



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

**EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DEL SAZONADOR CON
SABOR A POLLO QUE GENERAN UNA DESVIACIÓN EN EL PROCESO DE LLENADO EN
LA FÁBRICA DE NESTLÉ, ANTIGUA GUATEMALA, SACATEPÉQUEZ**

Lucrecia Estefanía Marroquín Roldán

Asesorado por el Ing. Jorge Fernando Isaacs Álvarez

Guatemala, julio de 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS FISCOQUÍMICOS DEL SAZONADOR CON
SABOR A POLLO QUE GENERAN UNA DESVIACIÓN EN EL PROCESO DE LLENADO EN
LA FÁBRICA DE NESTLÉ, ANTIGUA GUATEMALA, SACATEPÉQUEZ**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

LUCRECIA ESTEFANÍA MARROQUÍN ROLDÁN
ASESORADO POR EL ING. JORGE FERNANDO ISAACS ÁLVAREZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA QUÍMICA

GUATEMALA, JULIO DE 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

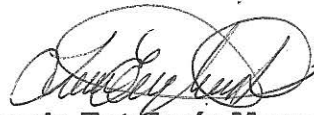
DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Víctor Manuel Monzón Valdéz
EXAMINADORA	Inga. Lorena Victoria Pineda Cabrera
EXAMINADOR	Ing. Gerardo Antonio Ordóñez López
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

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:

EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DEL SAZONADOR CON SABOR A POLLO QUE GENERAN UNA DESVIACIÓN EN EL PROCESO DE LLENADO EN LA FÁBRICA DE NESTLÉ, ANTIGUA GUATEMALA, SACATEPÉQUEZ

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, con fecha 28 de octubre de 2013.



Lucrecia Estefanía Marroquín Roldán

Guatemala, marzo de 2014

Ingeniero

Víctor Monzón

Director

Escuela de Ingeniería Química

Facultad de Ingeniería

Universidad de San Carlos de Guatemala

Presente

Reciba usted un cordial saludo, esperando que todas sus actividades sean exitosas.

Hago de su conocimiento que la estudiante Lucrecia Estefanía Marroquín Roldán, de la carrera de Ingeniería Química de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, quien se identifica con carné universitario 2007-14956 realizó su EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO en el área de producción, presentando el informe final titulado: EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DEL SAZONADOR CON SABOR A POLLO QUE GENERAN UNA DESVIACIÓN EN EL PROCESO DE LLENADO EN LA FÁBRICA DE NESTLÉ, ANTIGUA GUATEMALA, SACATEPÉQUEZ. El contenido del mismo fue asesorado y aprobado por mi persona.

Sin otro particular me es grato saludarle,

Atentamente,



Ing. Qco. Jorge Fernando Isaacs Álvarez

Colegiado activo No. 1584

Jorge Fernando isaacs
Ingeniero Químico
Colegiado No. 1334



Guatemala, 02 de abril de 2014.
Ref.EPS.DOC.433.04.14.

Ing. Juan Merck Cos
Director Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Merck Cos.

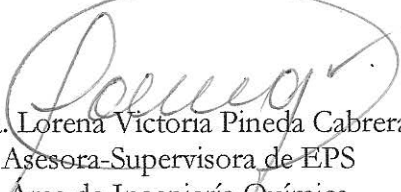
Por este medio atentamente le informo que como Asesora-Supervisora de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), de la estudiante universitaria **Lucrecia Estefanía Marroquín Roldán** de la Carrera de Ingeniería Química, con carné No. **200714956**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DEL SAZONADOR CON SABOR A POLLO QUE GENERAN UNA DESVIACIÓN EN EL PROCESO DE LLENADO EN LA FÁBRICA DE NESTLÉ, ANTIGÜA GUATEMALA, SACATEPÉQUEZ”**.

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

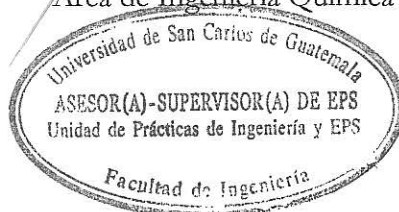
Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”


Inga. Lorena Victoria Pineda Cabrera
Asesora-Supervisora de EPS
Área de Ingeniería Química

c.c. Archivo
LVPC/ra





Guatemala, 02 de abril de 2014.
Ref.EPS.D.182.04.14.

Ing. Victor Manuel Monzón Valdéz
Director Escuela de Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Monzón Valdéz.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DEL SAZONADOR CON SABOR A POLLO QUE GENERAN UNA DESVIACIÓN EN EL PROCESO DE LLENADO EN LA FÁBRICA DE NESTLÉ, ANTIGUA GUATEMALA, SACATEPÉQUEZ"** que fue desarrollado por la estudiante universitaria **Lucrecia Estefanía Marroquín Roldán**, quien fue debidamente asesorada y supervisada por la Ingeniera Lorena Victoria Pineda Cabrera.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte de la Asesora-Supervisora de EPS, en mi calidad de Director apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
Director Unidad de EPS



SJRS/ra



Ref.EIQ.TG.108.2014

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 Ejercicio Profesional Supervisado (EPS final) de la estudiante **LUCRECIA ESTEFANÍA MARROQUÍN ROLDÁN** titulado: **"EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DEL SAZONADOR CON SABOR A POLLO QUE GENERAN UNA DESVIACIÓN EN EL PROCESO DE LLENADO EN LA FÁBRICA DE NESTLÉ, ANTIGUA GUATEMALA, SACATEPÉQUEZ"**. 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, julio de 2014

Cc: Archivo
VMMV/ale



Universidad de San Carlos
de Guatemala

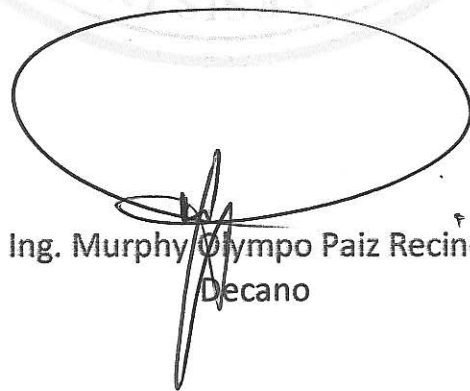


Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 328.2014

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: **EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DEL SAZONADOR CON SABOR A POLLO QUE GENERAN UNA DESVIACIÓN EN EL PROCESO DE LLENADO EN LA FÁBRICA DE NESTLÉ, ANTIGUA GUATEMALA, SACATEPÉQUEZ**, presentado por la estudiante universitaria **Lucrecia Estefanía Marroquín Roldán**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 15 de julio de 2014

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por ser esa fuerza y promesa de amor, que día a día guía mi vida.
Mis padres	Emma Roldán, Emma Morán de Roldán (q.e.p.d.) y Rogelio Roldán, por su amor y apoyo incondicional.
Jorge Valenzuela	Por siempre creer en mí y por ser el ángel que Dios envió para motivarme a luchar por mis sueños.
Mi familia	Armando Esperanza, Luis Fernando Roldán, María Fernanda Roldán y Luis Roberto Roldán, por compartir conmigo este momento tan especial.
Mis padrinos	Alejandra Valenzuela y Mario De León, por su cariño y sabios consejos.

AGRADECIMIENTOS A:

**La Universidad de
San Carlos de
Guatemala**

Por brindarme los estudios que me forjaron como profesional.

Mis amigos

Carolina Corzo, Brenda Barrios, Claudia Contreras, Héctor Méndez, Jaime Catalán y Pablo Argote, por su valiosa amistad y por todos los momentos compartidos.

**Nestlé, fábrica Antigua
Guatemala**

Por darme la oportunidad de realizar este trabajo.

Estuardo Carrera

Por compartir sus conocimientos y por su apoyo en la realización de este trabajo.

Jorge Isaacs

Por su ayuda en la realización de este trabajo.

Amigos y compañeros

Marco Molina, Víctor Marinelli, Edgar Ixcoy, Bayron Solórzano, Luis Pablo García, Juan Diego Regalado y Andrea Pereira, por su amistad, apoyo y por la oportunidad de aprender.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XI
OBJETIVOS	XIII
Hipótesis.....	XIV
INTRODUCCIÓN	XV
1. ANTECEDENTES	1
2. MARCO TEÓRICO.....	3
2.1. El estado sólido de la materia.....	3
2.1.1. Características de los sólidos	3
2.1.1.1. Morfología.....	3
2.1.1.2. Tamaño.....	4
2.1.1.3. Dureza o friabilidad.....	4
2.1.1.4. Densidad.....	4
2.1.1.5. Lubricidad	5
2.1.1.6. Contenido líquido en los sólidos	6
2.1.1.7. Estado de aglomeración	6
2.1.1.8. Características superficiales	7
2.1.1.9. Termolabilidad	8
2.1.1.10. Corrosividad.....	8
2.1.1.11. Explosividad.....	8
2.2. Propiedades de los sólidos	8

2.3.	Mezclado de sólidos.....	9
2.3.1.	Mecanismos de mezclado.....	10
2.3.1.1.	Mezclado difusivo.....	10
2.3.1.2.	Mezclado convectivo.....	11
2.3.1.3.	Mezclado por cortes.....	11
2.4.	Equipo de mezclado de sólidos.....	12
2.4.1.	Clasificación de mezcladores.....	12
2.4.1.1.	Mezcladores de agitación.....	12
2.4.1.2.	Mezcladores y agitadores de lotes.....	17
2.5.	Transporte de sólidos.....	18
2.5.1.	Las partículas sólidas.....	19
2.5.2.	Transporte neumático.....	19
2.5.3.	Elevadores de cangilones y la cinta transportadora.....	21
2.5.4.	Tolva de descarga.....	23
2.6.	Sazonadores en cubo.....	24
2.7.	Gráficos de control.....	26
2.8.	Índices de capacidad de proceso.....	28
2.8.1.	Medición del proceso.....	29
2.8.2.	Estudios de capacidad.....	30
3.	DISEÑO METODOLÓGICO.....	35
3.1.	Variables.....	35
3.2.	Delimitación del campo de estudio.....	36
3.3.	Recursos humanos disponibles.....	37
3.4.	Recursos materiales disponibles.....	37
3.4.1.	Materia prima.....	37
3.4.2.	Cristalería.....	38
3.4.3.	Equipo.....	38

3.5.	Técnica cuantitativa	38
3.6.	Recolección y ordenamiento de la información	39
3.6.1.	Medición de porcentaje de humedad de glutamato monosódico.....	40
3.6.2.	Medición de porcentaje de humedad de sal fina.....	40
3.6.3.	Medición de porcentaje de humedad del almidón de maíz	41
3.6.4.	Medición de porcentaje de humedad del semielaborado de sazónador con sabor a pollo	41
3.6.5.	Medición del peso específico de semielaborado de sazónador con sabor a pollo.....	42
3.6.6.	Medición de granulometría de sal fina	42
3.6.7.	Medición de granulometría de grasa vegetal en polvo	43
3.6.8.	Medición de peso neto del cubo de sazónador con sabor a pollo.....	43
3.6.9.	Medición de la dureza del cubo de sazónador con sabor a pollo.....	44
3.7.	Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información	44
3.8.	Análisis estadístico	51
3.8.1.	Media de una muestra	51
3.8.2.	Desviación estándar de una muestra.....	51
3.8.3.	Análisis de varianza del peso neto del cubito de caldo de pollo.....	52
4.	RESULTADOS	55
5.	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	65

6. LOGROS OBTENIDOS	71
CONCLUSIONES.....	73
RECOMENDACIONES	75
BIBLIOGRAFÍA	77
APÉNDICE.....	83
ANEXOS	95

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Mezclador de doble cono	14
2.	Mezclador en V (pantalón o cascos gemelos).....	15
3.	Mezclador de cilindro	17
4.	Sistema de envasado de <i>big bag</i>	23
5.	Proceso de elaboración del caldo de pollo en cubito	26
6.	Gráfico de control.....	28
7.	Límites de control de procesos	32
8.	Gráfico de control para medias de la granulometría de sal fina	55
9.	Gráfico de control para medias de la granulometría del GMS en cristales	56
10.	Gráfico de control para medias de la granulometría de la grasa vegetal en polvo	56
11.	Gráfico de control para medias del porcentaje de humedad del GMS en cristales.....	57
12.	Gráfico de control para medias del porcentaje de humedad del almidón de maíz.....	57
13.	Gráfico de control para medias del porcentaje de humedad de la sal fina.....	58
14.	Gráfico de control para medias del porcentaje de humedad del semielaborado del sazónador de pollo.....	58
15.	Gráfico de control para medias del peso específico del semielaborado del sazónador de pollo.....	59

16.	Gráfico del rendimiento de la línea 6 en función de la granulometría de la grasa vegetal en polvo.....	61
17.	Gráfico del control del peso neto del sazonador de pollo en cubo, utilizado en las líneas de empaque.	62
18.	Rendimiento de línea en función del número de horas de acondicionamiento del semielaborado de pollo	63
19.	Peso neto del sazonador con sabor a pollo en función de la granulometría de grasa vegetal en polvo.....	64

TABLAS

I.	Variables del proceso	35
II.	Porcentaje de humedad de glutamato monosódico.....	45
III.	Porcentaje de humedad de sal fina	45
IV.	Porcentaje de humedad de almidón de maíz	45
V.	Granulometría de sal fina	46
VI.	Granulometría de grasa vegetal en polvo.....	47
VII.	Peso específico del semielaborado de sazonador con sabor a pollo	48
VIII.	Peso neto del cubo de sazonador con sabor a pollo	49
IX.	Dureza del cubo de sazonador con sabor a pollo.....	50
X.	Resumen de sumas de cuadrados y grados de libertad.....	53
XI.	Índices de capacidad de proceso de las principales materias primas del sazonador de pollo.....	60
XII.	Granulometría de la grasa vegetal en polvo	61
XIII.	Significancia del peso neto del sazonador en cubo con sabor a pollo	63
XIV.	Peso neto del sazonador con sabor a pollo.....	64

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
H₂O	Agua
°	Grado
g	Gramo
kg	Kilogramo
ml	Mililitro
N	Newton
%	Porcentaje

GLOSARIO

Cp	Índice de capacidad potencial del proceso.
Cpk	Índice de capacidad real del proceso.
GMS	Glutamato Monosódico.
Granulometría	Medición y graduación de los granos de una formación sedimentaria.
Línea	Proceso que consta de varios pasos con un orden establecido y consecuente.
Pe	Peso específico de una muestra o densidad a granel.
Rendimiento	Porcentaje de la capacidad total de una máquina que es productivo.
Semielaborado	Masa que resulta luego del proceso de mezclado de los ingredientes del sazónador de pollo.

RESUMEN

Se buscó identificar los parámetros fisicoquímicos del sazónador con sabor a pollo que inciden directamente en el peso y consistencia del producto final. La fábrica de Nestlé, Antigua Guatemala, presentó pérdidas significativas en el 2012 debido a la variación en el proceso de compactación y prensado de la masa fabricada para el sazónador.

En el tiempo establecido para el estudio se siguió una metodología basada en el control de los parámetros de las cuatro principales materias primas, las cuales aportan los mayores porcentajes en la fabricación del semielaborado. Estas son: sal fina, glutamato monosódico en cristales, grasa vegetal en polvo y almidón de maíz; para las cuales se midió el porcentaje de humedad, peso específico y granulometría. Para el semielaborado del sazónador se midió la humedad y peso específico.

Asimismo, se trabajó en conjunto con las líneas de llenado llevando un control en el peso y dureza del sazónador con sabor a pollo, ya que estos tienen rangos definidos por la fábrica. De esta manera se evidenció la forma en que afectan los parámetros fisicoquímicos en el producto final ya empacado, esto se identificó por medio de los datos obtenidos en el rendimiento.

Como resultado se obtuvieron los límites de control para los datos para a definir el rango que se deberán manejar para las futuras mediciones. Por medio de los índices de capacidad del proceso, se buscó centrar las variables que impactan en gran magnitud, la fabricación del sazónador con sabor a pollo y el proceso de prensado en las líneas de llenado.

OBJETIVOS

General

Evaluar los parámetros fisicoquímicos de la materia prima y del sazónador con sabor a pollo en función de la norma 0226.QA.SPE.23 para que el producto terminado cumpla con las especificaciones de calidad.

