

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS



**“EFECTO DE LA FORMULACIÓN EN LA
ESPONJOSIDAD, VOLUMEN Y ACEPTABILIDAD DE
UNA PREMEZCLA DE QUEQUE COMERCIAL”**

Presentada por:

FREDY MAURO CRISPÍN SÁNCHEZ

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE
MAGISTER SCIENTIAE**

Lima – Perú

2023

EFFECTO DE LA FORMULACIÓN EN LA ESPONJOSIDAD, VOLUMEN Y ACEPTABILIDAD DE UNA PREMEZCLA DE QUEQUE COMERCIAL

INFORME DE ORIGINALIDAD

17%

INDICE DE SIMILITUD

17%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	www.coursehero.com Fuente de Internet	1%
2	repositorio.uchile.cl Fuente de Internet	1%
3	riunet.upv.es Fuente de Internet	1%
4	cicese.repositorioinstitucional.mx Fuente de Internet	1%
5	fdocuments.ec Fuente de Internet	1%
6	repositorio.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	repositorio.utp.edu.pe Fuente de Internet	1%
8	repositorio.unac.edu.pe Fuente de Internet	1%

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**

**“EFECTO DE LA FORMULACIÓN EN LA ESPONJOSIDAD,
VOLUMEN Y ACEPTABILIDAD DE UNA PREMEZCLA DE
QUEQUE COMERCIAL”**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE
MAGISTER SCIENTIAE**

Presentada por:

FREDY MAURO CRISPÍN SÁNCHEZ

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

Dr. Luis Condezo Hoyos
PRESIDENTE

Dr. Milber Ureña Peralta
ASESOR

M.Sc. Walter Francisco Salas Valerio
MIEMBRO

Dr. Eduardo Morales Soriano
MIEMBRO

DEDICATORIA

Dedico la tesis a Dios y a mi familia, por ser el sustento de mis metas y la razón de mis logros, que con su apoyo, volvió realidad mi objetivo profesional.

AGRADECIMIENTO

- A Dios, por darme siempre fuerzas para seguir adelante.
- A mi esposa Esmeralda y a mis hijos Noeli y Marcelo, por su comprensión, apoyo y aliento en todo el proceso.
- A mi mamá Auristela, por alentarme siempre a ser mejor persona, y a mi papá Santiago también por alentarme a seguir desarrollando mi profesión.
- A mi patrocinador Dr. Milber Ureña por su consejo, apoyo y mucha paciencia.
- Al Dr. Wenceslao Medina por ayudarme en el trabajo de análisis de imágenes y desarrollo del algoritmo.
- A los miembros del jurado: Dr. Luis Condezo, Mg.Sc Francisco Salas y al Dr. Eduardo Morales, por sus recomendaciones para la mejora de mi investigación.
- A mis amigos de la maestría, por su colaboración y principalmente por su amistad.

ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1.	QUEQUE.....	3
2.2.	TIPOS DE QUEQUES	3
2.3.	COMPOSICIÓN	5
2.4.	PROCESO	15
2.5.	METODOLOGIA TAGUCHI.....	16
2.6.	ESPONJOSIDAD	21
2.7.	PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES.....	22
2.7.3.	ETAPAS DE PROCESAMIENTO DE IMÁGENES.....	23
2.7.4.	ADQUISICIÓN DE IMAGENES	24
2.7.5.	MATRIZ DE CO-OCURRENCIA DE NIVEL DE GRIS (GLCM)	31
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	34
3.1.	LUGAR DE EJECUCIÓN.....	34
3.2.	MATERIALES Y EQUIPOS	34
3.2.1.	Insumos.....	34
3.2.2.	Materiales	34
3.2.3.	Equipos	35
3.2.4.	Software.....	35
3.3.	MÉTODOS DE ANÁLISIS.....	36
3.3.1.	Volumen	36
3.3.2.	Análisis de imágenes	37
3.4.	METODOLOGÍA EXPERIMENTAL	38
3.4.1.	Elaboración del queque.....	39
3.4.2.	Determinación computacional de adquisición de imágenes	40
3.4.3.	Determinación del perfil de conocimiento.....	41
3.4.4.	Determinación de descriptores estadísticos de textura	41
3.4.5.	Determinación de los factores que influyen en el volumen del queque.....	42
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	44
4.1.	DETERMINACION DE LOS FACTORES QUE INFLUYEN EN EL VOLUMEN Y ESPONJOSIDAD DEL QUEQUE.....	44
4.1.1.	DETERMINACIÓN DE VOLUMEN.....	45
4.1.2.	DETERMINACIÓN DE LOS DESCRIPTORES ESTADÍSTICOS DE TEXTURA	47
4.1.3.	DETERMINACIÓN DE FACTORES POR PRUEBA DE ACEPTABILIDAD.....	54

V.	CONCLUSIONES	56
VI.	RECOMENDACIONES	57
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	58
VIII.	ANEXOS.....	64

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación de los tipos de tortas en función de la combinación de formulaciones y métodos de producción.....	4
Cuadro 2. Clasificación según el tipo de relación de ingredientes	5
Cuadro 3. Emulsionantes usados para productos de pastelería.....	11
Cuadro 4 Grupos de espesantes	13
Cuadro 5. Casos para análisis de la función perdida de Taguchi.....	18
Cuadro 6 Cálculo para el índice de Señal-Ruido	20
Cuadro 7. Etapas en el proceso de análisis de datos	24
Cuadro 8. Formulación del queque comercial	36
Cuadro 9. Formulación de premezcla la empresa GFPERU SAC.....	36
Cuadro 10. Factores de variabilidad en la formulación de queque.....	42
Cuadro 11. Arreglo ortogonal $L_{12}(2)^6$ empleando la metodología Taguchi.....	43
Cuadro 12. Formulaciones de queques para su evaluación según Taguchi	44
Cuadro 13. Criterios de análisis para cada factor analizado	44
Cuadro 14. Volúmenes obtenidos de las formulaciones de estudio.....	45
Cuadro 15. Análisis de Varianza del Efecto de los ingredientes sobre el Volumen	46
Cuadro 16. Combinación óptima para el volumen con el criterio de mayor es mejor.....	47
Cuadro 17. Resultados de los descriptores estadísticos de textura	49
Cuadro 18. Análisis de Varianza del Efecto de los ingredientes sobre la ASM	50
Cuadro 19. Análisis de Varianza del Efecto de los ingredientes sobre el Contraste.....	50
Cuadro 20. Análisis de Varianza del Efecto de los ingredientes sobre el IDM	51
Cuadro 21. Análisis de Varianza del Efecto de los ingredientes sobre la Entropía	51
Cuadro 22. Resumen de la combinación óptima de los descriptores estadístico de textura	53
Cuadro 23. Resumen de ingredientes de la formulación que tienen efecto significativo	53
Cuadro 24. Resumen de las combinaciones óptimas del análisis Taguchi	54
Cuadro 25. Resultados de evaluación sensorial de aceptabilidad de muestras A y B.....	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Etapas en la elaboración de queques. (A) Cremado, (B) Mezclado y (C) Inicio del calentamiento de la masa.....	16
Figura 2. Criterio de la calidad según G. Taguchi	18
Figura 3. Representación de una imagen digital	23
Figura 4. Esquema de las etapas del procesamiento digital e imágenes	24
Figura 5. Elementos esenciales para un sistema de toma de muestra	25
Figura 6. Posibles geometrías de iluminación.....	27
Figura 7. Códigos de cadena basados en las vecindades 4-vecinos (a) y 8-vecinos (b).....	30
Figura 8. Ejemplo de la matriz GLCM	32
Figura 9. Sistema de adquisición de imágenes.....	37
Figura 10. Diagrama de flujo para el estudio del queque comercial.....	40
Figura 11. Procedimiento para determinar el perfil de conocimiento: proporción (a) Original, (b) Binaria, (c) Área total.....	41
Figura 12. Valores Señal Ruido para el Volumen.....	46
Figura 13. Resultados de la determinación de las proporciones del queque	48
Figura 14. Valores Señal Ruido para (A) ADM, (B) Contraste, (C) IDM, (D) Entropía.....	52
Figura 15. Muestra A y B para evaluación sensorial de aceptabilidad de consumidores	54

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Reportes del de area de I+D: Formulaciones de queque comercial.....	64
Anexo 2:Ficha técnica de azúcar blanca refinada.	65
Anexo 3:Ficha técnica de monoglicérido destilado 90 por ciento.	66
Anexo 4: Ficha técnica de goma xantana.....	67
Anexo 5: Ficha técnica de polvo de hornear.	68
Anexo 6: Método de determinación de volumen mediante probeta.....	69
Anexo 7:Pre procesamiento de imágenes para mejor calidad.	70
Anexo 8: Algoritmo usado en Matlab para el análisis de imágenes (Codigo).	71
Anexo 9:Resultados generales del análisis de imágenes y volumen.	83
Anexo 10:Valores Señal/Ruido bajo condiciones óptimas para el Volumen.....	95
Anexo 11:Valores Señal/Ruido bajo condiciones óptimas la ASM.....	95
Anexo 12:Valores Señal/Ruido bajo condiciones óptimas para el Contraste.	96
Anexo 13: Valores Señal/Ruido bajo condiciones óptimas para el IDM.	96
Anexo 14:Valores Señal/Ruido bajo condiciones óptimas para la Entropía.....	97
Anexo 15 : Evaluación sensorial de aceptabilidad por consumidores.	97
Anexo 16:Ficha de evaluación sensorial para aceptabilidad de consumidores.	99

RESUMEN

Hacer un queque comercial en base a una premezcla obedece a buscar el balance de ingredientes clave que influyan en la distribución uniforme y tamaño homogéneo de alveolos para obtener una esponjosidad comercial aceptable en una premezcla. Este trabajo tuvo como objetivo evaluar la formulación de una premezcla de queque comercial en relación a su esponjosidad y volumen mediante el análisis de imágenes y su aceptabilidad. Inicialmente se realizó un screening con la metodología de Taguchi evaluando descriptores estadísticos de textura mediante el análisis de imágenes y su volumen. La esponjosidad fue evaluada mediante los descriptores estadísticos de textura ASM, contraste, IDM y entropía determinados por el método de GLCM. Se obtuvieron dos formulaciones óptimas, la A constituida por monoglicérido, huevo, aceite, azúcar, goma xantan y polvo de hornear, los valores de 4,0; 80,0; 50,0; 70,0; 0,05 y 2,0 por ciento respectivamente y la fórmula B; monoglicérido, huevo, aceite, azúcar, goma xantan y polvo de hornear; los valores de 7,0; 80,0; 30,0; 70,0; 0,05 y 5,0 por ciento respectivamente, las cuales fueron sometidas a una prueba de aceptabilidad con 80 consumidores. En el resultado, según el estadístico $t = 0,375858 > \alpha$ (nivel de significancia=0,05), se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, esto significa que no existe diferencias estadísticamente significativas entre las fórmulas A y B para los consumidores. Lo que hace relación que, en un queque no solamente es importante el volumen, sino también su esponjosidad (A esta última se debe el correcto tamaño, distribución y dispersión de alveolos, así como su homogeneidad en toda la superficie de corte de la miga del queque).

Palabras clave: Premezcla de queque, volumen, porosidad, análisis de imágenes, Taguchi.

ABSTRACT

Making a commercial cake based on a premix is a matter of finding the balance of key ingredients that influence the uniform distribution and homogeneous size of the pockets in order to obtain an acceptable commercial sponginess in a premix. The objective of this work was to evaluate the formulation of a commercial premix in relation to its fluffiness and volume employing image analysis and its acceptability. Initially, a screening was performed with Taguchi's methodology evaluating statistical descriptors of texture by image analysis and volume. The sponginess was evaluated by means of the statistical descriptors of texture ASM, contrast, IDM, and entropy determined by the GLCM method. Two optimum formulations were obtained, formula A consisting of monoglyceride, egg, oil, sugar, xanthan gum, and baking powder, the values of 4,0; 80,0; 50,0; 70,0; 0,05 and 2,0 percent respectively, and formula B; monoglyceride, egg, oil, sugar, xanthan gum, and baking powder; the values of 7,0; 80,0; 30,0; 70,0; 0,05 and 5,0 percent respectively, which were subjected to an acceptability test with 80 consumers. In the result, according to the statistic $t = 0,375858 > \alpha$ (significance level=0,05), the null hypothesis is rejected and the alternative hypothesis is accepted, which means that there is no statistically significant difference between formulas A and B for consumers. This means that, in a cake, not only the volume is important, but also its sponginess (the latter is due to the correct size, distribution, and dispersion of alveoli, as well as its homogeneity in all the cut surface of the crumb of the cake).

Keywords: Cake premixing, volume, porosity, image analysis, Taguchi.

I. INTRODUCCIÓN

Los productos de pastelería, depende en términos de calidad y adaptación al proceso; hoy los consumidores exigen productos con valor agregado, con un sello personalizado, variedad, segmentación y nutrición para cubrir diferentes demandas del mercado. Para los productores de queques y premezclas, el enfoque aumenta al agregarle máximo rendimiento de ingredientes y costo. La producción de queques se encuentra presente en toda la industria pastelera; sea pequeña, mediana o grande, volviéndose más competitiva con el auge y crecimiento de la pastelería en el Perú. Según INEI (2022) en la industria de bienes de consumo, la elaboración de productos de panadería contribuyo con 17,24 por ciento, por mayor elaboración de pasteles y postres instantáneos para el consumo interno y externo.

El desarrollo de una fórmula corresponde en dar solución a un problema de diseño en la formulación, en base de la optimización (Arteaga *et al.* 1994), buscando el ajuste de la dosis de los insumos y los ingredientes utilizados. La esponjosidad y el volumen de un queque dependen mucho de la excelente aireación, que resulta de una buena estabilidad de la masa, estructura de células uniformes y, lo más importante, que no se vea afectada la estructura y el sabor, así como la sensación agradable y la miga húmeda.

Otra forma de evaluar parámetros de calidad característicos de los productos alimenticios elaborados es el análisis de imágenes (Zhang *et al.* 2014). Un sistema de análisis de imagen involucra adquirir una imagen del producto, procesar dicha imagen o/y extraer información acerca de la escena inspeccionada con la idea de obtener información del aspecto de productos alimenticios (Golnabi y Asadpour, citados por Gonzalez 2021).

El trabajo registra una propuesta de mejora en el desarrollo y rediseño de formulación de una premezcla comercial de la empresa GFPERU (2013), teniendo como base a su volumen y textura digital (Grey Level Co-occurrence Matrix - GLCM) en relación con su aceptabilidad comercial. En el presente estudio, se tuvo como objetivo general evaluar la formulación de una premezcla de queque comercial en relación a su esponjosidad, volumen y su aceptabilidad,

y como objetivos específicos, determinar los factores que influyen significativamente, dosis de los ingredientes que tienen máximo efecto y una fórmula de máxima aceptación por el consumidor.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. QUEQUE

La denominación bizcochuelo o bizcocho, es tradicional en Paraguay, Uruguay, Argentina, Ecuador, Perú, República Dominicana, Puerto Rico, y Bolivia, y según el añadido de sabor recibirá el nombre completo de bizcochuelo de vainilla, bizcochuelo de chocolate, entre otros. En Chile, se denomina queque, de acuerdo a su agregado será de chocolate, de vainilla, de limón, entre otros. En Perú y Costa Rica se le denomina queque / keke (Lopez 2017).

Las formulaciones, y la forma de preparación, no son las mismas. Incluso, la preparación de productos con la misma denominación, son distintas. El común denominador de estos queques, son algunos de sus ingredientes que, en algunos casos, son remplazados con el objetivo de abaratar costos. Por lo tanto, la elaboración de queques o sus premezclas, es totalmente libre, a gusto del consumidor. Es un arte elaborarlos e incorporarles ingredientes de acuerdo a la creatividad de quien lo elabora (Gallegos 2002).

2.2. TIPOS DE QUEQUES

Existen muchas definiciones de queques en diversas partes del mundo y también en la funcionalidad de los ingredientes. En el Cuadro 1, se observa que se puede clasificar por su método de mezcla, donde se muestra que la mayoría de los queques requieren un método. Estos se pueden clasificar como mezcla de una o varias etapas, dependiendo el mecanismo de incorporación de aire en la masa. Un método es hacer la mezcla para combinar todos los ingredientes en un masa suave y uniforme y para formar una emulsión estable que contiene los dos ingredientes principales, grasa y agua. El segundo método busca incorporar grandes cantidades de gas, es decir células de aire en la masa siendo muy importante para una mejor textura (Conforti, citados por Wilderjans *et al.* 2013).

Cuadro 1. Clasificación de los tipos de tortas en función de la combinación de formulaciones y métodos de producción

Tipos	Ingredientes principales	Método de mezcla	Ejemplos
Tipo de masa (tortas altas en grasa)	Harina, azúcar, huevo, grasa, levadura en polvo	Etapa simple o etapa múltiple	-
Tipo de baja relación	Azúcar \leq harina, huevo entero	-	Pound cake
Tipo de alta relación	Azúcar $>$ harina, huevo entero	-	Yellow layer cake
	Azúcar $>$ harina, clara de huevo	-	White layer cake
Tipo de espuma (tortas bajas en grasa)	Huevo, harina, azúcar	Espuma	-
Tipo merengue	Clara de huevo	Angel food	Angel food cake
Tipo esponja	Huevo entero	Sponge	Sponge cake
Tipo chiffon	Harina, huevo, aceite, agua, polvo de hornear	Chiffon	Queque chiffon

Fuente: Adaptado de Conforti, citado por Wilderjans *et al.* (2013).

De otro punto de vista, pero con la misma clasificación Villanueva (2007) indica que los queques, también llamados bizcochos, se dividen en tres tipos de acuerdo al batido o la incorporación de aire a la masa. Existe la confusión en la literatura sobre el bizcocho, en razón que no se encuentra definido claramente el tipo de bizcocho al cual se está refiriendo. La primera etapa, llamada también mezclado multietapa, es un procedimiento clásico y empieza con el cremado de grasa y el azúcar para formar una crema, con el fin de incorporar aire en la grasa. En la etapa subsecuente de mezclado se incorporan los líquidos y la harina para la creación de la masa o batido final. La textura se vuelve más fina por el mayor número de células de aire que se incorporan en el batido principalmente en la grasa, donde permanece estable. Cuando la masa se hornea, la grasa se disuelve y las células de aire se incorporan en la fase acuosa, es ahí donde también los gases leudantes se dispersan y leudan el bizcocho. La segunda etapa, se hace en una sola etapa única, el ejemplo clásico de las preparaciones listas, donde solo se adicionan los líquidos y se procede a su mezcla. Aquí el aire se incorpora directamente en la fase acuosa, esto se logra con la presencia de surfactantes, que permite reducir la tensión superficial y permitir que el aire se incorpore directamente. El monoestearato o monoglicérido es un surfactante común utilizado para este propósito. La

tercera etapa es cuando la incorporación de aire en la fase acuosa se hace mediante un procedimiento mecánico de un batidor de alta velocidad, ejemplo claro de un bizcocho producido industrialmente.

Otra categoría de clasificar los queques, las presentadas por Delcour y Hosoney, citados por Wilderjans *et al.* (2013), indican relación y niveles de ingredientes, y el método de producción. Aquí los queques se pueden clasificar como pasteles de alta o baja relación (Cuadro 2). Donde los queques de alta proporción tienen una relación de azúcar a harina superior a 1.0, mientras que los queques de baja proporción contienen niveles menores o iguales de azúcar y harina (Conforti, citado por Wilderjans *et al.* 2013).

Cuadro 2. Clasificación según el tipo de relación de ingredientes

Ingredientes porcentaje base harina	Alta proporción				Baja proporción
	Queques en capas		Queques de espuma		Pound cake
	Queque blanco	Queque amarillo	Pastel de ángel	Bizcocho	Queque balanceado
Harina	100	100	100	100	-
Azúcar	140	130	500	108	100
Margarina	55	75	-	-	100
Huevo blanco	76	-	500	-	-
Huevo pardo	-	95	-	75	100
Leche	95	70	-	48	-
Polvo de hornear	1,3	3	-	5	2,5
Sal	0,7	2,5	-	-	-
Crémor tártaro	-	-	20	-	-

Fuente: Adaptado de Conforti, citado por Wilderjans *et al.* (2013)

2.3. COMPOSICIÓN

La preparación de pasteles consiste en mezclar los ingredientes, como la harina, el azúcar, los huevos, la grasa o aceite y agentes leudantes (Wilderjans *et al.* 2013).

2.3.1. Harina

Por harina de trigo, se entiende al producto elaborado con granos de trigo común, *Triticum aestivum* L., o trigo ramificado, *Triticum compactum* Host., o combinaciones de los mismos por medio de procedimientos de trituración o molienda en los que se separa parte del salvado y del germen, y el resto se muele hasta un grado adecuado de finura (CODEX ALIMENTARIUS 2016).

Según Delcour y Hoseney, citados por Wilderjans *et al.* (2013) mencionan que en Estados Unidos las harinas de trigo se dividen en trigos duros y blandos, basados en la fuerza que se requiriere para aplastar los granos donde el trigo blando se usa para hacer galletas, pasteles y queques mientras que el trigo duro se usa para hacer panes. Por otro lado, en países de Europa, el término trigo duro se usa para *Triticum durum*, mientras que el término trigo blando se usa para Trigos de *T. aestivum*.

Para hacer pasteles, se prefiere harina de trigo blando con tamaño de partícula pequeño donde recomiendan la harina floja para pastelería ya que la proteína gluteína es menor que las harinas fuertes, ya que entran en contacto con el agua, formándose una masa elástica y pegajosa, al que se llama gluten, formándose una molécula muy larga y en forma de espiral, dándole la elasticidad a la masa. El amasado facilita la formación de gluten, absorbiendo 1 litro de agua por kilo de harina, mientras que una harina de gran fuerza absorbe hasta $\frac{3}{4}$ de litro, haciendo esta una diferencia en las aplicaciones (Wang y Flores 1999, Carrero y Armendariz 2019).

Según la terminología norteamericana la harina de trigo consiste principalmente en almidón (70-75 por ciento), agua (14 por ciento) y proteínas (aproximadamente 8-14 por ciento). Donde la harina de trigo blando en general contiene menos proteína (aproximadamente 8-11 por ciento) que la harina de trigo duro (10-14 por ciento) (Pareyt y Delcour, citados por Wilderjans *et al.* 2013).

2.3.2. Huevo

El huevo, alimento que suministra proteína de alto valor biológico, no contiene carbohidratos y es rico en calcio, hierro, vitaminas A y D, además de tiamina y riboflavina. Como

desventaja nutricional tienen un contenido alto de colesterol que se encuentra en la yema (Latham 2002).

Las yemas de huevo contienen emulsionantes naturales que ayudan a producir batidos suaves y contribuyen al volumen y la textura de los queques (Lai y Lin 2005). Las yemas son aproximadamente el 33 por ciento donde cada 7,5 g de lípidos totales, 2 g corresponden a ácidos grasos saturados (AGS), 1,1 g a ácidos grasos poliinsaturados (AGP) y 3 g de ácidos grasos monoinsaturados.

La relación AGP/AGS es 0.55, considerada aceptable y por tanto recomendable en términos de nutrición (IEH, 2003). La cáscara corresponde el 12 por ciento y la albumina el 55 por ciento. La albumina está compuesta principalmente por agua y proteína, siendo una sustancia viscosa, soluble y transparente, también se coagula y blanquea a 65 °C, representa el 55 por ciento (Latham 2002).

Aparte de nutrientes el huevo aporta sabor y color, pueden ayudar a crear la estructura de los pasteles, siendo su uso aplicado como un ingrediente importante en la preparación de pasteles y queques. Se usa en la mayoría de los casos como huevo entero, pero también en algunos casos, solo la albúmina (Kiosseoglou y Paraskevopoulou 2014).

La aplicación del huevo en productos horneados, trae consigo sus diferentes funciones y campos de aplicación como son: dar estructura, acción emulsificante de grasas y líquidos, fuente de grasa, dar humedad, sabor, color y proporcionar valor nutricional. La estructura de una masa al ser horneada es el resultado es una estructura final donde ocurre la gelatinización del almidón y la coagulación de las proteínas del huevo. Esta coagulación se completa cuando la ovoalbúmina se desnaturaliza a 85 °C y se incorpora en el desarrollo de la red de la estructura; a esto se incluye su propiedad gelificante, su capacidad espumante y espesante (Lai y Lin 2007).

La yema tiene una función como emulsificante en sistemas de dispersión aceite/agua, es decir, sistemas formulados con grasa y la albumina ayuda a la formación de espuma, como en la elaboración de un merengue. Pero también hay situaciones sinérgicas donde se necesitan de ambos como el caso de los queques (Lechevalier *et al.* 2011).

Estos son particularmente importantes cuando los huevos se combinan con cantidades proporcionalmente bajas de harina débil, como en el caso de la elaboración del pastel de ángel o de esponja. En la preparación de estos, se baten los huevos y se incorpora a los otros ingredientes mediante un suave movimiento envolvente. El aire incorporado a la espuma de huevo es el principal agente de esponjamiento, puesto que no se emplea polvo para hornear. En el horno, el gluten, almidón y huevo se ponen rígidos y las burbujas de aire subdivididas se inflan más, debido al calor. El vapor de agua generado, entra a las burbujas y contribuye a inflarlas debido al calor. El vapor de agua generado, entra a las burbujas y también contribuye a inflarlas. Esto explica porque la capacidad de los huevos batidos y la estabilidad de su espuma tienen tanta importancia. También se menciona que en las masas batidas ricas en huevo (magdalenas, bizcochos) permite obtener una buena miga, permitiendo mayor emulsión aumentando el volumen del batido, lo que repercutirá en un mayor esponjamiento (Potter y Hotchkiss 1999).

2.3.3. Sacarosa

Según Bennion y Bamford, citados por Wilderjans *et al.* (2013) la sacarosa, es un disacárido no reductor más utilizado en la fabricación de queques y se compone de una molécula de fructosa y otra de glucosa unidas por un enlace α -(1,2) glicosídico. Y es uno de los ingredientes más importantes de los queques. Además, tiene muchas funciones diferentes, como la de impartir dulzura.

El azúcar funciona como ablandador en los productos horneados. Tiene propiedades higroscópicas, que conllevan a que el alimento pueda mantenerse suave en el tiempo. Además, ayuda en la formación de la corteza, debido a su capacidad de hacer la reacción de Maillard entre azúcares reductores y las proteínas presentes y la caramelización. Los azúcares además de dar dulzor, también sirven de alimentos para las levaduras (en caso de los productos horneados fermentados) y tienen efecto sobre la propiedad de absorción, sobre el tiempo de desarrollo de la masa y sobre las características organolépticas de la masa. A medida que aumenta la cantidad de azúcar, también aumenta el tiempo de amasado (Quaglia 1991).

