

Según el índice de mezclado que se describe con base en la determinación de concentración de inosinato, en cada muestra obtenida se observa que, la mezcla de CPS es una mezcla de menor homogeneidad en comparación a la mezcla CPC.

En el análisis de relación de diámetros medios de la premezcla de la masa de GHP y almidón de maíz; se fundamenta la adición de líquidos, para lograr de esta manera una masa más cohesiva. Esto en función de tamaño de grano.

- Sobre la prensabilidad en el CPC

En el tema de prensado de CPC según figuras 80 a la 91 se demuestra que refleja una mayor cantidad de newtons soportados el CPC, utilizando como aglutinante la estearina de palma en comparación a la oleína de palma.

Cabe hacer mención que la elaboración de CPC en cocina experimental es de forma artesanal, lo que influyó en los newtons soportados, vale la pena realizar ensayos en próximas oportunidades en máquinas prensadoras, así se podrán obtener resultados más reales.

No siendo tampoco, objetivo de este estudio la comparación de máquinas prensadoras se justificó según figuras 75 a la 86, que las prensadoras: Emzo 2 R-3 y Mainar R-6 y R2 presentan un prensado uniforme, no así para Fette 6.

## CONCLUSIONES

1. Según el análisis de granulometría se evidencia que los ingredientes de mezcla, en su gran mayoría, son cristalinos y en un bajo porcentaje partículas esféricas y amorfas.
2. Con base en la relación de diámetros medios, se evidencia que el uso de líquidos en la mezcla da como resultado masas con mayor cohesividad, siendo un buen indicador la oleína de palma.
3. El aglutinante que da como resultado una mayor pulverulencia en la masa de CPS es la estearina.
4. El aglutinante que da como resultado una mayor prensabilidad en la masa de CPC es la oleína.
5. Para el análisis de homogeneidad de masa en la mezcladora horizontal de espiral con carcasa fija, refleja una mayor variación en la concentración de inosinato en lotes definidos de masa para CPS, en comparación a lotes de masa de CPC.
6. El análisis de dureza para el CPC, el aglutinante que resiste mayor cantidad de newtons soportados es la estearina.



## RECOMENDACIONES

1. Debido a que la oleína no muestra un alto porcentaje de varianza en comparación a la estearina en el CPC, es importante hacer mezclas a nivel planta para determinar la factibilidad en función de costos, para utilizar sólo un tipo de aglutinante por producto.
2. Proseguir el estudio de homogeneidad para encontrar la causa raíz de la variación de concentración de inosinato, en mayor variedad de productos.
3. Evaluar metodologías alternas para el estudio de homogenización de mezcla de sólidos.
4. Examinar rendimientos a nivel planta piloto para validación de datos y aceites experimentales.
5. Detallar cuadros sensoriales de fragancia y sabor con encuestas al consumidor.
6. Evaluar lotes en serie de estas bases para consomés deshidratados a nivel planta, donde refleje mejor los índices de costos.



## BIBLIOGRAFÍA

1. ARÉVALO, José Miguel. *Definiciones de esfuerzo y sus tipos* [en línea]. 2002. <<http://www.definicion-de-esfuerzo-y-sus-tipos.html>>.[Consulta: 13 septiembre de 2011].
2. CHACÓN DE LEON, César Rafael. *Determinación de antioxidante sintético más estable contra la oxidación, en el estudio comparativo sobre la degradación de diferentes aceites vegetales utilizados como medios de transferencia de calor y de masa*. Trabajo de graduación de Ing. Química. Guatemala: Universidad Rafael Landivar, 2004. 132 p.
3. COAPALMAECARA. *Procesamiento de aceite crudo de palma africana* [en línea]. 2004. <<http://coapalmaecara.com/index.php>>. [Consulta. 12 de junio de 2011].
4. INTEREMPRESAS, *Sistema de mezcla de sólidos* [en línea]. 3a ed.2004.<<http://www.interempresas.net/Quimica/FeriaVirtual/Producto-Sistema-de-mezcla-de-solidos-lindor-50878.html>>. [Consulta: 20 julio de 2011].
5. McCABE, Warren, et.al. *Operaciones básicas de ingeniería química*. 7a ed. Madrid: McGraw–Hill, 1991. 1189 p.

6. MONGE ORELLANA, Oscar Alberto. *Control de la distribución de tamaños de partícula en la etapa de molienda*. Trabajo de graduación de Ing. Química. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1996. 46 p.
7. PERRY, Robert H. *Chemical Engineering's Handbook*. Green, Don W. Maloney, James O. (ed.lit.) 7a ed. Estados Unidos: McGraw-Hill, 1999. 2638 p.
8. RAMÍREZ RODAS, Ryan René. *Diseño del proceso de fabricación de tabletas a partir de la mezcla de aleo y sen*. Trabajo de graduación de Ing. Química Industrial. Guatemala: Universidad Rafael Landívar, 2006. 67 p.
9. SUAZO JIMÉNEZ, Pablo Enrique. *Estudio de la eficiencia de mezclado para sistemas polvosos cohesivos, no cohesivos, y cohesivos con no cohesivos en un mezclador gravitacional en forma de V*. Trabajo de graduación de Ing. Química. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1991. 200 p.

# APÉNDICE

## Apéndice 1. Análisis de homogeneidad

---

Soluciones con diferentes solventes.



Soluciones con ingredientes de mezcla.

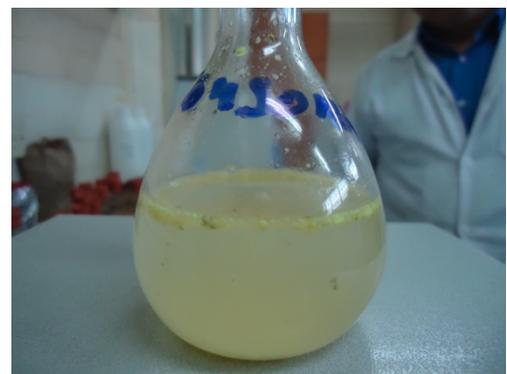


---

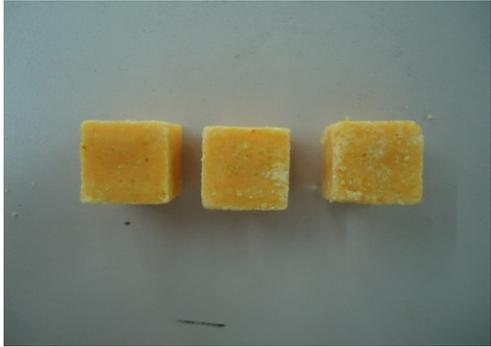
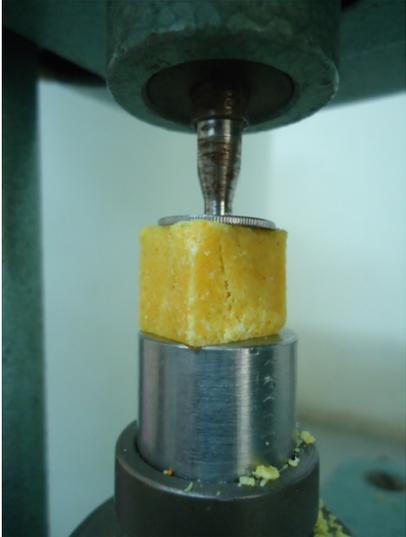
Solución CPC



Solución CPS



Continuación del apéndice 1.

