



**FACULTAD DE OCEANOGRAFÍA, PESQUERÍA, CIENCIAS ALIMENTARIAS Y  
ACUICULTURA**

ESTUDIO DE LA CINÉTICA DE SECADO Y LA GRANULOMETRÍA PARA LA  
OBTENCIÓN DE HARINA DE FRIJOL LOCTAO (*Vigna radiata*)

**Línea de investigación:**

Competitividad industrial, diversificación productiva y prospectiva

Tesis para optar al Título Profesional de Ingeniero Alimentario

**Autor**

Huaquino Maraví, Juan Diego

**Asesor**

Candela Díaz, José Eduardo

ORCID: 0000-0002-2452-9879

**Jurado**

Marín Machuca, Olegario

Aldave Palacios, Gladis Josefina

Minaya Agüero, Carmen del Pilar

**Lima - Perú**

**2025**



# ESTUDIO DE LA CINETICA DE SECADO Y LA GRANULOMETRIA PARA LA OBTENCION DE HARINA DE FRIJOL LOCTAO (Vigna radiata)

## INFORME DE ORIGINALIDAD

23%

INDICE DE SIMILITUD

22%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="http://repositorio.unica.edu.pe">repositorio.unica.edu.pe</a> Fuente de Internet	4%
2	<a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	3%
3	<a href="http://repositorio.unfv.edu.pe">repositorio.unfv.edu.pe</a> Fuente de Internet	2%
4	<a href="http://repositorio.unp.edu.pe">repositorio.unp.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="http://www.scribd.com">www.scribd.com</a> Fuente de Internet	1%
6	<a href="http://cdn.www.gob.pe">cdn.www.gob.pe</a> Fuente de Internet	1%
7	<a href="http://repositorio.uta.edu.ec">repositorio.uta.edu.ec</a> Fuente de Internet	1%
8	<a href="http://repositorio.ug.edu.ec">repositorio.ug.edu.ec</a> Fuente de Internet	1%
9	<a href="http://repositorio.unas.edu.pe">repositorio.unas.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
10	<a href="http://minagri.gob.pe">minagri.gob.pe</a> Fuente de Internet	1%
11	<a href="http://core.ac.uk">core.ac.uk</a> Fuente de Internet	1%



FACULTAD DE OCEANOGRAFÍA, PESQUERÍA, CIENCIAS ALIMENTARIAS Y  
ACUICULTURA

**ESTUDIO DE LA CINÉTICA DE SECADO Y LA GRANULOMETRÍA PARA  
LA OBTENCIÓN DE HARINA DE FRIJOL LOCTAO (*Vigna radiata*)**

Línea de investigación:

Competitividad industrial, diversificación productiva y prospectiva

Tesis para optar al Título Profesional de Ingeniero Alimentario

Autor:

Huaquino Maraví, Juan Diego

Asesor:

Candela Díaz, José Eduardo

ORCID: 0000-0002-2452-9879

Jurado:

Marín Machuca, Olegario

Aldave Palacios, Gladis Josefina

Minaya Agüero, Carmen del Pilar

Lima – Perú

2025

### **Dedicatoria**

**A Dios**, por brindarme salud y fortaleza para seguir adelante cada día, ser mejor profesional y lograr mis objetivos.

**A mis padres**, por su gran amor y apoyo incondicional cada día de mi vida, todo el esfuerzo que han realizado son el valor más grande que pudieron haber brindado.

**A mi hermano**, por su figura como padre, mientras mi papa trabajaba muy duro. Él siempre me brindo todo su apoyo y fue un gran ejemplo para mí.

**A mis tíos Bertha y Glicerio**, que desde el cielo me cuidan y siempre están conmigo en cada paso que doy en mi vida.

Y dedico este trabajo para todas las personas especiales que se sumaron a este camino y me apoyaron incondicionalmente.

## **Agradecimientos**

Agradecer a la Universidad Nacional Federico Villarreal, a la Facultad de Oceanografía, Pesquería, Ciencias Alimentarias y Acuicultura por su gran apoyo en todo este camino para lograr ser un gran profesional y poder concluir esta investigación.

Agradezco a mi asesor de Tesis el Ing. José Candela Díaz el quien me brindo su confianza y apoyo para la culminación de mi investigación. Tengo el honor de haber vuelto a ser su alumno y brindarme todos los criterios y estar presente en cada avance que iba logrando.

Y el mayor de mis agradecimientos son para mis padres Tomasa y Dante quienes fueron los soportes del día a día para lograr mis objetivos, quienes estuvieron para mí siempre y nunca se rindieron para darme la oportunidad es estudiar y ser profesional. Agradecer a mi hermano Daniel quien estuvo conmigo y me apoyo siempre para ser mejor persona y profesional. Él siempre fue mi ejemplo a seguir como persona y lo seguiré siendo.

Y el agradecimiento para todas las personas especiales que se unieron al camino de este gran logro y que me brindaron su apoyo y fueron parte de esta experiencia.

## INDICE GENERAL

RESUMEN .....	x
ABSTRACT.....	xi
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1. Descripción y formulación del problema.....	1
1.2. Antecedentes .....	3
1.3. Objetivos .....	5
1.4. Justificación .....	5
1.5. Hipótesis .....	6
<b>II. MARCO TEORICO.....</b>	<b>7</b>
2.1. Bases teóricas sobre el tema de investigación .....	7
2.1.1. Frijol Loctao .....	7
2.1.2. Origen .....	8
2.1.3. Valor nutricional .....	8
2.1.4. Taxonomía y características botánicas .....	9
2.1.5. Cultivo .....	11
2.1.6. Producción anual.....	12
2.1.7. Generalidades de la harina .....	14
2.1.8. Secado de alimentos.....	19
2.1.9. Parámetros de secados de alimentos:.....	21
<b>III. METODO.....</b>	<b>22</b>

3.1.	Tipo de Investigación.....	22
3.2.	Ámbito temporal y espacial .....	22
3.3.	Variables .....	22
3.4.	Población y muestra.....	23
3.5.	Instrumentos.....	23
3.6.	Procedimientos.....	24
3.7.	Análisis de datos .....	31
IV.	RESULTADOS.....	33
4.1.	Resultados de secado de frijol loctao a las temperaturas de 50°C, 60°C y 70°C .....	33
4.1.1.	Datos experimentales y graficas para el secado de frijol loctao a 50°C.	33
4.1.2.	Datos experimentales y graficas para el secado de frijol loctao a 60°C.	36
4.1.3.	Datos experimentales y graficas para el secado de frijol loctao a 70°C.	40
4.1.4.	Parámetros cinéticos y modelos matemáticos de secado de frijol loctao a temperaturas de 50°C, 60°C y 70°C. ....	44
4.2.	Resultados granulométricos de harina de frijol loctao a las temperaturas de 50°C, 60°C y 70°C sometidos a tiempos de molienda de 60s, 90s y 120s. .....	46
4.2.1.	Análisis granulométrico de la harina de frijol loctao a temperatura de 50°C con tiempos de molienda de 60s, 90s y 120s tamizados en mallas N° 40, 60 y 80. ....	46

4.2.2.	Análisis granulométrico de la harina de frijol loctao a temperatura de 60°C con tiempos de molienda de 60s, 90s y 120s tamizados en mallas N° 40, 60 y 80. ....	47
4.2.3.	Análisis granulométrico de la harina de frijol loctao a temperatura de 70°C con tiempos de molienda de 60s, 90s y 120s tamizados en mallas N° 40, 60 y 80. ....	48
4.3.	Análisis de Estadístico ANVA.....	49
4.4.	Análisis físico químicos y microbiológicos de la harina de frijol loctao.....	55
V.	DISCUSION DE RESULTADOS .....	56
VI.	CONCLUSIONES .....	58
VII.	RECOMENDACIONES .....	60
VIII.	REFERENCIAS .....	61
IX.	ANEXOS .....	66

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición proximal del frijol loctao fresco .....	8
Tabla 2. Perfil de aminoácidos del frijol loctao fresco .....	9
Tabla 3. Taxonomía del frijol loctao.....	11
Tabla 4. Surcos para siembra de frijol loctao .....	12
Tabla 5. Producción mensual de frijol loctao, según región año 2021(ton) .....	13
Tabla 6. Tipos de harina.....	15
Tabla 7. Tamaños de apertura para tamices de prueba .....	18
Tabla 8. Operacionalización de variables dependiente e independiente.....	22
Tabla 9. Control de secado a cada temperatura de proceso e intervalo de tiempo .....	26
Tabla 10. Cuadro de molienda del frijol loctao para temperatura .....	27
Tabla 11. Contenido de humedad y velocidad de secado de frijol loctao a 50°C .....	33
Tabla 12. Contenido de humedad y velocidad de secado de frijol loctao a 60°C .....	37
Tabla 13. Contenido de humedad y velocidad de secado de frijol loctao a 70°C .....	41
Tabla 14. Parámetros cinéticos y modelos matemáticos de secado de frijol loctao .....	45
Tabla 15. Análisis granulométrico de harina de frijol loctao a 50°C.....	46
Tabla 16. Análisis granulométrico de harina de frijol loctao a 60°C.....	47
Tabla 17. Análisis granulométrico de harina de frijol loctao a 70°C.....	48
Tabla 18. Módulos de Finura de Harina de Frijol Loctao.....	49
Tabla 19. Análisis de varianza de dos factores con una sola muestra por grupo.....	50
Tabla 20. Prueba de hipótesis t a nivel de significación del 5 % .....	54

**INDICE DE FIGURAS**

Figura 1. Frijol Loctao – Mung beans .....	7
Figura 2. Características botánicas del frijol loctao .....	10
Figura 3. Curvas de distribución del tamaño de las partículas para polvos simples.....	16
Figura 4. Curvas de secado de un sólido húmedo en aire caliente, a temperatura y humedad constante .....	20
Figura 5. Muestra de frijol loctao para secado.....	24
Figura 6. Secador de alimentos con las muestras de frijol loctao .....	25
Figura 7. Temperaturas de secado del secado de alimentos a 50°C, 60°C y 70°C.....	25
Figura 8. Molienda del frijol loctao .....	26
Figura 9. Harina de frijol loctao.....	27
Figura 10. Tamizado de harina de frijol loctao .....	28
Figura 11. Retención de harina de frijol loctao en malla N°40 .....	28
Figura 12. Retención de harina de frijol loctao en malla N°60 .....	29
Figura 13. Retención de harina de frijol loctao en malla N°80 .....	29
Figura 14. Diagrama de flujo para la elaboración de harina de frijol loctao .....	30
Figura 15. Gráfica del contenido de humedad vs tiempo a la temperatura de 50°C.....	35
Figura 16. Gráfica de la velocidad de secado vs tiempo a la temperatura de 50°C.....	36
Figura 17. Gráfica del contenido de humedad vs tiempo a la temperatura de 60°C.....	39
Figura 18. Gráfica de la velocidad de secado vs tiempo a la temperatura de 60°C.....	40
Figura 19. Gráfica del contenido de humedad vs tiempo a la temperatura de 70°C.....	43
Figura 20. Gráfica de la velocidad de secado vs tiempo a la temperatura de 70°C.....	44

**INDICE DE ANEXOS**

Anexo A.	Norma del Codex para la Harina de Trigo CODEX STAN 152-1985 .....	66
Anexo B.	Resultados de laboratorio SAT de la harina de frijol loctao.....	73

## RESUMEN

La presente tesis tuvo como objetivo determinar los parámetros de cinética de secado y granulometría para la obtención de la harina de frijol loctao para su mejor aprovechamiento nutricional. La investigación fue de carácter experimental en la cual el frijol loctao fue sometido a una limpieza previa para luego ser secado a temperaturas de 50 °C, 60 °C y 70 °C y luego sometido a una molienda a diferentes tiempos de 60 s, 90 s y 120 s para cada temperatura respectiva. Durante el secado se determinó los parámetros de cinética de secado y luego de la molienda se determinó el módulo de finura de la harina de frijol loctao el cual fue sometido a un análisis ANVA al nivel de significación del 5 %. Los resultados de la cinética de secado nos brindaron parámetros de humedad de equilibrio, humedad crítica, tiempo de secado para cada temperatura y con el análisis de ANVA se demostró que las temperaturas de secado no tienen influencia sobre el módulo de finura, pero el tiempo de molienda sí tiene influencia sobre el módulo de finura en la cual la prueba “t” mostro que a 90 s y 120 s logran un promedio similar menor a 2. En conclusión, se determinó que se logra un mejor módulo de finura promedio de 1,7608 si el frijol loctao es secado previamente a 50 °C, 60 °C o 70 °C es sometido a una molienda por un tiempo de 120 s y de esta manera se pueda aprovechar la harina de frijol loctao.

*Palabras clave:* frijol loctao, cinética de secado, módulo de finura

## ABSTRACT

The objective of this thesis was to determine the drying kinetics and granulometry parameters for obtaining loctao bean flour for its best nutritional use. The research was experimental in nature in which the loctao bean was subjected to a previous cleaning and then dried at temperatures of 50 °C, 60 °C and 70 °C and then subjected to grinding at different times of 60 s, 90 s and 120 s for each respective temperature. During the drying, the drying kinetics parameters were determined and after grinding, the fineness modulus of the loctao bean flour was determined, which was subjected to an ANVA analysis at the significance level of 5 %. The results of the drying kinetics gave us parameters of equilibrium humidity, critical humidity, drying time for each temperature and with the ANVA analysis it was shown that the drying temperatures have no influence on the fineness modulus, but the milling time does have an influence on the fineness modulus in which the "t" test showed that at 90s and 120s they achieve a similar average less than 2. In conclusion, it was determined that a better average fineness modulus of 1.7608 is achieved if the loctao bean is previously dried at 50 °C, 60 °C or 70 °C and is subjected to milling for a time of 120 s and in this way the loctao bean flour can be used.

*Keywords:* loctao bean, drying kinetics, fineness modulus

## I. INTRODUCCIÓN

La industria de los granos andinos y legumbres hoy en día son clave en el crecimiento económico de nuestro país debido a que son exportados a países del Medio Oriente, Asia, Europa y Norteamérica. Las legumbres son una gran fuente de proteínas que son consumidas en todo el mundo, principalmente para las personas con desnutrición proteica. El Frijol loctao es un alimento que mayormente ha sido consumido como germinado en la gastronomía peruana y en ciertas ocasiones como consumo directo. Esta legumbre es exportada a granel principalmente para Corea del Sur cumpliendo altos estándares de calidad de acuerdo con el uso que le bridaran como para germinación o la elaboración de guisos, panes, pizzas, etc.

En la presente investigación se plantea estudiar la cinética de secado y granulometría para la obtención de harina de frijol loctao, considerando que se pueda aprovechar las proteínas y su contenido aminoacídico de otra manera ya que en el Perú no se han realizado estudios de ingeniería para su aprovechamiento en otras presentaciones de consumo directo.

El secado de un método de conservación que permite reducir el contenido de agua para prolongar la vida útil de los alimentos, además de determinar los parámetros necesarios para obtener un modelo matemático que describan la curva de cinética de secado. Por otra parte, la granulometría clasifica las partículas de acuerdo con el tamaño y la retención de partículas.

### 1.1. Descripción y formulación del problema

Charley (2013) menciona que las legumbres o leguminosas son los alimentos que aportan alrededor del 20 % de la proteína alimenticia consumida alrededor del mundo. Existe una gran variedad de leguminosas, entre ellas están los frijoles del género (*Phaseolus* y *Vigna*), habas, arvejas, lentejas, etc. El frijol loctao ha cubierto una gran parte en el sector exportaciones de nuestro país, debido a ello su cultivo representa una importante alternativa de producción para miles de agricultores de la Costa, Sierra y Selva; sin embargo, una serie de limitaciones

derivadas al escaso uso de tecnologías adecuadas hacen que no se aproveche eficientemente las condiciones climáticas excepcionales que ofrecen la Costa, así como en otras zonas de obtención de nuestro país. (Agro Mi Perú Foods SAC [AGROMIPERU], 2018)

El mayor consumo del frijol loctao se da mediante su germinación el cual es utilizado en platos de comida china además de tener una gran fuente de vitaminas y minerales y la facilidad de consecución en el mercado. (Arrieta, 2021)

Además de consumir el frijol loctao como germinado, también puede ser consumido como harina, en el cual según Miquilena y Higuera (2012) tiene un porcentaje de proteína cruda de 24,5 % y un contenido de aminoácidos esenciales de 44,24 % de la proteína cruda lo cual es comparable al contenido aminoacídico de la soya el cual puede combatir la malnutrición proteica.