Según Beesley, citado por Quitral *et al.* (2017) el contenido de azúcar aumenta la temperatura de gelatinización del almidón, la desnaturalización proteica y la viscosidad de

la masa. Además, promueve la agregación de cristales de grasa y así mejorar la captación de aire durante el batido y la estabilización en el horneado. Es así, que el azúcar mejora la microestructura, la porosidad y el volumen del producto final, contribuyendo al pardeamiento u oscurecimiento, de la corteza y de la miga.

2.3.4. Grasas

Las grasas están constituidas por triglicéridos, compuestos por glicerina y ácidos grasos. Los glicéridos comunes son los oleicos, palmíticos y esteáricos. Los aceites tiene un punto de fusión muy bajo. Dentro de las más usadas tenemos: mantequilla, manteca de cerdo, aceite de girasol, margarinas (grasas hidrogenadas). Esta última es la más usada en pastelería (Carrero y Armendariz 2019).

Según Conforti, citado por Wilderjans *et al.* (2013). indica que las grasas más usadas en pastelería son en su mayoría margarinas, por sus propiedades funcionales. Estas se definen como una emulsión compuesta por al menos un 80 por ciento de triglicéridos y hasta un 16 por ciento de agua.

Picas y Vigata (1997) mencionan que la mayoría de las formulaciones de pastelería tienen algún elemento graso, el que contribuye a estratificar la masa, amalgamar ingredientes, cambiar de textura y, en otras, a mejorar la emulsión. Las grasas que se pueden encontrar en el mercado para uso de pastelería son de origen animal y vegetal. Se tiene así la mantequilla, la margarina, la grasa vegetal, el aceite vegetal y la grasa de cerdo.

La aplicación de las grasas en pastelería y elaboración de queques debe cubrir la necesidad de absorción de aire y estabilidad en frío, que al añadir huevos se obtiene una emulsión agua/aceite de la composición. Una característica importante es el punto de fusión para evaluar las grasas. Esta característica determinará su aplicación según su naturaleza y composición y los resultados que pueden tener en los productos. La temperatura de fusión de la grasa debe estar comprendida entre los 35 a los 40 °C. Además, tiene la capacidad de impedir la modificación del almidón y logra prolongar el tiempo de vida útil. Con una porción adecuada de grasa se tiene un producto que puede absorber gran cantidad de aire, lograr una buena función emulsionante y obtener la capacidad de conservar la frescura del producto (Quaglia 1991).

Según Conforti, citado por Wilderjans *et al.* (2013) indica que el comportamiento de la grasa durante la mezcla de la masa del queque, se incorpora aire en la grasa en celdas de gas finamente distribuidas. Las células de gas se estabilizan mejor mediante pequeños cristales que se distribuyen fácilmente alrededor. La grasa se dispersa por toda la masa de forma irregular y es esencial la descomposición de partículas grandes de grasa en otras más pequeñas para formar una emulsión de masa estable, y se mejora al disminuir la tensión interfacial mediante la adsorción de lipoproteína de yema de huevo en las interfaces de agua oleosa. Es así que cantidades altas de grasa producen tortas más tiernas, y si más fina es la dispersión de grasa, entonces será mayor la suavidad de la miga del pastel.

Como conclusión, se puede afirmar que, en la elaboración de los pasteles, la importancia de la grasa no se debe a que pertenezca a una u otra clase comercial (aceite, mantquilla y manteca), sino a su composición química y a sus propiedades físicas, que la hacen idónea para desempeñar diversas funciones según el tipo de producto dulce en la que se emplea. Y bajo esta óptica se ve la relevancia de usar el índice de relación de líquido/sólido de las grasas y de los métodos para su determinación.

2.3.5. Sal

La Sal de cocina, o cloruro sódico constituye un elemento indispensable para la masa del pan. Su dosificación varía del 1,2 por ciento del peso de la harina en el caso de masas fermentadas azucaradas, como en algunos bizcochos, al 1,8 por ciento, al 2-2,2 por ciento en el pan y pan de molde, obtenidos por amasado directo (Quaglia 1991).

Calavera (2004), menciona que el cloruro de sodio, obtenido y conservado de la forma usada en la alimentación humana, posee las funciones de dar sabor al producto, de fortalecer el gluten, y de contraer y estabilizar el gluten de la harina que, a su vez, contribuye a mantener la humedad una vez salido del horno.

2.3.6. Emulsionantes

CEE, citado por Quaglia (1991) define a los emulsionantes como aquellas sustancias que permiten la formación o estabilización de la dispersión de dos o más sustancias que no son miscibles. Sin embargo, esta definición es limitada, ya que además desarrollan otras

múltiples acciones en las masas: emulsionante, complejante del almidón, enlazante con las proteínas. También permiten mayor elasticidad, estabilizan una espuma, modifican las estructuras cristalinas, impermeabilizan y lubrican.

Garti y Leser (2001) definen una emulsión como un sistema formado por dos o más fases no miscibles de las cuales una es dispersa y se encuentra bajo la forma de partículas y la otra es continua. El emulsionante, en este caso, va a disminuir la tensión superficial entre las fases para facilitar la formación de la emulsión. Además, este componente tiene una particular estructura molecular que está formada por una parte lipofílica (no polar) y una parte hidrofílica (polar). La molécula se sitúa en la interfaz aceite/agua, orientándose la parte lipofílica hacia el aceite y la hidrofílica hacia el agua.

Los aceites y las grasas están constituidos principalmente por los triglicéridos, obtenidos de la reacción de la glicerina mono y diglicéridos junto con los monoglicéridos destilados y las sustancias emulsionantes que tienen un amplio campo de utilización en la industria alimentaria (Cuadro 3).

Cuadro 3. Emulsionantes usados para productos de pastelería

Emulsionante	Característica	Codex	Aplicaciones	Porcentaje
Mono-o-digliceridos IDA=sin limite	Ablanda la corteza Suavidad	E471	Crema pastelera	0,4
			Harina y copos de patata	0,4
			Helados	0,5
			Grasas emulsionantes	3,0
Mono y digliceridos de ácidos grasos IDA=sin limite	Ablanda la corteza Suavidad	E471	Levadura seca para pastelería al horno	2,0
			Margarina	0,4
			Productos de pastelería horneados y bizcochos	3,0

Fuente: Adaptado de Quaglia (1991)

Los mono y diglicéridos, así como los monoglicéridos destilados se usan a manera de emulsionantes directos, de materias primas para producir esteres de ácidos orgánicos alimentarios solubles en agua, como lo son el ácido láctico, el cítrico, el acético y el diacetiltartárico por medio de la esterificación de los ácidos grasos con la glicerina. También pueden esterificar los polioles obteniendo la poliglicerina, el propelinglicol y el sorbitol, para formar así otras clases de productos emulsionantes (Wilderjans *et al.* 2013).

Los mono y diglicéridos y monoglicéridos se han usado durante mucho tiempo como emulsionantes que contribuyen a mejorar propiedades sensoriales comparables a las grasas. Es así que para sustituir total o parcialmente la grasa en las fórmulas se hace con agua y una combinación de sustituto de grasas a base de carbohidratos o proteínas. Este grupo de sustitutos de grasa también se conoce como extensores de grasa (Hui *et al.* 2007).

Los mono y diglicéridos y monoglicéridos se usan en pasteles para tres propósitos: facilitar la emulsificación de la masa para pasteles, proporcionar la aireación de masa y favorecer el suavizado de migas (Huy *et al.* 2006). Durante el horneado, el monoglicérido interactúa con el almidón formando un complejo insoluble en agua con la amilosa, cuando la temperatura alcanza aproximadamente los 55 °C, el monoglicérido entra en mesofase (estado líquido cristalino) conjuntamente con parte del agua presente. En esta forma, reacciona con la amilosa formando un complejo helicoidal insoluble. En el caso del monoglicérido saturado destilado tiene una cadena lineal de carbono que es atrapada en el interior de la α -hélice que la amilosa forma cuando es disuelta en agua. El complejo formado entre la amilosa y el monoglicérido es insoluble en agua y no se recristaliza ni participa en el proceso de envejecimiento que formarían complejos monoglicérido-amilosa y podrían retrasar la retrogradación de la amilopectina. Otra hipótesis es que los monoglicéridos forman complejos con parte de las cadenas laterales más largas de amilopectina, considerándose que esta interacción reduce su velocidad de degradación (DANISCO 2006). Coincide con lo citado por Schmidt-Hebbel (1990) donde aclara que los monoglicéridos destilados de ácidos grasos mejoran la calidad del producto final, en la amilosa la parte del ácido graso saturado forma un complejo macromolecular llamado “Calthrato”, mientras que el resto de la glicerina del monoglicérido se une al grupo esterificado de OH, cuando actúa en la amilopectina retarda la formación de enlaces de puentes de hidrógeno entre las cadenas ramificadas de sus moléculas. Este proceso dificulta la cristalización rápida y retiene la humedad.

La aplicación de los monoglicéridos destilados es de 0,2-0,5 por ciento sobre la harina. Los efectos que se entrega a la masa son: retención de aire en las masas batidas, mantener la masa tierna, reducción del tamaño del alveolo, ablanda la miga, aumenta la flexibilidad y aumenta el volumen (Tejero 2018).

2.3.7. Estabilizantes

Los estabilizantes, espesantes, hidrocoloides o gelificantes son sustancias químicas, que por su capacidad hidrofílica, actúan sobre la estructura, la consistencia y por consiguiente sobre las propiedades funcionales de los alimentos. Su empleo en la industria se ha extendido en los últimos años cada vez por su acción como gelificantes, emulsionantes y estabilizantes.

En el Cuadro 4, se presentan los grupos de espesantes, que se pueden subdividir en 3 grupos. La mayor dificultad que se ha encontrado en su utilización, es la dispersión en el agua. Normalmente con el fin de facilitar la operación se toman precauciones como añadir el espesante, lentamente, agitando de manera vigorosa el agua que se ha calentado con antelación y se mezcla el espesante con otras sustancias, es decir, hacer un premezclado (Quaglia 1991).

Cuadro 4. Grupos de espesantes

Espesantes	Origen	Ejemplos
Naturales	Plantas, secreción o extractos	Agar, ácido algínico, carrageninas, goma arábica, goma tragacanto, semillas o raíces, harina de algarrobo o de guar.
Modificados	Derivados de sustancias naturales como la celulosa, almidón o de la fermentación de sustancias naturales	Carboximetilcelulosa, metilcelulosa, carboximelalmidon, , fermentación microbiana (dextrano, goma xantano).
Sintéticos	Sustancias químicas sintetizadas	Pirrovínil-pirrolidona, polivinilalcohol, ácido poliacrílico, y la poliacrilamida.

Fuente: Adaptado de Quaglia (1991)

La harina de semilla de guar se utiliza como sustituto parcial de los huevos de las tortas y en las masas para bizcochos dando una mejor textura. Mayor conservación y mejores propiedades anti-hongos. La carragenina en concentraciones de 0,1 por ciento para masas de tortas, para mejorar la textura de las masas y para distribuir las frutas de manera más homogénea en los dulces (Garti y Leser 2001).

En el ámbito de la repostería y pastelería se menciona que la goma xantana contribuye a la suavidad, incorporación de aire y su retención y la tolerancia de recetas de batidos para pasteles, magdalenas, galletas y mezclas de pan (Imeson 1999).

La goma xantana es un polisacárido extracelular secretado por el microorganismo *Xanthomonas campestris*. La goma xantana es soluble en agua fría y en soluciones. Presenta un flujo altamente pseudoplástico. Su viscosidad tiene una excelente estabilidad sobre un amplio rango de pH y temperatura y el polisacárido es resistente a la degradación enzimática. La goma xantana muestra una interacción sinérgica con galactomannanos como la goma guar y la goma de algarrobo (LBG) y el glucomanano goma konjac. Esto da como resultado una viscosidad mejorada con goma guar y suave, Geles elásticos térmicamente reversibles con LBG y konjac mannan (Phillips y Williams 2009).

La inclusión de goma xantana en la formulación de la mezcla de masa muestra características similares o mejores, en términos de volumen, altura y contracción, que de los pasteles de control. Las razones para reemplazar el huevo con hidrocoloides y emulsionantes están relacionadas con sus propiedades funcionales. Los hidrocoloides tienen buenos atributos funcionales, tales como la unión al agua, la viscosidad, la formación de espuma, la emulsión, la gelificación, la solubilidad y la mejora de la textura, mientras que los emulsionantes son conocidos por su efecto suavizante y antiincrustante (Miller y Hoseney 1993).

En batidos para tortas y bizcochos preparados en húmedo, la goma xantana reduce la sedimentación de la harina; mejora la retención de gas e imparte estabilidad enzimática, cizalla y congelación-descongelación; y proporciona un revestimiento uniforme y buena adherencia. También mejora la masa para panqueques, control de propagación, volumen y retención de aire. En los productos horneados da volumen y humedad, mayor resistencia de la miga, menos desmoronamiento y mayor resistencia al daño en el transporte. El xantano mejora el volumen, la textura y la retención de humedad en la masa refrigerada y productos horneados reducidos en calorías y panes sin gluten. El control de la humedad es esencial en todas las etapas de la producción de la torta y también cuando se está formulando una mezcla de pastel seco. El control inadecuado de la humedad puede resultar en grumos en la masa para batidos y mezclas desiguales, dando una estructura pobre que resulta en tortas colapsadas durante o después de hornear. Puede determinar la calidad general del acabado, donde la torta, particularmente después del almacenamiento, puede verse afectada por una

hidratación deficiente. Mejora las características de los ingredientes secos. Por ejemplo, el volumen se puede reducir y la textura puede no ser uniforme o frágil cuando la humedad no es uniforme distribuido a lo largo de la torta. La goma xantana mezclada en seco se hidrata rápida y uniformemente para ayudar a prevenir la acumulación durante la etapa crítica de mezcla inicial. Esto ayuda en la distribución uniforme de la humedad en los bateadores, lo que ayuda a estabilizar las finas células de aire formadas durante el proceso de mezcla. La estabilización de las celdas de aire mejora el volumen y dan simetría en el pastel terminado. Además de esto, la alta viscosidad a bajo corte proporcionado por la goma xantana ayuda a dar una distribución uniforme de la fruta. Se puede agregar xantano a la masa para pastel al 0,05 por ciento (del peso total del bateador) sin la necesidad de ningún otro cambio de formulación (Imeson 1999).

2.3.8. Polvo de hornear

El polvo de hornear es un producto químico que permite dar esponjosidad a una masa debido a la capacidad de liberar dióxido de carbono. Se trata de una mezcla de un ácido no tóxico (como el cítrico o el tartárico) y una sal de un ácido o base débil, generalmente carbonato o bicarbonato, para elevar una masa (harina + agua), confiriéndole esponjosidad. Se emplea con frecuencia en repostería y algunos lugares como en Irlanda son muy populares los panes de soda. Se distingue de la levadura de panadería en que su efecto es mucho más rápido y no hace falta esperar a que las masas leuden (Gallegos 2002).

2.4. PROCESO

El proceso de elaboración de queques inicia con el cremado de la margarina y el azúcar (Figura 1A). En esta etapa se incorpora aire en la grasa en forma de burbujas (Wilderjans *et al.* 2013). Posteriormente, en la segunda etapa (Figura 1B) se incorporan los huevos que favorecen la incorporación y retención de burbujas de aire en la masa (Kiosseoglou y Paraskevopoulou 2014). Al final de la segunda etapa se incorpora la harina y la masa se convierte de emulsión agua en aceite a emulsión de aceite en agua. El azúcar y las proteínas del huevo quedan en la fase acuosa, mientras que las partículas de harina quedan suspendidas en ella. Cuando inicia el calentamiento de la masa (Figura 1C), la margarina se derrite, las burbujas de aire se expanden y son estabilizadas en parte por las proteínas del huevo (Wilderjans *et al.* 2013).

2.5. METODOLOGIA TAGUCHI

Genichi Taguchi (Japón, 1924 - 2012) fue ingeniero doctorado en ciencias, profesor de la Universidad Aoyama Gakuin de Tokio, integrante del Institute of Statistical Mathematics de Japón, fue consultor de Toyota Motors y Fuji Films. También fue miembro honorario de la Japanese Society for Quality Control y de la American Society Quality e integró la Japan Society of Industrial Engineering y la Japanese Society of Applied Statistics, entre otras instituciones científicas. Es considerado como uno de los artífices de la recuperación económica del Japón de la posguerra, sus métodos en las industrias de su país favorecieron la reducción de los costos de fabricación y la mejora de la calidad de los productos, logrando la incorporación de nuevos mercados (ASQ 2018).

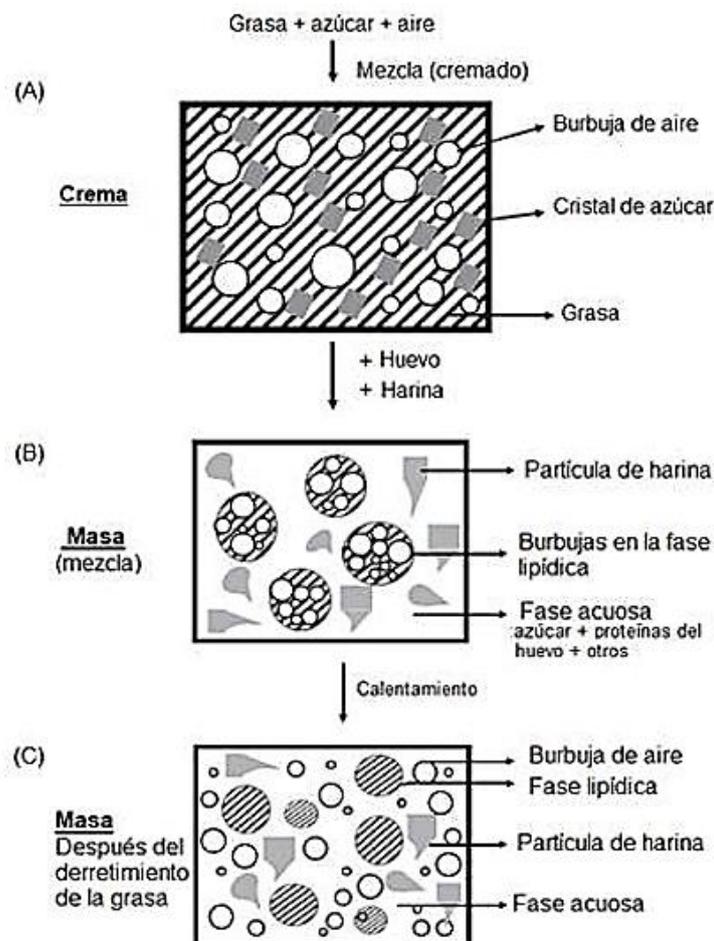


Figura 1. Etapas en la elaboración de queques: (A) Cremado, (B) Mezclado, (C) Inicio del calentamiento de la masa

Fuente: Wilderjans *et al.* (2013)

La filosofía de calidad de Taguchi se basa en tres conceptos fundamentales. En primer lugar, considera que el diseño en la fase inicial del producto es fundamental para lograr la calidad en el resultado final. En segundo lugar, sostiene que la calidad de los productos mejora cuando se minimiza la variabilidad en torno al valor nominal u objetivo. Por último, entiende a los costos de la no calidad como resultado del accionar de toda la organización en su conjunto y, en particular, como función de la variabilidad en los procesos. La visión de Taguchi se manifiesta en sus contribuciones más reconocidas a la mejora de la calidad, entre las que se destacan: Función Pérdida de Calidad, incorporación de los Arreglos Ortogonales en la implementación del Diseño de Experimentos, índice de Señal / Ruido y el índice de Capacidad de Procesos (C_{pm}). Constituyen herramientas valiosas del Control Estadístico de la Calidad para la identificación, medición, control y reducción de la variación de los procesos (Hernandez *et al.* 2015).

2.5.1. Función perdida de la calidad

Taguchi define a la calidad de un producto como la pérdida económica impuesta a la sociedad desde el momento en que el producto es lanzado al mercado. Estas pérdidas son función de la variación (desviación de la característica de calidad del producto respecto del valor nominal), por lo cual la mejora de un proceso debe orientarse no sólo a cumplir con las especificaciones, sino también a reducir su variabilidad alrededor del valor nominal m . Para el análisis de las pérdidas debidas a la calidad, Taguchi desarrolló la Función Pérdida de Calidad, la cual se representa por una función cuadrática con vértice en el valor nominal m de la característica de calidad. Donde, a medida que el valor de la característica de calidad se aleja de m , la calidad decae y, por lo tanto, las pérdidas aumentan, es decir, aun estando dentro de las especificaciones, los niveles de calidad de los productos pueden variar. Si se considera que y (eje horizontal) representa la medición de una característica de calidad de un producto en una escala continua y que $L(y)$ (eje vertical) representa la pérdida en valor monetario sufrida por el consumidor por recibir el producto desviado respecto del valor nominal m , la Función Pérdida de Calidad que Taguchi propone de manera general es:

$$L(y) = K(y - m)^2$$

En la Figura 2, se observa el criterio de la calidad según G. Taguchi donde K es una constante que se determina a partir del conocimiento de la pérdida producida en un valor y particular (Masco 1996).

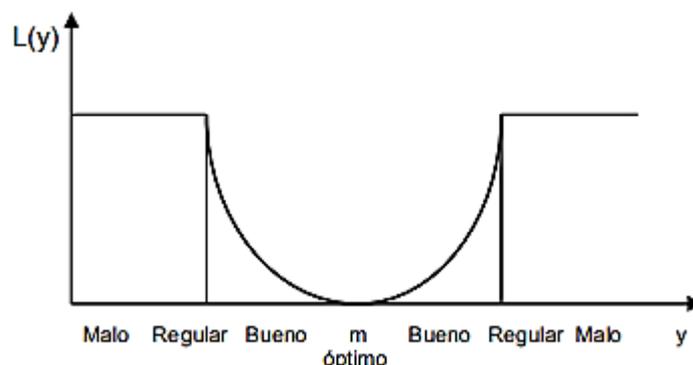


Figura 2. Criterio de la calidad según G. Taguchi

Fuente: Masco (1996)

Todo se centra en obtener la pérdida promedio por unidad producida como indicador del desempeño del proceso dado que, como sostiene Taguchi, “cuanto mayor es la pérdida promedio por unidad producida, menor es la calidad del producto”. En el Cuadro 5, se muestra los casos para análisis de la función perdida de Taguchi donde se distingue 3 casos: valor nominal es mejor, menor es mejor y mayor es mejor.

Cuadro 5. Casos para análisis de la función perdida de Taguchi

Valor alcanzado	Caso	Formulación
Debe alcanzar un valor nominal	Nominal es el mejor	$\bar{L} = K X [\delta^2 + (\mu - m)^2]$ $= K X \delta^2 + X K (\mu - m)^2$
Debe alcanzar el menor valor posible	Menor es el mejor	$\bar{L} = K X (\delta^2 + \mu^2)$
Debe alcanzar el mayor valor posible	Mayor es el mejor	$\bar{L} = \left(\frac{K}{\mu^2}\right) x \left[1 + \frac{(3 x \delta^2)}{\mu^2}\right]$

Fuente: Masco (1996)

Se observa que la pérdida promedio se reduce, si el valor medio de la característica de calidad se acerca al valor nominal m (o, según el caso, se acerca a cero o aumenta) y si disminuye la variabilidad σ^2 de la característica de calidad. Es por esto que la pérdida promedio

constituye un indicador relevante del desempeño del proceso por la información que involucra sobre su media y su variación. La pérdida promedio por unidad producida constituye el núcleo del pensamiento de Taguchi sobre la mejora de la calidad. En otras palabras, entiende que la mejora radica, por una parte, en el ajuste de la media, pero también en la reducción de la variabilidad. Basa su estrategia para el ajuste de la media en torno al valor nominal en la implementación del Diseño de Experimentos, y en el índice de Señal Ruido para la reducción de la variabilidad (Hernandez *et al.* 2015).

2.5.2 Diseño de experimentos

El Diseño de Experimentos es un procedimiento utilizado en aquellos procesos donde se desea determinar si una o más variables independientes (factores) tienen influencia sobre la media de una variable respuesta. También se evalúa simultáneamente en un mismo experimento los efectos de los factores y sus interacciones; permitiendo un análisis completo de los resultados experimentales (Romero y Zúnica 2004) pudiéndose además obtener, para aquellos factores que tienen influencia sobre la media de la variable respuesta, el mejor nivel que la optimiza. De gran utilidad, es un método que puede resultar complejo a medida que se aumenta el número de factores. Fue introducido por Ronald Fisher en la década del 20 y aplicado originalmente en el ámbito agrícola (Masco 1996).

Taguchi innovó y simplificó el Diseño de Experimentos con la introducción de tablas conocidas como arreglos ortogonales (A.O.), que son una modificación de las matrices de Hadamard (matrices ortogonales $n \times n$). A través de un A.O. se determina de una manera estandarizada la combinación de los niveles de los factores que se probarán en cada ensayo. Los A.O. permiten examinar hasta un total de $n-1$ factores, siempre y cuando no se consideren las interacciones entre los mismos. De esta forma se facilita y reducen gran parte del esfuerzo del diseño experimental porque posibilitan evaluar simultáneamente numerosos factores con un número mínimo de ensayos, permitiendo así una disminución en los recursos necesarios para la experimentación. El método de Taguchi logra resolver problemas de Diseño de Experimentos de manera práctica. La utilización del diseño clásico implica en general destinar mayores recursos a la experimentación (mayor número de unidades experimentales, más personal involucrado, más tiempo, incluso puede llegar a requerirse un lugar especial para la experimentación al haber más réplicas, esfuerzos para mantener de manera homogénea las condiciones de experimentación, entre otros). El método de Taguchi

en algunos casos constituye el único camino posible que tienen las empresas para llevar a cabo una experimentación (Hernandez *et al.* 2015).

2.5.3. Índice de señal-ruido

Hernandez *et al.* (2015) reportan que la variabilidad en las características de calidad de un proceso se produce por tres motivos: (a) por el propio diseño del proceso, (b) por el accionar de factores que no pueden ser controlados o (c) porque los niveles de los factores no se mantienen constantes a lo largo del proceso de producción.