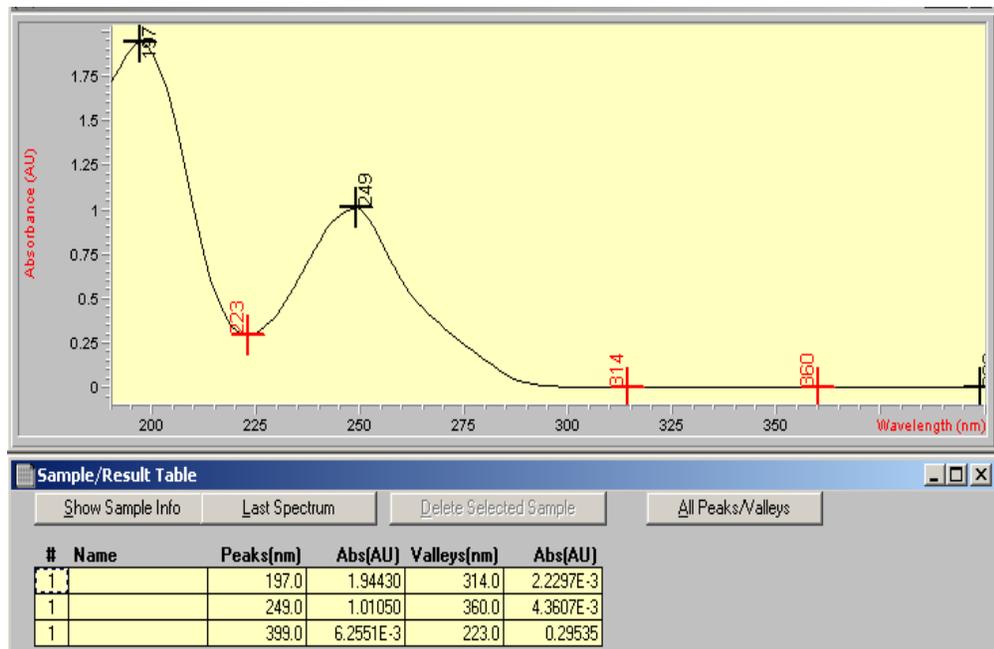
CPC	CPC
	
Dimensiones de cubitos.	Medición de dureza
	

Fuente: elaboración propia con equipo de Unidad de Análisis Instrumental, UAI.  
Faculta de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC.

## Apéndice 2. **Análisis de homogenizado de mezcla, espectro UV-VIS espectros de curva de estándares**

Barrido espectral: es la variación de la longitud de onda, necesario para la búsqueda de una longitud máxima donde el analito absorbe más luz.

### **Barrido espectral**

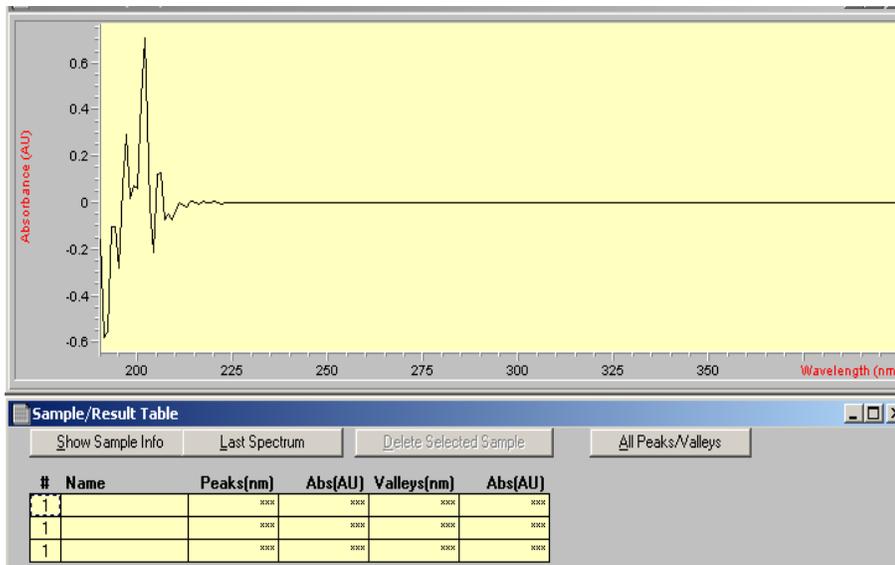


Longitud de onda máxima: 249nm

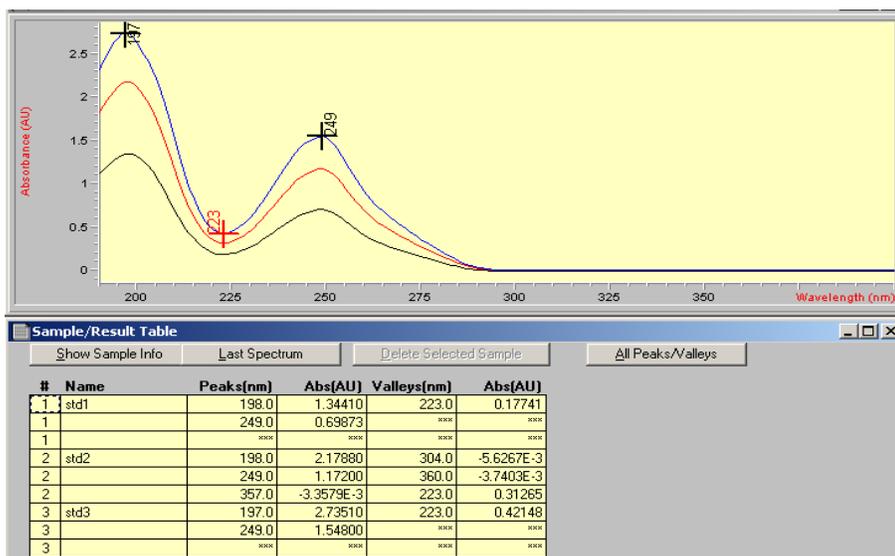
El pico mayor se da en 197nm, éste se descarta, ya que se encuentra en el límite del rango UV, de igual manera la campana no es amplia. Por lo que se selecciona el siguiente pico en 249 nm.

Continuación del apéndice 2.

### Espectros de blanco de solvente

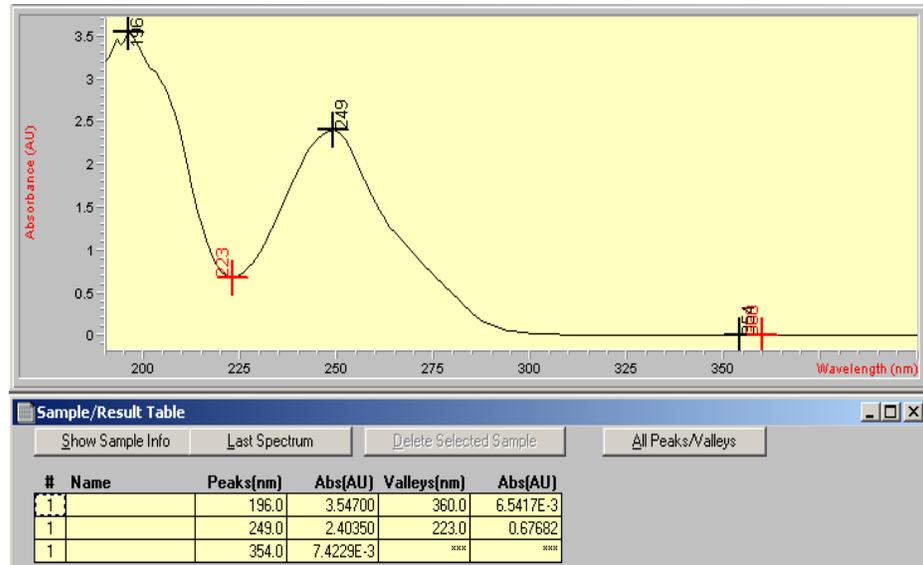


### Espectros de estándares



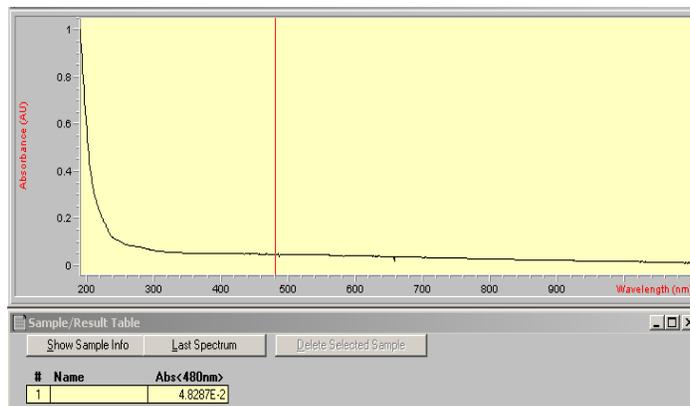
Continuación del apéndice 2.

