

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN**

**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE  
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**



**“TAMAÑO DE PARTÍCULAS DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.),  
TOSTADO Y MOLIDO MEDIANTE EL ANÁLISIS  
GRANULOMÉTRICO”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**Autor: Bach. Yahelita Pérez Campos**

**Asesor: Dr. Honorato Ccalli Pacco**

**JAÉN – PERÚ, NOVIEMBRE, 2019**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN**

**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE  
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**



**“TAMAÑO DE PARTÍCULAS DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.),  
TOSTADO Y MOLIDO MEDIANTE EL ANÁLISIS  
GRANULOMÉTRICO”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**Autor: Bach. Yahelita Pérez Campos**

**Asesor: Dr. Honorato Ccalli Pacco**

**JAÉN – PERÚ, NOVIEMBRE, 2019**



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

Ley de Creación N° 29304

Universidad Licenciada con Resolución del Consejo Directivo N° 002-2018-SUNEDU/CD

## FORMATO 03: ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Jaén, el día 29 de NOVIEMBRE del año 2019, siendo las 15:00 horas, se reunieron los integrantes del Jurado:

Presidente: Mg. Sr. JAMES TIRADO LARA

Secretario: Mg. Sr. SEGUNDO ALPIO CRUZ HOJOS

Vocal: Sr. OSCAR WILFREDO DIAZ GARCIA

para evaluar la Sustentación del Informe Final:

- Trabajo de Investigación
- Tesis
- Trabajo de Suficiencia Profesional

Titulado:

"Tomario de partículas de café (Coffea arabica L.), tostado y molido mediante el análisis granulométrico"

presentado por estudiante/egresado o Bachiller Johelita Pérez Campos de la Carrera Profesional de INGENIERIA DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

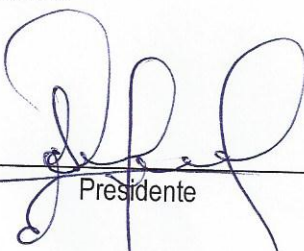
Después de la sustentación y defensa, el Jurado acuerda:

- Aprobar       Desaprobar       Unanimidad       Mayoría

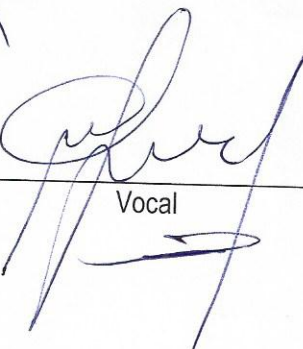
Con la siguiente mención:

- |                |            |        |
|----------------|------------|--------|
| a) Excelente   | 18, 19, 20 | ( )    |
| b) Muy bueno   | 16, 17     | ( )    |
| c) Bueno       | 14, 15     | ( 15 ) |
| d) Regular     | 13         | ( )    |
| e) Desaprobado | 12 ó menos | ( )    |

Siendo las 16:20 pm horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.

  
 \_\_\_\_\_  
 Presidente

  
 \_\_\_\_\_  
 Secretario

  
 \_\_\_\_\_  
 Vocal

## ÍNDICE GENERAL

<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>II. OBJETIVOS.....</b>	<b>3</b>
<b>2.1. OBJETIVO GENERAL.....</b>	<b>3</b>
<b>2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....</b>	<b>3</b>
<b>III. MATERIAL Y MÉTODOS.....</b>	<b>4</b>
<b>3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN.....</b>	<b>4</b>
<b>3.2. MATERIALES .....</b>	<b>4</b>
3.2.1. Materia prima .....	4
3.2.2. Equipos.....	4
3.2.3. Instrumentos de laboratorio.....	4
<b>3.3. DESCRIPCIÓN DE LOS MÉTODOS DE ANÁLISIS .....</b>	<b>5</b>
3.3.1. Proceso de tostado .....	5
3.3.2. Proceso de molienda.....	6
3.3.3. Proceso granulométrico.....	7
<b>3.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....</b>	<b>8</b>
<b>IV. RESULTADOS.....</b>	<b>10</b>
<b>4.1. PROCESO DE TOSTADO A LOS GRANOS DE CAFÉ .....</b>	<b>10</b>
<b>4.2. PROCESO DE MOLIENDA A LOS GRANOS TOSTADOS .....</b>	<b>11</b>
<b>4.3. PROCESO GRANULOMÉTRICO .....</b>	<b>13</b>
<b>4.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO (ANVA Y TUKEY).....</b>	<b>30</b>
<b>V. DISCUSIONES.....</b>	<b>35</b>
<b>VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>37</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>38</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>40</b>
<b>AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>41</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>42</b>
<b>ANEXO 1. FOTOS DEL ANÁLISIS FÍSICO .....</b>	<b>42</b>
<b>ANEXO 2. FOTOS DEL PROCESO DE TOSTADO .....</b>	<b>43</b>
<b>ANEXO 3. FOTOS DEL PROCESO DE MOLIENDA.....</b>	<b>44</b>
<b>ANEXO 4. FOTOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO .....</b>	<b>45</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Proceso de tostado .....	5
Tabla 2. Proceso de molienda.....	6
Tabla 3. Juego de tamices A.S.T.M.....	7
Tabla 4. Variables a controlar del proceso de tamizado.....	8
Tabla 5. Diseño de bloques.....	9
Tabla 6. Resultados del Tueste de los granos de café para el tratamiento T1 (180°C) .....	10
Tabla 7. Resultados del Tueste de los granos de café para el tratamiento T2 (195°C) .....	10
Tabla 8. Resultados del Tueste de los granos de café para el tratamiento T3 (210°C) .....	11
Tabla 9. Resultados del Tueste de los granos de café para el tratamiento T4 (225°C) .....	11
Tabla 10. Resultados de la molienda a los granos de café con un tueste de 180°C (T1) ...	11
Tabla 11. Resultados de la molienda a los granos de café con un tueste de 195°C (T2) ...	12
Tabla 12. Resultados de la molienda a los granos de café con un tueste de 210°C (T3) ...	12
Tabla 13. Resultados de la molienda a los granos de café con un tueste de 225°C (T4) ...	12
Tabla 14. Análisis granulométrico a las moliendas de los granos tostados a 180°C (T1) .	13
Tabla 15. Tamizado a la molienda “gruesa” a 180°C (peso inicial: 90.21g) .....	13
Tabla 16. Tamizado a la molienda “medio gruesa” a 180°C (peso inicial: 90.42g) .....	14
Tabla 17. Tamizado a la molienda “medio fina” a 180°C (peso inicial: 84.22g).....	15
Tabla 18. Tamizado a la molienda “fina” a 180°C (peso inicial: 91.07g).....	16
Tabla 19. Análisis granulométrico a las moliendas de los granos tostados a 195°C (T2) .	17
Tabla 20. Tamizado a la molienda “gruesa” a 195°C (peso inicial: 91.94g) .....	18
Tabla 21. Tamizado a la molienda "medio gruesa" a 195°C (peso inicial: 86. 58g).....	19
Tabla 22. Tamizado a la molienda "medio fina" a 195°C (peso inicial: 86.32g).....	20
Tabla 23. Tamizado a la molienda "fina" a 195°C (peso inicial: 87.89g).....	21
Tabla 24. Análisis granulométrico a las moliendas de los granos tostados a 210°C (T3) .	22
Tabla 25. Tamizado a la molienda “gruesa” a 210°C (peso inicial: 92.27g) .....	22
Tabla 26. Tamizado a la molienda “medio gruesa” a 210°C (peso inicial: 83.21g) .....	23
Tabla 27. Tamizado a la molienda “medio fina” a 210°C (peso inicial: 86.34g).....	24
Tabla 28. Tamizado a la molienda “fina” a 210°C (peso inicial: 86.14g).....	25
Tabla 29. Análisis granulométrico a las moliendas de los granos tostados a 225°C (T4) .	26
Tabla 30. Tamizado a la molienda “gruesa” a 225°C (peso inicial: 87.32g) .....	27
Tabla 31. Tamizado a la molienda “medio gruesa” a 225°C (peso inicial: 88.45g) .....	28

Tabla 32. Tamizado a la molienda “medio fina” a 225°C (peso inicial: 88.25g).....	29
Tabla 33. Tamizado a la molienda “fina” a 225°C (peso inicial: 86.14g).....	30
Tabla 34. Análisis en relación al peso y temperatura .....	31
Tabla 35. Análisis en relación al peso y molienda .....	31
Tabla 36. Análisis en relación al peso y tamiz .....	31
Tabla 37. Prueba Post Hoc de Tukey en relación al peso y tamiz.....	32
Tabla 38. Subconjuntos homogéneos en relación al peso y tamiz .....	33
Tabla 39. Variables analizadas .....	33
Tabla 40. Comparación de medias entre peso y temperatura .....	33
Tabla 41. Comparación de medias entre peso y molienda .....	34
Tabla 42. Comparación de medias entre peso y tamiz .....	34

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Curva granulométrica a la molienda “gruesa” con un tueste de 180°C .....	14
Figura 2. Curva granulométrica a la molienda “medio gruesa” con un tueste de 180°C ...	15
Figura 3. Curva granulométrica a la molienda “medio fina” con un tueste de 180°C .....	16
Figura 4. Curva granulométrica a la molienda “fina” con un tueste de 180°C .....	17
Figura 5. Curva granulométrica a la molienda “gruesa” con un tueste de 195°C .....	18
Figura 6. Curva granulométrica a la molienda “medio gruesa” con un tueste de 195°C ...	19
Figura 7. Curva granulométrica a la molienda “medio fina” con un tueste de 195°C .....	20
Figura 8. Curva granulométrica a la molienda “fina” con un tueste de 195°C .....	21
Figura 9. Curva granulométrica a la molienda “gruesa” con un tueste de 210°C .....	23
Figura 10. Curva granulométrica a la molienda “medio grueso” con un tueste de 210°C.	24
Figura 11. Curva granulométrica a la molienda “medio fina” con un tueste de 210°C .....	25
Figura 12. Curva granulométrica a la molienda “fina” con un tueste de 210°C .....	26
Figura 13. Curva granulométrica a la molienda “gruesa” con un tueste de 225°C .....	27
Figura 14. Curva granulométrica a la molienda “medio gruesa” con un tueste de 225°C .	28
Figura 15. Curva granulométrica a la molienda “medio fina” con un tueste de 225°C .....	29
Figura 16. Curva granulométrica a la molienda “fina” con un tueste de 225°C .....	30
Figura 17. Muestra del café verde seco .....	42
Figura 18. Muestras del análisis a través de la malla n°14.....	42
Figura 19. Granos defectuosos .....	42
Figura 20. Muestra del café verde seco .....	42
Figura 21. Granos de café seleccionados.....	43
Figura 22. Granos durante el proceso de tostado .....	43
Figura 23. Verificación del color de los granos.....	43
Figura 24. Proceso de enfriado .....	43
Figura 25. Molino eléctrico DITTING SWISS, serie CH-8114.....	44
Figura 26. Proceso de molienda .....	44
Figura 27. Discos agron/SCA.....	44
Figura 28. Clasificación del color a la muestra mediante los discos agron/SCA.....	44
Figura 29. Tamizador eléctrico vibratorio .....	45
Figura 30. Serie de tamices A.S.T.M E-11.....	45
Figura 31. Muestra molida colocada en la serie de tamices .....	45

Figura 32. Proceso de tamizado.....	45
Figura 33. Tiempo de proceso de tamizado.....	45
Figura 34. Muestra retenida en cada tamiz.....	46
Figura 35. Peso de la muestra retenida en cada tamiz.....	46
Figura 36. Almacenado y rotulado .....	46



## RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo clasificar el tamaño de partículas del café (*Coffea arabica* L.), tostado a cuatro temperaturas (180°C, 195°C, 210°C y 225°C), y a cuatro tipos de molienda (Grueso, Medio gruesa, Medio fina y Fina). Se consideró factores como: el rango de color que se clasificó por medio de los discos denominados “ESCALA AGTRON” establecido por la *Specialty Coffee Association* (SCA). El estudio se realizó usando granos de café arábica de variedad Catimor, cultivada a una altitud de 1600 m.s.n.m.; dichos granos fueron previamente tostados y molidos de acuerdo a las temperaturas y grados de molienda antes mencionadas, luego se realizó la clasificación del tamaño de partículas para lo cual se utilizó el tamizador A.S.T.M. E-11 (ORION), y el N° de mallas (20,30,40,50,80 y 100). Las pruebas de tamizado a cada tipo de molienda fueron con un tiempo de 3 min. El tratamiento adecuado, que clasificó el tamaño de partículas a un nivel de confianza del 95%, fue a una temperatura de 180°C, una molienda medio fina y con la mayor media de 23,3756 del peso retenido en el tamiz N°30 (600µm).

**Palabras clave:** escala agtron, análisis granulométrico, malla tamizadora, curvas granulométricas, clasificación granulométrica.

## ABSTRACT

The research aimed to classify the particle size of coffee (Arab coffee L.), roasted at four temperatures (180 ° C, 195 ° C, 210 ° C and 225 ° C), and four types of grinding (Coarse, Medium thick, medium thin and thin). Factors such as: the color range that was classified by means of the clubs called “AGTRON SCALE” established by the Association of Special Cafes (SCA) were considered. The study was conducted using Arabica coffee beans of the Catimor variety, grown at an altitude of 1600 m.s.n.m .; said grains were previously roasted and ground according to the temperatures and milling degrees determined above, then the particle size classification was performed for which the sieve A.S.T.M. E-11 (ORION), and the number of meshes (20,30,40,50,80,80 and 100). Screening tests for each type of grinding were 3 min. The appropriate treatment, which classified the particle size at a 95% confidence level, was a temperature of 180 ° C, a medium fine grinding and with the highest average of 23.3756 of the weight retained in sieve No. 30 (600 µm).

**Key words:** agtron scale, granulometric analysis, sieve mesh, granulometric curves, granulometric classification.

## I. INTRODUCCIÓN

El Perú, posee una gran capacidad como productor de café, es el principal producto agrícola de exportación. Debido a su ubicación geográfica, su cultivo se concentra en el café arábico (*Coffea arabica* L.), en las variedades Typica, Bourbon, Pache, Caturra y Catimor.

El café no solo es considerado por sus valores nutritivos, su principal atributo son los efectos antioxidantes proporcionados por los componentes volátiles presentes y por los efectos estimulantes producidos por la cafeína. Sin embargo, para determinar la calidad de una buena taza de café influyen muchos factores: variedad, origen, recogida, secado, tueste y molienda.

El tueste es el proceso por el cual el café pasa de su estado natural (café verde o café crudo), a adquirir una tonalidad que está entre marrón claro a oscuro. SCA (2017) señala que, el color del tueste se clasifica de acuerdo al agron scale. Consiste en ocho discos numerados, los cuales se compara con una muestra de café tostado y así de esta manera se asigna al tostado un número aproximado en que va desde el nº 95 (tostado más claro), en un intervalo de 10 hasta el nº 25 (tostado más oscuro).

Katzeff (como se citó en Olivas Y Meza, 2007) mencionan que, se puede tostar el café a varios colores, en cada color se nota un grupo de sabores distintos y su intensidad dependerá de su procedencia, los tostados más claros tienen característica de dulce, acidez y cuerpo, los tostados más oscuros pierden estos sabores, pero ganan complejidad y un sabor a carbón. (p.50)

Durante el proceso de tostado, se liberan los aromas que sufren durante el contacto con la alta temperatura, para apreciar dichos aromas los granos pasan por el proceso de molienda. Existen diferentes tipos de molienda las cuales se ajustan para así extraer y resaltar los aromas característicos de los granos molidos de café. El grado de molienda del grano es el grosor del café molido y fundamental en el sabor final de la taza.