Cuadro 6. Cálculo para el índice de Señal-Ruido

Caso	Fórmula
Nominal es el mejor	$\frac{S}{R} = -10x \log\left(\frac{y_1^2 + \dots + y_n^2}{n}\right)$
Menor es el mejor	$\frac{S}{R} = -10 x \log\left(\frac{\frac{1}{y_1^2} + \dots + \frac{1}{y_n^2}}{n}\right)$
Mayor es el mejor	$\frac{S}{R} = 10 x \log\left(\frac{SQ_M + Ve}{Ve}\right)$
Donde:	
Y _i : i-ésimo dato	Ve: varianza del error
N: tamaño de la muestra	$SQ_M = \frac{1}{n} x (\sum_{i=1}^n y_i)^2$

Fuente: Masco (1996)

En el Cuadro 6, se muestra el cálculo para el límite de señal-ruido en el cual Taguchi basa su estrategia para la reducción de la variabilidad en el índice de Señal-Ruido, el cual se calcula a partir de los resultados experimentales y permite, a través de un ANOVA, determinar los factores e interacciones que poseen influencia en la variabilidad del proceso, y así obtener para estos factores el mejor nivel que hace robusto el proceso, es decir, el nivel que minimiza la variabilidad. El índice de Señal-Ruido se designa como S/R y su unidad de medida es el decibel (db) (Masco 1996):

Al momento en el que la variabilidad se produce por el propio diseño del proceso, Taguchi emplea para planificar la experimentación el método de Repeticiones Simples, que mide la

variabilidad del proceso a través de las réplicas de los ensayos. Cuando se produce por el accionar de factores de ruido (factores cuyos niveles no son establecidos por el investigador), Taguchi utiliza los arreglos Interno/Externo, los que son una combinación de dos A.O., en uno de los cuales (arreglo interno) se colocan los factores de control (factores cuyos niveles son establecidos por el experimentador) y en el otro, (arreglo externo), los factores de ruido. Si, en cambio, la variabilidad se debe a que los niveles de los factores de control no se mantienen constantes a lo largo del proceso, Taguchi emplea el Arreglo Alternativo Interno/Externo, que - de manera análoga al arreglo Interno/Externo - combina un arreglo interno donde se colocan los factores de control, y uno externo, donde se ubican solo los factores de control cuyos niveles no se mantienen constantes. Una vez planificada y concretada la experimentación, con los resultados obtenidos se calcula el índice S/R para cada ensayo; con ellos se realiza un ANOVA que determina cuáles de los factores contenidos en el arreglo interno son significativos (Hernandez *et al.* 2015).

2.6. ESPONJOSIDAD

Según la Real Academia Española el término esponjosidad viene de esponjoso, el cual es un adjetivo dicho de un cuerpo que es poroso, hueco y más ligero de lo que corresponde a su volumen.

La porosidad es un parámetro, el cual se define como una fracción del volumen de una muestra que es ocupada por poro o espacio vacío. La porosidad no es una medida de la fracción de vacío sino del tamaño del vacío. Dependiendo del medio poroso, la porosidad puede variar de valores cercanos a uno. Los diferentes métodos para determinación de la porosidad siendo varios de acuerdo con Collins y Scheidegger, citados por Gallegos *et al.* (2011) son:

Directo. Consiste en la medición del volumen de una muestra porosa respecto al volumen total sólido

Óptico. La porosidad de una muestra es igual a la porosidad areal, la que está determinada por secciones donde se debe hacer un conteo de poros y determinación de diámetros. Este método puede tener muchas variaciones con otros métodos debido a que poros pequeños a lo largo de poros grandes son

difíciles de cuantificar y sugieren errores. Incluye métodos manuales y análisis de imágenes.

De imbibición. Consiste en sumergir un medio poroso completamente en un fluido humectante en vacío durante el tiempo suficiente para causar que el fluido penetre en todos los poros.

De inyección. El volumen de la muestra es determinado por la inmersión de una muestra de una sustancia que tenga facilidad de poder ingresar a todos los poros (por ejemplo el mercurio). Sin embargo, la penetración nunca es perfecta y la presión ejercida puede provocar cambios en la estructura de los poros, por lo que este método tiene deficiencias.

De expansión de gas. Mide la porosidad efectiva. El volumen de la muestra se mide por separado. La muestra es encerrada en un contenedor de volumen conocido, bajo presión de gas conocido y es conectado con un contenedor evacuado de volumen conocido. Cuando la válvula entre estos dos contenedores es abierta, el gas se expande dentro del contenedor evacuado y la presión del gas decrece. El volumen efectivo del poro es calculado usando la ley de gases ideales.

2.7. PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES

Las técnicas de procesamiento de imágenes se han aplicado cada vez más para evaluar la calidad de los alimentos en los últimos años. El campo del procesamiento de imágenes deriva en dos áreas: (a) Mejorar la información pictórica para la percepción humana. Incluyendo la impresión y transmisión y (b) Procesar los datos de una escena para la percepción autónoma por una máquina. Una imagen digital es una imagen descrita por la función $f(x,y)$, donde x e y son las coordenadas espaciales y f representa la intensidad de esas coordenadas. Las coordenadas espaciales se relacionan con la resolución de la imagen entre mayor sea el valor que adquieran, mayor será la resolución. De esta forma $X \in [1, x^{\max}]$ y $Y \in [1, y^{\max}]$ (Du y Sun 2004).

En la Figura 3, se muestra la representación de una imagen digital a través de los píxeles, la cual puede considerarse como una matriz cuyos índices de fila y columna identifican un punto de la imagen y el valor correspondiente al elemento de la matriz indica el nivel de color en ese punto y los elementos de esa distribución digital se conoce como píxeles (Garcia 2018).

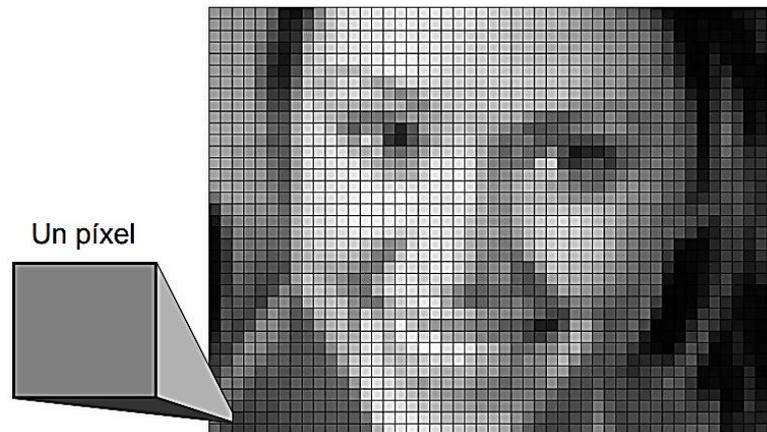


Figura 3. Representación de una imagen digital
Fuente: García (2018)

Si las imágenes son blanco y negro se necesita una función y los valores de un píxel son 0 (negro) y 1 (blanco). En una imagen en escala de grises, permite 256 niveles de grises, donde, 0 es negro y 256 blanco. En cambio, una imagen a color necesita de tres funciones independientes f_1 , f_2 y f_3 , en las cuales se representa la intensidad del píxel para cada componente (RGB) (Garcia 2018).

2.7.3. ETAPAS DE PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

En el Cuadro 7, se muestran las etapas en el proceso de análisis de datos, la cual consta de 5 etapas y la representación esquemática del proceso digital de imágenes se puede observar en la Figura 4.

Cuadro 7. Etapas en el proceso de análisis de datos

Nro.	Operación	Característica
1	Adquisición de imagen	Convertir imágenes en forma digital
2	Pre-procesamiento de imagen	Para obtención de una imagen mejorada con las mismas dimensiones como la imagen original.
3	Segmentación de imagen	Para dividir en partes una imagen digital en regiones disjuntas y poco imbricadas
4	Medida del objeto	Para medir las características de objetos, como el tamaño, la forma, el color y la textura.
5	Clasificación	Interpretación de las características.

Fuente: Adaptado de Du y Sun (2004)

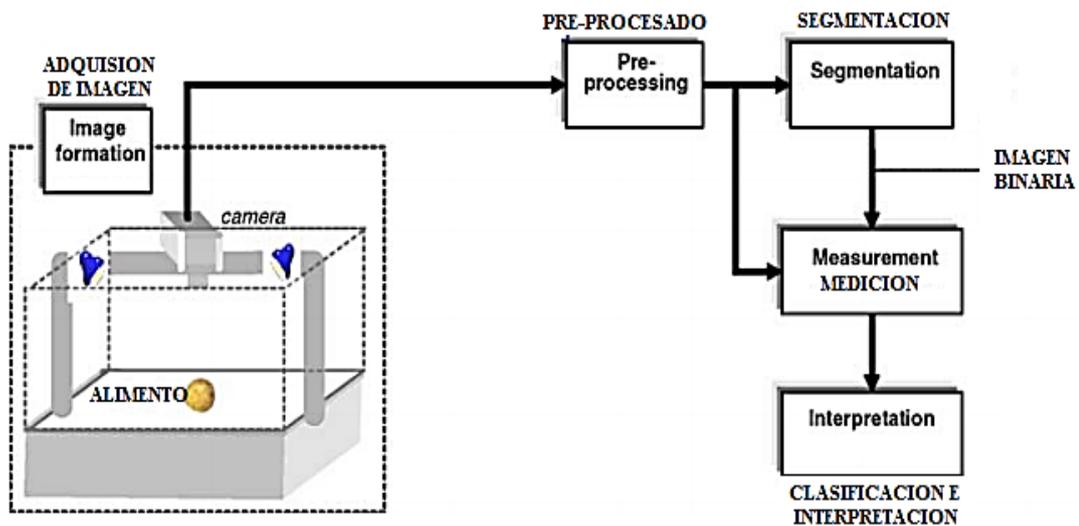


Figura 4. Esquema de las etapas del procesamiento digital e imágenes

Fuente: Mery y Pedreschi (2005)

2.7.4. ADQUISICIÓN DE IMAGENES

En la Figura 5, se observan los elementos esenciales para un sistema de toma de muestra, siendo un proceso que empieza con la adquisición de la imagen, donde el objeto a estudiar es capturado y almacenado en un archivo. Es importante considerar la intensidad de la iluminación y la orientación relativa de la muestra a la Fuente de iluminación. Es importante mencionar que el nivel de gris de los píxeles está determinado por las características físicas

de la superficie, pero también por los parámetros de intensidad de la iluminación y la orientación relativa de la muestra a la fuente de iluminación (Pedreschi *et al.* 2007)

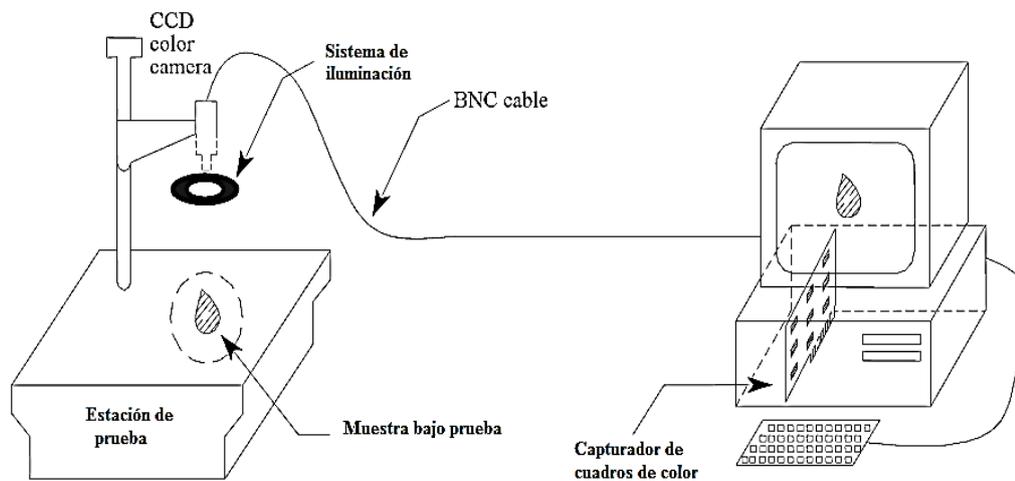


Figura 5. Elementos esenciales para un sistema de toma de muestra

Fuente: Abdullah (2016)

a. Características de toma de una imagen

En general, las imágenes están formadas por incidentes, la luz en el espectro visible que cae en un reflejo parcial. Superficie parcialmente absorbente, con los fotones dispersos reunidos en la lente de la cámara y convertidos en señales eléctricas por tubo de vacío o CCD. En la práctica, esto es sólo en uno de muchas formas en que se pueden generar imágenes. En general, se pueden generar métodos térmicos, ultrasónicos, de rayos X, ondas de radio y otras técnicas para aplicaciones de visiones informáticas, incluida la tomografía (Abdullah 2016).

- Iluminación.

La importancia de una iluminación correcta y de alta calidad, es absolutamente decisiva. A pesar de los avances del hardware de visión artificial y la electrónica, la iluminación para la visión artificial incorpora la técnica para aquellos involucrados en la integración de la visión. Los ingenieros y profesionales de la visión artificial han reconocido la iluminación como una pieza importante del sistema visión de la máquina. Sin embargo, elegir la estrategia de iluminación correcta sigue siendo un problema difícil porque no existe una guía específica para integrar la aplicación de iluminación y visión

artificial. A pesar de esto, existen algunas reglas de oro. En general, se requieren tres áreas de conocimiento para asegurar niveles exitosos de iluminación para la tarea de visión: en primer lugar, sin destacar el papel del componente de iluminación en las aplicaciones de visión artificial; en segundo lugar, conocer el comportamiento de la luz en una superficie determinada; y finalmente, comprender qué técnicas básicas de iluminación están disponibles que harán que la luz cree la extracción de la característica deseada, en la gran mayoría de las aplicaciones de visión artificial, la adquisición de imágenes se ocupa de la luz reflejada incluso aunque todavía se puede encontrar el uso de técnicas de retroiluminación. Por lo tanto, el aspecto más importante de la contención es entender qué sucede cuando la luz incide en la superficie, más específicamente, saber cómo controlar la reflexión para que la imagen aparezca con una calidad razonablemente buena (Abdullah 2016).

Los errores de la iluminación son reconocidos en el histograma porque en la escala de intensidad no es utilizada la región final o inicial, mientras que en las otras regiones del histograma son ocupadas por valores de intensidad de píxeles (Cuevas *et al.* 2010).

Además del iluminante, la geometría de la superficie también es importante en el diseño de iluminación. El factor clave es determinar si la superficie es especular o difusa. La luz que incide sobre la superficie difusa se dispersa debido a la multitud de ángulos de la superficie. En comparación, el golpe de litro en una superficie brillante se refleja en el ángulo de penetración. Por lo tanto, la posición de un iluminante es muy importante para lograr un alto contraste en una imagen. Hay dos geometrías más comunes para los iluminadores (1) el iluminador de anillo y (2) el iluminador difuso. La Figura 6 ilustra las posibles geometrías de iluminación (Abdullah 2016).

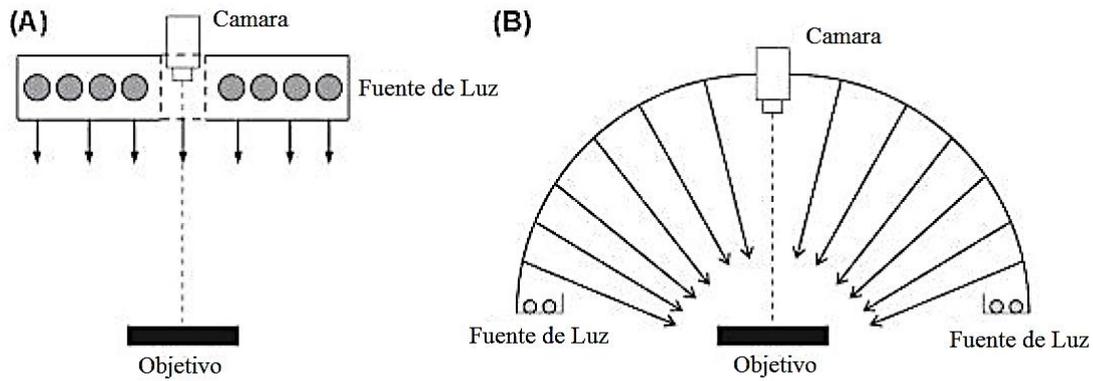


Figura 6. Posibles geometrías de iluminación

Fuente: Abdullah (2016)

- **Contraste**

Se conoce como el campo de valores de intensidad que una imagen concreta es utilizada, dicho de otra forma, es la diferencia entre los máximos y mínimos valores de la intensidad de los píxeles presentes en la imagen. Una imagen con un contraste completo utiliza el intervalo completo de niveles de intensidad definidos para la imagen $a = a_{min} \dots a_{max} = 0 \dots K - 1$ (de negro a blanco). El contraste de una imagen se observa a través de un histograma y el histograma producido (Cuevas *et al.* 2010).

- **Dinámica**

Se conoce como el número de píxeles diferentes que son utilizados en la imagen. El caso ideal para que una región de valores sea cubierta completamente cuando se utiliza el rango completo de valores de intensidad disponibles K para la imagen en cuestión. Una imagen cubra una región de valores de intensidad $a = a_{min} \dots a_{max}$ más pequeña que la completa con:

$$a_{min} > 0 \text{ y } a_{max} < 255$$

Cuando todos los valores de intensidad en ese intervalo están presentes en la imagen, alcanzaría su máximo rango dinámico. Se reduce el riesgo de perder la calidad de la imagen a través de las siguientes etapas en el procesamiento con una dinámica alta (Cuevas *et al.* 2010).

b. Preprocesamiento de imagen

El proceso de pre-procesamiento incluye técnicas tales como la reducción de ruido y realce de detalles donde las imágenes digitales son mejoradas antes de que sean analizadas. Las técnicas empleadas en el pre-procesamiento son eliminadas de ruidos y hay una mejora de contraste a través de los filtros digitales, causados por la deficiencia en la iluminación. En esta etapa la imagen de color se convierte en una imagen en escala de grises, con el objetivo de mejorar la calidad de imagen digital (Castleman 1996).

c. Segmentación de imágenes

La segmentación terminará cuando se hayan detectado todos los objetos de interés para la aplicación. En general, la segmentación automática es una de las tareas más complicadas dentro del procesado de imagen. La segmentación va a dar lugar en última instancia al éxito o fallo el proceso de análisis. En la mayor parte de los casos, una buena segmentación dará lugar a una solución correcta, por lo que, se debe poner todo el esfuerzo posible en la etapa de segmentación (Pedreschi *et al.* 2007).

El proceso de segmentación divide a una imagen en objetos que sean de nuestro interés, por lo que el nivel al que se lleva a cabo esta subdivisión depende del problema a solucionar, es así, que se identifican bordes de la imagen, o se segmenta está en regiones, líneas o curvas. Decirlo de otra forma es considerar a la segmentación como la clasificación de los puntos de la imagen (píxeles), indicando la clase a las que pertenecen los diferentes píxeles. Los atributos básicos de segmentación de una imagen son: la iluminación en imágenes macromáticas y los componentes de color en las imágenes en cuanto al color, la textura, la forma y demás (He *et al.* 2016).

La intensidad de la imagen se utiliza para identificar regiones disjuntas de la imagen con el fin de separar la parte de interés de fondo. Esta imagen segmentada es una imagen binaria compuesta solo de píxeles blanco y negro, donde “0” (negro) y “1” significan fondo y objeto, respectivamente (Castleman 1996). Dentro de las metodologías para realizar la segmentación tenemos las que se basan

por sus características: (a) Por niveles de gris. (b) Imágenes en color. (c) Por texturas.

d. Extracción de características

Morales (2008) menciona que la extracción de características se centra en la medición de las propiedades geométricas (área, perímetro, factores de forma, descriptores de Fourier, momentos invariantes, etc.) y de coloración de las regiones (nivel de gris, componentes de color, gradiente, segunda derivada, características de textura, etc.).

e. Área de una imagen

Cuevas *et al.* (2010) citan que el cálculo del área en píxeles de una región en una imagen binaria, la cual puede ser interpretado como una distribución de puntos de valor uno $x_i = (x, y)$ en una rejilla bidimensional, siendo así:

$$O = \{ x_1, x_2, \dots, x_N \} = \{ (x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_N, y_N) \}$$

En la Figura 7, se muestra cómo se calcula las características geométricas, las que se hacen bajo un criterio de vecindad. Para el cálculo de los códigos de cadena se necesita recorrer el contorno a partir del punto de inicio P_s . La posición relativa de los píxeles vecinos pertenecientes al contorno, En el caso de una vecindad 8 – vecinos los movimientos horizontales y verticales (Figura 7b) del contorno tienen una distancia de 1, mientras que las diagonales una distancia de $\sqrt{2}$. Para un contorno definido mediante un código de cadena basado en la vecindad 8 – vecinos $C_c = (c_1, c_2, \dots, c_M)$. El área de un objeto O puede ser calculada sencillamente mediante el número de píxeles que lo conforman:

$$\text{Área}(O) = N = |O|$$

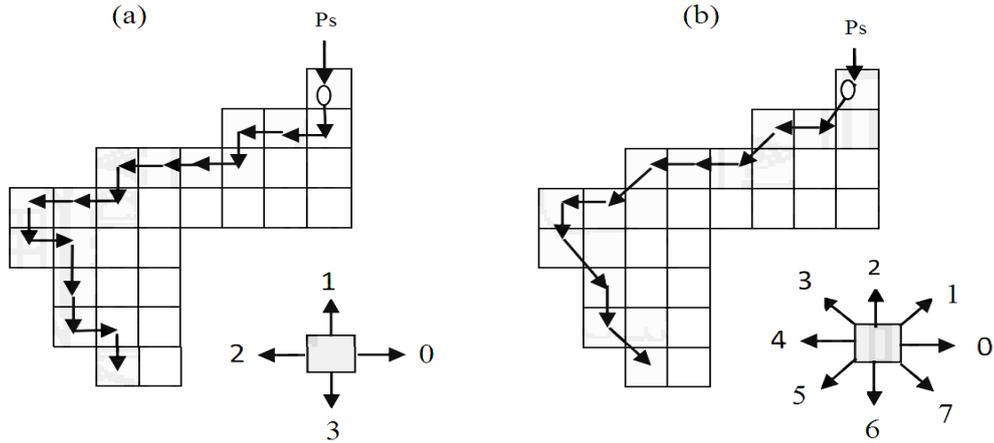


Figura 7. Códigos de cadena basados en las vecindades 4-vecinos (a) y 8-vecinos (b)
 Fuente: Cuevas *et al.* (2010)

Si deseamos determinar el área, y este no está descrito por el conjunto de píxeles, entonces, se aproxima el área del contorno exterior cerrado, mediante la aplicación de la ecuación. Esto es en el caso que con contenga contornos exteriores.

$$\text{Área} (0) = \frac{1}{2} \left| \sum_{i=1}^M (x_i * y_{[(i+1) \bmod M]} - x_{[(i+1) \bmod M]} * y_i) \right|$$

Donde x_i e y_i son coordenadas de los puntos x_1, \dots, x_M que forman parte del contorno cerrado del objeto. El contorno descrito por estos puntos es descrito mediante el código de cadena $C_c = (c_1, c_2, \dots, c_M)$.

f. Características texturales

La textura de las materias primas cambia a menudo durante el procesado. Los cambios de textura se deben a causas muy diversas que incluyen la pérdida de agua, desnaturalización de las proteínas que da lugar a la pérdida de la capacidad de retención de agua, o a la coagulación, hidrólisis y solubilización de las proteínas. La gelatinización del almidón, la hidrólisis de las pectinas y la disolución de las hemicelulosas causan también el ablandamiento de los tejidos (Calavera 2004).

Para caracterizar la textura existen básicamente tres formas de procesar la imagen y extraer su información como: los descriptores de frecuencia,

descriptores estructurales y descriptores probabilísticos. El método más común que describe la información de la textura es el enfoque estadístico, la que incluye los métodos estadísticos de primer orden, segundo orden (la que nos interesa porque toma en cuenta la distribución de las intensidades de los píxeles y además su posición espacial sin sacrificar mucho tiempo en los cálculos, siendo el caso de los métodos de órdenes más altos) y órdenes más altos. Dichos métodos analizan la distribución de propiedades específicas de la imagen usando el valor de sus píxeles (Gonzales y Woods 2002).

2.7.5. MATRIZ DE CO-OCURRENCIA DE NIVEL DE GRIS (GLCM)

También llamado Grey Level Co-occurrence Matrix (GLCM), la cual se define como una matriz de frecuencias relativas, en la cual dos píxeles, separados por un vector, ocurre en una imagen, el primero con una intensidad i y el segundo con una intensidad j ; donde, la posición (i, j) indica cuantas veces j co-ocurre con el valor i en alguna relación espacial designada por el vector d , el cual es un vector de desplazamiento (dr, dc) , donde dr es un desplazamiento en filas (hacia abajo), y dc es un desplazamiento en columnas (hacia la derecha). Así, la matriz de co-ocurrencia de tipo asimétrico para una imagen en escala de grises I (Haralick *et al.* 1973), está definida por:

$$P_{\delta}(i, j) = \left| \begin{array}{l} I(r, c) = i \text{ y} \\ |(r, c)| \quad I(r + dr, c + dc) = j \end{array} \right|$$

La dimensión de un GLCM está determinada por el máximo valor de gris de un píxel siendo el número de niveles de grises un factor importante en computación de GLCM. Si hubiera más niveles, significaría más información extraída textural. La complejidad computacional de método GLCM es altamente sensible al número de niveles de grises y es proporcional a O (Clausen 2002).

La Figura 8, ilustra un ejemplo de GLCM, donde la distancia d es definida como 1 y la dirección θ es definida como 0° .