### Espectros de barrido del inosinato



Determinación de blancos de cada especie que está presente en el matraz

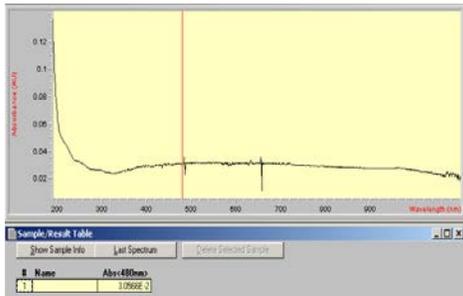
### Ajo



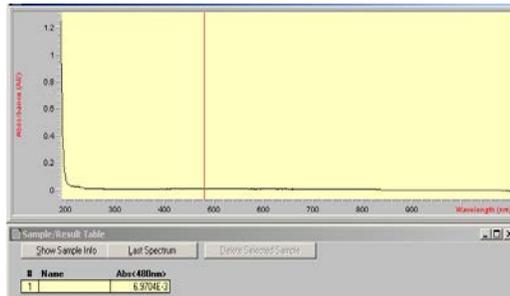
Continuación del apéndice 2.

### Determinación de blancos a diferentes especies

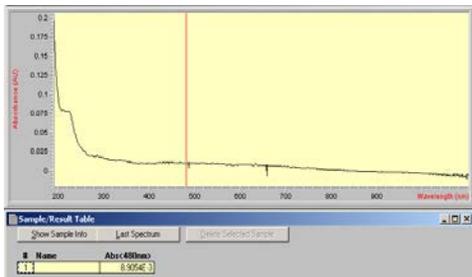
**Almidón**



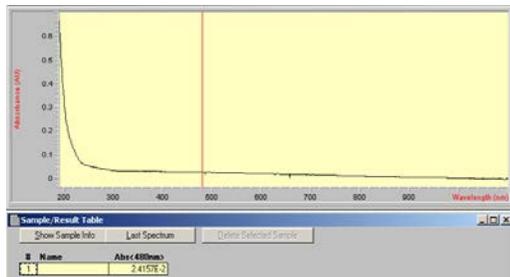
**Apio**



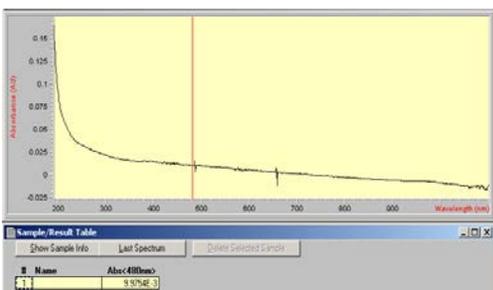
**Azúcar**



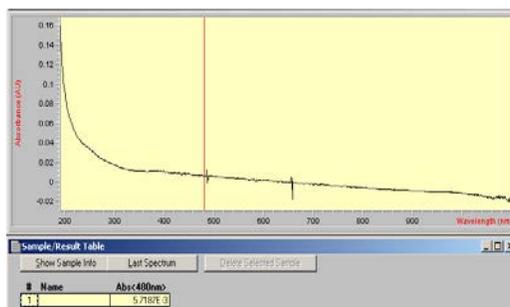
**Cebolla**



**Cilantro**

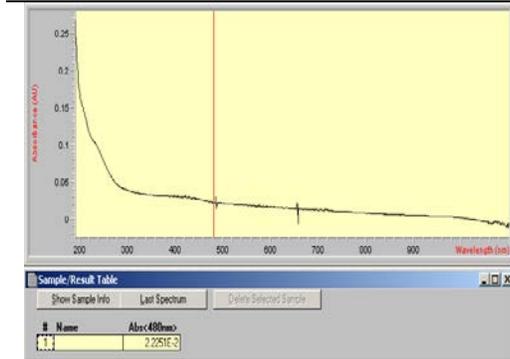


**C.Pollo**

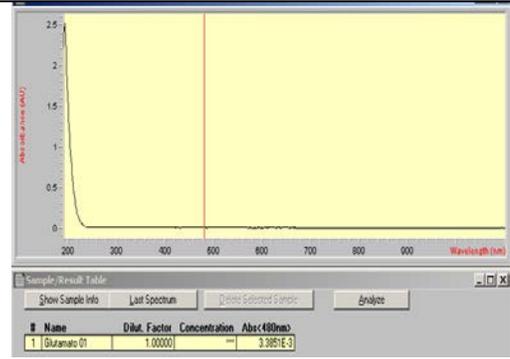


Continuación del apéndice 2.

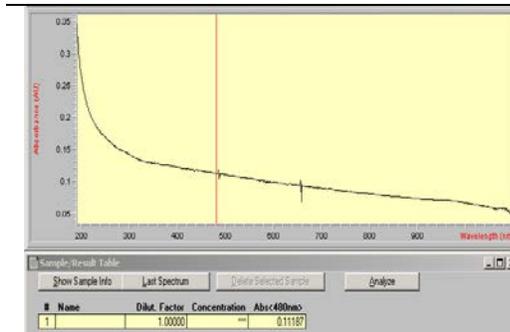
**Cúrcuma**



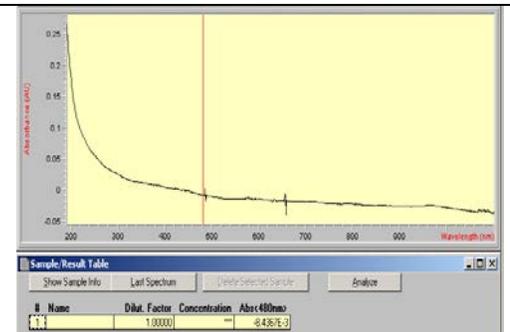
**Glutamato**



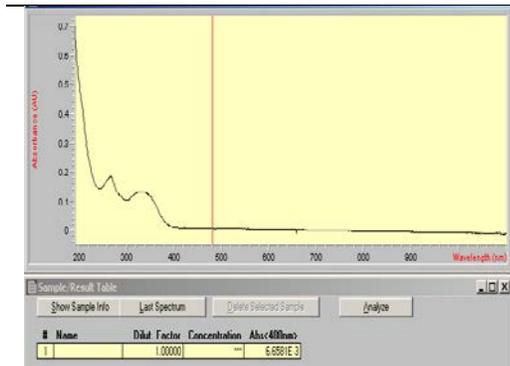
**A. Pollo**



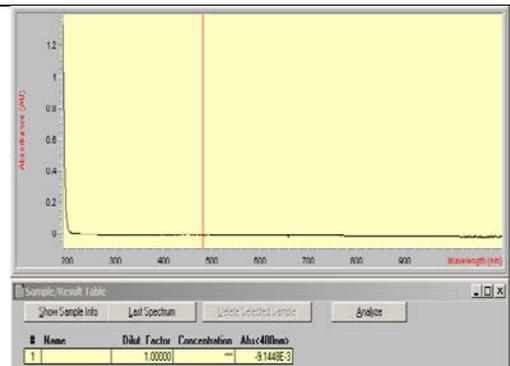
**GHP**



**Perejil**



**Sal**

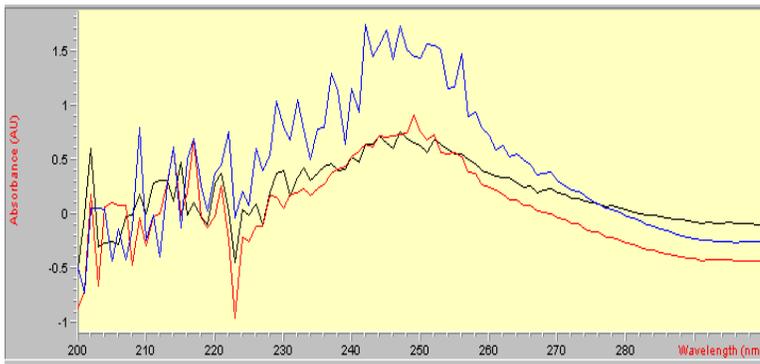


Continuación del apéndice 2.