Específicos

1. Diseñar gráficos de control de Schewart de los parámetros fisicoquímicos de las principales materias primas y del semielaborado del sazónador con sabor a pollo.
2. Identificar el parámetro que incide directamente en la variación del peso de caldo de pollo, por medio de mediciones fisicoquímicas de la materia prima y del semielaborado del caldo de pollo.
3. Proponer la creación de indicadores proactivos en el área de llenado en función del peso neto del caldo de pollo, los cuales disminuyan la pérdida por sobredosificación del producto.
4. Calcular los índices de control del proceso K , C_p y C_{pk} , con base en la media y desviación estándar de los datos obtenidos por medio de los gráficos de control.

5. Identificar si existe desviación en el sazónador con sabor a pollo al variar el tiempo de acondicionamiento del mismo.

Hipótesis

El peso neto del cubo del sazónador con sabor a pollo se ve afectado por la variación en los parámetros fisicoquímicos de una materia prima de alto volumen de porcentaje en masa en su composición.

Hipótesis nula:

No existe diferencia significativa en el peso neto del cubo del sazónador con sabor a pollo al variar los parámetros fisicoquímicos de una materia prima de alto volumen de porcentaje en masa en su composición.

Hipótesis alterna:

Existe diferencia significativa en el peso neto del cubo del sazónador con sabor a pollo al variar los parámetros fisicoquímicos de una materia prima de alto volumen de porcentaje en masa en su composición.

INTRODUCCIÓN

La industria de alimentos en polvo deshidratados ha presentado un auge en los últimos años debido a la facilidad con la que pueden elaborarse diversos platillos a partir de las diferentes variedades utilizadas al cocinar. Tal es el caso del sazón con sabor a pollo, ya que presenta una forma simple y eficaz de preparar un sinfín de recetas culinarias.

Las materias primas utilizadas para la elaboración del mismo son proveídas bajo estrictos estándares de calidad ya que deben regirse bajo ciertos parámetros para optimizar el proceso de fabricación. Sin embargo, la fábrica de Nestlé, Antigua Guatemala, ha presentado cierta variación en el proceso general de elaboración de sazón ya que el peso neto del mismo no se mantiene constante en el área de llenado.

Es por ello que en el siguiente estudio se evaluarán los parámetros de las cuatro principales materias primas, con lo que se pretende identificar cuál de éstos es el que tiene mayor incidencia en la variabilidad del proceso de mezclado. A continuación se describe de forma detallada las bases de dicha investigación y los objetivos planteados para así proponer un modelo de control en la producción de sazón con sabor a pollo.

1. ANTECEDENTES

Los productos semielaborados han sido objeto de estudio desde el inicio de su fabricación, ya que representan el mayor porcentaje de pérdida en su producción. En 1999 se realizó una caracterización (Correa-Cabrera *et al.*) de grasas para caldos deshidratados, la cual concluyó que para alimentos con características de sazónador con sabor a pollo, son necesarias materias primas grasas cuyas propiedades térmicas sean adecuadas para las condiciones ambientales en las que se almacenará.

Para los sazónadores con sabor a pollo, además de la grasa de este agregada, siempre existirá el aporte de grasa de la propia carne de ave, por lo que deben de agregarse otras grasas para endurecer el producto final.

Además, los autores indican que para algunas materias primas, en especial la grasa de pollo, es conveniente modificar el contenido en fracciones de bajo punto de fusión y así mejorar su funcionamiento térmico. Para ello proponen el fraccionamiento térmico controlado o una hidrogenación adicional para lograr fracciones más duras que lograrán mantener los caracteres organolépticos frente a la variación de temperatura.

La fábrica de Nestlé, Antigua Guatemala, ha realizado diversos programas para la determinación de las causas principales que han representado pérdidas económicas en su producto. Los estudios se han basado en tres enfoques principales:

- Alineación de objetivos
- TPM (Total Performance Management)
- Controles en el proceso

Con la alineación de objetivos se buscó centrar los parámetros del proceso que son determinantes en el producto final, pero que pueden representar índices de pérdida.

El manejo total de rendimiento (TPM) se ha centrado en presentar indicadores que puedan medir si se está cumpliendo o no con los objetivos de producción, con base al manejo de la maquinaria como a el trabajo del personal.

Por medio de los controles de proceso se ha llevado el registro del peso neto del sazónador con sabor a pollo, así como las condiciones con las que la maquinaria debe trabajar de una forma óptima.

Los ejecutores de los proyectos mostraron un descenso en el porcentaje de desempeño de 80,2 por ciento (2011) a un 79,3 por ciento (2012), por lo que no se cumplió con el objetivo propuesto de 81,4 por ciento. El porcentaje de rendimiento disminuyó a un 91,1 por ciento, sin alcanzar la meta de 92,6 por ciento.

La identificación de los parámetros que hacen variar el producto han sido determinantes para lograr la producción esperada, aunque los resultados muestran que los ensayos no mantienen una consistencia en los objetivos deseados.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. El estado sólido de la materia

Un sólido se define como el cuerpo que tiene forma y volumen definidos y sus partículas están adheridas entre sí. Así también al recibir un esfuerzo, no se deforman, más bien se traslada o rota pero sin deformarse, a nivel microscópico, sus partículas poseen un lugar específico en la estructura; por lo tanto su posición relativa no cambia, a menos que exista una fuerza externa, física o química, que induzca al cambio.

Los sólidos constituidos por distribuciones regulares, repetitivas y tridimensionales se les denominan cristalinos; mientras que los que no poseen una configuración interna geométrica regular se les llama amorfos.

2.1.1. Características de los sólidos

Los sólidos presentan ciertas características que los diferencian unos de otros, estas les proporcionan las cualidades para agruparlos según sus semejanzas. A continuación se presenta la división de los mismos:

2.1.1.1. Morfología

Es una consecuencia de su estructura interna molecular, la cual influye en su tendencia a fluir, su tendencia a la reacción química, su tendencia a la abrasividad y su tendencia a la adsorción de humedad.

La forma puede ser descrita en función de la esfericidad ϕ_s que es independiente del tamaño de partícula.

Algunos tipos son gránulos, grumos ovalados, bloques, esferas, copos, virutas, varillas, filamentos, cristales o formas irregulares.

2.1.1.2. Tamaño

Esta característica de los sólidos es importante dependiendo del sólido con el cual se está trabajando. Los tamaños de partículas se expresan en diferentes unidades dependiendo del intervalo de tamaños; las partículas gruesas se miden en pulgadas o milímetros, las partículas finas en función de la luz de un tamiz, y las partículas muy finas en micrómetros o nanómetros. Las partículas ultra finas se miden regularmente en función de su área superficial por unidad de masa, usualmente en metros cuadrados por gramo.

2.1.1.3. Dureza o friabilidad

Para los sólidos la dureza es la resistencia a rayarse y la friabilidad es la tendencia a quebrarse. La mayor dureza incrementa la abrasividad del sólido hacia sus contenedores o transportadores. En general, los cristaloides duros son más abrasivos.

2.1.1.4. Densidad

La densidad del sólido puede variar dependiendo del grado de empaquetamiento de los granos. De tal modo que es conocido que todo sólido posee dos tipos de densidades: real y aparente. La densidad propia, o real, está referida a la del sólido en sí, sin las cavidades que lo rodean al

almacenarse y en función exclusiva de la presión y la temperatura. Esta siempre es mayor que la densidad aparente, las unidades de medida son libra sobre pie cúbico o kilogramo sobre metro cúbico.

La densidad aparente o a granel es la densidad que toman a las partículas, al sólido y las cavidades de éste. Está en función de la densidad real, del tamaño, forma y estado de compactación del sólido. El valor de la densidad es mínimo cuando la masa está suelta y alcanza un máximo cuando la masa se somete a vibración o apisonamiento, este es el caso de los sazonadores en cubo.

2.1.1.5. Lubricidad

Este término, únicamente aplicado a las partículas sólidas, está en correspondencia aproximada con la viscosidad de un fluido. Está en función de su tamaño, forma, electrostaticidad y dureza. Los sólidos se clasifican como poco cohesivos, cohesivos, muy cohesivos y pegajosos.

La medición de este parámetro se hace en función del ángulo de reposo (α) que corresponde al ángulo respecto de la horizontal que forma un pilón de sólido. Un ángulo de reposo muy pronunciado indica poca fluidez o un material muy cohesivo.

Cuando un material tiene alta lubricidad existe poca tendencia a la aglomeración, mientras que un material con baja lubricidad tenderá a la formación de grumos y deberá forzársele a fluir usando aireación o vibración.

2.1.1.6. Contenido líquido en los sólidos

También es llamada higroscopicidad. Esta es la tendencia a atrapar humedad del aire y retenerla. Es dependiente de la superficie del sólido y de la electrostaticidad. En ciertos procesos es indeseable esta tendencia pues a mayor humedad el sólido tiende a perder lubricidad y se dificulta su transporte. Para los sólidos que necesitan de la presencia de líquido con frecuencia se les agrega una pequeña cantidad de líquido para la reducción del polvo o requisitos especiales.

El material resultante puede tener todavía el aspecto de un sólido seco, más que de una pasta, en algunos casos es necesario un secado previo de los sólidos para aumentar su capacidad de absorción de líquidos.

2.1.1.7. Estado de aglomeración

Este está referido a la existencia independiente de las partículas o su adherencia de unas con otras en grupos. El tipo y el grado de energía que se emplea durante el mezclado y la friabilidad de los aglomerados afectarán la amplitud de la división de estos y la dispersión de las partículas.

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 favorece la aglomeración.

Existen técnicas para favorecer la aglomeración, las más importantes pueden dividirse en dos grupos:

- Aglomeración por crecimiento, boleo
- Aglomeración por presión

2.1.1.8. Características superficiales

La conductividad superficial es la capacidad de un sólido de atraer electricidad estática sobre sí, dejándola acumulada en el recipiente donde está contenida o por donde fluye. En general, los materiales finos y no conductores eléctricos tienden a ser acumuladores de carga eléctrica. Esta característica es importante en el mezclado ya que de ella dependen, en gran parte, las fuerzas de atracción y repulsión existentes entre partículas que se estén mezclando.

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
- El control de la humedad
- Y la preparación de los ingredientes del lote para minimizar la carga acumulada

2.1.1.9. Termolabilidad

Es la tendencia del sólido a descomponerse con la temperatura al subir ésta, como consecuencia de frotamiento o de transferencia de calor de un cuerpo adyacente.

2.1.1.10. Corrosividad

Se refiere a la tendencia al ataque químico afectando al contenedor o transporte teniendo como consecuencia la destrucción o degradación del mismo.

2.1.1.11. Explosividad

Los sólidos finos y secos son susceptibles a reaccionar fácilmente con el oxígeno del aire, al haber un ente generador de fuego; así, ambientes con polvo en suspensión en ciertas concentraciones equivale a gases combustibles, promoviendo, entonces, explosiones o incendios. Los polvos orgánicos son explosivos. Está muy ligado al tamaño del sólido y al contenido de humedad del ambiente.

2.2. Propiedades de los sólidos

Las masas de partículas sólidas, especialmente cuando las partículas están secas y no se pegan, poseen muchas de las propiedades de un fluido. Ejercen presión sobre las paredes de un contenedor, fluyen a través de un orificio o descienden por una tolva. No obstante se diferencian de los gases y los líquidos, ya que las partículas se entrecruzan y adhieren por efecto de la

presión y no pueden deslizar unas sobre otras hasta que la fuerza aplicada no alcanza cierto valor.

Contrario a los fluidos, los sólidos granulares y las masas sólidas resisten permanentemente la distorsión cuando se le somete a una fuerza distorsionante moderada. Cuando la fuerza es suficientemente grande se produce la rotura y una capa de partículas se desliza sobre otra, pero entre las capas situadas a ambos lados de la fisura hay una considerable fricción.

Las propiedades características de los sólidos son:

- La presión aplicada en una dirección genera alguna presión en otras direcciones, pero siempre es más pequeña que la presión aplicada, siendo la presión mínima aquella que está en la dirección normal a la de la presión aplicada.
- Un esfuerzo cortante aplicado en la superficie de una masa se transmite a través de toda una masa estática de partículas mientras no se produzca rotura.
- La variación de la densidad de la masa está en función del grado de empaquetamiento de los granos.

2.3. Mezclado de sólidos

Mezcla es la interposición, conseguida por medio del movimiento, de minúsculas partículas de diversas sustancias de tal manera que el cuerpo obtenido por la operación, la mezcla, forme un conjunto lo más homogéneo posible, siendo este un criterio para conocer el resultado de una mezcla.

Como puede deducirse de estas breves indicaciones, el estado de agregación del cuerpo es decisivo para elegir el procedimiento y los equipos.

Hay diferentes condiciones de mezcla, se pueden mezclar:

- Cuerpos sólidos entre sí (mezcla, agitación)
- Cuerpos sólidos con pequeña cantidad de líquido (amasadura)
- Cuerpos sólidos con grandes cantidades de líquido (agitación)
- Líquidos entre sí (agitación)
- Cuerpos gaseosos o vapores con líquidos
- Cuerpos gaseosos o vapores entre sí

2.3.1. Mecanismos de mezclado

Todo proceso de mezcla descansa sobre un movimiento apropiado de las distintas partículas componentes de la mezcla. En el caso particular de los gases, la energía cinética es la que proporciona el mezclado; siendo de similar forma en el caso de los líquidos.

En el caso particular de los sólidos, este factor y otros son los influyentes para que se dé un movimiento aleatorio; no obstante debe tomarse en cuenta que no siempre la distribución aleatoria significará el logro de una mezcla perfecta.

2.3.1.1. Mezclado difusivo

Es el que se verifica por el cambio de lugar de partículas adyacentes individuales. Este mecanismo tiene especial importancia en equipos de tipo rotativo en los que existe un deslizamiento de polvo a lo largo de una superficie

expuesta al aire. En este caso se dice que el movimiento aleatorio es a pequeña escala.

Los movimientos que incrementan la movilidad de las partículas individuales promueven el mezclado difusivo. Si no hay efectos opuestos de segregación, este difusivo con el tiempo conducirá a un alto grado de homogeneidad. Un mezclador de tipo tambor provee el mecanismo difusivo. Para este mecanismo puede desarrollarse un coeficiente para determinar las condiciones de mezclado.

2.3.1.2. Mezclado convectivo

Este tipo de mezclado se da por transporte de grupos en particular de un punto a otro del mezclador. Este mecanismo predomina en los equipos en los que el mezclado lo realiza algún elemento móvil dentro del mezclador; el ejemplo típico son los mezcladores de cinta simples o de doble helicoide.

En el caso del mezclado convectivo, se dice que el movimiento aleatorio se verifica a gran escala. Adicionándole movimiento difusivo al convectivo se logra un mezclado más rápido.

2.3.1.3. Mezclado por cortes

Este tercer mecanismo de mezclado puede denominarse mezclado por cortes o fallas. En este se hace una repartición proporcional de un sólido en otro de tal modo que se busca homogeneidad en la mezcla, es un mecanismo difícil de tratar por medios matemáticos.

2.4. Equipo de mezclado de sólidos

La decisión que se toma en la elección de un equipo de mezclado se basa en una serie de factores que permitirán o impedirán el logro de una mezcla adecuada a los fines que se buscan.

Entre más movilidad tenga una mezcla, se requerirá menos fuerza para su agitación; para el caso específico de los sólidos se aprovecha generalmente la gravedad como fuerza motriz a todo el lote del material en mezcla.

Ningún equipo de mezclado se considera ideal dado que para cada tipo de mezcla a realizar es preciso conocer las propiedades de los materiales a mezclar; las características de construcción del equipo tales como forma de carga y descarga, requerimiento de potencia, limpieza entre otros; y sumado a lo anterior se requiere pruebas en equipos de laboratorio con semejanzas en las condiciones de trabajo que permitan predecir con un mayor grado de certeza estas últimas.

2.4.1. Clasificación de mezcladores

El equipo de mezclado existente está caracterizado según el tipo de material que se va a trabajar. Una clasificación general de mezcladores para sólidos se puede describir como sigue:

2.4.1.1. Mezcladores de agitación

Los mezcladores rotativos de agitación, agitan el material para lograr el mezclado, los mezcladores están disponibles en varias formas geométricas, afectando cada movimiento de las unidades del material, mezclando

eficientemente, y facilitando la limpieza entre lotes. Estos son mejores y se ajustan más a mezclas de polvos secos y granulados y permiten incluir una adición de componentes líquidos para revestimientos y aplicaciones similares.