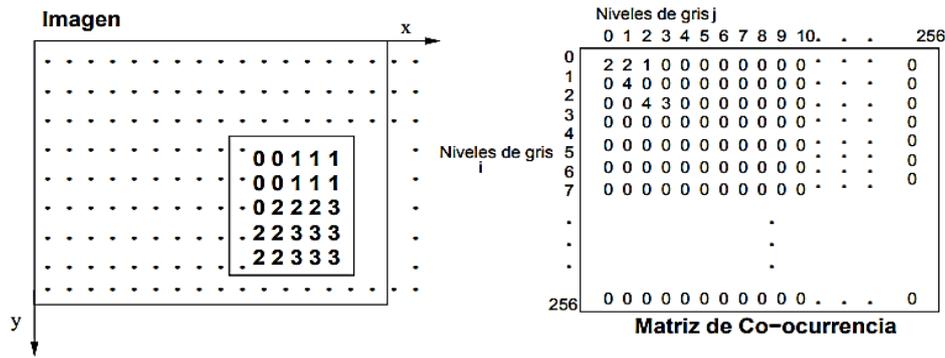


Figura 8. Ejemplo de la matriz GLCM
Fuente: Pérez (2014)

Por otro lado, la GLCM presenta un problema cuando el número de diferentes niveles de gris en una región R incrementa, tornándose difícil manejar la información o usarla directamente, debido a las dimensiones que tendría la matriz. Afortunadamente, la información codificada en la GLCM puede ser expresada por un conjunto de descriptores estadísticos que son relevantes para caracterizar la textura de una imagen. Estos descriptores son extraídos de dando como resultado diferentes tipos de información acerca de su textura (Parker, citado por Pérez (2014)). Tales descriptores pueden ser definidos en el dominio espacial extrayéndolos directamente de la GLCM, o bien pueden ser extraídos en otros dominios de frecuencia.

a. Segundo momento angular o angular second moment (ASM)

Esta estadística también se llama uniformidad. Mide la uniformidad textural que se repite en pares de píxeles en la imagen. Detecta trastornos en las texturas. El ASM alcanza un valor máximo igual a uno. Los valores altos de ASM se producen cuando la distribución del nivel de gris tiene una forma constante o periódica. El ASM tiene un rango normalizado. El GLCM de la imagen menos homogénea tendrá gran cantidad de pequeñas entradas (Gadkari 2004).

$$f_1 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \{P_{\delta}(i, j)\}^2$$

b. Contraste

Es lo opuesto a la homogeneidad. El contraste es una medida de la diferencia entre los valores de intensidad de los píxeles vecinos (Pérez 2014). Esta

estadística mide la frecuencia espacial de una imagen y es la diferencia del momento de GLCM. Es la diferencia entre los valores más altos y bajos de un conjunto contiguo de píxeles. Estas medidas son la cantidad de variaciones locales presentes en la imagen. Una imagen de bajo contraste presenta el término de concentración de GLCM alrededor de la diagonal principal y características bajas frecuencias espaciales (Gadkari 2004).

$$f_2 = - \sum_{k=0}^{n-1} k^2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n P_{\delta}(i, j) \\ |i - j| = k$$

- **Momento inverso de diferencia o Inverse difference moment (IDM)**

También llamado homogeneidad, la cual, al medirla en la imagen, asume valores mayores para diferencias de tono de gris más pequeñas en un par de elementos. Es más sensible a la presencia de elementos cercanos a la diagonal en el GLCM. Eso tiene valor máximo cuando todos los elementos en la imagen son iguales. El IDM disminuye si el contraste aumenta mientras que la ASM se mantiene constante (Gadkari 2004).

$$f_3 = \sum_{i=1}^n \frac{1}{1 + (i - j)^2} P_{\delta}(i, j)$$

- **Entropía (ET)**

Es un término común en termodinámica o mecánica estadística. La entropía es una medida del nivel de desorden en un sistema. Las imágenes que contienen escenas altamente homogéneas tienen una entropía asociada muy baja, mientras que las escenas heterogéneas tienen una medida de entropía muy alta (Pérez 2014). La medida de entropía se obtiene de la siguiente manera:

$$f_4 = - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n P_{\delta}(i, j) \log\{P_{\delta}(i, j)\}$$

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

El trabajo de investigación se llevó a cabo en los laboratorios de aplicaciones de GFPerú S.A.C. y TT Foods, Laboratorio de Ingeniería Sección de Adquisición de Imágenes de Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional del Altiplano y Laboratorio de Evaluación Sensorial de la Facultad de Industrias Alimentarias – UNALM.

3.2. MATERIALES Y EQUIPOS

3.2.1. Insumos

- Aceite vegetal cocinero® Alicorp
- Agua hervida
- Azúcar blanca refinada
- Glodamix Vainillina
- Goma xantan Glodamix Xantan 200
- Harina de trigo sin preparar Nieve®
- Huevos frescos
- Leche polvo descremada (LPD)
- Monoglicérido destilado Glodamix Emul 300®
- Polvo de hornear Royal®
- Sabor mantequilla Glodamix Sabor®
- Sal Demesa®

3.2.2. Materiales

- Bandejas de horneado
- Bolsas de polipropileno alta densidad

- Cuchilla de corte dentado
- Cutter manual
- Moldes de aluminio rectangulares 500 g
- Espátula de goma y pinzas
- Probetas 150 ml PYREX®
- Tabla de corte

3.2.3. Equipos

- Balanza analítica SORES® 250 g +/-0,001 g
- Balanza SORES® 10 kg +/- 0,5 g
- Batidora 5L Oster®
- Calibre digital 150 mm STANLEY®
- Cámara fotográfica digital D7000 4F-S DX con objetivo micro-Nikkor 40 mm NIKON®.
- Computador I Core™ i7-2600 CPU@3,40 GHz
- Cronometro digital
- Horno estacionario casero control de temperatura BOCH®
- Selladora manual 30 cm
- Sistema iluminación LED (4) ALGUI103WCW de 3,1 W 220-240V con temperatura de color 6400 °K equivalente a 103.3 lúmenes.
- Soporte de cámara adaptados

3.2.4. Software

- Camera Control Pro 2 versión 2.8.001
- MATLAB® versión 7.14.0.739 (R2012a)
- STATGRAPHICS Centurion 8.1

3.2.5. Formulación base de premezcla de queque comercial

La formulación del queque comercial desarrollado en el presente trabajo de investigación pertenece a una premezcla de la empresa GFPERU SAC, las cuales se muestra en los Cuadros 8 y 9.

Cuadro 8. Formulación del queque comercial

Insumos	Por ciento (%)	Peso (g)
Pre mezcla tesis	67	1000,0
Huevo	23	343,3
Agua	10	149,3
Total	100	1492,5

Fuente: GFPERU (2013)

Cuadro 9. Formulación de premezcla de la empresa GFPERU SAC

Ingredientes	por ciento	Unidad kg
Harina de trigo	-	100
Azúcar	bs	40
Aceite vegetal	bs	30
Monoglicérido destilado 90 por ciento	bs	5
LPD	bs	3
Polvo de hornear	bs	2
Sal	bs	2
Sabor mantequilla	bt	0,10
Goma Xantan	bs	0,08
Vainillina	bt	0,05

Fuente: GFPERU (2013) y Panipan Group (2013)

bs=base seca. bt=base total

3.3. MÉTODOS DE ANÁLISIS

3.3.1. Volumen

Método volumétrico descrito por Gallegos (2002) donde se toman muestras de 40 ml y se colocan en probetas de 3,55 cm de diámetro interno de una capacidad de 150 ml (obtenidas de probetas de 250 ml que fueron ya cortadas con precisión y anterioridad). Seguido, se colocan en las probetas (3 repeticiones) en el medio de la bandeja del horno. En seguida se hornea por 20 minutos a temperatura constante. Luego, se saca la probeta y se deja enfriar por 15 minutos. Al final, se mide el volumen de los 40 g de masa cocida por diferencia entre el volumen total de la probeta (150 ml) y el volumen no ocupado por la masa cocida. Se

logra medir usando semillas de cañigua y se enraza con la lámina de metal, estos granos se vierten en otra probeta y así se logra medir el volumen del queque (volumen aparente) en forma indirecta restando a 150 ml el volumen de los granos (Anexo 6).

3.3.2. Análisis de imágenes

Método computacional descrito por Vilca (2013). El sistema consta en una caja de color negro con un soporte para la cámara digital modelo NIKON D7000 con objetivo micro Nikkor 40 mm, ubicada verticalmente a 22,5 cm. de distancia de la muestra con un ángulo de 45° entre el eje de la cámara y las fuentes de iluminación LED (Figura 9). El manejo remoto de la cámara se realiza mediante el software Camera Control Pro 2 (versión 2.8.001), conectado al puerto USB de la computadora, las imágenes fueron capturadas a su máxima resolución (4928 x 3264 píxeles). El sistema de iluminación está compuesto por 4 luces LED 3,1W 220-240V 50-60Hz 14mA PF>0.43 6400K que corresponde a 103,3 lúmenes.

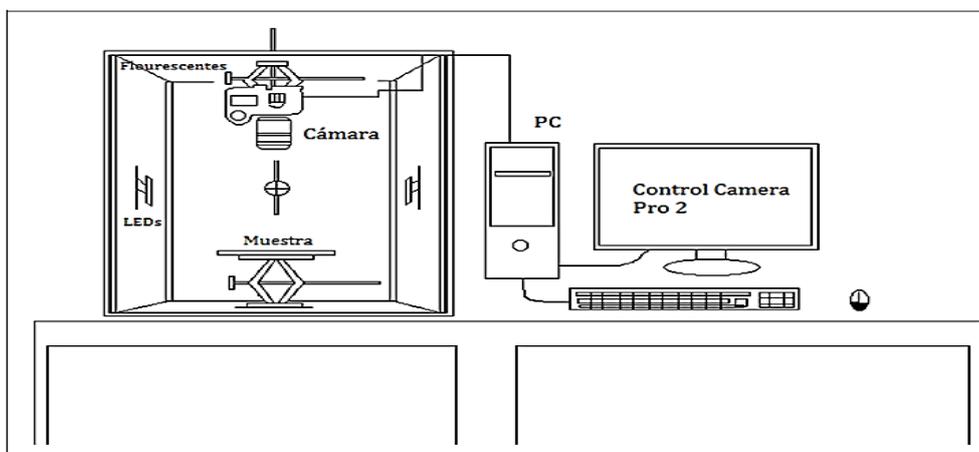


Figura 9. Sistema de adquisición de imágenes

Fuente: Vilca (2013)

A continuación, se presentan los ajustes de disparo realizados en la cámara fotográfica en el proceso de adquisición de imágenes:

- Flash: Apagado obligatorio
- Velocidad ISO: ISO – 100
- Diafragma: f/22
- Modo de medición: Matricial

- Modo de enfoque AF – S
 - Tamaño/Calidad: Buena.
 - Distancia focal: 40 mm
- a) **Preprocesamiento.** Una vez obtenida las imágenes, se comienza a mejorar la calidad de la misma, y para esto se emplean los filtros digitales que eliminan el ruido en la imagen y asimismo pueden aumentar el contraste y la dejan lista para la segmentación (Anexo 7). En el pre-procesamiento se realiza la conversión de las imágenes originales (formato RGB) a escala de grises (1-256) y blanco y negro (0-1) mediante el respectivo código Matlab.
- b) **Segmentación de imágenes.** La imagen preprocesada es segmentada, y es utilizada como una rutina desarrollada en el software MATLAB donde se programó los algoritmos que simuló el proceso de visión biológica (Anexo 8). En la segmentación se realiza con la conversión a blanco y negro mediante la función `Bim_segbau` (Mery 2011), utilizando el canal RGB y el canal G. El valor del umbral (threshold) durante el proceso de segmentación, se genera con base a los resultados del análisis del histograma de la imagen en escala de grises y es constante para todas las muestras. Se realiza también operaciones de dilatación y erosión a fin de determinar con mayor claridad los sectores de interés (área y porosidad).
- c) **Medición o extracción de características.** En esta etapa se realiza la medición de las características de proporción de área del queque características texturales. El código de matlab trabaja sobre toda la muestra, luego del proceso de segmentación determina el sector de interés a través del cálculo del área, la porosidad y restando los sectores que no corresponden a la muestra propiamente dicha (bordes externos).
- d) **Interpretación de resultados.** Finalmente se interpreta las características extraídas de cada corte de queque según el diseño experimental.

3.4. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

Para la ejecución de la investigación se realizó el siguiente procedimiento:

3.4.1. Elaboración del queque

A continuación, se describen las operaciones para la elaboración del queque siguiendo el proceso de la empresa GFPERU SAC (Figura 10):

- a) **Recepción.** En esta etapa, se recepciona todos los insumos y aditivos, los cuales se adecuan para ser pesados.
- b) **Mezcla.** Se pesa y mezcla los polvos secos, luego se hace una mezcla de polvos secos con una batidora de mano por un tiempo de 10 minutos. Seguido se pulveriza el aceite vegetal, donde previamente esta precalentado a 55 °C (minuto) e incorporado el monoglicérido destilado 90 por ciento, continuado se sigue mezclando por 10 minutos más (GFPERU 2013), obteniendo la premezcla que será la muestra del presente trabajo de investigación. Seguido, se envasa en una bolsa de polipropileno (PP), se sella y se rotula según el registro de fecha.
- c) **Batido.** En la segunda etapa se elabora la masa del queque con el apoyo de una batidora manual, adicionando a la premezcla, agua y huevo. Primero, se usa la batidora a una velocidad media por 5 minutos, y luego a una alta velocidad por 10 minutos (Silva 2014).
- d) **Horneado.** La masa cruda se agrega en moldes rectangulares de 500 g y se coloca al horno precalentado a una temperatura de 160 °C por 60 minutos aproximadamente (Panipan Group 2013).
- e) **Enfriado.** Luego del horneado se enfría colocando un ventilador manual hasta alcanzar la temperatura ambiente.
- f) **Envasado.** Seguido se envasa el producto en bolsas de polipropileno, y se pulveriza con una solución de agua-alcohol-preservante y luego se sella, mismas se almacena en una caja.

3.4.2. Determinación computacional de adquisición de imágenes

En la Figura 10, se observa el esquema de un sistema de adquisición de imágenes, que empieza con el montaje de un sistema de visión computacional y captura según (Vilca 2013).

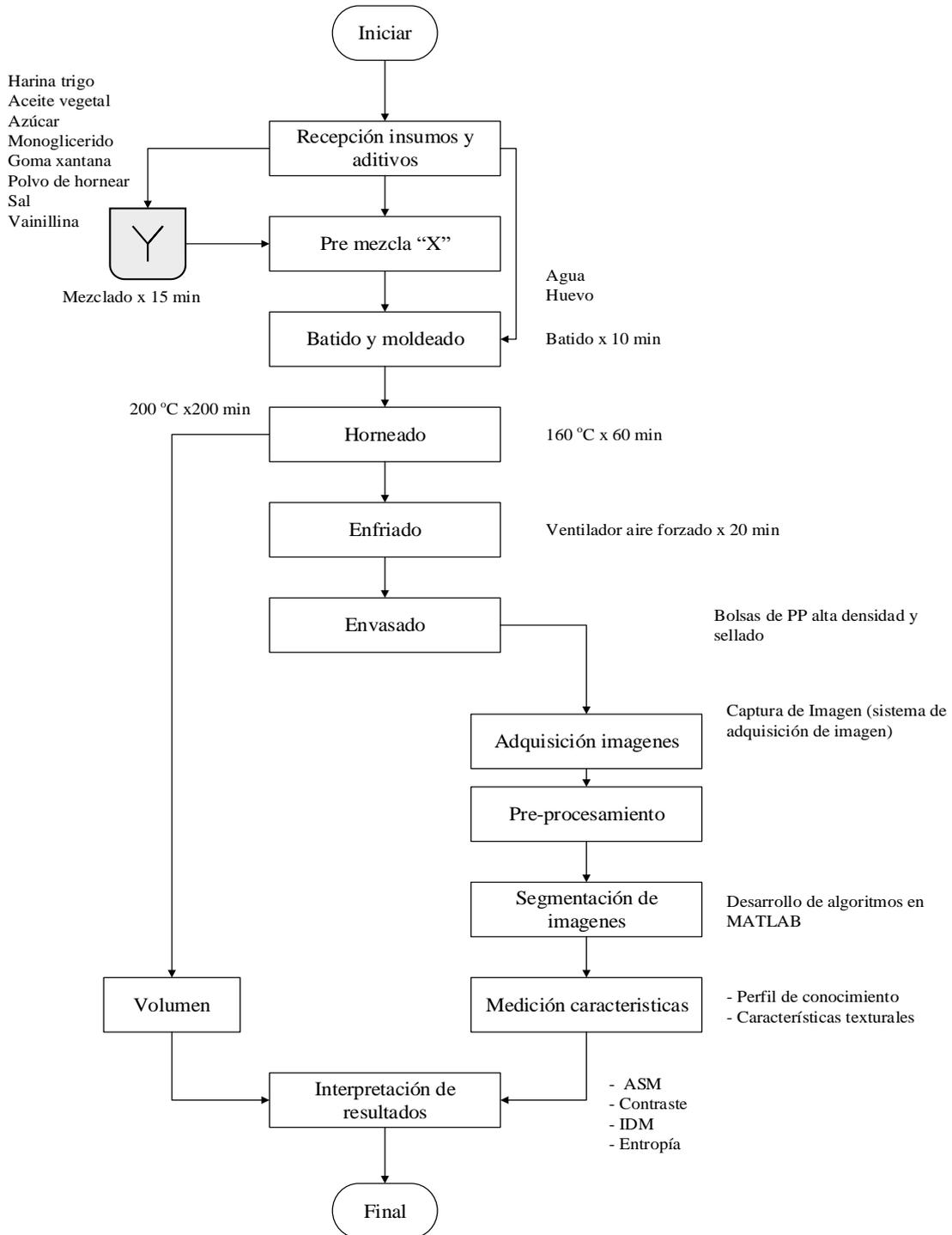


Figura 10. Diagrama de flujo para el estudio del queque comercial

3.4.3. Determinación del perfil de conocimiento

El procedimiento para procesar y analizar las imágenes se basa en el algoritmo desarrollado por Leiva *et al.*, citado por Vilca (2013). En la Figura 11, se presenta las diferentes proporciones que desarrolla el software MATLAB, como lenguaje de programación para encontrar el área y su relación con las imágenes binarias en los queques estudiados.

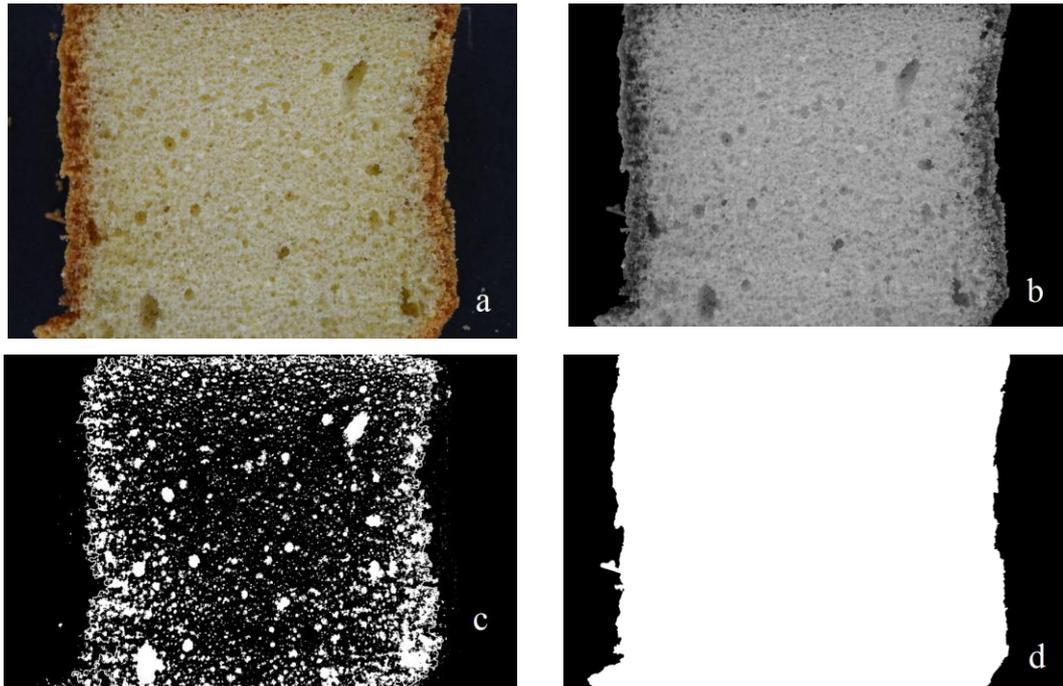


Figura 11. Procedimiento para determinar el perfil de conocimiento: (a) Original, (b) Binaria inicial: grises, (c) Binaria parcial: área total, (d) Binaria total

3.4.4. Determinación de descriptores estadísticos de textura

La metodología utilizada para determinar los descriptores estadísticos de textura, se realiza cuando las imágenes son convertidas a escala de grises con la función $I=rgb2gray$ en una rutina desarrollada en una hoja script del software MATLAB, para luego ir armando GLCM de donde se obtienen las características que describen la textura tales como: ASM, CT, IDM, ET y DF (Haralick *et al.* 1973).

3.4.5. Determinación de los factores que influyen en el volumen del queque

Se determinaron los factores que influyen significativamente en el volumen del queque de acuerdo al diseño experimental propuesto. Se consideraron las variables de estudio: por ciento huevos, por ciento azúcares, por ciento polvos hornear, por ciento monoglicéridos destilados 90 por ciento y por ciento gomas xantana; las variables respuesta: volumen y características texturales (ASM, CT, IDM, ET) y los indicadores: Volumen y las variaciones de los perfiles de volumen.

Se hace un screening aplicando el método Taguchi (Gallegos 2002) considerando los factores: por ciento azúcar, por ciento aceite, por ciento huevo, por ciento polvo de hornear, por ciento monoglicérido destilado 90 por ciento (MD90) y por ciento goma xantana presentando los factores de variabilidad en la formulación del queque con sus respectivos niveles máximos y mínimos (Cuadro 14), los que permitirán aplicar los niveles de arreglo ortogonal $L_{12} (2)^6$ usando la aplicación del método Taguchi ($\alpha = 0,05$) (Cuadro 15).

Cuadro 10. Factores de variabilidad en la formulación de queque

Factores	Niveles por ciento bs	
	MIN	MAX
F ₁ → Monoglicérido destilado 90 por ciento (MD90)	4	7
F ₂ → Huevo	30	80
F ₃ → Aceite	30	50
F ₄ → Azúcar	40	70
F ₅ → Goma xantana	0,05	0,1
F ₆ → Polvo de hornear	2	5
Interacciones entre factores F ₁ – F ₂ → MD90 – Huevo F ₁ – F ₃ → MD90 – Aceite F ₁ – F ₄ → MD90 – Azúcar F ₁ – F ₅ → MD90 – Goma xantana F ₁ – F ₆ → MD90 – Polvo hornear		

Cuadro 11. Arreglo ortogonal $L_{12}(2)^6$ empleando la metodología Taguchi

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	F_1	F_2	$F_1 \times F_2$	F_3	$F_1 \times F_3$	F_4	$F_1 \times F_4$	F_5	$F_1 \times F_5$	F_6	$F_1 \times F_6$
1	4	30		30		40		0,05		2	
2	4	30		30		70		0,1		5	
3	4	30		50		40		0,05		5	
4	4	80		50		40		0,1		5	
5	4	80		30		70		0,1		2	
6	4	80		30		70		0,05		2	
7	7	30		50		40		0,1		2	
8	7	30		50		70		0,05		5	
9	7	30		30		70		0,1		2	
10	7	80		30		40		0,1		5	
11	7	80		50		40		0,05		5	
12	7	80		50		40		0,05		2	

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. DETERMINACIÓN DE LOS FACTORES QUE INFLUYEN EN EL VOLUMEN Y ESPONJOSIDAD DEL QUEQUE

Se determinaron los factores ($p < 0,05$) con las variables independientes del proceso, que influyen significativamente en el volumen del queque. Se aplicó el método Taguchi, donde se presentan 12 formulaciones propuestas (Cuadro 12).

Cuadro 12. Formulaciones de queques, para su evaluación según Taguchi

	MD90	Huevo	Aceite	Azúcar	Goma Xantana	Polvo de hornear
Formulación	F₁	F₂	F₃	F₄	F₅	F₆
1	4	30	30	40	0,05	2
2	4	30	30	70	0,1	5
3	4	30	50	40	0,05	5
4	4	80	50	40	0,1	5
5	4	80	30	70	0,1	2
6	4	80	30	70	0,05	2
7	7	30	50	40	0,1	2
8	7	30	50	70	0,05	5
9	7	30	30	70	0,1	2
10	7	80	30	40	0,1	5
11	7	80	50	40	0,05	5
12	7	80	50	40	0,05	2

En el Cuadro 13 se observa los criterios de análisis para cada uno de los factores:

Cuadro 13. Criterios de análisis para cada factor evaluado

Factor	Criterio
Volumen	Mayor es Mejor
ASM – Uniformidad	Mayor es Mejor
Contraste	Menor es Mejor
IDM – Homogeneidad	Mayor es Mejor
Entropía	Menor es Mejor

4.1.1. DETERMINACIÓN DE VOLUMEN

En el Cuadro 14, se presentan los resultados de volumen obtenidos de las 12 formulaciones según el diseño experimental en estudio:

Cuadro 14. Volúmenes obtenidos de las formulaciones de estudio

F_n	Volúmen (g)
F1	64.00 ± 1.00
F2	76.00 ± 2.00
F3	76.00 ± 1.00
F4	84.00 ± 2.00
F5	88.00 ± 2.00
F6	68.67 ± 0.58
F7	77.00 ± 0.58
F8	79.67 ± 0.58
F9	60.00 ± 1.00
F10	90.00 ± 1.00
F11	100.00 ± 1.00
F12	100.00 ± 1.00

En el Cuadro 15, resultados del ANOVA (análisis de variancia), donde se muestran que los factores: monoglicéridos, huevo, aceite, azúcar, goma xanthan y polvo de hornear ejercen efectos significativos en el volumen, todos estos ingredientes contribuyen de una forma u otra en aportar en volumen; el monoglicérido en facilitar la emulsión de la grasa y mejorar la aireación de la masa, y así mejorar el volumen (Hui *et al.* 2007), del mismo modo, la goma xantana mejora la retención de gas y textura, así como estabilidad, humedad y menos desmoronamiento (Miller y Hosney 1993). Tenemos también el huevo que da estructura y tiene acción emulsificante ayudando a la incorporación de aire y en el horno, el gluten, almidón y el huevo se ponen rígidos y las burbujas de aire subdivididas se inflan más (Potter y Hotchkiss 1999), que al juntarse con el aceite como fuente grasa ayuda a mejorar la emulsión con los ingredientes cubriendo la necesidad de absorción del aire creando una emulsión agua/aceite que en el horneado estabilizan las células de gas mediante pequeños cristales distribuidos a su alrededor contribuyendo al volumen y esponjosidad (Wilderjans *et al.* 2013). El azúcar ayuda con su propiedad higroscópica en mantener la suavidad, promoviendo también la agregación de cristales de grasa y así mejorar la captación de aire durante el batido y su estabilización en el horneado (Beesley 1995). Por último, tenemos el polvo de hornear también contribuye al volumen por su propiedad de liberar dióxido de

carbono en la reacción del ácido y una base débil confiriéndole esponjosidad (Gallegos 2002).