**a. CPS**

**Espectros de curva de estándares**

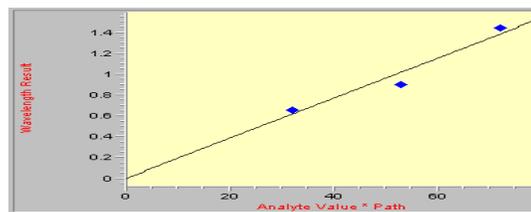
F



**Resumen de resultados de regresión de curva**

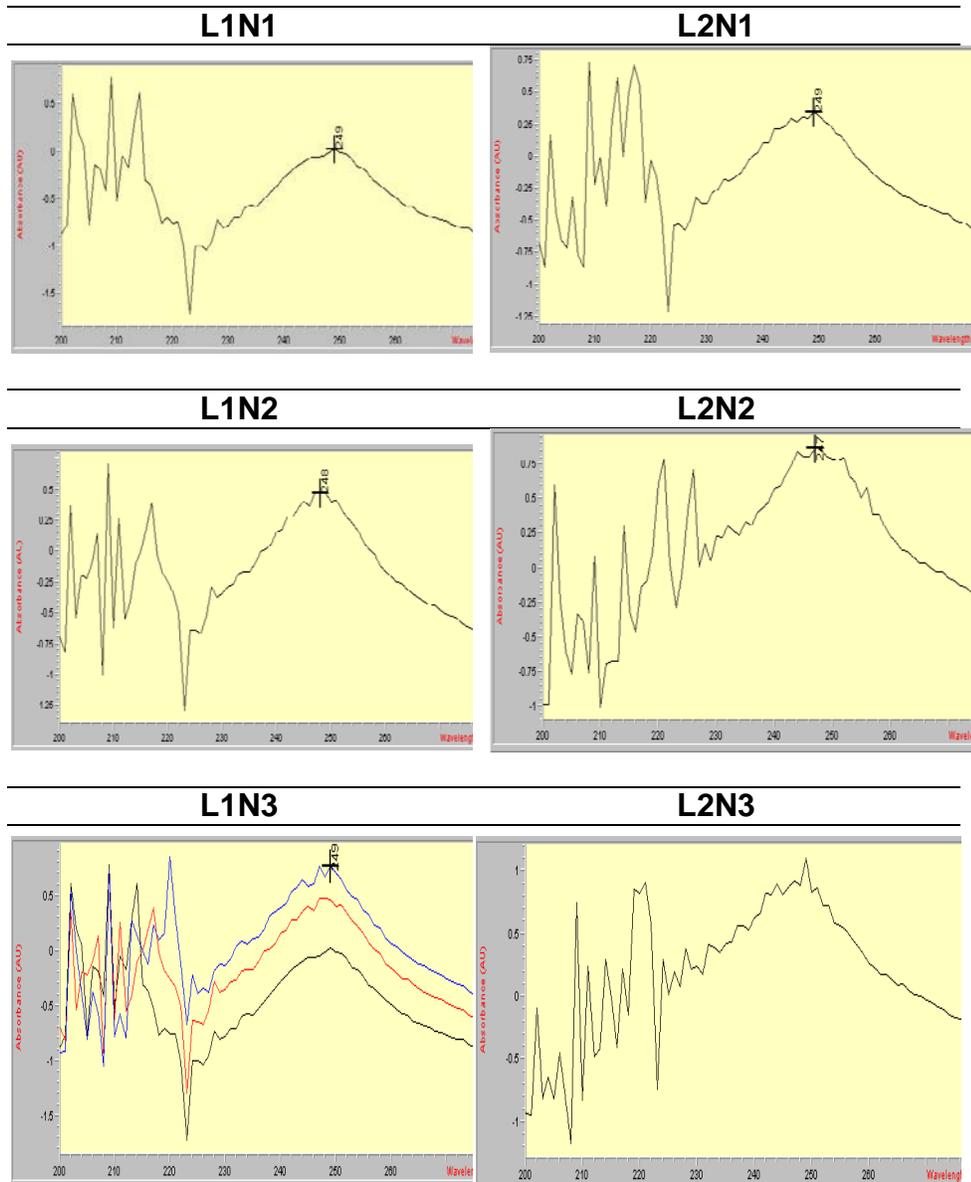
Analyte Name	Concentration
Number of Standards	3
Calibration Curve	$C = k_1 * A$
Coefficient k1	51.92100 ppm
Std.Dev. of k1	2.76550 ppm
Std.Dev. of Calibration	5.04350 ppm
Correl. Coeff. ( $R^2$ )	0.99436

**Curva de estándares**



Continuación del apéndice 2.

**Determinación de curva de longitud de onda vs absorbancia para cada muestra**



Continuación del apéndice 2.

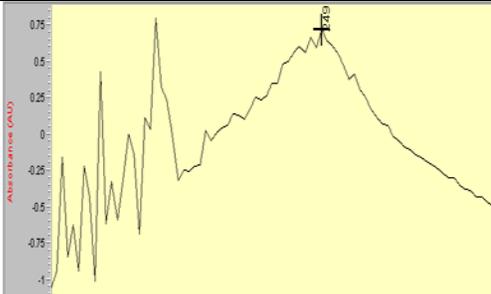
**L3N1**



**L3N2**



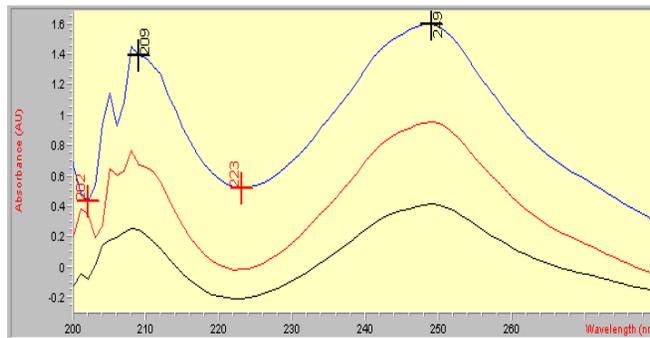
**L3N3**



Continuación del apéndice 2.

