

	GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS				  		
	CARTA DE AUTORIZACIÓN						
CÓDIGO	AP-BIB-FO-06	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	1 de 2

Neiva, 10 de Enero de 2017.

Señores

CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Ciudad

El (Los) suscrito(s):

Andrés Felipe Bahamón Monje, con C.C. No. 1075270545.
 _____, con C.C. No. _____
 _____, con C.C. No. _____
 _____, con C.C. No. _____

autor(es) de la tesis y/o trabajo de grado o _____

titulado Caracterización Granulométrica del café tostado y molido con destino a ser encapsulado.

presentado y aprobado en el año 2017 como requisito para optar al título de

Ingeniero Agrícola.

autorizo (amos) al CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN de la Universidad Surcolombiana para que con fines académicos, muestre al país y el exterior la producción intelectual de la Universidad Surcolombiana, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en los sitios web que administra la Universidad, en bases de datos, repositorio digital, catálogos y en otros sitios web, redes y sistemas de información nacionales e internacionales "open access" y en las redes de información con las cuales tenga convenio la Institución.

• Permita la consulta, la reproducción y préstamo a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato Cd-Rom o digital desde internet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer, dentro de los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia.

	GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS				  		
	CARTA DE AUTORIZACIÓN						
CÓDIGO	AP-BIB-FO-06	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	2 de 2

• Continúo conservando los correspondientes derechos sin modificación o restricción alguna; puesto que de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación del derecho de autor y sus conexos.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, "Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores", los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: Andrés F Bahamon
1073270545.

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: _____

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: _____

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: _____

	GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS				  		
	DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO						
CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSION	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	1 de 4

TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO: Caracterización granulométrica del café tostado y molido con destino a ser encapsulado

AUTOR O AUTORES:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
BAHAMÓN MONJE	ANDRÉS FELIPE

DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
GUTIÉRREZ GUZMÁN	NELSON

ASESOR (ES):

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
ENRIQUE CERQUERA	NÉSTOR
GUZMÁN MANRIQUE	ORLANDO

PARA OPTAR AL TÍTULO DE: ingeniero agrícola

FACULTAD: Ingeniería

PROGRAMA O POSGRADO: Agrícola

CIUDAD: Neiva **AÑO DE PRESENTACIÓN:** 2017 **NÚMERO DE PÁGINAS:** 51

TIPO DE ILUSTRACIONES (Marcar con una X):

Diagramas ___ Fotografías x Grabaciones en discos ___ Ilustraciones en general ___ Grabados ___ Láminas ___
 Litografías ___ Mapas ___ Música impresa ___ Planos ___ Retratos ___ Sin ilustraciones ___ Tablas o Cuadros ___

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional www.usco.edu.co, link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.

	GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS				  		
	DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO						
CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	2 de 4

SOFTWARE requerido y/o especializado para la lectura del documento:

MATERIAL ANEXO:

PREMIO O DISTINCIÓN (En caso de ser LAUREADAS o Meritoria):

PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:

<u>Español</u>	<u>Inglés</u>	<u>Español</u>	<u>Inglés</u>
Granulometría del café tostado	Granulometry of roasted and		
1. <u>y molido</u>	<u>ground coffee</u>	6. _____	_____
2. <u>Nivel de tostión</u>	<u>Roasting level</u>	7. _____	_____
3. <u>Café encapsulado</u>	<u>Encapsulated coffee</u>	8. _____	_____
4. _____	_____	9. _____	_____
5. _____	_____	10. _____	_____

RESUMEN DEL CONTENIDO: (Máximo 250 palabras)

Este trabajo de grado tuvo como objetivo caracterizar granulométricamente el café tostado y molido con destino a ser encapsulado, se realizaron quince (15) análisis de tamaño de partícula por el método de difracción laser en seco en el equipo Mastersizer 3000. Además se caracterizó diferentes propiedades físicas al café encapsulado comercialmente y al café procesado en la instalaciones de la planta procesadora de café "AGROINDUSTRIA DE LOS ANDES COLOMBIANOS COFFEE – ANDES SAS" ubicadas en la antigua zona industrial de Neiva.

La finalidad del proyecto era determinar el nivel de molienda para el café encapsulado y algunos parámetros físicos en el café comercial. Para esta investigación se tomaron diferentes muestras de café capsulado de las empresas comerciales "NESPRESSO" y "OQUENDO", los análisis granulométricos por difracción laser de las muestras se llevaron a una empresa privada y la determinación de las propiedades físicas en los laboratorios de la planta de café "COFFEE ANDES" y el centro Surcolombiano en investigación en café "CESURCAFÉ" de la universidad surcolombiana. También se procesaron muestras de café tostado y molido procesada en la

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional www.usco.edu.co, link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso *indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.*



GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS

DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO



CÓDIGO

AP-BIB-FO-07

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

3 de 4

empresa y se desarrollaron los mismos análisis.

Al final se empacó el café en capsulas compatibles con máquinas NESPRESSO llevándose a cabo diferentes resultados en la extracción.

ABSTRACT: (Máximo 250 palabras)

This work aimed to characterize granulometrically roasted and ground coffee to be encapsulated, fifteen (15) particle size analyzes were performed by the dry laser diffraction method in the Mastersizer 3000. In addition, different properties were characterized Physical characteristics to commercially encapsulated coffee and processed coffee in the coffee processing plant "AGROINDUSTRIA DE LOS ANDES COLOMBIANOS COFFEE - ANDES SAS" located in the former industrial zone of Neiva.

The purpose of the project was to determine the level of grinding for encapsulated coffee and some physical parameters in commercial coffee. For this investigation, different samples of capped coffee were taken from commercial companies "NESPRESSO" and "OQUENDO", the granulometric analyzes by laser diffraction of the samples were carried out in the private company and The determination of physical properties in the laboratories of the "COFFEE ANDES" coffee plant and the Surcolombian coffee research center "CESURCAFÉ" of the Surcolombian University. Samples of roasted and ground coffee processed in the company were also processed and the same analyzes were carried out.

At the end, the coffee was packed in capsules compatible with NESPRESSO machines, with different extraction results.



GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS

DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO



CÓDIGO

AP-BIB-FO-07

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

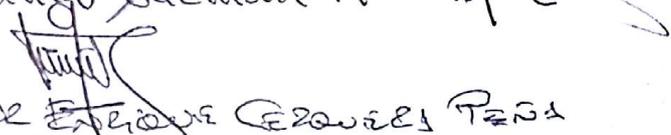
4 de 4

APROBACION DE LA TESIS

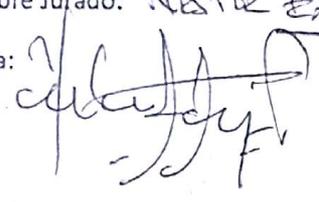
Nombre Presidente Jurado: Nelson Galarza Gozman

Firma: 

Nombre Jurado: Oslango Guzman Mantique

Firma: 

Nombre Jurado: Nestor Enrique Cerovez Pineda

Firma: 

**CARACTERIZACIÓN GRANULOMÉTRICA DEL CAFÉ TOSTADO Y MOLIDO
CON DESTINO A SER ENCAPSULADO**

**Presentado por:
ANDRÉS FELIPE BAHAMÓN MONJE**

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE AGRICOLA
NEIVA - HUILA
2016**

**CARACTERIZACIÓN GRANULOMÉTRICA DEL CAFÉ TOSTADO Y MOLIDO
CON DESTINO A SER ENCAPSULADO**

ANDRÉS FELIPE BAHAMÓN MONJE

Pasantía supervisada
Trabajo de grado presentado como requisito para optar el título de Ingeniera Agrícola

Director:
PhD. NELSON GUTIÉRREZ GUZMÁN



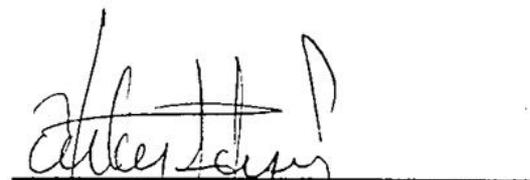
UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE AGRICOLA
NEIVA - HUILA
2016

Neiva, Enero 2017

Nota de aceptación:

Tesis Aprobada


Firma del Director del Proyecto


Firma del Jurado


Firma del Jurado

DEDICATORIA

A Dios por darme la sabiduría y entendimiento para guiarme en mi vida. A mis padres Luis Felipe Bahamón paredes y Elodia Monje Martínez por enseñarme con amor y sabiduría a ser mejor persona cada día más. A mi familia y amigos que hicieron parte de todo mi desarrollo como profesional. A todos los profesores que hicieron parte de mi formación como profesional.

Andrés Felipe Bahamón Monje

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la empresa “AGROINDUSTRIA DE LOS ANDES COLOMBIANOS – COFFEE ANDES SAS” por darme la oportunidad de realizar mi práctica profesional y la confianza de poder obtener la experiencia en una planta procesadora de café.

A Dios por darme la bendición de tener vida, salud, fe y sabiduría de culminar esta esta etapa tan importante de mi vida.

A mis padres y mis hermanos porque sin ellos no hubiese sido profesional gracias al apoyo que me dan día tras día.

A mi director Nelson Gutiérrez Guzmán, por su asesoría brindada y su tiempo dedicado en la revisión de este documento; y a los jurados Néstor Enrique Cerquera y Orlando Guzmán Manrique por ser parte de este proyecto.

A la señora Gladys Quino, secretaria del programa de Ingeniería Agrícola por su gran colaboración durante toda la carrera.

A mis compañeros del centro Surcolombiano en investigación en café “CESURCAFÉ” de la universidad surcolombiana por ayudarme en todo lo que necesite durante todo el proceso.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	- 10 -
SUMMARY	- 11 -
1. INTRODUCCIÓN	- 12 -
2. OBJETIVOS	- 13 -
2.1. OBJETIVOS GENERAL.....	- 13 -
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	- 13 -
3. REVISIÓN DE LA LITERATURA	- 14 -
3.1. GENERALIDADES DE LA INDUSTRIA DEL CAFÉ ENCAPSULADO.....	- 14 -
3.1.1. <i>EL MERCADO DEL CAFÉ ENCAPSULADO</i>	- 14 -
3.1.2. <i>CAFETERAS MONODOSIS O DE CAPSULAS</i>	- 15 -
3.1.3. <i>TIPOS DE CAPSULAS</i>	- 15 -
3.1.4. <i>ENTRADA DE LAS CAPSULAS DE CAFÉ A COLOMBIA</i>	- 16 -
3.2. DEL CAFÉ VERDE AL TOSTADO Y MOLIDO	- 17 -
3.2.1. <i>PROCEDIMIENTO EN EL LABORATORIO PARA UNA MUESTRA DE CAFÉ</i> ..	- 17 -
3.2.2. <i>TOSTIÓN DE LA MUESTRA</i>	- 18 -
3.2.3. <i>MOLIENDA DE LA MUESTRA</i>	- 18 -
3.2.4. <i>ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS</i>	- 19 -
3.2.5. <i>DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD (NTC 2558)</i>	- 20 -
3.2.6. <i>DETERMINACIÓN DE LA EXTRACCIÓN Y DE LOS SÓLIDOS SOLUBLES EN LA BEBIDA (NTC 4602)</i>	- 20 -
3.2.7. <i>DETERMINACIÓN DEL GRADO DE TOSTIÓN (NTC 2442)</i>	- 20 -
3.2.8. <i>DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DE PARTÍCULA (NTC 2441 Y ISO 13320)</i> -	20 -
3.2.9. <i>DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD POR COMPACTACIÓN DEL CAFÉ TOSTADO Y MOLIDO</i>	- 22 -
4. METODOLOGÍA	- 22 -
4.1. LOCALIZACIÓN	- 22 -
4.2. POBLACIÓN Y MUESTRAS.....	- 22 -
4.3. VARIABLES.....	- 23 -
4.4. MATERIALES E INSTRUMENTOS	- 23 -
4.4.1. <i>EQUIPOS PARA PROCESAR EL CAFÉ (PLANTA)</i>	- 23 -
4.4.2. <i>EQUIPOS PARA ANALIZAR EL CAFÉ (LABORATORIO)</i>	- 23 -
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	- 25 -
5.1. MUESTRAS DEL LABORATORIO	- 25 -
5.1.1. <i>ANÁLISIS FÍSICOS A LA MUESTRA DE CAFÉ VERDE</i>	- 25 -
5.1.2. <i>TOSTIÓN DE LA MUESTRA</i>	- 25 -
5.1.3. <i>MOLIENDA DE LA MUESTRA</i>	- 26 -
5.1.4. <i>DETERMINACIÓN DEL GRADO DE TOSTIÓN (NTC 2442)</i>	- 30 -
5.1.5. <i>DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD POR COMPACTACIÓN DEL CAFÉ TOSTADO Y MOLIDO (NTC 4084)</i>	- 31 -
5.1.6. <i>MORFOLOGÍA DE LAS PARTÍCULAS OBSERVADAS EN EL MICROSCOPIO</i> .	- 32 -
5.2. MUESTRAS COMERCIALES	- 32 -

5.2.1. <i>MOLIENDA DE LA MUESTRA</i>	- 33 -
5.2.2. <i>DETERMINACIÓN DEL GRADO DE TOSTIÓN (NTC 2441)</i>	- 34 -
5.2.3. <i>DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE COMPACTACIÓN DEL CAFÉ TOSTADO Y MOLIDO</i>	- 34 -
5.2.4. <i>MORFOLOGÍA DE LAS PARTÍCULAS OBSERVADAS EN EL MICROSCOPIO</i> .	- 35 -
5.3. <i>ENCAPSULACIÓN DE LAS MUESTRAS</i>	- 35 -
6. PROGRAMA DESARROLLADO PARA LA ORGANIZACIÓN DE LOS PROCESOS EN LA PLANTA	- 37 -
7. CONCLUSIONES	- 40 -
8. RECOMENDACIONES	- 40 -
9. BIBLIOGRAFÍA	- 41 -
10. ANEXOS	- 43 -

LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Comportamiento de las capsulas monodosis según la revista ARAL 2013	- 15 -
Tabla 2. Clasificación de la molienda y métodos recomendados de preparación del café	- 19 -
Tabla 3. Muestras analizadas en la investigación	- 22 -
Tabla 4. Datos de torrefacción de la Muestra 1	- 25 -
Tabla 5. Datos de torrefacción de la Muestra 2	- 25 -
Tabla 6. Datos de torrefacción de la Muestra 3	- 25 -
Tabla 7. Rendimiento de la muestra al tostar	- 26 -
Tabla 8. Percentiles del tamaño de partícula de las muestras preparadas en el laboratorio	- 27 -
Tabla 9. Calculo de las variables % acumulado, diferencia y % retenido para la muestra dieciséis (16).....	- 28 -
Tabla 10. Calculo de las variables % acumulado, diferencia y % retenido para la muestra sesenta y siete (67)	- 29 -
Tabla 11. Grado de tostión por luminancia de las muestras de laboratorio	- 31 -
Tabla 12. Determinación de la densidad por compactación para el café tostado y molido de las muestras dieciséis (16) y setenta y siete (77)	- 31 -
Tabla 13. Percentiles del tamaño de partícula de las muestras comerciales-	33 -
Tabla 14. Calculo de las variables % acumulado, diferencia y % retenido para la muestra Livanto	- 33 -
Tabla 15. Grado de tostión por luminancia de las muestras comerciales...	- 34 -
Tabla 16. Determinación de la densidad por compactación para el café tostado y molido de las muestras comerciales	- 35 -
Tabla 17. Ensayos de encapsulación a diferentes densidades y niveles de molienda.....	- 36 -

LISTA DE FIGURAS

Pág.