Sin embargo, la humedad excesiva puede causar que el material se aglomere y forme grumos que impedirán el mezclado, para deshacer los grumos, las unidades pueden ser equipadas con componentes tales como deflectores internos o agitadores. Para la forma de descargar, el lote puede ser descargado vía un manto opcional retractable dentro de cilindros o contenedores para envíos.

Un mezclador de agitación puede ser uno de estos tres tipos básicos que se describen a continuación:

Mezcladores de doble cono: consisten en secciones de dos conos generalmente, con 45 grados de inclinación. Las secciones del cono están unidas a sus extremos angostos a su banda central. El mezclador está fijo entre dos bases que permiten que la unidad se agite.

El acceso a la limpieza es a través de la salida. La unidad puede ser equipada con una línea de *spray* para agregar el líquido y un agitador para la mezcla de la masa. En la operación, el material es vaciado para llevar el nivel típicamente de 50 por ciento a 65 por ciento de capacidad del mezclador.

Al 50 por ciento o 65 por ciento del nivel total lleno, el batidor típico alcanza una mezcla en 5 a 10 minutos con un 95 por ciento o mejor homogeneidad. El mezclador es ideal para polvos suaves o granulados que se degradan por reducción. A un nivel de 5 por ciento o más el agitador puede amasar el material aglomerado durante el mezclado.

Figura 1. **Mezclador de doble cono**



Fuente: <http://www.mifarmsrl.com.ar/admin/imagenes/Mezclador-doble-cono.jpg>.

Consulta: 13 de mayo de 2013.

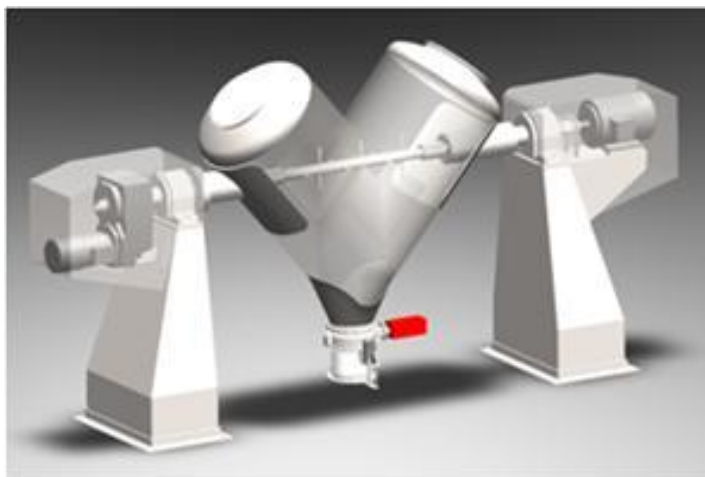
Mezcladores en forma de V: son similares a una unidad de cono doble, pero consiste en dos tubos con diámetros largos con un corte en las secciones a 45 grados y que están soldados juntos para formar una V, tal como se muestra en la figura 1. Las tapaderas están generalmente localizadas en la parte superior de ambas piernas de la V. Otra tapadera está localizada en la parte baja del punto de la V. La unidad está también montada sobre dos bases que permiten una agitación y puede estar equipada con una línea que permita agregar líquido y un agitador para descargar. El acceso a la limpieza es a través de ambas tapaderas.

En la operación, el material está cargado para llenar el nivel del 50 por ciento al 60 por ciento de la capacidad del contenedor. La unidad de agitación final sobre el fondo del mezclador de doble cono; pero la acción de la mezcla es diferente a causa de la forma del vaso contenedor. Por la agitación del mezclador, el material constantemente se desintegra y se remezcla, la mezcla

se forma a causa del material libre y al azar dentro del contenedor. El mezclado es alcanzado en 5 a 15 minutos con 95 por ciento o mejor homogeneidad. La caída libre combinada con un aumento en el contacto friccional entre el material y el largo del vaso, los lados rectos resultan en un mezclado menor que en una unidad de cono doble. Esto puede crear un ligero compartimiento produciendo alguna reducción del tamaño de la partícula a través del desgaste.

Este mezclado es más conveniente para polvos y es frecuentemente usado para farmacéuticos, pero la acción del mezclado es ligera para compartir los límites del mezclador usado para polvos finos o granulados. La línea de *spray* opcional y agitador puede disminuir completamente la descarga. La limpieza entre lotes es más larga en este mezclador que en una unidad de doble cono.

Figura 2. **Mezclador en V (pantalón o cascos gemelos)**



Fuente: HOTFROG, mezclador en forma de V. <http://www.hotfrog.es/Companies/ATPP>.
Consulta: 17 de mayo de 2013.

Mezclador cilíndrico: tiene un vaso tubular montado sobre unas bases como se observa en la figura No. 3. Los desbarates internos o barras de levantamiento están montados entre las paredes internas de los vasos. La entrada es comúnmente localizada en el centro del vaso y la salida está en el fondo del centro pero en algunos casos una abertura es usada para ambos (entrada y salida). El mezclador puede ser equipado con una línea de *spray*, la cual correrá a través de una unión entre los vasos. El acceso a la limpieza es generalmente a través de la salida.

En la operación, el material es llenado generalmente solo hasta menos del 50 por ciento de la capacidad del mezclador, los movimientos del mezclador y las cuchillas internas gentilmente elevan y ventilan el material evitando que el material vaya de lado a lado y de abajo del mezclador. Las cuchillas también separan el material. El mezclado es alcanzado de 5 a 10 minutos con un 95 por ciento o mejor homogeneidad. El mezclador se ajusta mejor a polvos, pero los movimientos y las cuchillas internas hacen la unidad no ajustable para algunos polvos finos o granulados. La acción del mezclado minimiza el desgaste de las partículas.

Sin embargo, las cuchillas internas hacen la limpieza del mezclador más difícil y aumenta el riesgo de contaminación cruzada entre lotes.

Figura 3. **Mezclador de cilindro**



Fuente: DEGUMA, mezclador cilíndrico. http://www.deguma.com/_bilder/1-113-1.jpg.
Consulta: 17 de mayo de 2013.

2.4.1.2. Mezcladores y agitadores de lotes

Están disponibles con varias formas geométricas, agitadores y modelos de agitación. Dependiendo del tipo los mezcladores pueden manejar diferentes materiales, desde materiales de polvos secos a materiales arenosos y pastas viscosas. El mezclador puede ser equipado con componentes para la adición de líquido y masas. El lote comúnmente se descarga desde la salida del mezclador y se transporta mecánicamente a bolsas o paquetes.

Algunos tipos comunes de mezcladores agitadores son:

- Mezclador de cinta
- Mezclador de canaleta

- Mezclador de cuchilla
- Mezclador de canaleta fluidizado
- Mezclador de cuchilla sigma

2.5. Transporte de sólidos

El transporte de sólidos es considerablemente más complejo que el transporte de gases y líquidos. A continuación se muestran algunos dispositivos que permiten transportar sólidos de modo continuo desde su ubicación hasta el equipo de proceso en el que tengan que ser tratados.

El transporte de sólidos suele pasar primero desde la zona de almacenado (hangares, silos, *big-bags*, otros.) a la tolva de descarga, y finalmente al equipo de proceso.

Si el sólido tiene un precio unitario bajo y es inalterable a la acción de agentes atmosféricos y se procesa en grandes cantidades, se suele almacenar en grandes pilas a la intemperie o en hangares sin mucha protección. En el caso de sólidos alterables se almacenan en hangares cerrados o en silos. Un silo es una estructura con diseño cilíndrico para almacenar sólidos.

Suelen ser de madera, hormigón o acero inoxidable. Los más habituales en la industria son los silos de torre. La descarga suele realizarse desde la parte superior, bien con transporte neumático bien con elevadores de cangilones y cinta transportadora.

2.5.1. Las partículas sólidas

Los sistemas de partículas sólidas están formados por partículas sueltas, aisladas con un tamaño más o menos uniforme. Según el tamaño de las partículas que forman el sólido se pueden distinguir en:

- Sólidos rotos: partículas de tamaño superior a 3 milímetros
- Sólidos granulares: partículas entre 0,1 y 3 milímetros
- Sólidos polvorientos: partículas de hasta 0,1 milímetros

Los sólidos polvorientos se pueden subdividir a su vez en:

- Superfinos: partículas entre 1 y 10 micras
- Ultra-finos: partículas entre 0,1 y 1 micras

Y según su comportamiento reológico se puede clasificar como:

- *Free flowin*: no se apelmazan durante el almacenamiento
- Cohesivos: se apelmaza durante el almacenamiento

2.5.2. Transporte neumático

Al circular una corriente de fluido a través de un lecho de partículas la corriente pierde presión. Cuando el sentido de circulación es vertical ascendente y la velocidad del fluido es baja, las partículas se mantienen quietas constituyendo un lecho fijo.

Esta disposición se emplea para homogeneizar mezclas de gases, o también en los reactores catalíticos en los que el alimento gaseoso atraviesa

una masa de partículas de catalizador, reaccionando al circular a su través. Si el caudal de fluido aumenta, el creciente rozamiento entre las partículas y el gas hace que a partir de un determinado caudal, las partículas del lecho se mantengan suspendidas en el fluido, no descansando unas sobre otras.

El lecho ocupa entonces mayor volumen. En estas condiciones se dice que el lecho está fluidizado, puesto que las partículas sólidas se comportan entre sí como las de un gas, moviéndose aleatoriamente.

Este modo de operación se denomina fluidización y tiene como característica principal que la temperatura de todos los puntos del lecho es constante, ya que la transmisión de calor es muy buena. La fluidización se aplica habitualmente en los reactores químicos con catalizadores sólidos finalmente divididos.

Se emplea también en la combustión de carbón en centrales térmicas, en la tostación de materiales y el secado de sólidos entre otras. Si se aumenta el caudal de gas que mantiene el lecho fluidizado, el rozamiento puede lograr que el gas arrastre las partículas de sólido. Esta es la base de la operación denominada transporte neumático, en la que por arrastre con aire se hace circular un sólido granulado o polvoriento.

Los ciclones son dispositivos estáticos en los que una mezcla de partículas suspendidas en un gas es sometida, por acción de su propia energía cinética a una fuerza centrífuga. Las partículas, al tener mayor densidad que el gas en el que están suspendidas, salen despedidas hacia la pared, donde por rozamiento queda frenada, y caen al fondo del ciclón. El gas asciende en espiral por la parte central del ciclón y sale por la parte superior.

Son dispositivos económicos, altamente eficaces para la separación de polvo y partículas de los gases de combustión, de reactores de lecho fluidizado, de regeneración de catalizadores y para el transporte neumático.

Suelen colocarse varios en serie, de tamaños distintos, para una retención mejor de partículas de distintos tamaños.

2.5.3. Elevadores de cangilones y la cinta transportadora

El cangilón es el recipiente encargado del transporte del material y puede ser fabricado en acero inoxidable, al carbono o plásticos como *nylon*, polietileno o uretano. Se clasifican como:

- Profundos: utilizados para material que no se apelmaza y contando normalmente con un labio reforzado en el borde delantero y en las esquinas, lo cual le proporciona una buena resistencia a la deformación durante la carga de materiales pesados o arenosos.
- Poco profundos: para el transporte de materiales que se encuentran apelmazados o húmedos.
- De escama: cangilones con base sin redondear utilizados en elevadores con descarga dirigida por gravedad.

El cangilón puede descargar directamente sobre la tolva de descarga o sobre cinta transportadora para su posterior descarga a tolva. La cinta transportadora es un sistema de transporte continuo formado básicamente por una banda continua que se mueve entre dos tambores.

La banda es arrastrada por fricción por uno de los tambores, que a su vez es accionado por un motor. El otro tambor suele girar libre, sin ningún tipo de accionamiento, y su función es servir de retorno a la banda. La banda es soportada por rodillos entre los dos tambores.

Debido al movimiento de la banda, el material depositado sobre ésta es transportado hacia el tambor de accionamiento donde la banda gira y da la vuelta en sentido contrario. En esta zona el material depositado sobre la banda es vertido fuera de la misma debido a la acción de la gravedad.

Las ventajas principales de este sistema de transporte son las siguientes:

- Permiten el transporte de materiales a distancia
- Se adaptan al terreno
- Tienen una gran capacidad de transporte
- Permiten transportar una gran variedad de materiales
- Es posible la carga y la descarga en cualquier punto del trazado
- Se pueden desplazar
- No altera el producto transportado

Hay otros sistemas de almacenamiento discreto de sólidos como pueden ser el envasado en *big-bag*. Este tipo de envase puede ser descargado fácilmente por un sistema que combina la descarga por gravedad y el transporte a la tolva de descarga correspondiente por un sistema de tornillo de Arquímedes.

Figura 4. Sistema de envasado de *big bag*



Fuente: Interempresas, Big Bag. <http://img.interempresas.net/FotosArtProductos/P69349.jpg>.
Consulta: 18 de mayo de 2013.

2.5.4. Tolva de descarga

Las tolvas son dispositivos destinados al depósito de materiales sólidos o semisólidos. Suelen tener estructura cónica y una de sus funciones es permitir la entrada continua de producto en los distintos equipos de proceso.

La carga suele realizarse por la parte superior y la descarga por la parte inferior. La eficacia del proceso de descarga es función de la naturaleza del producto que determinará el flujo de descarga presente:

- Flujo en masa, en el que todo del sistema se mueve hacia la salida central, existiendo la posibilidad de formación de un arco que impida el flujo del material.
- Flujo en embudo o chimenea, en el cual se forma un canal central a través del cual circula parte de los sólidos alimentados.

Para minimizar las pérdidas de producto en las tolvas por efecto del tipo de flujo se suelen instalar en ellas dispositivos que fuerzan al movimiento en el interior de la tolva. Estos dispositivos pueden ser vibrantes o de impacto.

La descarga de la tolva sobre el equipo de proceso puede llevarse a cabo por gravedad (no hay control de entrada de producto) o mediante dispositivos, que permitan la cuantificación de la cantidad de material que entra en los equipos. Dos de los tipos más utilizados son:

- Tornillo sin fin: es un tornillo de circuito infinito situado en un cilindro hueco. Se puede controlar el caudal de producto de entrada en el equipo de proceso variando la velocidad de giro de dicho tornillo.
- Válvula rotativa: es un dispositivo situado entre la salida de la tolva y la entrada al equipo de proceso. La válvula dispone de 8 celdas de dosificación de capacidad conocida. Se puede controlar y variar el caudal variando la velocidad de dosificación de dichas celdas.

2.6. Sazonadores en cubo

Desde hace varios años los sazonadores en cubo han venido a revolucionar la forma de elaborar caldos y sopas de pollo y otros sabores, por

su facilidad de preparación y su practicidad de almacenamiento. Son elaborados con una mezcla de sólidos, cuyos ingredientes principales son entre ellos, sal, pollo deshidratado, almidón de maíz y aditivos que le dan la consistencia de una mezcla cohesiva, con bastante facilidad para fluir, facilitando así su transporte.

El proceso de mezclado es llevado a cabo en un mezclador horizontal ideal para mezclas de polvos. Cuenta con un agitador para facilitar el proceso de mezclado. Los ingredientes mayoritarios son pesados y abastecidos a la mezcladora con la ayuda de un sistema de pesas y transporte neumático, mientras los ingredientes minoritarios son pesados y agregados a la mezcladora manualmente.

El sistema de envasado de *big bag* es utilizado para este producto, que luego es abastecido a la máquina empacadora por medio de tolvas de alimentación. El producto fluye a través de las tuberías de la máquina empacadora, es compactado para darle la forma característica y luego empacado y embalado, tal y como se muestra en la figura siguiente:

Figura 5. **Proceso de elaboración del caldo de pollo en cubito**



Fuente: elaboración propia.

2.7. Gráficos de control

Los gráficos de control están relacionados directamente con el control de calidad de un proceso, y este representa una herramienta de administración en la que importantes características de un producto se observan y evalúan.

La función de los gráficos de control es determinar si el desempeño de un proceso se mantiene en un nivel aceptable de calidad, tomando en cuenta la variabilidad debido al azar, por eso su propósito radica en detectar un estado no aleatorio o fuera de control de un proceso.

Para llevar un control de la aleatoriedad de los procesos se establecen límites de control dentro de los cuales se encuentra más del 97 por ciento de todas las mediciones de cada muestra. Los gráficos de control pueden ser por

variables y por atributos. En los procesos en la industria los gráficos de control de variables son más utilizados debido a que representan el valor de una variable medida.