### b. CPC

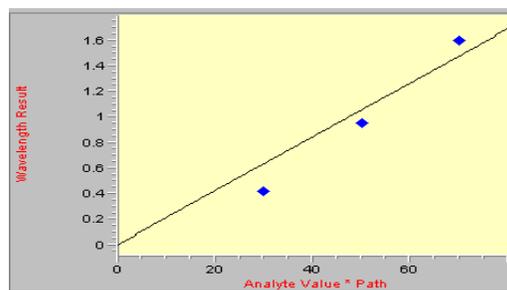
#### Espectros de curva de estándares



#### Resumen de resultados de regresión de curva

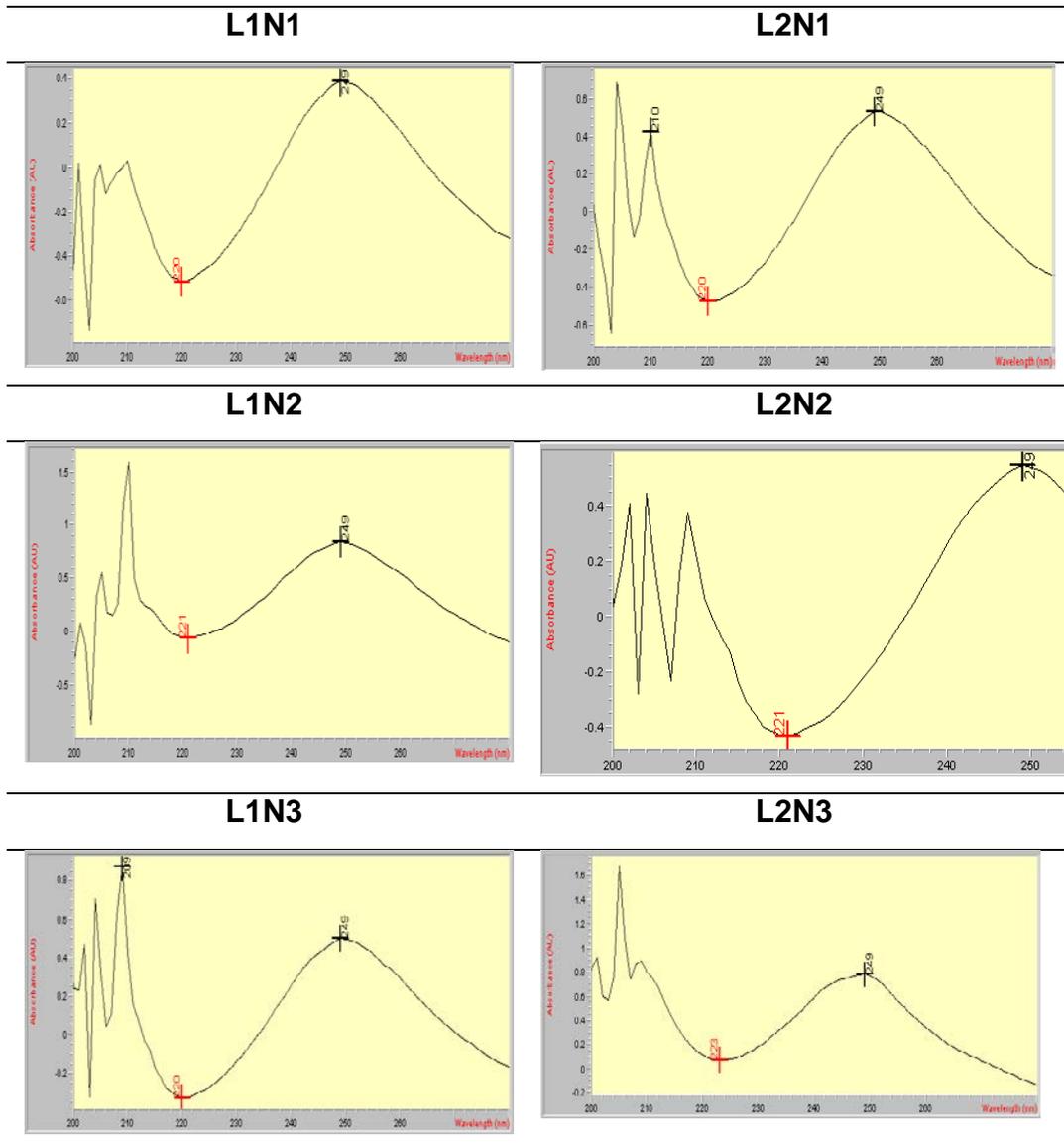
Analyte Name	Concentration
Number of Standards	6
Calibration Curve	$C = k_1 * A$
Coefficient k1	47.35000 ppm
Std.Dev. of k1	2.98930 ppm
Std.Dev. of Calibration	8.05420 ppm
Correl. Coeff. (R <sup>2</sup> )	0.98046

#### Curva de estándares



Continuación del apéndice 2.

### Determinación de curva de longitud de onda Vrs absorbancia para cada muestra

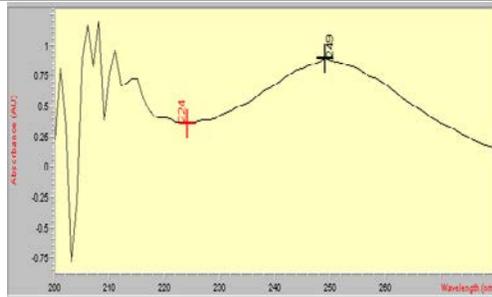


Continuación del apéndice 2.

---

### L3N1

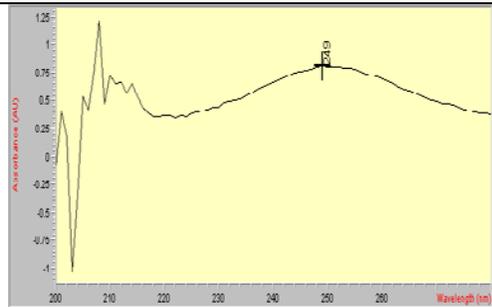
---



---

### L3N2

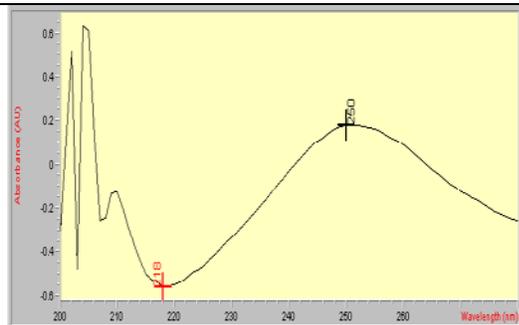
---



---

### L3N3

---



Fuente: elaboración propia con equipo de Unidad de Análisis Instrumental, UAI.  
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC.

### Apéndice 3. Muestra de cálculo

#### 1. Conversión de escala según objetivos a micrómetros

Para determinar la cantidad de micrómetros a partir de la escala del microscopio, es necesario tomar en cuenta la siguiente tabla:

Objetivo	Micrómetros
5X	20
10X	10
40X	2,5
100X	1

#### Ejemplo:

Lectura de escala para sal yodada

$$\mu m = 20 * 20$$

$$\mu m = 400$$

#### 2. Cálculo de relación de diámetros medios

Para hacer la relación de diámetros, es necesario partir de la ecuación de la media:

$$\bar{X} = \frac{X_1 + \dots + X_n}{n} (u)$$

(Ecuación 1)

Donde:

$\bar{X}$ : media

$X_n$ : suma de datos

$n$ : número de datos

Ejemplo:

Datos medidos de análisis de pre-mezcla de grasa hidrogenada de palma y almidón de maíz. Se determina una media del tamaño de partícula de ambas materias en cuestión.

$$\bar{X} = \frac{22 + 24}{2}$$

$$\bar{X} = 23\mu m$$

Relación de diámetros

$$R = \frac{23}{1000}$$

### 3. Porcentaje de recuperación de concentración de inosinato

#### Preparación de soluciones

Solvente utilizado: H<sub>2</sub>O

Solventes descartables: Metanol, etanol, acetona, éter etílico

$C_1V_1 = C_2V_2$

$$C_1 = \frac{C_2V_2}{V_1}$$

(Ecuación 2)

Donde:

$C_1$ : concentración (ppm)

$V_1$ : volumen (ml)

Solución Ejemplo:

$$C_1 = \frac{(5 * 10^{-4}M) * 1ml}{50ml}$$
$$C_1 = 1 * 10^{-5}M$$

### Ecuación de línea recta

$$y = mx + b$$

(Ecuación 3)

Donde:

m: pendiente

b: intercepción al origen

Ejemplo:

$$y = 0,6078x + 0,5798$$

$$R^2 = 0.9998$$

### Transmitancia

$$T = \frac{P}{P_0}$$

(Ecuación 4)

Donde:

P= potencia radiante

### Absorbancia

$$A = -\log T = -\log (P/P_0)$$

(Ecuación 5)

Donde:

T: transmitancia

b: intercepción al origen

### Ley de Beer

$$A = abc$$

(Ecuación 6)

Donde:

a: coeficiente de absorción

b: longitud atravesada por la luz en el medio

c: concentración del absorbente en el medio.