Sí el molido es demasiado fino, el café saldrá corto, cargado y amargo; por lo contrario, si el molido es grueso el café saldrá aguado, sin roma ni crema. Guevara y Castaño (como se citó en Salamanca, 2015) nos dice que, cuanto mayor sea el tamaño de las partículas que forman la pasta, menor será la superficie de contacto entre el agua y el café por tanto la bebida será muy clara, de igual manera, si se presentan partículas muy finas habrá una mayor superficie de contacto y la bebida puede resultar oscura. (p.11)

Este estudio tuvo como problema ¿ la clasificación del tamaño de partículas del café (*coffea arabica L.*), tostado a cuatro diferentes temperaturas y a cuatro tipos de molienda mediante el analisis granulométrico?. Y se planteó la hipótesis “ Sí el café se tuesta a diferentes temperaturas y a diferentes tipos de molienda, se presentará similitud en relación a su peso retenido, siguiendo una distribución normal en cada tamiz durante el proceso de tamizado”.

#### **Antecedentes:**

Durante los últimos años, se han realizado estudios que proporciona información valiosa para la presente investigación, algunos serán mencionados a continuación:

En el artículo científico titulado “Medición del tamaño de partículas de café tostado y molido mediante difracción de rayos laser”, Cenicafé – Colombia. Guevara y Castaño (2005) afirma que, la influencia de factores como el tipo de café y su grado de tueste en los resultados de la molienda son predominantes, hallándose que el tamaño de las partículas producidas es mayor entre mayor es el tamaño de los granos y menor su grado de tueste. (p.5)

En el artículo titulado “Elaboración de un sucedáneo de café (*Coffea arabica L.*), a base de soya (*Glycine max L.*), de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Otárola y Rubio (2010) nos dicen que, durante la preparación, caracterización fisicoquímica, microbiológica y sensorial de un sucedáneo de café empleando soya, se establecieron tres tipos de tueste (tueste baja 211 °C - 550 s, media 216 °C - 600 s; y alta 222 °C - 640 s). Se preparó una bebida y se realizó análisis sensorial cualitativo del color aroma y sabor, y evaluación sensorial cuantitativa descriptiva de ocho características. La soya tostada y molido presentó disminución en los contenidos de proteína bruta, lípidos totales y carbohidratos en relación a la soya sin tostar (2,42; 3,78 y 5,24 por ciento, respectivamente). (p.1)

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1. OBJETIVO GENERAL**

Clasificar el tamaño de partículas de café (*Coffea arabica* L.), tostado y molido mediante el análisis granulométrico.

### **2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- a. Evaluar el tostado a cuatro diferentes temperaturas (180°C, 195°C, 210°C y 225°C) de las muestras de los granos de café secos.
- b. Realizar los cuatro tipos de molienda (Grueso, Medio grueso, Medio fino y Fino) de los granos de café tostados.
- c. Determinar el mayor peso retenido de partículas mediante los tamices N°20, N°30, N°40, N°50, N°80, N°100 - A.S.T.M – E11.

### **III. MATERIAL Y MÉTODOS**

#### **3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN**

El trabajo de investigación se ejecutó en:

- La Cooperativa C.A.C ALTO MAYO: Se realizó el proceso de análisis físico, ubicada en el departamento Cajamarca, región Jaén, provincia Jaén.
- El laboratorio de análisis sensorial de la Cooperativa CENFROCAFE: Se realizó el proceso de tostado y molienda.
- El Taller de Tecnología de Alimentos de la Carrera Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias, de la Universidad Nacional de Jaén: Se realizó el análisis granulométrico.

#### **3.2. MATERIALES**

##### **3.2.1. Materia prima**

Café pergamino seco: Este café fue obtenido del caserío de San Antonio de Huabal – Distrito de Huabal, con una altitud de 1600 m.s.n.m. Se obtuvo previamente a procesos de fermentación y secado.

##### **3.2.2. Equipos**

- Determinador de humedad, marca GEHAKA AGRI G600
- Tostadora de muestras, marca PROBAT, BRZ 2, dos tambores. Capacidad 80 – 130g.
- Molino eléctrico, DITTING SWISS, serie CH-8184
- Tamizador eléctrico Vibratorio A.S.T.M, marca ORION
- Juego de tamices N°. 20,30,40,50,80 y 100 , marca ORION E-11
- Balanza Analítica, marca OHAUS, modelo Explorer, precisión 0,1 mg. Capacidad 210g.

##### **3.2.3. Instrumentos de laboratorio**

- Agtron Scale/SCA
- Mallas N° 14
- Plumilla de 120g

- Campana desecadora con Silicagel
- Cronometro
- Pinzas
- Espátula
- Bolsas herméticas
- Bandejas de aluminio
- Papel de aluminio
- Bol de aluminio
- Cuchara de cata
- Etiquetas
- Plumón indeleble

### 3.3. DESCRIPCIÓN DE LOS MÉTODOS DE ANÁLISIS

#### 3.3.1. Proceso de tostado

Se utilizó cuatro tratamientos, cada uno representado por una temperatura de tueste. Cada temperatura representado por cuatro muestras, y en total se obtuvo 16 muestras de café tostadas. Obteniendo resultados de cantidad de post-tueste, pérdida de peso, tiempo de tueste (min), y la color por medio del Agtron Scale/ SCA. El 1 crack (hace referencia al primer sonido, causa del incremento de volumen y reducción del grosor de los granos, debido a la alta presión).

Tabla 1. *Proceso de tostado*

Trat.	T° a tostar (°C)	Pesos Pre-tueste(g)	RESULTADOS			
			Peso post-tueste(g)	Pérdida de peso (g)	T' de tueste (min) 1 crack    T'. final	Clasificación Agtron Scale/ SCA
T1	180	110				
		110				
		110				
		110				
T2	195	110				
		110				
		110				
		110				
T3	210	110				
		110				
		110				
		110				
T4	225	110				
		110				
		110				
		110				

Nota. T': Tiempo

### 3.3.2. Proceso de molienda

Se realizó los cuatro tipos de molienda (gruesa, medio gruesa, medio fina y fina), cada uno representado por un N° de molienda (8, 7, 5 y 3 respectivamente de acuerdo a la manecilla del molino eléctrico, DITTING SWISS, serie CH-8184), se obtuvo un total de 16 muestras. Obteniendo resultados de cantidad de peso final, pérdida de peso, tiempo de tueste (min), y la color por medio del Agtron Scale/ SCA.

Tabla 2. *Proceso de molienda*

T°(°C)	Molienda	N° de molido	Peso inicial(g)	RESULTADOS			
				Peso final(g)	Pérdida de peso (g)	Tiempo	Color Agtron Scale/ SCA
180	Gruesa	8					
	Medio gruesa	7					
	Medio fina	5					
	Fina	3					
195	Gruesa	8					
	Medio gruesa	7					
	Medio fina	5					
	Fina	3					
210	Gruesa	8					
	Medio gruesa	7					
	Medio fina	5					
	Fina	3					
225	Gruesa	8					
	Medio gruesa	7					
	Medio fina	5					
	Fina	3					

**Nota. 8:** molienda gruesa    **7:** molienda medio gruesa    **5:** molienda medio fina    **3:** molienda fina

Para la tabla 1 y 2 se controló:

a. Peso

Se controló a través de la diferencia entre pesos tanto inicial como final. La pérdida de peso o merma durante el proceso de tostado y molienda, es debido a la alta temperatura a la que los granos están sometidos.



b. Tiempo

Se controló con la ayuda de un cronómetro, registrando el tiempo transcurrido de acuerdo a cada grado de molienda

c. Color

Se determinó teniendo como base el grado de tueste y se compara la muestra de café molido en los 8 discos Agtron Scale – SCA.

### 3.3.3. Proceso granulométrico

Se clasificó el tamaño de partículas del café, utilizando seis tamices de diferentes diámetros de abertura del tamizador eléctrico vibratorio A.S.T.M, dispuestos de manera vertical y en orden decreciente. Las muestras de los tratamientos de café previamente tostadas a (180°C, 195°C, 210°C y 225°C), y a cuatro tipos de molienda (gruesa, medio gruesa, medio fina y fina), se colocaron sobre el tamiz superior por 3 minutos, así como también, se almacenaron las muestras en bolsas herméticas previamente cubiertas en su interior con papel aluminio

Tabla 3. *Juego de tamices A.S.T.M*

Tamices (N°)	Diámetro de Abertura (µm)
20	850
30	600
40	425
50	300
80	180
100	150

a. Curva granulométrica

Se aplicó lo siguiente:

- Retenido individual (g)

$$RI = PAI \quad (1)$$

PAI- Peso Acumulado Individual

- % Retenido  $\%R = \frac{RI}{PT} \times 100 \quad (2)$

RI- retenido individual

PT- peso total

- Peso Acumulado

$$PA = 1RI + (1RI + 2RI) + \dots + (nRI + (n + 1)RI) \quad (3)$$

RI= Peso acumulado

- % Retenido Acumulado

$$\% RA = \frac{PAI}{Peso\ total} \times 100 \quad (4)$$

PAI- cantidad retenida por cada tamiz.

En la tabla 4, se registró los datos que se obtuvo durante el proceso de tamizado, para cada temperatura (180 ° C, 195 ° C, 210 ° C y 225 ° C), con sus cuatro tipos de molienda (gruesa, medio gruesa, medio fina y fina) ver tabla 2. Luego se elaboró las curvas granulométricas.

Tabla 4. *Variables a controlar del proceso de tamizado*

N°	TAMIZ		Retenido			
	D(μm)	Pulgadas	Abertura (mm)	Individual (g)	%Retenido	%Retenido Acumulado
20	850					
30	600					
40	425					
50	300					
80	180					
100	150					

### 3.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se trabajó con un diseño de bloques completamente al azar (DBCA). Con un arreglo factorial de 4A\*4B\*6C (4 grados de temperatura, 4 tipos de molienda y 6 tamices de diferentes diámetros).

Las variables independientes, que se evaluó son: el tostado a las 16 muestras por cada grado de temperatura (180°C, 195°C, 210°C y 225°C), y las 16 muestras de los grados de molienda que fueron: (gruesa, media gruesa, media fina y fina) y los tamices. El peso retenido en cada tamiz del análisis granulométrico es la variable dependiente que se clasificó de acuerdo al tamaño de partículas.

Los datos obtenidos, se analizaron estadísticamente en el programa IBM SPSS Statistics 25, realizando el análisis de varianza (ANVA), sometidos a la prueba post hoc y comparaciones múltiples con HSD de TUKEY y con la comparación de medias para determinar las diferencias significativas de la investigación, sometidos a un nivel del 95% de confianza.

Tabla 5. *Diseño de bloques*

	<b>Tostado</b>	<b>Molienda</b>	<b>BLOQUES</b>					
			<b>T 20</b>	<b>T 30</b>	<b>T 40</b>	<b>T 50</b>	<b>T 80</b>	<b>T 100</b>
<b>TRATAMIENTOS</b>	$A_1$	$B_8$	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$	$C_5$	$C_6$
	$A_1$	$B_7$	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$	$C_5$	$C_6$
	$A_1$	$B_5$	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$	$C_5$	$C_6$
	$A_1$	$B_3$	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$	$C_5$	$C_6$
	$A_2$	$B_8$	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$	$C_5$	$C_6$
	$A_2$	$B_7$	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$	$C_5$	$C_6$
	$A_2$	$B_5$	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$	$C_5$	$C_6$
	$A_2$	$B_3$	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$	$C_5$	$C_6$
	$A_3$	$B_8$	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$	$C_5$	$C_6$
	$A_3$	$B_7$	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$	$C_5$	$C_6$
	$A_3$	$B_5$	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$	$C_5$	$C_6$
	$A_3$	$B_3$	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$	$C_5$	$C_6$
	$A_4$	$B_8$	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$	$C_5$	$C_6$
	$A_4$	$B_7$	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$	$C_5$	$C_6$
	$A_4$	$B_5$	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$	$C_5$	$C_6$
	$A_4$	$B_3$	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$	$C_5$	$C_6$

## IV. RESULTADOS

### 4.1. PROCESO DE TOSTADO A LOS GRANOS DE CAFÉ

Para el tostado de granos verdes de café secos, se utilizó 110g por cada muestra, se tostaron a cuatro diferentes temperaturas (tratamientos), y cada una con cuatro repeticiones. En las tablas (5 al 8), se obtuvo resultados de cantidad de post-tueste, tiempo de tueste (min), y la color por medio del Agtron Scale/ SCA. El 1 crack (hace referencia al primer sonido, causa del incremento de volumen y reducción del grosor de los granos, debido a la alta presión

En la tabla 5, se observa la mayor pérdida de peso en la cuarta repetición, siendo de 16g en relación al peso inicial de 110g. Por medio de los discos Agtron Scale/ SCA, se clasificó el tueste dentro del N° 55, obteniendo un “color media”.

Tabla 6. *Resultados del Tueste de los granos de café para el tratamiento T1 (180°C)*

Trat.	T° a tostar (°C)	Pesos Pre-tueste(g)	RESULTADOS				
			Peso post-tueste(g)	Pérdida de peso (g)	T' de tueste (min)		Clasificación Agtron Scale/ SCA
<b>T<sub>1</sub></b>	180	110	95	15	7' 24"	8' 30"	N° 55 Color media
	180	110	95	15	7' 00"	8' 32"	
	180	110	96	14	9' 10"	10' 30"	
	180	110	94	16	6' 20"	7' 42"	

En la tabla 6, se observa la mayor pérdida de peso en la tercera repetición de 15g en relación al peso inicial de 110g. Por medio de los discos Agtron Scale/ SCA, se clasificó el tueste dentro del N° 45, obteniendo un “color media”.

Tabla 7. *Resultados del Tueste de los granos de café para el tratamiento T2 (195°C)*

Trat.	T° a tostar (°C)	Pesos Pre-tueste(g)	RESULTADOS				
			Peso post-tueste(g)	Pérdida de peso (g)	T' de tueste (min)		Clasificación Agtron Scale/ SCA
<b>T<sub>2</sub></b>	195	110	96	14	7' 32"	8' 17"	N° 45 Color media
	195	110	96	14	8' 20"	9' 30"	
	195	110	95	15	8' 32"	9' 50"	
	195	110	96	14	5' 05"	6' 25"	

En la tabla 7, se observa la mayor pérdida de peso en la cuarta primera repetición de 16g en relación al peso inicial de 110g. Por medio de los discos Agtron Scale/ SCA, se clasificó el tueste dentro del N° 45, obteniendo un “color media”.

Tabla 8. *Resultados del Tueste de los granos de café para el tratamiento T3 (210°C)*

Trat.	T° a tostar (°C)	Pesos Pre-tueste(g)	RESULTADOS				Clasificación Agtron Scale/ SCA
			Peso post-tueste(g)	Pérdida de peso (g)	T' de tueste (min)		
					1 crack	T'. final	
T <sub>3</sub>	210	110	94	16	7' 32"	8' 17"	N° 45 Color media
	210	110	96	14	7' 40"	9' 00"	
	210	110	96	14	8' 25"	9' 40"	
	210	110	95	15	7' 00"	8' 35"	

En la tabla 8, se observa la mayor pérdida de peso en la segunda repetición de 16g en relación al peso inicial de 110g. Por medio de los discos Agtron Scale/ SCA, se clasificó el tueste dentro del N° 55, obteniendo un “color media”.