Asimismo, las interacciones entre los ingredientes también influyeron significativamente sobre el volumen.

Cuadro 15. Análisis de varianza del efecto de los ingredientes sobre el volumen

Factor	SC	g.l.	CM	F	p
{1}MD	47,4747	1	47,4747	3388,01	5,216E-157
{2}HUEVO	218,4834	1	218,4834	15591,98	7,217E-245
{3}MD-HUEVO	0,1038	1	0,1038	7,41	0,00690237
{4}ACEITE	27,0329	1	27,0329	1929,19	1,445E-126
{5}ACEITE-MD	2,9806	1	2,9806	212,71	4,1295E-36
{6}ACEITE-HUEVO	10,3872	1	10,3872	741,28	3,6987E-80
{7}AZUCAR	3,1005	1	3,1005	221,27	3,7222E-37
{8}AZUCAR-MD	2,8946	1	2,8946	206,57	2,385E-35
{9}XANTAN	14,6582	1	14,6582	1046,08	6,9744E-96
{10}XANTAN-MD	120,5687	1	120,5687	8604,34	4,468E-210
{11}POLVO HORNEAR	65,4204	1	65,4204	4668,70	5,592E-175
Residual	3,8675	276	0,0140		

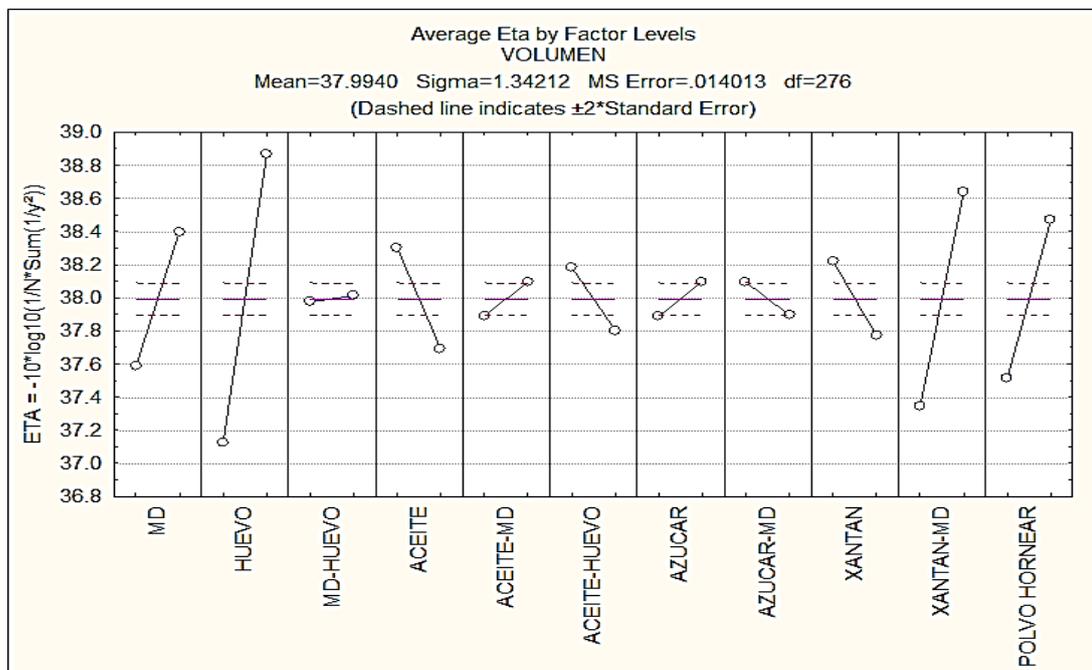


Figura 12. Valores Señal Ruido para el Volumen

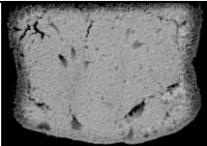
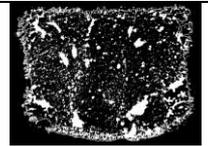
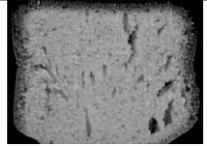
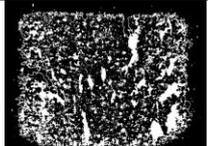
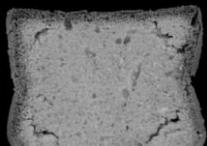
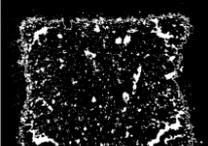
En la Figura 12, se observa que los factores de mayor pendiente como el huevo y el polvo de hornear, y la interacción de goma xanthan-monoglicérido maximizan la robustez SR, influyendo bastante en volumen del queque. La fórmula propuesta para maximizar la robustez se recomendó utilizar el factor monoglicérido, huevo, polvo de hornear y azúcar en su nivel alto y los factores aceite y goma xanthan en su nivel bajo, lo que se concretó en una propuesta optima (Cuadro 16 y Anexo 10).

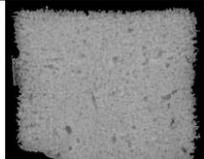
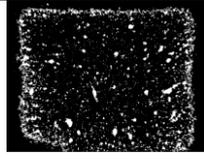
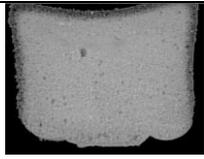
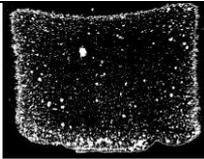
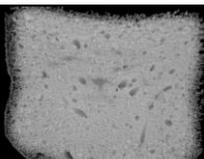
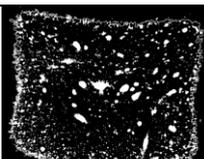
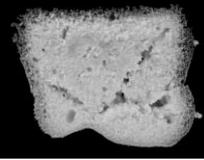
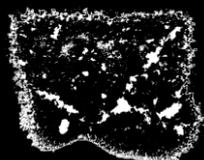
Cuadro 16. Combinación óptima para el volumen con el criterio de mayor es mejor

Ingrediente / Descriptor	Volumen (porcentaje)
Criterio de análisis	Mayor es mejor
Huevo	80
Aceite	30
Azúcar:	70
Goma Xanthan	0,05
Polvo de hornear	5

4.1.2. DETERMINACIÓN DE LOS DESCRIPTORES ESTADÍSTICOS DE TEXTURA

Los cambios en las características de textura fueron evaluados de acuerdo a la variación de la escala de grises de las imágenes de las 12 formulaciones según plantea Gadkari (2000), tal como se presenta en la Figura 13.

	Imagen original (a)	Imagen grises (b)	Imagen binaria (c)	Área total (d)
F1				
F2				
F3				

F4				
F5				
F6				
F7				

...continua

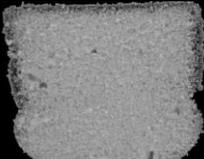
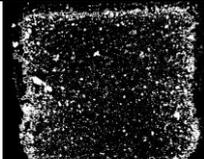
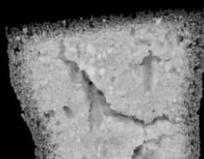
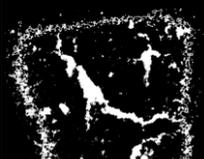
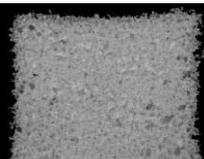
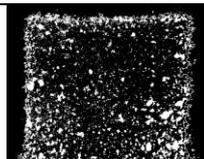
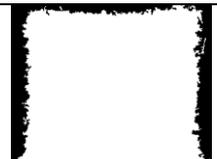
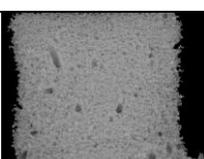
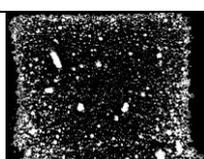
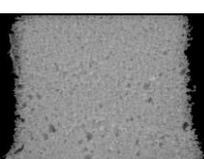
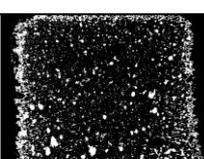
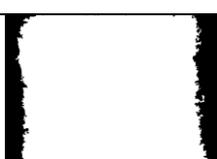
F8				
F9				
F10				
F11				
F12				

Figura 13. Resultados de la determinación de las características de textura en las porciones de queque

Seguido, se determinó los descriptores estadísticos de textura como son: ASM (uniformidad), contraste (heterogeneidad), IDM (homogeneidad) y entropía (Cuadro 17).

Cuadro 17. Resultados de los descriptores estadísticos de textura

F_n	ASM (uniformidad)	Contraste (heterogeneidad)	IDM (homogeneidad)	Entropía
F1	0,30741 ± 0,067	0,19515 ± 0,038	0,92364 ± 0,014	1,84362 ± 0,181
F2	0,29634 ± 0,052	0,17677 ± 0,029	0,92871 ± 0,011	1,80525 ± 0,197
F3	0,32650 ± 0,056	0,16897 ± 0,025	0,93080 ± 0,010	1,70433 ± 0,150
F4	0,37526 ± 0,056	0,15251 ± 0,028	0,93503 ± 0,012	1,45922 ± 0,229
F5	0,39037 ± 0,041	0,15152 ± 0,030	0,93614 ± 0,013	1,47915 ± 0,092
F6	0,41700 ± 0,072	0,13447 ± 0,029	0,94272 ± 0,013	1,42007 ± 0,180
F7	0,29444 ± 0,032	0,18303 ± 0,039	0,93181 ± 0,013	1,83580 ± 0,113
F8	0,31375 ± 0,028	0,18352 ± 0,028	0,92297 ± 0,012	1,63254 ± 0,054
F9	0,24186 ± 0,048	0,19229 ± 0,025	0,92491 ± 0,009	1,99903 ± 0,134
F10	0,29231 ± 0,053	0,17830 ± 0,032	0,92646 ± 0,012	1,73467 ± 0,243
F11	0,30931 ± 0,039	0,17467 ± 0,021	0,92754 ± 0,008	1,62193 ± 0,177
F12	0,33834 ± 0,062	0,17212 ± 0,030	0,92679 ± 0,013	1,56649 ± 0,210

Los resultados del ANOVA sobre el ASM (Cuadro 18) demostraron que los factores más significativos con el criterio “mayor es mejor” son el monoglicérido, huevo, azúcar y goma xantán, que se producen cuando la distribución del nivel de gris tiene una forma constante o periódica y sus valores altos (Gadkari 2004) mientras que el aceite, y el polvo de hornear no influyeron significativamente. Además, las interacciones del monoglicérido con el huevo y azúcar también influyeron significativamente sobre la ASM (Anexo 11). Con esta información podríamos tener una relación inversamente proporcional de la inclusión de los monoglicéridos y goma xantán con el aceite al ser propuesto por Hui *et al.* (2007) como un reemplazante total o parcial de las grasas, en productos sustitutos y/o extensores de grasas.

Cuadro 18. Análisis de Varianza del Efecto de los ingredientes sobre la ASM

Factor	SC	g.l.	CM	F	p
{1}MD	140,1769	1	140,1769	69,22464	0,000000
{2}HUEVO	163,4725	1	163,4725	80,72889	0,000000
{3}MD-HUEVO	43,1697	1	43,1697	21,31883	0,000006
{4}ACEITE	0,0795	1	0,0795	0,03925	0,843100
{5}ACEITE-MD	6,7104	1	6,7104	3,31384	0,069782
{6}ACEITE-HUEVO	0,4061	1	0,4061	0,20056	0,654623
{7}AZUCAR	45,2874	1	45,2874	22,36462	0,000004
{8}AZUCAR-MD	25,2344	1	25,2344	12,46169	0,000487
{9}XANTAN	15,8654	1	15,8654	7,83494	0,005486
{10}XANTAN-MD	1,9583	1	1,9583	0,96709	0,326269
{11}POLVO HORNEAR	2,9582	1	2,9582	1,46087	0,227826
Residual	558,8879	276	2,0250		

Los resultados del ANOVA sobre del contraste (CT) e (IDM), indica que los factores monoglicérido, huevo, aceite y azúcar influyen significativamente, mientras que el aceite y polvo de hornear no lo hacen (Cuadro 19 y 20). En el anexo 12 y 13, se aprecia que los monoglicéridos, el huevo, el aceite y el azúcar ejercen efectos significativos sobre el IDM que tiene valor máximo cuando todos los elementos en la imagen son iguales y disminuye si el contraste aumenta, mientras que la ASM se mantiene constante (Gadkari 2004), característica que coincide con las propiedades del monoglicérido en reducción del tamaño del alveolo (Tejero 2018), pero no la homogeneidad del tamaño de la miga (DANISCO 2006). Asimismo, la interacción del monoglicérido con el huevo también influyó significativamente sobre la Homogeneidad.

Cuadro 19. Análisis de Varianza del efecto de los ingredientes sobre el contraste

Factor	SC	g.l.	CM	F	p
{1}MD	68,1404	1	68,1404	27,99647	0,000000
{2}HUEVO	103,7442	1	103,7442	42,62482	0,000000
{3}MD-HUEVO	24,9171	1	24,9171	10,23756	0,001537
{4}ACEITE	14,4017	1	14,4017	5,91714	0,015630
{5}ACEITE-MD	1,3857	1	1,3857	0,56935	0,451162
{6}ACEITE-HUEVO	7,5753	1	7,5753	3,11243	0,078803
{7}AZUCAR	21,0287	1	21,0287	8,63995	0,003567
{8}AZUCAR-MD	0,2400	1	0,2400	0,09863	0,753721
{9}XANTAN	1,4432	1	1,4432	0,59295	0,441938
{10}XANTAN-MD	0,0046	1	0,0046	0,00188	0,965447
{11}POLVO HORNEAR	1,9112	1	1,9112	0,78524	0,376314
Residual	671,7543	276	2,4339		

Cuadro 20. Análisis de Varianza del efecto de los ingredientes sobre el IDM

Factor	SC	g.l.	CM	F	p
{1}MD	0,231551	1	0,231551	19,38491	0,000015
{2}HUEVO	0,175964	1	0,175964	14,73131	0,000154
{3}MD-HUEVO	0,101765	1	0,101765	8,51949	0,003803
{4}ACEITE	0,138559	1	0,138559	11,59982	0,000758
{5}ACEITE-MD	0,003012	1	0,003012	0,25217	0,615950
{6}ACEITE-HUEVO	0,012402	1	0,012402	1,03824	0,309124
{7}AZUCAR	0.059141	1	0,059141	4,95112	0,026882
{8}AZUCAR-MD	0.013102	1	0,013102	1,09683	0,295880
{9}XANTAN	0.001910	1	0,001910	0,15993	0,689526
{10}XANTAN-MD	0.006723	1	0,006723	0,56283	0,453759
{11}POLVO HORNEAR	0.035534	1	0,035534	2,97482	0,085689
Residual	3,296795	276	0,011945		

Para la entropía se muestra que los monoglicéridos, huevo, azúcar y goma xantan ejercen efectos significativos (Cuadro 21). Por otro lado, las interacciones del monoglicéridos con huevo, aceite y azúcar influyeron significativamente (Anexo 14).

Cuadro 21. Análisis de Varianza del Efecto de los ingredientes sobre la Entropía

Factor	SC	g.l.	CM	F	p
{1}MD	27,2235	1	27,2235	32,8879	0,000000
{2}HUEVO	135,5696	1	135,5696	163,7776	0,000000
{3}MD-HUEVO	10,8289	1	10,8289	13,0821	0,000354
{4}ACEITE	0,2194	1	0,2194	0,2651	0,607063
{5}ACEITE-MD	9,7357	1	9,7357	11,7614	0,000697
{6}ACEITE-HUEVO	2,0006	1	2,0006	2,4168	0,121182
{7}AZUCAR	24,9664	1	24,9664	30,1612	0,000000
{8}AZUCAR-MD	12,8709	1	12,8709	15,5489	0,000102
{9}XANTAN	5,5602	1	5,5602	6,7171	0,010058
{10}XANTAN-MD	0,0190	1	0,0190	0,0230	0,879539
{11}POLVO HORNEAR	1,0856	1	1,0856	1,3115	0,253113

De la Figura 14, los factores de mayor pendiente maximizan la robustez S/R, esto se puede observar cuando se hace la propuesta de la fórmula donde se recomienda utilizar el factor huevo, aceite y azúcar en su nivel alto y los factores monoglicérido, en su nivel bajo. Para el caso del factor ASM, la goma xantan entrega su máxima robustez S/R en su nivel bajo, mientras que para el caso del factor IDM, el polvo de hornear obtiene su máxima robustez S/R en su mínimo nivel, aunque no tiene ningún efecto significativo frente a los factores

estadísticos de textura, mientras que sí tienen significancia sobre el volumen (Miller y Hosney 1993, Picas y Vigata 1997, Lee *et al.* 2014). Esto se concreta con una propuesta óptima en el Cuadro 22.

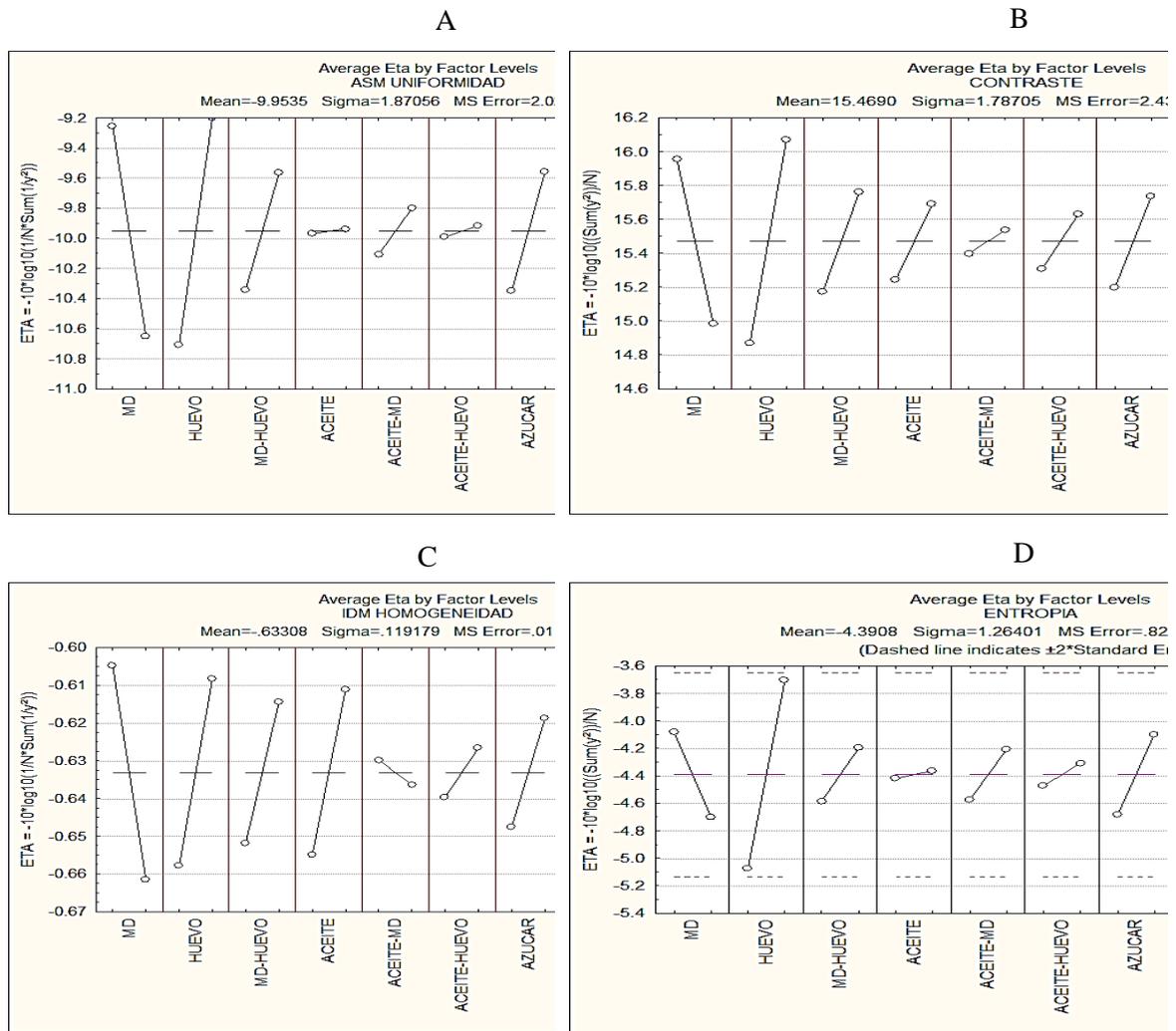


Figura 14. Valores Señal Ruido para (A) ADM, (B) Contraste, (C) IDM, (D) Entropía

En el Cuadro 22, se presenta el resumen de las combinaciones óptimas de acuerdo a las mejores condiciones de ASM, Contraste, IDM y Entropía. También se presenta la combinación óptima general en la última columna, la que se escoge por conveniencia con la empresa.

Cuadro 22. Resumen de la combinación óptima de los descriptores estadístico de textura

Ingrediente / Descriptores estadísticos	ASM por ciento	Contraste por ciento	IDM por ciento	Entropía por ciento	Optimo por ciento
Criterio de análisis	Mayor es mejor	Menor es mejor	Mayor es mejor	Menor es mejor	
Monoglicérido	4	4	4	4	4
Huevo	80	80	80	80	80
Aceite	30	50	50	30	50
Azúcar	70	70	70	70	70
Goma Xantan	0,05	0,05	0.05	0,05	0,05
Polvo de Hornear	2	2	2	5	2

Después de evaluar estadísticamente los descriptores volumen y textura observados en los Cuadros 16 y 22 se puede obtener un cuadro resumen (Cuadro 23) donde se observa los ingredientes significativos en la fórmula de queque estudiado donde los monoglicéridos, huevo y azúcar tienen efecto significativo en la uniformidad, heterogeneidad, homogeneidad, entropía y volumen de la miga de los queques comerciales. Esto no ocurre en su totalidad para el aceite, goma xantan y polvo de hornear.

Cuadro 23. Resumen de ingredientes de la formulación que tienen efecto significativo

Ingredientes	Análisis de imágenes				Volumen
	ASM	Contraste	IDM	Entropía	Volumen
MD	X	X	X	X	X
Huevo	X	X	X	X	X
Aceite	-	X	X	-	X
Azúcar	X	X	X	X	X
Goma xantan	X	-	-	X	X
Polvo de hornear	-	-	-	-	X

Cada ingrediente usado tiene efecto en el volumen, altura y contracción en la miga del queque (Miller y Hosenev 1993) pero su relación entre ellos y sus dosis pueden aumentar o retrasar su rendimiento, como el caso de reemplazar el aceite; que contribuye a mezclar los ingredientes y a cambiar de textura, por competir con el monoglicérido por su efecto suavizante (Picas y Vigata 1997). La goma xantan, tienen relación con el huevo, por sus propiedades funcionales como la unión al agua, la capacidad emulsionante, y la mejora en

la textura (Lee *et al.* 2014). La significancia del azúcar se debería por su capacidad ablandadora e higroscópica (Quaglia 1991).

4.1.3. DETERMINACIÓN DE FACTORES POR PRUEBA DE ACEPTABILIDAD

En el Cuadro 24, se presentan las combinaciones óptimas del análisis de imagen y del volumen obtenidos del Cuadro 19 y el Cuadro 21 respectivamente.

Cuadro 24. Resumen de las combinaciones óptimas del análisis Taguchi

	Análisis de imágenes (porcentaje) Formulación A	Volumen (porcentaje) Formulación B
Monoglicérido	4	7
Huevo	80	80
Aceite	50	30
Azúcar:	70	70
Goma Xantán	0,05	0,05
Polvo de Hornear	2	5

Los queques hechos a partir de las formulaciones A y B que se observan en la Figura 15 se sometieron a evaluación sensorial utilizando un panel de 80 potenciales consumidores para cada muestra (Anexo 9). Los consumidores fueron de distintas edades (16-66 años) predominando los jóvenes (16-30 años).

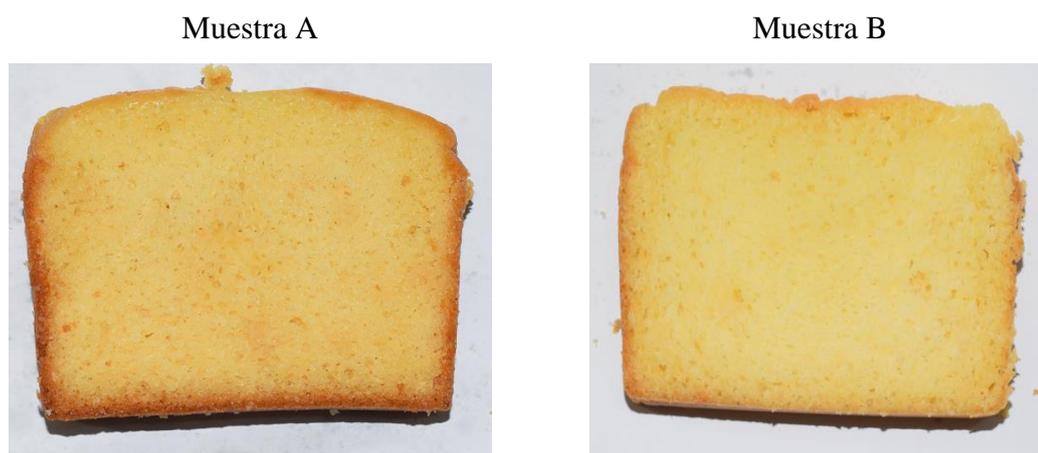


Figura 15. Muestra A y B para evaluación sensorial de aceptabilidad de consumidores

Cuadro 25. Resultados de evaluación sensorial de aceptabilidad de muestras A y B

	Muestra A	Muestra B
Nro de muestras	88	91
Promedio	13.2057	12.6857
Desviación estándar	8.51225	9.91682
Coefficiente de variación	64.459	78.1731
Mínimo	0.6	4
Máximo	87	102
Rango	86.4	98
Sesgo estandarizado	28.981	32.156
Curtosis estandarizado	127.442	146.183

En el Cuadro 25, se presentan los resultados obtenidos, donde el puntaje promedio de las muestras A y B fueron de 13,2057 y 12,6857 respectivamente, siendo altos, indicando una gran aceptabilidad, por estar cercano al extremo “me gusta mucho” en la ficha de evaluación (Anexos 20 y 21).