Figura 1. Modelo de cafetera monodosis o de capsulas	- 15 -
Figura 2. Capsulas de aluminio	- 16 -
Figura 3. Capsulas de polipropileno.....	- 16 -
Figura 4. Procedimiento en el laboratorio para una muestra de café verde o almendra	- 18 -
Figura 5. Análisis físicos químicos para el café	- 19 -
Figura 6. Patrón de dispersión para dos partículas esféricas: el patrón generador de partículas a) es dos veces más Grande como el patrón generador b).....	- 21 -
Figura 7. Localización de la ciudad de Neiva-Huila-Colombia.....	- 22 -
Figura 8. Curva de tosti3n para la Muestra 3	- 26 -
Figura 9. Forma como se carg3 el café en la tolva del molino para las muestras del laboratorio	- 27 -
Figura 10. Granulometr3a por tamices, Muestra diecisis (16)	- 28 -
Figura 11. . Granulometr3a por tamices, Muestra sesenta y siete (67)	- 30 -
Figura 12. Comportamiento de la luminancia en la torrefacci3n.....	- 31 -
Figura 13. Morfolog3a de la poblaci3n de las muestras de laboratorio	- 32 -
Figura 14. Morfolog3a de las muestras de laboratorio	- 32 -
Figura 15. Granulometr3a por tamices, Muestra diecisis Livanto	- 34 -
Figura 16. Morfolog3a de las muestras comerciales	- 35 -
Figura 17. Morfolog3a en poblaci3n de las muestras comerciales.....	- 35 -
Figura 18. Encapsuladora manual, prototipo de laboratorio	- 36 -
Figura 19. Opciones de los datos del proveedor por el programa.....	- 37 -
Figura 20. Opciones de agregar las propiedades f3sicas para cada caficultor....	- 38 -
Figura 21. Opciones para agregar el an3lisis sensorial para cada café del caficultor	- 38 -
Figura 22. Opciones para los parámetros de las tostadoras	- 39 -
Figura 23. Opciones finales de los parámetros de final de la tosti3n; grado de tosti3n, tiempos de tosti3n, temperatura de equilibrio y peso final de tosti3n	- 39 -

RESUMEN

Este trabajo de grado tuvo como objetivo caracterizar granulométricamente el café tostado y molido con destino a ser encapsulado, se realizaron quince (15) análisis de tamaño de partícula por el método de difracción laser en seco en el equipo Mastersizer 3000. Además se caracterizó diferentes propiedades físicas al café encapsulado comercialmente y al café procesado en la instalaciones de la planta procesadora de café “AGROINDUSTRIA DE LOS ANDES COLOMBIANOS COFFEE – ANDES SAS” ubicadas en la antigua zona industrial de Neiva.

La finalidad del proyecto era determinar el nivel de molienda para el café encapsulado y algunos parámetros físicos en el café comercial. Para esta investigación se tomaron diferentes muestras de café capsulado de las empresas comerciales “NESPRESSO” y “OQUENDO”, los análisis granulométricos por difracción laser de las muestras se llevaron a una empresa privada y la determinación de las propiedades físicas en los laboratorios de la planta de café “COFFEE ANDES” y el centro Surcolombiano en investigación en café “CESURCAFÉ” de la universidad surcolombiana. También se procesaron muestras de café tostado y molido procesada en la empresa y se desarrollaron los mismos análisis.

Al final se empacó el café en capsulas compatibles con máquinas NESPRESSO llevándose a cabo diferentes resultados en la extracción.

Palabras claves: Granulometría del café tostado y molido, Nivel de tosti3n, café encapsulado.

SUMMARY

This work aimed to characterize granulometrically roasted and ground coffee to be encapsulated, fifteen (15) particle size analyzes were performed by the dry laser diffraction method in the Mastersizer 3000. In addition, different properties were characterized Physical characteristics to commercially encapsulated coffee and processed coffee in the coffee processing plant "AGROINDUSTRIA DE LOS ANDES COLOMBIANOS COFFEE - ANDES SAS" located in the former industrial zone of Neiva.

The purpose of the project was to determine the level of grinding for encapsulated coffee and some physical parameters in commercial coffee. For this investigation, different samples of capped coffee were taken from commercial companies "NESPRESSO" and "OQUENDO", the granulometric analyzes by laser diffraction of the samples were carried out in the private company and The determination of physical properties in the laboratories of the "COFFEE ANDES" coffee plant and the Surcolombian coffee research center "CESURCAFÉ" of the Surcolombian University. Samples of roasted and ground coffee processed in the company were also processed and the same analyzes were carried out.

At the end, the coffee was packed in capsules compatible with NESPRESSO machines, with different extraction results.

Key words: Granulometry of roasted and ground coffee, Roasting level, encapsulated coffee.

1. INTRODUCCIÓN

El estudio de las propiedades físicas del café tostado y molido no sólo tiene aplicaciones en el manejo, el transporte y el almacenamiento debido a sus características de cohesión y segregación, Sino también se ha encontrado entre otros aspectos, que el tamaño de las partículas tiene una marcada influencia sobre el proceso de preparación de una bebida de café de buenas características organolépticas. (Guevara Barreto & Castaño Castrillon, 2005). Una forma que tienen los fabricantes de cápsulas para obtener sabores y cuerpos distintos es jugar con las composiciones del café, los grados de torrefacción, el grado de molienda y la densidad del café dentro de la cápsula, entre otras. No por ello el café tendrá más o menos cafeína, porque el cuerpo e intensidad del café provienen de los aromas creados en la torrefacción, los aceites arrastrados, los sólidos en suspensión y el grado de extracción logrado por la máquina, pero no de la cafeína. (Teixido, 2014).

Para esta investigación nos basamos en un tipo de preparación del café; ESPRESSO, bebida originaria de Italia donde se ha ubicado como uno de los mejores métodos para consumirlo. Actualmente el espresso se puede preparar en cafeteras de capsulas, uno de los problemas de producción es la granulometría del café debido. El objetivo del proyecto es caracterizar granulométricamente el café tostado y molido por medio de la metodología de la distracción laser. En la preparación de cualquier bebida de café el grado de molienda o tamaño de partículas es un factor que ejerce una marcada influencia, puesto a que debe estar acorde con el tipo de extracción que va a utilizarse con el fin de que los compuestos solubles sean extraídos en la proporción adecuada. (Guevara Barreto & Castaño Castrillon, 2004). La medición de la distribución del tamaño de partícula en el café es una de las operaciones más comunes con el fin de supervisar la consistencia del café. Tradicionalmente las mediciones del tamaño han sido llevada a cabo utilizando lo tamices como lo menciona la norma técnica colombiana 2441. Aunque este método no mide el tamaño real cuando las partículas se someten a una molienda fina, puesto que presenta diferentes problemas como la obstrucción de los tamices debido a las diferentes fuerzas de adhesión por los aceites presentados en el café, también por la limpieza de los mismos no contemplados en la metodología. (Guevara Barreto & Castaño Castrillon, 2005)

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVOS GENERAL

- Determinar cuáles son las características físicas del café encapsulado con el fin de parametrizar procesos industriales.
- Probar diferentes métodos de encapsulación para hallar la mejor extracción cualitativamente.
- organizar, mejorar y crear un programa que lleve todos los procesos en la planta de café organizadamente.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar las características colorimétricas para el café tostado y molido con el fin de determinar el grado de tuestión de las capsulas Nespresso.
- Realizar un análisis granulométrico y hallar la densidad de café introducida en cada capsula de las compañías Nespresso y Oquendo.
- Determinar en las diferentes modelos de capsulas el mejor comportamiento de la extracción del café en las maquinas Nespresso.
- Determinar el procedimiento para desarrollar en una planta encapsuladora de café todos los parámetros para crear una capsula.

3. REVISIÓN DE LA LITERATURA

En esta parte del informe se tomarán temas de las generalidades del café encapsulado, también se presentará algunos de los procesos realizados y otros que se pueden implementar a un futuro por parte de la planta procesadora de café encapsulado.

3.1. GENERALIDADES DE LA INDUSTRIA DEL CAFÉ ENCAPSULADO

Limpio, cómodo, sencillo y de calidad, así se anuncia el café en cápsulas, un sistema que, aunque inventado hace muchos años, en el último lustro ha revolucionado el consumo de café hasta el punto, aseguran algunos expertos, de estar cambiando la forma de ver y sentir el café en el mundo entero. Las cápsulas han propiciado la entrada del café Espresso en el hogar y millones de consumidores han descubierto que existen diferentes orígenes del café y que degustar una buena taza en casa, “como la del bar” es posible. Entre las principales ventajas que subrayan los entusiastas de las cápsulas destacan la comodidad y calidad, así como la posibilidad de disfrutar de una regularidad continua de taza en taza sin necesidad de preocuparse por la molienda, la conservación o la limpieza de los restos de café molido y empapado, entre otras. Por el contrario, los escépticos o directamente contrarios, aseguran que este sistema lleva al traste todo el ritual del café y que lejos de diversificar la taza, la limita a una estandarización que, aunque amplia, no permite al usuario crear su propia mezcla. (Cuadras, 2011)

3.1.1. EL MERCADO DEL CAFÉ ENCAPSULADO

El mercado del café se ha mantenido estable a lo largo de los años en España, pero en la última década se han producido ciertos cambios en la tendencia de su consumo. Mientras anteriormente el consumo preferente se producía fuera de casa, en establecimientos como bares o cafeterías, actualmente las pautas de consumo en España se caracterizan por tomar el café en casa y utilizando cápsulas monodosis de distintos tipos en cafeteras. (López & Pujol, 2015)

Según la revista ARAL (Tabla 1), el segmento que está tirando del resto de categorías o presentaciones del café es el de las cápsulas monodosis que se ha convertido ya en el segundo en valor con una participación superior al 28% (205,7 millones de euros) tras crecer un 26,2% en el período analizado 2012 y 2013. Posicionándose muy cerca del café molido, que sigue siendo el segmento principal de la categoría con el 32,3% del total del valor de ventas (236,5 millones de euros) pero con un decrecimiento el 0,2% (ARAI, 2013)

MERCADO DE CAFÉ POR SEGMENTOS								
Categoría	Valor 2012	Valor 2013	Cuota	Incremento	Volumen 2012	Volumen 2013	Cuota	Variación
Molido	237.045.504	236.503.792	32,3%	-0,2%	37.072.608	37.114.780	56,1%	+0,1%
Cáp. monodosis	163.054.880	205.753.920	28,1%	+26,2%	4.552.732	5.834.758	8,8%	+28,1%
Descafeinado	146.865.008	142.990.384	19,5%	-2,6%	12.690.931	12.609.268	19%	-0,6%
Soluble	105.512.136	103.972.592	14,2%	-1,4%	5.367.154	5.502.289	8,3%	+2,5%
En grano	22.908.802	23.388.376	3,2%	+0,2%	3.264.904	3.327.197	5%	+1,9%
Sucedáneos	19.116.818	19.192.800	2,6%	+0,4%	1.781.744	1.804.923	2,7%	+1,3%
TOTAL	694.503.168	731.801.856	100%	+5,3%	64.730.076	66.193.216	100%	+2,2%

Tabla 1. Comportamiento de las capsulas monodosis según la revista ARAL 2013

3.1.2. CAFETERAS MONODOSIS O DE CAPSULAS

Se trata de una adaptación de las cafeteras espresso como lo muestra la (Figura 1), en las que se suprime el filtro donde se carga el café por una cápsula individual, que hace las veces de filtro. Esta cápsula es monodosis, una vez usada se reemplaza por otra. Hay diversos modelos pero su funcionamiento es similar. La diferencia entre unos modelos y otros se basa en la temperatura y la presión a la que se prepara la infusión. Para prepararla, se introduce la cápsula en el orificio, se pulsa el botón y el café se obtiene automáticamente. Como la cafetera espresso, calienta y comprime el agua, abriéndose una válvula que permite el paso del agua vaporizada por la cápsula durante unos 20 s. Requiere un café molido muy fino y bien compactado, normalmente de calidad alta, pero la dosificación media es menor que en las cafeteras espresso, 6 g/taza aunque depende del sistema de la cafetera. La infusión resultante es muy aromática, densa y presenta una capa de espuma característica en la parte superior. (Clemente, 2012)



Figura 1. Modelo de cafetera monodosis o de capsulas

3.1.3. TIPOS DE CAPSULAS

El mercado ofrece gran cantidad de formatos diferentes de cápsulas, en su gran mayoría, para trabajar con una máquina de café en concreto. Esta

capacidad de uso es la principal diferencia entre unas y otras, así como su material de fabricación.