Kuklinski (2010) indica que hoy en día la alimentación es fundamental en todo el mundo para el mantenimiento de la vida y salud es cual es un proceso voluntario y educable. En la Mesa de Concertación para la Lucha contra la Pobreza (MCLCP, 2022) describe que en el Perú según encuestas del 2015 las fuentes de energía de alimentación era el arroz, trigo, azúcar y tubérculos. Asimismo, la proteína procedía de los cereales, huevos y aves, seguido en menor proporción las leguminosas, pescado y carnes. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2002) la desnutrición proteica es un problema nutricional en todos los países del mundo.

El frijol loctao es una leguminosa que no se ha aprovechado en otras formas de consumo por eso se propone realizar un estudio de cinética de secado y granulometría para obtener una harina optima el cual pueda ser utilizado en diferentes comidas para combatir la desnutrición en el Perú o el mundo.

## **Formulación del problema**

### **Problema General**

- ¿Será factible determinar los parámetros cinéticos de secado y granulometría para la obtención de una harina de frijol loctao para su mejor provecho tecnológico?

### **Problemas Específicos**

- ¿Cuál es la tecnología de procesamiento para la obtención de la harina de frijol loctao?
- ¿Cuál será la humedad de equilibrio y tiempo de secado para obtener de la harina de frijol loctao?
- ¿Cuál será el módulo de finura ideal para la obtención comercial de la harina de frijol loctao?

### **1.2. Antecedentes**

Noroña (2018) realizó ensayos de cinética de secado en muestras de granos de maíz, trigo y cebada a 3 temperaturas 60 °C, 50 °C y 40 °C en la cual se mantuvo una velocidad constante de 1,1 m/s con la finalidad de obtener valores óptimos en sus propiedades fisicoquímicas como % humedad, tamaño de grano, masa de 1000 granos, % proteínas, peso específico y actividad de agua. La temperatura óptima del proceso de secado fue de 60 °C. En esta investigación se usaron los modelos matemáticos de Crank, Omoto y BET para describir los datos experimentales, donde se determinó el coeficiente de difusividad del proceso ( $D_{eff}$ ) y ( $K_s$ ), la energía de activación ( $E_a$ ) a partir de la linealización de la ecuación de Arrhenius y sus respectivos coeficientes de correlación ( $R^2$ ) para cada cereal. Se demostró también que los coeficientes de difusividad efectiva fueron mayores conforme exista una mayor velocidad de secado y que la energía de activación fue mayor conforme exista bajos coeficientes de difusividad en el proceso.

Estrella (2014) desarrolló una formulación adecuada para un fideo enriquecido con harinas de frijol de palo y zapallo obteniendo la caracterización granulométrica respectiva que permitió establecer rendimientos de molienda para el frijol de palo de 81,82 % mediante combinación de cribas con luz de malla 1,2 y 0,5 mm; para el zapallo se obtuvieron rendimientos del 72,42 % con luz de malla 2,0 y 0,5 mm, logrando mayor retención de material con diámetros de partícula en el rango 125  $\mu\text{m}$  a 63  $\mu\text{m}$  que corresponden a un 80 %.

Monares (2015) evaluó la deshidratación de las hojas de punamuña (*Satureja boliviana*) en un secado de bandejas en condiciones de temperatura y velocidad de aire. Se determinaron la humedad de equilibrio, las curvas de velocidad, la cinética de secado y los modelos que los describan. Se usó isoterma de adsorción con soluciones salinas a temperatura de 40, 50 y 60 °C para determinar la humedad de equilibrio. La cinética de secado se realizó a velocidades de aire de 0,5 y 1,0 m/s y a temperaturas ya mencionadas, cuyos resultados se analizaron con regresión no lineal por el método de Quasi-Newton. Las curvas de velocidad presentan una relación inversa entre la temperatura y velocidad de aire, además que la humedad crítica es inversa a la temperatura y el tiempo de secado a velocidad constante es mayor a menor temperatura. Como resultados se obtuvo que el modelo Thompson se ajusta mejor a las temperaturas estudiadas y velocidad de 0,5 m/s ( $R^2 > 0,94$  y %E < 22,77), mientras que el modelo Page se ajusta mejor a la velocidad de aire de 1,0 m/s ( $R^2 > 0,985$  y %E < 11,85) de la punamuña.

Quispe (2019) determinó el efecto de las temperaturas de proceso en la cinética de deshidratación con aire caliente para el higo proveniente de Chincha. Se acondicionó en rodajas para luego ser secadas a temperaturas de 50 °C, 60 °C y 70 °C obteniéndose que los contenidos de humedad de equilibrio final a 50 °C fue de 0,192 g de agua/ g.m.s, para 60 °C 0,167 g de agua/g.m.s, para 70° C 0,132 g de agua/ g.m.s, a mayor temperatura de proceso se obtiene menor contenido de humedad, los tiempos de proceso para 50 °C fue de 1080 minutos, a 60 °C

fue de 960 minutos, y para 70 °C fue de 900 minutos, dando la conclusión que mayor temperatura de proceso menor tiempo. Las difusividades en el periodo decreciente para el proceso a 50 °C fue de  $2,47 \times 10^{-10} \text{ cm}^2 / \text{s}$ , para 60 °C  $2,833 \times 10^{-10} \text{ cm}^2 / \text{s}$  y para 70 °C  $2,859 \times 10^{-10} \text{ cm}^2 / \text{s}$ , a mayor temperatura de proceso menor difusividad.

### 1.3. Objetivos

#### Objetivo General

- Determinar los parámetros de cinética de secado y granulometría para la obtención de la harina de frijol loctao para su mejor aprovechamiento tecnológico.

#### Objetivos Específicos

- Determinar la tecnología de procesamiento para la obtención de la harina de frijol loctao.
- Determinar la humedad de equilibrio y tiempo de secado para la obtención de harina del frijol loctao.
- Determinar el módulo de finura ideal y retención de la harina de frijol loctao para su comercialización.

### 1.4. Justificación

El desarrollo de esta investigación desde el punto de vista nutricional nos va a permitir aprovechar el gran contenido de proteínas del frijol loctao y de la misma manera los aminoácidos que contribuyen con el desarrollo humano.

En el aspecto industrial nos permitirá determinar los parámetros de secado y de granulometría para obtener una harina optima de frijol loctao para su aprovechamiento en la gastronomía peruana y desarrollo de nuevos productos, debido que esta legumbre no ha sido investigada en el ámbito de la ingeniería.

En el aspecto social, es brindar a la población otras presentaciones de alimentos o dar a conocer ciertos alimentos que no son muy conocidos debido a que solamente son exportados o como en el caso del frijol loctao solo se consume como germinado.

Esta harina de frijol loctao permitirá que otros investigadores empiecen a usarlo para el desarrollo de productos y se incremente su consumo aprovechando sus aportes nutricionales.

### 1.5. Hipótesis

#### **Hipótesis General**

- Es factible determinar los parámetros de cinética secado y granulométricos serán los adecuados para lograr una harina de frijol loctao con mejor aprovechamiento tecnológico.

#### **Hipótesis Especificas**

- Es factible determinar una tecnología optima de procesamiento para la lograr una harina de frijol loctao comercial.
- La humedad de equilibrio y tiempo de secado obtenida será óptima para el proceso de molienda.
- El módulo de finura influencia en la obtención de una harina de frijol loctao para su comercialización.

## II. MARCO TEORICO

### 2.1. Bases teóricas sobre el tema de investigación

#### 2.1.1. *Frijol Loctao*

El frijol mungo o loctao, también denominado mungo verde es una leguminosa muy popular y de alta demanda en los países asiáticos en donde la producción mundial es cerca del 90 %. India es el principal productor mundial dominando el campo con más del 50 %. China no se queda atrás representa el 19 % de la producción de leguminosas. En el ámbito comercial, Tailandia es el principal exportador de frijol mungo. (Ávila y Litardo, 2018)

El frijol loctao es una leguminosa que se consume en diferentes presentaciones culinarias ya se en su forma de grano o germinado para cual debe cumplir ciertas características como:

Los estándares comerciales son: tamaño mínimo de 3,5 mm y se toleran cuerpos extraños, granos defectuosos, dañados, manchados y partidos, con un valor máximo de 1 %, mientras que la tolerancia para diferencia de color es de 5 % y para humedad 14 %. (Paredes et al., 2016, p. 2)

#### **Figura 1**

*Frijol Loctao – Mung beans*



*Nota.* Tomado de Perú Bean SAC (2023)

### 2.1.2. Origen

En el Perú desde tiempo antiguos se siembra y que fue introducido por inmigrantes chinos cantoneses de la época colonial siendo utilizados como ingredientes en sus preferencias culinarias. (Valladolid, 2016)

El frijol mungo (*Vigna radiata*), es una leguminosa herbácea anual, originaria de la India, tiene un periodo de maduración breve, se cultiva extensamente en la India, Irán, Malasia, África Oriental y Grecia, es una leguminosa importante de la zona tropical de la India. Es frecuente que sus semillas se coman después de germinadas. Esta planta también se cultiva como fuente de abono verde. Se considera que en la actualidad puede ser introducida en nuevas áreas o regiones del mundo con el fin de contribuir a frenar las deficiencias nutricionales. (Martínez, 1995)

### 2.1.3. Valor nutricional

Se aprecia en la tabla 1 la composición proximal del frijol loctao fresco.

**Tabla 1**

*Composición proximal del frijol loctao fresco*

<b>Nutriente</b>	<b>Frijol loctao</b>
<b>Humedad</b>	8,25 g
<b>Carbohidratos</b>	65,86 g
<b>Grasas</b>	2,83 g
<b>Proteínas</b>	25,00 g
<b>Fibra cruda</b>	1,68 g
<b>Cenizas</b>	4,63 g

*Nota.* Tomado de Bhatta et al. (2000)

En la siguiente tabla 2 se encuentra el perfil de aminoácidos del frijol loctao fresco el cual parte muy importante en la nutrición del ser humano.

**Tabla 2**

*Perfil de aminoácidos del frijol loctao fresco*

<b>Aminoácidos (%)</b>	<b>Frijol Loctao</b>
<b>Lisina</b>	1,21
<b>Histidina</b>	0,55
<b>Arginina</b>	0,93
<b>Treonina</b>	1,19
<b>Leucina</b>	1,47
<b>Isoleucina</b>	0,82
<b>Fenilalanina</b>	0,78
<b>Valina</b>	1,08
<b>Alanina</b>	0,50
<b>Tirosina</b>	2,96

*Nota.* Tomado de Bhatti et al. (2000)

#### **2.1.4. Taxonomía y características botánicas**

El frijol loctao tiene muchas denominaciones en diferentes partes del mundo tales como frijol chino, frijol mungo, judía de mungo, mung bean, etc. Es una planta herbácea de rápido crecimiento, erecto o semierecta con una altura entre 30 a 90 cm.

Los tallos tienen ramas verdes desde la base y en algunas ocasiones estas están teñidas de púrpura y presentan ligera pilosidad. Las hojas son de color verde claro a oscuro de forma ovalada, enteras, trifoliadas de 5 a 10 cm de longitud. Sus flores son amarillas o verde amarillentas de 10 a 20 inflorescencias sobre racimos axilares o terminales. Las vainas son de

6 a 12 cm de longitud de color verde y su estado de madurez de color negro, son de forma cilíndrica recurvadas y vellosas en estado tierno. Las semillas son globulares de color verde, marrón o con manchas, con forma casi esférica de 3 a 5 mm de longitud. (Merino, 2001)

## Figura 2

### *Características botánicas del frijol loctao*



*Nota.* Tomado de Toledo (2017)

En la siguiente tabla 3 se muestra la descripción taxonómica del frijol loctao

**Tabla 3***Taxonomía del frijol loctao*

<b>Categoría</b>	<b>Descripción</b>
<b>Reino</b>	Plantae
<b>División</b>	Magnoliophyta
<b>Clase</b>	Magnoliopsida
<b>Orden</b>	Fabales
<b>Familia</b>	Fabaceae
<b>Subfamilia</b>	Faboideae
<b>Genero</b>	Vigna
<b>Especie</b>	<i>Vigna radiata (L.) R. Wilczek</i>

---

*Nota.* Tomado de Toledo (2017)

### 2.1.5. *Cultivo*

Según Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI, 2023) los requerimiento de clima y suelo para el frijol loctao son los siguientes:

- **Clima:** Temperatura desde 20 °C a 30 °C, es muy sensible a temperaturas frías.
- **Suelo:** Franco sin problemas de salinidad. La conductividad eléctrica no debe ser mayor a 2mmhos/cm.

Las zonas de producción en el Perú según los meses del año y regiones son las siguientes:

- **Costa:** Setiembre a marzo
- **Selva:** Marzo a mayo

Los requerimientos de siembra del frijol loctao en las zonas mencionadas engloban varios factores importantes para lograr un buen rendimiento en la cosecha y en la calidad de la leguminosa:

- **Cantidad de semillas:** 15 kilogramos por hectárea
- **Sistemas y distancias de siembra:**

**Tabla 4**

*Surcos para siembra de frijol loctao*

<b>Tipo de surcos</b>	<b>Distancia</b>	<b>Cantidad de semillas</b>
<b>Surcos simples</b>	0,60 m a 0,70 m entre surcos	4 semillas cada 0,20 m o 20 semillas por metro en siembra mecanizada.
	0,50 m. entre líneas de siembra	
<b>Surcos dobles</b>	0,90 m entre pares de líneas	

*Nota.* Tomado de Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI, 2023)

- **Densidad de siembra:** 250,000 plantas por hectárea con un rendimiento promedio de 1,5 a 1,8 ton/ha y rendimiento potencial de 2,0 a 2,5 ton/ha.

#### **2.1.6. Producción anual**

La producción anual del frijol loctao en el Perú en el año 2021 se observa en la siguiente figura mostrada:



<b>Moquegua (-)</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Pasco (-)</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Piura (940)</b>	-	-	-	-	-	-	20	-	-	-	920	-
<b>Puno (840)</b>	-	-	-	-	100	200	200	160	140	-	20	20
<b>San Martín</b>												
<b>(40)</b>	-	-	-	40	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Tacna (25)</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25
<b>Tumbes (-)</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Ucayali (-)</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

---

*Nota.* Tomado de Sistema Integrado de Estadística Agraria (SIEA, 2021)

### 2.1.7. Generalidades de la harina

En general harina se entiende como el polvo que obtenemos de la molienda de semillas, tubérculos, legumbres, etc. (Arauz y Ortiz, 2005)

**2.1.7.1. Harina de Trigo.** Según la Norma Técnica Peruana 205.064 (2015) la definición de harina de trigo para consumo humano es la siguiente:

Es el producto destinado al consumo humano que se obtiene de la molienda gradual y metódica de granos limpios de trigo, de las especies *Triticum aestivum* o *Triticum durum*, durante el cual se retiran el salvado y germen, quedando principalmente el endospermo, el cual puede presentar diversos grados de extracción. Debe ser fortificada con micronutrientes, según normativa vigente. Puede tener agentes de tratamiento de harina y/u otros micronutrientes. (p. 6)

**2.1.7.2. Tipos de harina.** Según Cavero (2010) menciona 6 tipos de harina que se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 6***Tipos de harina*

<b>Tipo de harina</b>	<b>Característica</b>
<b>Integral</b>	Se muele todo el grano de manera que la harina producida contiene el germen, el salvado y escutelo, además del endospermo pulverizado.
<b>Precocida</b>	Son aquellas en la cual la materia prima fue sometida a tratamiento térmico con suficiente agua para que se produzca la gelatinización, para cual se obtiene el almidón modificado.
<b>Compuestas</b>	Se obtiene de la mezcla de dos o más harinas sucedáneas o de esta con harina de trigo.
<b>Duras</b>	Son aquellas que contienen alto contenido de proteínas y se extraen de trigos duros. Las variedades usadas son el primaveral e invernal.
<b>Suaves</b>	Estas se obtienen del trigo blando debido a su bajo contenido proteico. Las variedades usadas el rojo y blanco de invierno.
<b>Sucedáneas</b>	Es el producto obtenido de la molienda de cereales, tubérculos, raíces, leguminosas y otras que reúnan características apropiadas para el consumo humano.