El resultado según el estadístico $t = 0,375858 > \alpha$ (nivel de significancia=0,05) se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, esto significa que no existe diferencias estadísticamente significativas entre las fórmulas A y B para los consumidores. Lo que indica una clara relación inversa entre el monoglicérido y el aceite (Picas y Vigata 1997, Tejero 2018).

V. CONCLUSIONES

- Se determinó que todos los ingredientes de la formulación tienen efecto significativo sobre el volumen.
- Se logró obtener dos formulaciones de la premezcla comercial para queques mediante la metodología Taguchi que mejoró la esponjosidad y volumen del producto, la primera a partir del análisis de imágenes, constituida por: monoglicérido (4,0 por ciento), huevo (80,0 por ciento), aceite (50,0 por ciento), azúcar (70,0 por ciento), goma xantano (0,05 por ciento) y polvo de hornear (2,0 por ciento), que mejoró la esponjosidad y el volumen de queques. Y la segunda por medición de volumen, constituida por: monoglicérido (7,0 por ciento), huevo (80,0 por ciento), aceite (30,0 por ciento), azúcar (70,0 por ciento), goma xantano (0,05 por ciento) y polvo de hornear (5,0 por ciento), que mejoró la esponjosidad y el volumen de queques.
- Se confirmó que la dualidad aceite y monoglicérido contribuyen en la obtención de la mejor textura del queque, mezclando distintos ingredientes el primero y suavizando el segundo, mostrando una relación inversamente proporcional al comparar las dos formulaciones óptimas y generando un rango de aplicación de 4,0 – 7,0 por ciento de monoglicérido y de 30 – 50 por ciento de aceite.
- La misma cantidad de goma xantano, huevo y azúcar en ambas formulaciones óptimas los convierten en factores que contribuyen en la esponjosidad y volumen.
- El polvo de hornear tuvo efecto significativo en la obtención de la fórmula óptima que maximiza el volumen del queque, y no en la obtenida a partir del análisis de imágenes.
- Aplicando el análisis de imágenes, se determinó que los ingredientes monoglicérido, huevo y azúcar tienen efecto significativo sobre la uniformidad, heterogeneidad, homogeneidad y entropía del queque.
- Por los contrastes estadísticos encontrados en el screening, hay 2 formulaciones A y B, que fueron sometidas a una evaluación de aceptabilidad con 80 consumidores donde el resultado según el estadístico $t = 0,375858 > \alpha$ (nivel de significancia=0,05), se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, indicando que no existe diferencias estadísticamente significativas entre las fórmulas A y B para los consumidores.

VI. RECOMENDACIONES

- Determinar la porosidad mediante análisis de imágenes y correlacionarla con la porosidad directa, buscando una metodología que elimine el sesgo.
- Evaluar la harina de trigo en relación a la mejora de las características texturales y porosidad.
- Correlacionar los datos obtenidos por análisis de imágenes con el análisis de textura física TPI y Uniaxial.
- Identificar un descriptor estadístico de textura que evalúe frescura.
- Evaluar el efecto de niveles de monoglicérido en la formulación óptima obtenida versus el tamaño de alveolos generado.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AACC International Methods. sf. AACC International Approved Methods of Analysis, 11th Ed. Baking Quality of Cake Flour. (AACC International) Recuperado el 05 de Octubre de 2018, de <http://methods.aaccnet.org/methodnumbering.aspx>
- Abdullah, MZ. 2016. Image Acquisition Systems. En D. Sun, Computer vision technology for food quality evaluation (2da. ed, 3-40 pp). Penang: Elsevier .
- Al, ZE. 2014. Principles, developments and applications of computer vision for external quality inspection of fruits and vegetables: A review. Food Research International, 62, 326-343. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.03.012>
- Arteaga, GE; Li-Chan, E; Vazquez-Arteaga, MC; Nakai, S. 1994. Systematic experimental designs for product formula optimization. Trends in Food Science & Technology, 5(8), 243-254. [https://doi.org/10.1016/0924-2244\(94\)90017-5](https://doi.org/10.1016/0924-2244(94)90017-5)
- ASQ (American Society for Quality). 2018. GENICHI TAGUCHI: Innovative Methods and Techniques. USA, 1 p. En: <https://asq.org/about-asq/honorary-members/taguchi>
- Beesley, P. 1995. Sugar functionality reviewed. Food Technol Int Eu, 87-89.
- Brennan, J. 2008. Manual del procesado de alimentos. Editorial Acribia S.A. Zaragoza, 606 p.
- Calavera C, J. 2004. Nuevo tratado de panificación y bollería (2da. ed.). España: 525 p.
- Carrero, P; Armendariz, J. 2019. Elaboraciones de pastelería y repostería en cocina. 2da. ed. Ediciones Paraninfo SA. Madrid, 307 p.
- Castleman, K. 1996. Digital image processing. Englewood Cliffs, N.J. : Prentice-Hall. Englewood Cliffs. New Jersey-United States. 696 p.
- Clausi, D. 2002. An analysis of co-occurrence texture statistics as a function of grey level quantization. Canadian Journal of Remote Sensing, 28, 45-62 pp.
- CODEX ALIMENTARIUS. 2016. NORMA PARA LA HARINA DE TRIGO CODEX STAN 152-1985. Recuperado el 20 de Octubre de 2018, de http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/es/?lnk=1&url=http%3A%2Fpor%2Fworkspace.fao.org%2Fsitespor%2Fcodexpor%2Fstandardspor%2FCODEXpor%2BSTANpor%2B152-1985por%2FCXS_152por%2B.pdf
- Cuevas, E; Zalvivar, D; Perez, M. 2010. Procesamiento digital de imágenes usando MATLAB y Simulink (1era. ed.). Mexico: Alfaomega Grupo Editor S.A.: pp.77-78
- DANISCO. 2006. Suavidad de la miga y aumento de la vida útil. (TM 1014-4s). Mexico. 18 p.

- Du, C; Sun, D. 2004. Recent developments in the applications of image processing techniques for food quality evaluation. Irlanda. *Trends in Food Science & Technology*, 15(5), 230-249 pp. En: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2003.10.006>
- El, VA. 2000. Optimización de formulaciones para productos dietéticos de pastelería. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 50(1), 62-68 pp. Recuperado el 18 de enero de 2023, de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222000000100008&lng=es&tlng=es.
- Gadkari, D. 2004. *Image Quality Analysis Using Glim*. University of Central Florida. Florida: Stars. Obtenido de: <https://stars.library.ucf.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1186&context=etd>
- Gallart, F; Pardini, G. 1996. Perfilu: Un programa para el analisis de la rugosidad de perfiles microtopograficos mediante el estudio de la geometria fractal. IV Reunión de Geomorfología. Coruña: Grandal d'Anglade, A. y Pagés Valcarlos, J., Eds.
- Gallegos L, S. 2002. Diseño y desarrollo de cup-cakes elaborado a partir de torta de castañas (*Bertholletia excelsa* H.B.K.). TESIS, UNALM FIAL, Lima, 87 p.
- Gallegos, G; Leal, J; Rojas, E; Martinez, E. 2011. Obtención de la curva de retención mediante el análisis de imagen y el modelo probabilista. *Revista de la Construcción*, 10(3), 75-85 pp.
- Garcia M, G. 2018. Gines Garcia Mateo. Murcia, España, 4 p. Obtenido de: <http://dis.um.es/profesores/ginesgm/pi.html#apuntes>
- Garti, N; Leser, ME. 2001. Emulsification properties of hydrocolloids. *Polymers for advanced Technologies*, 12(1-2), 123-135 pp. [https://doi.org/10.1002/1099-1581\(200101/02\)12:1/2<123::AID-PAT105>3.0.CO;2-0](https://doi.org/10.1002/1099-1581(200101/02)12:1/2<123::AID-PAT105>3.0.CO;2-0)
- GFPERU (Global Food Perú). 2013). Base de datos de formulas comerciales de GFPERU. Reportes del de area de I+D, GFPERU, Lima. Recuperado el 2013
- Gonzales, R; Woods, R. 2002. *Digital Image Processing* (2da. ed.). New Jersey: Prentice Hall.
- Gonzalez M, ME. 2021. Técnicas de procesamiento de imágenes aplicadas al monitoreo de procesos alimentarias. Tesis Magister en Ingeniería Química, Universidad de la Republica, Facultad de Ingenieria , Montevideo - Uruguay. 15 de Enero de 2023, En: <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/26835/1/GON21.pdf>
- Haralick, R; Shanmugam, K; Dinstein, I. 1973. Textural Features for image classification. *SMC-3*(6), 610-621 pp. Obtenido de <http://haralick.org/journals/TexturalFeatures.pdf>
- He, HH; Zheng, C; Sun, D. 2016. Image Segmentation Techniques. En D. Sun, *Computer vision technology for food quality evaluation*. 2da. ed, 45-61 pp. Elsevier.
- Hernandez, A; De La Paz, M; Garcia, L. 2015. La metodología de Taguchi en el control estadístico de la calidad. (C. d.U. Sur, Ed) *Investigación Operativa*, XXIII(37), 65-83 pp. Recuperado el 10 de Septiembre de 2018, de <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/epio/article/viewFile/11986/12697>

- Hui, YH; Corke, H; Leyn, ID; Nip, WK; Cross, N. 2007. Bakery Products: Science and Technology. Blackwell Publishing. 575 p. <https://doi.org/10.1002/9780470277553>
- Huy, Y; De Leyn, I; Nip, W; Cross, N. 2006. Bakery Products Science and Technology (Vol. 2). IEH (Instituto de Estudios del Huevo). 2003. El libro del huevo (2da. ed.). Madrid, España: Instituto de Estudios del Huevo. Recuperado el 10 de Octubre de 2018, de <http://institutohuevo.com/wp-content/uploads/2017/07/EL-LIBRO-DEL-HUEVO.pdf>
- Imeson, A. 1999. Thickening and Gelling Agents for Food. (2da ed. Aspen). Gaithersburg, MD: Publishers Inc.
- INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática). 2022. Informe Técnico Producción Nacional. INEI. Lima: INEI. Recuperado el 12 de Enero de 2023. En: <https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/04-informe-tecnico-produccion-nacional-feb-2022.pdf>
- Kiosseoglou, V; Paraskevopoulou, A. 2014. Eggs. Bakery products science and technology, Chapter 13. Eggs: pp 243-258. <https://doi.org/10.1002/9781118792001.ch13>
- Lai, H; Lin, T. 2007. Bakery products: science and technology. Bakery products: Science and technology, pp 1-65. <https://doi.org/10.1002/9780470277553>
- Lai, H; Lin, T. 2005. Bakery Products. En Handbook of Food Science, Technology, and Engineering (Vol. 4 Vol Set). Boca Raton FL CRC Press.
- Latham, MC. 2002. NUTRICIÓN HUMANA EN EL MUNDO. Recuperado el 12 de Feb de 2019, de Cap 29 Carne, pescado, huevos, leche y productos derivados: <http://www.fao.org/3/w0073s/w0073s0x.htm>
- Lechevalier, V; Anton, M.; Croguennec, T; Nau, F. 2011. (Y. Nys, M. Bain, & F. Van, Edits.) Food Science, 538-581. doi:<https://doi.org/10.1533/9780857093912.4.538>
- Lee, LY; Chin, NL; Lim, CH; Yusof, YA; Talib, RA. 2014. Saturated distilled monoglycerides variants en gel-form cake emulsifiers. Agriculture and Science Procedia, 2, 191-198.
- León, K; Mery, D; Pedreschi, F; León, J. 2006. Color measurement in L*a*b units from RGB digital images. Food Research International(39), 1084-1091 pp. Obtenido de <https://pdfs.semanticscholar.org/74d2/fd52d71a0e80febed81e1093846d6bbb837c.pdf>
- Lopez I, M. 2017. Cocina para lerdos: las leyes del bizcocho. *Bizcochuelo*. Lima. Recuperado el 4 de octubre de 2018, de <https://es.wikipedia.org/wiki/Bizcochuelo>
- Mary, D. 2001. Domingo Mery: Balu Toolbox Matlab. Recuperado el 10 de diciembre de 2018, de Domingo Mery: Balu Toolbox Matlab : <http://dmery.ing.puc.cl/index.php/balu>
- Masco, R. 1996. Manual para la aplicación del método de taguchi en la ingeniería de la calidad y el diseño de experimentos industriales. Rosario, Argentina: UNR Editora ISBN 950-673-131-4.
- Mery, D. 2011. BALU: A Matlab toolbox for computer vision, pattern recognition and image processing. Software available at <http://dmery.ing.puc.cl/index.php/balu>

- Mery, D; Arteta, C. 2017. Automatic Defect Recognition in X-ray Testing using Computer Vision. Conference on Applications of Computer Vision (WACV) (págs. 1026-1035). IEEE. doi:DOI 10.1109/WACV.2017.119
- Mery, D; Pedreschi, F. 2005. Segmentation of colour food images using a robust algorithm. *Journal of Food Engineering* 66, 353–360. Recuperado el 02 de Octubre de 2018, de <http://dmery.sitios.ing.uc.cl/Prints/ISI-Journals/2005-JFoodEng-Segmentation.pdf>
- Miller, RA; Hosney, RC. 1993. The role of xanthan gum in white layer cakes. United States. U.S.A Cereal Chemistry, 70(5). pp 585-588. <http://pascal-francis.inist.fr/vibad/index.php?action=getRecordDetail&idt=3834573>
- Moiraghi, E. 2005. Análisis de la aptitud de trigos pan para la elaboración de galletitas y bizcochos. *Agriscientia*, XXII (2), 47-54.
- Morales R, CA. 2008. Clasificación de calidad sensorial de papas fritas tipo chips mediante visión computacional. Tesis para optar al título de Ingeniero en Alimentos. Universidad de Chile. 85 p. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/105278>.
- Nashat, S; Abdullah, M. 2016. Quality evaluation of bakery products. Computer vision technology for food quality evaluation, 525-589 pp. El 10 de octubre de 2018. En: <https://books.google.com.pe/books?id=cM8cCwAAQBAJ&pg=PA601&lpg=PA601&dq=mERY+Y+PEDRESCHI+2005&source=bl&ots=dnV2YD8ypn&sig=Yn0b4bPlsGuastWb994zNFCQVeI&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwi21oSw6feAhXFwFkKHQfhCrAQ6AEwBXoECAgQAQ#v=onepage&q&f=false>
- Panipan Group SAC. 2013. Informes de producción del 2013. PS2514-06. PANISELVA SAC, Lima-Perú, 6 p.
- Pedreschi, F; León, J; Mery, D; Moyano, P. 2007. Color development and acrylamide content of pre-dried potato chips. *Journal of Food Engineering* 79(79), 786–793 pp.
- Pedreschi, F; Moyano, P. 2005. Effect of pre-drying on texture and oil uptake of potato chips. *LWT-Food Science and technology*, 38(6), 599-604.
- Phillips, GO; Williams, PA. 2009. Handbook of hydrocolloids. (Eds.). Elsevier. 2da edición. Woodhead Publishing. Washington-United States. U.S.A. 902 p. En: [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=3k-kAgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Sworn,+G.+2009.+Handbook+of+hydrocolloids.+Xanthan+gun+\(2da.\).+\(G.+Phillips,+por+ciento26+P.+Williams,+Edits.\)+CRC+Press.&ots=e6I8s2UpIf&sig=bkAHgBcpGpMybw5GsFL6CQ-rQlc#v=onepage&q&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=3k-kAgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Sworn,+G.+2009.+Handbook+of+hydrocolloids.+Xanthan+gun+(2da.).+(G.+Phillips,+por+ciento26+P.+Williams,+Edits.)+CRC+Press.&ots=e6I8s2UpIf&sig=bkAHgBcpGpMybw5GsFL6CQ-rQlc#v=onepage&q&f=false)
- Picas, C; Vigata, A. 1997. Técnicas de pastelería, panadería y conservación de alimentos. Madrid, España: 256 p.
- Potter, N; Hotchkiss, J. 1999. Ciencia de los Alimentos. España: Acribia. 650 p.
- Quaglia, G. 1991. Ciencia y tecnología de la panificación (2da. ed.). Zaragoza, España: 485 p.

- Quitral, V; Carrera, M; Gallo, G; Salinas, P; Jimenez P. 2017. Efecto de edulcorantes no calóricos en la aceptabilidad sensorial de un producto horneado. *Revista chilena de nutrición* , 44 (2),, 44(2), 137-143. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182017000200004>
- Romero V, R; Zúñica R, L. 2004. *Métodos estadísticos para ingenieros*. Ed. Universidad Politécnica de Valencia. 1era Edición. Valencia. España, 246 p. En: https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/71972/TOC_0004_02_01.pdf
- Rosenthal, A. J. (2001). *Relación entre las Medidas Instrumentales y Sensoriales de la Textura de Alimentos. Textura de los alimentos, Medida y percepción*". Capítulo I. Zaragoza: Acribia. España. 18p. En: https://www.researchgate.net/profile/Andrew-Rosenthal-2/publication/31764889_Textura_de_los_alimentos_medida_y_percepcion_AJ_Rosenthal_tr_por_A_Ibarz_Ribas/links/5910a4b60f7e9bfa06999c23/Textura-de-los-alimentos-medida-y-percepcion-AJ-Rosenthal-tr-por-A-Ibarz-Ribas.pdf
- Salas, F. 2009. *Análisis de la propiedad textural por analisis de perfil de textura (TPA) y ensayo uniaxial de compresión*. Facultad de Industrias Alimentarias. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima. Perú, 60 p.
- Schmidt-Hebbel, H. 1990. *Avances en Aditivos alimentarios y la reglamentación de los alimentos:Aplicaciones y comentarios de orden químico y tecnológico*. F. Ed. Chile.156 p. <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/121409/schmidth04.pdf>
- Silva, M. 2014. *Entrevista al maestro pastelero asesor de varias pastelerías en Lima*. (F. Crispin, Entrevistador) Lima, Lima, Perú.
- Tejero, F. 2018. *Asesoría técnica en panificación*. Obtenido. Madrid, 9 p. En: <http://www.franciscotejero.com/tecnicas/los-emulsionantes-en-la-panificacion/>
- Telis, J; Sobral, P. 2003. *Caida de presión en lecho fijo de cubos de papa, remolacha y zanahoria considerando encogimiento*. *Cienc. Tecnol. Aliment.*, 23(Supl), 110-115. En: <http://www.scielo.br/pdf/cta/v23s0/19481.pdf>
- Turabi, E; Sumnu, G; Sahin, S. 2008. *Rheological properties and quality of rice cakes formulated with different gums and an emulsifier blend*. *Food Hydrocolloids*, 2(22), 305-312 pp.
- Ureña P, M; D'Arriego H, M; Girón M, O. 1999. *Evaluación sensorial de los alimentos, aplicación didáctica*. BAN (No. Q04 U7). Facultad de Industrias Alimentarias. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima. Perú, 95 p.
- Vargas, W; Pineda, L; Santaella, L. 2006. *Rugosidad y textura de superficies: Experimentos y simulaciones*. Colombia. *Ciencia e ingeniería neogranadina*, 16(2), 54-63 pp. En: <https://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rcin/article/view/1234/963>
- Vilca C, RA. 2013. *Evaluación del proceso de cocción de tres variedades de papa (solanum tuberosum l.) peruana utilizando análisis de imágenes*. Universidad Nacional del Altiplano. Tesis pre-grado. Facultad de Ingeniería Agroindustrial. 55 p. <http://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/3275027>

- Villanueva F, R. 2007. Harina para bizcochos. U. d. Lima. Lima. Ed. Ingenieria Industrial (25), pp. 163-175. Recuperado el 10 de octubre del 2018. En: [http://fresno.ulima.edu.pe/sf/sf_bdfde.nsf/OtrosWeb/Ing25Harina/\\$file/11-Ingenieria25-VILLANUEVAweb.pdf](http://fresno.ulima.edu.pe/sf/sf_bdfde.nsf/OtrosWeb/Ing25Harina/$file/11-Ingenieria25-VILLANUEVAweb.pdf)
- Wang, L; Flores, RA. 1999. The effects of storage on flour quality and baking performance. *Food Reviews International*, 15(2), 215-234. <https://doi.org/10.1080/87559129909541187>
- Wilderjans, E; Luyts, A; Brijs, K; Delcour, J. 2013. Ingredient functionality in batter type cake making. (6-15, Ed.) *Trends in Food Food Science & Technology*, 1(30). doi:10.1016/j.tifs.2013.01.001
- Zhang, B; Huang, W; Li, J; Zhao, C; Fan, S; Wu, J; Liu, C. 2014. Principles, developments and applications of computer vision for external quality inspection of fruits and vegetables: A review. *Food Research International*, 62, 326-343. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.03.012>

VIII. ANEXOS

Anexo 1: Reportes del de area de I+D: Formulaciones de queque comercial



Formulação 03- Cake Comercial

<i>Ingredientes</i>	<i>%</i>	
Harina de Trigo	100,0	12,6
Azúcar	50,0	6,31
Aceite	45,0	5,68
Polvo hornear	2,5	0,32
Ovo Líquido Integral	50,0	13,76
Leche em polvo descremada	3,00	0,38
Goma xantan	0,07	0,009
Água	62,4	7,88
Dimodan HO-1	5,0	0,63

<i>Aromas</i>	<i>Dosagem (%)</i>
Aroma Vainilla	0,15

Procedimento:

1. Bater todos os ingredientes por 1 minuto em velocidade baixa e 3 minutos em velocidade alta.
2. Assar em forno pré-aquecido à temperatura de 180°C por 35 minutos (400g).

Anexo 2: Ficha técnica de azúcar blanca refinada

	FICHA TECNICA
AZUCAR BLANCA X 1 KL DULCE COSTEÑA	
	
DESCRIPCION	
Es el producto sólido cristalizado obtenido directo del jugo de la caña de azúcar (Saccharum sp), mediante procedimientos apropiados, está constituida esencialmente por cristales de sacarosa, cubiertos por una película de miel madre.	
CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS	
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
Polarización Mínimo de 98.5 % / Máximo de 99.60%	
Humedad (% w/w) Máximo 0.4 %	
Cenizas (% w/w) Menor o igual a 0.40% w/w (por conductividad)	
Azúcar Invertido (% w/w) Máximo 0.35 %	
Color Menor de 1500 Unidades ICUMSA	
Sedimentos No mayor a 400 mg/Kg	
CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS	
REQUISITOS	
Microorganismos aerobios mesófilos viables Menor de 1000 ufc/10 gr	
CARACTERÍSTICAS SENSORIALES	
REQUISITOS	
Apariencia Ausencia de cuerpos extraños fácilmente detectables.	
OTRAS CARACTERÍSTICAS	
REQUISITOS	
Empaque Empaque aprobado para uso alimenticio por las autoridades nacionales de salud.	
Rotulado De acuerdo a lo establecido en el Decreto Supremo N° 007-98-SA y a la Ley de Rotulado N° 28405.	
Almacenamiento Almacenado según normas legales Decreto Supremo 007-98-SA Artículo 72°. Almacenado bajo techo. Sobre pa-ranhuelas limpias y secas. Almacenes que permiten la circulación de aire.	
Condiciones de Fabricación Fabricada, empaçada, almacenada y embarcada bajo condiciones sanitarias apropiadas y conformes con todos los requerimientos y regulaciones de higiene, salud y sanidad aplicable a los alimentos. Esto incluye las Buenas Hábitos de Manufactura, leyes y regulaciones locales e incluye todas las reglas de transporte nacional entre la fábrica y el lugar de recepción.	

Anexo 3: Ficha técnica de monoglicérido destilado 90 por ciento

EMULSIFIERS DIVISION
emulsifiers@danisco.com
www.danisco.com

Página 1 / 3

Fecha de actualización: 30 de noviembre de 2009

DANISCO

First you add knowledge ...

PRODUCT DESCRIPTION - PD 361-9.7ES

Código del producto 866413

DIMODAN® PH 300 K-A

Softener

Descripción

DIMODAN® PH 300 K-A tiene certificado kosher, y es un monoglicérido destilado hecho de aceites vegetales comestibles refinados, parcialmente hidrogenados.

Áreas de aplicación

Panes, panecillos, cereales extruidos y snacks, pastas, tortillas, masas dulces y productos de papas

Beneficios

- Pan: mejora la suavidad de la miga y reduce la tasa de retrogradación del almidón
- Alimentos tipo snack extruidos: mejora la calidad del producto y hace la producción más fácil
- Productos de pasta: mejora la estabilidad al cocinar y facilita la producción
- Tortillas: reduce la pegajosidad y previene los quiebres o desgarraduras
- Productos dulces: proporciona mejor textura y sensación en la boca
- Productos de patata: Aumenta la calidad del producto y hace más fácil su producción.

Dosis

(Basados en el producto total a menos que se indique lo contrario)

Panes y panecillos	0,3-1,0 %
Cereales extruidos y snacks	0,1-0,3 %
Productos de pasta	1,0-2,0 %
Tortillas	0,3-0,7 %
Bienes Dulce	0,5-1,0 %
Productos de patata	1,0-2,0 %

Composición

DIMODAN® PH 300 K-A es un monoglicérido destilado, añadido de antioxidantes:

BHT máx. 200 mg/kg
Ácido cítrico máx. 200 mg/kg

Especificaciones físico-químicas

(Métodos de análisis disponibles según requerimiento)

Contenido monoéster	min. 90 %
Valor de yodo	min. 22
Glicerol libre	máx. 1,0 %
Valor ácido	máx. 3,0
Punto de goteo	aprox. 69°C/156°F
Forma	polvo

Especificaciones microbiológicas

Numeración total sobre placa	max. 5.000 /g
Levadura y moho	max. 100 /g
Coliformes	ausencia en 0,1 g
Salmonella	ausencia en 25 g

Especificaciones de metales pesados

Arsénico (As)	max. 3 mg/kg
Plomo (Pb)	max. 2 mg/kg
Mercurio (Hg)	max. 1 mg/kg
Cadmio (Cd)	max. 1 mg/kg
Metales Pesados (como Pb)	max. 10 mg/kg

Anexo 4: Ficha técnica de goma xantana

Danisco Textural Ingredients
texturalingredients@danisco.com
www.danisco.com

Page 1 / 2

DANISCO

First you add knowledge...

PRODUCT DESCRIPTION - PD 204865-2EN

Material no.

RHODIGEL® 200 AP
GRINDSTED® Xanthan 200 AP

Description

RHODIGEL® 200 AP is a food-grade xanthan gum that is particularly useful for thickening and stabilising. Its high hydration rate ensures very fast application after pre-mixing.