- **Capsula de aluminio:** El café se presenta en cápsulas de aluminio con forma de pequeño cuenco selladas con una capa fina del mismo material. En su interior, el café es aislado de las paredes del contenedor con una fina película plástica, totalmente inocua, que limita el contacto entre el producto y el aluminio de la cápsula. Las cápsulas de este tipo no permiten ver el café almacenado (Figura 2).



Figura 2. Capsulas de aluminio

- **Capsula de plástico:** Existen diferentes tipos, según el tipo de plástico utilizado, que en todos los casos es apto para uso alimentario. Las cápsulas de este material, técnicamente más avanzadas, son las denominadas cápsulas Biodé, fabricadas con polipropileno biodegradable, un plástico de alta calidad, resistente al calor y que se descompone sin contaminar. Ecológicamente, hablando, el problema de algunas de estas cápsulas es que el envoltorio no es biodegradable, ya que su composición, para garantizar la total protección de la cápsula, no permite, por el momento, utilizar materiales biodegradables (Figura 3).



Figura 3. Capsulas de polipropileno

3.1.4. ENTRADA DE LAS CAPSULAS DE CAFÉ A COLOMBIA

Cerca de 320 boutique de Nespresso operan alrededor del mundo, aproximadamente 60 países del mundo cuenta con este mercado de monodosis, solo 4 países de Sudamérica cuenta con tiendas de café encapsulado; Brasil, Chile, Argentina desde el 2009 y Colombia desde el 2014, donde Bogotá fue la primera ciudad de tener este tipo de tiendas, anteriormente solo eran vendidas por internet. *“Hoy en día, las únicas vías que tiene Colombia para distinguirse del resto del café del mundo son la calidad, para lo cual se trabajando en cultivos tipo Triple AAA; y con innovación, como*

las cápsulas de café, donde la materia prima colombiana tiene una destacada participación”, Dijo Jean-Marc Duvoisin. (Díaz, 2014)

Es decir que la tecnología de las capsulas de café para Colombia es Nueva, por lo cual es una gran oportunidad para las empresas que quieran entrar al mercado de las monodosis de café de alta calidad.

3.2. DEL CAFÉ VERDE AL TOSTADO Y MOLIDO

En este capítulo se describirá algunos procesos realizados en la industria de procesos para el café; desde la llegada de la muestra de café pergamino seco hasta obtener un café molido y tostado para ser encapsulado.

3.2.1. PROCEDIMIENTO EN EL LABORATORIO PARA UNA MUESTRA DE CAFÉ

En cualquier planta procesadora de café se necesitan ciertos protocolos o procedimientos para toda la materia prima que ingresa, para esto existen diferentes pruebas de laboratorio que se le hacen al café. Todas estas pruebas de laboratorio están regidas por normas nacionales e internacionales. Normas Nacionales como la Norma Técnica Colombiana (NTC) e internacionales como la International Standarization Organization (ISO) que cuenta con apartados para hacer un análisis de calidad al café verde o pergamino como lo son:

- Análisis preliminares en lugar de la compra, (NTC 3509).
- Muestreo, (NTC 2312, NTC 2323).
- Examen visual y olfativo, (NTC 2324).
- Infestación, (ISO 6667).
- Humedad, (NTC 2325).
- Densidad, (4606).
- Tamaño, (ISO 4150, ISO 3310).
- Análisis sensorial, (NTC 2758 y NTC 3566).
- Entre otras.

Según el Vademécum del tostador colombiano, el procedimiento que se le debe dar a una muestra de café verde o almendra es el siguiente (Figura 4):

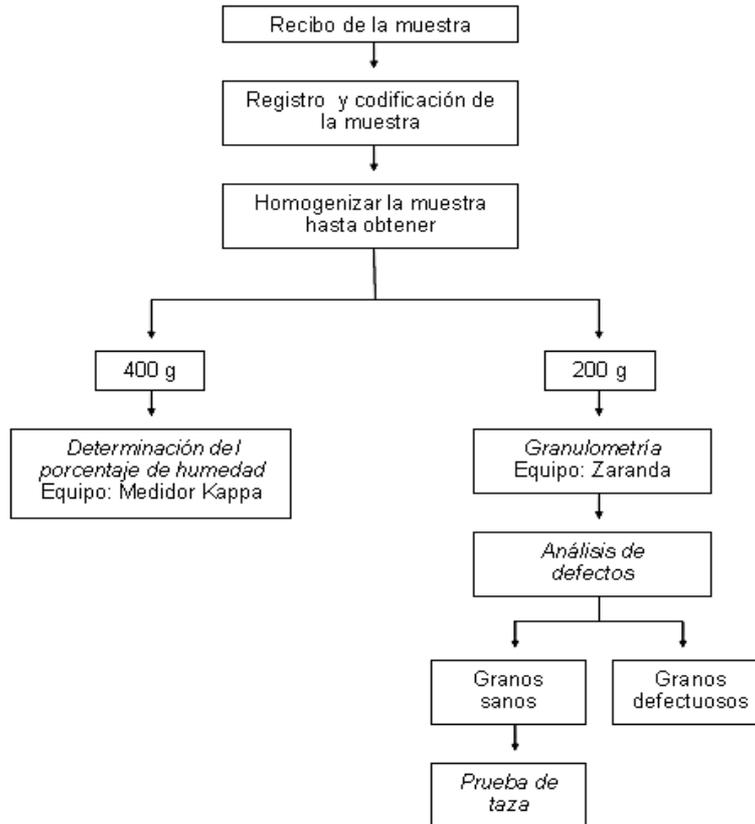


Figura 4. Procedimiento en el laboratorio para una muestra de café verde o almendra

3.2.2. TOSTIÓN DE LA MUESTRA

La torrefacción de los granos de café verde se realiza esencialmente en tres etapas. A medida que la temperatura de los granos de café es aumentada por acción del calor, estos primero se secan, luego se tuestan y posteriormente se apagan o enfrían. La primera etapa es el secado de los granos de café verde, la cual normalmente toma el 80% del tiempo total de la torrefacción a temperaturas que van de los 125°C a los 187°C. En la segunda etapa, ocurre la pirolisis (fragmentación térmica de las moléculas grandes en ausencia de oxígeno) en el grano de café. Esta consiste en una reacción exotérmica espontánea que ocurre internamente en el grano a altas temperaturas en un periodo de tiempo aproximado inferior a un minuto y se caracteriza por la crepitación de los granos de café. Esta etapa depende de hasta donde se quiera llevar el proceso de pirolisis (el grado de tuestión deseado). Se presenta entonces un aumento de la energía calorífica del sistema, debido al carácter exotérmico de las reacciones, alcanzando temperaturas cercanas a 200°C. (Federación nacional de cafeteros, 2006)

3.2.3. MOLIENDA DE LA MUESTRA

El café tostado y molido se halla clasificado en tres grados de molienda, de acuerdo con la Norma Técnica colombiana (NTC 3534) ver (Tabla 2). Cada molienda es recomendada para diferentes técnicas de preparación, teniendo en cuenta el tiempo de contacto entre el agua y el café. (Guevara Barreto & Castaño Castrillon, 2005)

Molienda	Díámetro medio (μm)	Coefficiente de uniformidad	Preparación	Tiempo (min.)
Gruesa	701–900	> 2,5	Ollas, pistón, percolador	6 – 9
Media	501–700	> 3,0	Colador de tela, filtros de papel, greca, goteo.	4 – 6
Fina	350–500	> 3,8	<i>Espresso</i> doméstico e institucional	0,5 – 4

Tabla 2. Clasificación de la molienda y métodos recomendados de preparación del café

De esta forma, para métodos de preparación con tiempos de contacto cortos deben utilizarse partículas finas y para tiempos de contacto largos, partículas más gruesas, como se presenta en las columnas 4 y 5 de la Tabla 2. Para el espresso se considera que la molienda adecuada es fina, por lo cual las diferentes muestras que se encapsularon todas fueron tamaño de partículas finas.

3.2.4. ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS

Los análisis fisicoquímicos son de gran importancia para el procesamiento del café, con ello tenemos respuestas cuantitativamente para proceder de la mejor manera. algunos parametros ver (Figura 5) ayudan a la reproducibilidad de los productos comercializados, es decir tenemos que garantizar que nuestros procesos son los mismos en cada uno de los productos finales.



Figura 5. Análisis físicos químicos para el café

3.2.5. DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD (NTC 2558)

La humedad del café pergamino es un factor determinante en el proceso de comercialización, de gran importancia en la conservación de sus características físicas, sensoriales e inocuidad. Para el café y otros granos, se ha definido el rango de humedad entre el 10% y el 12%, como un intervalo en el cual el producto conserva sus características para la comercialización. Para determinar la Humedad del café verde.

3.2.6. DETERMINACIÓN DE LA EXTRACCIÓN Y DE LOS SÓLIDOS SOLUBLES EN LA BEBIDA (NTC 4602)

La lixiviación es una operación unitaria que consiste en la extracción de los componentes solubles contenidos en una matriz sólida, por medio de un solvente líquido. En la preparación de la bebida de café los compuestos solubles del café tostado y molido son extraídos con agua caliente. Uno de los factores de apreciar en la determinación de la calidad del café es la concentración de sólidos solubles en la bebida, los cuales contribuyen significativamente al sabor y las otras características sensoriales de la taza. La extracción de los sólidos solubles del café está determinada por el grado de molienda, tiempo de contacto agua-café, temperatura y presión del agua de preparación. (Almeida & Luna, 2006).

Para la determinar los sólidos solubles (Anexo 1), según el vademécum del tostador colombiano. Pero esta prueba no se determinó en esta investigación, para futuras investigaciones será muy importante para la empresa.

3.2.7. DETERMINACIÓN DEL GRADO DE TOSTIÓN (NTC 2442)

Este parámetro es uno de los más importantes en la industria del café, ya que en la tostión se crea todos los aromas, fragancias y sabores. El café verde puede que tenga excelentes características pero si la tostión no es la adecuada ese café se echa a perder. Es por ello que el grado de tostión es importante para caracterizar los procesos, existen tostión baja, media y alta cualitativamente pero hoy en día se desarrolla cualitativamente gracias a equipos que miden estos parámetros entregándolos en unidades de luminancia (°L) o Agron. Para esta investigación se tomó como referencia la Norma técnica colombiana (NTC 2442) consignada (Anexo 2) un resumen dado por el vademécum del tostador colombiano.

3.2.8. DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DE PARTÍCULA (NTC 2441 Y ISO 13320)

Se realizaron dos métodos para determinar el tamaño de las partículas del café molido.

El primero es utilizando la metodología de la Norma Técnica Colombiana 2441 (NTC 2441), que mide el tamaño de las partículas con respecto a un área retenida por medio de tamices, la cual especifica en el numeral 5 la preparación de la muestra.

El segundo método utilizado está basado en la norma (ISO-13320), Debido a que la norma técnica colombiana 2441 no es recomendable para medir tamaño de partículas finos en el café tostado y molido (Guevara Barreto &

Castaño Castrillon, 2004), se utilizó el equipo mastersizer 3000 que mide el tamaño del café con respecto al volumen de una esfera, la cual se especifica en el numeral 6.2.2.

Para determinar el tamaño de las partículas por la norma ISO-13320.