### 4. Desviación estándar

Es la raíz cuadrada de la media de los cuadrados de las puntuaciones de desviación.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{N}}$$

(Ecuación 7)

Donde:

$\sigma$ : desviación estándar

$X_i$ : cada valor individual

$\bar{X}$ : media

$N$ : número de datos o tamaño de muestra

Ejemplo:

Datos del almidón de maíz.

$$\sigma = \sqrt{\frac{(14 - 21,5) + (29 - 21,5)}{3}}$$

$$\sigma = 7.5$$

## 5. Varianza

Es media aritmética del cuadrado de las desviaciones respecto a la media de una distribución.

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{N}$$

(Ecuación 8)

$\sigma^2$ : varianza

$X_i$ : cada valor individual

$\bar{X}$ : media

$N$ : número de datos o tamaño de muestra

#### Apéndice 4. Datos calculados

Sal	Alto	Largo	Alto	Largo
	5X		10X	
Mínimo	180,00	200,00	173,33	190,00
Moda	353,33	400,00	373,33	280,00
Máximo	573,33	640,00	490,00	510,00
Media	342,67	377,83	324,83	381,67
Mediana	350,00	370,00	338,33	381,67

Azúcar	Alto	Largo	Alto	Largo
	5X		10X	
Mínimo	513,33	373,33	492,00	385,33
Moda	713,33	560,00	775,00	572,00
Máximo	1306,67	840,00	1318,67	852,00
Media	794,67	531,00	806,67	568,00
Mediana	800,00	516,67	806,67	528,67

Inosinato	Alto	Largo	Alto	Largo
	5X		10X	
Mínimo	633,33	86,67	253,33	76,67
Moda	0,00	0,00	0,00	0,00
Máximo	1180,00	1626,67	1180,00	1626,67
Media	671,67	280,33	671,67	280,33
Mediana	663,33	233,33		

Glutamato	Alto	Largo	Alto	Largo
	5X		10X	
Mínimo	940,00	146,67	403,33	70,0
Moda	0,00	0,00	1050,00	413,33
Máximo	1 513,33	480,00	595,50	198,67
Media	972,33	278,00	470,00	186,67
Mediana	970,00	63,33		

Continuación del apéndice 4.

Almidón	Alto	Largo	Alto	Largo
	40X		100X	
Mínimo	20,00	14,17	14,67	16,67
Moda	24,17	21,67	17,67	20,00
Máximo	32,50	29,17	28,00	28,33
Media	25,08	21,92	22,33	21,57
Mediana	23,33	21,25	22,33	24,00

#### Determinación de humedad CPS

Consumé sobre C.A. <i>Referencia</i>			
Peso inicial (g)	Peso en seco (g)	%MC	
9,99	9,80	1,97	
Aglutinante estearina			
10,00	9,78	2,2	
Aglutinante oleína			
9,99	9,77	2,24	

Continuación del apéndice 4.

**Determinación de humedad CPC**

<i>Cubito Referencia</i>		
Peso inicial (g)	Peso en seco (g)	%MC
9,99	9,87	1,16
Aglutinante estearina		
9,99	9,89	1,05
Aglutinante oleína		
9,99	9,89	1,05
Aglutinante oleína al 70%		
10	9,876	1,24
Aglutinante oleína al 50%		
10,00	9,87	1,36

Continuación del apéndice 4.

### Determinación de dureza de CPC por lote

<b>Lote 1</b>			
Línea de producción		Mainar R-2	Mainar R-6
Fette 6			
No.	Fuerza	Fuerza	Fuerza
1	160	26	16
2	87,50	8	37
3	126	30	38
4	24	15	24
5	58	17	83
6	109	27	23
7	150	11	79
8	150	16	42
9	137	10	25
10	63	20	75
Desviación individual	46,40	7,60	25,34
Promedio	106,45	18	44,2
Desviación estándar	48,05	Promedio total	56,22
Línea de producción		Emzo 2 R-3	Mainar R-6
Mainar R-2			
No.	Fuerza	Fuerza	Fuerza
1	17,5	94	70
2	15	55	108
3	11	59	96
4	13	51	126
5	0	62,5	62,5
6	15	82,5	95
7	11	72	100
8	15	67,5	102,5
9	4	70	94
10	0	77,5	112,5
Promedio	10,15	69,1	96,65
Desviación individual	6,48	13,58	19,02
Desviación estándar General	39,02	Promedio total	58,63

Continuación apéndice 4.

**Lote 3**

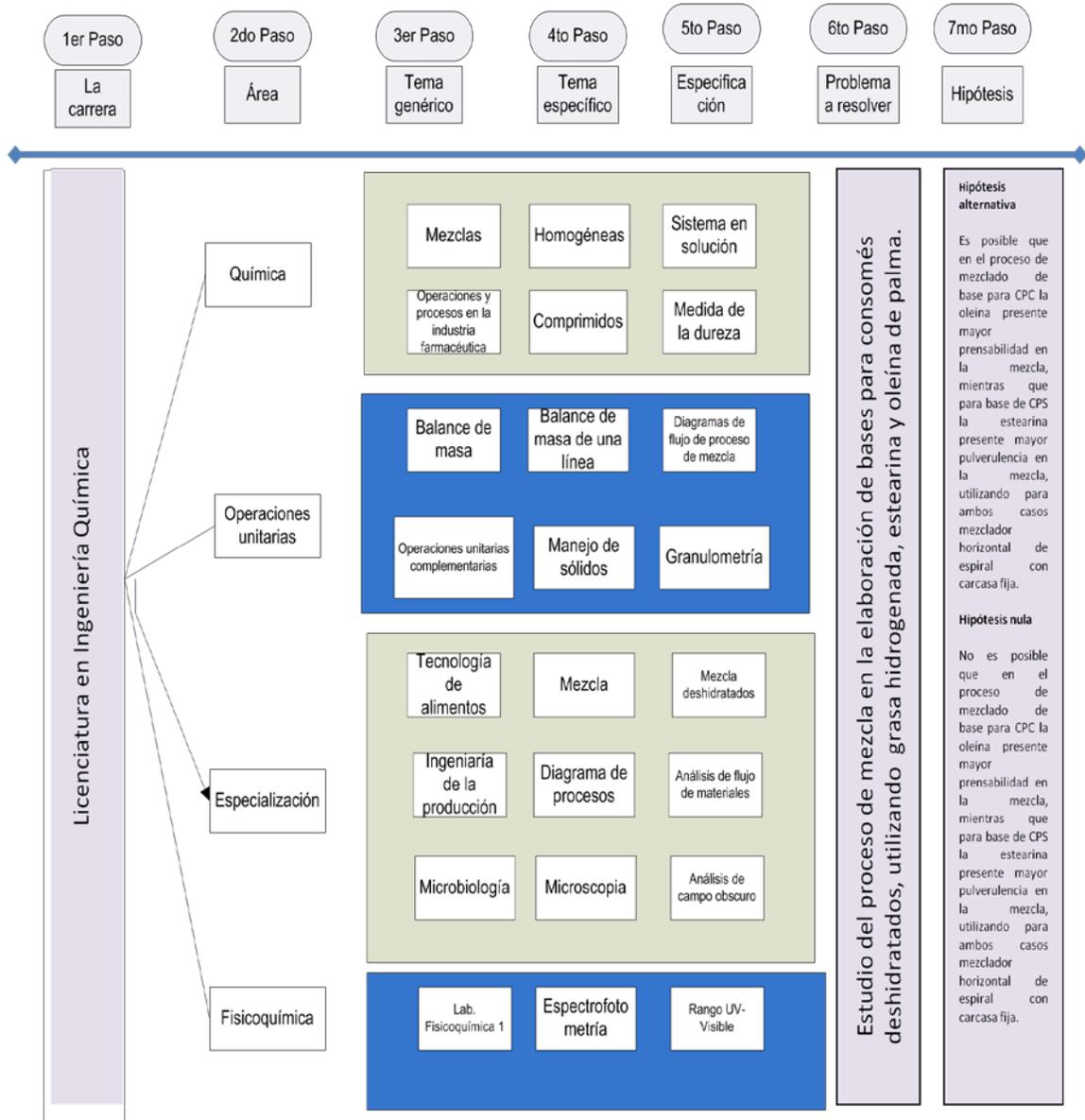
Línea de producción Mainar R-2		Emzo 2 R- 3	Mainar R-6
No.	Fuerza	Fuerza	Fuerza
1	9	89	27
2	14	84	22,5
3	14	106	57,5
4	12,5	74	64
5	17	102,5	30
6	19	96	47,5
7	7,5	84	22,5
8	27,5	72,5	17
9	15	71	38
10	7	68	71
Promedio	14,25	84,7	39,7
Desviación individual	6,10	13,53	19,19
Desviación estándar	32,56	Promedio total	46,22