Tabla 9. *Resultados del Tueste de los granos de café para el tratamiento T4 (225°C)*

Trat.	T° a tostar (°C)	Pesos Pre-tueste(g)	RESULTADOS				Clasificación Agtron Scale/ SCA
			Peso post-tueste(g)	Pérdida de peso (g)	T' de tueste (min)		
					1 crack	T'. final	
T <sub>4</sub>	225	110	96	14	9' 40"	10' 56"	N° 55 Color media
	225	110	94	16	9' 30"	10' 45"	
	225	110	96	14	9' 22"	10' 42"	
	225	110	95	15	9' 25"	10' 50"	

#### 4.2. PROCESO DE MOLIENDA A LOS GRANOS TOSTADOS

De acuerdo a la tabla 9, se observa la mayor pérdida de peso de 11.78g de muestra molida en el tipo de molienda medio fina en comparación a las otras moliendas no mayor a 4.79g. Y el mayor tiempo de molido se registró en la molienda fina.

Tabla 10. *Resultados de la molienda a los granos de café con un tueste de 180°C*

T° (°C)	Tipo de molienda	n° de molido	Peso Inicial (g)	RESULTADOS			Clasificación Agtron Scale/ SCA
				Peso final (g)	Pérdida de peso (g)	Tiempo de molienda (min)	
180	Gruesa	8	95	90.21	4.79	1' 30"	N° 55 Color Media
180	Medio gruesa	7	95	90.42	4.58	1' 24"	
180	Medio fina	5	96	84.22	11.78	1' 45"	
180	Fina	3	94	91.07	2.93	1' 50"	

En la tabla 10, se observa la mayor pérdida de peso de 9.42g de muestra molida en el tipo de molienda medio gruesa en comparación a las otras moliendas no mayor a 8.68g. Y el mayor tiempo de molido registró una igualdad entre la molienda medio fina y fina.

Tabla 11. *Resultados de la molienda a los granos de café con un tueste de 195°C (T2)*

T° (°C)	Tipo de molienda	n° de molido	Peso Inicial (g)	RESULTADOS			
				Peso final (g)	Pérdida de peso (g)	Tiempo de molienda (min)	Clasificación Agtron Scale/ SCA
195	Gruesa	8	96	91.94	4.06	1' 30"	
195	Medio gruesa	7	96	86.58	9.42	1' 34"	N° 45
195	Medio fina	5	95	86.32	8.68	1' 45"	Color Media
195	Fina	3	96	87.89	8.11	1' 45"	

De acuerdo a la tabla 11, se observa la mayor pérdida de peso de 12.79g de muestra molida en la molienda medio gruesa, y el mayor tiempo molido fue en la molienda gruesa.

Tabla 12. *Resultados de la molienda a los granos de café con un tueste de 210°C (T3)*

T° (°C)	Tipo de molienda	n° de molido	Peso Inicial (g)	RESULTADOS			
				Peso final (g)	Pérdida de peso (g)	Tiempo de molienda (min)	Clasificación Agtron Scale/ SCA
210	Gruesa	8	94	92.27	1.73	1' 50"	
210	Medio gruesa	7	96	83.21	12.79	1' 05"	N° 45
210	Medio fina	5	96	86.34	9.66	1' 45"	Color Media
210	Fina	3	95	88.27	6.73	1' 45"	

En la tabla 12, se observa la mayor pérdida de peso de 8.86g de muestra molida en el tipo de molienda fina en comparación a las otras moliendas no mayor a 8.68g. Y además el mayor tiempo de molido fue en la molienda fina.

Tabla 13. *Resultados de la molienda a los granos de café con un tueste de 225°C (T4)*

T° (°C)	Tipo de molienda	n° de molido	Peso Inicial (g)	RESULTADOS			
				Peso final (g)	Pérdida de peso (g)	Tiempo de molienda (min)	Clasificación Agtron Scale/ SCA
225	Gruesa	8	96	87.32	8.68	1' 50"	
225	Medio gruesa	7	94	88.45	5.55	1' 45"	N° 55
225	Medio fina	5	96	88.25	7.75	1' 45"	Color Media
225	Fina	3	95	86.14	8.86	1' 55"	

### 4.3. PROCESO GRANULOMÉTRICO

Se efectuó y registró, los pesos retenidos obtenidos durante el proceso de tamizado a cada tipo de molienda. Así mismo, también se graficó las curvas granulométricas.

- i. Tratamiento 1: cuatro repeticiones de tueste a 180°C, con cada tipo de molienda (ver tabla 13).

Tabla 14. *Análisis granulométrico a las moliendas de los granos tostados a 180°C (T1)*

Trat.	T° de tueste (°C)	Tipo de molienda	*Muestra molida (g)	**Muestra final(g)
<b>T<sub>1</sub></b>	180	Gruesa	90.21	86.43
	180	Medio gruesa	90.42	86.73
	180	Medio fina	84.22	81.9
	180	Fina	91.07	86.71

Nota. \*Muestra a tamizar

\*\*Muestra obtenida después del tamizado

Para el proceso de tamizado a la molienda “gruesa” el peso inicial con el que se realizó el análisis granulométrico fue de 90.21g y al final del proceso se obtuvo un peso de 86.43g.

En la tabla 14, se observa el tamizado de la molienda gruesa, los tamices N° 20 y N° 30 con un diámetro de abertura de 850 µm y 600 µm respectivamente, donde se obtuvo que la mayor cantidad retenida se dio en el tamiz de abertura de 850 µm, con un 39.67g representando un 45.90 por ciento retenido. Además en el tamiz de abertura de 600 µm se obtuvo un 35.49g de muestra retenida lo que representa un 41.06 por ciento retenido. Y la menor cantidad de muestra retenida se dio en el tamiz de abertura de 150 µm, con 0.17g de peso retenido.

Tabla 15. *Tamizado a la molienda “gruesa” a 180°C (peso inicial: 90.21g)*

N°	TAMIZ			Retenido Individual (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado
	D(µm)	Pulgadas	Abertura (mm)			
20	850	0.033	0.84	39.67	45.90	45.90
30	600	0.023	0.59	35.49	41.06	87.0
40	425	0.016	0.42	5.8	6.71	93.67
50	300	0.011	0.30	3.2	3.70	97.37
80	180	0.007	0.18	2.1	2.43	99.80
100	150	0.006	0.15	0.17	0.20	100
<b>Total</b>				<b>86.43g</b>	<b>100%</b>	

En la figura 1, se muestra la curva granulométrica de los datos de la tabla 14. Se realizó el tamizado a la molienda gruesa, donde los tamices de mayor abertura 850µm y 600 µm mantienen una continuidad, mientras que a partir del tamiz de 425µm, los pesos retenidos son menores a lo que la curva presenta un declive.

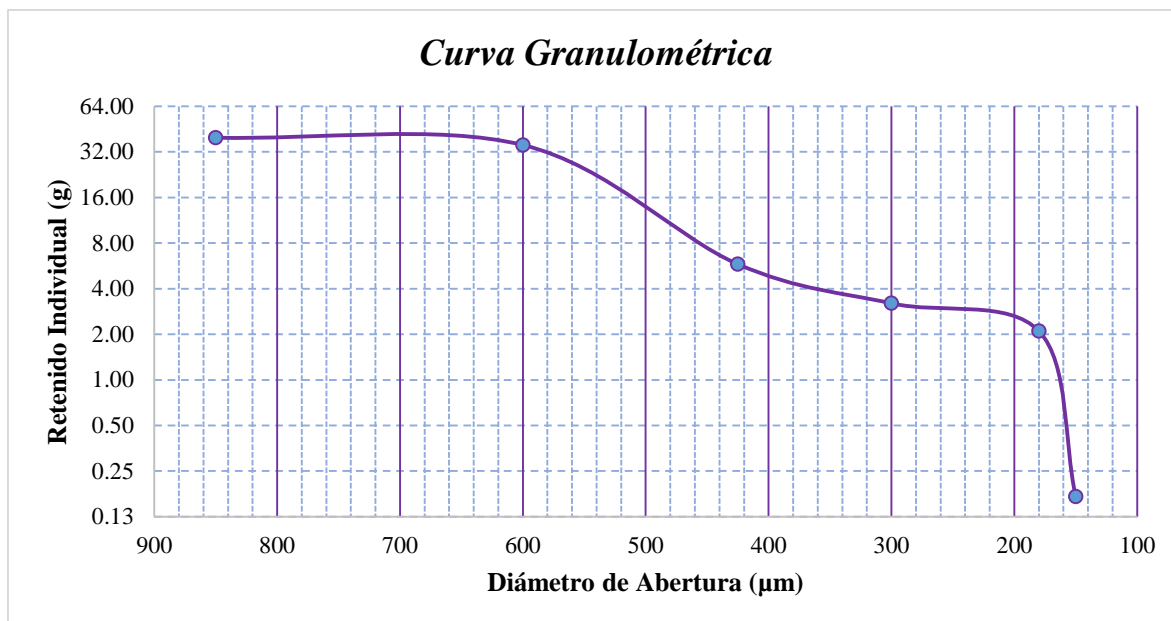


Figura 1. Curva granulométrica a la molienda “gruesa” con un tueste de 180°C

Para el proceso de tamizado a la molienda “medio gruesa” el peso inicial con el que se realizó el análisis granulométrico fue de 90.42g y al final del proceso se obtuvo un peso de 86.73g.

Se observa en la tabla 15, el tamizado de la molienda medio gruesa, los tamices N° 30 y N° 40 con un diámetro de abertura de 600 μm y 425 μm respectivamente, donde se obtuvo que la mayor cantidad retenida se dio en el tamiz de abertura de 425 μm, con un 51.69g representando un 59.60 por ciento retenido. Además en el tamiz de abertura de 600 μm se obtuvo un 20.57g de muestra retenida lo que representa un 23.72 por ciento retenido. Y la menor cantidad de muestra retenida se dio en el tamiz de abertura de 150 μm, con 0.1g retenidos lo que representa un 0.12 por ciento retenido.

Tabla16. Tamizado a la molienda “medio gruesa” a 180°C (peso inicial: 90.42g)

N°	TAMIZ		Retenido Individual (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado
	D(μm)	Pulgadas Abertura (mm)			
20	850	0.033	0.84	8.20	8.20
30	600	0.023	0.59	23.72	31.9
40	425	0.016	0.42	59.60	91.51
50	300	0.011	0.30	7.54	99.05
80	180	0.007	0.18	0.83	99.88
100	150	0.006	0.15	0.12	100
<b>Total</b>				<b>86.73g</b>	<b>100%</b>

En la figura 2, se muestra la curva granulométrica de los datos de la tabla 15. Se realizó el tamizado a la molienda medio gruesa, donde la curva no muestra continuidad debido a que



el tamiz de 425 $\mu$ m presenta mayor retención de muestra representada en una vertical, luego denota una inclinación.

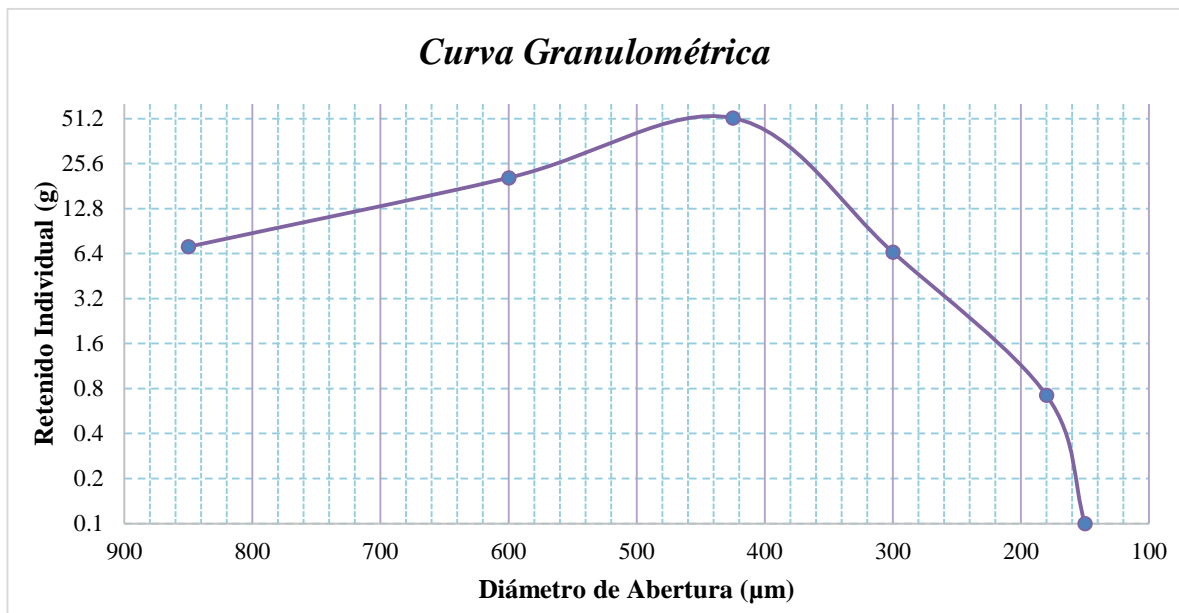


Figura 2. Curva granulométrica a la molienda “medio gruesa” con un tueste de 180°C

Para el proceso de tamizado a la molienda “medio fina” el peso inicial con el que se realizó el análisis granulométrico fue de 84.22g y al final del proceso se obtuvo un peso de 81.9g.

En la tabla 16, se observa el tamizado de la molienda medio fina, los tamices N° 50 con un diámetro de abertura de 300 $\mu$ m, la mayor cantidad retenida se dio en este tamiz, con un 51.13g representando un 62.43 por ciento retenido. Y la menor cantidad de muestra retenida se dio en el tamiz de abertura de 150 $\mu$ m, con 0.53g retenidos lo que representa un 0.65 por ciento retenido.

Tabla 17. Tamizado a la molienda “medio fina” a 180°C (peso inicial: 84.22g)

N°	TAMIZ			Retenido Individual (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado
	D( $\mu$ m)	Pulgadas	Abertura (mm)			
20	850	0.033	0.84	12.45	15.20	15.20
30	600	0.023	0.59	9.54	11.65	26.8
40	425	0.016	0.42	7.23	8.83	35.68
50	300	0.011	0.30	51.13	62.43	98.11
80	180	0.007	0.18	1.02	1.25	99.35
100	150	0.006	0.15	0.53	0.65	100
<b>Total</b>				<b>81.9g</b>	<b>100%</b>	

En la figura 3, se muestra la curva granulométrica de los datos de la tabla 16. Se realizó el tamizado a la molienda medio fina, donde la curva muestra continuidad desde el tamiz

800 $\mu\text{m}$  hasta el 425 $\mu\text{m}$ , en el tamiz de 300 $\mu\text{m}$  presenta una vertical por la mayor cantidad de peso retenido, luego de eso la curva presenta declive.