Se consignó un resumen según lo publicado en el vademécum del tostador colombiano

3.2.8.1. NORMA TÉCNICA COLOMBIANA (NTC 2441)

Consiste en caracterizar granulométricamente el tamaño de partícula del café tostado y molido, empleando tamices accionados por un aparato roto golpeador. Se desarrolló de acuerdo a las Normas técnicas colombianas (NTC 2441), el resumen de la norma se tomó del vademécum del tostador colombiano. (Anexo 3)

3.2.8.2. INTERNATIONAL STANDARIZATION ORGANIZATION (ISO 13320)

Una muestra, dispersada a una concentración adecuada en un líquido o gas adecuado, se hace pasar a través del haz de un Fuente de luz monocromática, usualmente un láser. La luz es dispersada por las partículas, en varios ángulos, es Medido por detectores de elementos múltiples, y se registran valores numéricos relativos al patrón de dispersión para su Análisis posterior. Estos valores de dispersión numérica se transforman utilizando una óptica apropiada Modelo y procedimiento matemático, para producir la proporción del volumen total de partículas a una discreta Número de clases de tamaño que forman una distribución volumétrica del tamaño de partícula "Particle size distribution" (PSD). La técnica de difracción láser para la determinación de PSD se basa en el fenómeno de que las partículas Dispersa la luz en todas las direcciones con un patrón de intensidad que depende del tamaño de partícula. La (Figura 6) ilustra esta Dependencia en los patrones de dispersión para dos tamaños de partículas esféricas. Además del tamaño de partícula, la partícula Forma y las propiedades ópticas del material particulado influyendo en el patrón de dispersión. (International standard , 2009)

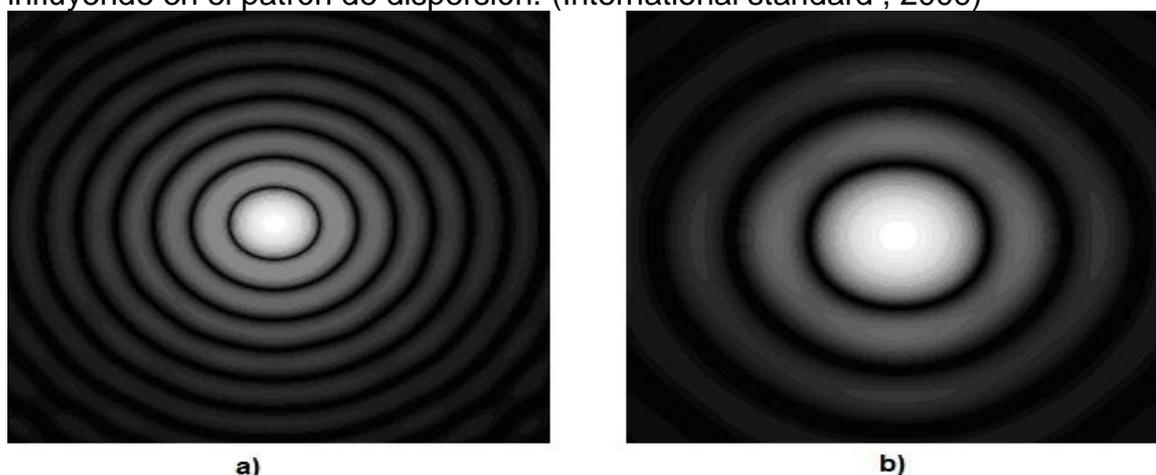


Figura 6. Patrón de dispersión para dos partículas esféricas: el patrón generador de partículas a) es dos veces más Grande como el patrón generador b)

3.2.9. DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD POR COMPACTACIÓN DEL CAFÉ TOSTADO Y MOLIDO

Es la relación de masa de café tostado y molido al volumen ocupado por esta (masa por unidad de volumen) después de ser sometida a un número fijo de golpes bajo las condiciones especificadas. Se estipulo de acuerdo al resumen del informe vademécum del tostador colombiano (Anexo 4)

4. METODOLOGÍA

4.1. LOCALIZACIÓN

Esta investigación se desarrolló en dos lugares del Municipio de Neiva, departamento del Huila, País Colombia (Figura 7); En la fábrica “AGROINDUSTRIA DE LOS ANDES COLOMBIANOS – COFFEE ANDES SAS” y el centro Surcolombiano en investigación en café “CESURCAFÉ” de la universidad surcolombiana.



Figura 7. Localización de la ciudad de Neiva-Huila-Colombia

4.2. POBLACIÓN Y MUESTRAS

La población que se analizó son los diferentes cafés de la región del Huila sin importar la procedencia altimétrica, variables agroecológicas y variedades; ya que la materia fina se procesó por molinos la cual no distingue entre estas variables que no se tomaron en cuenta. También se analizó muestras comerciales de café encapsulado de la compañía Nespresso y Oquendo (Tabla 3).

Tabla 3. Muestras analizadas en la investigación

MUESTRAS	PROCEDENCIA	OBSERVACIONES
Colombia 1	Laboratorio	
Colombia 2	Laboratorio	
Café Hobo	Laboratorio	Molido Una vez por el Nivel 9
56	Laboratorio	Molido primero por el nivel 5 y luego por el 6
66	Laboratorio	Molido dos veces por el nivel 6
67	Laboratorio	Molido primero por el nivel 6 y

77	Laboratorio	luego por el 7 Molido dos veces por el nivel 7
16	Laboratorio	Molido primero por el nivel 1 y luego por el 6 sin que el paso afecte
TM-50	Laboratorio	Café retenido entre la malla No. 50 y No. 40
España Etiopia	Comercial	Compañía Oquendo
España Colombia	Comercial	Compañía Oquendo
Espresso Volluto	Comercial	Compañía Nespresso
Espresso Arpeggio	Comercial	Compañía Nespresso
Espresso Capriccio	Comercial	Compañía Nespresso
Espresso Ristretto 1	Comercial	Compañía Nespresso
Espresso Ristretto 2	Comercial	Compañía Nespresso

4.3. VARIABLES

Las siguientes variables fueron objeto de investigación:

- El tamaño de las partículas en micras medidas por la densidad de volumen en porcentaje, para luego ser relacionadas con el nivel de molienda de las muestras preparadas en el laboratorio para poder predecir que molienda es la más aproximada a las muestras comerciales.
- El grado de tostión medidas en luminancia ($^{\circ}L$), de las muestras comerciales para relacionarlas con las muestras de laboratorios.
- Densidad de compactación de las muestras tostadas y molidas con el fin de determinar contenidos de café en las capsulas para una mejor rentabilidad.

4.4. MATERIALES E INSTRUMENTOS

4.4.1. EQUIPOS PARA PROCESAR EL CAFÉ (PLANTA)

- Equipo para procesar el café:
 - Tostadora automática Marca QuantiK, modelo JD10000AG.
 - Molino auto refrigerado Marca MAGRA, Modelo GPX.WCI.
 - Unidad de trilla Marca INGECSEC, Modelo ING-UT-80.

4.4.2. EQUIPOS PARA ANALIZAR EL CAFÉ (LABORATORIO)

- Determinación de la humedad del café verde.
 - Balanza con resolución de 0,1 gramos.
 - Analizador de humedad GEHAKA G600i.
- Determinación del tamaño de partícula de café tostado y molido por tamices:
 - Balanza con resolución 0,1 gramos.
 - Tamices de varios tamaños según lo establecido por la norma NTC 32, NTC 4859 y NTC 5086.

- Equipo para tamizar roto golpeador.
 - Divisor de muestras (cuarteador).
- Determinación del tamaño de partícula de café tostado y molido por difracción laser.
- Mastersizer 3000 de Malvern Instruments.
 - Frasco de plástico para enviar las muestras.
- Determinación del grado de tosti3n:
- Colorímetro digital, la referencia utilizada es Konica Minolta (CR-410) con las mismas características especificadas en la NTC- 2442.
 - Caja Petri.
 - Molino para café.
 - Tostadora para Café.
- Determinación del rendimiento o pérdida de peso al tostar:
- Balanza con resolución 0,1 gramos.
 - Recipientes.
- Determinación de la densidad de compactación del café tostado y molido:
- Analizador volumétrico VU-80 de industrias QuantiK.
 - Probetas de 250 ml y 100 ml.
 - Balanza con resolución 0,1 gramos.
- Equipo para procesar el café:
- Tostadora automática JD10000AG QuantiK (GRANDE).
 - Molino auto refrigerado GPX.WCI.
 - Unidad de trilla Modelo ING-UT-80.
- Morfología de las partículas de café tostado y molido
- Microscopio triangular modelo CH-30 marca OLIMPUS CHZ.
 - Porta objetos para el microscopio.

Todos los materiales e instrumentos pertenecen a la Empresa (COFFEE ANDES), al laboratorio (CESURCAFÉ) de la universidad surcolombiana.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. MUESTRAS DEL LABORATORIO

Son todas aquellas muestras procesadas en el laboratorio con el fin de determinar los parámetros de tostión, nivel de molienda, densidad por compactación para ser comparadas con las capsulas de las compañías comerciales.

5.1.1. ANÁLISIS FÍSICOS A LA MUESTRA DE CAFÉ VERDE

- **Humedad:** la humedad se determinó de acuerdo a la Norma técnica colombiana (NTC 2558), Encontrándose la muestra en 12% en el equipo GEHAKA G600i.
- **Factor de rendimiento:** se obtuvo 41,54 kilogramos de café verde a partir de 50 kilogramos de café pergamino seco; es decir que el factor de reducción es 17%.

5.1.2. TOSTIÓN DE LA MUESTRA

1.1.1.1. PARÁMETROS DE TOSTIÓN PARA LA TOSTADORA

Se tostaron 3 muestras de 10 kilogramos en la tostadora QuantiK modelo JD10000AG con una configuración automática presentada en la (Tabla 4), (Tabla 5) y (Tabla 6).

Tabla 4. Datos de torrefacción de la Muestra 1

PROCESOS	TEMPERATURA (°C)	POTENCIA (%)
Pre calentamiento	200	70
Equilibrio	91*	40
Crepitación	170	70
Final	200	60
Tiempo Total de Tostión		28,54 minutos

*temperatura hallada por la tostadora.

Tabla 5. Datos de torrefacción de la Muestra 2

PROCESOS	TEMPERATURA (°C)	POTENCIA (%)
Pre calentamiento	200	70
Equilibrio	98*	40
Crepitación	170	70
Final	185	60
Tiempo Total de Tostión		27,50 minutos

*temperatura hallada por la tostadora.

Tabla 6. Datos de torrefacción de la Muestra 3

PROCESOS	TEMPERATURA (°C)	POTENCIA (%)
Pre calentamiento	200	70
Equilibrio	84*	40
Crepitación	170	70
Final	180	60
Tiempo Total de Tostión		26,50 minutos

*temperatura hallada por la tostadora.

5.1.2.1. CURVAS DE TOSTIÓN

Las curvas de tostión se visualizaron en monitor de la tostadora, en la (Figura 8) se observa el comportamiento de la temperatura con respecto al tiempo de la muestra 3.

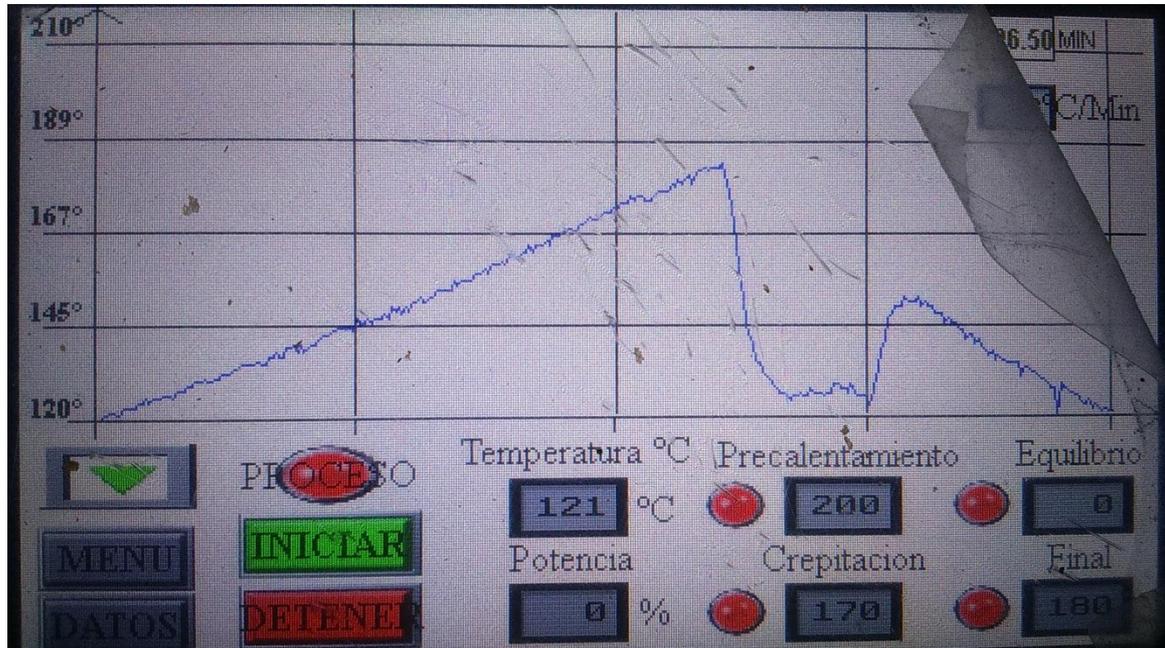


Figura 8. Curva de tostión para la Muestra 3

5.1.2.2. FACTOR DE RENDIMIENTO

Se determinó el porcentaje de pérdida en el café tostado con el fin de determinar los rendimientos (Tabla 7).

Tabla 7. Rendimiento de la muestra al tostar

Muestra	Masa inicial (Kg)	Masa final (Kg)	Perdida (%)	Rendimiento (%)
1	10	7,93	26	74
2	10	8,356	20	80
3	10	8,4	19	81

5.1.3. MOLIENDA DE LA MUESTRA

Se molió 9 Muestras de café preparadas en el laboratorio en el molino de la fábrica de 1 kilogramo cada muestra como lo indica la (Figura 9).

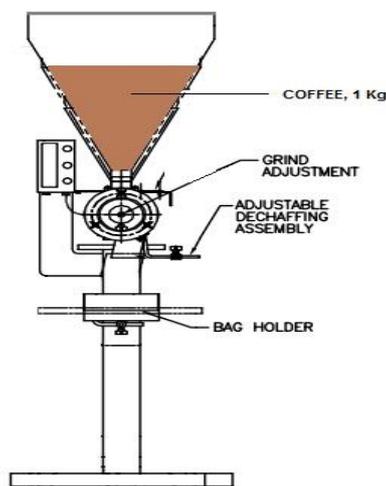


Figura 9. Forma como se cargó el café en la tolva del molino para las muestras del laboratorio

1.1.1.1. DETERMINACIÓN DE LA GRANULOMETRÍA DEL CAFÉ TOSTADO Y MOLIDO POR DIFRACCIÓN LASER (ISO 13320)

La configuración del mastersizer 3000 fue:

- Índice de refracción de la partícula: 1,520 (Propia para café)
- Modelo de Dispersión: Mie
- Unidades de resultados: Volumen
- Índice de absorción de la partícula: 0,000
- Dispersante: en seco

Los resultados de difracción laser para las nueve (9) muestras de café procesadas en el laboratorio, son dadas en Deciles (Dv); Dv10, dv50 y Dv90 (Tabla 8), lo cuales representadas en densidad de volumen en porcentaje de las partículas pequeñas (DV10), medianas (Dv50) y grandes (Dv90) de la población total de partículas:

Tabla 8. Percentiles del tamaño de partícula de las muestras preparadas en el laboratorio

MUESTRAS	PERCENTILES (Dv)		
	Dv 10 (µm)	Dv 50 (µm)	Dv 90 (µm)
COLOMBIA 1	9,76	15,0	30,9
COLOMBIA 2	73,2	407	739
HOBO	27.5	258	542
56	51,2	463	880
66	53,0	474	883
67	28,5	303	568
77	27,4	307	570
16	41,4	479	933
TM-50	125	284	489

5.1.3.1. DETERMINACIÓN DE LA GRANULOMETRÍA DEL CAFÉ TOSTADO Y MOLIDO POR TAMICES (NTC 2441)

Esta técnica se desarrolló solamente para dos (2) muestras; la muestra dieciséis (16) y la muestra sesenta y siete (67), los resultados se determinaron con respecto a la Norma técnica colombiana (NTC 2441).