In the future this product will be referred to as GRINDSTED® Xanthan 200 AP.

Potential benefits

- Suspending agent for solids and oil droplets
- Effective emulsion and foam stabiliser
- High viscosity at low concentration with pseudo plastic behaviour (shear-thinning)
- Anti syneresis effect
- Absence of thixotropy
- Stable in both acidic and alkaline solutions
- Highly resistant to temperature
- Compatible with solutions containing high concentrations of various salts

Directions for use

Specific formulations and processing recommendations may be obtained on request.

Physical/chemical specifications

(Methods of analysis available on request)

Colour	Creamy - white
Moisture	5 - 12 %
pH (1% solution)	6.0 - 8.0
Particle size	min. 100 % through 180 µm (80 mesh)
Particle size	min. 92 % through 75 µm (200 mesh)
Viscosity	1,200 - 1,600 mPa.s

24°C, 1% KCl (Brookfield LVT, 60 rpm, spindle 3)

Microbiological specifications

Total plate count	max. 5,000 cfu/g
Yeast and mould	max. 300 cfu/g
E. Coli	negative by test
Salmonella	negative by test

Heavy metal specifications

Arsenic (as As)	max. 2 mg/kg
Lead (Pb)	max. 2 mg/kg
Heavy metals (as Pb)	max. 20 mg/kg

Nutritional data

(Approximate values for nutrition labelling per 100 g)

Energy (kcal)	320
Protein	6 g
Carbohydrate	76 g
- of which sugars	0 g
Fat	0 g
- of which saturates	0 g
Fibre	76 g
Sodium	< 1 g

(Calculated according to the current NLEA regulations)

Storage

Store cool and dry. Temperature Max. 25°C, with a Relative Humidity < 60%.

Shelf life is 24 months from the date of production.

Packaging

Corrugated, poly-lined cartons of 20 kg (44.1 lbs.)

Anexo 5: Ficha técnica de polvo de hornear



INFORMACIÓN GENERAL

Polvo de doble acción: En frío, durante el batido y en caliente durante el horneado, buen volumen, diseñado para todo tipo de recetas tradicionales.

Vida útil: 12 meses
Presentación: Bolsa x 4 kg

Código: 590



COMPOSICIÓN

Bicarbonato de sodio (SIN 500ii), sulfato de aluminio y sodio* (SIN 521), almidón de maíz, carbonato de calcio (SIN 170i) y fosfato monocalcico (SIN 341i). * Sulfato de aluminio y sodio es considerado por la FDA como aditivo GRAS (7784-28-3).



ALMACENAMIENTO

Conservar en lugar fresco y seco. De no utilizar todo el contenido cierre el envase hasta su próximo uso. Apilar un máximo de 10 niveles de producto durante el almacenamiento.



RECETA BIZCOCHUELO TRADICIONAL

GRUPO	INGREDIENTES	Kg	%
1	Harina Pastelera	3,60	100
	Polvo de Hornear Bakels	0,14	2.8
1a	Azúcar Blanca	4,00	80
	Huevos	0,40	8
	Agua	5,00	100
	Aceite	1,50	30
PESO TOTAL		16,04	



PROCEDIMIENTO

1. Pasar por tamiz la harina y el polvo de hornear.
2. Agregar todos los ingredientes del Grupo 1a y 1 al tazón de la batidora.
3. Batir de 5 a 6 minutos a velocidad alta o hasta llegar al punto de batido.
4. Dosificar según los moldes elegidos. El molde debe tener papel manteca o estar engrasado.
5. Hornear a 150°C por 50 minutos aproximadamente.

* Los tiempos y temperatura pueden variar dependiendo del tamaño del molde.

Anexo 6: Método de determinación de volumen mediante probeta Según (Gallegos 2002)

Este método consiste en determinar el volumen de expansión que sufre 40 gramos de una masa cruda de bizcocho contenida en una probeta de 3,55 cm de diámetro interno. Las probetas que cumplen con estas características son aquellas de vidrio pírex (material resistente a las temperaturas de horneado) de capacidad de 250 ml.

Para la experimentación, se recolectaron varias probetas de 250 ml de capacidad que hayan sido rajadas o rotas en la parte superior (mayor al nivel de 150 ml). Estas fueron cortadas con precisión hasta un nivel de 150 ml.

El procedimiento de la determinación de volumen:

- Pesar 40 gramos de masa dentro de una probeta limpia y seca.
- Introducir la probeta al horno rotatorio previamente calentado a 200 °C. se debe colocar la probeta en el medio de una de las bandejas del horno.
- Dejar cocer la masa durante 20 minutos a temperatura constante.
- Sacar la probeta del horno y dejar enfriar 15 minutos.
- Medir el volumen de los 40 gramos de masa cocida.

El volumen de la masa cocida se mide por diferencia de volúmenes, entre el volumen total de la probeta y el volumen no ocupado por la masa cocida. La medición de los volúmenes se realiza mediante desplazamientos de semillas. En el caso de este trabajo, se usaron granos de cañigua, pudiéndose usar semillas de mostaza o algún grano muy pequeño de características homogéneas. Se completa a probeta con granos de cañigua hasta el tope de la probeta (150 ml) y se enrasa con una lámina de metal que nivele los granos con el tope de la probeta. Se vierten estos granos en otra probeta de cualquier medición para medir el volumen que ocupan estos granos. El volumen de la masa cocida será la diferencia de 150 ml menos el volumen que ocuparon los granos. De esta manera se determinaron los volúmenes de cada una de las masas evaluadas.

Anexo 7: Pre procesamiento de imágenes para mejor calidad

The screenshot displays the MATLAB R2014a environment with a camera control interface overlaid. The main window shows a live view of a bread slice with a green bounding box and a white circle. The camera control window, titled 'Camera Control Pro', shows the following settings:

- Modo de exposición: U2
- Automático programado
- Velocidad de obturación: 1/90 segundo(s)
- Diafragma: f/3.2
- Compensación de exposición: -2/3 EV
- Compensación de flash: 0 EV
- Programa flexible: 0 pasos

The camera control window also displays a digital readout: $S_0 F 3.2 \pm P \frac{0}{in} - 2/3 EV 0.7(r27)$. The MATLAB script window shows the following code:

```
poroso00      320870      320870      320870      32 - [labeled, Objects]=bwlabel(R,4);
rect          [1.4955e+03 975.5000... 975.50... 1974 33
sup           1027252      1027252  1027252  34 - granulo=regionprops(labeled, 'all');
suptotal     3201458      3201458  32014 35
for i=1 : Objects
```

Anexo 8: Algoritmo usado en Matlab para el análisis de imágenes (Código)

El algoritmo fue compilado por el Dr. Wenceslao Medina, profesor de Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional del Altiplano, quien adapta los comandos usados por Domingo Mery (Mary 2001) en apoyo para el presente trabajo de investigación:

```
clc
clear all
close all
nombreimage = 4;
empiezo=429;

hoja ='Hoja1';
namehoja ='Gris';
namehojas ='B-W';
namehojass ='OTSU';
namehojasss ='white';
descrip = 'FPoromuestrasiete'
por cientoEscoja intervalo de tiempo entre imagen e imagen
por cientoNúmero de imágenes a procesar
filesimage = dir('*.*jpg');
counter=0;
for i = 1:size(filesimage)
    [name,ext,versn] = fileparts(filesimage(i).name);
    s(i) = textscan(ext, 'por ciento7c');
    sss(i) = textscan(date, 'por ciento30c');
    counter = counter+1;
end
numimage = sort(s);
numimage = numimage';
[x y] = size(numimage);
nombreimage=x;
df11 = 'Hoja';
c = 0;
Q = 0;
d = 1;
k = 0;
w = 0;

rest = empieza;
por cientoCalibración: Cambiar para cada grupo de imágenes
longueur = 22.6/3264;
rowen=0;
for i=1:size(filesimage)
    [name,ext,versn] = fileparts(filesimage(i).name);
    s(i) = textscan(ext, 'por ciento7c');
    sss(i) = textscan(date, 'por ciento30c');
```

```

counter = counter+1;
numeroimage = i;
sufixe = numimage(i);

a11 = '.jpg';
por cientoNombre de la imagen
wn = num2str(i);
nomHoja = strcat(df11,wn);
nomimage = strcat(sufixe,a11);
nomimage2 = strcat(namehoja,sufixe,a11);
nomimage = char(nomimage);
nomimage2 = char(nomimage2);
nomimage3 = strcat(namehojas,sufixe,a11);
nomimage3 = char(nomimage3);
nomimage4 = strcat(namehojass,sufixe,a11);
nomimage4 = char(nomimage4);
nomimage5 = strcat(namehojasss,sufixe,a11);
nomimage5 = char(nomimage5);
I= imread(nomimage);          por ciento input image
[R22,E] = Bim_segbalu(I);      por ciento Segmentation
J = I(:, :, 2);               por ciento green channel gray scale
figure(1)
imshow(E)
R22=imfill(E,'holes');
figure, imshow(R22)
if R22(1,1)==1
    R22=imcomplement(R22);
else
end
figure, imshow(R22)
imwrite(R22,nomimage3)
[u1 v1]=size(R22);
[labeled,Objects1] = bwlabel(R22,4);
granulo1 = regionprops(labeled,'all');
areatotalfoto=u1*v1*longueur*longueur;
for i = 1 : Objects1
    surfx1(numeroimage,i)=granulo1(i).Area*longueur*longueur;
end
por cientoArea total de la rebanada del pan
surfx0(numeroimage,1)=max(surfx1(numeroimage,:));
por cientoArea del sector en negro
restofx0(numeroimage,1)=areatotalfoto-surfx0(numeroimage,1);
for i=1:u1
    for j=1:v1
        if R22(i,j)==0
            J(i,j)=0;
        else
        end
    end
end
end
end

```

```

por ciento Rebanada de pan en escala de grises
figure(2), imshow(J);title('GRAY IMAGE')
imwrite(J,nomimage2)
por ciento Haralick features
options.dharalick = 3;

[X,Xn] = Bfx_haralick(J,R22,options);
Bio_printfeatures(X,Xn)
X11=X';
ss11(:,numeroimage)=[X11];
por ciento Segmentación
level = graythresh(J);
level1 = level*0.75+level;
BW = im2bw(J,level1);
figure(3)
imshow(BW)
se=strel('square',15);
WWW1=imdilate(BW,se);
[R33,E33] = Bim_morphoreg(WWW1);
WWW2=imfill(R33,'holes');
figure(4),imshow(WWW2)
[labeled,Objects2] = bwlabel(R33,4);
granulo2 = regionprops(labeled,'all');
for i = 1 : Objects2
    surfx2(numeroimage,i)=granulo2(i).Area*longueur*longueur;
end
por ciento Area total de la rebanada del pan
surfx2(numeroimage,1)=max(surfx2(numeroimage,:));
por ciento Area del sector en negro
for i=1:u1
    for j=1:v1
        WWW3(i,j)=BW(i,j)-R33(i,j);
        if WWW3(i,j)<0
            WWW3(i,j)=1;
        else
            end
    end
end
figure(5),imshow(WWW3)
imwrite(WWW3,nomimage5)
[labeled,Objects3] = bwlabel(WWW3,4);
granulo3 = regionprops(labeled,'all');
for i = 1 : Objects3
    surfx33(numeroimage,i)=granulo3(i).Area*longueur*longueur;
end
por ciento Area total de la rebanada del pan
por cientosupblancos(numeroimage,1)=surfx33';
surfxblancos(numeroimage,1)=sum(surfx33(numeroimage,:));

```


[R,E] = Bim_morphoreg(J,t+p);
 por ciento
 por ciento por ciento por ciento por ciento por ciento por ciento por ciento por ciento
 por ciento por ciento por ciento por ciento por ciento por ciento por ciento por ciento

por ciento por ciento por ciento por ciento por ciento por ciento por ciento por ciento
 por ciento por ciento por ciento por ciento por ciento por ciento por ciento por ciento
 por ciento por ciento por ciento por ciento por ciento por ciento por ciento por ciento
 por ciento por ciento por ciento por ciento por ciento por ciento por ciento por ciento

por ciento [X,Xn,Xu] = Bfx_haralick(I,R,options)

por ciento [X,Xn,Xu] = Bfx_haralick(I,options)

por ciento

por ciento Toolbox: Balu

por ciento Haralick texture features.

por ciento

por ciento X is a 28 elements vector with mean and range of mean and range of

por ciento

por ciento 1 Angular Second Moment

por ciento 2 Contrast

por ciento 3 Correlacion

por ciento 4 Sum of squares

por ciento 5 Inverse Difference Moment

por ciento 6 Sum Average

por ciento 8 Sum Entropy

por ciento 7 Sum Variance

por ciento 9 Entropy

por ciento 10 Difference Variance

por ciento 11 Difference Entropy

por ciento 12,13 Information Measures of Correlation

por ciento 14 Maximal Correlation Coefficient

por ciento

por ciento Xn is the list of name features.

por ciento

por ciento I is the image. R is the binary image that indicates which pixels of I will be
 por ciento computed.

por ciento options.dharalick is the distance in pixels used to compute the
 por ciento coocurrence matrix.

por ciento options.show = 1 display results.

por ciento

por ciento Reference:

por ciento Haralick (1979): Statistical and Structural Approaches to Texture,

por ciento Proc. IEEE, 67(5):786-804

por ciento

por ciento Example 1: only one distance (3 pixels)

por ciento options.dharalick = 3; por ciento 3 pixels distance for coocurrence

por ciento I = imread('testimg1.jpg'); por ciento input image

por ciento R = Bim_segbalu(I); por ciento segmentation

por ciento J = I(:,:,2); por ciento green channel

por ciento [X,Xn] = Bfx_haralick(J,R,options); por ciento Haralick features

```

por ciento Bio_printfeatures(X,Xn)
por ciento
por ciento Example 2: five distances (1,2,...5 pixels)
por ciento options.dharalick = 1:5;           por ciento 3 pixels distance for cooccurrence
por ciento I = imread('testimg1.jpg');       por ciento input image
por ciento R = Bim_segbalu(I);               por ciento segmentation
por ciento J = I(:,:,2);                     por ciento green channel
por ciento [X,Xn] = Bfx_haralick(J,R,options); por ciento Haralick features
por ciento Bio_printfeatures(X,Xn)
por ciento
por ciento See also Bfx_gabor, Bfx_clp, Bfx_fourier, Bfx_dct, Bfx_lbp.
por ciento
por ciento (c) GRIMA-DCCUC, 2011
por ciento http://grima.ing.puc.cl

```

```
function [X,Xn] = Bfx_haralick(I,R,options)
```

```

if nargin==2;
    options = R;
    R = ones(size(I));
end

if isempty(R)
    R = ones(size(I));
end
dseq = options.dharalick;
if ~isfield(options,'show')
    options.show = 0;
end
if options.show == 1
    disp('--- extracting Haralick texture features...');
end
m = length(dseq);
n = 28*m;

X = zeros(1,n);
Xn = char(zeros(n,24));
k = 1;
for i=1:m
    d = dseq(i);
    Cd000 = Bcooccurrencematrix(I, R, d, 0)+Bcooccurrencematrix(I,R, -d, 0);Cd000 =
Cd000/sum(Cd000(:));
    Cd045 = Bcooccurrencematrix(I, R, d,-d)+Bcooccurrencematrix(I,R, -d, d);Cd045 =
Cd045/sum(Cd045(:));
    Cd090 = Bcooccurrencematrix(I, R, 0, d)+Bcooccurrencematrix(I,R, 0,-d);Cd090 =
Cd090/sum(Cd090(:));
    Cd135 = Bcooccurrencematrix(I, R, d, d)+Bcooccurrencematrix(I,R, -d,-d);Cd135 =
Cd135/sum(Cd135(:));
    TexMat = [Bcooccurrencefeatures(Cd000) Bcooccurrencefeatures(Cd045)
Bcooccurrencefeatures(Cd090) Bcooccurrencefeatures(Cd135)];

```

```

X(1,i*28-27:i*28) = [mean(TexMat,2); max(abs(TexMat'))]';
for q=1:2
    if (q==1)
        sq = 'mean ';
    else
        sq = 'range';
    end
    for s=1:14
        Xn(k,:) = sprintf('Txpor ciento2d,dpor cientod(por cientos)      ',s,d,sq);
        k = k + 1;
    end
end
end
end
por ciento P = Bcoocurrencematrix(I,R,Io,Jo)
por ciento
por ciento Coocurrence matrix of the pixels of image I indicated by binary image R
por ciento following the direction (Io,Jo).
por ciento
por ciento (c) D.Mery, PUC-DCC, Apr. 2008

```

```

function P = Bcoocurrencematrix(I,R,Io,Jo)
V = fix(I/32)+1;
[N,M] = size(I);
Z1 = zeros(N+20,M+20);
Z2 = Z1;
R1 = Z1;
R2 = R1;
Z1(15:N+14,15:M+14) = V;
Z2(15+Io:N+14+Io,15+Jo:M+14+Jo) = V;
R1(15:N+14,15:M+14) = R;
R2(15+Io:N+14+Io,15+Jo:M+14+Jo) = R;
ii = find(not(and(R1,R2)));
Z1(ii) = -ones(length(ii),1);
Z2(ii) = -ones(length(ii),1);
T1 = Z1(:);
T2 = Z2(:);
d = find(and((T1>-1),(T2>-1)));
if (not(isempty(d)))
    P = zeros(8,8);
    X = sortrows([T1(d) T2(d)]);
    i1 = find(or([0; X(:,1)]-[X(:,1); 0]~=0),...
        ([0; X(:,2)]-[X(:,2); 0]~=0)));
    i2 = [i1(2:length(i1)); 0];
    d = i2-i1;
    for i=1:length(d)-1
        P(X(i1(i),2),X(i1(i),1)) = d(i);
    end
else
    P = -ones(8,8);

```

```
end
end
```

```
por ciento Tx = Bcoocurrencefeatures(P)
```

```
por ciento
```

```
por ciento Haralick texture features calculated from coocurrence matrix P.
```

```
por ciento
```

```
por ciento (c) D.Mery, PUC-DCC, Apr. 2008
```

```
function Tx = Bcoocurrencefeatures(P)
```

```
Pij = P(:);
```

```
Ng = 8;
```

```
pxi = sum(P,2);
```

```
pyj = sum(P)';
```

```
ux = mean(pxi);
```

```
uy = mean(pyj);
```

```
sx = std(pxi);
```

```
sy = std(pyj);
```

```
pxy1 = zeros(2*Ng-1,1);
```

```
for k=2:2*Ng
```

```
    s = 0;
```

```
    for i=1:Ng
```

```
        for j=1:Ng
```

```
            if (i+j == k)
```

```
                s = s + P(i,j);
```

```
            end
```

```
        end
```

```
    end
```

```
    pxy1(k-1) = s;
```

```
end
```

```
pxy2 = zeros(Ng,1);
```

```
for k=0:Ng-1
```

```
    s = 0;
```

```
    for i=1:Ng
```

```
        for j=1:Ng
```

```
            if (abs(i-j) == k)
```

```
                s = s + P(i,j);
```

```
            end
```

```
        end
```

```
    end
```

```
    pxy2(k+1) = s;
```

```
end
```

```
Q = zeros(Ng,Ng);
```

```
pxi = pxi+1e-20;
```

```
pyj = pyj+1e-20;
```

```
for i=1:Ng
```

```
    for j=1:Ng
```

```
        s = 0;
```

```
        for k=1:Ng
```

```

        s = s + P(i,k)*P(j,k)/pxi(i)/pyj(k);
    end
    Q(i,j) = s;
end
end
eigQ = eig(Q);

[i,j] = find(P>=0);
dif = i-j;
dif2 = dif.*dif;
dif21 = dif2 + 1;

por ciento 1 Angular Second Moment
f1 = Pij.*Pij;
por ciento 2 Contrast
f2 = ((0:Ng-1).*(0:Ng-1))*pxy2;
por ciento 3 Correlacion
f3 = (sum(i.*j.*Pij)-ux*uy*Ng^2)/sx/sy;

por ciento 4 Sum of squares
f4 = dif2.*Pij;
por ciento 5 Inverse Difference Moment
f5 = sum(Pij./dif21);
por ciento 6 Sum Average
f6 = (2:2*Ng)*pxy1;
por ciento 8 Sum Entropy
f8 = -pxy1'*log(pxy1+1e-20);
por ciento 7 Sum Variance
if8 = (2:2*Ng)'+f8;
f7 = if8'*pxy1;
por ciento 9 Entropy
f9 = -Pij'*log(Pij+1e-20);

por ciento 10 Difference Variance
f10 = var(pxy2);
por ciento 11 Difference Entropy
f11 = -pxy2'*log(pxy2+1e-20);
por ciento 12,13 Information Measures of Correlation
HXY = f9;
pxipyj = pxi(i).*pyj(j);
HXY1 = -Pij'*log(pxipyj+1e-20);
HXY2 = -pxipyj'*log(pxipyj+1e-20);
HX = -pxi'*log(pxi+1e-20);
HY = -pyj'*log(pyj+1e-20);
f12 = (HXY-HXY1)/max([HX HY]);
f13 = (1-exp(-2*(HXY2-HXY)));

por ciento 14 Maximal Correlation Coefficient
f14 = (eigQ(2));
Tx = [f1 f2 f3 f4 f5 f6 f7 f8 f9 f10 f11 f12 f13 f14]';

```

end

```
por ciento por ciento
por ciento por ciento por ciento por ciento por ciento por ciento por ciento por ciento
por ciento por ciento por ciento por ciento por ciento por ciento por ciento por ciento
por ciento por ciento por ciento por ciento por ciento por ciento por ciento por ciento
por ciento por ciento por ciento por ciento por ciento por ciento por ciento por ciento
por ciento por ciento por ciento por ciento por ciento por ciento por ciento por ciento
por ciento por ciento por ciento por ciento por ciento por ciento por ciento por ciento
por ciento por ciento por ciento por ciento por ciento por ciento por ciento por ciento
por ciento por ciento por ciento por ciento por ciento por ciento por ciento por ciento
por ciento por ciento por ciento por ciento por ciento por ciento por ciento por ciento
por ciento por ciento por ciento por ciento por ciento por ciento por ciento por ciento
por ciento por ciento por ciento por ciento por ciento por ciento por ciento por ciento
```

```
por ciento Bprintfeatures(X,Xn) por ciento for features with feature names
```

```
por ciento Bprintfeatures(X) por ciento for feature values only
```

```
por ciento
```

```
por ciento Toolbox: Balu
```

```
por ciento Display extracted features.
```

```
por ciento Xn: feature names (matrix mxp, one row per each string of p
por ciento characters)
```

```
por ciento X: feature values (vector 1xm for m features)
```

```
por ciento Xu: feature units (matrix mxq, one row per each string of q
por ciento characters)
```

```
por ciento
```

```
por ciento These variables are the outputs of Bgeofeatures or Bintfeatures.
```

```
por ciento
```

```
por ciento The output of Bprintfeatures is like this:
```

```
por ciento
```

```
por ciento 1 center of grav i [pixels] 163.297106
```

```
por ciento 2 center of grav j [pixels] 179.841850
```

```
por ciento 3 Height [pixels] 194.000000
```

```
por ciento 4 Width [pixels] 196.000000
```

```
por ciento 5 Area [pixels] 29361.375000
```

```
por ciento : : : :
```

```
por ciento
```

```
por ciento Example 1: Display of standard geometric features of testimg1.jpg
```

```
por ciento I = imread('testimg1.jpg'); por ciento input image
```

```
por ciento R = Bsegbalu(I); por ciento segmentation
```

```
por ciento [X,Xn,Xu] = Bfg_standard(R); por ciento standard geometric features
```

```
por ciento Bprintfeatures(X,Xn,Xu)
```

```
por ciento
```

```
por ciento Example 2: Display of first 5 samples of datagauss.mat
```

```
por ciento load datagauss
```

```
por ciento Xn = ['length';'weigh' ];
```

```
por ciento Xu = ['cm';'kg'];
```

```
por ciento for i=1:5
```

```
por ciento fprintf('Sample por cientood:\n',i);
```

```
por ciento Bprintfeatures(X(i,:),Xn,Xu)
```



```
por ciento figure(2);imshow(Ro)
por ciento [R,E] = Bim_morphoreg(Ro);
por ciento figure(3);imshow(R)
por ciento
por ciento D.Mery, PUC-DCC, Apr. 2008
por ciento http://dmery.ing.puc.cl
por ciento
```

```
function [R,E] = Bim_morphoreg(J,t)
```

```
if ~exist('t','var')
```

```
    Ro = J;
```

```
else
```

```
    Ro = J>t;
```

```
end
```

```
A = bwareaopen(Ro,fix(length(Ro(:))/100));
```

```
C = imclose(double(A),strel('disk',7));
```

```
R = bwfill(C,'holes',8);
```

```
E = bwperim(R,4);
```

```
por cientopor cientopor cientopor cientopor cientopor cientopor cientopor cientopor
cientopor cientopor cientopor cientopor cientopor
```

Anexo 9: Resultados generales del análisis de imágenes y volumen

F_n	ASM	Contraste	IDM	Entropía	Volúmen
F1	0,332986356	0,178447136	0,919927735	1,783526209	64
	0,386645677	0,140129888	0,933768404	1,532271508	65
	0,338704947	0,160539454	0,926308338	1,772754666	63
	0,2293728	0,163612355	0,92311919	1,941353111	
	0,269027542	0,197912582	0,909661567	1,920389631	
	0,342234964	0,204898281	0,910458131	1,783695532	
	0,426576669	0,106239863	0,949468262	1,470569994	
	0,331311421	0,185786478	0,917938619	1,797029699	
	0,200692679	0,200350983	0,909090052	2,146422277	
	0,238153764	0,210632531	0,901827328	1,903440738	
	0,305964288	0,198150773	0,912590874	1,873531806	
	0,238568062	0,216917311	0,904182797	1,910477856	
	0,340986314	0,208795111	0,930249083	1,833329488	
	0,395151961	0,163850694	0,942380156	1,577417449	
	0,346108276	0,18832925	0,936337553	1,820655885	
	0,237403757	0,192279971	0,934061688	1,994771939	
	0,278888539	0,234746024	0,922537967	1,977922048	
	0,350454765	0,234482893	0,921013592	1,825771473	
	0,432315847	0,123015312	0,956669915	1,504941138	
	0,338748171	0,216401534	0,928403748	1,843475144	
	0,206803359	0,230119159	0,920944087	2,19486357	
	0,249187182	0,246148759	0,916213315	1,956645299	
	0,313426536	0,229953078	0,923522336	1,921141089	
	0,248028594	0,251968926	0,916597399	1,960392093	