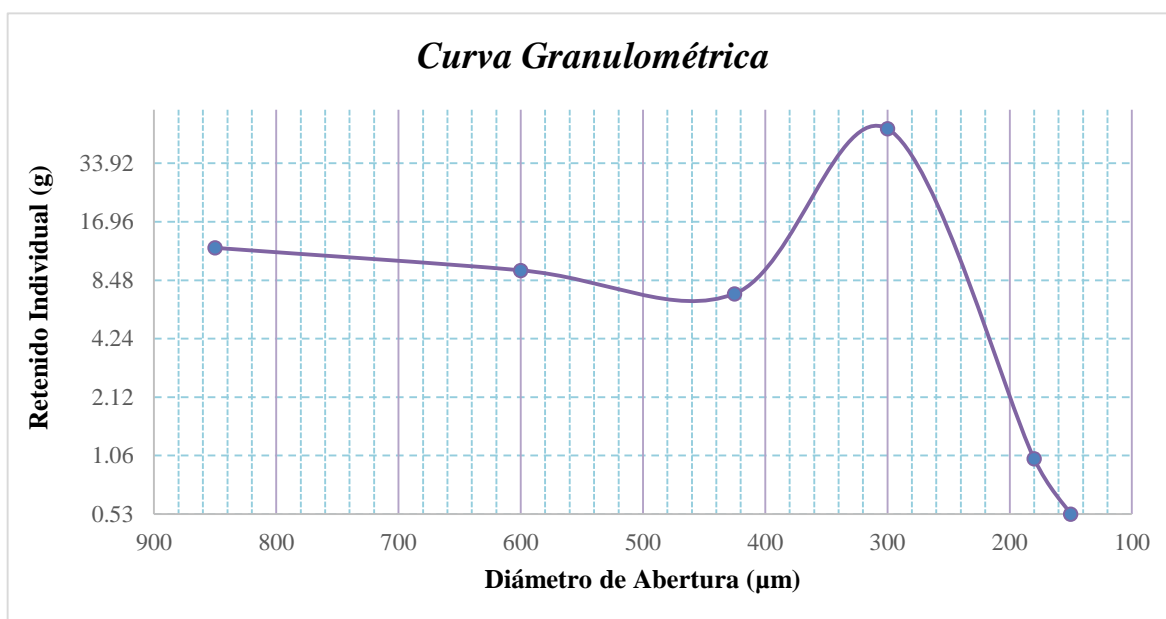


Figura 3. Curva granulométrica a la molienda “medio fina” con un tueste de 180°C

Para el proceso de tamizado a la molienda “fina” el peso inicial con el que se realizó el análisis granulométrico fue de 91.07g y al final del proceso se obtuvo un peso de 86.71g.

En la tabla 17, se observa el tamizado de la molienda fina, los tamices N° 50 y N° 80 con un diámetro de abertura de 300 $\mu\text{m}$  y 180 $\mu\text{m}$  respectivamente, donde se obtuvo que la mayor cantidad retenida se dio en el tamiz de abertura de 180 $\mu\text{m}$ , con un 24.8g representando un 28.60 por ciento retenido. Además en el tamiz de abertura de 300 $\mu\text{m}$  se obtuvo un 20.64g de muestra retenida lo que representa un 23.80 por ciento retenido. Y la menor cantidad de muestra retenida se dio en el tamiz de abertura de 150  $\mu\text{m}$ , con 0.87g retenidos lo que representa un 1 por ciento retenido.

Tabla 18. Tamizado a la molienda “fina” a 180°C (peso inicial: 91.07g)

N°	TAMIZ			Retenido Individual (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado
	D( $\mu\text{m}$ )	Pulgadas	Abertura (mm)			
20	850	0.033	0.84	12.5	14.42	14.42
30	600	0.023	0.59	14.3	16.49	30.9
40	425	0.016	0.42	13.6	15.68	46.59
50	300	0.011	0.30	20.64	23.80	70.40
80	180	0.007	0.18	24.8	28.60	99.00
100	150	0.006	0.15	0.87	1.00	100
<b>Total</b>				<b>86.71g</b>	<b>100%</b>	

En la figura 4, se muestra la curva granulométrica de los datos de la tabla 17. Se realizó el tamizado a la molienda fina, donde la curva muestra continuidad desde el tamiz 800 $\mu\text{m}$  hasta el 425 $\mu\text{m}$ , en el tamiz de 180 $\mu\text{m}$  presenta una leve vertical, luego de eso la curva presenta inclinación.

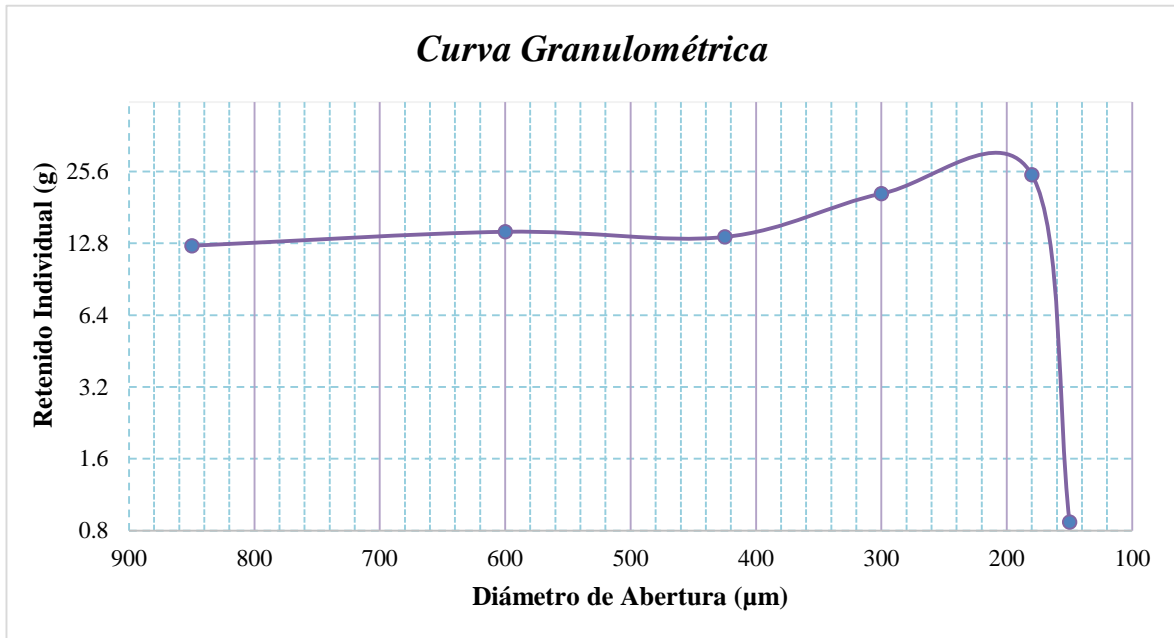


Figura 4. Curva granulométrica a la molienda “fina” con un tueste de 180 $^{\circ}\text{C}$

- ii. Tratamiento 2: cuatro repeticiones de tueste a 195 $^{\circ}\text{C}$ , con cada tipo de molienda (ver tabla 18).

Tabla 19. Análisis granulométrico a las moliendas de los granos tostados a 195 $^{\circ}\text{C}$  (T<sub>2</sub>)

Trat.	T $^{\circ}$ de tueste ( $^{\circ}\text{C}$ )	Tipo de molienda	*Muestra molida (g)	**Muestra final(g)
T <sub>2</sub>	195	Gruesa	91.94	88.49
	195	Medio gruesa	86.58	84.25
	195	Medio fina	86.32	85.13
	195	Fina	87.89	85.13

Nota. \*Muestra a tamizar

\*\*Muestra obtenida después del tamizado

Para el proceso de tamizado a la molienda “gruesa” el peso inicial con el que se realizó el análisis granulométrico fue de 91.94g y al final del proceso se obtuvo un peso de 88.49g.

En la tabla 19, se observa el tamizado a la molienda gruesa, el tamiz N $^{\circ}$  20 con un diámetro de abertura 850 $\mu\text{m}$ , presenta la mayor cantidad de muestra retenida de 38.53g lo que representa un 43.54 por ciento retenido. También en el tamiz N $^{\circ}$  30 con un diámetro de

abertura de 600 $\mu$ m, retuvo 36.09g representando un 40.78 por ciento retenido. Y la menor cantidad de muestra retenida se dio en el tamiz de abertura de 150  $\mu$ m, con 0.62g retenidos lo que representa un 0.70 por ciento retenido.

Tabla 20. Tamizado a la molienda “gruesa” a 195°C (peso inicial: 91.94g)

N°	TAMIZ		Retenido Individual (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado
	D( $\mu$ m)	Pulgadas Abertura (mm)			
20	850	0.033	0.84	38.53	43.54
30	600	0.023	0.59	36.09	40.78
40	425	0.016	0.42	7.51	8.49
50	300	0.011	0.30	3.53	3.99
80	180	0.007	0.18	2.21	2.50
100	150	0.006	0.15	0.62	0.70
<b>Total</b>				<b>88.49g</b>	<b>100%</b>

En la figura 5, se muestra la curva granulométrica de los datos de la tabla 19. Se realizó el tamizado a la molienda gruesa, donde la curva muestra continuidad desde el tamiz 800 $\mu$ m hasta el 600 $\mu$ m, luego una inclinación a partir del tamiz de 180 $\mu$ m.

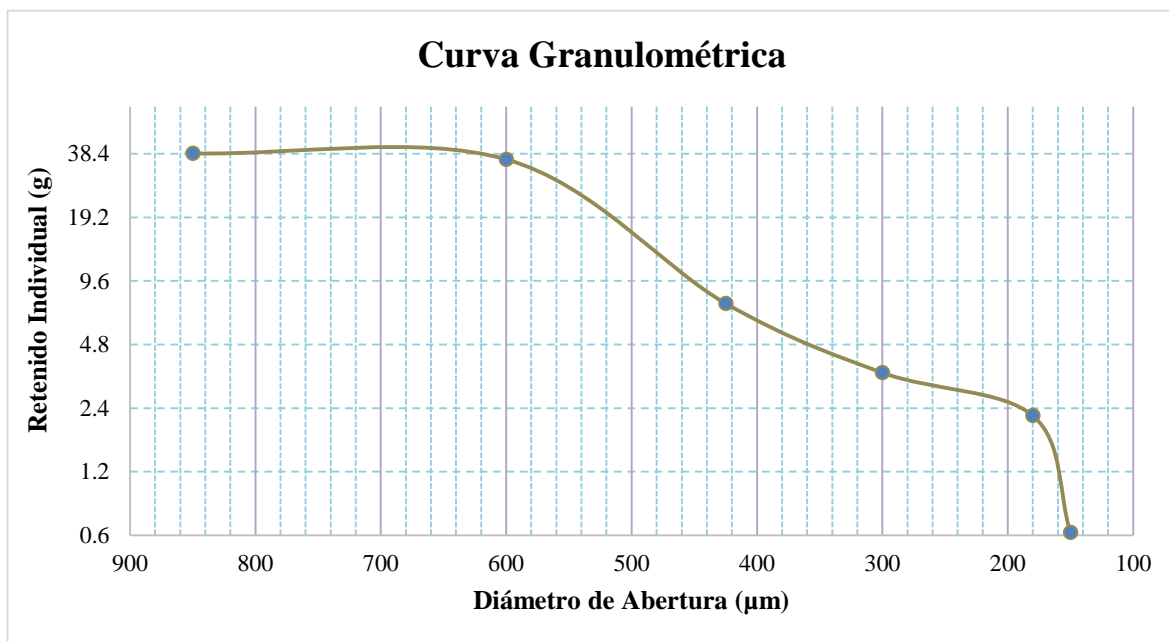


Figura 5. Curva granulométrica a la molienda “gruesa” con un tueste de 195°C

Para el proceso de tamizado a la molienda “medio gruesa” el peso inicial con el que se realizó el análisis granulométrico fue de 86.58g y al final del proceso se obtuvo un peso de 84.25g.

En la tabla 20, se observa el tamizado de la molienda medio gruesa, el tamiz N° 30 con un diámetro de abertura 600  $\mu$ m, presento la mayor cantidad de muestra retenida de 50.5g lo que representa un 59.94 por ciento retenido. También se representa en el tamiz una muestra

retenida significativa encontrado en el N° 20 con un diámetro de abertura de 850 $\mu$ m, con un 12.34g representando un 14.65 por ciento retenido. Y la menor cantidad de muestra retenida se dio en el tamiz de abertura de 150 $\mu$ m, con 3.39g retenidos lo que representa un 4.02 por ciento retenido.

Tabla 21. Tamizado a la molienda "medio gruesa" a 195°C (peso inicial: 86.58g)

N°	TAMIZ			Retenido Individual (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado
	D( $\mu$ m)	Pulgadas	Abertura (mm)			
20	850	0.033	0.84	12.34	14.65	14.65
30	600	0.023	0.59	50.5	59.94	74.6
40	425	0.016	0.42	8.78	10.42	85.01
50	300	0.011	0.30	5.68	6.74	91.75
80	180	0.007	0.18	3.56	4.23	95.98
100	150	0.006	0.15	3.39	4.02	100%
<b>Total</b>				<b>84.25g</b>	<b>100%</b>	

En la figura 6, se muestra la curva granulométrica de los datos de la tabla 20. Se realizó el tamizado a la molienda medio gruesa, donde la curva muestra una vertical desde el tamiz de 800 $\mu$ m hasta el 600 $\mu$ m, luego presenta una inclinación.

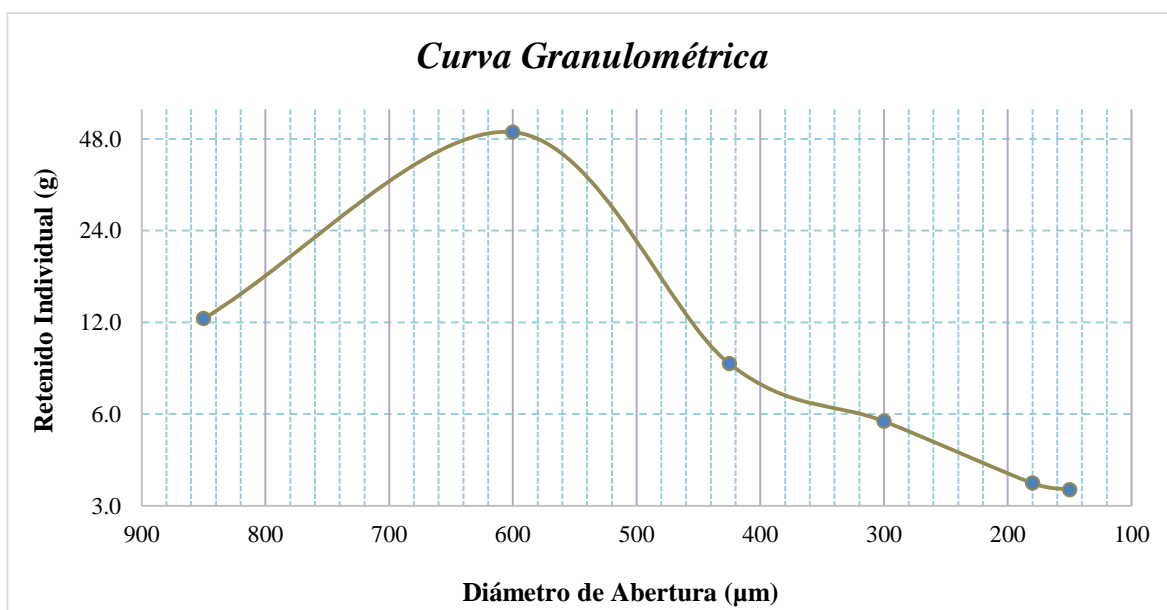


Figura 6. Curva granulométrica a la molienda "medio gruesa" con un tueste de 195°C

Para el proceso de tamizado a la molienda "medio fina" el peso inicial con el que se realizó el análisis granulométrico fue de 86.32g y al final del proceso se obtuvo un peso de 85.13g.

En la tabla 21, se observa el tamizado de la molienda medio fina, el tamiz N° 50 con un diámetro de abertura 300 $\mu$ m, presenta la mayor cantidad de muestra retenida de 50.32g lo que representa un 63.74 por ciento. También se representa en dos tamices una muestra

retenida significativa encontrados en el N° 30 y N° 40 con un diámetro de abertura de 600  $\mu\text{m}$  y 425 $\mu\text{m}$  respectivamente, en el tamiz de abertura de 600 $\mu\text{m}$ , con un 13.78g representando un 17.46 por ciento retenido. En el tamiz de abertura de 425 $\mu\text{m}$  se obtuvo un 10.14g de muestra retenida lo que representa un 12.85 por ciento retenido.

Tabla 22. Tamizado a la molienda "medio fina" a 195°C (peso inicial: 86.32g)

N°	TAMIZ		Retenido Individual (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado
	D( $\mu\text{m}$ )	Pulgadas Abertura (mm)			
20	850	0.033	0.84	2.46	3.12
30	600	0.023	0.59	13.78	17.46
40	425	0.016	0.42	10.14	12.85
50	300	0.011	0.30	50.32	63.74
80	180	0.007	0.18	1.44	1.82
100	150	0.006	0.15	0.8	1.01
<b>Total</b>				<b>85.13g</b>	<b>100%</b>

En la figura 7, se muestra la curva granulométrica de los datos de la tabla 21. Se realizó el tamizado a la molienda medio fina, la curva inicia con una vertical desde el tamiz 800 $\mu\text{m}$ , una leve inclinación hasta el 425 $\mu\text{m}$ , y una vertical donde presenta el mayor peso retenido de muestra en el tamiz 300 $\mu\text{m}$ , luego presenta una inclinación.

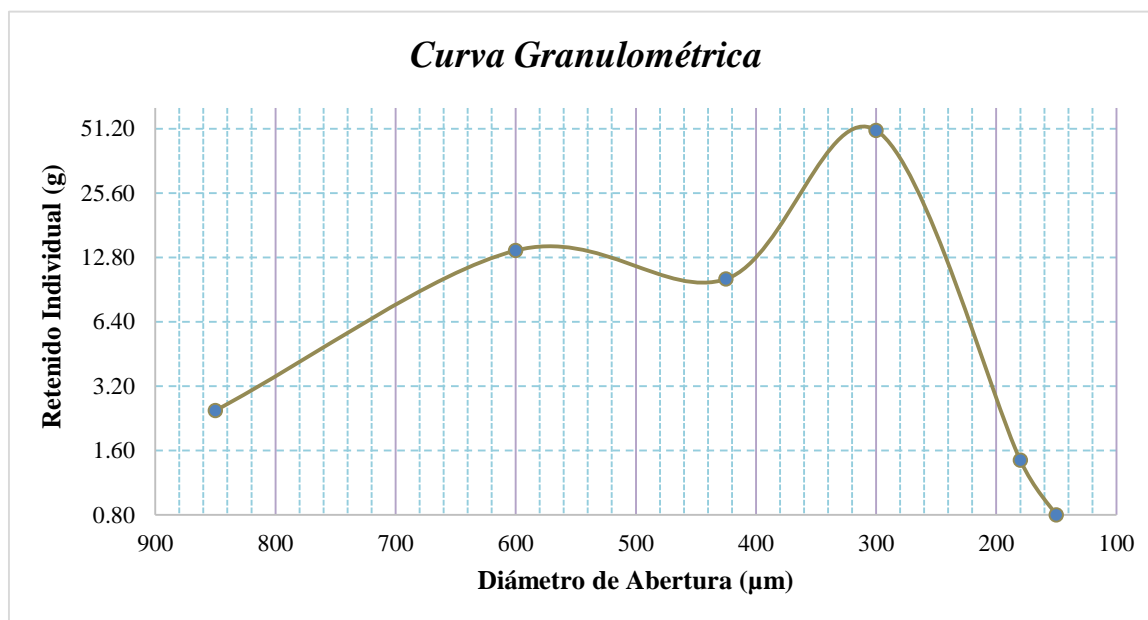


Figura 7. Curva granulométrica a la molienda "medio fina" con un tueste de 195°C

Para el proceso de tamizado a la molienda "fina" el peso inicial con el que se realizó el análisis granulométrico fue de 87.89g y al final del proceso se obtuvo un peso de 85.13g.

En la tabla 22, se observa el tamizado de la molienda fina, el tamiz N° 80 con un diámetro, presenta la mayor cantidad de muestra retenida de 34.6g lo que representa un 40.64 por ciento retenido. Los tamices N° 30 y N° 40 con un diámetro de abertura de 600  $\mu\text{m}$  y 425 $\mu\text{m}$  respectivamente, obtuvieron una parte de cantidad retenida, en el tamiz de abertura de 425 $\mu\text{m}$ , con un 23.65g representando un 27.78 por ciento retenido. Además en el tamiz de abertura de 600  $\mu\text{m}$  se obtuvo un 21.75g de muestra retenida lo que representa un 25.55 por ciento retenido. Y la menor cantidad de muestra retenida en el tamiz de abertura de 850 $\mu\text{m}$ , con 0.37g retenidos lo que representa un 0.43 por ciento retenido.

Tabla 23. Tamizado a la molienda "fina" a 195°C (peso inicial: 87.89g)

N°	TAMIZ		Retenido Individual (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado
	D( $\mu\text{m}$ )	Pulgadas Abertura (mm)			
20	850	0.033	0.84	0.37	0.43
30	600	0.023	0.59	21.75	25.55
40	425	0.016	0.42	23.65	27.78
50	300	0.011	0.30	4.35	58.87
80	180	0.007	0.18	34.6	40.64
100	150	0.006	0.15	0.41	0.48
<b>Total</b>				<b>85.13g</b>	<b>100%</b>

En la figura 8, se muestra la curva granulométrica de los datos de la tabla 22. La curva inicia con una vertical desde el tamiz 850 $\mu\text{m}$ , una inclinación a partir del 425 $\mu\text{m}$ , y una vertical donde presenta el mayor peso retenido de muestra en el tamiz de 180 $\mu\text{m}$ , luego presenta un declive.

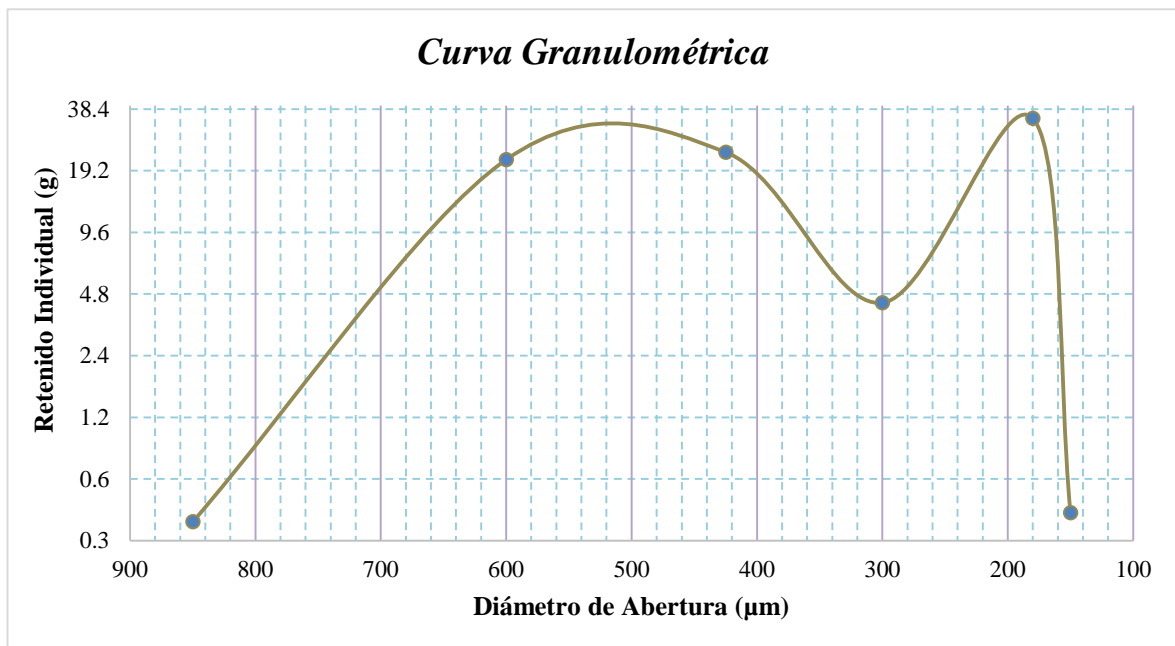


Figura 8. Curva granulométrica a la molienda "fina" con un tueste de 195°C

- iii. Tratamiento 3: cuatro repeticiones de tueste a 210°C, con cada tipo de molienda (ver tabla 23).

Tabla 24. *Análisis granulométrico a las moliendas de los granos tostados a 210°C (T3)*

Trat.	T° de tueste (°C)	Tipo de molienda	*Muestra Molida (g)	**Muestra final(g)
$T_3$	210	Gruesa	92.27	84.4
	210	Medio gruesa	83.21	86.29
	210	Medio fina	86.34	87.83
	210	Fina	86.14	85.87

Nota. \*Muestra a tamizar

\*\*Muestra obtenida después del tamizado

Para el proceso de tamizado a la molienda “gruesa” el peso inicial con el que se realizó el análisis granulométrico fue de 92.27g y al final del proceso se obtuvo un peso de 84.4g.

En la tabla 24, se observa el tamizado de la molienda gruesa, el tamiz N° 20 con un diámetro de abertura 850µm, presenta la mayor cantidad de muestra retenida de 49.5g lo que representa un 53.65 por ciento retenido. En el tamiz de abertura N° 30, presenta una cantidad significativa de muestra retenida con un 18.54g lo que representa un 21.97 por ciento retenido. Y la menor cantidad de muestra retenida se dio en el tamiz de abertura de 150µm, con 0.38g retenidos lo que representa un 0.45 por ciento retenido.

Tabla 25. *Tamizado a la molienda “gruesa” a 210°C (peso inicial: 92.27g)*

N°	TAMIZ			Retenido Individual (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado
	D(µm)	Pulgadas	Abertura (mm)			
20	850	0.033	0.84	49.5	53.65	53.65
30	600	0.023	0.59	18.54	21.97	75.62
40	425	0.016	0.42	8.46	10.02	85.64
50	300	0.011	0.30	5.07	6.01	91.65
80	180	0.007	0.18	2.45	2.90	94.55
100	150	0.006	0.15	0.38	0.45	95.00
<b>Total</b>				<b>84.4g</b>	<b>100%</b>	

En la figura 9, se muestra la curva granulométrica de los datos de la tabla 24. Se realizó el tamizado a la molienda gruesa, la curva inicia con un declive, esto es a que el mayor peso retenido está en el tamiz de abertura 850µm.



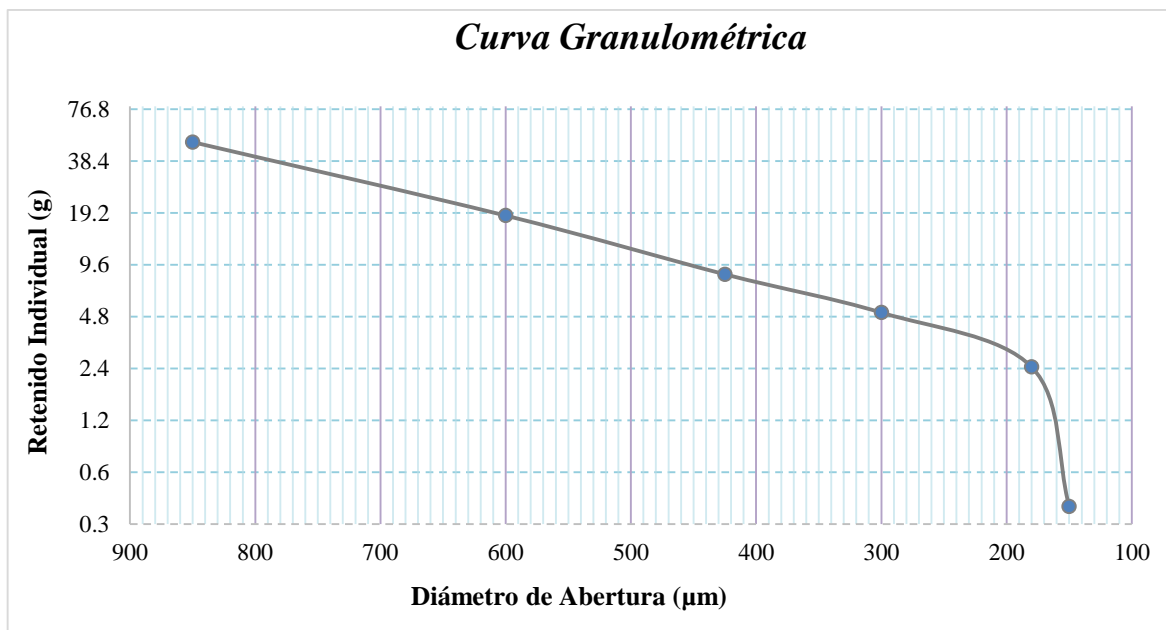


Figura 9. Curva granulométrica a la molienda “gruesa” con un tueste de 210°C

Para el proceso de tamizado a la molienda “medio gruesa” el peso inicial con el que se realizó el análisis granulométrico fue de 83.21g y al final del proceso se obtuvo un peso de 86.29g.

En la tabla 25, se observa el tamizado de la molienda medio grueso, el tamiz N° 40 con un diámetro de abertura 425µm, presenta la mayor cantidad de muestra retenida de 39.21g lo que representa un 45.44 por ciento retenido. En el tamiz de abertura N° 30, presenta una cantidad significativa de muestra retenida con un 28.54g lo que representa un 33.07 por ciento retenido. Y la menor cantidad de muestra retenida se dio en el tamiz de abertura de 150µm, con 1.97g retenidos lo que representa un 2.28 por ciento retenido.

Tabla 26. Tamizado a la molienda “medio gruesa” a 210°C (peso inicial: 83.21g)

N°	TAMIZ		Retenido Individual (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado
	D(µm)	Pulgadas Abertura (mm)			
20	850	0.033	0.84	7.19	8.33
30	600	0.023	0.59	28.54	33.07
40	425	0.016	0.42	39.21	45.44
50	300	0.011	0.30	5.96	6.91
80	180	0.007	0.18	3.42	97.72
100	150	0.006	0.15	1.97	2.28
<b>Total</b>				<b>86.29g</b>	<b>100%</b>

En la figura 10, se muestra la curva granulométrica de los datos de la tabla 25. Se realizó el tamizado a la molienda medio gruesa, la curva inicia con una vertical desde el tamiz 800µm, hasta el tamiz 425µm donde representa el mayor peso retenido y luego un declive.

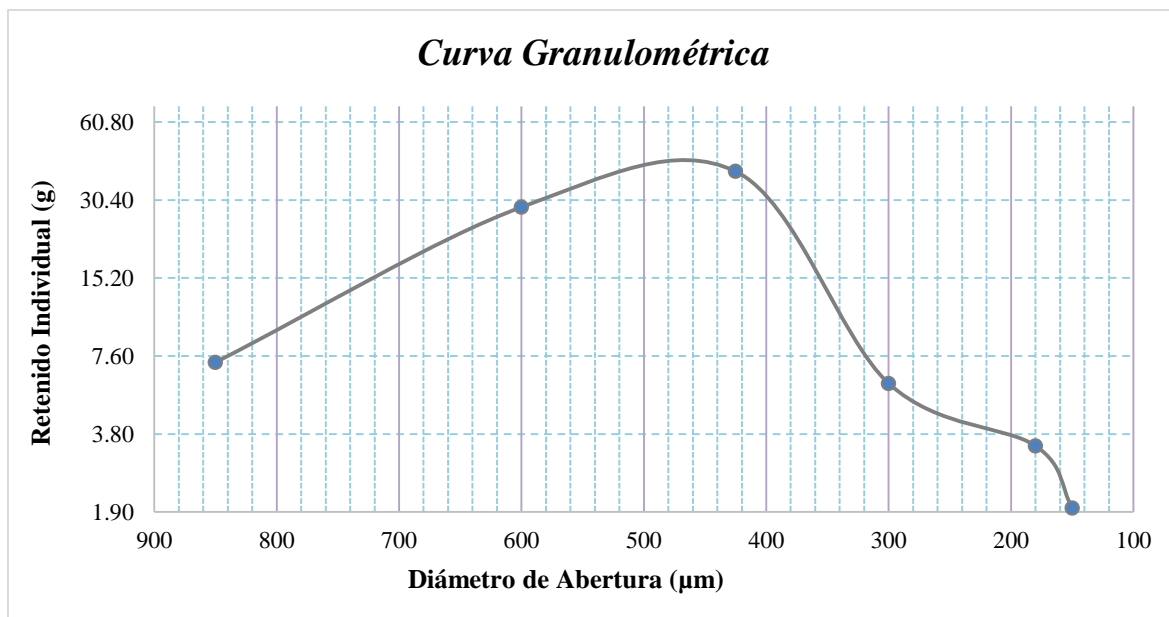


Figura 10. Curva granulométrica a la molienda “medio grueso” con un tueste de 210°C

Para el proceso de tamizado a la molienda “medio fina” el peso inicial con el que se realizó el análisis granulométrico fue de 86.34g y al final del proceso se obtuvo un peso de 87.83g.

En esta tabla 26, se observa el tamizado de la molienda medio fina, el tamiz N° 50 con un diámetro de abertura 300µm, presenta la mayor cantidad de muestra retenida de 40.35g lo que representa un 45.94 por ciento retenido. También se representa en el tamiz una muestra retenida significativa encontrado en el N° 40 con un diámetro de abertura de 425µm, con un 20.34g representando un 23.16 por ciento retenido. Y la menor cantidad de muestra retenida se dio en el tamiz de abertura de 850µm, con 0.23g retenidos lo que representa un 0.26 por ciento retenido.

Tabla 27. Tamizado a la molienda “medio fina” a 210°C (peso inicial: 86.34g)

N°	TAMIZ		Retenido Individual (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado
	D(µm)	Pulgadas Abertura (mm)			
20	850	0.033	0.23	0.26	0.26
30	600	0.023	19.54	22.25	22.5
40	425	0.016	20.34	23.16	45.67
50	300	0.011	40.35	45.94	91.61
80	180	0.007	4.02	4.58	96.19
100	150	0.006	3.35	3.81	100
<b>Total</b>			<b>87.83g</b>	<b>100%</b>	

En la figura 11, se muestra la curva granulométrica de los datos de la tabla 26. Se realizó el tamizado a la molienda medio fina, la curva inicia con una vertical desde el tamiz 800µm

hasta el tamiz 600 $\mu$ m, una leve inclinación y una vertical en el tamiz de 300 $\mu$ m donde presenta el mayor peso retenido y luego un declive.

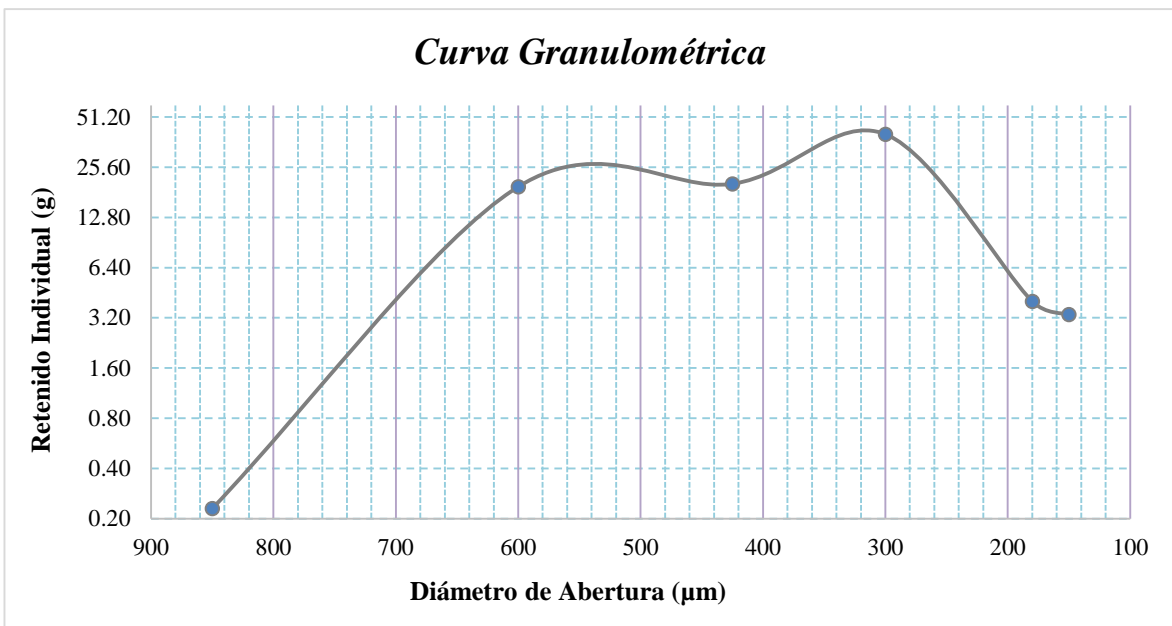


Figura 11. Curva granulométrica a la molienda “medio fina” con un tueste de 210°C

Para el proceso de tamizado a la molienda “fina” el peso inicial con el que se realizó el análisis granulométrico fue de 86.14g y al final del proceso se obtuvo un peso de 85.87g.

En la tabla 27, se observa el tamizado de la molienda fina, el tamiz N° 80 con un diámetro de abertura 180 $\mu$ m, presenta la mayor cantidad de muestra retenida de 50.23g lo que representa un 58.50 por ciento retenido. En los tamices de abertura de N° 30, N° 40 y N° 50 presentan una muestra retenida lineal con una variación de 1g. Y la menor cantidad de muestra retenida se dio en el tamiz de abertura de 150 $\mu$ m, con 1.33g retenidos lo que representa un 1.55 por ciento retenido.

Tabla 28. Tamizado a la molienda “fina” a 210°C (peso inicial: 86.14g)

N°	TAMIZ			Retenido Individual (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado
	D( $\mu$ m)	Pulgadas	Abertura (mm)			
20	850	0.033	0.84	5.53	6.44	6.44
30	600	0.023	0.59	8.55	9.96	16.4
40	425	0.016	0.42	9.34	10.88	27.27
50	300	0.011	0.30	10.89	12.68	39.96
80	180	0.007	0.18	50.23	58.50	98.45
100	150	0.006	0.15	1.33	1.55	100
<b>Total</b>				<b>85.87g</b>	<b>100%</b>	

En la figura 12, se muestra la curva granulométrica de los datos de la tabla 27. La curva inicia con una continuidad hasta el tamiz de 300 $\mu$ m, realizando una vertical al tamiz de 180 $\mu$ m donde presenta el mayor peso retenido de muestra.

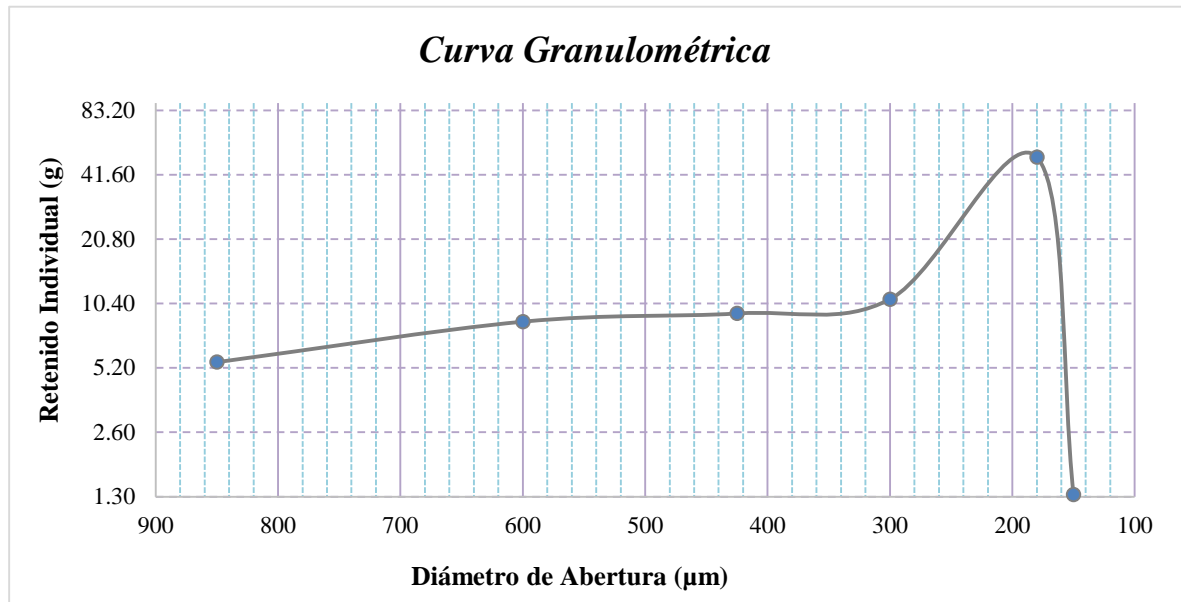


Figura 12. Curva granulométrica a la molienda “fina” con un tueste de 210°C

- i. Tratamiento 4: cuatro repeticiones de tueste a 225°C, con cada tipo de molienda (ver tabla 28).

Tabla 29. Análisis granulométrico a las moliendas de los granos tostados a 225°C (T4)

Trat.	T° de tueste (°C)	Tipo de molienda	* Muestra molida (g)	**Muestra final(g)
$T_4$	225	Gruesa	87.32	80.26
	225	Medio gruesa	88.45	71.09
	225	Medio fina	88.25	82.51
	225	Fina	86.14	76.11

Nota. \*Muestra a tamizar

\*\*Muestra obtenida después del tamizado

Para el proceso de tamizado a la molienda “gruesa” el peso inicial con el que se realizó el análisis granulométrico fue de 87.32g y al final del proceso se obtuvo un peso de 80.26g.

En la tabla 29, se observa el tamizado de la molienda gruesa, el tamiz N° 30 con un diámetro de abertura 600 $\mu$ m, presenta la mayor cantidad de muestra retenida de 26.68g lo que representa un 33.24 por ciento retenido. Y la menor cantidad de muestra retenida se dio en el tamiz de abertura de 150  $\mu$ m, con 0.32g retenidos lo que representa un 0.40 por ciento retenido.

Tabla 30. Tamizado a la molienda “gruesa” a 225°C (peso inicial: 87.32g)

N°	TAMIZ			Retenido Individual (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado
	D(μm)	Pulgadas	Abertura (mm)			
20	850	0.033	0.84	18.54	23.10	23.10
30	600	0.023	0.59	26.68	33.24	56.34
40	425	0.016	0.42	14.89	18.55	74.89
50	300	0.011	0.30	11.55	14.39	89.28
80	180	0.007	0.18	8.28	10.32	99.60
100	150	0.006	0.15	0.32	0.40	100.0
<b>Total</b>				<b>80.26</b>	<b>100%</b>	

En la figura 13, se muestra la curva granulométrica de los datos de la tabla 29. Se realizó el tamizado a la molienda gruesa, la curva inicia con una vertical hasta el tamiz de 600μm donde presenta el mayor peso retenido de muestra luego la curva presenta un declive.

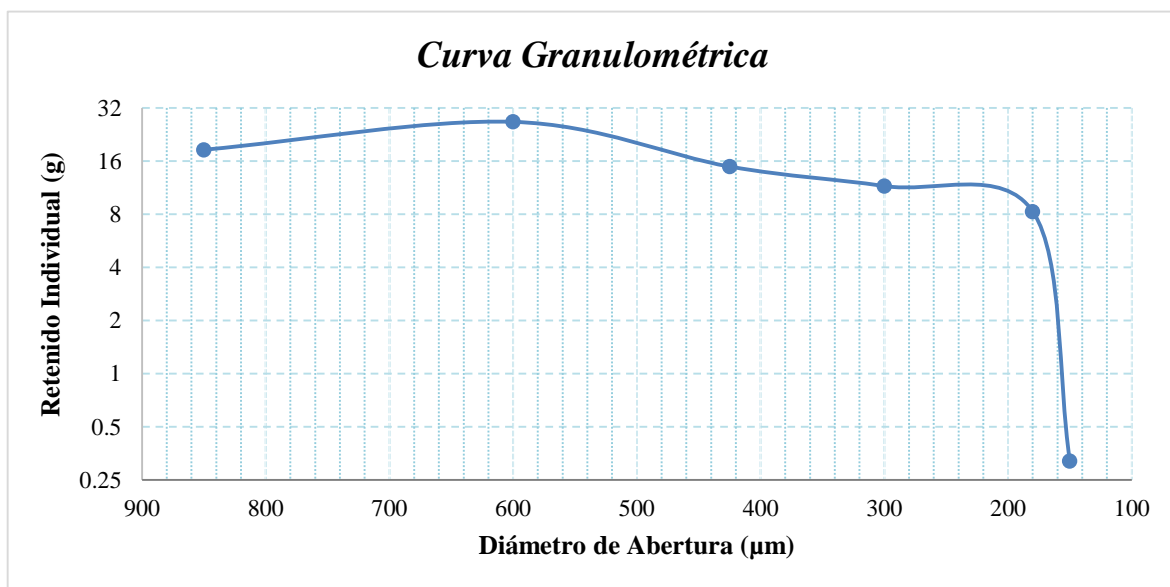


Figura 13. Curva granulométrica a la molienda “gruesa” con un tueste de 225°C

Para el proceso de tamizado a la molienda “medio gruesa” el peso inicial con el que se realizó el análisis granulométrico fue de 88.45g y al final del proceso se obtuvo un peso de 71.09g.

En la tabla 30, se observa el tamizado de la molienda medio gruesa, el tamiz N° 30 con un diámetro de apertura 600μm, presentó la mayor cantidad de muestra retenida de 26.68g lo que representa un 33.24 por ciento retenido. Y la menor cantidad de muestra retenida se dio en el tamiz de apertura de 150μm, con 0.32g retenidos lo que representa un 0.40 por ciento retenido. El peso inicial con el que se realizó el proceso de tamizado fue de 88.45g y al final del proceso se obtuvo un peso de 71.09g, por pérdidas de partículas de café.

Tabla 31. Tamizado a la molienda “medio gruesa” a 225°C (peso inicial: 88.45g)

N°	TAMIZ		Retenido Individual (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado
	D(μm)	Pulgadas			
20	850	0.033	0.84	5.13	7.22
30	600	0.023	0.59	47.22	66.42
40	425	0.016	0.42	9.73	87.33
50	300	0.011	0.30	6.83	96.93
80	180	0.007	0.18	1.2	98.62
100	150	0.006	0.15	0.98	100
<b>Total</b>				<b>71.09g</b>	<b>100%</b>

En la figura 14, se muestra la curva granulométrica de los datos de la tabla 30. Se realizó el tamizado a la molienda medio gruesa, la curva inicia con una vertical hasta el tamiz de 600μm donde presenta el mayor peso retenido de muestra, luego la curva presenta un declive.

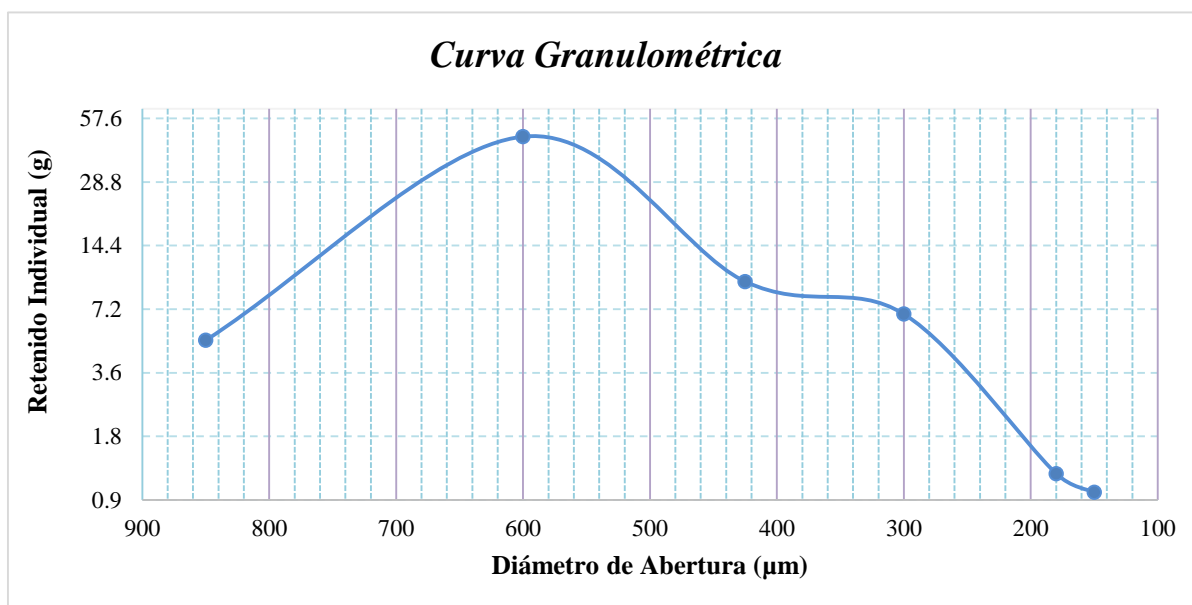


Figura 14. Curva granulométrica a la molienda “medio gruesa” con un tueste de 225°C

Para el proceso de tamizado a la molienda “medio fina” el peso inicial con el que se realizó el análisis granulométrico fue de 88.25g y al final del proceso se obtuvo un peso de 82.51g.

En la tabla 31, se observa el tamizado de la molienda medio fina, el tamiz N° 50 con un diámetro de abertura 300μm, presenta la mayor cantidad de muestra retenida de 51.71g lo que representa un 62.67 por ciento retenido. Y la menor cantidad de muestra retenida se dio en el tamiz de abertura de 850μm, con 0.19g retenidos lo que representa un 0.36 por ciento retenido.

Tabla 32. Tamizado a la molienda “medio fina” a 225°C (peso inicial: 88.25g)

N°	TAMIZ			Retenido Individual (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado
	D(μm)	Pulgadas	Abertura (mm)			
20	850	0.033	0.84	0.36	0.44	0.44
30	600	0.023	0.59	9.48	11.49	11.93
40	425	0.016	0.42	14.54	17.62	29.55
50	300	0.011	0.30	51.71	62.67	92.22
80	180	0.007	0.18	4.58	5.55	97.77
100	150	0.006	0.15	1.84	2.23	100
<b>Total</b>				<b>82.51</b>	<b>100%</b>	

En la figura 15, se muestra la curva granulométrica de los datos de la tabla 31. Se realizó el tamizado a la molienda medio fina, la curva inicia con una vertical hasta el tamiz de 600μm, en el tamiz de 425μm presenta el mayor peso retenido de muestra, luego la curva presenta un declive.

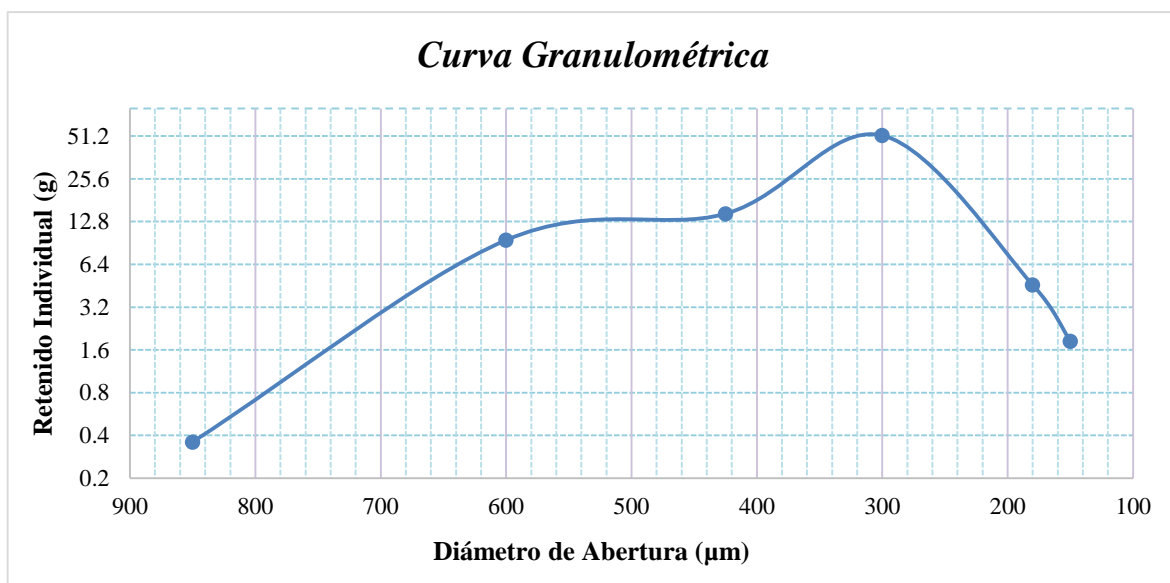


Figura 15. Curva granulométrica a la molienda “medio fina” con un tueste de 225°C

Para el proceso de tamizado a la molienda “fina” el peso inicial con el que se realizó el análisis granulométrico fue de 86.14g y al final del proceso se obtuvo un peso de 76.11g.

En la tabla 32, se observa el tamizado de la molienda fina, el tamiz N° 80 con un diámetro de abertura 180μm, presenta la mayor cantidad de muestra retenida de 26.78g lo que representa un 35.19 por ciento retenido. En el tamiz de abertura N° 50, presenta una cantidad significativa de muestra retenida con un 20.16g lo que representa un 26.49 por ciento retenido. Y la menor cantidad de muestra retenida en el tamiz de abertura de 850μm, con 0.19g retenidos lo que representa un 0.25 por ciento retenido.

Tabla 33. Tamizado a la molienda “fina” a 225°C (peso inicial: 86.14g)

N°	TAMIZ			Retenido Individual (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado
	D(μm)	Pulgadas	Abertura (mm)			
20	850	0.033	0.84	0.19	0.25	0.25
30	600	0.023	0.59	13.44	17.66	17.91
40	425	0.016	0.42	14.86	19.52	37.43
50	300	0.011	0.30	20.16	26.49	63.92
80	180	0.007	0.18	26.78	35.19	99.11
100	150	0.006	0.15	0.68	0.89	100
<b>Total</b>				<b>76.11g</b>	<b>100%</b>	

En la figura 16, se muestra la curva granulométrica de los datos de la tabla 32. Se realizó el tamizado a la molienda fina, la curva inicia con una vertical hasta el tamiz de 600μm, seguida de una continuidad hasta el tamiz de 425μm la que tiene el mayor peso retenido de muestra, luego la curva presenta un declive.

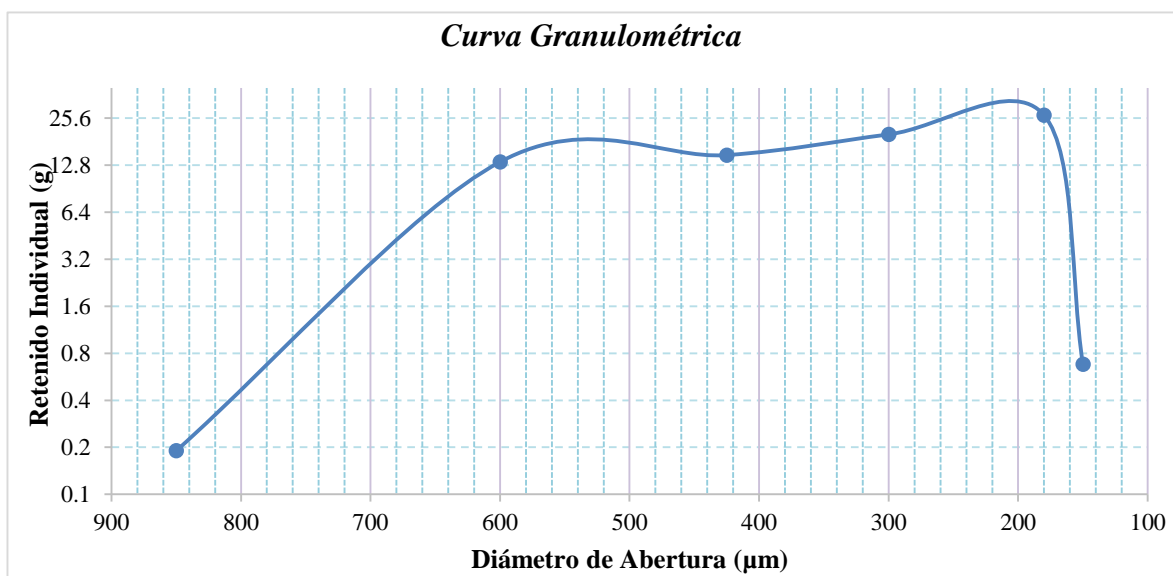


Figura 16. Curva granulométrica a la molienda “fina” con un tueste de 225°C

#### 4.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO (ANVA y TUKEY)

##### 4.4.1. ANVA al Peso \* Temperatura

**Hipótesis Nula (H<sub>0</sub>):** Los datos presentan similitud entre peso y temperatura en todas las muestras analizadas, con un 95% de confianza.

**Hipótesis Alterna (H<sub>i</sub>):** Los datos no presentan similitud entre peso y temperatura en al menos una muestras analizadas, con un 95% de confianza.



Tabla 34. *Análisis en relación al peso y temperatura*

ANVA					
peso	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	3,091	3	1,030	,004	1,000
Dentro de grupos	21890,650	92	237,942		
Total	21893,741	95			

#### 4.4.2. ANVA al Peso \* Molienda

**Hipótesis Nula (H<sub>0</sub>):** Los datos presentan similitud entre peso y molienda en todas las muestras analizadas, con un 95% de confianza.

**Hipótesis Alterna (H<sub>i</sub>):** Los datos no presentan similitud entre peso y molienda en al menos una prueba, con un 95% de confianza.

Tabla 35. *Análisis en relación al peso y molienda*

ANVA					
peso	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	32,381	3	10,794	,045	,987
Dentro de grupos	21861,360	92	237,623		
Total	21893,741	95			

#### 4.4.3. ANVA al Peso \* Tamiz

**Hipótesis Nula (H<sub>0</sub>):** La distribución entre peso y tamiz es normal, con un 95% de confianza.

**Hipótesis Alterna (H<sub>i</sub>):** La distribución entre peso y tamiz no presenta normalidad en al menos una muestra, con un 95% de confianza.

Tabla 36. *Análisis en relación al peso y tamiz*

ANVA					
peso	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	4662,014	5	932,403	4,870	,001
Dentro de grupos	17231,727	90	191,464		
Total	21893,741	95			

#### 4.4.3.1. PRUEBA DE Post Hoc - Tukey al Peso \* Tamiz

Tabla 37. Prueba Post Hoc de Tukey en relación al peso y tamiz

<b>Comparaciones múltiples</b>						
Variable dependiente: peso						
HSD Tukey						
(I) tamiz	(J) tamiz	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
20	30	-10,11938	4,89213	,313	-24,3654	4,1267
	40	-2,97938	4,89213	,990	-17,2254	11,2667
	50	-5,32875	4,89213	,884	-19,5748	8,9173
	80	2,54313	4,89213	,995	-11,7029	16,7892
	100	12,14750	4,89213	,140	-2,0985	26,3935
30	20	10,11938	4,89213	,313	-4,1267	24,3654
	40	7,14000	4,89213	,691	-7,1060	21,3860
	50	4,79063	4,89213	,923	-9,4554	19,0367
	80	12,66250	4,89213	,111	-1,5835	26,9085
	100	22,26688*	4,89213	,000	8,0208	36,5129
40	20	2,97938	4,89213	,990	-11,2667	17,2254
	30	-7,14000	4,89213	,691	-21,3860	7,1060
	50	-2,34937	4,89213	,997	-16,5954	11,8967
	80	5,52250	4,89213	,868	-8,7235	19,7685
	100	15,12688*	4,89213	,031	,8808	29,3729
50	20	5,32875	4,89213	,884	-8,9173	19,5748
	30	-4,79063	4,89213	,923	-19,0367	9,4554
	40	2,34937	4,89213	,997	-11,8967	16,5954
	80	7,87188	4,89213	,595	-6,3742	22,1179
	100	17,47625*	4,89213	,007	3,2302	31,7223
80	20	-2,54313	4,89213	,995	-16,7892	11,7029
	30	-12,66250	4,89213	,111	-26,9085	1,5835
	40	-5,52250	4,89213	,868	-19,7685	8,7235
	50	-7,87188	4,89213	,595	-22,1179	6,3742
	100	9,60438	4,89213	,372	-4,6417	23,8504
100	20	-12,14750	4,89213	,140	-26,3935	2,0985
	30	-22,26688*	4,89213	,000	-36,5129	-8,0208
	40	-15,12688*	4,89213	,031	-29,3729	-,8808
	50	-17,47625*	4,89213	,007	-31,7223	-3,2302
	80	-9,60438	4,89213	,372	-23,8504	4,6417

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Tabla 38. *Subconjuntos homogéneos en relación al peso y tamiz*

		<b>peso</b>	
HSD Tukey <sup>a</sup>			
tamiz	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
100	16	1,1088	
80	16	10,7131	10,7131
20	16	13,2563	13,2563
40	16		16,2356
50	16		18,5850
30	16		23,3756
Sig.		,140	,111

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 16,000.