- **Granulometría del café por tamices para la muestra dieciséis (16):**

Los cálculos obtenidos en el método presentado por la (NTC 2441) se presentan en (Tabla 9), luego se utilizó el programa mencionado en la norma para determinar el tamaño de partícula promedio.

Tabla 9. Calculo de las variables % acumulado, diferencia y % retenido para la muestra dieciséis (16)

No. Tamiz	Diámetro Tamiz (um)	% Acumulado	Peso Retenido	Acumulado	% Retenido
20	850	3,93	5,90	5,90	3,93
25	707	6,60	4,00	9,90	2,67
30	600	34,53	41,90	51,80	27,93
40	425	67,53	49,50	101,30	33,00
50	300	89,40	32,80	134,10	21,87
60	250	95,27	8,80	142,90	5,87
80	180	98,60	5,00	147,90	3,33
100	150	100,00	2,10	150,00	1,40

Datos determinados en el laboratorio.

Para observar mejor cómo se comporta el tamaño de partícula de la muestra dieciséis (16) se presenta en la (Figura 10).

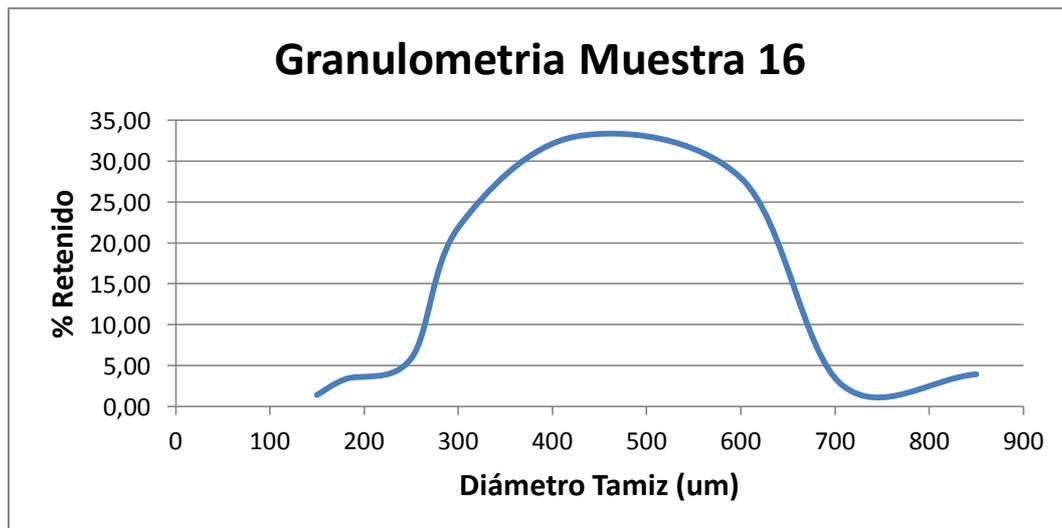


Figura 10. Granulometría por tamices, Muestra dieciséis (16)

Como lo indica la (NTC 2441) en el numeral ocho (8), se determina el tamaño promedio de partícula, se calcula mediante el modelo matemático de Gauss.

$$Y = a e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{x-b}{c} \right)^2}$$

Dónde:

Y= Es el porcentaje acumulado calculado mediante el modelo de Gauss.
 X= Diámetro del tamiz.
 a, b y c= Son parámetros de la ecuación del modelo de Gauss.

Para determinar los parámetros a, b y c se calcularon con un modelo matemático de Gauss en un programa de modelos matemáticos no lineales llamado *CurveExpert 1.4* versión libre que es uno de los tantos software para parametrizar modelos matemáticos no lineales.

Los coeficientes determinados por el programa fueron los siguientes:

$$\begin{aligned} a &= 101.8137 \\ b &= 164.2757 \\ c &= 260.6085 \end{aligned}$$

Para determinar el tamaño promedio de la partícula se realizó la siguiente fórmula.

$$\bar{X} = c \sqrt{\frac{\ln\left(\frac{a}{T_m}\right)}{0,5}} + b$$

$$\bar{X} = 260.6085 \sqrt{\frac{\ln\left(\frac{101.8137}{50}\right)}{0,5}} + 164.2757 = 475.071 \text{ um}$$

- **Granulometría del café por tamices para la muestra sesenta y siete (67):**

Los cálculos obtenidos en el método presentado por la (NTC 2441) se presentan en (Tabla 10), luego se utilizó el programa mencionado en la norma para determinar el tamaño de partícula promedio.

Tabla 10. Calculo de las variables % acumulado, diferencia y % retenido para la muestra sesenta y siete (67)

No. Tamiz	Diámetro Tamiz (um)	% Acumulado	Peso Retenido	Acumulado	% Retenido
20	850	2,6	2,6	2,6	2,6
25	707	3,9	1,3	3,9	1,3
30	600	12,80	8,9	12,8	8,90
40	425	38,70	25,9	38,7	25,90
50	300	83,70	45	83,7	45,00
60	250	95,60	11,9	95,6	11,90
80	180	99,00	3,4	99	3,40
100	150	100	1	100	1,00

 Datos determinados en el laboratorio.

Para observar mejor cómo se comporta el tamaño de partícula de la muestra sesenta y siete (67) se presenta en la (Figura 11).

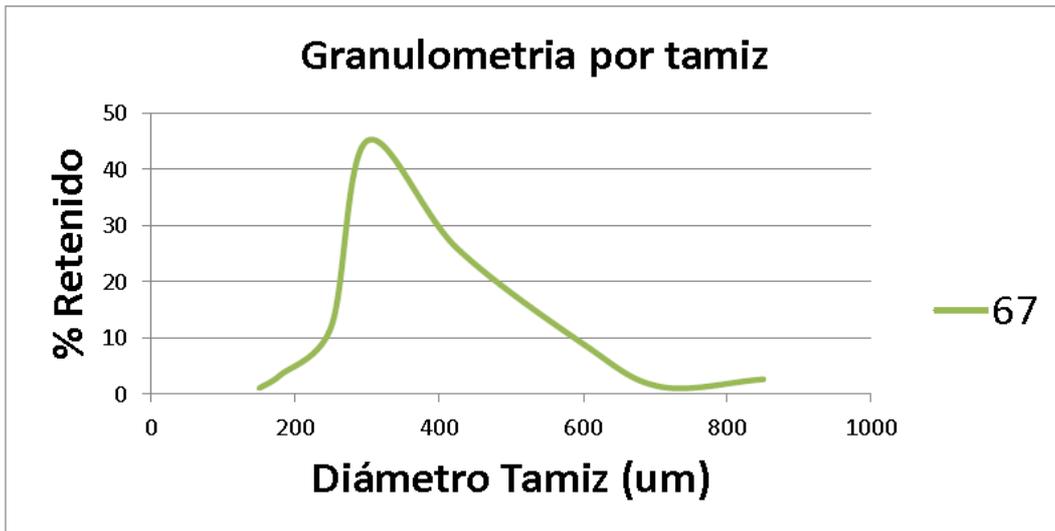


Figura 11. . Granulometría por tamices, Muestra sesenta y siete (67)

Como lo indica la (NTC 2441) en el numeral ocho (8), se determina el tamaño promedio de partícula, se calcula mediante el modelo matemático de Gauss.

$$Y = a e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-b}{c}\right)^2}$$

Dónde:

Y= Es el porcentaje acumulado calculado mediante el modelo de Gauss.

X= Diámetro del tamiz.

a, b y c= Son parámetros de la ecuación del modelo de Gauss.

Para determinar los parámetros a, b y c se calcularon con un modelo matemático de Gauss en un programa de modelos matemáticos no lineales llamado *CurveExpert 1.4* versión libre que es uno de los tantos software para parametrizar modelos matemáticos no lineales.

Los coeficientes determinados por el programa fueron los siguientes:

$$\begin{aligned} a &= 285.9429 \\ b &= -353.3717 \\ c &= 382.2169 \end{aligned}$$

Para determinar el tamaño promedio de la partícula se realizó la siguiente fórmula.

$$\bar{x} = c \sqrt{\frac{\ln\left(\frac{a}{T_m}\right)}{0,5}} + b$$

$$\bar{x} = 382.2169 \sqrt{\frac{\ln\left(\frac{285.9429}{50}\right)}{0,5}} - 353.3717 = 360.42 \text{ um}$$

5.1.4. DETERMINACIÓN DEL GRADO DE TOSTIÓN (NTC 2442)

Se utilizó un colorímetro con capacidad L*, con configuración geométrica 0*/45* e iluminate/observador C/2* y área de medición de 5,08 cm de diámetro. Debidamente calibrado utilizado como equipo de referencia. (Norma técnica colombiana 2441, 2004).

Se determinó la luminancia con el colorímetro digital Konica Minolta (CR-410) para las muestras del laboratorio (Tabla 11).

Tabla 11. Grado de tosti3n por luminancia de las muestras de laboratorio

MUESTRAS	L	A	B
1*	19,75	-	-
2*	25,03	-	-
3*	24,40	9,48	9,43

Para representar mejor el comportamiento de la luminancia (Grado de tosti3n) en las muestras tostadas se represent3 gráficamente (Figura 12).

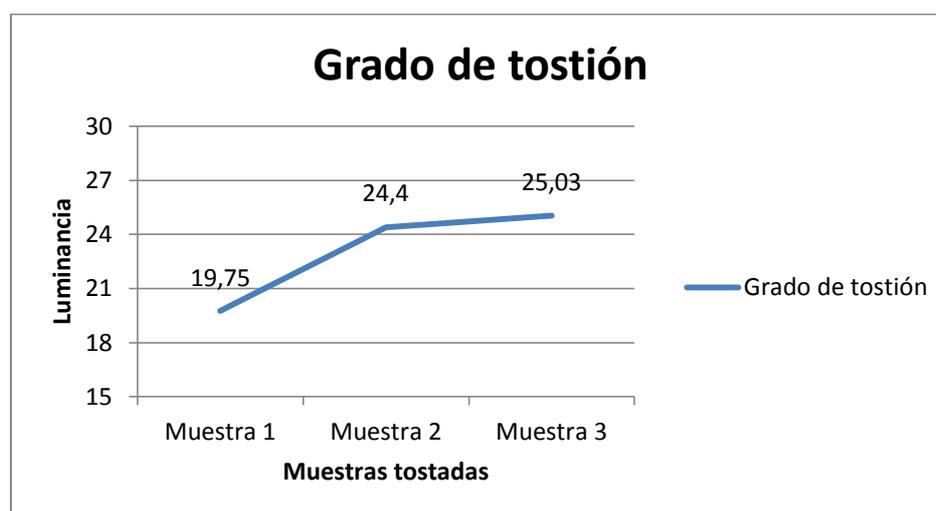


Figura 12. Comportamiento de la luminancia en la torrefacci3n

5.1.5. DETERMINACI3N DE LA DENSIDAD POR COMPACTACI3N DEL CAF3 TOSTADO Y MOLIDO (NTC 4084)

Se determin3 la densidad del Caf3 tostado y molido de acuerdo a la Norma t3cnica colombiana (NTC 4048); M3todo para la determinaci3n de la densidad por compactaci3n, solamente a las muestras dieciseis (16) y setenta y siete (77) los datos se estipularon en la (Tabla 12) mostrada a continuaci3n:

Tabla 12. Determinaci3n de la densidad por compactaci3n para el caf3 tostado y molido de las muestras dieciseis (16) y setenta y siete (77)

muestra	pulsaciones	Volumen inicial (ml)	Volumen compactado (ml)	Masa (gr)	Densidad (gr/ml)	Densidad promedio (gr/ml)
16	400	250	172	89,3	0,52	0,52
16	400	250	180	92,2	0,51	
77	400	250	174	105,8	0,61	0,61
77	400	250	168	102,3	0,61	

De acuerdo a la (Tabla 12), se concluy3 que a medida que las part3culas son finas, la densidad de compactaci3n aumenta debido a que las part3culas se acomodan mejor por el peque3o tama3o.

5.1.6. MORFOLOGÍA DE LAS PARTÍCULAS OBSERVADAS EN EL MICROSCOPIO

Se observó la morfología de las partículas dadas por el molino de discos (GPX.WCI) en el microscopio triangular modelo CH-30 marca OLIMPUS CHZ, se tomó una muestra de laboratorio aleatoria y el resultado observado fue el siguiente (Figura 13) y (Figura 14).