F_n	ASM	Contraste	IDM	Entropía	Volúmen
F2	0,237370131	0,180877969	0,91726712	2,024968124	76
	0,237907972	0,19699054	0,908918728	1,93858361	78
	0,27066237	0,146187275	0,928238783	1,792608332	74
	0,257930892	0,198685635	0,908904726	1,94036094	
	0,245663093	0,188805301	0,911717689	1,978489834	
	0,290504611	0,158764978	0,92427139	1,811970306	
	0,277883096	0,161596939	0,923823216	1,851702624	
	0,367653623	0,146722795	0,932160682	1,513251274	
	0,313795701	0,141731625	0,931767478	1,56594329	
	0,404550766	0,121107895	0,942214845	1,392370998	
	0,324490476	0,150667925	0,928995697	1,730150074	
	0,273361733	0,176399285	0,919262872	1,84122676	
	0,245470255	0,210436472	0,92913862	2,079937321	
	0,247490552	0,229664768	0,92145495	1,994037841	
	0,279734683	0,168936342	0,939328044	1,839984716	
	0,267421461	0,229471609	0,92149775	1,992578259	
	0,254222502	0,215968999	0,923740379	2,027032389	
	0,298948248	0,182826345	0,93562135	1,857031945	
	0,285961539	0,18747871	0,934996272	1,898540787	
	0,377626013	0,168181054	0,941861186	1,553743431	
	0,32449674	0,163396938	0,942520575	1,607864281	
	0,414545138	0,140090525	0,951298467	1,430497089	
	0,332388967	0,173812694	0,939257679	1,773666596	
	0,282064627	0,203565387	0,930750838	1,889569456	

F_n	ASM	Contraste	IDM	Entropía	Volúmen
F3	0,231072742	0,177583554	0,915772028	2,013588712	76
	0,257886778	0,182467197	0,913854837	1,847573556	77
	0,308154164	0,143145873	0,930908818	1,709242574	75
	0,311464907	0,172822904	0,919662589	1,726624415	
	0,310387816	0,186519383	0,913543788	1,721634899	
	0,383149303	0,143297685	0,933151229	1,569501851	
	0,420251401	0,137198552	0,936940185	1,481488817	
	0,367528909	0,149136512	0,930390714	1,548538217	
	0,391157826	0,140956459	0,932920746	1,540145948	
	0,287710844	0,146616392	0,928533207	1,616262419	
	0,315438286	0,128967952	0,936844666	1,64509748	
	0,283353222	0,173929911	0,917925985	1,763535693	
	0,238841673	0,204996367	0,927572775	2,06561482	
	0,267156526	0,213419794	0,925119964	1,901232672	
	0,317667409	0,167560379	0,941232711	1,758902208	
	0,320226585	0,200561732	0,930203646	1,77547951	
	0,318835171	0,215173314	0,92372928	1,768524191	
	0,391471164	0,164994277	0,942208551	1,610791915	
	0,428270393	0,157727032	0,945172597	1,518789308	
	0,375144658	0,171756776	0,939270255	1,589733093	
	0,399361885	0,161362181	0,941773155	1,578639627	
	0,297231675	0,167981472	0,938375775	1,659418374	
	0,322775813	0,148590144	0,94569904	1,686385799	
	0,291562404	0,198553549	0,92851161	1,807069184	

F_n	ASM	Contraste	IDM	Entropía	Volúmen
F4	0,340233894	0,151761801	0,925878871	1,711147816	84
	0,382557166	0,149877325	0,926058104	1,346288211	82
	0,353927757	0,14215105	0,931076492	1,424646379	86
	0,37625747	0,150804242	0,926361711	1,377010084	
	0,358731344	0,162141355	0,920662602	1,417425167	
	0,255814813	0,196340955	0,906906208	1,979695108	
	0,347358	0,132985718	0,935507031	1,6315789	
	0,490803157	0,095214536	0,952594855	1,123558284	
	0,351797865	0,12520025	0,937750645	1,36455001	
	0,416120805	0,133732205	0,935098254	1,281630532	
	0,350502985	0,154856384	0,923942925	1,380894081	
	0,42057198	0,117875702	0,942358541	1,245082072	
	0,34870567	0,172686059	0,936923727	1,751372665	
	0,394226126	0,171391393	0,935982522	1,386431816	
	0,364548322	0,161420738	0,940352421	1,462533918	
	0,38698329	0,169894931	0,935785659	1,413282674	
	0,369578771	0,183476047	0,930429348	1,456201618	
	0,2638558	0,223949315	0,919822771	2,026611328	
	0,354676587	0,15238771	0,944688544	1,670831616	
	0,499338605	0,109461147	0,95930903	1,156200141	
	0,361855125	0,142330745	0,946260612	1,401274106	
	0,426394906	0,151230144	0,943512145	1,316039253	
	0,361982677	0,174787581	0,933899542	1,417825256	
	0,429476429	0,1341754	0,94962345	1,279068305	

F_n	ASM	Contraste	IDM	Entropía	Volúmen
F5	0,457929902	0,114870609	0,943672637	1,341860314	88
	0,372461517	0,180022587	0,912046355	1388394377	90
	0,376195776	0,143996888	0,929858923	1,504901983	86
	0,405321674	0,151665052	0,926920246	1,518874722	
	0,407557012	0,161783144	0,922811077	1,556296416	
	0,459517725	0,097852944	0,951467163	1,321270858	
	0,328602201	0,167257443	0,917438758	1,37900122	
	0,355921182	0,123597791	0,938775003	1,460494727	
	0,335267657	0,143102474	0,929807195	1,539566228	
	0,383956921	0,094442546	0,952954846	1,381894766	
	0,350678361	0,143710811	0,930644366	1,527149706	
	0,394579786	0,168471526	0,920789935	1,587107676	
	0,466387414	0,1313866	0,951780677	1,377039287	
	0,384630429	0,206021044	0,922571124	1,431767574	
	0,385115663	0,165247776	0,939060083	1,545654219	
	0,413366719	0,174073419	0,936107766	1,559630108	
	0,415842417	0,185318065	0,932717733	1,596005843	
	0,466501232	0,113235679	0,958388031	1,35666673	
	0,341504239	0,190313791	0,928432722	1,419795733	
	0,364962784	0,142008912	0,947436306	1,499453353	
	0,344794222	0,163120183	0,939177164	1,579200563	
	0,393313189	0,116360063	0,961924448	1,432683938	
	0,360811408	0,164320618	0,941135645	1,564957637	
	0,403695119	0,194330891	0,931340183	1,630016168	

F_n	ASM	Contraste	IDM	Entropía	Volúmen
F6	0,447808883	0,15227739	0,926569664	1,394893464	69
	0,45711713	0,100508501	0,950809719	1,386009675	68
	0,298328878	0,125270653	0,938388904	1,698832836	69
	0,265580575	0,179102148	0,912097748	1,67569576	
	0,368558451	0,148205431	0,927424551	1,391831538	
	0,415852408	0,1296741	0,938036724	1,500545812	
	0,387441359	0,113342398	0,944422339	1,567114721	
	0,47347229	0,121982083	0,940275017	1,247121869	
	0,45265328	0,109007089	0,946169264	1,216281226	
	0,468763916	0,104398705	0,948896277	1,244634546	
	0,515496135	0,083803566	0,958706628	1,116280017	
	0,405199072	0,137347491	0,933120716	1,383444614	
	0,456190055	0,172957865	0,934857368	1,431116274	
	0,463446304	0,117008892	0,957931995	1,422088419	
	0,305902058	0,144727618	0,947107473	1,740577209	
	0,276063409	0,203512791	0,923152761	1,718885296	
	0,378163575	0,168320964	0,936333798	1,429136584	
	0,422455271	0,148374566	0,945718806	1,53683203	
	0,393550887	0,130582928	0,952438915	1,604543562	
	0,481532741	0,138118974	0,947459137	1,279544953	
	0,461636234	0,128042575	0,953814486	1,256251944	
	0,476222732	0,118582044	0,955520841	1,275716208	
	0,522973134	0,096118336	0,96484801	1,145505022	
	0,413580404	0,156020699	0,941262245	1,418690974	

F_n	ASM	Contraste	IDM	Entropía	Volúmen
F7	0,262225355	0,209693718	0,9117431	1,973710788	76
	0,304608523	0,138387103	0,936803634	1,74618358	77
	0,259468119	0,184812079	0,916686707	1,841385155	78
	0,246572754	0,16410865	0,924649372	1,907410895	
	0,327294907	0,129956243	0,940603622	1,690845241	
	0,317319225	0,177339916	0,923244018	1,797150752	
	0,322644181	0,139742225	0,936150108	1,699371486	
	0,312956418	0,145015756	0,937586657	1,730865123	
	0,311095948	0,138666786	0,937855642	1,728694558	
	0,292131993	0,188540544	0,922548639	1,828560684	
	0,299903163	0,161054771	0,930354691	1,766451219	
	0,229519054	0,240156021	0,897371501	2,036070784	
	0,272352991	0,246726828	0,927098725	2,027258849	
	0,312104883	0,164592182	0,946803112	1,795786849	
	0,268301071	0,21472819	0,92818612	1,886770058	
	0,254264109	0,191494467	0,935330207	1,953699119	
	0,334094556	0,152188586	0,949622777	1,732466109	
	0,326609025	0,208580046	0,936738178	1,843867347	
	0,331763863	0,165230264	0,947736448	1,745001824	
	0,318808136	0,16953981	0,945718895	1,772267686	
	0,318395571	0,168169335	0,947558434	1,777986079	
	0,299366378	0,22210176	0,932556185	1,874887896	
	0,306335053	0,188548506	0,939446886	1,808057098	
	0,238422841	0,283321674	0,91099904	2,094542109	

F_n	ASM	Contraste	IDM	Entropía	Volúmen
F8	0,327827375	0,128268779	0,936773814	1,635263975	80
	0,328260777	0,171829468	0,917454675	1,655077492	80
	0,277412872	0,190662636	0,907684887	1,650167408	79
	0,325599327	0,149267674	0,927226921	1,574169224	
	0,309389567	0,149079161	0,926017623	1,527736977	
	0,304408414	0,152887394	0,924517516	1,546149973	
	0,283116728	0,204538044	0,902091469	1,653063261	
	0,2837272	0,190083694	0,908392381	1,612106358	
	0,275051964	0,18195647	0,911565834	1,677332778	
	0,284071199	0,194659694	0,905047367	1,617286877	
	0,361590594	0,181287309	0,91488161	1,565776886	
	0,337668523	0,151896329	0,92720898	1,591868377	
	0,337076188	0,148546182	0,94673756	1,680433552	
	0,339181805	0,199012289	0,928912375	1,705185734	
	0,289092227	0,219488094	0,919592203	1,699664783	
	0,335806267	0,170714545	0,937318974	1,616523964	
	0,321913982	0,174353852	0,937284881	1,57849046	
	0,316437877	0,17549664	0,935343308	1,590915943	
	0,295001953	0,236964142	0,914175847	1,704805156	
	0,295923145	0,218623575	0,920256102	1,660674296	
	0,286174483	0,212332535	0,92321983	1,730982862	
	0,296544516	0,223314032	0,917492103	1,665728424	
	0,371761893	0,206075847	0,925266938	1,607569279	
	0,346887165	0,173222128	0,936874417	1,634105568	

F_n	ASM	Contraste	IDM	Entropía	Volúmen
F9	0,287116886	0,149252015	0,929956595	1,843667115	60
	0,282737577	0,16931168	0,922660577	1,859668339	59
	0,306042822	0,178131228	0,920021191	1,836068998	61
	0,202827602	0,181076522	0,915946192	2,072650381	
	0,208563952	0,208244486	0,909656449	2,113159396	
	0,160539116	0,190434547	0,912913431	2,217148289	
	0,239715225	0,157267713	0,927768296	1,892307925	
	0,224150472	0,199891523	0,908520598	1,959303169	
	0,318502869	0,150669807	0,931154832	1,776770091	
	0,207319295	0,165712631	0,922460325	2,017730291	
	0,2073776	0,185133888	0,917720944	2,0381292	
	0,210407963	0,196582021	0,91134942	2,056999988	
	0,294916769	0,17435212	0,939969652	1,892047456	
	0,290198166	0,196727805	0,932872638	1,909956333	
	0,31428575	0,207706278	0,931431885	1,886610147	
	0,210261114	0,210956356	0,92770862	2,124485717	
	0,216002021	0,241603927	0,921328825	2,166045934	
	0,167386884	0,221228023	0,925990938	2,270151493	
	0,250239202	0,186017032	0,94050982	1,943805111	
	0,232737832	0,229524425	0,920195472	2,007938541	
	0,326273853	0,176817796	0,941565474	1,822167843	
	0,214890531	0,194263824	0,93398245	2,070189425	
	0,214833536	0,214312029	0,929098788	2,088816179	
	0,217406796	0,229737283	0,923111161	2,110903057	

F_n	ASM	Contraste	IDM	Entropía	Volúmen
F10	0,257455071	0,229093027	0,896846143	2,009334141	90
	0,268970523	0,126245486	0,937646222	1,844258424	91
	0,230282555	0,180144728	0,912196954	1,944420217	89
	0,329102184	0,154699204	0,924771415	1,514888276	
	0,30273297	0,15307797	0,925259837	1,569406911	
	0,311036757	0,156247129	0,923249012	1,502247157	
	0,346320725	0,147886335	0,927429101	1,475534302	
	0,285201243	0,167866133	0,91852566	1,630254061	
	0,334368013	0,159892158	0,923200979	1,503389385	
	0,366997127	0,13484716	0,933906296	1,453110511	
	0,2073776	0,185133888	0,917720944	2,0381292	
	0,210407963	0,196582021	0,91134942	2,056999988	
	0,265549921	0,261277325	0,908970544	2,05761078	
	0,275415254	0,146106297	0,947470264	1,889396091	
	0,238985881	0,20557134	0,924500188	1,992133231	
	0,340661193	0,176912189	0,935512924	1,557338595	
	0,313717745	0,175796086	0,936097951	1,613520996	
	0,323296898	0,178205747	0,934353859	1,545070894	
	0,357512043	0,169172852	0,938134657	1,51743513	
	0,295556484	0,193792294	0,928960963	1,678578851	
	0,344645842	0,182489029	0,932773806	1,545767148	
	0,377533936	0,154208284	0,943948137	1,493606812	
	0,214833536	0,214312029	0,929098788	2,088816179	
	0,217406796	0,229737283	0,923111161	2,110903057	

F_n	ASM	Contraste	IDM	Entropía	Volúmen
F11	0,365767628	0,151891832	0,926406076	1,433552739	100
	0,276244568	0,145740897	0,930032114	1,835644829	99
	0,337052811	0,14706955	0,928438072	1,441038316	101
	0,326060612	0,173357444	0,916603428	1,497174726	
	0,314560343	0,158883188	0,925910203	1,560698531	
	0,333162158	0,1617695	0,924282126	1,495653358	
	0,301010443	0,16203357	0,920666962	1,523393125	
	0,306176577	0,155553084	0,923134978	1,484344944	
	0,314011884	0,140128398	0,930551121	1,45158364	
	0,253769452	0,182733763	0,912400772	1,771625011	
	0,215439093	0,1935942	0,908688163	1,973717299	
	0,306537555	0,166270278	0,920443098	1,70108202	
	0,376455174	0,177277414	0,93612984	1,480979624	
	0,283170314	0,168911766	0,939812809	1,883444074	
	0,34791788	0,169368948	0,937989707	1,48467634	
	0,337175158	0,197441559	0,926973006	1,539877637	
	0,325325982	0,188043263	0,936242666	1,613497412	
	0,343813116	0,190695636	0,934220726	1,546753492	
	0,312509134	0,189113555	0,93136984	1,574556879	
	0,31785944	0,180946099	0,933630817	1,533769467	
	0,325436653	0,162946334	0,940294997	1,498836748	
	0,2639227	0,214015324	0,923846421	1,828032667	
	0,223632982	0,222105855	0,920722745	2,02364952	
	0,316464874	0,19222623	0,932090724	1,74885532	

F_n	ASM	Contraste	IDM	Entropía	Volúmen
F12	0,351230597	0,127102133	0,937384112	1,611999037	100
	0,365176662	0,16219821	0,921228531	1,409787097	98
	0,38715297	0,166142986	0,918037897	1,350842422	102
	0,287035177	0,161883685	0,920265545	1,663833814	
	0,322134925	0,184244614	0,909266522	1,503987351	
	0,28582835	0,172675278	0,915165385	1,587473114	
	0,29144026	0,180564709	0,911764239	1,5632936	
	0,318228016	0,172554541	0,915035359	1,498246801	
	0,479941256	0,096762801	0,951784737	1,088026459	
	0,281882164	0,170221544	0,917304028	1,712426377	
	0,248009331	0,188636543	0,910518861	1,956975326	
	0,376912513	0,149349013	0,928491428	1,604700591	
	0,358871875	0,144957161	0,947078576	1,650209166	
	0,376977897	0,184346477	0,931602612	1,449449373	
	0,399667268	0,186541613	0,928517487	1,387241023	
	0,298254175	0,184063853	0,932320853	1,705998198	
	0,335742488	0,208608883	0,921817573	1,545999665	
	0,29757138	0,196515524	0,926617475	1,631020873	
	0,302701398	0,205204171	0,922769704	1,606499346	
	0,33105453	0,195767316	0,926655369	1,539703942	
	0,489865575	0,110555325	0,958867313	1,119917382	
	0,292223884	0,194356689	0,928959143	1,75633382	
	0,255994757	0,216343787	0,922917735	2,005604878	
	0,386231719	0,171285664	0,9386085	1,646243604	

Anexo 10: Valores Señal/Ruido bajo condiciones óptimas para el Volumen

Factor	Level	Effect
{1}MD	2	0,40601
{2}HUEVO	2	0,87099
{3}MD-HUEVO	2	0,01899
{4}ACEITE	1	0,30637
{5}ACEITE-MD	2	0,10173
{6}ACEITE-HUEVO	1	0,18991
{7}AZUCAR	2	0,10376
{8}AZUCAR-MD	1	0,10025
{9}XANTAN	1	0,2256
{10}XANTAN-MD	2	0,64703
{11}POLVO HORNEAR	2	0,47661
Expected S/N		41,44123

Anexo 11: Valores Señal/Ruido bajo condiciones óptimas la ASM

Factor	Level	Effect
{1}MD	1	0,69766
{2}HUEVO	2	0,75340
{3}MD-HUEVO	2	0,38716
{4}ACEITE	2	0,01661
{5}ACEITE-MD	2	0,15264
{6}ACEITE-HUEVO	2	0,03755
{7}AZUCAR	2	0,39654
{8}AZUCAR-MD	1	0,29601
{9}XANTAN	1	0,23471
{10}XANTAN-MD	2	0,08246
{11}POLVO HORNEAR	1	0,10135
Expected S/N		-6,79742

Anexo 12: Valores Señal/Ruido bajo condiciones óptimas para el Contraste

Factor	Level	Effect
{1}MD	1	0,48641
{2}HUEVO	2	0,60019
{3}MD-HUEVO	2	0,29414
{4}ACEITE	2	0,22362
{5}ACEITE-MD	2	0,06937
{6}ACEITE-HUEVO	2	0,16218
{7}AZUCAR	2	0,27022
{8}AZUCAR-MD	1	0,02887
{9}XANTAN	2	0,07079
{10}XANTAN-MD	2	0,00399
{11}POLVO HORNEAR	1	0,08146
Expected S/N		17,76026

Anexo 13: Valores Señal/Ruido bajo condiciones óptimas para el IDM

Factor	Level	Effect
{1}MD	1	0,028355
{2}HUEVO	2	0,024718
{3}MD-HUEVO	2	0,018798
{4}ACEITE	2	0,021934
{5}ACEITE-MD	1	0,003234
{6}ACEITE-HUEVO	2	0,006562
{7}AZUCAR	2	0,014330
{8}AZUCAR-MD	2	0,006745
{9}XANTAN	2	0,002576
{10}XANTAN-MD	2	0,004832
{11}POLVO HORNEAR	1	0,011108
Expected S/N		-0,489895

Anexo 14: Valores Señal/Ruido bajo condiciones óptimas para la Entropía

Factor	Level	Effect
{1}MD	1	0,30745
{2}HUEVO	2	0,68610
{3}MD-HUEVO	2	0,19391
{4}ACEITE	2	0,02760
{5}ACEITE-MD	2	0,18386
{6}ACEITE-HUEVO	2	0,08335
{7}AZUCAR	2	0,29443
{8}AZUCAR-MD	1	0,21140
{9}XANTAN	1	0,13895
{10}XANTAN-MD	2	0,00813
{11}POLVO HORNEAR	2	0,06140
Expected S/N		-2,19423

Anexo 15: Evaluación sensorial de aceptabilidad por consumidores

- Resultados:

Muestra: A							
Nro	Agrado	Nro	Agrado	Nro	Agrado	Nro	Agrado
1	14.2	26	13.3	51	14.5	76	0.6
2	13.2	27	12.7	52	14.8	77	14.8
3	14.7	28	11	53	13.8	78	13.8
4	14.9	29	15	54	12.4	79	8.7
5	14.6	30	14.7	55	14	80	9
6	15	31	11	56	9.6	81	6.5
7	7.5	32	12.1	57	15	82	13
8	15	33	15	58	14.5	83	12.3
9	8	34	10.1	59	14.8	84	9.5
10	14.6	35	14.6	60	15	85	14.8
11	12.5	36	14.6	61	14.4	86	12.5
12	9.5	37	7.5	62	10.4	87	9.2
13	9.2	38	15	63	7.5		
14	15	39	5.6	64	15		
15	8.1	40	15	65	13.5		
16	13	41	6	66	9		
17	10.8	42	14.8	67	7.5		
18	11.6	43	15	68	7.6		
19	14.5	44	15	69	9.7		
20	15	45	14.7	70	13.5		
21	13	46	15	71	15		
22	14	47	15	72	14.2		
23	14.2	48	14.8	73	14.5		
24	14.5	49	12.8	74	11		
25	15	50	9.3	75	8		

Muestra: B							
Nro	Agrado	Nro	Agrado	Nro	Agrado	Nro	Agrado
1	14.2	26	14.5	51	15	76	9.8
2	7.2	27	13.6	52	11.5	77	14.1
3	14.7	28	7.5	53	10.2	78	5.7
4	13.3	29	15	54	14.7	79	11.4
5	7.4	30	11.3	55	8.2	80	15
6	7.2	31	15	56	10	81	7.5
7	7.3	32	15	57	14.7	82	11.7
8	13.8	33	13.7	58	15.5	83	8.1
9	10.6	34	13.4	59	15	84	14.5
10	10.6	35	7.6	60	7.6	85	15
11	7.5	36	11.8	61	14.3	86	12.5
12	9.3	37	11	62	13.7	87	11
13	14.5	38	15	63	11.8	88	15
14	10.5	39	13	64	15	89	14.5
15	7.5	40	11	65	14.7	90	12.9
16	4	41	11.4	66	12.8	91	12.7
17	7.6	42	15	67	12.8		
18	11.8	43	11.3	68	13		
19	13.2	44	7	69	14.6		
20	12.4	45	7.5	70	11.3		
21	14.3	46	7.7	71	15		
22	7.2	47	14.8	72	9		
23	7.2	48	14.6	73	7.4		
24	14.3	49	14.4	74	11		
25	9.8	50	9.3	75	13.6		

- Análisis estadístico: T-Student
- Programa: STATGRAPHICS Centurión 8.1.

- Planteamiento de hipótesis:
 - Ho: Existe diferencias entre las medias del grupo de las formulación A y B
 - Hi: No existe diferencias entre las medias de las formulaciones A y B
- Resultados:

SnapStat: Comparación de Dos Muestras

	A	B
Recuento	88	91
Promedio	13.2057	12.6857
Desviación Estándar	8.51225	9.91682
Coefficiente de Variación	64.459%	78.1731%
Mínimo	0.6	4
Máximo	87	102
Rango	86.4	98
Sesgo Estandarizado	28.981	32.1555
Curtosis Estandarizada	127.442	146.183

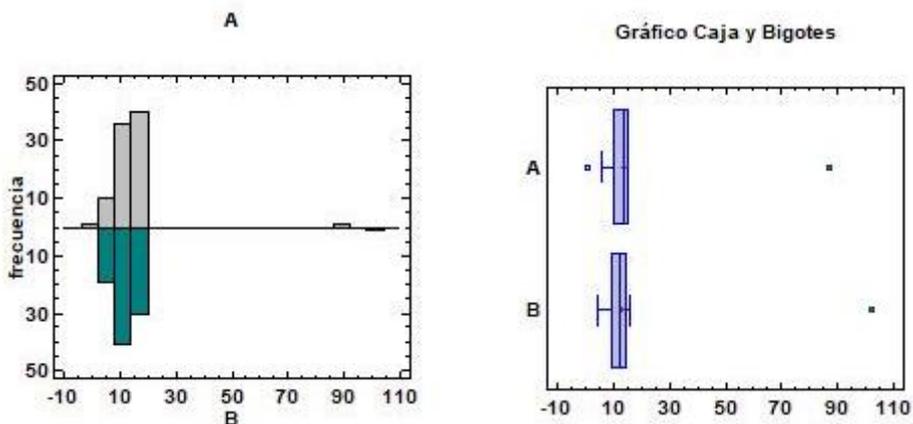
Intervalos de confianza del 95%
 Dif. de medias: 0.519968 +/- 2.73012 [-2.21015; 3.25008]
 Razón de varianzas: [0.484743; 1.12159]

Comparación de Medias
 Hipotesis Nula: diferencia = 0
 estadístico t = 0.375858 Valor-P Bilateral = 0.7075

Comparación de Sigmas
 Hipotesis Nula: razon = 1
 Estadístico F = 0.736792 Valor-P Bilateral = 0.1535

Diagnósticos
 Valores-P Shapiro-Wilks = 0.0000 y 0.0000
 Autocorrelación en Retraso 1 = -0.0319 +/- 0.2089, 0.0279 +/-

- Gráficos:



- Interpretación:

Habiendo asumido un nivel de significación del 5 por ciento, consideramos que $p > \alpha$, lo cual induce a rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alternativa, es decir, no existe diferencias estadísticamente significativas, lo cual indica que las formulaciones empleados en la preparación de los queques son parecidas frente al consumidor.