Continuación apéndice 4.

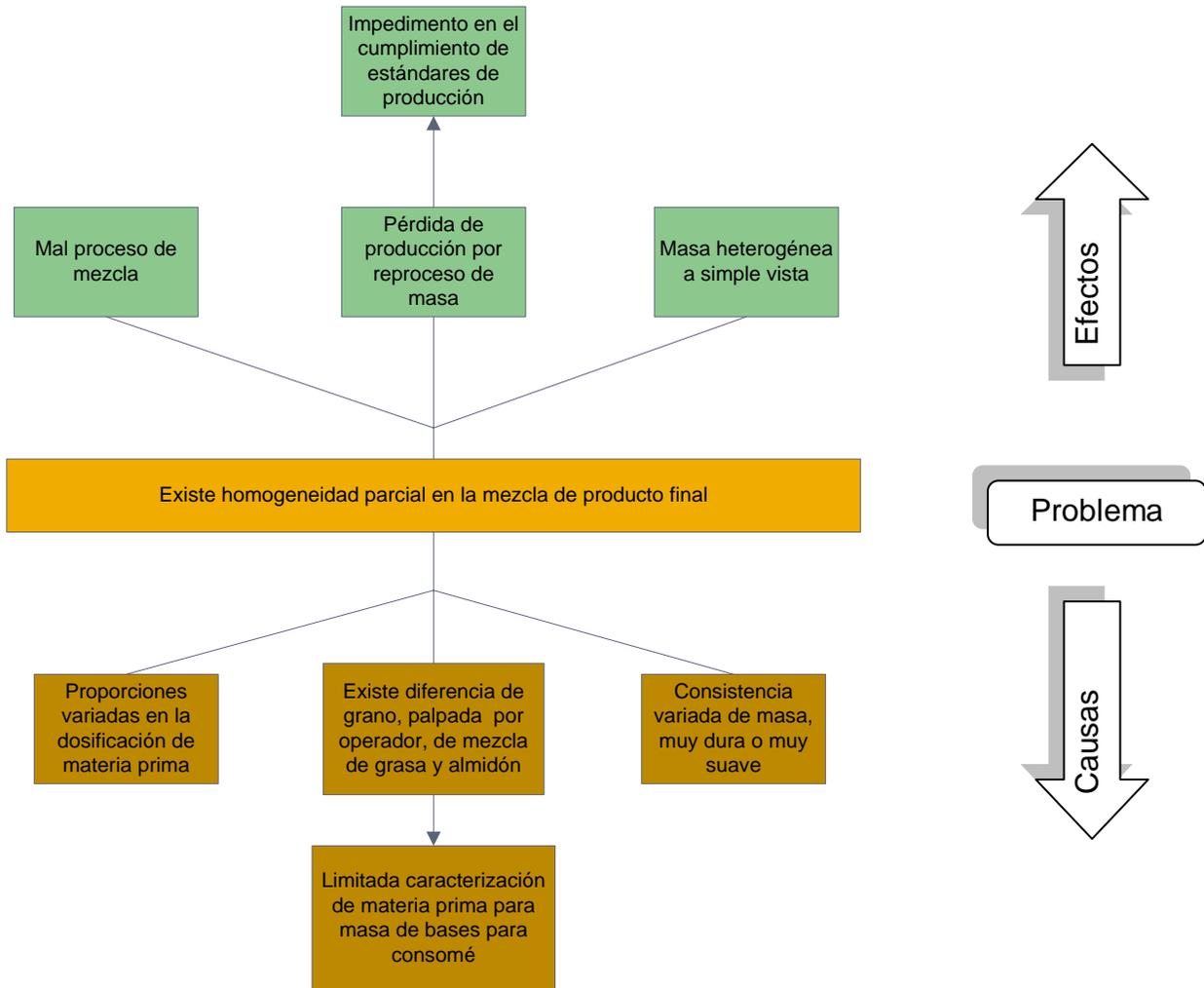
**Determinación de dureza de CPC. ensayo cocina experimental**

Ensayo cocina experimental		Muestra		
Referencia		1	2	3
Amplitud Horizontal				
No.	Fuerza			
1	60	52	11	6
2	102,5	35	25	12
3	57,5	25	41	6
4	92	26	28	12,5
5	75	17,5	35	2,5
6	100	14	20	10
7	107,5	20	14	10
8	106	29	28	9
9	82,5	40	23	11
10	61	35	45	2,5
11	19,96	11,47	10,95	3,68
Promedio	84,4	29,35	27	8,15
Promedio total	31,6			
Desviación estándar	30,25			