*Nota.* Adaptado de Cavero (2010)

**2.1.7.3. Granulometría.** Las características físicas de un producto pulverulento están relacionadas con el tamaño de las partículas. La granulometría es considerada un punto muy importante para la formulación de productos de panificación, por lo que permite una mejor homogeneidad de la mezcla del producto final. (De la Cruz, 2020)

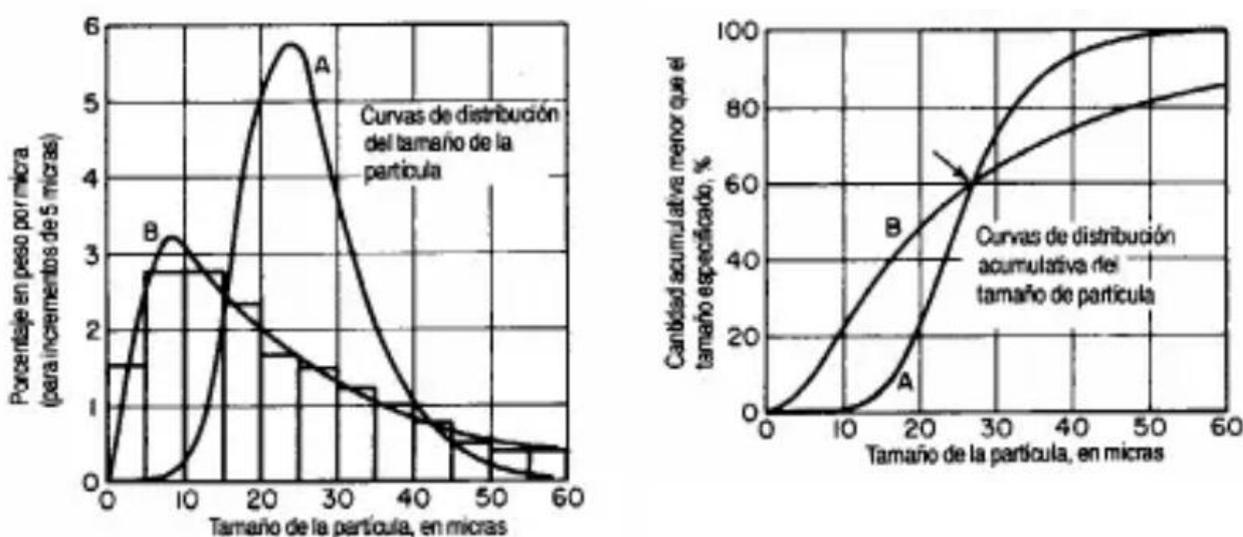
El tamizado es la operación que se utiliza en la granulometría para separar una mezcla de partículas sólidas de distintos tamaños, a través de un tamiz el cual permite determinar el tamaño de partícula y la distribución por tamaños de los productos pulverulentos. Los

productos finos son los que pasan a través de un tamiz dado y los productos de cola o gruesos son lo que no pasan a través de este. (Brennan et al., 1998)

**2.1.7.4. Distribución del tamaño de partícula.** Es una representación gráfica que se basa en el porcentaje acumulativo de tamaños en relación con los diámetros de las partículas, usualmente se utiliza una base de peso para el porcentaje.

**Figura 3**

*Curvas de distribución del tamaño de las partículas para polvos simples*



*Nota.* Tomado de Perry (1992)

**2.1.7.5. Tamaño de partícula.** Según el Codex Stan 152 (1985) el tamaño de partícula debe cumplir con que el 98 % o más de la harina deberá pasar a través de un tamiz (N°70) de 212 micras como se muestra en el anexo A.

**2.1.7.6. Módulo de Finura:** Es un valor que permite categorizar a la harina entre grado fino, medio y grueso. Una harina se considera fina si el módulo es menor a 2. (Tintaya, 2017)

$$MF = \frac{FR \times \%MR}{100}$$

**FR:** Factor de retardo

**%MR:** Porcentaje de material retenido

**2.1.7.7. Tamizado.** Es el procedimiento donde se pasará la harina por un juego de tamices de la figura 5 en el cual se utilizará una carga de 100 g y se agitará hasta que la masa de material en cualquiera de los tamices alcance el punto final que se decide determinando la masa en cada tamiz a intervalos de 1 min después de un tiempo de tamizado inicial de 10 min. Para el tamizado manual, tome el tamiz de prueba en una mano, o colóquelo en la curva del brazo si es demasiado pesado inclinar el tamiz en un ángulo de unos 20° con el punto en el que el tamiz se mantiene en la posición inferior y golpee el tamiz aproximadamente 120 veces por minuto con la otra mano colocar la prueba en posición horizontal, girar 90° y dar un golpe fuerte con la mano contra el marco del tamiz. Si el 20 % o más del material en masa pasa por el tamiz más pequeño, el material fino debe someterse a un tamaño de partícula sin tamizar análisis, como la medición microscópica o las pruebas de sedimentación, y dicho análisis debe informarse por separado. (American Society of Agricultural and Biological Engineers [ASABE], 2003)

**Tabla 7***Tamaños de apertura para tamices de prueba*

<b>ISO 3310-1</b>				<b>Tyler</b>
<b>supplementary sizes</b>	<b>US sieve no.</b>	<b>US sieve opening</b>		<b>designation</b>
<b>R40/3</b>				
(mm)		(mm)	(in)	
4,75	4	4,76	0,187	4
3,35	6	3,36	0,132	6
2,36	8	2,38	0,0937	8
1,70	12	1,68	0,0661	10
1,18	16	1,19	0,0469	14
( $\mu\text{m}$ )		( $\mu\text{m}$ )		
850	20	841	0,0331	20
600	30	595	0,0234	28
425	40	420	0,0165	35
300	50	297	0,0117	48
212	70	210	0,0083	65
150	100	149	0,0059	100
106	140	105	0,0041	150
75	200	74	0,0029	200
53	270	53	0,0021	270
Pan				

*Nota.* Tomado de ASABE (2003)

### 2.1.8. *Secado de alimentos*

El secado de alimentos es la eliminación de humedad, el cual está presidido por varios mecanismos de transferencia de agua en el producto tales como:

- Movimiento de agua bajo fuerzas capilares
- Difusión del líquido por gradientes de concentración
- Difusión superficial
- Difusión del vapor de agua en los poros llenos de aire
- Flujo debido a gradientes de presión
- Flujo debido a la vaporización – condensación del vapor de agua

El tipo de material del alimento es un punto clave en el proceso de secado, ya que sus propiedades físicas y químicas pueden producir cambios en la eliminación del agua. Productos a base de carbohidratos tienen un comportamiento higroscópico, sus grupos hidroxilos alrededor de los monosacáridos o disacáridos permiten crear puentes de hidrogeno con el agua, lo que produce una solvatación de los azúcares. En el caso de proteínas solubles en agua, los aminoácidos polares están distribuidos de manera homogénea en la parte externa, mientras que las hidrófobas tienden a ubicarse en la parte interna de la molécula. (Ibarz y Barbosa, 2005)

**2.1.8.1. Métodos de secado.** Los métodos más utilizados en el secado de alimentos según Brennan et al. (1998) se clasifican en:

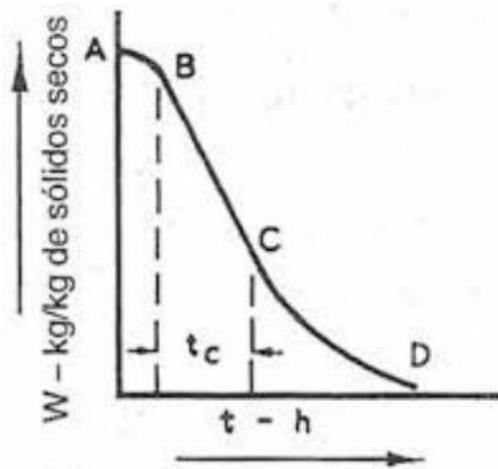
- Secado por aire caliente: El alimento es expuesto a una corriente de aire caliente.
- Secado por contacto directo con una superficie caliente: El calor se aporta al producto mediante conducción.
- Secado mediante el aporte de energía por una fuente radiante

- Liofilización: El agua de los alimentos se congela y se sublima, mediante el aporte de calor a una presión muy baja.

**2.1.8.2. Secado por aire caliente.** El ciclo de secado puede descomponerse en varias etapas como se muestra en la siguiente figura:

**Figura 4**

*Curvas de secado de un sólido húmedo en aire caliente, a temperatura y humedad constante*



*Nota.* Tomado de Brennan et al. (1998)

En la etapa A-B, llamada de estabilización, se produce el equilibrio entre la superficie del sólido y el aire de secado. En la etapa B-C, el periodo de velocidad constante, la superficie del alimento se mantiene saturada de agua líquida, debido a la migración del agua desde la parte interna hasta el exterior y esto transcurre a la misma velocidad que la de evaporación en la superficie. La velocidad de transferencia de masa se equilibra con la velocidad de transmisión de calor y de esta forma la temperatura de la superficie de secado se mantiene constante, siendo la misma que la temperatura de bulbo húmedo de aire. En la etapa C-D, la velocidad de migración del agua empieza a reducirse hasta el punto en que el alimento empieza a secarse, iniciando el periodo de velocidad decreciente. El contenido de agua del producto cuando se alcanza este punto se denomina humedad crítica. A la vez la temperatura de la

superficie se eleva hasta equilibrarse con la temperatura de bulbo seco del aire. (Brennan et al., 1998)

### **2.1.9. Parámetros de secados de alimentos:**

En esta parte Perry y Green (1999) presentan la teoría y los conceptos fundamentales del secado de sólidos para lo cual se menciona a continuación los parámetros más usados.

**2.1.9.1. Contenido de humedad.** Se expresa usualmente como humedad por unidad de peso de sólido húmedo o seco.

**2.1.9.2. Humedad de equilibrio.** Se da cuando un sólido húmedo con tiempo suficiente de secado logra el equilibrio entre el aire y el sólido húmedo en condiciones de temperatura de aire y humedad determinadas constantes.

**2.1.9.3. Humedad crítica.** Es el contenido de humedad promedio cuando el periodo de velocidad constante termina.

**2.1.9.4. Periodo de velocidad constante.** Es ese período de secado durante el cual la tasa de remoción de agua por unidad de superficie de secado es constante.

**2.1.9.5. Periodo de velocidad decreciente.** Es un período de secado durante el cual la tasa de secado instantáneo disminuye continuamente.

### III. METODO

#### 3.1. Tipo de Investigación

La presente investigación es de tipo aplicada, experimental y cuantitativa, la cual se centró en la determinación de las curvas de cinética de secado y la granulometría para la obtención de harina de frijol loctao. Se aplicará los conceptos fundamentales de secado de alimentos y los parámetros de control. La presente investigación se está desarrollando para brindarle mayor valor comercial y aprovechar su fuente nutricional de proteínas en la elaboración de nuevos productos.

#### 3.2. Ámbito temporal y espacial

La investigación se realizará en el laboratorio de Tecnología de Alimentos de la Facultad de Oceanografía, Pesquería, Ciencias Alimentarias y Acuicultura de la Universidad Nacional Federico Villarreal.

#### 3.3. Variables

**Tabla 8**

*Operacionalización de variables dependiente e independiente*

<b>Variables</b>	<b>Tipo</b>	<b>Indicador</b>
		Contenido de humedad
<b>Cinética de secado</b>	Dependiente	Tiempo de secado Velocidad de secado
<b>Parámetros de secado</b>	Independiente	Temperatura de proceso
<b>Calidad de harina de frijol</b>	Dependiente	Módulo de finura
<b>Parámetros de granulometría</b>	Independiente	Material retenido

### 3.4. Población y muestra

#### **Población**

La población comprenderá el Frijol loctao proveniente de la ciudad de Chiclayo del departamento de Lambayeque

#### **Muestra**

La muestra utilizada será utilizada al 100 % del frijol loctao (5kg)

### 3.5. Instrumentos

#### **Materia prima**

- Frijol Loctao

#### **Materiales y equipos**

- Secador de alimentos

**Marca:** Blantik

**Modelo:** BDA020

- Vaso precipitado

- Balanza digital

**Marca:** J&R

**Modelo:** JS-13

- Balanza de precisión

**Marca:** 3Scientific

**Modelo:** YP10001

- Cucharón

- Molino eléctrico

**Marca:** RAF

**Modelo:** R.7113

- Tamices

**Marca:** W.S Tyler

- Bolsas de polietileno ziploc
- Papel bond

### 3.6. Procedimientos

#### Descripción de las etapas del diagrama de flujo

- **Recepción de materia prima**

El frijol loctao se recepcionara de la provincia de Chiclayo y se verificara que cumpla con los indicadores de calidad.

- **Limpieza**

Se retirará la presencia de terrones, cascara partidos u otras impurezas presentes y no alteren la calidad de la harina final.

- **Pesado**

Se pesará una muestra de 100 g de frijol loctao en una balanza digital.

#### Figura 5

*Muestra de frijol loctao para secado*



- **Secado**

Se distribuirá 100 g muestra de frijol loctao en una bandeja de papel de manera homogénea y se programará a temperaturas de 50 °C, 60 °C y 70 °C y se controlará el peso en intervalos de 10, 20, 30 y 60 minutos como se muestra en la tabla 9. En esta etapa se determinará el contenido de humedad del frijol loctao en cada intervalo de tiempo hasta llegar a la humedad de equilibrio.

**Figura 6**

*Secador de alimentos con las muestras de frijol loctao*

**Figura 7**

*Temperaturas de secado del secado de alimentos a 50 °C, 60 °C y 70 °C*



**Tabla 9**

*Control de secado a cada temperatura de proceso e intervalo de tiempo*

<b>Secado</b>			
<b>T (°C) VS t</b>	<b>50 °C</b>	<b>60 °C</b>	<b>70 °C</b>
<b>(min)</b>			
<b>0</b>	Masa inicial	Masa inicial	Masa inicial
<b>10</b>	Masa t=10 min	Masa t=10 min	Masa t=10 min
<b>20</b>	Masa t=20 min	Masa t=20 min	Masa t=20 min
<b>t (n)</b>	Masa t=n (Peso constante)	Masa t=n (Peso constante)	Masa t=n (Peso constante)

- **Enfriado**

Dejar enfriar por un tiempo de 5 min para una mejor manipulación del frijol loctao secado.

- **Molienda**

Cuando el producto alcance la humedad de equilibrio se colocará dentro de la tolva del molino y se encenderá para tiempos de 60 s, 90 s y 120 s como se muestra en la tabla 10.

**Figura 8**

*Molienda del frijol loctao*



**Tabla 10***Cuadro de molienda del frijol loctao para temperatura*

	<b>Molienda</b>		
	<b>50 °C</b>	<b>60 °C</b>	<b>70 °C</b>
<b>60 s</b>	Harina 1 -50	Harina 1 - 60	Harina 1 -70
<b>90 s</b>	Harina 2 - 50	Harina 2 - 60	Harina 2 - 70
<b>120 s</b>	Harina 3 - 50	Harina 3 - 60	Harina 3 - 70

**Figura 9***Harina de frijol loctao*

- **Tamizado**

Se pasará la harina de frijol por tamices de 425 um (N°40), 250 um (N°60) y 180 um (N°80) para determinar el módulo de finura y la retención de partículas para verificar si cumple la calidad deseada.