Los gráficos por variables comúnmente utilizados son los gráficos \bar{X} y R . El primer tipo de gráficos son de medias y se grafican uno por uno las mediciones de determinada variable hecha a cada muestra. El segundo tipo de gráficos son de rangos y se grafican las diferencias entre mediciones de una variable y sirve para visualizar diferencias significativas entre las mediciones realizadas. Los límites de control se establecen como tres veces la desviación estándar del conjunto de mediciones, tanto para gráficos \bar{X} como para gráficos R .

Todos las mediciones se encuentran dentro de los límites de control se encuentran en control dentro del proceso, sin embargo las mediciones que se encuentran fuera de los límites de control son mediciones que se encuentran fuera de control y no se deben a la aleatoriedad si no a problemas dentro del procesos.

Figura 6. Gráfico de control



Fuente: control de procesos, control estadístico de procesos.
<http://www.matematicasypoesia.com.es/Estadist/ManualCPE06p3.htm>. Consulta:
21 de mayo de 2013.

2.8. Índices de capacidad de proceso

Un proceso es una combinación única de herramientas, métodos, materiales y personal dedicados a la labor de producir un resultado medible. Todos los procesos tienen una variabilidad estadística inherente que puede evaluarse por medio de métodos estadísticos. La capacidad del proceso es una propiedad medible de un proceso que puede calcularse por medio del índice de capacidad del proceso (ej. C_{pk} o C_{pm}). El resultado de esta medición suele representarse con un histograma que permite calcular cuántos componentes serán producidos fuera de los límites establecidos en la especificación.

La capacidad del proceso puede subdividirse en:

- Medición de la variabilidad del proceso
- Contrastar la variabilidad medida con una tolerancia o especificación predefinida

2.8.1. Medición del proceso

El resultado de un proceso suele tener, al menos, una o más características medibles que se usan para especificar el resultado. Estas pueden analizarse de forma estadística, si los datos del resultado muestran una distribución normal. Solo entonces tiene sentido buscar un valor intermedio y una desviación estándar.

Se debe establecer un proceso con un control del proceso adecuado. Un análisis del diagrama del proceso se usa para determinar si el proceso está bajo control estadístico. Si el proceso no está bajo control estadístico entonces no tiene sentido hacer cálculos sobre su capacidad. La capacidad del proceso solo involucra una variación de causa común y no variación de causa especial.

Cuantos más datos se incluyan más preciso será el resultado, sin embargo, a partir de 17 mediciones ya es posible hacer las primeras estimaciones. Estas deberían incluir la variedad normal de las condiciones de producción, los materiales y el personal que forman parte del proceso. Con un producto manufacturado es común incluir en las mediciones, al menos, 3 series de producción diferentes, incluyendo el inicio.

El promedio del proceso y la desviación se calculan a partir de las mediciones. Con una distribución normal las colas pueden extenderse mucho más allá de las desviaciones de más/menos 3 veces la desviación estándar, pero este intervalo debería contener alrededor del 99,73 por ciento de los resultados de producción. Por ello, para una distribución normal de los datos, la capacidad del proceso a menudo se describe como la relación entre seis desviaciones estándar y la especificación requerida.

2.8.2. Estudios de capacidad

Después de comprobar que el proceso está bajo control, el siguiente paso es saber si es un proceso capaz, es decir, si cumple con las especificaciones técnicas deseadas, o lo que es lo mismo, comprobar si el proceso cumple el objetivo funcional. Se espera que el resultado de un proceso cumpla con los requerimientos o las tolerancias que ha establecido el cliente.

La habilidad de un proceso para cumplir con la especificación puede expresarse con un solo número, el índice de capacidad del proceso o puede calcularse a partir de los gráficos de control. En cualquier caso es necesario tomar las mediciones necesarias para que el departamento de control tenga la certeza de que el proceso es estable, y que la media y variabilidad de este se pueden calcular con seguridad.

El control de proceso estadístico define técnicas para diferenciar de manera adecuada entre procesos estables, procesos cuyo promedio se desvía poco a poco y procesos con una variabilidad cada vez mayor. Los índices de capacidad del proceso son solo significativos en caso de que el proceso sea estable (sometidos a un control estadístico). Estimar la capacidad de un

proceso se resume en estimar σ . La estimación de σ se puede hacer mediante diferentes herramientas:

- Histogramas
- Gráficos de probabilidad
- Gráficos de control

El mercado (clientes) establece las tolerancias que debe cumplir el producto. Un producto fabricado fuera de esas tolerancias se considerará un producto sin la calidad requerida, es decir, defectuoso. Es importante no confundir los dos conceptos anteriores. Las tolerancias son los requerimientos técnicos para que el producto sea admisible para su uso, siendo establecidos por el cliente, el fabricante o alguna norma; mientras que la capacidad es una característica estadística del proceso que elabora dicho producto.

Para relacionar ambos conceptos se define el índice de capacidad C_p como el cociente entre el rango de tolerancias del proceso y la capacidad (intervalo natural de variación) del mismo:

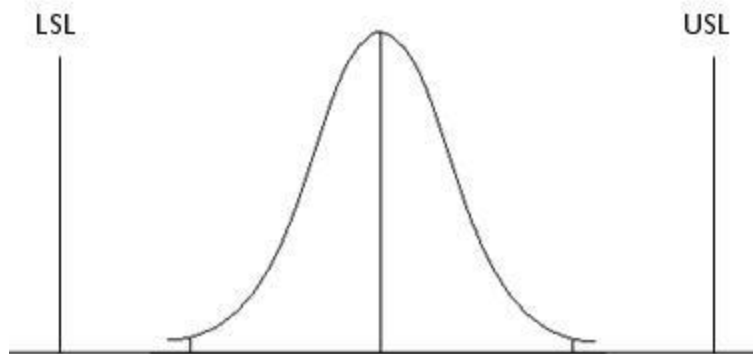
$$C_p = \frac{\text{Intervalo de tolerancias}}{\text{Capacidad}} = \frac{USL - LSL}{6\sigma}$$

Donde:

USL: límite superior de la especificación

LSL: límite inferior de la especificación

Figura 7. Límites de control de procesos



Fuente: Wikipedia, Capacidad de procesos.
http://commons.wikimedia.org/wiki/File:A1095515_trabajo_calidad_capacidad_y_de_sviaciones_t%C3%ADpicas_en_procesos_de_fabricaci%C3%B3n5.jpg. Consulta: 24 de mayo de 2013.

Como normalmente en una aplicación práctica la desviación σ es desconocida el índice de capacidad se estima a partir de la estimación de σ , empleando para ello la desviación estándar muestral S o el rango R :

$$\sigma_{\text{estimado}} = \frac{R}{d_2} = \frac{S}{C_4}$$

Donde:

d_2 y C_4 son dos constantes. Resultados posibles de C_p :

$C_p > 1$ -> se dice que el proceso es capaz, pues prácticamente todos los artículos que produzca estarán dentro de las tolerancias requeridas.

$C_p = 1$ -> habrá que vigilar muy de cerca el proceso, pues cualquier pequeño desajuste provocará que los artículos no sean aceptables.

$C_p < 1$ -> se dice que el proceso no es capaz.

También se pueden calcular los índices de capacidad para especificaciones unilaterales:

$$C_{ps} = \frac{USL - \mu}{3\sigma} \text{ (especificación superior)}$$

$$C_{pi} = \frac{\mu - LSL}{3\sigma} \text{ (especificación inferior)}$$

C_p mide simplemente la extensión de las especificaciones en comparación con la dispersión seis sigma. Se define el índice C_{pk} para tener en cuenta el centrado del proceso:

$$C_{pk} = \frac{\text{menor} |Z_1, Z_s|}{3}$$

Donde:

$$Z_1 = \frac{LIE - \bar{X}}{\sigma_{ST}}$$

$$Z_s = \frac{LSE - \bar{X}}{\sigma_{ST}}$$

La magnitud de C_{pk} respecto C_p es una medida directa de cuan apartado del centro está operando el proceso:

$C_p = C_{pk}$ -> proceso centrado en el punto medio de las especificaciones

$C_p > C_{pk}$ - > proceso descentrado

Sin embargo, C_{pk} solo sigue siendo una medida inadecuada del centrado del proceso, ya que para cualquier valor fijo de μ en el intervalo de LSL a USL C_{pk} depende inversamente de σ y se hace grande cuando σ tiende a cero. Esta característica puede hacer inadecuado a C_{pk} , por eso se define un nuevo índice de capacidad apto para indicar el centrado del proceso C_{pm} :

Si $V = \frac{\bar{X} - T}{\sigma}$ donde T es el centro de las especificaciones:

$$C_{pm} = \frac{C_p}{\sqrt{1 + V^2}} = \frac{LSE - LIE}{6\sqrt{\sigma^2 + (\mu - T)^2}}$$

Cuando T es igual a X media del proceso, $C_{pm} = C_p = C_{pk}$

3. DISEÑO METODOLÓGICO

3.1. Variables

Objeto, proceso o característica que está presente, o supuestamente presente en el fenómeno que el científico quiere estudiar. Los objetos, procesos o características reciben el nombre de variables en la medida en que su modificación provoca una modificación en otro objeto, proceso o característica.

Tabla I. Variables del proceso

Variables	Independiente	Dependiente	Constante	No Constante
Porcentaje de humedad de glutamato monosódico	X			X
Porcentaje de humedad de sal fina	X			X
Porcentaje de humedad de almidón de maíz	X			X
Porcentaje de humedad de semielaborado del sazonador	X			X
Peso específico semielaborado del sazonador	X			X
Granulometría de sal fina	X			X

Continuación de la tabla I.

Granulometría grasa vegetal en polvo	X			X
Dureza del cubo del sazónador de pollo		X		X
Peso neto cubo de sazónador de pollo		X		X
Parámetros proceso de mezclado	X		X	

Fuente: elaboración propia.

3.2. Delimitación del campo de estudio

Consiste en la etapa de enfocar los términos concretos del campo de interés, establecer y especificar los alcances y los límites. Con ello se reduce el problema inicial a dimensiones prácticas dentro de las cuales se puede realizar la investigación.

- Área: producción.
- Línea: elaboración de sazónador con sabor a pollo.
- Proceso: control en la variación de los parámetros de las cuatro principales materias primas para la fabricación del semielaborado de sazónador con sabor a pollo.
- Ubicación: fábrica de productos alimenticios deshidratados Nestlé, Antigua Guatemala.

3.3. Recursos humanos disponibles

El recurso humano es importante en toda investigación, ya que representan los aportes intelectuales así como físicos para la elaboración de la investigación.

- Investigadora: Br. Lucrecia Estefanía Marroquín Roldán
- Asesor: Ing. Qco. Jorge Fernando Isaacs Álvarez

3.4. Recursos materiales disponibles

Los recursos materiales fueron todos aquellos equipos, cristalería, reactivos y la infraestructura de lo que se dispone para el desarrollo de toda la investigación. Estos se detallan a continuación.

3.4.1. Materia prima

La materia prima utilizada para el análisis del comportamiento del sazónador, comprendió los cuatro mayores porcentajes de dosimetría en la receta de elaboración del mismo, siendo estas:

- Sal fina
- Grasa vegetal en polvo
- Glutamato monosódico
- Almidón de maíz

3.4.2. Cristalería

Son todos los accesorios, cristalería y materiales que permiten la realización de la fase experimental. Con ellos, generalmente se manipulan las muestras y procesos a nivel de laboratorio. Son indispensables para simular el proceso estudiado a escala.

- Tazón de vidrio

3.4.3. Equipo

Son todos los bienes tangibles disponibles para la realización de la investigación y que cumplen funciones específicas. Estos proporcionan las condiciones necesarias para la evaluación de los fenómenos así como para la medición de las variables estudiadas.

- Balanza analítica de precisión para laboratorio
- Balanza de humedad
- Equipo para medición de granulometría a nivel laboratorio
- Equipo para medición de peso específico (densidad a granel)
- Durómetro
- Prensa de compactación

3.5. Técnica cuantitativa

Comprende todas las técnicas utilizadas para la medición y la cuantificación de las variables de interés, en esta investigación las técnicas cuantitativas representan etapas simples como tomar un peso, así como las técnicas instrumentales detalladas a continuación.

- Medición del porcentaje de humedad de glutamato monosódico por medio de una balanza de humedad.
- Medición del porcentaje de humedad de sal fina por medio de una balanza de humedad.
- Medición del porcentaje de humedad de almidón de maíz por medio de una balanza de humedad.
- Medición del porcentaje de humedad del semielaborado de sazónador con sabor a pollo por medio de una balanza de humedad.
- Medición de la granulometría de sal fina por medio del juego de tamices de bodega en la planta.
- Medición de la granulometría de la grasa vegetal en polvo por medio del equipo utilizado en el laboratorio culinario de la planta.
- Medición del peso específico del semielaborado de sazónador con sabor a pollo por medio del equipo fabricado en la planta.
- Medición del peso neto del cubo de sazónador con sabor a pollo por medio de una balanza analítica de precisión.
- Medición de la dureza del cubo de sazónador con sabor a pollo (13,5 mm x 14 mm) por medio de un durómetro.

3.6. Recolección y ordenamiento de la información

La recolección de la información, consiste en la obtención y medición de las variables requeridas en cada una de las etapas de la investigación. Este apartado explica gráficamente el procedimiento de la toma de datos en el trabajo de investigación.

3.6.1. Medición de porcentaje de humedad de glutamato monosódico

El porcentaje de humedad hace mención a la cantidad de agua relativa que pueda estar contenida en la muestra. El glutamato monosódico es una sal, de la cual puede ser evaporada dicha agua.

- Volver a cero la balanza mediante el botón de tara
- Colocar 10 gramos de muestra sobre el plato
- Colocar un tiempo de secado de 4 minutos
- Colocar una temperatura de secado de 140 grados Celsius
- Encender la balanza
- Al terminar los 4 minutos de secado, anotar el porcentaje de humedad que aparece en la pantalla de la balanza de humedad

3.6.2. Medición de porcentaje de humedad de sal fina

El porcentaje de humedad hace mención a la cantidad de agua relativa que pueda estar contenida en la muestra. El cloruro de sodio es una sal, de la cual puede ser evaporada dicha agua.

- Volver a cero la balanza mediante el botón de tara
- Colocar 10 gramos de muestra sobre el plato
- Colocar un tiempo de secado de 4 minutos
- Colocar una temperatura de secado de 140 °C
- Encender la balanza
- Al terminar los 4 minutos de secado, anotar el porcentaje de humedad que aparece en la pantalla de la balanza de humedad

3.6.3. Medición de porcentaje de humedad del almidón de maíz

El porcentaje de humedad hace mención a la cantidad de agua relativa que pueda estar contenida en la muestra. El almidón de maíz es un polvo fino, el cual puede ser sometido a calentamiento y así evaporar dicha agua.

- Volver a cero la balanza mediante el botón de tara
- Colocar 10 gramos de muestra sobre el plato
- Colocar un tiempo de secado de 5 minutos
- Colocar una temperatura de secado de 140 grados Celsius
- Encender la balanza
- Al terminar los 5 minutos de secado, anotar el porcentaje de humedad que aparece en la pantalla de la balanza de humedad

3.6.4. Medición de porcentaje de humedad del semielaborado de sazón con sabor a pollo

El porcentaje de humedad hace mención a la cantidad de agua relativa que pueda estar contenida en la muestra. El sazón con sabor a pollo es una mezcla de polvos, del cual puede ser evaporada dicha agua.

- Volver a cero la balanza mediante el botón de tara
- Colocar 10 gramos de muestra sobre el plato
- Colocar un tiempo de secado de 2 minutos
- Colocar una temperatura de secado de 140 grados Celsius
- Encender la balanza
- Al terminar los 2 minutos de secado, anotar el porcentaje de humedad que aparece en la pantalla de la balanza de humedad

3.6.5. Medición del peso específico de semielaborado de sazonador con sabor a pollo

El peso específico se refiere a la cantidad de muestra que puede ser contenida en cierto volumen, en relación al peso específico del agua. El sazonador con sabor a pollo es una mezcla de polvos que al ser sometidos a vibración, ocupan un lugar determinado.

- Tomar una muestra de un *big bag* de semielaborado de sazonador con sabor a pollo recién fabricado
- Llenar los 500 centímetros cúbicos del cilindro del equipo con el semielaborado en polvo
- Retirar el exceso de semielaborado dejándolo al ras del cilindro
- Girar la manecilla del equipo 30 veces, de forma que el semielaborado se acomode en el cilindro
- Colocar el semielaborado en una bolsa plástica para muestras
- Pesarse el semielaborado en una balanza analítica, tomar el dato y realizar la relación de miligramos sobre mililitros

3.6.6. Medición de granulometría de sal fina

La granulometría determina el tamaño de las partículas sólidas. Por medio de la retención que el instrumento mantenga de estos, así será la clasificación de los mismos.