Existe igualdad entre los tamices 80 y 20, mientras que en los demás se observa una diferencia significativa. Siendo el mayor peso retenido en el tamiz 30 (600µm) y el menor en el tamiz 100 (150µm).

#### 4.4.4. Comparación de medias

Tabla 39. *Variables analizadas*

	<b>Resumen de procesamiento de casos</b>					
	Casos					
	Incluido		Excluido		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
peso * temperatura	96	100,0%	0	0,0%	96	100,0%
peso * molienda	96	100,0%	0	0,0%	96	100,0%
peso * tamiz	96	100,0%	0	0,0%	96	100,0%

Tabla 40. *Comparación de medias entre peso y temperatura*

<b>peso * temperatura</b>			
peso			
temperatura	Media	N	Desv. Desviación
180	14,1492	24	15,20113
195	13,6588	24	16,67426
210	13,7992	24	16,97599
225	13,9092	24	12,42893
Total	13,8791	96	15,18092

Tabla 41. *Comparación de medias entre peso y molienda*

<b>peso * molienda</b>			
peso			
molienda	Media	N	Desv. Desviación
3	12,8925	24	13,84374
5	14,3496	24	15,73658
7	14,0338	24	16,22245
8	14,2404	24	15,74918
Total	13,8791	96	15,18092

Tabla 42. *Comparación de medias entre peso y tamiz*

<b>peso * tamiz</b>			
peso			
tamiz	Media	N	Desv. Desviación
20	13,2563	16	15,64115
30	23,3756	16	13,10565
40	16,2356	16	12,59469
50	18,5850	16	18,66144
80	10,7131	16	14,98114
100	1,1088	16	1,03343
Total	13,8791	96	15,18092

## V. DISCUSIONES

En el proceso de tostado, se observa que los pesos del tueste presentan una diferencia que va del 14 al 16 por ciento del total de pérdida de peso, como se puede corroborar con Régula (2016), quien indica que esto es debido a que durante el tueste el grano del café pierde peso alrededor del 15-20 por ciento.

Los tipos de molienda gruesa y medio gruesa, con un tueste superior a 195°C, presentan una mayor reducción en el tamaño de sus partículas (>425 µm), lo cual puede corroborarse con Guevara y Castaño, (2005), quienes afirman que entre mayor sea el grado de tueste, más quebradizo es el café y menor es el tamaño de las partículas producidas en la molienda.

De los resultados obtenidos durante el análisis granulométrico, se observa que el proceso de tamizado determinó el mayor peso retenido de acuerdo a cada tipo de molienda (gruesa, medio gruesa, medio fina y fina), lo que clasificó el tamaño de partículas dentro de un rango de (850µm hasta 150µm), siendo de mayor a menor abertura. Como se corrobora por Cortez (2010), quien indica que las partículas que han pasado el tamiz, caen sobre un segundo tamiz de abertura media separándose en partículas más finas y quedando retenidas las de tamaño medio.

Los resultados del análisis estadístico del peso\*temperatura y peso\*molienda mostrados en las Tablas 34-35, determinó que la diferencia significativa es mayor ( $p > 0.05$ ), por lo que existe suficiente evidencia estadística para aceptar la Hipótesis Nula ( $H_0$ ), y rechazar la Hipótesis Alterna ( $H_i$ ). Lo que indica que existe diferencia entre las muestras analizadas, con un 95% de confianza. Por lo que la prueba de Tukey no fue necesario aplicar en este análisis.

Los resultados del análisis estadístico del peso\*tamiz mostrado en la Tabla 36, determinó que la diferencia significativa es menor ( $p < 0.05$ ), por lo que existe suficiente evidencia estadística para rechazar la Hipótesis Nula ( $H_0$ ), y aceptar la Hipótesis Alterna ( $H_i$ ). Lo que indica que una muestra analizada no presenta normalidad, con un 95% de confianza. Por lo que la prueba de post hoc-Tukey señala que la media fue diferente en al menos una

muestra. Los resultados mostrados en la Tabla 38, indicaron que existen dos tamices significativamente iguales (N° 80 y N° 20). Y cuatro tamices significativamente diferentes, (N°100, N°40, N°50 y N°30). Por lo tanto, la media para el grupo con subconjuntos homogéneos del peso\*tamiz, indica que el tamiz 30 tiene el mayor peso retenido y por lo contrario el menor peso se encuentra en el tamiz 100.

Los datos de la prueba de comparación de medias (ver tabla de la 40 a la 42), determinó que el mejor tratamiento es a una T° de 180°C, a una molienda medio fina y su mayor peso retenido en el tamiz N° 30 (600µm). La datos entre peso \* temperatura, presentan similitud, al igual que la relación entre peso\*molienda a excepción de la molienda fina que registra una media menor a las demás. También los datos entre peso\*tamiz presenta una distribución con diferencia significativa donde el mayor peso retenido se encuentra en el tamiz N°30(600µm) y el menor en el tamiz N°100(150µm).

## VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- a. En el proceso de tostado, se evaluó que el mayor porcentaje de 16 por ciento en las temperaturas de (180°C, 210°C y 225°C), obtuvo la mayor pérdida de peso, en comparación con las demás temperaturas que representó el 14 a 15 por ciento.
- b. Se realizó los cuatro tipos de molienda (gruesa, medio gruesa, medio fina y fina), por lo que se obtuvo que la molienda medio gruesa a un tueste de 210°C, presentó la mayor pérdida de peso de 12.79g y en la molienda gruesa la menor pérdida de 1.73g. También en la molienda medio fina a una temperatura de 180°C registro la segunda mayor pérdida de peso siendo de 11.78g.
- c. Se determinó que los tamices N°20 y N°30 (diámetro de 850µm y 600µm), de la molienda gruesa registró el mayor peso de 58.65 por ciento retenido en el primer tamiz. La molienda media gruesa se clasificó en los tamices N°30 y N°40 (diámetro de 600µm y 425µm), registró el mayor peso de 66.42 por ciento retenido en el primer tamiz. Y las moliendas medio fina y fina se clasificó en los tamices N°50 y °80 (diámetro de 300 y 180), registró el mayor peso de 63.74 por ciento y 58.50 por ciento respectivamente.

El tratamiento adecuado, para clasificar el tamaño de partículas a través del nivel de confianza del 95%, fue a una temperatura de 180°C, una molienda medio fina y con la mayor media de 23,3756 del peso retenido en el tamiz N°30 (600µm). Y la menor de 1,1088 de cantidad de peso retenido se encontró en el tamiz N°100(10µm), a una temperatura de 195°C a una molienda fina.

En este trabajo de tesis se recomienda que, para la realización de futuros estudios sobre análisis granulométrico de los granos de café tostados y molidos, se debe ampliar el rango de tamices para una mayor distribución de partículas.

Se recomienda almacenar las muestras de café tostado y molido en bolsas trilaminadas, y así evitar pérdidas de sus componentes (aroma, sabor, cuerpo).

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrade, J. E. (2014). Tesis-repositorio UNCP. Recuperado el 12 de Julio de 2018, de <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/1902/Llanco%20Andrade.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Barañano, L. (2015). Durabilidad del cafe. Revista del forum del cafe, 68.
- Bobadilla, C. Q. (2010). Promocion del consumo interno del cafe en el peru: lineamientos de estrategia. lima.
- Bolaños, Y. G. (2015). Durabilidad del cafe. Revista del forum del cafe, 68.
- Bolaños, Y. G. (2016). La importancia de la granulometria del café molido. Revista N° 66 - Fórumcafé-Fórun Cultural del Cafe , 18-24.
- Estelita, C. S. (2016). Universidad nacional agraria la molina. Recuperado el 23 de octubre de 2018, de universidad nacional agraria la molina facultad de agronomia: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/unalm/1975/f01-e884-t.pdf?sequence=1&isallowed=y>
- Expocafe-Perú. (2017). Café Peruano. Expocafe-Perú.Flores, F. G. (2014). Tesis cafe Fanny Zambrano.pdf. Recuperado el 28 de Agosto de 2018, de <http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/bitstream/28000/3464/1/tesis%20cafe%20Fanny%20Zambrano.pdf>
- Gamonal, L. E. (2014). "Evaluacion fisica sensorial de cuatro variedades de cafe (coffea arabica L.) tolerantes a roya (hemileia vastatrix), en relacion a dos pisos ecologicos de las provincias de lamas y rioja". tarapoto. Recuperado el 20 de febrero de 2019, de <http://www.oro Verde.com.pe/pdf/tesis-%20liliana.pdf>
- Guevara y Castaño (2005). Caracterizacion granulometrica del cafe colombiano tostado y molido. chinchina.



- Gustavo, Á. C., Ferreira, S. R., y Sanchez, E. A. (enero de 2016). Obtenido de <http://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/21721/TESIS%20FSR.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Hoffman, y James. (2015). The world atlas of coffee.
- INFOCAFES. (2016). Historia del café peruano. Infocafes.
- OIC. (2017). International Coffee Organization.
- OIC. (10 de 12 de 2017). Historia del café. Organization International Coffee. Obtenido de [http://www.ico.org/ES/coffee\\_storyc.asp](http://www.ico.org/ES/coffee_storyc.asp)
- Olivas, M. F., y Meza, E. O. (2007). Tesis final-Cenida-Universidad Nacional Agraria. Recuperado el 03 de Abril de 2018, de Tesis final-Cenida-Universidad Nacional Agraria: <http://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnf01c268.pdf>
- Otárola, M. C., y Rubio, Y. C. (2010). Elaboración de un sucedáneo de café (*Coffea arabica* L.) a base de soya (*Glycine max* L.). En M. C. Rodriguez, y Y. R. Cuervo. Tunja.
- Ramirez, F. D. (2010). Cultivo del cafe . Grupo Latino Editores S.A.C.
- Régula, C. M. (2016). Tipo de tueste. Manual básico de buenas prácticas para el tostado del café, 17-18. Recuperado el 22 de Octubre de 2018, de [https://www.swisscontact.org/fileadmin/user\\_upload/countries/ecuador/documents/content/manualtuestecafe.pdf](https://www.swisscontact.org/fileadmin/user_upload/countries/ecuador/documents/content/manualtuestecafe.pdf)
- Salamanca, R. C. (2015). Metodos estadisticos para evaluar la calidad del cafe. Recuperado el 21 de Agosto de 2018, de <https://dugidoc.udg.edu/bitstream/handle/10256/11753/tcasr1de1.pdf?sequence=5>
- Toledano, M. (2017). Tueste y molienda. El conocedor, 1-1.
- Vargas, V. A. (2015). Universidad de costa rica facultad de ingenieria escuela de ingenieria agricola. Recuperado el 03 de Abril de 2018, de universidad de costa rica facultad de ingenieria escuela de ingenieria agricola: <http://www.ingbiosistemas.ucr.ac.cr/wp-content/uploads/2016/02/tesis-veronica-alfaro.pdf>

## **DEDICATORIA**

*A **Dios** por el don, al que bendice la acción, Él fue quien guió y preparo todo.*

*Amor, confianza, dedicación, respeto y humildad son frutos de tu enseñanza. A ti padre*

***Domingo Pérez Lozano.***

*A mi madre **Rosa E. Campos Pintado.***

*A mis hermanos **Dimar Yoel** y **Alex Eduardo** por el apoyo que me brindaron.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Dr. Honorato Ccalli Pacco, por los conocimientos brindados, su asesoramiento y apoyo continuo, durante el desarrollo del trabajo de tesis.

Al Ing. Juan Antonio Ticona Yujra, por su apoyo.

A Miguel Minga Cuña, por su genuina amistad y apoyo incondicional en este proyecto.

Al Sr. Alexander Julca Rangel, por brindar las instalaciones del laboratorio de la Cooperativa CENFROCAFE, su gran apoyo y confianza en la ejecución de este proyecto de investigación.

A Herli Mego Silva, por el apoyo y colaboración durante la ejecución de esta investigación.

A todas aquellas personas que, de alguna u otra manera, han hecho posible la realización del presente trabajo de investigación.

## ANEXOS

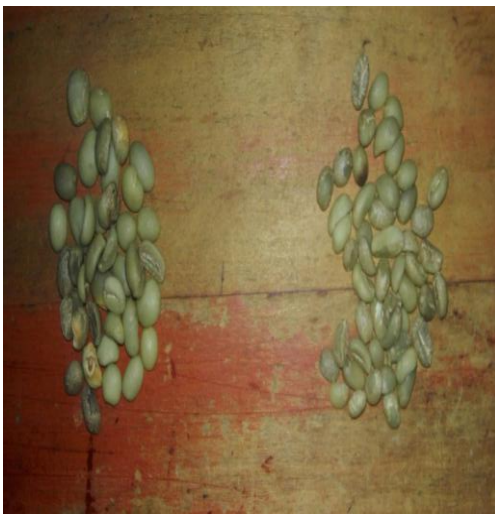
### ANEXO 1. FOTOS DEL ANÁLISIS FÍSICO



*Figura 17.* Muestra del café verde seco



*Figura 18.* Muestras del análisis a través de la malla n°14



*Figura 19.* Granos defectuosos



*Figura 20.* Muestra del café verde seco

## ANEXO 2. FOTOS DEL PROCESO DE TOSTADO



*Figura 21.* Granos de café seleccionados



*Figura 22.* Granos durante el proceso de tostado



*Figura 23.* Verificación del color de los granos



*Figura 24.* Proceso de enfriado

### ANEXO 3. FOTOS DEL PROCESO DE MOLIENDA



Figura 25. Molino eléctrico DITTING SWISS, serie CH-8114



Figura 26. Proceso de molienda

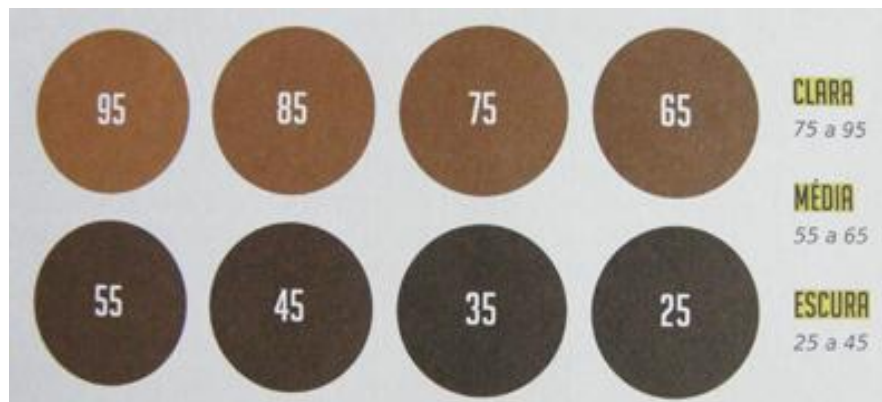


Figura 27. Discos agtron/SCA



Figura 28. Clasificación del color a la muestra mediante los discos agtron/SCA

## ANEXO 4. FOTOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO



Figura 29. Tamizador eléctrico vibratorio



Figura 30. Serie de tamices A.S.T.M E-11



Figura 31. Muestra molida colocada en la serie de tamices



Figura 32. Proceso de tamizado



Figura 33. Tiempo de proceso de tamizado



*Figura 34.* Muestra retenida en cada tamiz



*Figura 35.* Peso de la muestra retenida en cada tamiz



*Figura 36.* Almacenado y rotulado