**Figura 10**

*Tamizado de harina de frijol loctao*

**Figura 11**

*Retención de harina de frijol loctao en malla N°40*



**Figura 12**

*Retención de harina de frijol loctao en malla N°60*

**Figura 13**

*Retención de harina de frijol loctao en malla N°80*

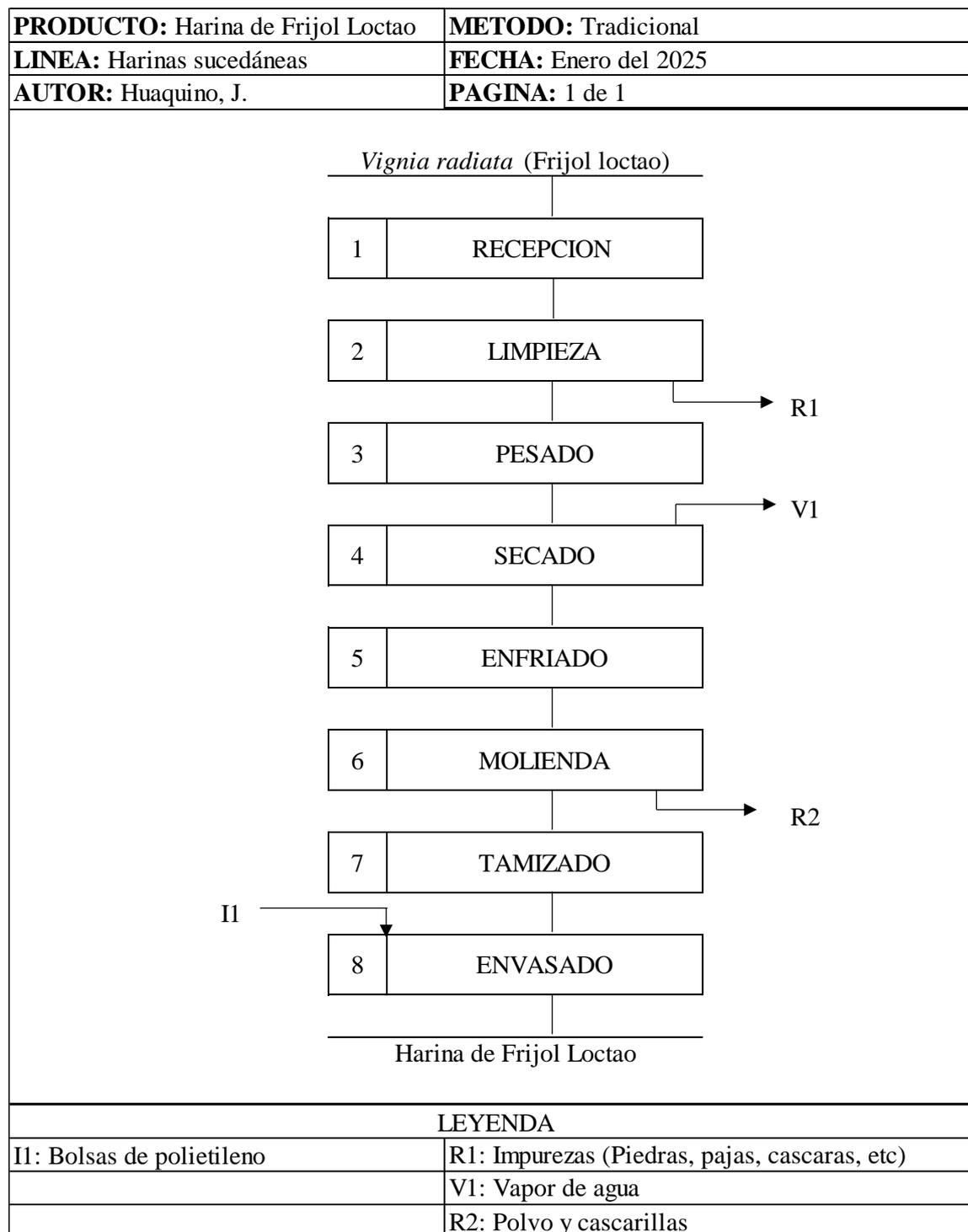


- **Envasado**

Se envasará en bolsas de polietileno y luego serán selladas para su almacenamiento.

**Figura 14**

Diagrama de flujo para la elaboración de harina de frijol loctao



### 3.7. Análisis de datos

En el análisis se comprenderá la toma de datos de humedad en base seca para cada intervalo de tiempo y temperatura que nos permitirá determinar la velocidad de secado hasta la humedad de equilibrio (peso constante).

Para determinar el contenido de humedad en base seca se utilizará la siguiente ecuación:

- **$X_{bs} = [(Masa\ de\ solido\ húmedo - Masa\ de\ solido\ seco) / Peso\ de\ solido\ seco] \times 100$**

Para determinar la velocidad de secado se utilizará la siguiente ecuación:

- **$V_s = (Humedad\ de\ solido\ seco\ inicial - Humedad\ de\ solido\ seco\ en\ tiempo\ transcurrido) / Tiempo\ transcurrido$**

Con estos datos se realizarán las gráficas de curvas de secado y velocidad de secado vs el tiempo de proceso en el cual nos permitirá determinar la humedad crítica, los periodos de velocidad constante y decreciente. Luego de determinar las ecuaciones para el proceso de secado del frijol loctao para cada temperatura y periodo del proceso.

- Periodo constante: Ecuación lineal
- Periodo decreciente: Ecuación potencial

$$Y = A + BX$$

$$Y = AX^B$$

Luego de obtener los frijoles secados a cada temperatura hasta lograr la humedad de equilibrio estos serán molidos a diferentes tiempos a velocidad constante. Esto nos brindara una harina de frijol a diferentes tamaños de partículas para luego ser tamizadas por un juego de mallas y se determina el módulo de finura para cada tiempo establecido.

Se determinará mediante un análisis estadístico ANVA si existen diferencias significativas entre los tratamientos de tiempo de molienda de 60 s, 90 s y 120 s para cada temperatura de secado.

Luego de obtener la harina de frijol loctao optima se le realizara los siguientes análisis en el laboratorio:

- Humedad
- Análisis proximal
- Microbiológico
- Granulometría

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Resultados de secado de frijol loctao a las temperaturas de 50 °C, 60 °C y 70 °C

#### 4.1.1. Datos experimentales y graficas para el secado de frijol loctao a 50 °C

En la siguiente tabla 11 se presentan los valores obtenidos de la prueba de secado de frijol loctao a la temperatura de 50 °C.

**Tabla 11**

*Contenido de humedad y velocidad de secado de frijol loctao a 50 °C*

Tiempo (min)	Contenido de humedad (g agua/g.m.s)	Velocidad de secado (g agua/ g.m.s.min)
<b>0</b>	100,00	0,0000
<b>10</b>	99,96	0,0040
<b>20</b>	99,91	0,0045
<b>30</b>	99,88	0,0040
<b>40</b>	99,83	0,0043
<b>50</b>	99,80	0,0040
<b>60</b>	99,78	0,0037
<b>70</b>	99,74	0,0037
<b>90</b>	99,63	0,0041
<b>110</b>	99,59	0,0037
<b>130</b>	99,51	0,0038
<b>150</b>	99,44	0,0038
<b>170</b>	99,33	0,0040
<b>190</b>	99,27	0,0039
<b>210</b>	99,19	0,0039

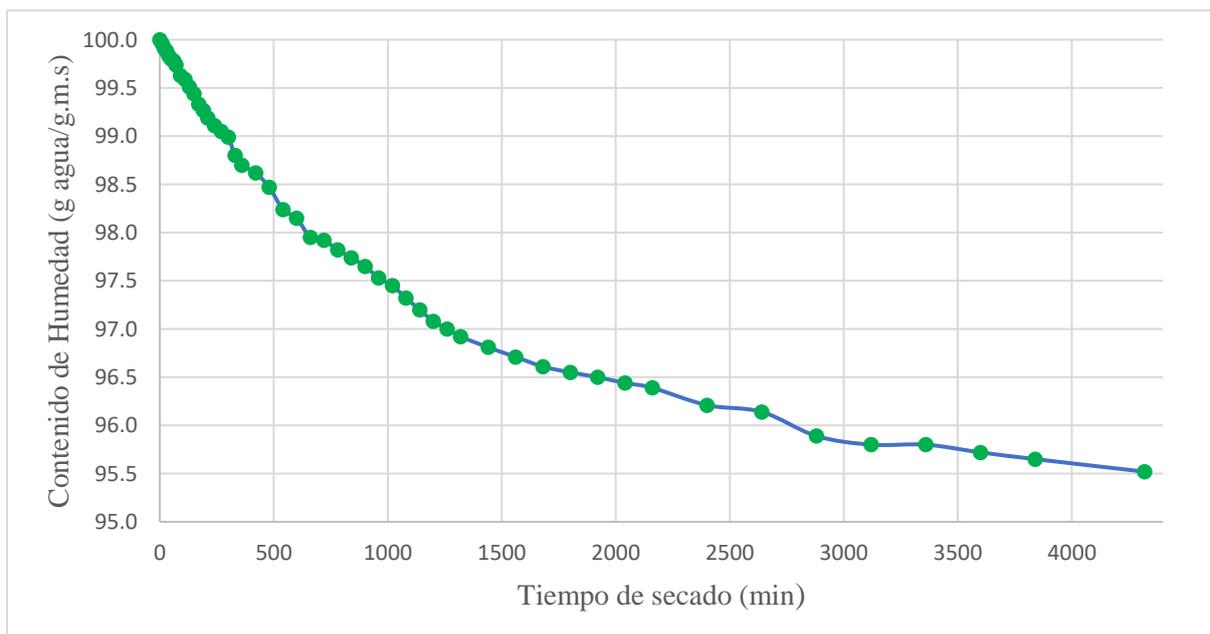
<b>240</b>	99,11	0,0037
<b>270</b>	99,05	0,0036
<b>300</b>	98,99	0,0034
<b>330</b>	98,80	0,0037
<b>360</b>	98,70	0,0037
<b>420</b>	98,62	0,0033
<b>480</b>	98,47	0,0032
<b>540</b>	98,24	0,0033
<b>600</b>	98,15	0,0031
<b>660</b>	97,95	0,0032
<b>720</b>	97,92	0,0030
<b>780</b>	97,82	0,0029
<b>840</b>	97,74	0,0028
<b>900</b>	97,65	0,0027
<b>960</b>	97,53	0,0026
<b>1020</b>	97,45	0,0026
<b>1080</b>	97,32	0,0025
<b>1140</b>	97,20	0,0025
<b>1200</b>	97,08	0,0025
<b>1260</b>	97,00	0,0025
<b>1320</b>	96,92	0,0024
<b>1440</b>	96,81	0,0023
<b>1560</b>	96,71	0,0022
<b>1680</b>	96,61	0,0021
<b>1800</b>	96,55	0,0020

<b>1920</b>	96,50	0,0019
<b>2040</b>	96,44	0,0018
<b>2160</b>	96,39	0,0017
<b>2400</b>	96,21	0,0016
<b>2640</b>	96,14	0,0015
<b>2880</b>	95,89	0,0015
<b>3120</b>	95,80	0,0014
<b>3360</b>	95,80	0,0013
<b>3600</b>	95,72	0,0012
<b>3840</b>	95,65	0,0012
<b>4320</b>	95,52	0,0011

En esta tabla 11 podemos determinar la humedad de equilibrio, el cual es 95,52 g de agua/ g.m.s en un intervalo de tiempo de 4320 min.

### Figura 15

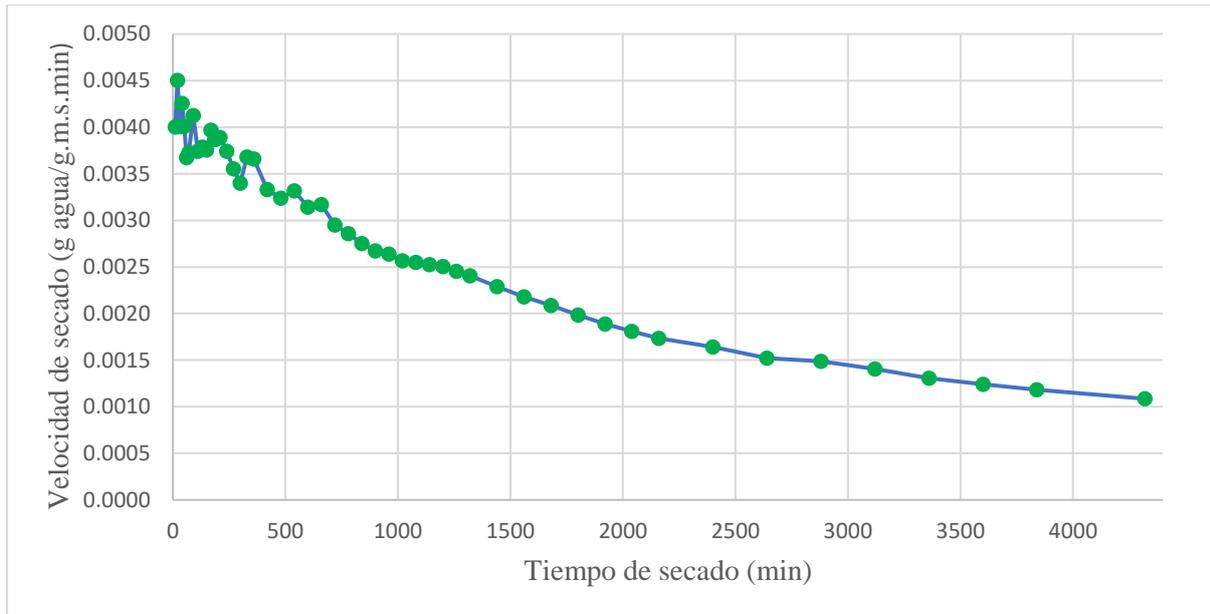
*Gráfica del contenido de humedad vs tiempo a la temperatura de 50 °C*



En la figura 15 podemos observar que el periodo constante dura hasta los 660 minutos y mantiene una gráfica lineal, además podemos determinar que la humedad crítica es 97,95 g agua/g.m.s en el cual el periodo cambia a una fase decreciente hasta los 4320 min.

### Figura 16

*Gráfica de la velocidad de secado vs tiempo a la temperatura de 50 °C*



En la figura 16 podemos observar que la máxima velocidad de secado del frijol loctao a 50 °C es 0,0045 g agua/g.m.s.min, además la velocidad promedio en el periodo constante es 0,0037 g agua/g.m.s.min, y la velocidad promedio en el periodo decreciente es 0,0021 g agua/g.m.s.min.

#### 4.1.2. Datos experimentales y graficas para el secado de frijol loctao a 60 °C

En la siguiente tabla 12 se presentan los valores obtenidos de la prueba de secado de frijol loctao a la temperatura de 60 °C.

**Tabla 12***Contenido de humedad y velocidad de secado de frijol loctao a 60 °C*

<b>Tiempo (min)</b>	<b>Contenido de humedad (g agua/g.m.s)</b>	<b>Velocidad de secado (g agua/ g.m.s.min)</b>
<b>0</b>	100,00	0
<b>10</b>	99,94	0,0060
<b>20</b>	99,83	0,0085
<b>30</b>	99,76	0,0080
<b>40</b>	99,71	0,0073
<b>50</b>	99,65	0,0070
<b>60</b>	99,59	0,0069
<b>70</b>	99,55	0,0065
<b>90</b>	99,46	0,0060
<b>110</b>	99,35	0,0059
<b>130</b>	99,26	0,0057
<b>150</b>	99,16	0,0056
<b>170</b>	99,05	0,0056
<b>190</b>	99,00	0,0053
<b>210</b>	98,95	0,0051
<b>240</b>	98,76	0,0052
<b>270</b>	98,66	0,0050
<b>300</b>	98,53	0,0050
<b>330</b>	98,39	0,0050
<b>360</b>	98,25	0,0049
<b>420</b>	98,01	0,0048