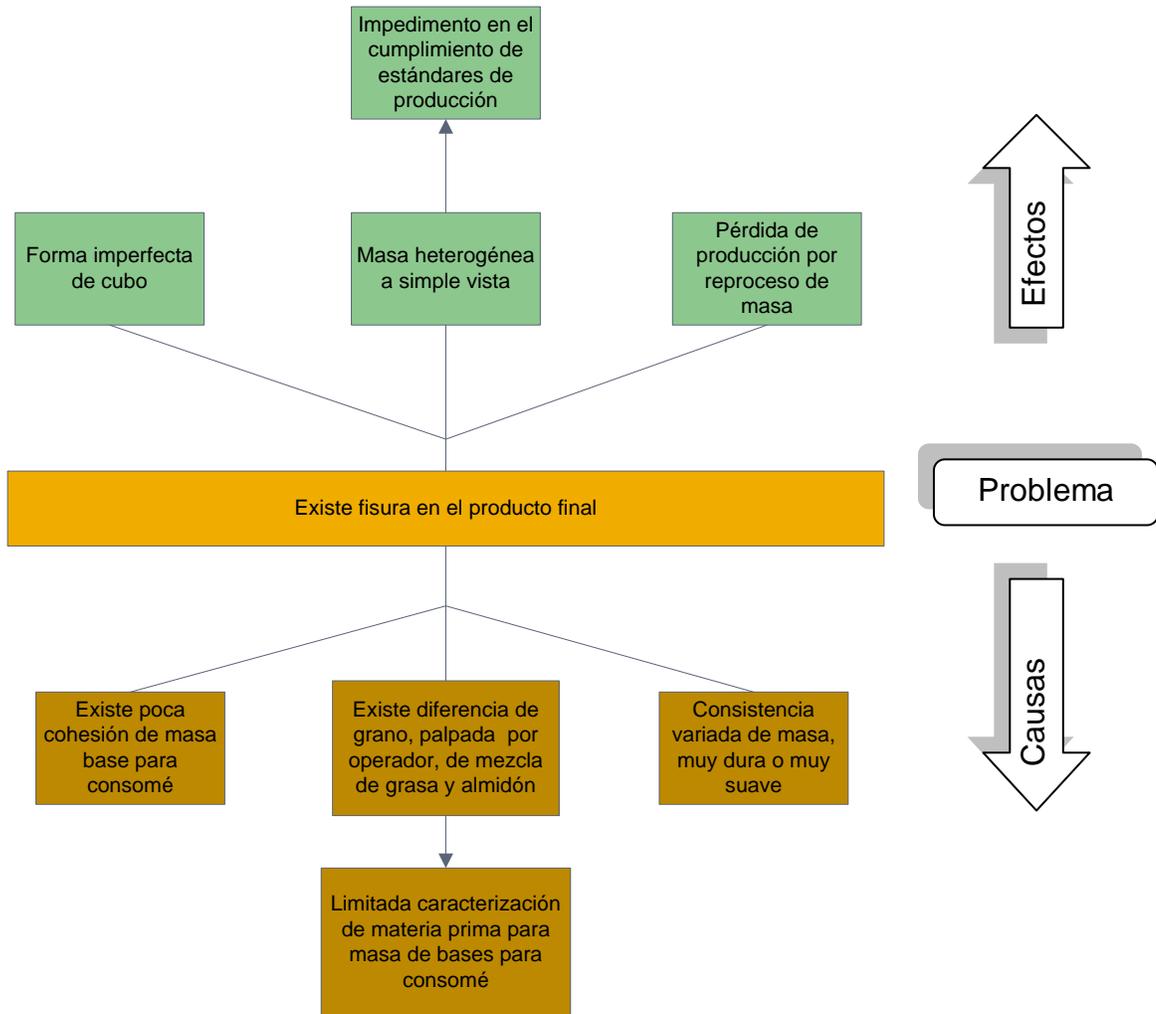
## Apéndice 5. Tabla de requisitos académicos



## Apéndice 6. Árbol de problemas, CPS



## Apéndice 8. Árbol de problemas, CPC





## Anexo

### Especificaciones



GRASAS Y ACEITES S.A.  
12 avenida 13-27 zona 11.  
Colonia Mariscal. Guatemala.  
PBX: 2328-5200 FAX: 2328-5214  
ESCUINTLA: 7828-4000; FAX: 7828-4010

#### ESPECIFICACIONES DE PRODUCTO

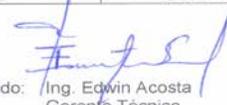
##### TIPO DE PRODUCTO: ACEITE CAPULLO - OLEINA DE PALMA

- DESCRIPCION:** Fracción de aceite de palma, blanqueada, desodorizada y fraccionada. Líquido a temperatura ambiente (mayor de 25°C), sin olor y sabor.
- USOS:** Es utilizado en frituras de snacks, papas, yuca, plátano, hojuelas, productos de maíz y todo producto alimenticio que se desee freír. Tiene alta estabilidad a las condiciones bajo las cuales se frien los productos alimenticios. Es apropiado para frituras de inmersión.
- PRESENTACION:** A granel en pipas, tonel de 183.70 kilogramos, envase plástico de 17 kilogramos en corrugado rígido portátil y envase de plástico de 3000 ml.
- ALMACENAJE:** En lugares frescos y secos, donde no estén expuestos a la acción del sol y del aire, durante largos periodos de tiempo. A temperaturas bajas puede solidificar. Evitar el uso de utensilios de metal (como cobre, hierro galvanizado, bronce, latón). Mantener lejos de contaminantes y olores fuertes.
- TIEMPO DE VIDA:** Dos años, siempre que el producto permanezca en condiciones apropiadas de almacenamiento.

##### FICHA TECNICA

ANALISIS	PARAMETRO	METODO AOCS
Acidez (% de ácido oleico)	Menor de 0.05	Ca 5a - 40
Índice de peróxido (meq O <sub>2</sub> / kg muestra)	Menor de 1.00	Cd 8 - 53
Índice de yodo Wijs (cg I <sub>2</sub> / g muestra)	56 - 60	Cd 1 - 25
Estabilidad térmica a 8 °C (minutos)	Mayor de 40	Interno
Sabor y olor	Neutros	Sensorial
Color (Lovibond, celda 5 ¼)	Menor de 30 Am. - 4.5 Rj	Cc 13e - 92
OSI (horas a 110 °C)	Mayor de 40	Cd 12b - 92
Humedad (%)	Menor de 0.05	Ca 2c - 25
Antioxidante (% en peso)	0.025	Ce 6 - 86

Elaborado:   
Ing. Genoveva Cabrera  
Jefe Aseguramiento Calidad  
Fecha: 28-11-11

Aprobado:   
Ing. Edwin Acosta  
Gerente Técnico  
Fecha: 28-11-11



**GRASAS Y ACEITES S.A.**  
12 avenida 13-27 zona 11. Colonia Mariscal. Guatemala.  
PBX: (502) 2328-5200 FAX: (502) 2328-5223  
ESCUINTLA: (502) 7828-4000 FAX: (502) 7828-4010

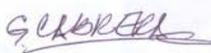
## ESPECIFICACIONES DE PRODUCTO

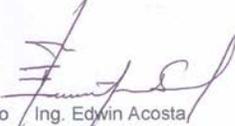
### TIPO DE PRODUCTO: ESTEARINA DE PALMA

- DESCRIPCIÓN:** Fracción sólida del aceite de palma africana RBD. De consistencia sólida a temperatura ambiente, sin olor y sabor, de color blanco amarillento.
- USOS:** Aplicación en industria alimenticia para mezclas grasas y en la industria de jabones.
- PRESENTACIÓN:** A granel, en pipas; en toneles de 158.7 kg, toneles de 40 kg; corrugados de 22.67 kg.
- ALMACENAJE:** A temperatura ambiente, sin fuentes de calor cercanas, ni productos aromáticos o desinfectantes próximos. Evitar el uso de utensilios de metal (como cobre, hierro galvanizado, bronce, latón).

### FICHA TECNICA

ANÁLISIS	PARÁMETRO	METODO AOCS
Acidez (% de ácido palmítico)	Menor de 0.10	Ca 5a - 40
Índice de peróxido (meq O <sub>2</sub> / kg muestra)	Menor de 2.00	Cd 8 - 53
Índice de yodo Wijs (cg I <sub>2</sub> / g muestra)	35-45	Cd 1 - 25
Sabor y olor	Neutros	Sensorial
Índice de saponificación	190 - 205	Cd 3 - 25
Color (Lovibond, celda 5 ¼)	Menor de 30 Am - 4.5 Rj	Cc 13e - 92
Punto de fusión (Wiley, °C)	47 - 52	Cc 2 - 38
Humedad (%)	Menor de 0.25	Ca 2c - 25
Antioxidante (% en peso)	0.025	Ce 6 - 86

  
Elaborado: Ing. Genoveva Cabrera  
Jefe Aseguramiento Calidad  
Fecha: 12-01-11

  
Aprobado: Ing. Edwin Acosta  
Gerente Técnico  
Fecha: 12-01-11