Figura 14. Morfología de las muestras de laboratorio

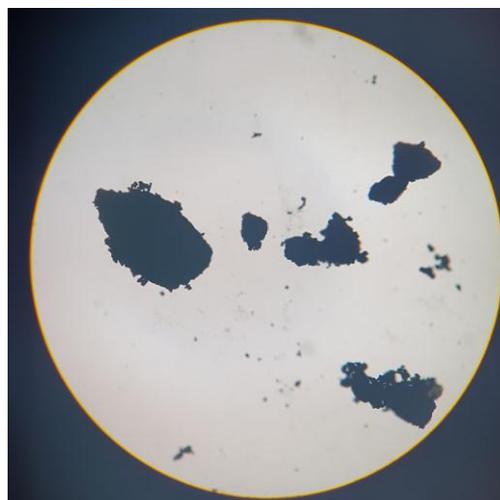


Figura 13. Morfología de la población de las muestras de laboratorio

Según las (Figura 13) y (Figura 14) se observa que las partículas son uniformes en su tamaño, también en la superficie de la misma es irregular por lo cual al momento de la extracción se puede tener problemas. La uniformidad de las partículas es un factor importante para obtener una Espresso de calidad.

El agua atraviesa la capsula a 19 bares de presión por el lecho granular de café; en ensayos se observó que no se extraía completamente en las muestras de laboratorio debido a que las partículas no tiene homogeneidad en su tamaño de partículas, se tiene muchas partículas pequeñas y esto ocasiona que se cree encostramiento al ingresar el café impidiendo que el agua atravesase con facilidad.

También la superficie irregular impide que las partículas se acomoden de una mejor manera, la cual no se crean canales de conducción del líquido sino que ocasiona taponamiento obstaculizando el transporte.

5.2. MUESTRAS COMERCIALES

Son todas aquellas muestras comerciales analizadas de las compañías NESPRESSO y OQUENDO con el fin de determinar los Nivel de tosti3n, nivel de molienda, densidad de compactaci3n como par3metros patrones para desarrollar las capsulas para la empresa (COFFEE ANDES SAS)

5.2.1. MOLIENDA DE LA MUESTRA

Como desconocemos el nivel de molienda de las muestras, se tomaron algunas capsulas de las compañías ya mencionadas, se destruyeron y se tomó el café contenido en ella. Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

1.1.1.1. DETERMINACIÓN DE LA GRANULOMETRÍA DEL CAFÉ TOSTADO Y MOLIDO POR DIFRACCIÓN LASER (ISO 13320)

Se trabajó con el equipo Mastersizer 3000 que cumple con la norma, La configuración fue:

- Índice de refracción de la partícula: 1,520 (Propia para café)
- Modelo de Dispersión: Mie
- Unidades de resultados: Volumen
- Índice de absorción de la partícula: 0,000
- Dispersante: en seco

Se analizó cuatro (4) muestras de la compañía NESPRESSO y dos (2) muestras de la compañía OQUENDO, los resultados (Tabla 13) de los Deciles (Dv) fueron los siguientes:

Tabla 13. Percentiles del tamaño de partícula de las muestras comerciales

MUESTRAS	PERCENTILES (Dv)		
	Dv 10 (µm)	Dv 50 (µm)	Dv 90 (µm)
Oquendo Colombia	95,0	447	793
Oquendo Etiopia	206	548	969
Nespresso Arpeggio	53	273	478
Nespresso Capriccio	89	349	615
Nespresso Volluto	113	320	544
Nespresso Ristretto	51,8	270	491

5.2.1.1. DETERMINACIÓN DE LA GRANULOMETRÍA DEL CAFÉ TOSTADO Y MOLIDO POR TAMICES (NTC 2441)

Se determinó la granulometría a las capsulas de café de la compañía NESPRESSO a la muestra (Livanto), de acuerdo a la norma técnica colombiana (NTC 2441); los resultados obtenidos son los siguiente (Tabla 14)

Tabla 14. Calculo de las variables % acumulado, diferencia y % retenido para la muestra Livanto

No. Tamiz	Diámetro Tamiz (µm)	% Acumulado	Peso Retenido	Acumulado	% Retenido
20	850	0	0	0	0,00
25	707	0	0	0	0,00
30	600	0,04	0,02	0,02	0,04
40	425	7,80	4,17	4,20	7,76
50	300	49,52	22,43	26,62	41,71
60	250	72,15	12,17	38,79	22,63
80	180	95,61	12,62	51,41	23,47
100	150	100,00	2,36	53,77	4,38

Datos determinados en el laboratorio.

Para observar mejor cómo se comporta el tamaño de partícula de la muestra Livanto se presenta en la (Figura 15).

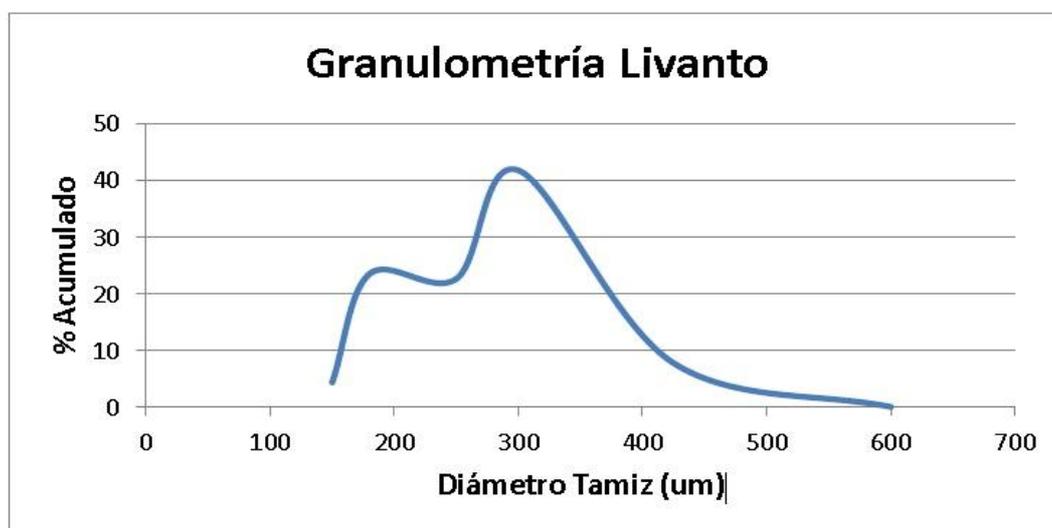


Figura 15. Granulometría por tamices, Muestra dieciséis Livanto

Se calculó el tamaño promedio de las partículas como lo indica en el Numeral (5.1.3.2.) de este informe; dando como resultado trecientos tres coma quinientos cinco (303,505) micras

5.2.2. DETERMINACIÓN DEL GRADO DE TOSTIÓN (NTC 2441)

Se determinó la luminancia con el colorímetro digital Konica Minolta (CR-410) para las muestras del laboratorio (Tabla 15).

Se utilizó un colorímetro con capacidad L°, configuración geométrica 0*/45* e iluminate/observador C/2* y área de medición de 5,08 cm de diámetro. Debidamente calibrado utilizado como equipo de referencia. (Norma técnica colombiana 2441, 2004).

Los resultados son los siguientes:

Tabla 15. Grado de tostión por luminancia de las muestras comerciales

MUESTRAS	L	A	B
Oquendo Colombia	24,58	8,73	8,29
Oquendo Etiopia	24,31	8,78	8,33
Nespresso Arpeggio	22,22	6,40	4,50
Nespresso Capricccio	24,00	8,11	7,16
Nespresso Volluto	22,89	8,04	6,75

5.2.3. DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE COMPACTACIÓN DEL CAFÉ TOSTADO Y MOLIDO

Se determinó la densidad del Café tostado y molido de acuerdo a la Norma técnica colombiana (NTC 4048); Método para la determinación de la densidad por compactación, solamente a las muestras comerciales Capriccio, Arpeggio

y Oquendo Etiopia. Los datos se estipularon en la (Tabla 16) mostrada a continuación:

Tabla 16. Determinación de la densidad por compactación para el café tostado y molido de las muestras comerciales

muestra	pulsaciones	Volumen inicial (ml)	Volumen compactado (ml)	Masa (gr)	Densidad (gr/ml)
Capriccio	800	60	44	19,3	0,44
Arpeggio	800	60	44	19,1	0,43
Oquendo Etiopia	800	60	47	19,8	0,42

5.2.4. MORFOLOGÍA DE LAS PARTÍCULAS OBSERVADAS EN EL MICROSCOPIO

Se observó la morfología de las partículas dadas por el molino discos (GPX.WCI) en el microscopio triangular modelo CH-30 marca OLIMPUS CHZ, se tomó una muestra de laboratorio aleatoria y el resultado observado fue el siguiente (Figura 16) y (Figura 17)

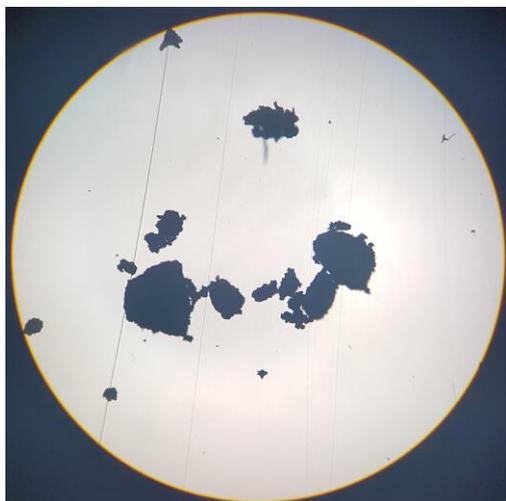


Figura 16. Morfología de las muestras comerciales

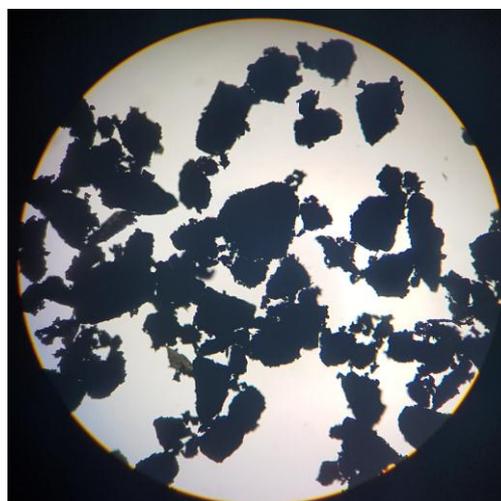


Figura 17. Morfología en población de las muestras comerciales

5.3. ENCAPSULACIÓN DE LAS MUESTRAS

Se creó un prototipo manual para encapsulación (Figura 18), en el cual se agregó café a la capsula a diferentes densidades y niveles de molienda. Las características de la capsulas son similares a las de Oquendo de polipropileno, hicimos diferentes ensayos con dos máquinas de Nespresso solamente para extraer el café a 40 mililitros de agua por lo cual su configuración fue Nivel Espresso.



Figura 18. Encapsuladora manual, prototipo de laboratorio

Para un volumen de capsula de 12,8 mililitros, se ensayaron con diferentes densidades como lo muestra en la (Tabla 17), solo se miró si funcionaron; es decir que los 40 mililitros del café espresso se extrajeran bien en su volumen sin tener en cuenta el color, solidos solubles, cafeína, espuma producida, características organolépticas, entre otros.

Tabla 17. Ensayos de encapsulación a diferentes densidades y niveles de molienda

ENSAYO	NIVEL DE MOLIENDA	DENSIDAD (GR/ML)	FUNCIONO
1	5	0,40	NO
2	5	0,43	SI/NO
3	5	0,45	SI/NO
4	6	0,40	NO
5	6	0,43	SI
6	6	0,45	SI
7	7	0,40	NO
8	7	0,43	SI
9	7	0,45	SI
10	8	0,40	NO
11	8	0,43	SI
12	8	0,45	SI/NO
13	Tamiz 50	0,40	NO
14	Tamiz 50	0,43	SI
15	Tamiz 50	0,45	SI

Según la (Tabla 17), para todas las densidades de 0,40 gramos/mililitros no funcionaron, la mayorías de las densidades que funcionaron estaban en los rangos de 0,43 y 0,45 gramos/mililitros debido a que por lo general los cafés Espresso el lecho granular de café tienen cierta compactación es por eso que las maquinas tienen la capacidad de ejercer presión que para este caso fueron 19 bares de parte de las maquinas Nespresso.