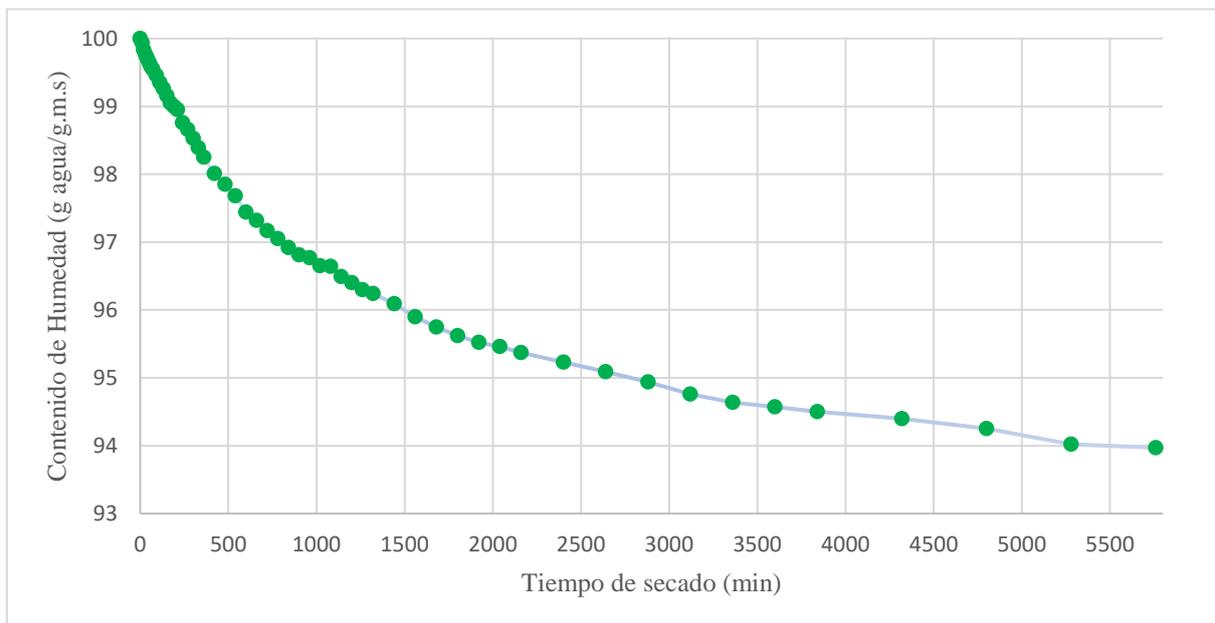
<b>480</b>	97,85	0,0046
<b>540</b>	97,68	0,0044
<b>600</b>	97,44	0,0044
<b>660</b>	97,32	0,0042
<b>720</b>	97,17	0,0040
<b>780</b>	97,05	0,0039
<b>840</b>	96,92	0,0038
<b>900</b>	96,81	0,0037
<b>960</b>	96,77	0,0035
<b>1020</b>	96,65	0,0034
<b>1080</b>	96,64	0,0032
<b>1140</b>	96,49	0,0032
<b>1200</b>	96,40	0,0031
<b>1260</b>	96,30	0,0030
<b>1320</b>	96,24	0,0030
<b>1440</b>	96,09	0,0028
<b>1560</b>	95,90	0,0027
<b>1680</b>	95,75	0,0026
<b>1800</b>	95,62	0,0025
<b>1920</b>	95,52	0,0024
<b>2040</b>	95,46	0,0023
<b>2160</b>	95,37	0,0022
<b>2400</b>	95,23	0,0021
<b>2640</b>	95,09	0,0020
<b>2880</b>	94,94	0,0019

<b>3120</b>	94,76	0,0018
<b>3360</b>	94,64	0,0017
<b>3600</b>	94,57	0,0016
<b>3840</b>	94,50	0,0015
<b>4320</b>	94,40	0,0014
<b>4800</b>	94,25	0,0013
<b>5280</b>	94,02	0,0012
<b>5760</b>	93,97	0,0011

En esta tabla 12 podemos determinar la humedad de equilibrio, el cual es 93,97 g de agua/ g.m.s en un intervalo de tiempo de 5760 min.

### Figura 17

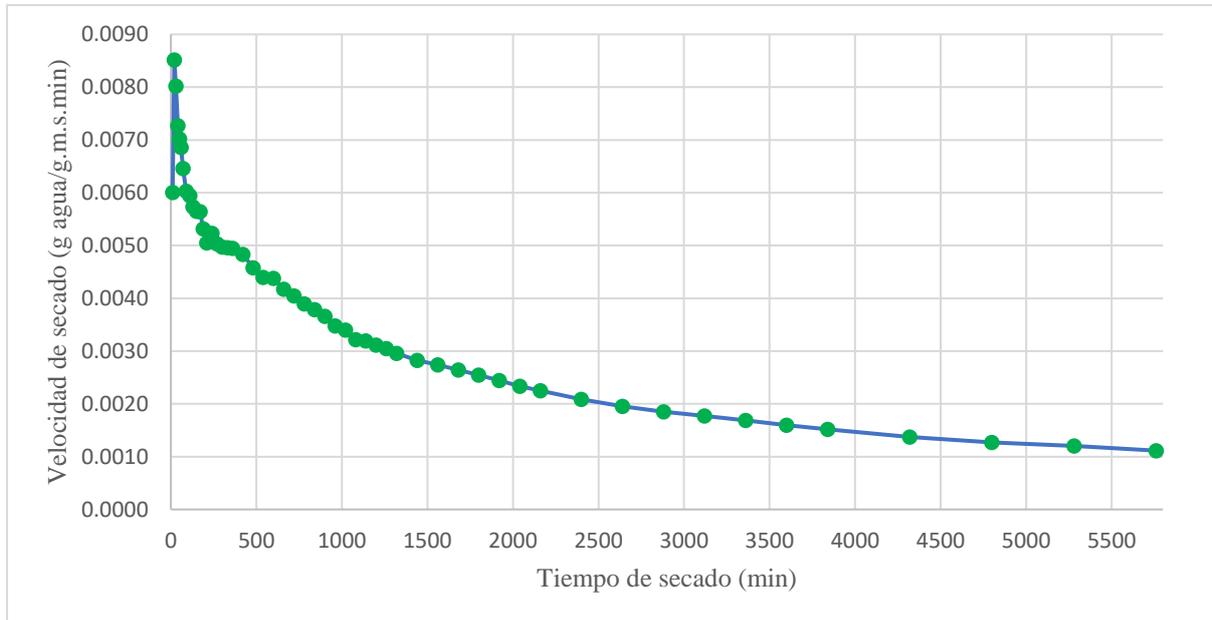
*Gráfica del contenido de humedad vs tiempo a la temperatura de 60°C*



En la figura 17 podemos observar que el periodo constante dura hasta los 420 minutos y mantiene una gráfica lineal, además podemos determinar que la humedad crítica es 98,01 g agua/g.m.s en el cual el periodo cambia a una fase decreciente hasta los 5760 min.

**Figura 18**

*Gráfica de la velocidad de secado vs tiempo a la temperatura de 60 °C*



En la figura 18 podemos observar que la máxima velocidad de secado del frijol loctao a 60 °C es 0,0085 g agua/g.m.s.min, además la velocidad promedio en el periodo constante es 0,0060g agua/g.m.s.min, y la velocidad promedio en el periodo decreciente es 0,0027 g agua/g.m.s.min.

#### **4.1.3. Datos experimentales y graficas para el secado de frijol loctao a 70 °C**

En la siguiente tabla 13 se presentan los valores obtenidos de la prueba de secado de frijol loctao a la temperatura de 70 °C.

**Tabla 13***Contenido de humedad y velocidad de secado de frijol loctao a 70 °C*

<b>Tiempo (min)</b>	<b>Contenido de humedad (g agua/g.m.s)</b>	<b>Velocidad de secado (g agua/ g.m.s.min)</b>
<b>0</b>	100,00	0
<b>10</b>	99,89	0,0110
<b>20</b>	99,75	0,0125
<b>30</b>	99,63	0,0124
<b>40</b>	99,51	0,0123
<b>50</b>	99,40	0,0121
<b>60</b>	99,27	0,0123
<b>70</b>	99,16	0,0121
<b>90</b>	98,97	0,0116
<b>110</b>	98,75	0,0115
<b>130</b>	98,58	0,0111
<b>150</b>	98,42	0,0107
<b>170</b>	98,25	0,0105
<b>190</b>	98,09	0,0102
<b>210</b>	97,92	0,0101
<b>240</b>	97,70	0,0098
<b>270</b>	97,48	0,0096
<b>300</b>	97,26	0,0094
<b>330</b>	97,05	0,0092
<b>360</b>	96,87	0,0090
<b>420</b>	96,53	0,0086

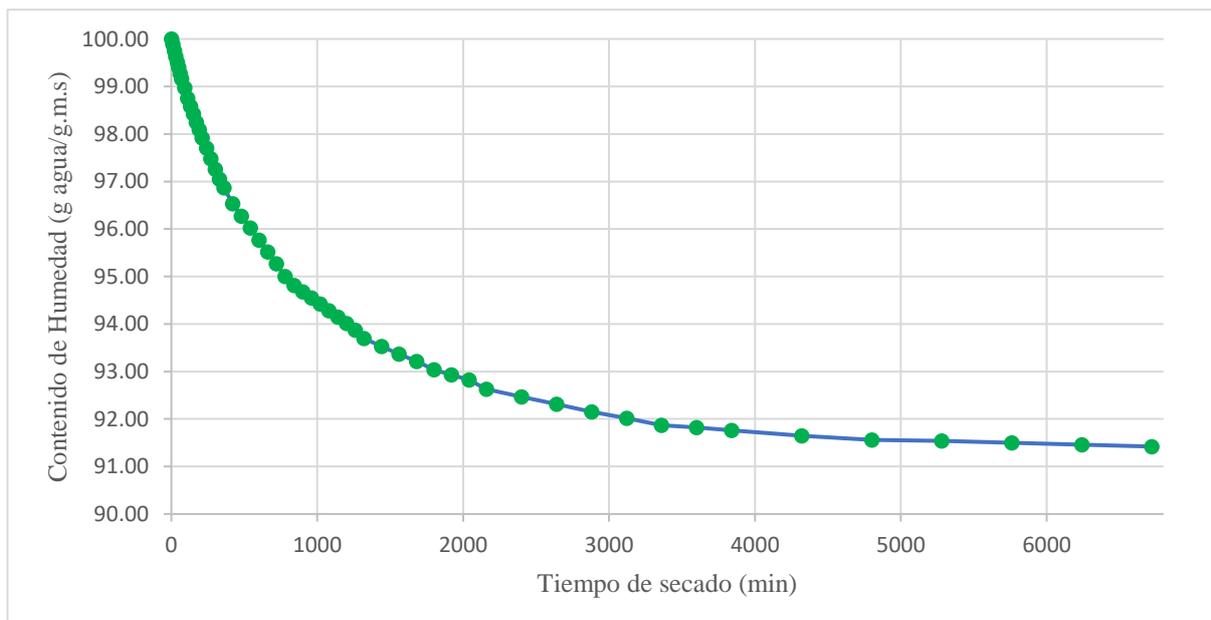
<b>480</b>	96,27	0,0081
<b>540</b>	96,02	0,0077
<b>600</b>	95,77	0,0074
<b>660</b>	95,52	0,0071
<b>720</b>	95,27	0,0069
<b>780</b>	95,00	0,0067
<b>840</b>	94,81	0,0065
<b>900</b>	94,68	0,0062
<b>960</b>	94,55	0,0060
<b>1020</b>	94,42	0,0058
<b>1080</b>	94,28	0,0056
<b>1140</b>	94,15	0,0055
<b>1200</b>	94,01	0,0053
<b>1260</b>	93,87	0,0052
<b>1320</b>	93,70	0,0051
<b>1440</b>	93,53	0,0048
<b>1560</b>	93,37	0,0046
<b>1680</b>	93,21	0,0043
<b>1800</b>	93,04	0,0042
<b>1920</b>	92,93	0,0040
<b>2040</b>	92,82	0,0038
<b>2160</b>	92,63	0,0037
<b>2400</b>	92,47	0,0034
<b>2640</b>	92,31	0,0032
<b>2880</b>	92,15	0,0030

<b>3120</b>	92,02	0,0028
<b>3360</b>	91,87	0,0026
<b>3600</b>	91,82	0,0025
<b>3840</b>	91,76	0,0023
<b>4320</b>	91,65	0,0021
<b>4800</b>	91,56	0,0019
<b>5280</b>	91,54	0,0018
<b>5760</b>	91,50	0,0016
<b>6240</b>	91,46	0,0015
<b>6720</b>	91,42	0,0014

En esta tabla 13 podemos determinar la humedad de equilibrio, el cual es 91,42 g de agua/ g.m.s en un intervalo de tiempo de 6720 min.

### Figura 19

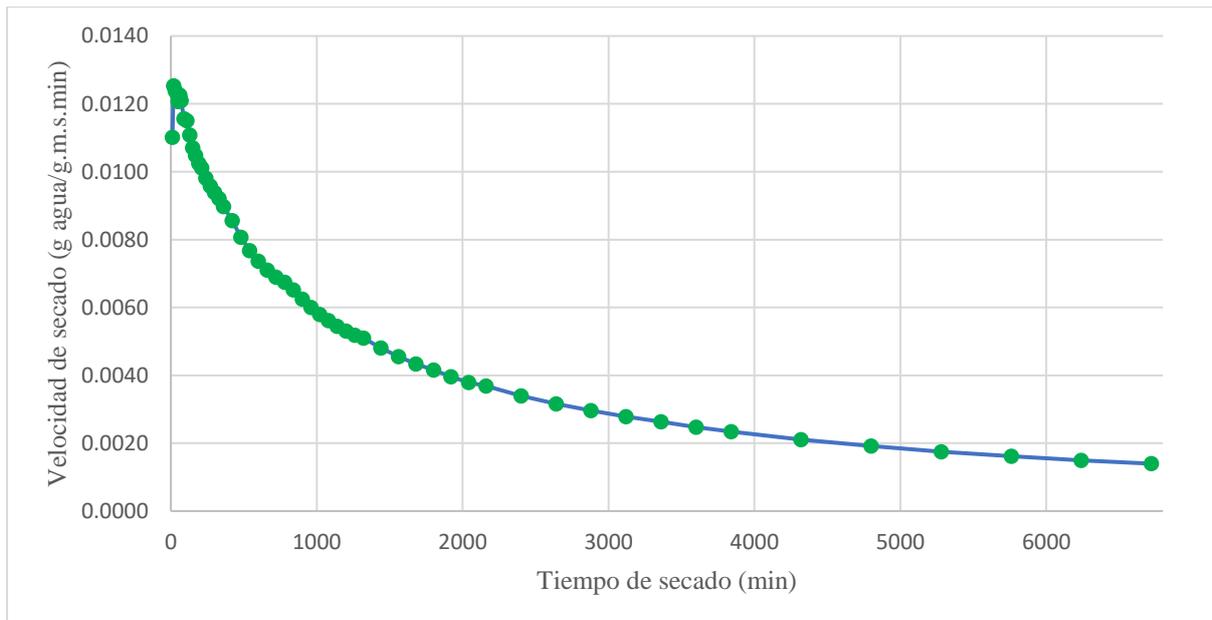
Gráfica del contenido de humedad vs tiempo a la temperatura de 70 °C



En la figura 19 podemos observar que el periodo constante dura hasta los 240 minutos y mantiene una gráfica lineal, además podemos determinar que la humedad crítica es 97,70 g agua/g.m.s en el cual el periodo cambia a una fase decreciente hasta los 6720 min.

### Figura 20

Gráfica de la velocidad de secado vs tiempo a la temperatura de 70 °C



En la figura 20 podemos observar que la máxima velocidad de secado del frijol loctao a 70 °C es 0,0125 g agua/g.m.s.min, además la velocidad promedio en el periodo constante es 0,0113 g agua/g.m.s.min, y la velocidad promedio en el periodo decreciente es 0,0050g agua/g.m.s.min.

#### 4.1.4. Parámetros cinéticos y modelos matemáticos de secado de frijol loctao a temperaturas de 50 °C, 60 °C y 70 °C.

En la tabla 14 se observa los parámetros cinéticos resumidos del proceso de secado de frijol loctao, además las ecuaciones matemáticas que describen el secado para el periodo constante y periodo decreciente.

**Tabla 14***Parámetros cinéticos y modelos matemáticos de secado de frijol loctao*

<b>Parámetros cinéticos</b>	<b>Temperatura de secado (°C)</b>		
	<b>50 °C</b>	<b>60 °C</b>	<b>70° C</b>
<b>Humedad de Equilibrio (g de agua/ g.m.s)</b>	95,52	93,97	91,42
<b>Humedad Crítica (g de agua/ g.m.s)</b>	97,95	98,01	97,70
<b>Tiempo de Secado (min)</b>	4320	5760	6720
<b>Tiempo de Periodo Constante (min)</b>	660	420	240
<b>Tiempo de Periodo Decreciente (min)</b>	3660	5340	6480
<b>Velocidad Máxima (g de agua/ g.m.s.min)</b>	0,0045	0,0085	0,0125
<b>Velocidad Promedio (Constante) (g de agua/ g.m.s.min)</b>	0,0037	0,0060	0,0113
<b>Velocidad Promedio (Decreciente) (g de agua/ g.m.s.min)</b>	0,0021	0,0027	0,0050
<b>Modelo Matemático Constante</b>	$X_{bs}=99,929-0,0031t$	$X_{bs}=99,899-0,0046t$	$X_{bs}=99,901-0,0096t$

**Modelo Matemático**

$$X_{bs}=107,39t^{-0,014}$$

$$X_{bs}=108,45t^{-0,017}$$

$$X_{bs}=109,78t^{-0,022}$$

**Decreciente**

4.2. **Resultados granulométricos de harina de frijol loctao a las temperaturas de 50 °C, 60 °C y 70 °C sometidos a tiempos de molienda de 60 s, 90 s y 120 s.**

*4.2.1. Análisis granulométrico de la harina de frijol loctao a temperatura de 50 °C con tiempos de molienda de 60 s, 90 s y 120 s tamizados en mallas N° 40, 60 y 80.*

En la tabla 15 se presenta los datos obtenidos de los análisis granulométricos de las muestras de frijol loctao secado a 50 °C sometidas a diferentes tiempos de molienda, las cuales fueron tamizadas por las mallas N° 40, 60 y 80 respectivamente.