- Armar la torre de tamices en orden ascendente en cuanto al tamaño de la apertura del *mesh*
- Colocar la muestra de sólido en la parte superior de la torre de tamices y cerrarla

- Colocar la torre de tamices en la tamizadora
- Encender durante 15 minutos y esperar a que termine
- Al terminar recolectar la cantidad de sólido en cada tamiz
- Medir la masa del sólido atrapada en cada tamiz y calcular el porcentaje en base a la masa inicial

3.6.7. Medición de granulometría de grasa vegetal en polvo

La granulometría determina el tamaño de las partículas sólidas. Por medio de la retención que el instrumento mantenga de estos, así será la clasificación de los mismos.

- Pesar 200 gramos de grasa vegetal en polvo en un tazón de vidrio sobre una balanza analítica
- Tamizar los 200 gramos de grasa medidos dando pequeños golpes al tamiz durante un minuto
- Tarar el peso del tazón de vidrio
- Pesar los gramos de grasa en polvo retenidos por el tamiz
- Anotar el dato y realizar un porcentaje de masa en peso.

3.6.8. Medición de peso neto del cubo de sazonador con sabor a pollo

Los productos finales deben presentar un peso neto estipulado manejando cierto porcentaje de incertidumbre. Este peso ayuda a determinar si cuenta con la cantidad esperada de la mezcla de ingredientes.

- Tomar 30 muestras del cubo de sazonador
- Pesar las muestras según los códigos registrados en las balanzas

- Anotar el peso promedio de la línea
- Realizar el procedimiento cada hora durante el primer turno laboral

3.6.9. Medición de la dureza del cubo de sazónador con sabor a pollo

Los sazónadores con sabor a pollo son fabricados por medio de prensas de compresión para darle su forma cúbica. Debido a esto es necesario determinar si la rigidez o dureza que presentan cumple con lo esperado.

- Tomar 30 muestras de cubo del sazónador
- Medir la dureza de cada cubo por medio de un durómetro
- Anotar el la dureza promedio de la línea número 6
- Realizar el procedimiento cada hora durante el primer turno laboral

3.7. Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información

En esta sección se muestra e indica la forma en que se tabuló toda la información de la investigación, y cómo se ordenó de acuerdo a la elaboración de cada etapa. Se inició con la toma de muestra de las diferentes materias primas para luego someterlas a las distintas pruebas.

Tabla II. **Porcentaje de humedad de glutamato monosódico**

Corrida	No. de lote	Porcentaje de humedad (%)
1		
2		
3		

Fuente: elaboración propia.

Tabla III. **Porcentaje de humedad de sal fina**

Corrida	No. de lote	Porcentaje de humedad (%)
1		
2		
3		

Fuente: elaboración propia.

Tabla IV. **Porcentaje de humedad de almidón de maíz**

Fecha de fabricación	No. de masa	Porcentaje de humedad (%)

Fuente: elaboración propia.

Tabla V. **Granulometría de sal fina**

Corrida	No. de lote	% Granulometría
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		
24		
25		
26		
27		
28		
29		
30		

Fuente: elaboración propia.

Tabla VI. **Granulometría de grasa vegetal en polvo**

Corrida	No. de lote	% Granulometría
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		
24		
25		
26		
27		
28		
29		
30		

Fuente: elaboración propia.

Tabla VII. **Peso específico del semielaborado con sabor a pollo**

Corrida	No. de masa	Peso específico (mg/ml)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		
24		
25		
26		
27		
28		
29		
30		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla VIII. **Peso neto del cubo de sazonador con sabor a pollo**

Corrida	Peso (g)
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	
21	
22	
23	
24	
25	
26	
27	
28	
29	
30	

Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. **Dureza del cubo de sazonador con sabor a pollo**

Corrida	Dureza (N)
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	
21	
22	
23	
24	
25	
26	
27	
28	
29	
30	

Fuente: elaboración propia.

3.8. Análisis estadístico

Para el análisis de los resultados estadísticamente se utilizarán las siguientes ecuaciones y técnicas, de manera que se pueda evaluar la validez de los resultados y comparar los métodos utilizados en la experimentación de ésta investigación.

3.8.1. Media de una muestra

Este parámetro estadístico es muy importante, ya que en la experimentación es muy poco probable que una única medición sea suficiente para definir el valor de alguna propiedad o característica, es por ello que se necesita el valor medio de las repeticiones realizadas.

$$\bar{x} = \frac{\sum_0^i x_i}{n} \quad [\text{Ec. no. 1}]^1$$

Donde:

\bar{x} = media aritmética

x_i = Dato iesimo

n = número de datos

3.8.2. Desviación estándar de una muestra

Esta es una medida de la dispersión de los resultados obtenidos de las repeticiones de un procedimiento experimental con respecto al valor promedio, representa el error aleatorio.

¹ MILLER, James; *Estadística y Quimiometría*. p. 21.

La desviación estándar de un conjunto de datos se da a partir de la siguiente ecuación:

$$s = \sqrt{\sum_i \frac{(x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad [\text{Ec. no. 2}]^2$$

Donde:

s = desviación estándar de la muestra

\bar{x} = media aritmética

x_i = Dato i ésimo

n = número de datos

3.8.3. Análisis de varianza del peso neto del cubito de caldo de pollo

Este parámetro establece si los valores de una variable dependiente dependen de los niveles de variación de dos factores o de la interacción entre ambos. En esta investigación este análisis permite analizar como variable dependiente el peso neto del cubo de sazónador con sabor a pollo y los factores son la granulometría, humedad y peso específico de la materia prima que se identifique como incidente en la variación del mismo.

El análisis de varianza que se realiza por un solo factor en lugar de tres factores debido a que el peso específico, granulometría y porcentaje de humedad de la muestra de materia prima depende del proveedor del cual proviene, debido a esto solo es necesario analizar el efecto de la variación de la materia prima en el peso neto del cubo de sazónador.

² MILLER, James; *Estadística y Quimiometría*. p. 22.

El análisis consiste en dos fuentes de variación, una entre muestras y una en las muestras. La variación entre muestras es la varianza de la media muestra y la varianza en las muestras es el promedio de las varianzas de cada conjunto de datos. Cada varianza posee grados de libertad respectivos, donde k es el número de tratamientos, que corresponde a cada materia prima, y n es el número de mediciones por tratamiento.

Al dividir la varianza entre muestras entre la varianza dentro de muestras se calcula el parámetro F, que se compara con el parámetro F de la tabla de Fischer de una sola cola superior al nivel de confiabilidad al cual se trabaja con k-1 y k(n-1) grados de libertad. El análisis se realizará en base a las siguientes fórmulas:

Tabla X. **Resumen de sumas de cuadrados y grados de libertad**

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Media Cuadrática	F
Entre muestras	$SSA = n \sum_i (\bar{x}_i - \bar{x})^2$	k - 1	$s_1^2 = \frac{SSA}{k - 1}$	$\frac{s_1^2}{s_1^2}$
En las muestras	$SSE = \sum_i \sum_j (x_{ij} - \bar{x}_i)^2$	k(n - 1)	$s^2 = \frac{SSE}{k(n - 1)}$	
Total	$SST = \sum_i \sum_j (x_{ij} - \bar{x})^2$	kn - 1		

Fuente: MILLER, James; *Estadística y Quimiometría*. p. 63; WALPOLE; Myers; YE; *Probabilidad y Estadística para ingeniería y ciencias*. p. 516.

En donde:

\bar{x}_i = media de las muestras por tratamiento

x_{ij} = valor del i-esimo tratamiento y j-esima muestra

\bar{x} = media de todas las muestras

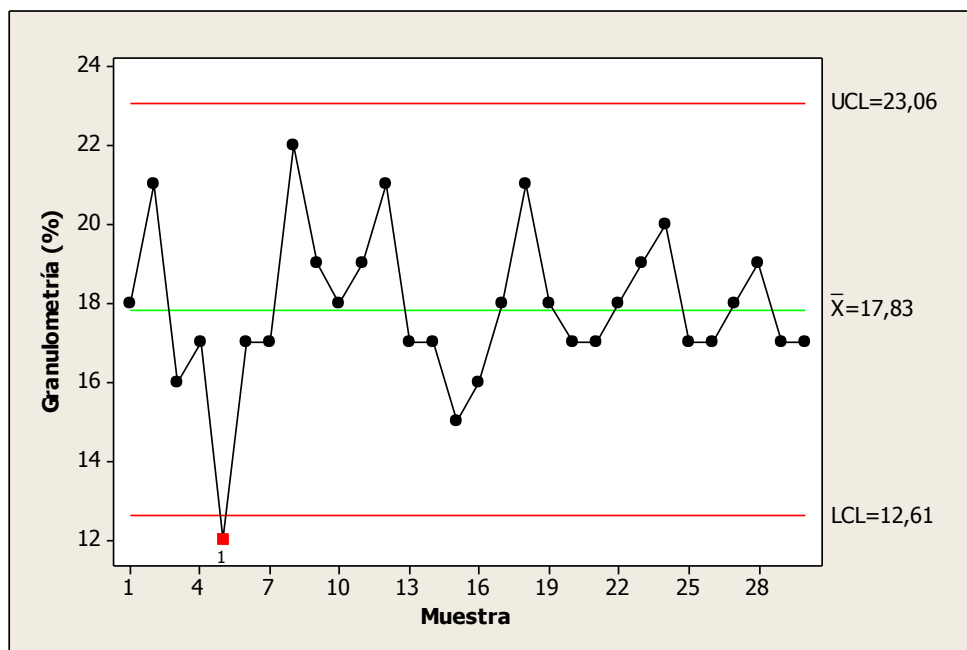
n = cantidad de tratamientos

k = cantidad de muestras por tratamiento

4. RESULTADOS

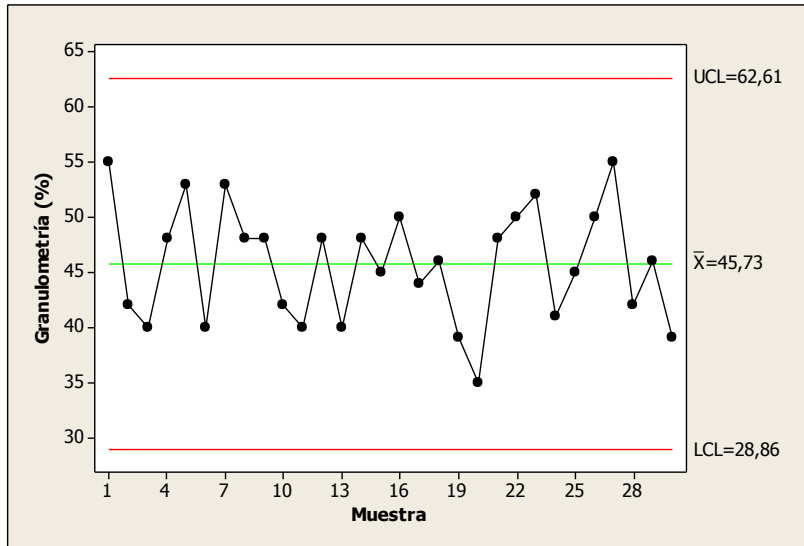
La identificación de los parámetros fisicoquímicos que inciden en el comportamiento del sazónador con sabor a pollo, se determinó por medio de los gráficos de control de las principales materias primas.

Figura 8. **Gráfico de control de la granulometría de sal fina**



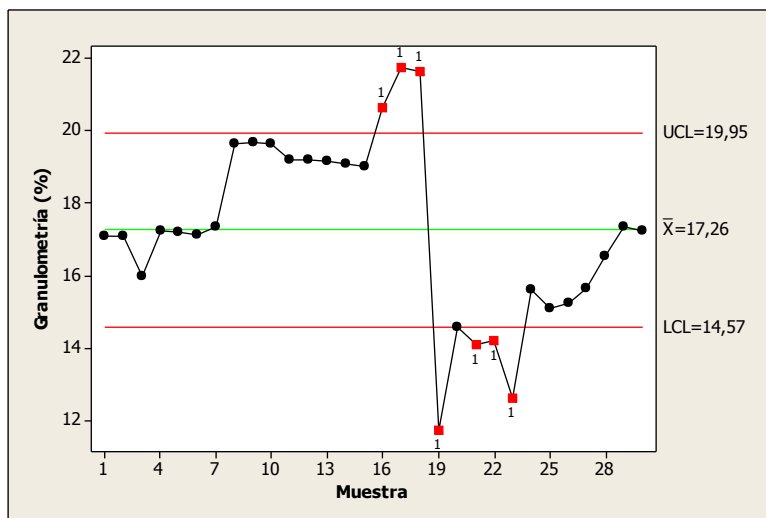
Fuente: apéndice 3 datos originales.

Figura 9. **Gráfico de control de la granulometría del GMS en cristales**



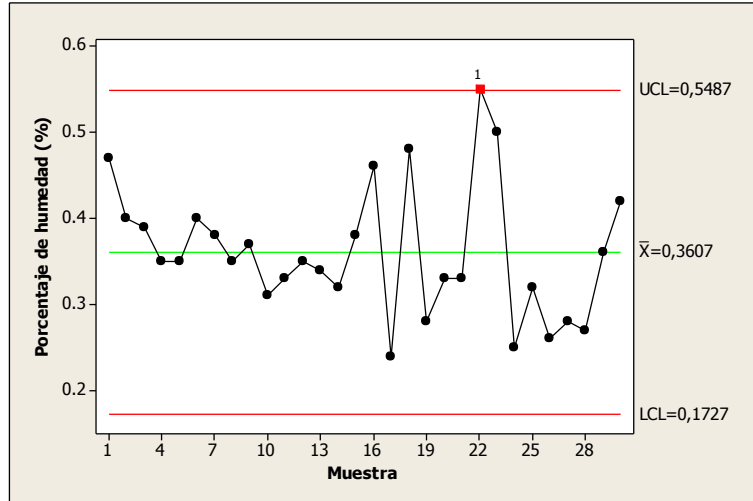
Fuente: apéndice 3 datos originales.

Figura 10. **Gráfico de control de la granulometría de la grasa vegetal en polvo**



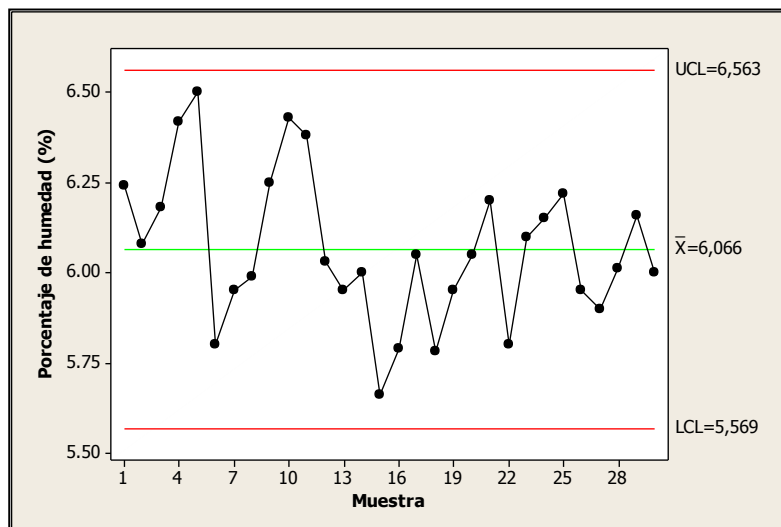
Fuente: apéndice 3 datos originales.

Figura 11. **Gráfico de control del porcentaje de humedad del GMS en cristales**



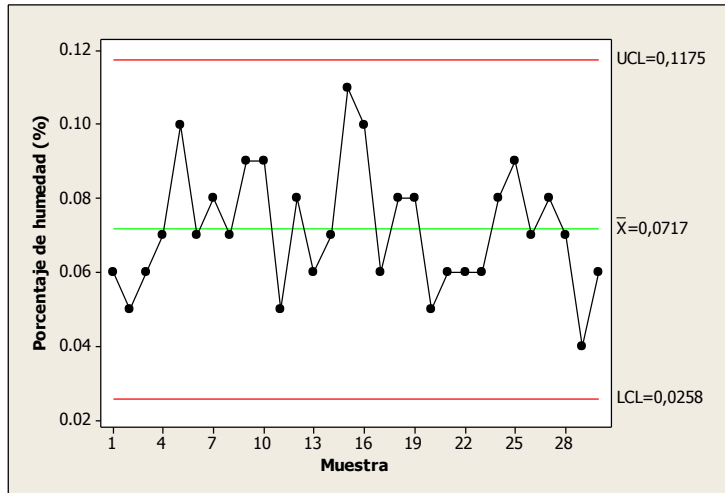
Fuente: apéndice 3 datos originales.

Figura 12. **Gráfico de control del porcentaje de humedad del almidón de maíz**



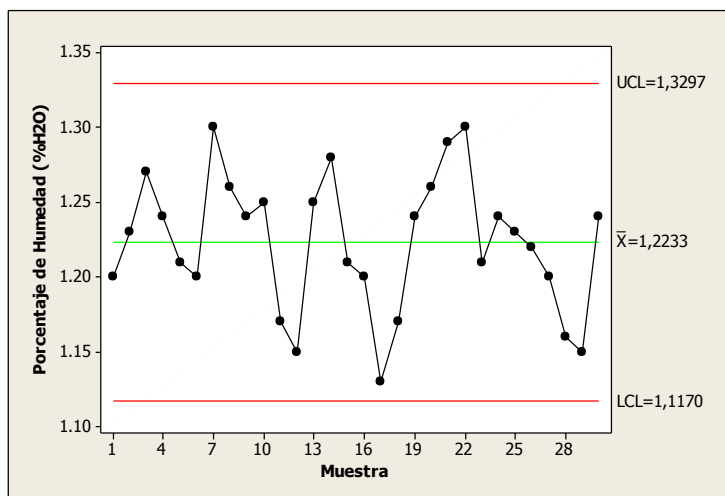
Fuente: apéndice 3 datos originales.

Figura 13. **Gráfico de control del porcentaje de humedad de la sal fina**



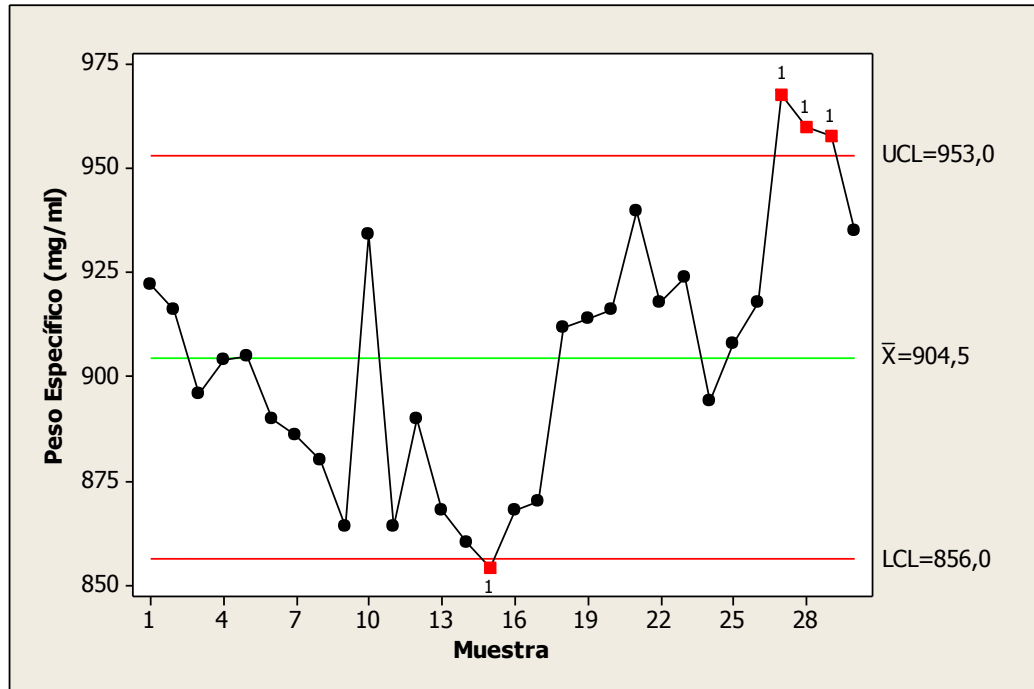
Fuente: apéndice 3 datos originales.

Figura 14. **Gráfico de control del porcentaje de humedad del semielaborado del sazonador de pollo**



Fuente: apéndice 3 datos originales.

Figura 15. **Gráfico de control para medias del peso específico del semielaborado del sazónador de pollo**



Fuente: apéndice 3 datos originales.

Tabla XI. **Índices de capacidad de proceso de las principales materias primas del sazónador de pollo**

SAL FINA

Parámetro	Cp	Cpk
Granulometría	0,877798	0,877518
Porcentaje de Humedad	0,919221	0,918887

GRASA VEGETAL

Parámetro	Cp	Cpk
Granulometría	0,360257	0,360212

ALMIDÓN DE MAÍZ

Parámetro	Cp	Cpk
Porcentaje de Humedad	0,799256	0,79872

GLUTAMATO MONOSÓDICO

Parámetro	Cp	Cpk
Granulometría	1,065741	1,065636
Porcentaje de Humedad	0,532209	0,529356

SEMIELABORADO DEL SAZONADOR DE POLLO

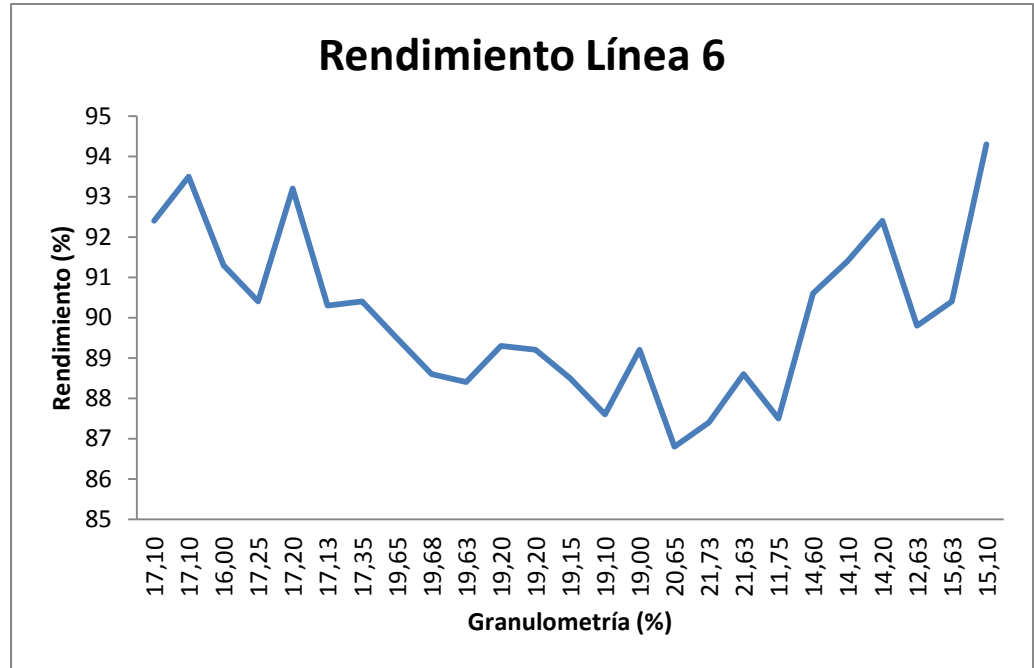
Parámetro	Cp	Cpk
Peso Específico	0,522891	0,522532
Porcentaje de Humedad	0,757818	0,757818

SAZONADOR DE POLLO EN CUBO

Parámetro	Cp	Cpk	K
Peso neto	1,261241	1,195055	50,43%
Dureza	0,635105	0,63508	17,72%

Fuente: apéndice 4 datos calculados.

Figura 16. **Gráfico del rendimiento de la línea 6 en función de la granulometría de la grasa vegetal en polvo**



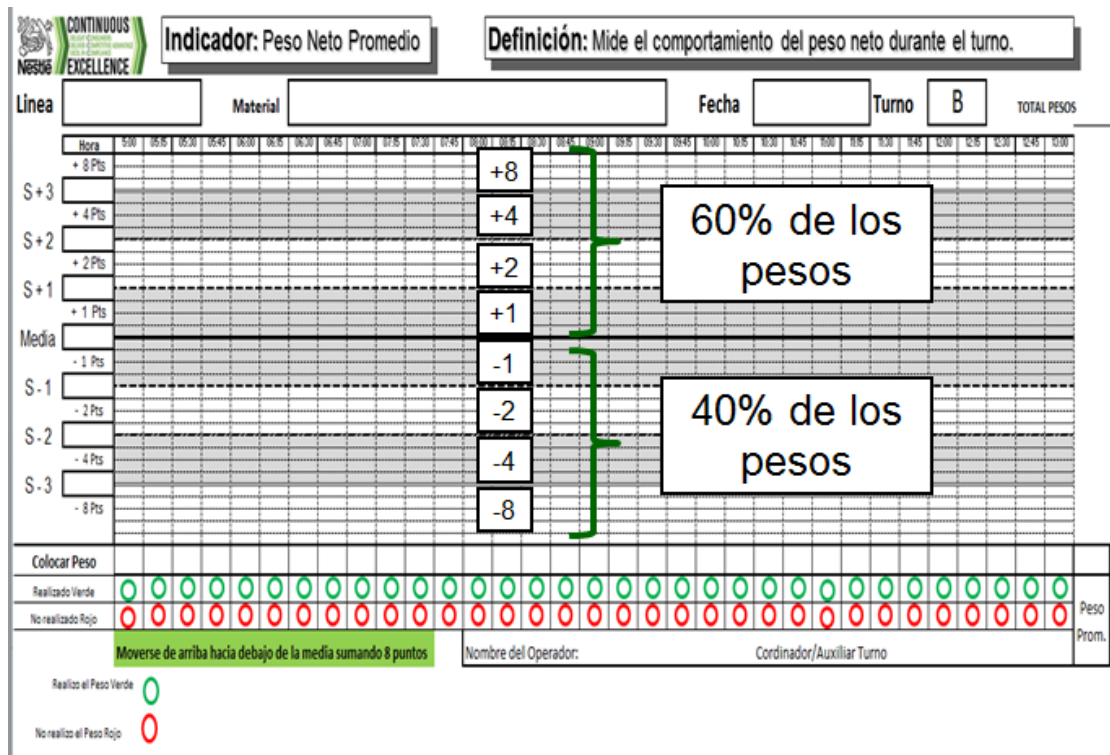
Fuente: apéndice 3 datos originales.

Tabla XII. **Granulometría de la grasa vegetal en polvo**

Muestra	Rendimiento de Línea (%)	Incerteza +/- (%)
Grasa vegetal	88,04	2,01

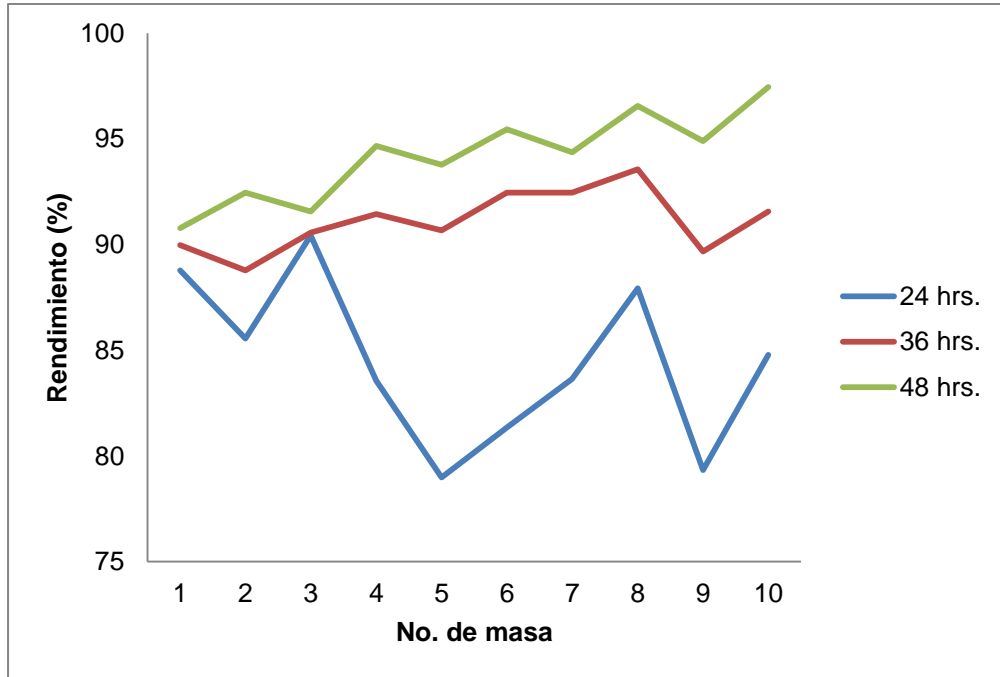
Fuente: apéndice 5 análisis estadístico.

Figura 17. Gráfico del control del peso neto del sazonador en cubo, utilizado en las líneas de empaque



Fuente: fábrica Nestlé.

Figura 18. Rendimiento de línea en función del número de horas de acondicionamiento del semielaborado de pollo



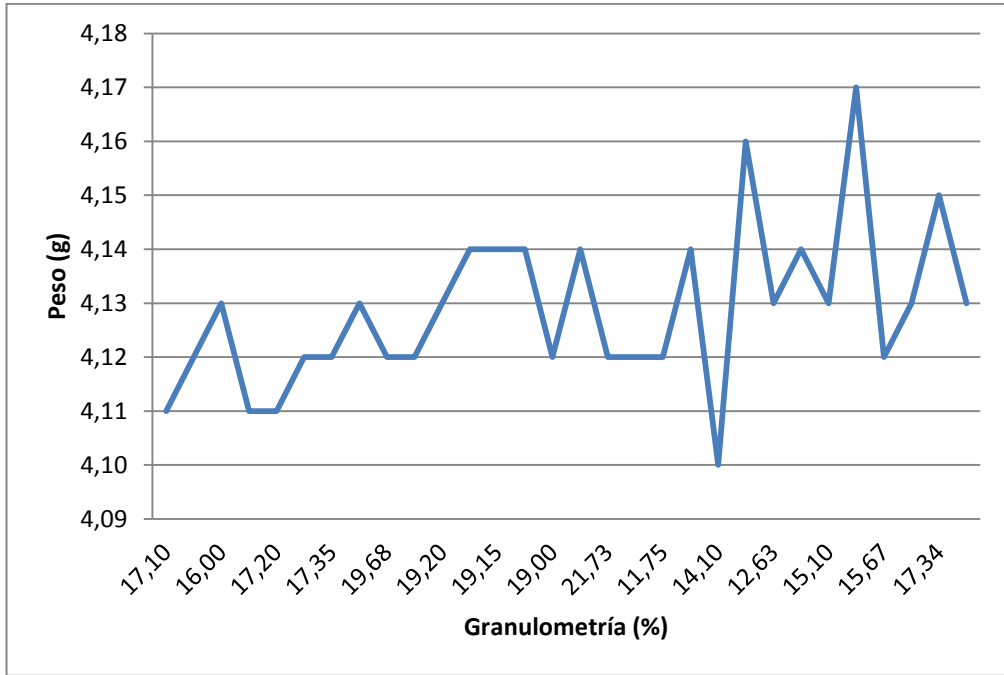
Fuente: elaboración propia.

Tabla XIII. Significancia del peso neto del sazonador con sabor a pollo

Parámetro	Valor de F calculado	Valor de F tabulado con 0,95 de Aceptabilidad	Hipótesis Nula	Hipótesis Alterna
Peso neto	35,12	1,656	Se rechaza	Se acepta

Fuente: elaboración propia.

Figura 19. **Peso neto del sazonador con sabor a pollo**



Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. **Peso neto del sazonador con sabor a pollo**

Muestra	Peso neto (g)	Incerteza +/- (%)
Sazonador	4,13	1,5

Fuente: apéndice 5 análisis estadístico.

5. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En los resultados se presentan los gráficos de control de granulometría, porcentaje de humedad y peso específico de las cuatro principales materias primas utilizadas en la elaboración del sazón con sabor a pollo. Asimismo, se representa el comportamiento del rendimiento según la variabilidad de la granulometría de la grasa vegetal en polvo. Los índices de capacidad de proceso indican la medida de la centralización del mismo.

La figura 8 muestra el gráfico de control para la granulometría de la sal fina, los valores se encuentran dentro del rango de los límites de especificación teniendo solamente un punto fuera del límite inferior. El comportamiento de los granos de sal no presenta una desviación significativa ya que estos deben cumplir con los estándares de calidad para poder ingresar al área de fabricación del producto.

La granulometría de los cristales del glutamato monosódico está representada en la figura 9, la cual muestra una tendencia aceptable ya que no se encuentra una dispersión significativa en los datos. No existen puntos fuera de los límites de control ya que estos deben cumplir con los parámetros establecidos de tamizaje de producto de alto volumen.

En la figura 10 se observa el comportamiento de la granulometría de la grasa vegetal en polvo, los datos de la misma se encuentran dispersos entre sí y presentan siete puntos fuera de los límites de control. Asimismo, se puede identificar que éstos no se encuentran dentro de la media especificada la cual es de 17,26 por ciento de retención de granos en el tamiz.

La figura 11 muestra las medias para el porcentaje de humedad de los cristales del glutamato monosódico, los datos se encuentran con una dispersión amplia a partir del quinceavo punto. Sin embargo, solamente un punto se encuentra fuera de los límites de control indicando que el porcentaje de agua del cristal se encuentra dentro de 0,17 por ciento y 0,54 por ciento.

El porcentaje de humedad del almidón de maíz y de la sal fina está representado en la figura 12 y 13 respectivamente, ambos muestran un comportamiento similar en los datos ya que aunque se observa cierta dispersión en ellos, se encuentran dentro de los límites de especificación inferior y superior. Esto indica que el porcentaje en peso de agua desecada en la balanza de humedad, mantiene una tendencia dentro de la media muestral.

La figura 14 muestra el porcentaje de humedad para el semielaborado del sazón con sabor a pollo; los datos presentan una dispersión amplia, sin embargo, se encuentran dentro de los límites de especificación. Esto indica que la cantidad de agua adicionada en el proceso de fabricación y la adquirida durante el tiempo de acondicionamiento dentro de la cámara, permiten que alcance los niveles aceptados de humedad.

El peso específico o densidad a granel se representa en la figura 15, los datos muestran una dispersión amplia y se encuentra que existen cuatro puntos fuera de los límites de control y desviados de la media la cual corresponde a 904,5 miligramo por cada mililitro. Esto indica que la cantidad de masa ocupada en un determinado volumen no se mantiene constante, es decir que se las partículas que conforman el semielaborado no presentan un tamaño uniforme y constante.

³ GUTIÉRREZ, Francisco; *Calidad total y productividad*. p. 167.

La tabla XI muestra el resultado del cálculo de los índices de capacidad del proceso de las materias primas y del semielaborado de pollo en su presentación final en cubo. La granulometría de la sal fina muestra que $0,67 \leq C_p \leq 1$ lo cual indica que aunque los datos se encuentran dentro de los límites de control, es necesario un análisis y modificaciones serias para alcanzar un nivel satisfactorio.

Al comparar el índice de capacidad potencial (C_p) y el real (C_{pk}), se observa que se encuentran muy próximos entre sí lo cual indica que la media del proceso está muy cerca del punto medio de las especificaciones, por lo que la capacidad real y potencial son similares. El porcentaje de humedad de la sal muestra un comportamiento similar ya que el índice potencial presenta un valor de 0,9192 y el real es de 0,9189.

La granulometría de la grasa presenta valor de C_p y C_{pk} muy cercanos entre sí, sin embargo el índice potencial está por debajo de 0,67. Esto lo coloca en la categoría número 4⁴ la cual indica que el proceso no está centrado y requiere modificaciones serias, tal como se mostró con los datos en el gráfico de control.

Los índices de capacidad para la humedad del almidón de maíz muestran que los valores de éstos se encuentran muy próximos entre sí, lo que indica que la media se encuentra próxima al punto medio de los límites de especificación.

El C_p se encuentra dentro de la clasificación número 3 la cual determina que es necesario un análisis del proceso para alcanzar los niveles óptimos de aceptación de centrado.

⁴ GUTIÉRREZ, Francisco; *Calidad total y productividad*. p. 167.

La granulometría del glutamato monosódico en cristales presenta índices de capacidad potencial y real clasificados dentro de la categoría número 2, esto indica que el proceso es adecuado y se encuentra centrado. Sin embargo, el porcentaje de humedad se encuentra dentro de la categoría número 3, por lo que se requiere de un análisis profundo para lograr resultados confiables.

Los índices de capacidad de proceso tanto para el peso específico como para el porcentaje de humedad del semielaborado del sazónador de pollo, presentan datos cercanos entre sí, lo cual indica que la media se encuentra muy próxima al punto medio de las especificaciones. El C_p se encuentra entre 0,67-1, esto indica que el proceso necesita un estudio profundo para alcanzar los niveles adecuados de límites de control del proceso.

El índice de capacidad potencial para el peso neto del sazónador de pollo en cubo indica que el proceso es parcialmente adecuado, requiere de un control estricto para alcanzar los niveles aceptables de control. Ya que el C_{pk} se encuentra próximo al C_p , la media se encuentra dentro de las especificaciones de calidad. El índice de centrado del proceso (K) muestra un valor superior al 20 por ciento, por lo que el proceso se encuentra muy descentrado.⁵

La dureza del cubo del sazónador de pollo presenta valores de C_p y C_{pk} dentro de 0,67 y 1 por lo que el proceso requiere de atención y de un estudio detallado para lograr controlarlo. El índice de centrado presenta un valor por debajo de 20 por ciento, por lo que el proceso se encuentra centrado respecto al valor nominal de 125 de normalidad.

⁵ GUTIÉRREZ, Francisco; *Calidad total y productividad*. p. 169.

Al observar el comportamiento de los datos en los gráficos de control y los resultados obtenidos con los índices de capacidad de proceso, se logra identificar que la grasa vegetal en polvo es la materia más afecta la variación del proceso de fabricación y de compactación del sazonador con sabor a pollo.

La figura 16 respalda esta conclusión ya que se graficó cómo el rendimiento de la línea número 6 (seleccionada a partir de los datos históricos de estabilidad del proceso) se ve afectado por los resultados obtenidos en la granulometría de la grasa. El rendimiento fue de 88,04 por ciento con una incerteza de 2,01 por ciento, esto indica que sí se ve afectado por el tamaño de las partículas de la grasa ya que incide en el proceso de compactación y prensado del cubo.

La figura 17 muestra un gráfico de control del peso neto del cubo del sazonador de pollo, este es utilizado por los operarios de línea el cual permite llevar el manejo del peso objetivo de 4 gramos. El 60 por ciento de los pesos debe situarse por encima de la media y el 40 por ciento por debajo de ella, esto permite que al finalizar el turno laboral el promedio se encuentre dentro del límite superior de 4,10 gramos.

La figura 18 muestra el rendimiento de línea en función del tiempo de acondicionamiento del semielaborado del sazonador de pollo. Se observa que a medida que aumentan las horas de estadía en la cámara de 15 grados Celsius, se alcanzan los niveles deseados de los parámetros de control del semielaborado y por ende el rendimiento de la línea aumenta.

La tabla XIII y la figura 19 muestran que sí existe diferencia significativa en el peso neto del sazonador con sabor a pollo, al variar el parámetro de granulometría de la grasa vegetal en polvo. Esto se debe a que el tamaño del

grano de la grasa afecta el mezclado junto con el resto de ingredientes de la receta, siendo una mezcla no homogénea.

6. LOGROS OBTENIDOS

Con la realización del presente estudio se logró identificar el parámetro que afecta directamente en el proceso de fabricación y de compresión del sazonador con sabor a pollo. Por medio de un análisis detallado de las principales materias primas utilizadas para la elaboración del sazonador, se estudió los parámetros fisicoquímicos que permiten determinar si se cumple con los requisitos del producto final.

Asimismo, se determinó que es de suma importancia enfocarse en la materia prima que sufre una transformación a partir de su ingreso a la fábrica hasta el momento de ser utilizada en la elaboración del producto. Es por ello que la grasa vegetal en polvo se seleccionó como el ingrediente que debe cumplir con los parámetros de temperatura de la marqueta, el tiempo de corte de la misma, la temperatura de acondicionamiento en la cámara de -20 grados Celsius y la temperatura a la cual debe ser utilizada al momento del mezclado con los demás ingredientes.

Con la elaboración de los gráficos de control se logró determinar qué parámetros se encuentran fuera de control y cuáles se encuentran centrados. Con ellos es posible realizar futuros estudios y análisis para lograr llevar los límites de especificación a un rango menor y más confiable.

Los operarios podrán tener un mejor manejo visual de los resultados obtenidos en las pruebas fisicoquímicas y de esta forma podrán alertar si existe un dato fuera de los límites especificados.

CONCLUSIONES

1. Existe diferencia significativa en el peso neto del cubo del sazoador con sabor a pollo al variar los parámetros fisicoquímicos de una materia prima de alto volumen, siendo esta la granulometría de grasa vegetal en polvo la cual proporciona una media en el peso de 4,13 gramos.
2. La granulometría de la grasa vegetal en polvo presenta una media de 17,26 por ciento, sin embargo, los datos se encuentran fuera de los límites de control del proceso.
3. La grasa vegetal en polvo es la única materia prima que se transforma físicamente durante el proceso de elaboración del sazoador de pollo, por lo que los parámetros fisicoquímicos no se mantienen estables.
4. La inestabilidad en el proceso de mezclado y de compactación del sazoador de pollo se debe a la temperatura y granulometría de la grasa vegetal en polvo.
5. El indicador establecido en las líneas de llenaje respecto al peso neto del cubo del sazoador de pollo indica que este no se mantiene estable durante el proceso de compactación y prensado, ya que la media se encuentra 0,05 gramos por arriba del objetivo de 4,10 gramos.
6. El índice de centrado K indica que el proceso de peso neto del cubo del sazoador de pollo no se encuentra centrado.

7. El tiempo de acondicionamiento del semielaborado del sazónador de pollo afecta directamente sobre el rendimiento de línea y en los parámetros fisicoquímicos del mismo.
8. El índice Cpk se encuentra próximo al valor de Cp para el peso neto del sazónador de pollo en cubo, lo que indica que el proceso es parcialmente adecuado, requiere de un control estricto para alcanzar los niveles aceptables de control.

RECOMENDACIONES

1. Realizar estudios de este tipo, ya que permiten identificar en qué estado se encuentra determinado proceso de producción.
2. Utilizar los gráficos de control para todas las materias primas involucradas en los productos culinarios fabricados en la planta de producción.
3. Implementar los índices de capacidad de proceso para todas las materias primas utilizadas para la elaboración del sazón con sabor a pollo.
4. Implementar en este tipo de ensayos industriales una medición de la densidad a granel del sólido para evaluar que tanto puede compactarse.

BIBLIOGRAFÍA

1. ALLBIZ. *Línea de Empaque en el doy-pack Moscow* [en línea]. España. <<http://www.ru.all.biz/es/lineas-de-empaque-en-el-doy-pack-g8334>>. [Consulta: 30 de abril de 2013].
2. BIOWEB. *Tamices de acero inoxidable Wildco* [en línea]. Colombia. <http://bioweb.co/co/comercio/product_info.php?products_id=344> [Consulta: 30 de abril de 2013].
3. Ensayos de Ingeniería Civil. *Análisis granulométrico por mallas-suelos*. [en línea]. España. <<http://ensayosingenieriacivil.blogspot.com/2011/05/analisis-granulometrico-por-mallas.html>> [Consulta: 01 de mayo de 2013].
4. CORREA CABRERA, Alejandro, et al. *Caracterización de grasas para caldos deshidratados*. Laboratorio de Grasas y Aceites, cátedra de Físicoquímica, Facultad de Química. Montevideo. Uruguay. 1999 31-36 p.
5. GEANKOPLIS, Christie. *Procesos de transporte y operaciones unitarias*; Traducido del Inglés por Jorge Rodríguez Gonzales, 2da ed. México: Continental. 1995. 831 p.
6. GUTIÉRREZ PULIDO, Humberto. *Calidad total y productividad*. 3a ed. México: McGrawHill. 2011. 165-173 p.

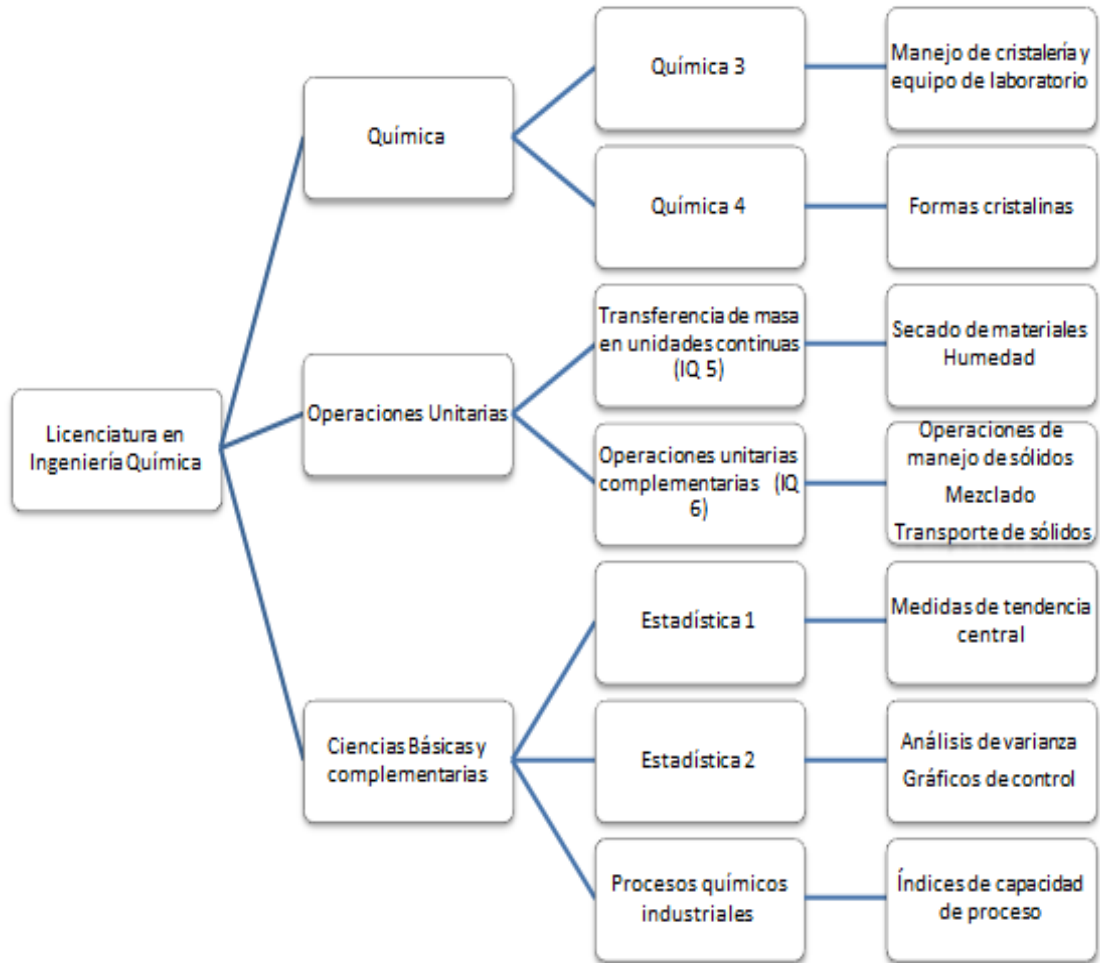
7. HERRERA JUÁREZ, Rosa de María. *Implementación de análisis de peligros y puntos críticos de control para la línea de caldo de pollo en cubito, en una industria de alimentos en polvo*. Trabajo de graduación de Ing. Química. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería. 2010. 95 p.
8. Matemáticas y Poesía., *Control estadístico de procesos* [en línea].<<http://www.matematicasypoesia.com.es/Estadist/ManualCP E06p3.htm>> [Consulta: 01 de mayo de 2013].
9. MCCABE, Warren; SMITH, Julian; HARRIOT, Peter; *Operaciones unitarios en ingeniería química*. Trad. del inglés. 4a ed. España. McGraw-Hill/Interamericana. 1999. 1112 p.
10. MILLER, James; MILLER, Jane; *Estadística y quimiometría para química analítica*. Trad. del inglés por Carlos Maté Jiménez. 4a ed. España: Pearson Education. 2002. 296 p.
11. PERRY, Robert; GREEN, Don; *Manual del ingeniero químico*. 6a ed. China: Prentice Hall. 2001. 890 p.
12. SKOOG; LEARY. *Análisis instrumental*. 4a ed. México: McGraw Hill. 1994. 788 p.
13. WALPOLE, Ronald; et al. *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias*. 8a ed. Trad. del inglés por Javier Enríquez Brito y Victoria Augusta Flores. México: Pearson Education. 2007. 816 p.

14. WIKIPEDIA. *SAP* [en línea]. <<http://es.wikipedia.org/wiki/SAP>>
[Consulta: 11 de marzo de 2012].

15. _____. *TPM (Total Performace Mangement)* [en línea].
<http://es.wikipedia.org/wiki/Mantenimiento_productivo_total>
[Consulta 11 de marzo de 2012].

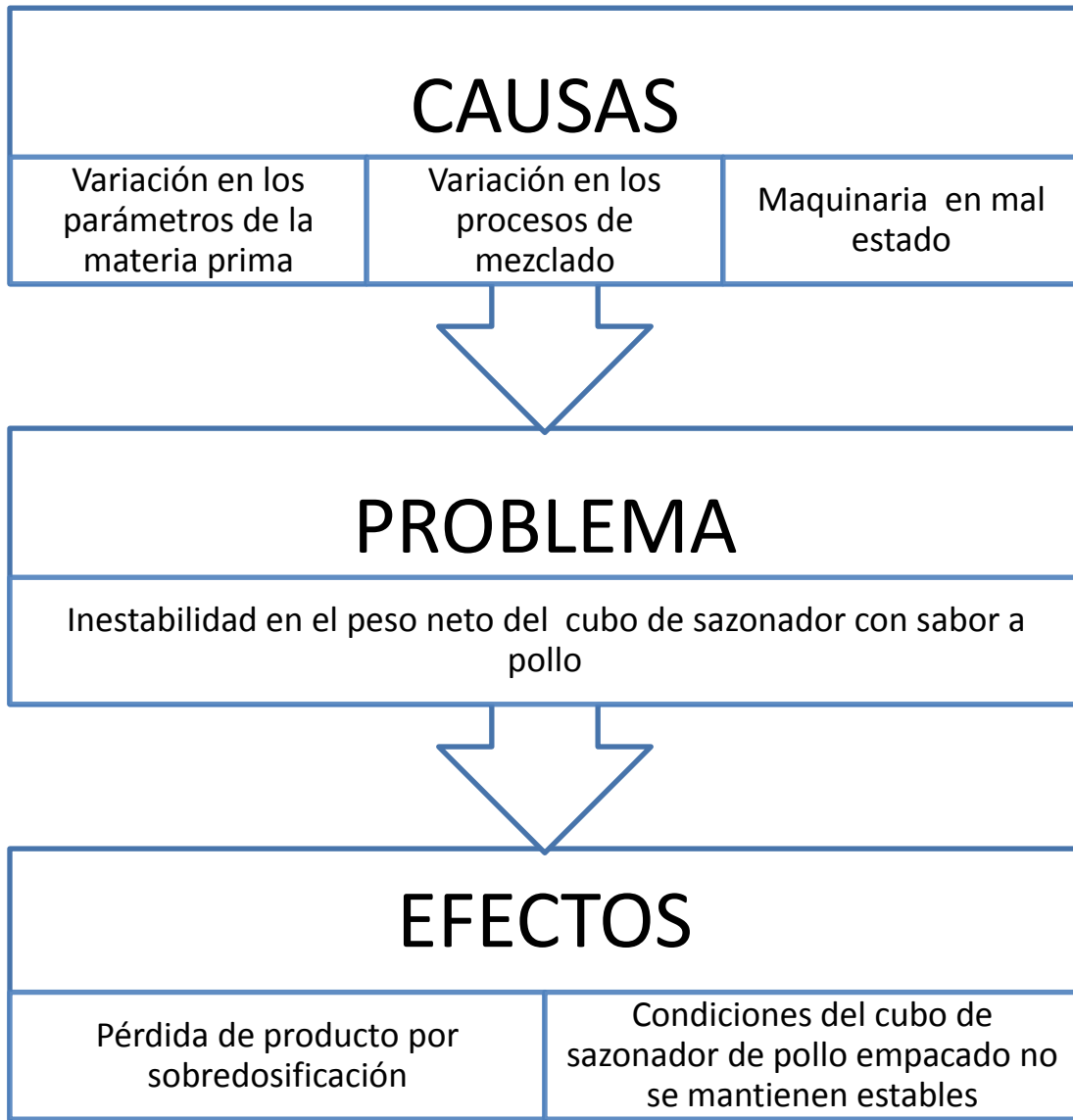
APÉNDICE

Apéndice 1. **Tabla de requisitos académicos**



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. **Árbol de problemas**



Fuente: elaboración propia.

Datos originales

Apéndice 3. Granulometría y porcentaje de humedad de sal fina

Corrida	Granulometría (%)	% H ₂ O
1	18	0,06
2	18	0,05
3	18	0,06
4	18	0,07
5	18	0,10
6	18	0,07
7	18	0,08
8	18	0,07
9	18	0,09
10	18	0,09
11	18	0,05
12	18	0,08
13	18	0,06
14	18	0,07
15	18	0,11
16	18	0,10
17	18	0,06
18	18	0,08
19	18	0,08
20	18	0,05
21	18	0,06
22	18	0,06
23	18	0,06
24	18	0,08
25	18	0,09
26	18	0,07
27	18	0,08
28	18	0,07
29	18	0,04
30	18	0,06

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4. **Granulometría y porcentaje de humedad de GMS cristales**

Corrida	Granulometría (%)	% H2O
1	55	0,80
2	42	0,40
3	40	0,39
4	48	0,35
5	53	0,35
6	40	0,40
7	53	0,38
8	48	0,35
9	48	0,37
10	42	0,31
11	40	0,33
12	48	0,35
13	40	0,34
14	48	0,32
15	45	0,38
16	50	0,46
17	44	0,24
18	46	0,48
19	39	0,28
20	35	0,33
21	48	0,33
22	50	0,55
23	52	0,50
24	41	0,25
25	45	0,32
26	50	0,26
27	55	0,28
28	42	0,27
29	46	0,36
30	39	0,42

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 5. **Porcentaje de humedad del almidón de maíz**

Corrida	% H2O
1	6,24
2	6,08
3	6,18
4	6,42
5	6,50
6	5,80
7	5,95
8	5,99
9	6,25
10	6,43
11	6,38
12	6,03
13	5,95
14	6,00
15	5,66
16	5,79
17	6,05
18	5,78
19	5,95
20	6,05
21	6,20
22	5,80
23	6,10
24	6,15
25	6,22
26	5,95
27	5,90
28	6,01
29	6,16
30	6,00

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 6. **Granulometría de grasa vegetal en polvo**

Corrida	Granulometría (%)
1	17,10
2	17,10
3	16,00
4	17,25
5	17,20
6	17,13
7	17,35
8	19,65
9	19,68
10	19,63
11	19,20
12	19,20
13	19,15
14	19,10
15	19,00
16	20,65
17	21,73
18	21,63
19	11,75
20	14,60
21	14,10
22	14,20
23	12,63
24	15,63
25	15,10
26	15,23
27	15,67
28	16,54
29	17,34
30	17,25

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 7. **Peso específico y porcentaje de humedad del semielaborado del sazónador de pollo**

Corrida	P.E.	% H2O
1	922	1,15
2	916	1,17
3	896	1,14
4	904	1,25
5	905	1,22
6	890	1,24
7	886	1,26
8	880	1,17
9	864	1,15
10	934	1,16
11	864	1,13
12	890	1,18
13	868	1,19
14	860	1,21
15	854	1,24
16	868	1,25
17	870	1,16
18	912	1,17
19	914	1,16
20	916	1,15
21	940	1,19
22	918	,2
23	924	1,17
24	894	1,22
25	908	1,18
26	918	1,19
27	968	1,15
28	960	1,17
29	958	1,14
30	935	1,16

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 8. **Peso neto y dureza del sazónador de pollo en cubo**

Corrida	Peso (g)	Dureza (N)
1	4.11	181,40
2	4.12	166,20
3	4.13	144,20
4	4.11	135,80
5	4.11	146,10
6	4.12	106,30
7	4.12	152,70
8	4.13	144,17
9	4.12	135,88
10	4.12	133,33
11	4.13	129,48
12	4.14	136,77
13	4.14	129,27
14	4.14	118,47
15	4.12	124,23
16	4.14	104,07
17	4.12	105,23
18	4.12	141,53
19	4.12	133,13
20	4.14	127,30
21	4.10	127,30
22	4.16	128,70
23	4.13	126,80
24	4.14	94,67
25	4.13	125,57
26	4.17	116,78
27	4.12	122,56
28	4.13	124,56
29	4.15	134,65
30	4.13	130,94

Fuente: elaboración propia.

Datos calculados:

Apéndice 9. **Índices de capacidad de proceso**

SAL FINA

Parámetro	Cp	Cpk
Granulometría	0,877798	0,877518
Porcentaje de Humedad	0,919221	0,918887

GRASA VEGETAL

Parámetro	Cp	Cpk
Granulometría	0,360257	0,360212

ALMIDÓN DE MAÍZ

Parámetro	Cp	Cpk
Porcentaje de Humedad	0,799256	0,79872

GLUTAMATO MONOSÓDICO

Parámetro	Cp	Cpk
Granulometría	1,065741	1,065636
Porcentaje de Humedad	0,532209	0,529356

SEMIELABORADO DEL SAZONADOR DE POLLO

Parámetro	Cp	Cpk
Peso Específico	0,522891	0,522532
Porcentaje de Humedad	0,757818	0,757818

SAZONADOR DE POLLO EN CUBO

Parámetro	Cp	Cpk	K
Peso neto	1,261241	1,95055	50,43%
Dureza	0,635105	0,63508	17,72%

Fuente: elaboración propia.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Apéndice 10. **Media y desviación estándar para las materias primas utilizadas en la elaboración del sazónador de pollo**

Grasa vegetal en polvo		
Medición	Media	Desviación Estándar
Granulometría (%)	17,26	2,49
Sal fina		
Medición	Media	Desviación Estándar
Granulometría (%)	18,13	0,02
Porcentaje de Humedad (%)	0,07	0,02
Almidón de maíz		
Medición	Media	Desviación Estándar
Porcentaje de Humedad (%)	6,07	0,21
Glutamato monosódico en cristales		
Medición	Media	Desviación Estándar
Granulometría	45,73	0,05
Porcentaje de Humedad (%)	0,37	0,11
Semielaborado del sazónador de pollo		
Medición	Media	Desviación Estándar
Peso específico (mg/ml)	904,53	30,92
Porcentaje de Humedad (%)	1,18	0,04

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 11. **Media para cada tratamiento y media total para el peso neto del sazónador de pollo en cubo**

Corrida	Grasa vegetal 1	Grasa vegetal 2
1	4,12	4,15
2	4,13	4,14
3	4,08	4,18
Sumatoria	12,33	12,47
Media	4,11	4,16
Media de Total		4,13

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 12. **Diferencia de entre mediciones y media por tratamiento para el peso neto del sazónador de pollo en cubo**

Corrida	$x_{1j} - \bar{x}_1$	$x_{2j} - \bar{x}_2$	$(x_{1j} - \bar{x}_1)^2$	$(x_{2j} - \bar{x}_2)^2$
1	0,01	-0,01	0,0010	0,0010
2	0,02	-0,02	0,0004	0,0004
3	-0,03	0,02	0,0009	0,0004
Sumatoria			0,0023	0,0018

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 13. **Diferencia entre la media de cada tratamiento y la media total para el peso neto del sazónador de pollo en cubo**

Tratamientos	$\bar{x}_i - \bar{x}$	$(\bar{x}_i - \bar{x})^2$
Grasa vegetal 1	-0,02	0,0004
Grasa vegetal 2	0,02	0,0004

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 14. **Análisis de varianza para el peso neto del sazónador de pollo**

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Media Cuadrática	F
Entre muestras	0,0024	30 - 1	0,0024	35,12
En las muestras	0,0041	30(3-1)	6,83E-05	
Total	0,0065			

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 15. **Comparación de Parámetro de Fischer**

Parámetro	Valor de F calculado	Valor de F tabulado con 0,95 de Aceptabilidad	Hipótesis Nula	Hipótesis Alternativa
Peso neto	35,12	1,656	Se rechaza	Se acepta

Fuente: elaboración propia.

ANEXOS

Anexo 1. **Tabla de Distribución de Fischer con k-1 y k (n-1) grados de libertad**

TABLE 3-8 F Distribution

Upper 5% Points (F_{α})

		Degrees of freedom for numerator																		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	∞
Degrees of freedom for denominator	1	161	990	216	925	230	234	237	239	241	242	244	246	248	249	250	251	252	253	254
	2	18.5	19.0	19.2	19.3	19.3	19.3	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.5	19.5	19.5	19.5	19.5	19.5
	3	10.1	9.35	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79	8.74	8.70	8.66	8.64	8.62	8.59	8.57	8.55	8.53
	4	7.71	6.94	6.59	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96	5.91	5.86	5.80	5.77	5.75	5.72	5.69	5.66	5.63	5.61
	5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74	4.68	4.62	4.56	4.53	4.50	4.46	4.43	4.40	4.37
	6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06	4.00	3.94	3.87	3.84	3.81	3.77	3.74	3.70	3.67
	7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64	3.57	3.51	3.44	3.41	3.38	3.34	3.30	3.27	3.23
	8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35	3.28	3.22	3.15	3.12	3.08	3.04	3.01	2.97	2.93
	9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14	3.07	3.01	2.94	2.90	2.86	2.83	2.79	2.75	2.71
	10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98	2.91	2.85	2.77	2.74	2.70	2.66	2.62	2.58	2.54
	11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90	2.85	2.79	2.72	2.65	2.61	2.57	2.53	2.49	2.45	2.40
	12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80	2.75	2.69	2.62	2.54	2.51	2.47	2.43	2.38	2.34	2.30
	13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71	2.67	2.60	2.53	2.46	2.42	2.38	2.34	2.30	2.25	2.21
	14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65	2.60	2.53	2.46	2.39	2.35	2.31	2.27	2.22	2.18	2.13
	15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59	2.54	2.48	2.40	2.33	2.29	2.25	2.20	2.16	2.11	2.07
	16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54	2.49	2.42	2.35	2.28	2.24	2.19	2.15	2.10	2.06	2.01
	17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49	2.45	2.38	2.31	2.23	2.19	2.15	2.10	2.06	2.01	1.96
	18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46	2.41	2.34	2.27	2.19	2.15	2.11	2.06	2.02	1.97	1.92
	19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42	2.38	2.31	2.23	2.16	2.11	2.07	2.03	1.98	1.93	1.88
	20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39	2.35	2.28	2.20	2.12	2.08	2.04	1.99	1.95	1.90	1.84
21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.49	2.42	2.37	2.32	2.25	2.18	2.10	2.05	2.01	1.96	1.92	1.87	1.81	
22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.40	2.34	2.30	2.23	2.15	2.07	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84	1.78	
23	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.44	2.37	2.32	2.27	2.20	2.13	2.05	2.01	1.96	1.91	1.86	1.81	1.76	
24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.42	2.36	2.30	2.25	2.18	2.11	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84	1.79	1.73	
25	4.24	3.39	2.99	2.76	2.60	2.49	2.40	2.34	2.28	2.24	2.16	2.09	2.01	1.96	1.92	1.87	1.82	1.77	1.71	
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21	2.16	2.09	2.01	1.93	1.89	1.84	1.79	1.74	1.68	1.62	
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12	2.08	2.00	1.92	1.84	1.79	1.74	1.69	1.64	1.58	1.51	
60	4.00	3.15	2.76	2.53	2.37	2.26	2.17	2.10	2.04	1.99	1.92	1.84	1.75	1.70	1.65	1.59	1.53	1.47	1.39	
120	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29	2.18	2.09	2.02	1.96	1.91	1.83	1.75	1.66	1.61	1.55	1.50	1.43	1.35	1.25	
∞	3.84	3.00	2.60	2.37	2.21	2.10	2.01	1.94	1.88	1.83	1.75	1.67	1.57	1.52	1.46	1.39	1.32	1.22	1.00	

Interpolation should be performed using reciprocals of the degrees of freedom.

Fuente: GREEN, Don. *Perry's Chemicals Engineers' Handbook*. p. 3-78.