6. PROGRAMA DESARROLLADO PARA LA ORGANIZACIÓN DE LOS PROCESOS EN LA PLANTA

La plataforma se desarrolló en *visual basic* versión libre la cual lleva los parámetros de todos los procesos sus características son:

- Contiene la fecha del día del proceso realizado.
- Se le agrega el operario que trabajo con la muestra.
- Tiene una base de datos para proveedores.
- Tiene una base de datos enlazada con el proveedor para agregarles las propiedades físicas al café particularmente.
- Tiene una base de datos enlazada con el proveedor para agregarles las propiedades sensoriales al café particularmente.
- Contiene las configuraciones de las recetas para las tostadoras automáticas.
- Contiene el proceso final que son todos los parámetros finales de tuestión como lo es; el grado de tuestión, tiempos de equilibrio, tiempo de crepitación y tiempo final de tuestión.
- Tiene la opción de guardar en (pdf) todo el proceso como lo muestra los (Anexos 5)

FORMULARIO COLOMBIA COFFEE - UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA - 2016

ELABORADO POR:
ANDRÉS FELIPE BAHAMÓN MONJE
ESTUDIANTE DE INGENIERÍA

Collec Andes espresso

CON EL APOYO DE: CESIRCAFE

Universidad Surcolombiana

DATOS DEL PROVEEDOR | PROPIEDADES FÍSICAS | ANÁLISIS SENSORIAL | DATOS DE LA TOSTADORA | PROCESO FINAL | ENCAPSULACIÓN

No. REFERENCIA O PROCESO: 11 OPERARIO:

FECHA: 25/11/2016 BASE DE DATOS DE PROVEEDORES

CÓDIGO DE PROVEEDOR:

PROPIETARIO: CONTACTO:

NOMBRE DE LA FINCA:

MUNICIPIO:

DEPARTAMENTO:

LOCALIZACIÓN:

VARIEDAD DEL CAFÉ:

No. HECTÁREAS Y/O ARBOLES SEMBRADOS:

ALTURA (msnm):

Crear proveedor

salir

Figura 19. Opciones de los datos del proveedor por el programa

FORMULARIO COLOMBIA COFFEE - UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA - 2016

ELABORADO POR:
ANDRÉS FELIPE BAHAMÓN MONJE
ESTUDIANTE DE INGENIERÍA

CON EL APOYO DE: **CESURCAFÉ** Universidad Surcolombiana

DATOS DEL PROVEEDOR | PROPIEDADES FÍSICAS | ANÁLISIS SENSORIAL | DATOS DE LA TOSTADORA | PROCESO FINAL | ENCAPSULACIÓN

DATOS DEL PROVEEDOR

PROPIETARIO: CÓDIGO DE PROVEEDOR:

DEPARTAMENTO: PROPIEDADES FÍSICAS:

MUNICIPIO: FECHA EN QUE SE REALIZÓ EL ANÁLISIS FÍSICO:

ALTURA (msnm):

ANÁLISIS FÍSICO

HUMEDAD (%):

ALMENDRA TOTAL (g):

ALMENDRA SANA (g):

BROCA (g):

PASILLA (g):

FACTOR DE RENDIMIENTO (Kg):

PORCENTAJE DE MERMA:

PORCENTAJE DE PASILLA:

PORCENTAJE DE BROCA:

ANÁLISIS DE DENSIDADES

DENSIDAD DEL GRANO VERDE (Gr/L):

DENSIDAD GRANO TOSTADO (Gr/L):

GRADO DE MOLIENDA:

DENSIDAD COMPACTADA:

CLASIFICACIÓN GRANULOMÉTRICA

AGREGAR PROPIEDADES FÍSICAS

salir

Figura 20. Opciones de agregar las propiedades físicas para cada caficultor

FORMULARIO COLOMBIA COFFEE - UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA - 2016

ELABORADO POR:
ANDRÉS FELIPE BAHAMÓN MONJE
ESTUDIANTE DE INGENIERÍA

CON EL APOYO DE: **CESURCAFÉ** Universidad Surcolombiana

DATOS DEL PROVEEDOR | PROPIEDADES FÍSICAS | ANÁLISIS SENSORIAL | DATOS DE LA TOSTADORA | PROCESO FINAL | ENCAPSULACIÓN

DATOS DEL PROVEEDOR

PROPIETARIO: CÓDIGO DE PROVEEDOR:

DEPARTAMENTO: ANÁLISIS SENSORIAL:

MUNICIPIO: FECHA EN QUE SE REALIZÓ EL ANÁLISIS SENSORIAL:

ALTURA (msnm):

ANÁLISIS SENSORIAL

AGREGAR ANÁLISIS SENSORIAL

TIPO DE ANÁLISIS	PUNTOS	NOTAS Y/O OBSERVACIONES
FRAGANCIA/AROMA:	<input type="text"/>	<input type="text"/>
SABOR:	<input type="text"/>	<input type="text"/>
ACIDEZ:	<input type="text"/>	<input type="text"/>
CUERPO:	<input type="text"/>	<input type="text"/>
PUNTAJE Y/O TAZA:	<input type="text"/>	<input type="text"/>

salir

Figura 21. Opciones para agregar el análisis sensorial para cada café del caficultor

FORMULARIO COLOMBIA COFFEE - UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA - 2016

ELABORADO POR:
ANDRÉS FELIPE BAHAMÓN MONJE
ESTUDIANTE DE INGENIERÍA

Collec Andes espresso

CON EL APOYO DE: CESURCAFE

Universidad Surcolombiana

DATOS DEL PROVEEDOR | PROPIEDADES FÍSICAS | ANÁLISIS SENSORIAL | DATOS DE LA TOSTADORA | PROCESO FINAL | ENCAPSULACIÓN

Peso del bache (g):

TIPO DE TOSTADORA:

CONFIGURACIÓN INTERNA DE LA TOSTADORA

T- Pre calentamiento:

T- Final Proceso:

T. M1- Equilibrio:

T. M2- Equilibrio:

T- Manual:

Potencia Máxima (PWM):

Valores predeterminados para la tostadora según el fabricante

CONFIGURACIÓN DE RECETA EN LA TOSTADORA

RECETA 1 RECETA 2 RECETA 3

TEMPERATURAS

Pre calentamiento (Tp):

Crepitación (Tc):

Final (Tf):

POTENCIAS

Pre calentamiento (Pp):

Equilibrio (Peq):

Crepitación (Pc):

Final (Pf):

limpiar datos **AGREGAR RECETAS** **salir**

Figura 22. Opciones para los parámetros de las tostadoras

FORMULARIO COLOMBIA COFFEE - UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA - 2016

ELABORADO POR:
ANDRÉS FELIPE BAHAMÓN MONJE
ESTUDIANTE DE INGENIERÍA

Collec Andes espresso

CON EL APOYO DE: CESURCAFE

Universidad Surcolombiana

DATOS DEL PROVEEDOR | PROPIEDADES FÍSICAS | ANÁLISIS SENSORIAL | DATOS DE LA TOSTADORA | PROCESO FINAL | ENCAPSULACIÓN

TIEMPOS DE TOSTIÓN :

TIEMPO EQUILIBRIO (Min):

TIEMPO DE CREPITACIÓN (Min):

TIEMPO FINAL (Min):

TEMPERATURA DE EQUILIBRIO EN LA TOSTIÓN :

TEMPERATURA EQUILIBRIO:

No. REFERENCIA O PROCESO: **11**

PROCESO FINAL DE TOSTIÓN :

PESO DEL BACHE(g):

PESO DEL GRANO TOSTADO (g):

PERDIDA (%):

LUMINANCIA :

COLORÍMETRO DIGITAL: L A B

UNIDADES AGTRON:

PROCESOS A REALIZAR :

IMPRIMIR PROCESO, GUARDAR Y SALIR

SOLO GUARDAR PROCESO Y SALIR

GUARDAR PROCESO ACTUAL Y INICIAR NUEVO PROCESO

IMPRIMIR PROCESO, GUARDAR Y INICIAR NUEVO PROCESO

VER ARCHIVO EXCEL **salir**

Figura 23. Opciones finales de los parámetros de final de la tostión; grado de tostión, tiempos de tostión, temperatura de equilibrio y peso final de tostión

7. CONCLUSIONES

- Para desarrollar una capsula que funcione, uno de los factores importante es el tamaño de partículas y la homogeneidad del café que hace que el líquido (Agua) pase por la capsula de café sin problemas extrayéndolo de la mejor manera.
- Los molinos de discos no tienen la capacidad de aumentar el porcentaje en densidad del café molido, por lo cual los resultados no son favorables para la empresa, debido a que los análisis de granulometría por difracción laser muestran que un veinte por ciento (20%) aproximadamente de las muestras molidas en el laboratorio cuenta con partículas entre cero (0) y ciento cincuenta (150) micras lo cual esto es un problema al momento de la extracción ya que se crea encostramiento necesitando una mayor presión para que el agua salga de la capsula ocasionando que no atraviese el volumen de agua indicado.
- El café de las capsulas comerciales se encontraba entre veintidós y veinte cuatro (24) grados de luminancia. siendo una tostión normal para comercialización según la compañía comercial, teniendo en cuenta los resultados de los ensayos de las muestras tostadas en el laboratorio es posible llegar a estos grados de tostión teniendo en cuenta la temperatura final de tostión.
- El café encapsulado funciono muy bien en densidades de cero punto cuarenta y tres (0.43) y cero punto cuarenta y cinco (0.45) gramos/mililitros.

8. RECOMENDACIONES

- Se aconseja a la empresa encapsular por atmosferas controladas, para que el café no genere aromas desagradables, la conservación sea mejor y termine siendo un producto de calidad Nespresso.
- La empresa tiene la necesidad de realizar más ensayos de encapsulación con muestras molidas en un molino de rodillos, debido a que estos tienen la característica de ser más homogéneos en sus partículas mejorando así la extracción.
- Como recomendación a futuro; la empresa tendrá la necesidad de hacer más pruebas fisicoquímicas al café si se desea ser tipo exportación.

9. BIBLIOGRAFÍA

- López, S. L., & Pujol, A. U. (2015). Nespresso: evolució i imatge de marca. Barcelona: Universitat Autònoma de Barcelona.
- Almeida, J. M., & Luna, C. R. (2006). Evaluación del rendimiento de extracción en algunas cafeteras. Chinchiná, Caldas, Colombia: Cenicafé.
- ARAI, R. d. (2013). Efecto "Capsula". ARAL, 64.
- Clemente, D. P. (2012). Reingeniería de elementos individuales desechables para la erogación de infusiones. España: Universidad de Oviedo.
- Comercialización, División de Estrategia y Proyectos Especiales. (2006). Aspectos de calidad del café para la industria torrefactora nacional. Chinchina, Caldas: Federación Nacional De Cafeteros de Colombia.
- Cuadras, S. (2011). Cápsulas de café. Barcelona: Fórum Café.
- Díaz, V. P. (19 de Marzo de 2014). Las cápsulas de café ya no se comprarán solo en internet. La Republica, págs. http://www.larepublica.co/empresas/las-c%C3%A1psulas-de-caf%C3%A9-ya-no-se-comprar%C3%A1n-solo-en-internet_125406.
- FRIAS, M., LUXAN, M. P., & ROJAS, M. I. (1998). espectrometría de difracción por rayos laser . Madrid, España: Materiales de construcción.
- Guevara Barreto, R. A., & Castaño Castrillon, J. J. (2004). medición del tamaño de partícula de café tostado y molido mediante difracción de rayos laser. Chinchina, Caldas, Colombia: cenicafe.
- GUEVARA BARRETO, R. A., & CASTAÑO CASTRILLÓN, J. J. (2004). medición y tamaño de partícula de café tostado y molido mediante difracción de rayos laser. Cenicafé 55(2):150-160.
- GUEVARA BARRETO, R. A., & CASTAÑO CASTRILLÓN, J. J. (2005). caracterización granulométrica del café colombiano tostado y molido. Cenicafé 56(1):5-18.
- International standard . (2009). Particle size analysis — Laser diffraction methods. Geneva: ISO.
- JONES, R. M. (2003). Particle size analysis by laser diffraction: ISO 13320, standard operating procedures, and Mie theory. United states: Malvern Instruments Ltd.
- MALVERN INSTRUMENTS. (2015). Rapid measurement of coffee ground particle size distributions during coffee grinding operations. Obtenido de www.malvern.com:

<http://www.malvern.com/es/support/resource-center/application-notes/AN150601RapidMeasurementOfCoffeePSD.aspx>

- MALVERN INSTRUMENTS. (2016). Malvern Instruments Ltd es una Spectris empresa. Recuperado el 2016, de <http://www.malvern.com/es/products/technology/laser-diffraction/default.aspx>
- Norma tecnica colombiana 2441. (2004). cado tostado y/o molido, determinacion del grado de tostion. Bogota, D.C.: Instituto Colombiano de Normas técnicas y certificación (ICONTEC).
- Normas Tecnicas Colombianas 2441. (s.f.). industrias, Agrícolas. Café tostado y molido. Método para la determinacion del tamaño de particula. NTC.
- TEIXIDÓ, C. M. (12 de 11 de 2014). investigación y ciencia. Obtenido de Experimentos con la Nespresso: <http://www.investigacionyciencia.es/blogs/fisica-y-quimica/24/posts/experimentos-con-la-nespresso-12618>
- WARD SMITH, R. S., N. G., & RAWLE, A. F. (2002). Validation of wet and dry laser diffraction particle characterisation methods. United states : Malvern Instruments Ltd.

10. ANEXOS

ANEXO 1. DETERMINACIÓN DE LA EXTRACCIÓN DE LOS SÓLIDOS SOLUBLES

VADEMECUM DEL TOSTADOR COLOMBIANO



Se tara una cápsula metálica con su tapa en la estufa a una temperatura de $103\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 2 h. Luego se dejan enfriar en un desecador hasta alcanzar la temperatura ambiente. Se pesan la cápsula y su tapa (m_0).

Se pesa un vaso de precipitado completamente seco. Luego se pesan en el vaso con aproximación a 1 mg, 18 g de café (m_1). Se adicionan, con una probeta previamente calentada, 300 ml de agua en ebullición con movimientos circulares. Se deja decantar durante 10 min y luego se transfiere cuidadosamente todo el líquido sobrenadante a otro vaso de precipitado previamente pesado.

Se deja enfriar la bebida hasta temperatura ambiente y se pesa el recipiente con la bebida fría (m_2).

Se pesan, con aproximación a 1 mg, 10 g de bebida (m_3), en la cápsula. La cápsula tapada se lleva a la estufa durante $4\text{ h} \pm 10\text{ min}$ a una temperatura de $103\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Se saca la cápsula y se coloca dentro del desecador por 45 min. Al alcanzar la temperatura ambiente se pesa, con aproximación a 1 mg, la cápsula con el residuo (m_4).

Se llevan a cabo tres determinaciones sobre la misma bebida.

EXPRESIÓN DE LOS RESULTADOS

Se calcula, para cada repetición, la concentración de sólidos solubles y de rendimiento en la extracción expresados en porcentaje masa a masa, empleando las siguientes ecuaciones:

$$\%SS = \frac{m_4 - m_0}{m_3 - m_0} \times 100$$

m_4 = masa, en gramos, de la cápsula metálica y su tapa con la muestra evaporada.

m_3 = masa, en gramos de la alícuota de la bebida obtenida.

m_0 = masa, en gramos de la cápsula metálica con la tapa.

$$\%RE = \frac{m_4 - m_0}{m_3 - m_0} \times \frac{m_2}{m_1} \times 100$$

m_2 = masa, en gramos, de la bebida total obtenida.

m_1 = masa, en gramos de la muestra de café tostado y molido.