**Tabla 15**

*Análisis granulométrico de harina de frijol loctao a 50 °C*

<b>Temperatura</b>		<b>Tiempo: 60 s</b>				<b>Tiempo: 90 s</b>			<b>Tiempo: 120 s</b>		
<b>50 °C</b>											
<b>N°</b>	<b>FR</b>	<b>MR</b>	<b>%MR</b>	<b>%MRXFR</b>	<b>MR</b>	<b>%MR</b>	<b>%MRXFR</b>	<b>MR</b>	<b>%MR</b>	<b>%MRXFR</b>	
<b>Tamiz</b>											
<b>40</b>	3	37	37	111	27,9	27,9	83,7	27,3	27,3	81,9	
<b>60</b>	2	18,6	18,6	37,2	21,4	21,4	42,8	24	24	48	
<b>80</b>	1	40,9	40,9	40,9	44,8	44,8	44,8	47,8	47,8	47,8	
<b>Base</b>	0	3,5	3,5	0	5,9	5,9	0	0,9	0,9	0	
<b>Suma Total</b>		100	100	189,1	100	100	171,3	100	100	177,7	
<b>MF</b>		-	-	1,891	-	-	1,713	-	-	1,777	

*Nota.* En esta tabla se encuentra el análisis granulométrico de la harina de frijol loctao obtenido del secado a 50 °C en la cual se determina el módulo de finura a diferentes variables de tiempo en la cual FR: Factor de retardo, MR: Material retenido, %MR: Porcentaje de material retenido y MF: Modulo de Finura.

Se obtuvo un módulo de finura para cada tiempo de molienda con valores inferiores a 2, lo cual determina que el frijol loctao secado a 50 °C con una molienda a 60 s, 90 s y 120 s nos dio una harina de grado fino.

#### **4.2.2. Análisis granulométrico de la harina de frijol loctao a temperatura de 60 °C con tiempos de molienda de 60 s, 90 s y 120 s tamizados en mallas N° 40, 60 y 80.**

En la tabla 16 se presenta los datos obtenidos de los análisis granulométricos de las muestras de frijol loctao secado a 60 °C sometidas a diferentes tiempos de molienda, las cuales fueron tamizadas por las mallas N° 40, 60 y 80 respectivamente.

**Tabla 16**

*Análisis granulométrico de harina de frijol loctao a 60 °C*

<b>Temperatura</b>		<b>Tiempo: 60 s</b>			<b>Tiempo: 90 s</b>			<b>Tiempo: 120 s</b>		
<b>60 °C</b>										
<b>N°</b>	<b>FR</b>	<b>MR</b>	<b>%MR</b>	<b>%MRXFR</b>	<b>MR</b>	<b>%MR</b>	<b>%MRXFR</b>	<b>MR</b>	<b>%MR</b>	<b>%MRXFR</b>
<b>Tamiz</b>										
<b>40</b>	3	37,4	37,4	112,2	29,6	29,6	88,8	26,4	26,4	79,2
<b>60</b>	2	18,7	18,7	37,4	20	20	40	23,7	23,7	47,4
<b>80</b>	1	38,9	38,9	38,9	47,9	47,9	47,9	49,5	49,5	49,5
<b>Base</b>	0	5	5	0	2,5	2,5	0	0,4	0,4	0
<b>Suma Total</b>		100	100	188,5	100	100	176,7	100	100	176,1
<b>MF</b>				1,885			1,767			1,761

*Nota.* En esta tabla se encuentra el análisis granulométrico de la harina de frijol loctao obtenido del secado a 60 °C en la cual se determina el módulo de finura a diferentes variables de tiempo en la cual FR: Factor de retardo, MR: Material retenido, %MR: Porcentaje de material retenido y MF: Modulo de Finura.

Se obtuvo un módulo de finura para cada tiempo de molienda con valores inferiores a 2, lo cual determina que el frijol loctao secado a 60 °C con una molienda a 60 s, 90 s y 120 s nos dio una harina de grado fino.

#### **4.2.3. Análisis granulométrico de la harina de frijol loctao a temperatura de 70 °C con tiempos de molienda de 60 s, 90 s y 120 s tamizados en mallas N° 40, 60 y 80.**

En la tabla 17 se presenta los datos obtenidos de los análisis granulométricos de las muestras de frijol loctao secado a 70 °C sometidas a diferentes tiempos de molienda, las cuales fueron tamizadas por las mallas N° 40, 60 y 80 respectivamente.

**Tabla 17**

*Análisis granulométrico de harina de frijol loctao a 70 °C*

<b>Temperatura</b>		<b>Tiempo: 60 s</b>				<b>Tiempo: 90 s</b>			<b>Tiempo: 120 s</b>		
<b>70 °C</b>											
<b>N°</b>	<b>FR</b>	<b>MR</b>	<b>%MR</b>	<b>%MRXFR</b>	<b>MR</b>	<b>%MR</b>	<b>%MRXFR</b>	<b>MR</b>	<b>%MR</b>	<b>%MRXFR</b>	
<b>Tamiz</b>											
<b>40</b>	3	39	39	117	32	32	96	28,3	28,3	84,9	
<b>60</b>	2	17,7	17,7	35,4	19,4	19,4	38,8	21,6	21,6	43,2	
<b>80</b>	1	42,2	42,2	42,2	48,4	48,4	48,4	48,5	48,5	48,5	
<b>Base</b>	0	1,1	1,1	0	0,2	0,2	0	1,6	1,6	0	
<b>Suma Total</b>		100	100	194,6	100	100	183,2	100	100	176,6	
<b>MF</b>				1,946			1,832			1,766	

*Nota.* En esta tabla se encuentra el análisis granulométrico de la harina de frijol loctao obtenido del secado a 70 °C en la cual se determina el módulo de finura a diferentes variables de tiempo en la cual FR: Factor de retardo, MR: Material retenido, %MR: Porcentaje de material retenido y MF: Modulo de Finura

Se obtuvo un módulo de finura para cada tiempo de molienda con valores inferiores a 2, lo cual determina que el frijol loctao secado a 70 °C con una molienda a 60 s, 90 s y 120 s nos dio una harina de grado fino.

En las tablas 15, 16 y 17 se observó que el tiempo de molienda de 120 s logra un mejor módulo de finura para la harina de frijol loctao para cada temperatura estudiada.

#### 4.3. Análisis de Estadístico ANVA

Los resultados de módulo de finura obtenidos en la tabla 15, 16 y 17 serán sometidos a un análisis estadístico ANVA de diagrama en bloque completamente al azar (DBCA) en el cual el objetivo es estimar y comparar los efectos de los tratamientos y/o bloques haciendo el uso de diferentes pruebas de hipótesis.

**Tabla 18**

*Módulos de Finura de Harina de Frijol Loctao*

		Módulo de Finura	Temperatura		
			T1: 50 °C	T2: 60 °C	T3: 70 °C
Tiempo de molienda	t1: 60 s	1,891	1,885	1,946	
	t2: 90 s	1,713	1,767	1,832	
	t3: 120 s	1,777	1,761	1,766	

Con los resultados se procedió a realizar el cuadro de análisis de varianza con un nivel de significación del 5 % mediante el programa de Microsoft Excel como se muestra en la tabla 19:

**Tabla 19**

*Análisis de varianza de dos factores con una sola muestra por grupo*

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
<b>Filas</b>	0,0381	2	0,0190	16,8479	0,0113	6,9443
<b>Columnas</b>	0,0050	2	0,0025	2,1990	0,2269	6,9443
<b>Error</b>	0,0045	4	0,0011			
<b>Total</b>	0,0476	8				

Se procedió a interpretar el cuadro mediante prueba de hipótesis de Fisher para los efectos de la temperatura de secado sobre el módulo de finura de la harina de frijol loctao:

- **Hipótesis nula (Ho):** No existen diferencias entre los efectos de la temperatura de secado (T1, T2 y T3) sobre el módulo de finura de la harina de frijol loctao a un nivel de significación del 5 %.
- **Hipótesis alternativa (Ha):** Si existen diferencias entre los efectos de la temperatura de secado (T1, T2 y T3) sobre el módulo de finura de la harina de frijol loctao a un nivel de significación del 5 %.

**F calculado (2,1990) < F tabular (6,9443)**

Se obtuvo como resultado que el F calculado es menor al F tabular lo cual nos indicó que no existen diferencias significativas entre los efectos de la temperatura de secado sobre el módulo de finura de la harina de frijol loctao a un nivel de significación del 5 %.

Luego se procedió a interpretar para los efectos de tiempo de molienda sobre el módulo de finura de la harina de frijol loctao:

- **Hipótesis nula (Ho):** No existen diferencias entre los efectos de tiempo de molienda (t1, t2 y t3) sobre el módulo de finura de la harina de frijol loctao a un nivel de significación del 5 %.

- **Hipótesis alternativa (Ha):** Si existen diferencias entre los efectos de tiempo de molienda (t1, t2 y t3) sobre el módulo de finura de la harina de frijol loctao a un nivel de significación del 5 %.

**F calculado (16,8479) > F tabular (6,9443)**

Se obtuvo como resultado que el F calculado es mayor al F tabular lo cual nos indicó que si existen diferencias significativas entre los efectos de tiempo de molienda sobre el módulo de finura de la harina de frijol loctao a un nivel de significación del 5 %. Por lo tanto, se procedió a realizar la prueba “t” al mismo nivel de significancia para comparar los promedios de cada factor de tiempo de molienda.

Se realizarán  $C_2^3 = 3$  comparaciones: t1 con t2, t2 con t3 y t1 con t3.

Se realizó la prueba de “t” para comparar t1 con t2:

- **Hipótesis nula (Ho):**  $\mu_1 = \mu_2$
- **Hipótesis alternativa (Ha):**  $\mu_1 \neq \mu_2$

Se calculó la desviación estándar de las diferenciales ( $\overline{Sd}$ ) entre t1 y t2:

$$\overline{Sd} = \left( \frac{CMEE}{r1} + \frac{CMEE}{r2} \right)^{1/2}$$

$$\overline{Sd} = \left( \frac{0,0011}{3} + \frac{0,0011}{3} \right)^{1/2} = 0,0275$$

Se determinó el estadístico de contraste (tc) mediante la siguiente ecuación:

$$tc = \frac{\bar{x}1 - \bar{x}2}{\overline{Sd}}$$

$$tc = \frac{1,9073 - 1,7707}{0,0275} = 4,9778$$

Según Daza (2007) en su tabla de distribución acumulada T se obtuvo los valores tabulares ( $t_T$ ) con los grados de libertad del error y el nivel significación:

$$t_T: f(\alpha, \text{GLEE}) = f(5\%, 4)$$

$$t_T = \pm 2,7765$$

**$t$  calculado = 4,9778  $\notin$  R.A/Ho =  $\langle \pm 2,7765 \rangle$ , entonces se rechaza Ho**

Se obtuvo como resultado que el  $t_c$  no está dentro del rango de aceptabilidad de la prueba  $t$  lo cual indica que existe diferencias significativas entre los promedios obtenidos de los módulos de finura que representan el efecto de los tiempos de molienda  $t_1$  y  $t_2$  a un nivel de significación del 5 %.

Se realizó la prueba de “ $t$ ” para comparar  $t_2$  con  $t_3$ :

- **Hipótesis nula (Ho):**  $\mu_2 = \mu_3$
- **Hipótesis alternativa (Ha):**  $\mu_2 \neq \mu_3$

Se calculó la desviación estándar de las diferenciales ( $\overline{Sd}$ ) entre  $t_2$  y  $t_3$ :

$$\overline{Sd} = \left( \frac{\text{CMEE}}{r_2} + \frac{\text{CMEE}}{r_3} \right)^{1/2}$$

$$\overline{Sd} = \left( \frac{0,0011}{3} + \frac{0,0011}{3} \right)^{1/2} = 0,0275$$

Se determinó el estadístico de contraste ( $t_c$ ) mediante la siguiente ecuación:

$$t_c = \frac{\bar{x}_2 - \bar{x}_3}{\overline{Sd}}$$

$$t_c = \frac{1,7707 - 1,7608}{0,0275} = 0,0971$$

Utilizando la tabla de distribución acumulada T se obtuvo los valores tabulares (tT) con los grados de libertad del error y el nivel significación:

$$tT: f(\alpha, GLEE) = f(5\%, 4)$$

$$tT = \pm 2,7765$$

**t calculado = 0,0971  $\in$  R.A/Ho =  $\langle \pm 2,7765 \rangle$ , entonces se acepta Ho**

Se obtuvo como resultado que el tc está dentro del rango de aceptabilidad de la prueba t lo cual indica que no existe diferencias significativas entre los promedios obtenidos de los módulos de finura que representan el efecto de los tiempos de molienda t2 y t3 a un nivel de significación del 5 %.

Se realizó finalmente la prueba de “t” para comparar t1 con t3:

- **Hipótesis nula (Ho):**  $\mu_1 = \mu_3$
- **Hipótesis alternativa (Ha):**  $\mu_1 \neq \mu_3$

Se calculó la desviación estándar de las diferenciales ( $\overline{Sd}$ ) entre t1 y t3:

$$\overline{Sd} = \left( \frac{CMEE}{r1} + \frac{CMEE}{r3} \right)^{1/2}$$

$$\overline{Sd} = \left( \frac{0,0011}{3} + \frac{0,0011}{3} \right)^{1/2} = 0,0275$$

Se determinó el estadístico de contraste (tc) mediante la siguiente ecuación:

$$tc = \frac{\bar{x}1 - \bar{x}3}{\overline{Sd}}$$

$$tc = \frac{1,9073 - 1,7608}{0,0275} = 5,0749$$

Utilizando la tabla de distribución acumulada T se obtuvo los valores tabulares ( $t_T$ ) con los grados de libertad del error y el nivel significación:

$$t_T: f(\alpha, GLEE) = f(5\%, 4)$$

$$t_T = \pm 2,7765$$

**$t$  calculado = 5,0749  $\notin$  R.A/ $H_0$  =  $\langle \pm 2,7765 \rangle$ , entonces se rechaza  $H_0$**

Se obtuvo como resultado que el  $t_c$  no está dentro del rango de aceptabilidad de la prueba  $t$  lo cual indica que existe diferencias significativas entre los promedios obtenidos de los módulos de finura que representan el efecto de los tiempos de molienda  $t_1$  y  $t_3$  a un nivel de significación del 5 %.

**Tabla 20**

*Prueba de hipótesis  $t$  a nivel de significación del 5 %*

<b>Comparaciones</b>	<b>Resultado</b>
<b>Tiempo de molienda (t1) vs Tiempo de molienda (t2)</b>	Significativa
<b>Tiempo de molienda (t2) vs Tiempo de molienda (t3)</b>	No significativa
<b>Tiempo de molienda (t1) vs Tiempo de molienda (t3)</b>	Significativa

De lo obtenido como resultado, se deduce que la temperatura de secado no influye en el módulo de finura de la harina de frijol loctao, sin embargo, el tiempo de molienda si produce diferencias significativas sobre el módulo de finura de la harina de frijol loctao, de los cuales como se puede observar en la tabla 20 el tiempo de molienda ( $t_1$ ) es el parámetro más significativo y además el tiempo de molienda ( $t_2$ ) y ( $t_3$ ) producen el mismo efecto sobre el módulo de finura de la harina de frijol loctao.

#### **4.4. Análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la harina de frijol loctao**

Se adjunta el reporte de análisis de humedad, análisis proximal, granulometría y microbiológico del laboratorio Sociedad de asesoramiento técnico S.A.C. (SAT), certificado por INACAL (ver Anexo 2).

## V. DISCUSION DE RESULTADOS

Según Quispe (2019) indica que en la cinética de secado del higo muestra que a mayor temperatura de secado resulta un menor tiempo de proceso, lo cual en nuestra investigación al secar el frijol loctao obtuvimos que a mayor temperatura nos resultó un mayor tiempo de proceso, debido a que si el frijol es sometido a temperaturas más altas hay mayor evaporación del agua y la humedad de equilibrio es mucho menor que a menores temperaturas. Además, esta variación no influyo en la tendencia de la humedad crítica y la humedad de equilibrio que muestran que a mayor temperatura, ambos parámetros disminuyen.

Según Rojas y Chumacero (2019) la humedad de equilibrio de la cinética de secado aumenta conforme se incrementa la temperatura de secado, ellos obtuvieron al secar cúrcuma una humedad de equilibrio a 45 °C de 0,33 g de agua/ g.m.s y a 55 °C de 0,44 g de agua/ g.m.s. En nuestro caso al secar el frijol loctao obtuvimos una humedad de equilibrio a 50 °C de 95,52 g de agua/ g.m.s y a 70 °C de 91,42 g de agua/ g.m.s lo cual indica que, a mayor temperatura, la humedad de equilibrio disminuye.

Según Tintaya (2017) indica que para el proceso de obtención de harina tostada de tarwi al ser sometido a variables de temperatura y tiempo de tostado no tuvieron diferencias significativas sobre el módulo de finura ya que obtuvieron resultados menores a 2. En la etapa de evaluación estadística de nuestra investigación solo evaluamos la temperatura de secado con un análisis de ANVA el cual mediante la prueba de hipótesis de Fisher nos resultó una prueba en la cual no existieron diferencias significativas a un nivel de significación del 5 %.

Según Estrella (2014) obtuvo una harina de frijol de palo con % de retención en la malla N°80 hacia adelante del 90.28 % el cual se pudo lograr gracias a que utilizaron un molino de martillo con cribas 1.2 a 0.5 mm el cual permite que los gránulos de mayor tamaño puedan pasar por una segunda molienda y así incrementar la finura de la harina. Por nuestra parte los

resultados difieren ya que el frijol loctao fue sometido a molienda en un molino eléctrico el cual no tiene la capacidad de realizar una segunda molienda a los gránulos de mayor tamaño, lográndose un % de retención en la malla N° 80 hacia adelante del 40 %.

Según Miquilena y Higuera (2012) la harina de frijol chino obtenida del proceso de secado y molienda con un molino de martillo tiene un porcentaje de proteína cruda de 24,5 %. En nuestra investigación se obtuvo una harina de frijol loctao con un contenido de proteína de 10.54 % el cual según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2002) indica que los alimentos al ser sometidos a la molienda, este proceso puede reducir la cantidad de grasa, proteínas y fibras.

## VI. CONCLUSIONES

6.1. Se ha determinado los parámetros de cinética de secado del frijol locato:

En la cual para 50 °C fue un tiempo de secado de 4320 min (72 h), velocidad máxima de secado de 0.0045 g de agua/ g.m.s.min y contenido de humedad crítica de 97,95 g de agua/ g.m.s.

Para 60 °C fue un tiempo de secado de 5760 min (96 h), velocidad máxima de secado de 0.0085 g de agua/ g.m.s.min y contenido de humedad crítica de 98,01 g de agua/ g.m.s.

Y finalmente para 70 °C fue un tiempo de secado de 6720 min (112 h), velocidad máxima de secado de 0.0125 g de agua/ g.m.s.min y contenido de humedad crítica de 97.70 g de agua/ g.m.s.

6.2. Se determino los modelos matemáticos que describe la tendencia del periodo constante es un modelo lineal y la tendencia del periodo decreciente es un modelo potencial. Además, se obtuvieron parámetros granulométricos de tiempo de molienda de 120 s y módulo de finura inferior a 2.

6.3. Se determino la tecnología de procesamiento para la obtención de harina de frijol locato que consta la recepción de la materia prima, limpieza, pesado, secado, enfriado, molienda, tamizado y envasado.

6.4. La humedad de equilibrio y tiempo de secado para cada temperatura respectiva fueron de 95,52 g de agua/ g.m.s con un tiempo de secado de 72 h para 50 °C, de 93,97 g de agua/ g.m.s con un tiempo de secado de 96h para 60 °C y de 91,42g de agua/ g.m.s con un tiempo de secado de 112 h para 70°C.

6.5. Se determinó que se logra un mejor módulo de finura promedio de 1,7608 si el frijol loctao es secado previamente a 50 °C, 60 °C o 70 °C es sometido a una molienda por un tiempo de 120 s y además se determinó que la harina de frijol loctao genera un módulo de finura menor a 2 al realizarse el análisis granulométrico desde la retención con el tamiz N°40.

6.6. Se determinó que el contenido de proteínas de la harina de frijol loctao fue de 10.54 g el cual al ser sometido al proceso de molienda este produjo una reducción en el contenido de proteínas.

## **VII. RECOMENDACIONES**

7.1. Realizar el análisis de vida útil para la harina de frijol loctao para su comercialización y evaluar sus condiciones de almacenamiento.

7.2. Utilizar la harina de frijol loctao como sustituto parcial en la elaboración de productos de panificación o pastelería para aprovechar su valor nutricional.

## VIII. REFERENCIAS

- Agro Mi Perú Foods SAC [AGROMIPERU] (2018). *Frijol Loctao*.  
<https://agromiperu.com.pe/producto/frijol-lactao/>
- Arauz, A. y Ortiz, R. (2005). *Elaboración de Harina de Frijol Instantánea (Phaseolus Vulgarisl)*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua].  
 Repositorio Centroamericano.  
<http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/handle/123456789/657>
- Arrieta, A. (2021). *Importancia de los Germinados Para el Consumo Humano*. [Tesis de pregrado, Universidad de Santander]. Repositorio Digital UDES.  
<https://repositorio.udes.edu.co/handle/001/5646>
- American Society of Agricultural and Biological Engineers. (2003). *Method of Determining and Expressing Fineness of Feed Materials by Sieving (ANSI/ASAE S319.3 FEB03; Approved July 1997, reaffirmed February 2003)*.
- Ávila, A. y Litardo, A. (2018). *Propuesta de la elaboración de una harina a base de Frijol Mungo (Vigna radiata) para la aplicación de una bebida*. [Tesis de pregrado, Universidad de Guayaquil]. Repositorio Digital UG.  
<http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/35714>
- Bhatty, N., Gilani, A. y Ahmad, S. (2000). Nutritional value of mung bean (*Vigna radiata*) as effected by cooking and supplementation. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 50(4), 374-379. [http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0004-06222000000400009&script=sci\\_arttext](http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0004-06222000000400009&script=sci_arttext)

- Brennan, J., Butters, J., Cowell, N. y Lilley, A. (1998). *Las operaciones de la ingeniería de los alimentos*. (3ª ed.). Acribia.
- Cavero, E. (2010). *Elaboración de galletas fortificadas con harina de Phaseolus vulgaris L. (Frijol CASTILLA) y Bactris gasipaes HBK (Pijuayo) para consumo humano*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de la Amazonia Peruana]. Repositorio Institucional Digital UNAP. <https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/1939>
- Charley, H. (2013). *Tecnología de alimentos: Procesos químicos y físicos en la preparación de alimentos*. Limusa.
- Codex Alimentarius. (1995). *Norma del Codex para la Harina de Trigo. Codex Stan 152-1985 (Rev. 1 – 1995)*
- Daza, J. (2007). *Tablas estadísticas*. Megabyte.
- De La Cruz, R. (2020). *Obtención de pasta fortificada con inclusión de harina de Quinoa (Chenopodium quinoa) y harina de Chontaduro (Bactris gasipaes)*. [Tesis de posgrado, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio Institucional UNAL. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/79201>
- Estrella, R. (2014). *Elaboración de fideos enriquecida con harina de frijol de palo (Cajanus cajan Linneo) pigmentado con harina de zapallo (Curcúbita máxima)*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio Institucional UNAS. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1444>
- Ibarz, A. y Barbosa, G. (2005). *Operaciones Unitarias en la Ingeniería Alimentaria*. Mundi – Prensa.
- Kuklinski, C. (2010). *Nutrición y Bromatología*. Omega.

- Martinez, M. (1995). *Respuesta de frijol mungo (Vigna radiata) a la inoculación de tres cepas de Rhizobium Spp. en la finca Sábana Grande, Escuintla*. [Tesis de pregrado, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Biblioteca Central USAC. [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01\\_1590.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_1590.pdf)
- Mesa de Concertación para la Lucha contra la Pobreza [MCLCP] (2022). *Perú. La Prioridad del Abordaje Integral de la Inseguridad Alimentaria, Hambre y Malnutrición en el Contexto de Crisis Agroalimentaria*. <https://www.mesadeconcertacion.org.pe/storage/documentos/2022-11-07/mclcp-alerta-sobre-inseguridad-alimentaria-y-malnutricion-vfinal126102022.pdf>
- Merino, P. (2001). *Efecto de dos métodos y tres densidades de siembra en el comportamiento del frijol loctao (Vigna radiata (L.) Wilcz) en Tingo María*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio Institucional UNAS. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/493>
- Ministerio de Desarrollo Agrario y riego [MIDAGRI] (20 de febrero del 2023). *Fichas técnicas*. <https://www.midagri.gob.pe/portal/datero/33-sector-agrario/download/pdf/sectoragrario/agricola/lineasdecultivosemergentes/LOCTAO.pdf>
- Miquilena, E. y Higuera, A. (2012). Evaluación del contenido de proteína, minerales y perfil de aminoácidos en harinas de *Cajanus cajan*, *Vigna unguiculata* y *Vigna radiata* para su uso en la alimentación humana. *UDO Agrícola*, 12(3), 730-740.
- Monares, H. (2015). *Deshidratación de la punamuña (Satureja boliviana) en secador de bandejas*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional José María Arguedas]. Repositorio Institucional UNAJMA. <https://repositorio.unajma.edu.pe/handle/20.500.14168/215>

- Noroña, L. (2018). *Cinética de secado de cereales provenientes de la Región Centro del Ecuador*. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio Digital UTA. <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/28372>
- Norma Técnica Peruana 205.064: 2015. *TRIGO. Harina de trigo para consumo humano. Requisitos*. (30 de abril del 2015). Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias-INDECOPI
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] (2002). *Nutrición Humana en el Mundo en Desarrollo*. <https://www.fao.org/4/w0073s/w0073s00.htm#Contents>
- Paredes, V., Pérez, D., Méndez, D., Espeche, C., Devani, L., Rodriguez, G., Vizgarra, O. y Devani, M. (2016). *Mungo verde, una nueva alternativa de producción estival para el NOA. Margen bruto y gastos de producción para la campaña 2016*. Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres. <https://www.eeaoc.gob.ar/?publicacion=ra116-mungo-verde-una-nueva-alternativa-de-produccion-estival-para-el-noa-margen-bruto-y-gastos-de-produccion-para-la-campana-2016>
- Perú Bean SAC (12 de febrero del 2023). *Frijol loctao – Mung beans*. <https://perubean.com/frijol-loctao-mung-beans/>
- Perry, R. (1992). *Manual del Ingeniero Químico Tomo II*. (6ª ed.). McGrawHill.
- Perry, R. y Green, D. (1999). *Perry's Chemical Engineers' Handbook*. (7ª ed). McGrawHill.
- Quispe, L. (2019). *Deshidratación del higo (Ficus carica L.) con aire caliente a diferentes temperaturas*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional San Luis Gonzaga]. Biblioteca Institucional UNICA. <https://repositorio.unica.edu.pe/handle/20.500.13028/3859>

- Rojas, E. y Chumacero, J. (2019). *Cinética de secado de la cúrcuma longa (Curcuma longa L.) evaluado mediante visión computacional*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Jaén]. Repositorio Institucional UNJ. <https://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/47>
- Sistema Integrado de Estadística Agraria [SIEA] (2021). *Datos y estadísticas agraria – Boletines anuales*. MIDAGRI. <https://siea.midagri.gob.pe/portal/publicacion/boletines-anuales/4-agricola>
- Tintaya, E. (2017). *Determinación de las propiedades físicas, químicas y nutricionales de harina instantánea de tarwi (Lupinus tomentosus)*. [Tesis de pregrado, Universidad Peruana Unión]. Repositorio Digital UPEU. <http://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/1170>
- Toledo, R. (2017). *Bases ecofisiológicas para el manejo de poroto mung [Vigna radiata (L.) Wilczek]*. [10.13140/RG.2.2.33523.12322](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.33523.12322)
- Valladolid, A. (2016). *Leguminosas de grano “Semillas nutritivas para un futuro sostenible”*. MIDAGRI.

## IX. ANEXOS

### Anexo A. Norma del Codex para la Harina de Trigo CODEX STAN 152-1985

---

CODEX STAN 152

Página 1 de 7

#### NORMA DEL CODEX PARA LA HARINA DE TRIGO CODEX STAN 152-1985 (Rev. 1 - 1995)

El Apéndice de esta norma contiene disposiciones que no habrán de aplicarse conforme al sentido de las disposiciones sobre aceptación que figuran en la sección 4.A I) b) de los Principios Generales del Codex Alimentarius.

#### 1. AMBITO DE APLICACION

1.1 La presente Norma se aplica a la harina de trigo para el consumo humano, elaborada con trigo común, *Triticum aestivum* L. o con trigo ramificado, *Triticum compactum* Host., o una mezcla de los mismos, que ha sido preenvasada y está lista para la venta al consumidor o está destinada para utilizarla en la elaboración de otros productos alimenticios.

1.2 No se aplica:

- a ningún producto elaborado con trigo duro, *Triticum durum* Desf., solamente o en combinación con otros trigos;
- a la harina integral, a la harina o sémola de trigo entero, a la harina fina de trigo común *Triticum aestivum* L., o trigo ramificado *Triticum compactum* Host., o una mezcla de los mismos;
- a la harina de trigo destinada a utilizarse como aditivo en la elaboración de la cerveza o para la elaboración del almidón y/o el gluten;
- a la harina de trigo destinada a la industria no alimentaria;
- a las harinas cuyo contenido de proteínas se haya reducido o a las que, después del proceso de molienda, hayan sido sometidas a un tratamiento especial que no sea el de secado o blanqueado, y/o a las cuales se les hayan agregado otros ingredientes distintos de los mencionados en las secciones 3.2.2 y 4.

#### 2. DESCRIPCION

##### 2.1 Definición del producto

Por harina de trigo se entiende el producto elaborado con granos de trigo común, *Triticum aestivum* L., o trigo ramificado, *Triticum compactum* Host., o combinaciones de ellos 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 darle un grado adecuado de finura.

#### 3. COMPOSICION ESENCIAL Y FACTORES DE CALIDAD

##### 3.1 Factores de calidad - generales

3.1.1 La harina de trigo, así como todos los ingredientes que se agreguen, deberán ser inocuos y apropiados para el consumo humano.

3.1.2 La harina de trigo deberá estar exenta de sabores y olores extraños y de insectos vivos.

3.1.3 La harina de trigo deberá estar exenta de suciedad (impurezas de origen animal, incluidos

insectos muertos), en cantidades que puedan representar un peligro para la salud humana.

### 3.2 Factores de calidad - específicos

#### 3.2.1 Contenido de humedad **15,5% m/m máximo**

Para determinados destinos, por razones de clima, duración del transporte y almacenamiento, deberían requerirse límites de humedad más bajos. Se pide a los gobiernos que acepten esta Norma que indiquen y justifiquen los requisitos vigentes en su país.

#### 3.2.2 Ingredientes facultativos

Los siguientes ingredientes pueden agregarse a la harina de trigo en las cantidades necesarias para fines tecnológicos:

- productos malteados con actividad enzimática, fabricado con trigo, centeno o cebada;
- gluten vital de trigo;
- harina de soja y harina de leguminosas.

### 4. ADITIVOS ALIMENTARIOS Nivel máximo en el producto terminado

#### 4.1 Enzimas

4.1.1	Amilasa fúngica de <i>Aspergillus niger</i>	BPF
4.1.2	Amilasa fúngica de <i>Aspergillus oryzae</i>	BPF
4.1.3	Enzima proteolítica de <i>Bacillus subtilis</i>	BPF
4.1.4	Enzima proteolítica de <i>Aspergillus oryzae</i>	BPF

#### 4.2 Agentes para el tratamiento de las harinas

		<u>Nivel máximo en el producto terminado</u>
4.2.1	Acido ascórbico L. y sus sales de sodio y potasio	300 mg/kg
4.2.2	Hidrocloruro de L.-cisteína	90 mg/kg
4.2.3	Dióxido de azufre (en harinas utilizadas únicamente para la fabricación de bizcochos y pastas)	200 mg/kg
4.2.4	Fosfato monocálcico	2500 mg/kg
4.2.5	Lecitina	2000 mg/kg
4.2.6	Cloro	2500 mg/kg en tortas de alto porcentaje

4.2.7	Dióxido de cloro	30 mg/kg para productos de panadería crecidos con levadura
4.2.8	Peróxido benzoílico	60 mg/kg
4.2.9	Azodicarbonamida	45 mg/kg para pan con levadura

## 5. CONTAMINANTES

### 5.1 Metales pesados

La Harina de trigo deberá estar exenta de metales pesados en cantidades que puedan representar un peligro para la salud humana.

### 5.2 Residuos de plaguicidas

La harina de trigo se deberá ajustar a los límites máximos para residuos establecidos por la Comisión del Codex Alimentarius para este producto.

### 5.3 Micotoxinas

La harina de trigo deberá ajustarse a los límites máximos para micotoxinas establecidos por la Comisión del Codex Alimentarius para este producto.

## 6. HIGIENE

6.1 Se recomienda que el producto regulado por las disposiciones de esta Norma se prepare y manipule de conformidad con las secciones apropiadas del Código Internacional de Prácticas Recomendado - Principios Generales de Higiene de los Alimentos (CAC/RCP 1-1969, Rev. 2-1985, Codex Alimentarius Volumen 1B) y otros códigos de prácticas recomendados por la Comisión del Codex Alimentarius que sean pertinentes para este producto.

6.2 En la medida de lo posible, con arreglo a las buenas prácticas de fabricación, el producto estará exento de materias objetables.

6.3 Cuando se analice mediante métodos apropiados de muestreo y análisis, el producto:

- deberá estar exento de microorganismos en cantidades que puedan representar un peligro para la salud;
- deberá estar exento de parásitos que puedan representar un peligro para la salud; y
- no deberá contener ninguna sustancia procedente de microorganismos en cantidades que puedan representar un peligro para la salud.

## 7. ENVASADO

7.1 La harina de trigo deberá envasarse en recipientes que salvaguarden las cualidades higiénicas, nutritivas, tecnológicas y organolépticas del producto.

7.2 Los recipientes, incluido el material de envasado, deberán estar fabricados con sustancias que sean inocuas y adecuadas para el uso al que se destinan. No deberán transmitir al producto ninguna sustancia tóxica ni olores o sabores desagradables.

7.3 Cuando el producto se envase en sacos, éstos deberán estar limpios, ser resistentes, y estar bien cosidos o sellados.

## 8. ETIQUETADO

Además de los requisitos de la Norma General del Codex para el Etiquetado de los Alimentos Preenvasados (CODEX STAN 1-1985, Rev. 1-1991, Codex Alimentarius Volumen 1A) deberán aplicarse las siguientes disposiciones específicas:

### 8.1 Nombre del producto

8.1.1 El nombre del producto que deberá aparecer en la etiqueta será "harina de trigo".

### 8.2 Etiquetado de envases no destinados a la venta al por menor

La información relativa a los envases no destinados a la venta al por menor deberá figurar en el envase o en los documentos que lo acompañan, salvo que el nombre del producto, la identificación del lote y el nombre y la dirección del fabricante o envasador deberán aparecer en el envase. No obstante, la identificación del lote y el nombre y la dirección del fabricante o envasador podrán ser sustituidos por una marca de identificación, siempre que tal marca sea claramente identificable con los documentos que acompañen al envase.

## 9. METODOS DE ANALISIS Y MUESTREO

Véase el Volumen 13 del Codex Alimentarius.

## APENDICE

En los casos en que figure más de un límite de factor y/o método de análisis se recomienda encarecidamente a los usuarios que especifiquen el límite y método de análisis apropiados.

FACTOR/DESCRIPCION	LIMITE	METODO DE ANALISIS
<b>CENIZA</b>	A gusto del comprador	AOAC 923.03 ISO 2171:1980 Método ICC No. 104/1 (1990)
<b>ACIDEZ DE LA GRASA</b>	Máx. 70 mg por 100 g de harina respecto a la materia seca expresada como ácido sulfúrico  - o -  Se necesitará no más de 50 mg de hidróxido de potasio para neutralizar los ácidos grasos libres en 100 gramos de harina, respecto a la materia seca	Método ISO 7305 (1986)  - o -  AOAC 939.05
<b>PROTEINA (N x 5,7)</b>	Mín. 7,0% referido al peso del producto seco	ICC 105/1 - Método de determinación de la proteína bruta en cereales y productos a base de cereales para alimentos de consumo humano y piensos, utilizando catalizador de selenio/cobre (Método del Tipo I)  - o -  ISO 1871:1975
<b>SUSTANCIAS NUTRITIVAS</b>  · vitaminas · minerales · aminoácidos	De conformidad con la legislación del país en que se vende el producto	No se ha definido ningún método
<b>TAMAÑO DE LAS PARTICULAS (GRANULOSIDAD)</b>	El 98% o más de la harina deberá pasar a través de un tamiz (No. 70) de 212 micras	AOAC 965.22

## Anexo B. Resultados de laboratorio SAT de la harina de frijol loctao



### Sociedad de Asesoramiento Técnico S.A.C.

JR. ALMIRANTE GUISE Nº 2580 LIMA - LIMA - LINCE - TELÉFONO: 206-9280  
E-mail: satperu@satperu.com ; tecnica@satperu.com www.satperu.com

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO Nº LE-009**



#### INFORME DE ENSAYO Nº DT-00734-01-2025

PRODUCTO : Harina de frijol loctao,  
SOLICITADO POR : Juan Diego Huaquino Maravi  
DIRECCIÓN : Calle 10 Mz M Lote 11 Asoc. Flor de Magnolias - Lurigancho - Lima  
FECHA DE RECEPCIÓN : 2025-02-01  
FECHA DE ANÁLISIS : 2025-02-01  
FECHA DE INFORME : 2025-02-11  
SOLICITUD Nº : SDT-00418-2025

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : Fecha. 01/02/2025  
ESTADO / CONDICIÓN : Producto granulado / Temperatura Ambiente  
PRESENTACIÓN : Bolsa de polietileno transparente sellada, con sticker  
CANTIDAD DE MUESTRA : 500 gramos  
CANTIDAD DE MUESTRA DIRIMENTE : Ninguna (A solicitud del cliente)

Servicio	Vía / Resultado
E. coli Numeración (NMP/g)	<3
Hongos: Mohos Numeración (ufc/g)	<10
Salmonella Detección (/25g)	Ausencia
<b>(*) Carbohidratos (g/100g)</b>	<b>79,65</b>
<b>(*) Ceniza (g/100g)</b>	<b>4,94 Base seca 4,70 Base húmeda</b>
<b>(*) Energía total (kcal/100g)</b>	<b>365,47</b>
<b>(*) Humedad (g/100g)</b>	<b>4,87</b>
<b>(*) Materia grasa (g/100g)</b>	<b>0,79 Base seca 0,75 Base húmeda</b>
<b>(*) Proteína total ((Nx6,25) g/100g)</b>	<b>10,54 Base seca 10,03 Base húmeda</b>

#### (\*) LOS METODOS INDICADOS NO HAN SIDO ACREDITADOS POR INACAL-DA

##### MÉTODOS

E. coli Numeración	: ICMSF (1983) Vol.1, 2ª Ed., Pág. 132-134, 138, 139-142 [Traducción versión original 1978] Reimpreso 2000 en castellano (Ed. Acribia), Bacterias Coliformes. Recuento de Coliformes Técnica del Número más Probable (NMP). Método 1 (Norteamericano). Bacterias Coliformes. Determinación de Organismos Coliformes de Origen Fecal. Método 1 (Norteamericano). Bacterias Coliformes. Determinación de Organismos Coliformes de Origen Fecal. Pruebas de identificación de Organismos Coliformes WVIC
Hongos: Mohos Numeración	: ICMSF (1983) Vol. 1, 2da. Edición Pág. 166-167 [Traducción versión original 1978]. Reimpresión 2000 en Castellano (Ed. Acribia) Recuento de mohos y levaduras. Método de Recuento de levaduras y mohos por siembra en placa en todo el medio.
Salmonella Detección	: ICMSF (1983) Microorganismos de los Alimentos. Su significado y métodos de enumeración. Pág.169-178, Items I, II y III. 2da. Ed. Reimpresión 2000. Salmonellas. Aislamiento de Salmonellas. Exploración Bioquímica para la identificación de Salmonellas, pruebas serológicas para la identificación de Salmonellas. Items II y III.
(*) Carbohidratos	: Por Cálculo
(*) Ceniza	: NTP 205.004:2022. Cereales y Leguminosas. Determinación de cenizas
(*) Energía total	: Por Cálculo
(*) Humedad	: NTP 205.002:2021. Cereales y Legumbres. Determinación del contenido de humedad. Método de rutina
(*) Materia grasa	: NTP 205.006:2017/CT 1:2018. Cereales y Menestras. Determinación de materia grasa
(*) Proteína total	: NTP 205.005 :2018. Cereales y Menestras. Determinación de proteínas totales (Método de Kjeldahl)

##### Notas

Contacto: Juan Diego Huaquino Maravi. Correo: diego\_10\_maravi@hotmail.com

- Informe de ensayo emitido en base a resultados obtenidos en nuestro laboratorio. Válido únicamente para la muestra proporcionada. No debe ser utilizado como Certificado de Conformidad. Queda absolutamente prohibida toda reproducción parcial del presente informe sin la autorización escrita de SAT S.A.C. Este documento es válido solo en original.

**BLGA. ANA CECILIA FALLA ROSADO  
JEFE (E) DIVISIÓN TÉCNICA  
C.B.P. Nº2970**



## Sociedad de Asesoramiento Técnico S.A.C.

JR. ALMIRANTE GUISSÉ N° 2580 - 2586 / LIMA 14 - PERÚ TELÉFONO: 206-9280  
E-mail: satperu@satperu.com / web: www.satperu.com

### INFORME DE ENSAYO N° DT-00734-02-2025

PRODUCTO : Harina de frijol leotao,  
SOLICITADO POR : Juan Diego Huaquino Maravi  
DIRECCIÓN : Calle 10 Mz M Lote 11 Asoc. Flor de Magnolias - Lurigancho - Lima  
FECHA DE RECEPCIÓN : 2025-02-01  
FECHA DE ANÁLISIS : 2025-02-01  
FECHA DE INFORME : 2025-02-11  
SOLICITUD N° : SDT-00418-2025

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : Fecha. 01/02/2025  
ESTADO / CONDICIÓN : Producto granulado / Temperatura Ambiente  
PRESENTACIÓN : Bolsa de polietileno transparente sellada, con sticker  
CANTIDAD DE MUESTRA : 50 gramos  
CANTIDAD DE MUESTRA DIRIMENTE : Ninguna (A solicitud del cliente)

Servicio	Vía / Resultado
(*) Granulometría (%)	Porcentaje retenido: Malla 30 = 28,94 Base = 71,06

(\*) LOS METODOS INDICADOS NO HAN SIDO ACREDITADOS POR INACAL-DA

#### MÉTODOS

[\*] Granulometría : NTP 205.050 (2019) Item 12.1.1. Hojuela de Avena. Tamaño de partícula

#### Notas

Contacto: Juan Diego Huaquino Maravi. Correo: diego\_10\_maravi@hotmail.com

- Informe de ensayo emitido en base a resultados obtenidos en nuestro laboratorio. Válido únicamente para la muestra proporcionada. Queda absolutamente prohibida toda reproducción parcial del presente informe sin la autorización escrita de SAT S.A.C. Este documento es válido solo en original.

**BLGA. ANA CECILIA FALLA ROSADO**  
**JEFE (E) DIVISIÓN TÉCNICA**  
**C.B.P.N°2970**



## Sociedad de Asesoramiento Técnico S.A.C.

JR. ALMIRANTE GUISSÉ N° 2580 - 2586 / LIMA 14 - PERÚ TELÉFONO: 206-9280  
E-mail: [satperu@satperu.com](mailto:satperu@satperu.com) / web: [www.satperu.com](http://www.satperu.com)

### INFORME DE ENSAYO N° DT-00734-04-2025

PRODUCTO : Harina de frijol octao,  
SOLICITADO POR : Juan Diego Huaquino Maravi  
DIRECCIÓN : Calle 10 Mz M Lote 11 Asoc. Flor de Magnolias - Lurigancho - Lima  
FECHA DE RECEPCIÓN : 2025-02-01  
FECHA DE ANÁLISIS : 2025-02-01  
FECHA DE INFORME : 2025-02-11  
SOLICITUD N° : SDT-00418-2025

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : Fecha. 01/02/2025  
ESTADO / CONDICIÓN : Producto granulado / Temperatura Ambiente  
PRESENTACIÓN : Bolsa de polietileno transparente sellada, con sticker  
CANTIDAD DE MUESTRA : 50 gramos  
CANTIDAD DE MUESTRA DIRIMIENTE : Ninguna (A solicitud del cliente)

Servicio	Vía / Resultado
(*) Granulometría (%)	Porcentaje retenido: Malla 60 = 68,14 Base = 31,86

**(\*) LOS METODOS INDICADOS NO HAN SIDO ACREDITADOS POR INACAL-DA**

#### MÉTODOS

[\*] Granulometría : NTP 205.050 (2019) Item 12.1.1. Hojuela de Avena. Tamaño de partícula

#### Notas

Contacto: Juan Diego Huaquino Maravi. Correo: [diego\\_10\\_maravi@hotmail.com](mailto:diego_10_maravi@hotmail.com)

- Informe de ensayo emitido en base a resultados obtenidos en nuestro laboratorio. Válido únicamente para la muestra proporcionada. Queda absolutamente prohibida toda reproducción parcial del presente informe sin la autorización escrita de SAT S.A.C. Este documento es válido solo en original.

**BLGA. ANA CECILIA FALLA ROSADO**  
**JEFE (E) DIVISIÓN TÉCNICA**  
**C.B.P.N°2970**



## Sociedad de Asesoramiento Técnico S.A.C.

JR. ALMIRANTE GUISSÉ N° 2580 - 2586 / LIMA 14 - PERÚ TELÉFONO: 206-9280  
E-mail: [satperu@satperu.com](mailto:satperu@satperu.com) / web: [www.satperu.com](http://www.satperu.com)

### INFORME DE ENSAYO N° DT-00734-05-2025

PRODUCTO : Harina de frijol loc tao,  
SOLICITADO POR : Juan Diego Huaquino Maravi  
DIRECCIÓN : Calle 10 Mz M Lote 11 Asoc. Flor de Magnolias - Lurigancho - Lima  
FECHA DE RECEPCIÓN : 2025-02-01  
FECHA DE ANÁLISIS : 2025-02-01  
FECHA DE INFORME : 2025-02-11  
SOLICITUD N° : SDT-00418-2025

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : Fecha. 01/02/2025  
ESTADO / CONDICIÓN : Producto granulado / Temperatura Ambiente  
PRESENTACIÓN : Bolsa de polietileno transparente sellada, con sticker  
CANTIDAD DE MUESTRA : 50 gramos  
CANTIDAD DE MUESTRA DIRIMIENTE : Ninguna (A solicitud del cliente)

Servicio	Vía / Resultado
(*) Granulometría (%)	Porcentaje retenido: Malla 100 = 79,27 Base = 20,73

(\*) LOS METODOS INDICADOS NO HAN SIDO ACREDITADOS POR INACAL-DA

#### MÉTODOS

(\*) Granulometría : NTP 205.050 (2019) Item 12.1.1. Hojuela de Avena. Tamaño de partícula

#### Notas

Contacto: Juan Diego Huaquino Maravi. Correo: [diego\\_10\\_maravi@hotmail.com](mailto:diego_10_maravi@hotmail.com)

- Informe de ensayo emitido en base a resultados obtenidos en nuestro laboratorio. Válido únicamente para la muestra proporcionada. Queda absolutamente prohibida toda reproducción parcial del presente informe sin la autorización escrita de SAT S.A.C. Este documento es válido solo en original.

**BLGA. ANA CECILIA FALLA ROSADO**  
**JEFE (E) DIVISIÓN TÉCNICA**  
**C.B.P.N°2970**