División de Estrategia y Proyectos Especiales de Comercialización
Federación Nacional de Cafeteros de Colombia



<i>Tipo de documento:</i>	NORMA TÉCNICA COLOMBIANA
<i>No. Norma:</i>	NTC 4602 - 1
<i>Título:</i>	DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LA EXTRACCIÓN Y DE LOS SÓLIDOS SOLUBLES EN LA BEBIDA DE CAFÉ. PARTE 1: MÉTODO POR GOTEO DIRECTO.
<i>Fecha de Ratificación:</i>	99 - 04 - 28
<i>Resumen:</i>	Estable un método para determinar el rendimiento en la extracción y los sólidos solubles de la bebida de café el cual se ha denominado método por goteo. Este método se recomienda para evaluar el café tostado y molido con un grado de molienda media

OBJETO

Esta parte de norma establece un método para determinar el rendimiento en la extracción y los sólidos solubles de la bebida de café, el cual se ha denominado método por goteo.

PRINCIPIO

Consiste en realizar la extracción con agua caliente, utilizando el sistema de preparación manual por goteo.

MATERIALES

Agua de dureza total menor a 500 mg de CaCO₃ / l.

EQUIPOS

- *Balanza, capaz de medir con aproximación de 1 mg.*
- *Estufa de laboratorio que mantenga la temperatura a 103 °C ± 1 °C.*
- *Probeta graduada de 300 ml.*
- *Cápsula metálica con tapa, de acero inoxidable, níquel o aluminio.*
- *Desecador con agente desecante (CaCl₂, sílica gel, P₂O₅).*
- *Portafiltro de base cónica.*
- *Filtros de papel.*
- *Vaso de precipitado con capacidad de 500 ml.*

**PROCEDIMIENTO**

Se tara una cápsula metálica con su tapa en la estufa a una temperatura de $103 \text{ }^\circ\text{C} \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ durante 2 h. Luego se dejan enfriar en un desecador hasta alcanzar la temperatura ambiente. Se pesan la cápsula y su tapa (m_0).

Se coloca el portafiltro y un filtro en un vaso de precipitado. Luego se pesan con aproximación a 1 mg, 18 g de café (m_1) sobre el filtro. Se adicionan 300 ml de agua en ebullición en forma lenta, continua y con movimientos circulares en un tiempo de 30 s.

Se deja enfriar la bebida hasta temperatura ambiente y se pesa el recipiente con la bebida fría (m_2).

Se pesan, con aproximación a 1 mg, 10 g de bebida (m_3), en la cápsula. La cápsula tapada se lleva a la estufa durante $4 \text{ h} \pm 10 \text{ min}$ a una temperatura de $103 \text{ }^\circ\text{C} \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$.

Se saca la cápsula y se coloca dentro del desecador por 45 min. Al alcanzar la temperatura ambiente se pesa, con aproximación a 1 mg, la cápsula con el residuo (m_4).

Se llevan a cabo tres determinaciones sobre la misma bebida.

EXPRESIÓN DE LOS RESULTADOS

Se calcula, para cada repetición, la concentración de sólidos solubles y de rendimiento en la extracción expresados en porcentaje masa a masa, empleando las siguientes ecuaciones:

$$\%SS = \frac{m_4 - m_0}{m_3 - m_0} \times 100$$

m_4 = masa, en gramos, de la cápsula metálica y su tapa con la muestra evaporada.

m_3 = masa, en gramos de la alícuota de la bebida obtenida.

m_0 = masa, en gramos de la cápsula metálica con la tapa.

$$\%RE = \frac{m_4 - m_0}{m_3 - m_0} \times \frac{m_2}{m_1} \times 100$$

m_2 = masa, en gramos, de la bebida total obtenida.

m_1 = masa, en gramos de la muestra de café tostado y molido.



<i>Tipo de documento:</i>	NORMA TÉCNICA COLOMBIANA
<i>No. Norma:</i>	NTC 4602 - 2
<i>Título:</i>	DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LA EXTRACCIÓN Y DE LOS SÓLIDOS SOLUBLES EN LA BEBIDA DE CAFÉ. PARTE 2: MÉTODO POR CONTACTO DIRECTO.
<i>Fecha de Ratificación:</i>	99 - 04 - 28
<i>Resumen:</i>	Estable un método para determinar el rendimiento en la extracción y los sólidos solubles de la bebida de café el cual se ha denominado método por contacto directo. Este método se recomienda para evaluar el café tostado y molido con un grado de molienda

OBJETO

Esta parte de norma establece un método para determinar el rendimiento en la extracción y los sólidos solubles de la bebida de café. el cual se ha denominado método por contacto directo.

PRINCIPIO

Consiste en realizar la extracción con agua caliente.

MATERIALES

Agua de dureza total menor a 500 mg de CaCO₃/l.

EQUIPOS

- *Balanza, capaz de medir con aproximación de 1 mg.*
- *Estufa de laboratorio que mantenga la temperatura a 103 °C ± 1 °C.*
- *Probeta graduada de 300 ml.*
- *Cápsula metálica con tapa, de acero inoxidable, níquel o aluminio.*
- *Desecador con agente desecante (CaCl₂, sílica gel, P₂O₅).*
- *Vaso de precipitado con capacidad de 500 ml.*
- *Termómetro.*

PROCEDIMIENTO

División de Estrategia y Proyectos Especiales de Comercialización
Federación Nacional de Cafeteros de Colombia

ANEXO 2. DETERMINACIÓN DEL GRADO DE TOSTIÓN

VADEMECUM DEL TOSTADOR COLOMBIANO



<i>Tipo de documento:</i>	NORMA TÉCNICA COLOMBIANA
<i>No. Norma:</i>	NTC 2442
<i>Título:</i>	CAFÉ TOSTADO EN GRANO Y TOSTADO Y MOLIDO. DETERMINACIÓN DEL GRADO DE TOSTACIÓN
<i>Fecha de Ratificación:</i>	98 – 10 – 28
<i>Resumen:</i>	Especifica un método para la determinación del grado de tostación en el café tostado en grano y tostado y

OBJETO

Esta norma especifica un método para la determinación del grado de tostación en el café tostado en grano y tostado y molido.

PRINCIPIO

Se hace incidir un rayo de luz monocromática sobre la muestra. En estas condiciones el producto absorbe cierta cantidad de energía, la cantidad de energía reflejada se cuantifica.

EQUIPOS UTILIZADOS

- Molino dediscos con graduación de molienda.
- Colorímetro con una legibilidad $\Delta L^* < 0.2$ en el rango de 620 nm a 950 nm
- Tamiz Standar US No. 40 que cumpla con la ASTM E-11
- Estufa preferiblemente con ventilación forzada y capaz de controlar $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$.
- Recipiente hermético para enfriar las muestras.

La norma incluye gráficas de correlación de (L^) con el colorímetro Quantik, el colorímetro NeulHaus y el colorímetro Agtron E-10 Discos 49/9 – 50/1.*

División de Estrategia y Proyectos Especiales de Comercialización
Federación Nacional de Cafeteros de Colombia

ANEXO 3. DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DE PARTÍCULA PARA EL CAFÉ TOSTADO Y MOLIDO

VADEMECUM DEL TOSTADOR COLOMBIANO



<i>Tipo de documento:</i>	NORMA TÉCNICA COLOMBIANA
<i>No. Norma:</i>	NTC 2441
<i>Título:</i>	INDUSTRIAS AGRÍCOLAS. CAFÉ TOSTADO Y MOLIDO. MÉTODO PARA LA DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DE PARTICULA.
<i>Fecha de Ratificación:</i>	96 - 11 - 27
<i>Resumen:</i>	Contiene equipos, procedimiento, número de determinaciones, cálculos e informe.

OBJETO

Esta norma establece el método para determinar el grado de molienda del café tostado y molido.

PRINCIPIO

Consiste en separar en porciones el café tostado y molido de acuerdo con su tamaño de partícula, empleando tamices accionados por un aparato rotogolpeador.

EQUIPOS

- *Máquina tamizadora (en la norma se encuentran algunas especificaciones y una figura representativa).*
- *Tamices: se emplean los siguientes tamices:*

<i>Abertura (μm)</i>	<i>Designación equivalente de tamices ASTM</i>
<i>850</i>	<i>20 mallas</i>
<i>600</i>	<i>30 mallas</i>
<i>425</i>	<i>40 mallas</i>
<i>300</i>	<i>50 mallas</i>
<i>212</i>	<i>70 mallas</i>
<i>Fondo</i>	<i>Fondo</i>

- *Balanza con una precisión de 0.1 g.*
- *Cubos de caucho de 18 mm de lado.*
- *Cronómetro con una exactitud de ± 5 s.*

División de Estrategia y Proyectos Especiales de Comercialización
Federación Nacional de Cafeteros de Colombia



PROCEDIMIENTO

Se pesan 100g de muestra y cada uno de los tamices con los dados; se ensamblan los tamices uno a otro en orden decreciente de abertura de arriba hacia abajo colocando el plato receptor en la parte inferior, se deposita la muestra en el tamiz superior y se cubre con la tapa.

El conjunto se coloca en la máquina y se asegura, se tamiza la muestra durante 10 minutos, luego se separan los tamices con cuidado y se pasa cada uno de los tamices.

Se calculan los porcentajes de cada fracción en relación con la muestra y se reportan en el mismo orden de ubicación de los tamices. La suma de estos porcentajes puede diferir del 100%.

En la norma se describe el procedimiento del método gráfico para determinar el tamaño promedio de partícula y se presenta un ejemplo de aplicación. Además en la norma se indican los diferentes requisitos que debe llevar el informe.

ANEXO 4. DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD POR COMPACTACIÓN

VADEMECUM DEL TOSTADOR COLOMBIANO



<i>Tipo de documento:</i>	NORMA TÉCNICA COLOMBIANA
<i>No. Norma:</i>	NTC 4084
<i>Título:</i>	CAFÉ TOSTADO Y MOLIDO. MÉTODO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD POR COMPACTACIÓN.
<i>Fecha de Ratificación:</i>	97 – 02 – 26
<i>Resumen:</i>	Establece un procedimiento de prueba general para la determinación del volumen y la densidad por compactación de una muestra de café tostado y

OBJETO

Esta norma establece un procedimiento de prueba general para la determinación del volumen y la densidad por compactación de una muestra de café tostado y molido.

PRINCIPIO

Determinación del volumen de una masa dada de café tostado y molido después de un número de golpes (usualmente 400) empleando un volúmetro.

EQUIPOS

- Balanza
- Volúmetro compuesto de las siguientes partes:
 - Probeta de 250 ml y graduada con divisiones de 2 ml.
 - Soporte para la probeta con un punzón guía.
 - Leva que eleve el punzón de guía con el cilindro de medición de una vez cada rotación siendo su velocidad de rotación de $250 \text{ min}^{-1} \pm 15 \text{ mm}$.
 - Tope dispuesto de manera que el punzón de guía levantado caiga desde una altura de $3 \pm 0.1 \text{ mm}$.
 - Contador para contabilizar el número de vueltas de la levas.
 - Mango de material adecuado para obtener una guía sin rozamiento
- Estufa que alcance una temperatura de $105 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$
- Deseacador

PROCEDIMIENTO

Se ajusta el volúmetro a 400 golpes.

Se adicionan a una probeta, previamente pesada, $250 \text{ ml} \pm 10 \text{ ml}$ de la muestra de café. se ajusta la probeta en el volúmetro y se pone en funcionamiento éste.

Al finalizar los 400 golpes se lee el volumen final y se pasa la probeta más muestra. El peso de la muestra se calcula por diferencia.

Se llevan a cabo dos determinaciones sobre la misma muestra.

División de Estrategia y Proyectos Especiales de Comercialización
Federación Nacional de Cafeteros de Colombia

ANEXO 5. DOCUMENTO EN PDF REALIZADO POR EL PROGRAMA PARA LLEVAR LA INFORMACIÓN DE LOS PROCESOS DE LA PLANTA

agroindustria de los andes colombianos

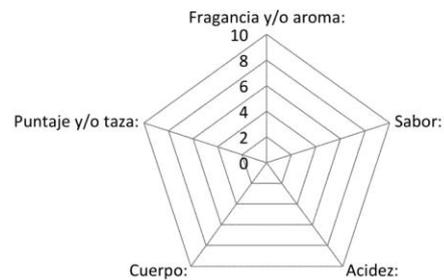
Operario:
Cod. Proveedor:

fecha: 09/11/2016

No. Referencia: 3

Datos del Proveedor			
Propietario:	Contacto:		
Finca:	Municipio:		
Altura (msnm):	Departamento:		
Variedad de café:	No. Hectareas y/o arboles sembrados:		
Localización:			
Análisis Físico			
Humedad:	Clasificación granulométrica:		
Almendra total:	Factor de rendimiento:		
Almendra sana:	Porcentaje de merma:		
Broca:	Porcentaje de pasilla:		
Pasilla:	Porcentaje de broca:		
Análisis de densidades			
Densidad del grano verde (Gr/Lts):	Grado de molienda:		
Densidad grano tostado (Gr/Lts):	Densidad compactada (Gr/Lts):		
Datos de la tostadora			
T- Pre calentamiento:	Tostadora:		
T- Final Proceso:	Estado	Temperatura (°C)	Potencia (%)
T. M1- Equilibrio:	Precalear:		0
T. M2- Equilibrio:	Equilibrio:		
T- Manual:	crepitación:		
Potencia Maxima (PWM):	Final:		
Grado de tostión			
Luminancia			Agtron
L	A	B	
			Peso inicial del bache(Gr): Peso del bache tostado(Gr): Perdida(%):
Análisis Sensorial			

Tipo de análisis	puntaje
Fragancia y/o aroma:	
Sabor:	
Acidez:	
Cuerpo:	
Puntaje y/o taza:	



Notas y/o observaciones: