



# Reporte Final de Estadía

## ANGEL MARTINEZ HERNANDEZ

Estandarización de la densidad del  
café a partir de medidas de tendencia  
central

Av. Universidad No. 350, Carretera Federal Cuitláhuac - La Tinaja  
Congregación Dos Caminos, C.P. 94910. Cuitláhuac, Veracruz  
Tel. 01 (278) 73 2 20 50  
[www.utcv.edu.mx](http://www.utcv.edu.mx)



Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz

Programa Educativo  
INGENIERIA EN PROCESOS BIOALIMENTARIOS

Reporte para obtener título de  
INGENIERIA EN PROCESOS BIOALIMENTARIOS

Proyecto de estadía realizado en la empresa  
CAFES TOSTADOS DE EXPORTACION S.A. DE C.V

Nombre del proyecto  
ESTANDARIZACIÓN DE LA DENSIDAD DEL CAFÉ A PARTIR DE MEDIDAS DE  
TENDENCIA CENTRAL

Presenta  
T.S.U. Angel Martinez Hernandez

Cuitláhuac, Ver, 11 de abril del 2018



**Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz**

Programa Educativo  
INGENIERIA EN PROCESOS BIOALIMENTARIOS

Nombre del Asesor Industrial  
ING. Noé Bautista Pérez

Nombre del Asesor Académico  
MCQ. María Esther Alonso Palacios

Jefe de Carrera  
M. C. Darney Citlali Martínez Díaz

Nombre del Alumno  
Angel Martínez Hernández

## CONTENIDO

RESUMEN .....	1
ABSTRACT .....	2
INTRODUCCIÓN .....	1
ANTECEDENTES DE LA EMPRESA.....	2
Problemática .....	4
OBJETIVOS .....	6
<i>OBJETIVO GENERAL</i> .....	6
<i>OBJETIVOS ESPECIFICOS</i> .....	6
Marco teórico .....	7
<i>Generalidades del aglomerado de café soluble</i> .....	7
Descripción de la planta de café.....	7
<i>Descripción del fruto de café</i> .....	8
<i>Principales tipos de café</i> .....	9
El Cafeto de Arabia (coffea arábica).....	9
El Cafeto Robusta (coffea robusta).....	9
Café soluble aglomerado.....	10
<i>Proceso de elaboración del café aglomerado</i> .....	10
Tueste.....	10
Molturación.....	10
Extracción.....	10
Secado.....	11
Aglomerado.....	11



Envasado. ....	11
<b><i>Generalidades de densidad.</i></b> .....	<b>12</b>
Densidad absoluta. ....	12
Variaciones de densidad.....	13
Medición de la densidad.....	13
Unidades de medida de la densidad En el Sistema Internacional de Unidades (SI): ...	13
<b><i>Dureza de sólidos.</i></b> .....	<b>14</b>
Dureza. ....	14
Tenacidad. ....	14
<b><i>Operación unitaria tamizado.</i></b> .....	<b>14</b>
<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>18</b>
<b><i>Metodología para la extracción de muestras de café soluble.</i></b> .....	<b>19</b>
<b><i>Problemas de recolección de muestras.</i></b> .....	<b>20</b>
Propuesta para optimizar la extracción de muestras de café soluble. ....	21
<b><i>Metodología de medición de la densidad.</i></b> .....	<b>22</b>
Equipo personal (obligatorio).....	22
<b><i>Metodología de medición de dureza.</i></b> .....	<b>23</b>
Materiales y equipos.....	23
Equipo personal obligatorio. ....	24
Medición de densidad.....	24
<b><i>Análisis de la metodología de medición de densidad y dureza.</i></b> .....	<b>24</b>
<b><i>Problemas de densidad y dureza no estandarizados en el producto terminado.</i></b> .....	<b>25</b>
Rechazo de producto terminado por volumen bajo.....	25
Rechazo de producto terminado por peso neto bajo. ....	26
<b>RESULTADOS .....</b>	<b>26</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>39</b>
<b>REFERENCIA BIBLIOGRAFÍAS .....</b>	<b>38</b>

## TABLAS

### Tabla de Ilustraciones

<i>Ilustración 1</i> Logotipo de la empresa. _____	2
<i>Ilustración 2</i> Presentaciones del café. _____	2
<i>Ilustración 3</i> Planta del café. _____	7
<i>Ilustración 5</i> Café soluble aglomerado _____	10
<i>Ilustración 6</i> Medición de la densidad (Concepto de Densidad Problemas resueltos, S.f.) _____	12
<i>Ilustración 7</i> Mallas para tamizar (Tamizado, S.F.) _____	15
<i>Ilustración 8</i> Equipo tamizador Ro-tap (Tamizadoras Ro-Tap, S.F.) _____	16
<i>Ilustración 9</i> Aspecto del volumen de la bolsa en la reja de plástico. _____	20
<i>Ilustración 10</i> Error del método de muestreo. _____	20
<i>Ilustración 11</i> Método muestreo aleatorio simple en la extracción de muestra de café soluble. _____	21
<i>Ilustración 12</i> Producto rechazado por volumen bajo. _____	25
<i>Ilustración 13</i> Rechazo de producto terminado por peso bajo. _____	26
<i>Ilustración 14</i> Grafica de CV de café liofilizado _____	34
<i>Ilustración 15</i> Grafica de CV de café AG C (10A) _____	35
<i>Ilustración 16</i> Grafica comparativa _____	35

### Tabla de ecuaciones

<i>Ecuación 1</i> Formula de media muestral. _____	30
<i>Ecuación 2</i> Formula de la desviación estándar. _____	31
<i>Ecuación 3</i> Formula de coeficiente de variación. _____	31

### Tabla de Tablas

<i>Tabla 1.</i> Resultados de las densidades Enero _____	27
<i>Tabla 2</i> Resultados de densidades febrero _____	28
<i>Tabla 3</i> Resultados de densidades Marzo _____	29
<i>Tabla 4</i> Datos de café liofilizado _____	30
<i>Tabla 5.</i> Gramaje de café aglomerado AG (10A) _____	32
<i>Tabla 6</i> CV/Densidades café AG C (10A) _____	32
<i>Tabla 7</i> CV/ Densidades café liofilizado. _____	33



Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz

## **RESUMEN**

El café es uno de los productos más consumidos alrededor del mundo, por su característico sabor y aroma es por eso que la demanda a nivel mundial es muy alta y los consumidores exigen un café de la más alta calidad. En la empresa CATOEX se produce café en sus diferentes presentaciones: café soluble aglomerado o tostado y molido con los estándares más altos de calidad.

Café Tostado de Exportación de S.A. de C.V. (CATOEX de S.A de C.V.) es una empresa con un objetivo muy claro elaborar, envasar y competir en el mercado con productos de la más alta calidad.

La empresa elabora y envasa una gran cantidad de productos de diferentes marcas y tipo de café eso lleva a que se tenga diversas especificaciones de calidad para cada producto en particular, con base en ello CATOEX siempre está implementando una mejora continua en sus procesos que garanticen la calidad de sus productos.

El principal problema es la falta de control y estandarización de las propiedades fisicoquímicas de densidad y dureza del aglomerado de café soluble que es transportado de la planta de elaboración a la planta de envasado, el cual disminuye la eficiencia operativa del proceso de envasado.

Efectuar un análisis estadístico con el fin de controlar y estandarizar las especificaciones óptimas del aglomerado de café para optimizar el proceso de envasado.





## **ABSTRACT**

Coffee is one of the most consumed products around the world, due to its characteristic flavor and aroma, which is why demand worldwide is very high and consumers demand a coffee of the highest quality. In the company CATOEX coffee is produced in its different presentations: soluble agglomerated coffee or roasted and ground to the highest quality standards.

Roasted Export Coffee of S.A. of C.V. (CATOEX de S.A de C.V.) is a company with a very clear objective to elaborate, pack and compete in the market with products of the highest quality.

The company produces and packages a large number of products of different brands and type of coffee that leads to having different quality specifications for each product in particular, based on this CATOEX is always implementing a continuous improvement in its processes that guarantee the quality of their products.

, The main problem is the lack of control and standardization of the physicochemical properties of density and hardness of the agglomerate of instant coffee that is transported from the processing plant to the packing plant, which decreases the operational efficiency of the packaging process.

Perform a statistical analysis in order to control and standardize the optimum specifications of the coffee agglomerate to optimize the packaging process.

## INTRODUCCIÓN

El café es una semilla del fruto seco del cafeto, llamada muchas veces inapropiadamente grano. El café fue descubierto en el siglo IX en Arabia ya después en el siglo XV se desarrolló y mejoro la técnica de tostar y moler los granos y así obtener la infusión que ahora conocemos como café, de ahí en adelante los gastrónomos fueron desarrollando miles de formas diferentes de consumir el café. Esta semilla contiene una sustancia estimulante llamada cafeína que tiene muchos beneficios en el cuerpo: aumenta la alerta, reduce la sensación de cansancio o fatiga, aumenta la capacidad de hacer un esfuerzo intelectual, y mantiene el estado de vigilia a pesar de la privación del sueño (Pardo L., Álvarez G., Barral T., & Farre A., 2009). Además ofrece muchos beneficios medicinales al consumir esta bebida como analgésico, cardioprotector, laxante/diurética. La vida del cafeto comienza en la semilla y de ella depende todo su ciclo de vida productiva, por consiguiente deben seleccionarse cerezas de café en su punto óptimo de maduración, de referencia las semillas deben recolectarse de arbustos que posean intensa producción. La especies más importantes económicamente del café son: Coffea Arábica (café arábica) y la Coffea Canephora (café robusta) que suponen el 80-90%, el 10-20% de la producción mundial respectivamente. (Pardo L., Álvarez G., Barral T., & Farre A., 2009). En los últimos años ha aumentado la demanda del mercado por el alto consumo del café es por ello que este ramo ha crecido mucho, pero a su vez los clientes se han vuelto más exigentes con la calidad del producto. Los consumidores hoy continúan con gran atención el precio pero con mayor énfasis en la calidad del producto de ahí que las industrias necesitan nuevas tecnologías y sistemas de control de la calidad.

Entendiéndose por “Control total de la calidad como un sistema efectivo de los esfuerzos de varios en una empresa para la integración del desarrollo del mantenimiento y de la superación de la calidad con el fin de hacer posibles mercadotecnia, ingeniería, fabricación y servicios”.

La estadística conocida como la ciencia de las mediciones proporciona diversos instrumentos que se utilizan en un programa de control de calidad como: histograma, diagrama de causa y efecto, gráficos de control entre otros. Estas herramientas tienen en común que son visuales como gráficos o diagramas.

En la industrias es frecuente que los procesos de fabricación haya variaciones, desviaciones o variables en su proceso esto debido al desempeño de los operadores, piezas desgastadas, maquinaria mal instaladas, etc. Esta es la razón por la cual se utilizan las cartas control estas proporcionan una base para el control de proceso y por consiguiente el de la producción. (Mustafá, Rodríguez, & Chauvet, 2002).

Otra forma de poder medir la calidad de los productos es realizándole análisis a los productos ya que en base al resultado que se obtenga de ellos dependerá la calidad del producto, es por eso que cada empresa debe contar con un laboratorio para poder medir la calidad de sus productos y así aprobar o rechazar el producto que se está produciendo.

## ANTECEDENTES DE LA EMPRESA.

Su alta demanda del mercado ha provocado que la industria cafetalera se vuelva más amplia y con más opciones de competencia. Nuestro país es uno de los principales países productores de café en América latina. La empresa Café Tostado de Exportación S.A. DE C.V. con más de cuarenta años de experiencia en el ramo cafetalero se dedica al tostado, molido, extracción de café, y produciéndolo en las siguientes presentaciones: café soluble aglomerado, café soluble aglomerado sin cafeína, café soluble aglomerado mezclado, café soluble aglomerado mezclado sin cafeína además de tostado y molido.

Esta empresa tiene mucho éxito en el mercado nacional así como algunos casos el internacional por sus altos estándares de calidad de sus productos que destacan por su cuerpo, acidez y aroma. Además de exportar café esta también involucrada en el desarrollo de tecnología razón por la cual creo el departamento de Desarrollo e Investigación, lo cual hizo que los procesos mejorarán y aumentaran su productividad además de innovar en sus productos. Un ejemplo muy claro es el café cristal, ya que es un producto original de marca “Café Los Portales” que son cristales de café que le dan al producto una mejor presentación, cuerpo y sabor.

Café Tostado de Exportación S.A. DE C.V. es una empresa comprometida con la inocuidad y la calidad de sus productos por lo que fue una de las primeras empresas en su ramo en certificarse por la norma ISO 9001:2001, hoy en día cuenta con múltiples certificaciones que la distinguen entre sus competidores. La empresa cuenta con empleados laborando tanto en producción como administración y sigue ampliando su plantilla de trabajadores generando muchos empleos en su zona de influencia la zona centro del estado de Veracruz.



*Ilustración 1 Logotipo de la empresa.*



*Ilustración 2 Presentaciones del café.*

CAFÉ TOSTADO DE EXPORTACIÓN S.A de C.V.

Planta de elaboración y Planta de envasado.

Calle de Los Carriles S/N Congregación la Luz Fco. I. Madero

Córdoba, Veracruz C.P. 94485

**Misión.**

Elaborar productos de café de la más alta calidad, a través de la selección de la materia prima superior y los más altos estándares de manufactura, satisfaciendo el gusto de los consumidores y generando beneficios para los accionistas, colaboradores, clientes, proveedores y comunidad a la que pertenece.

**Visión.**

Convertirnos líderes en el mercado nacional y ampliar nuestra presencia en el mercado extranjero con productos de calidad insuperable y con el mejor sabor que proporcione deleite y satisfacción a quien los consuma.

**Política de Calidad**

Café Tostado de Exportación es una empresa con responsabilidad social y ambiental, con el firme compromiso de Diseñar, Elaborar y Comercializar productos bajo estándares nacionales e internacionales de CALIDAD e INOCUIDAD, que busca la SATISFACCION DEL CLIENTE mediante el cumplimiento de sus requerimientos y aumentando la EFICIENCIA OPERATIVA a través de la MEJORA CONTINUA.

Certificaciones.

**Labor Social y Medio Ambiente.**

- Empresa Socialmente Responsable
- FAIRTADE

**Calidad.**

- ISO 9001

- KOSHER ORTHODOX UNION
- HALAL MONTREAL CERTIFICATION AUTHORITY (HMCA)
- C-TPAT
- FSSC ISO 22000

### **Orgánicas.**

- CERTIFIED ORGANIC OCIA

Área de Producción y Calidad.

El proyecto se realiza en la planta de elaboración y en la planta de envasado de Café Tostado de Exportación de S.A. de C.V. en los departamentos de área de producción y el área calidad con el fin de conocer todos los problemas que se tienen durante el proceso de elaboración y envasado cuando su proceso no es controlado y buscar una mejora continua donde el proceso lo requiera, así como también dar propuestas que de un buen rendimiento de eficiencia de estos procesos.

Área de Producción encargada de elaborar y envasar el café soluble como producto terminado, en esta área el coordinador, los supervisores y los colaboradores realizan el proceso de elaboración y envasado bajo las especificaciones de las certificaciones que debe cumplir la planta para dicho proceso.

Área de Control de Calidad: Área donde se analiza que la materia prima (grano de café verde, café soluble, frasco, etiqueta, tapa, otros) y el producto terminado (aglomerado de café soluble) cumpla con las normas, certificaciones y especificaciones del cliente para hacer que el producto terminado tenga los más altos estándares de calidad.

### **Problemática**

En el proceso de elaboración y envasado se producen diversos problemas ya que como se elabora y envasa diferentes tipos de café y cada uno de ellos tiene parámetros de calidad diferentes hace que el control y la estandarización de los procesos requieran constantemente la implementación de mejora continua.

Los principales problemas a resolver son los siguientes:

La falta de control y estandarización del proceso de elaboración respecto a las propiedades fisicoquímicas de densidad y dureza que hacen que el proceso de envasado no sea continuo.

Problemas en la eficiencia operativa del proceso de envasado.

Optimizar las mermas de etiqueta, frasco y tapa.

Implementar una solución cuando el lote de café soluble no es ideal para envasar.

Metodología de la recolección de muestras de café que llegan de la planta de elaboración a la planta de envasado para sus análisis de aceptación como producto ideal para envasar.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Estandarizar la densidad del café a partir de las medidas de tendencia central para la disminución del reproceso de café en el área de envasado (línea 1) Catoex. S.A. de C.V.

### **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

Realizar análisis físicos al café soluble a partir de densidad, dureza.

Analizar el café que llega a la plata mediante parámetros internos y compararlos con el del producto terminado para observar la variación en el proceso

Elaborar un plan de eficacia operativa en el proceso, mediante el control de datos.

## Marco teórico

### Generalidades del aglomerado de café soluble

Descripción de la planta de café.

La planta del café se denomina cafeto. Pertenece al género *Coffea*, de la familia de las rubiáceas. El nombre cafeto deriva de la designación *Coffea*, aplicada por el botánico francés Antoine De Jussieu en el año 1732 a este género de árboles rubiáceos tropicales cuya semilla se utiliza para preparar la infusión.

Los cafetos son arbustos que pueden llegar a medir más de 12 metros de altura en estado salvaje, incluso algunas variedades alcanzan hasta 20 metros. Sin embargo, sería labor imposible recolectar sus frutos a semejante altura, por lo que en las plantaciones de cultivo de café y con el fin de facilitar la recolección, las plantas se podan dejándolas entre los dos y los cuatro metros de altura. Su tronco es recto y liso, con ramas flexibles y finas, siendo su madera dura y resistente, de tal forma que se aplica en la fabricación de muebles auxiliares, en postes para vallados de fincas, etc. Sus hojas son perennes, duras y lanceoladas, y según la variedad su tono de color varía en una gama que va del verde amarillento hasta el verde oscuro, manteniendo un color brillante todo el año.



*Ilustración 3 Planta del café.*



### Descripción del fruto de café.

El cafeto suele dar su primer fruto entre los tres y los cinco años de vida, y ofrece un rendimiento de entre 400 gramos y 2,2 kilos al año, durante un período de vida variable entre 30 a 50 años. El fruto del cafeto tiene una gran semejanza con una cereza pequeña.

Al principio de su formación es de color verde y durante los ocho u once meses siguientes, según la especie y la zona de cultivo, a lo largo de su maduración va pasando por distintas tonalidades de color, que van del amarillo pálido al rojo brillante, que es el momento en que alcanza su pleno grado de madurez, estando entonces el grano listo para su recolección.

La cereza o drupa consta de las semillas y la pulpa o envoltura carnosa. En su interior, hay dos semillas separadas entre sí y provistas cada una de dos tegumentos o películas finas: una que envuelve exteriormente cada semilla, muy fina y de color plateado, y otra que envuelve directamente al tegumento anterior, también fina aunque más gruesa que la primera y de color amarillo, que se denomina pergamino.

Todo el conjunto se encuentra protegido por una pulpa carnosa de color amarillo, envuelta por su parte exterior por un tegumento grueso y resistente, que forma una piel protectora para toda la cereza. La composición media del mucílago (mesocarpio) es la siguiente:

- 84.2 % de agua
- 8.9 % de proteína
- 4.1 % de azúcar (un 60% son azúcares reductores)
- ,0.7 % de cenizas.0.9 % de ácidos pécnicos. (FISAC PEDRAJAS, 2014, pág.

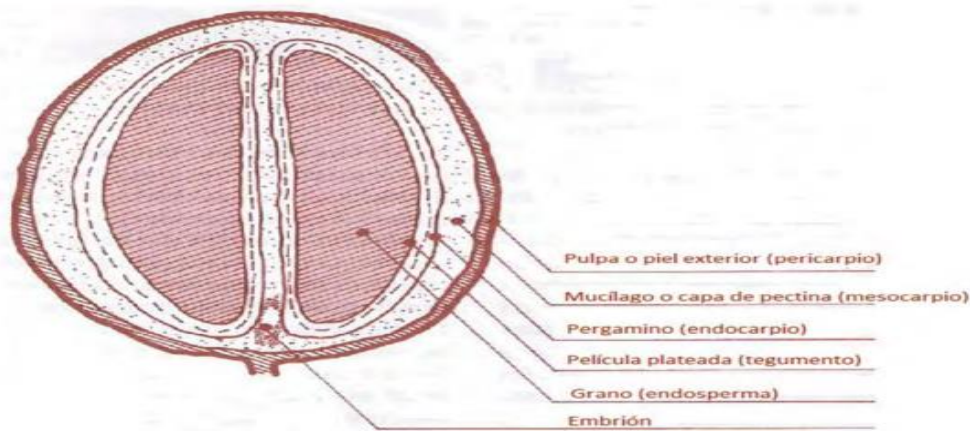


Ilustración 4 Grano de café.

### **Principales tipos de café.**

Existen aproximadamente unas 40 especies de cafetos, pero la bebida de café se obtiene fundamentalmente de tres plantas: el café de Arabia, el café robusta y el café liberica.

**El Café de Arabia (*coffea arábica*).**

Es un arbusto que crece unos 12 metros de altura en estado natural, aunque cuando se cultivó no suele pasar de los 4.5 metros.

Sus erectos tallos crecen a partir de un sistema radical profundo, sus hojas opuestas, verde brillante. Sus flores blancas y fragantes, con olor parecido al jazmín, son pequeñas. Sus frutos, verde oscuro brillante al principio, se vuelven rojo oscuro al madurar.

Constituye la especie más importante en la actualidad y la que produce un café de mayor calidad, por lo cual se utiliza habitualmente para cafés de uso expreso. Su contenido en cafeína es menor que el robusta (0.8 a 1.4%) aunque es una variedad menos productiva (de 1500 a 3000 kg/Ha).

**El Café Robusta (*coffea robusta*).**

Es un árbol de unos 10 metros de altura. Es una especie más fácil de cultivar que la arábica puesto que resiste mejor las enfermedades. Es una planta más productiva que la variedad arábica de 2300 a 4000 kg/Ha. Produce semillas más ovaladas de las que se obtiene un café con un contenido más elevado en cafeína (de un 1.7 a un 4%) con un sabor más amargo. El café producido por esta planta se utiliza principalmente para variedades tipo soluble o para mezclas con el arábica. El café robusta procede de África Occidental, aunque se cultiva en muchas zonas tropicales del mundo. El Café Liberica (*coffea liberica*).

Es un árbol bien desarrollado que puede alcanzar los 18 metros de altura con hojas grandes apergaminadas. Produce frutos y semillas más grandes que proporcionan muy poco sabor. Se utiliza fundamentalmente para mezclarlo en pequeñas cantidades con las variedades anteriores. Procede de Liberia, en el oeste de África. (Desconocido, 1999-2017).

### **Café soluble aglomerado.**

Café soluble aglomerado es un café superior en la que las partículas finas de café secado por pulverización se procesan en partículas redondas más grandes usando un proceso de rehidratación resulta en una forma más soluble y atractivo de café instantáneo.



*Ilustración 5 Café soluble aglomerado*

### **Proceso de elaboración del café aglomerado.**

Sistema spray dry o deshidratado La mezcla del café verde:

Al igual que en el café regular, la mezcla en verde está en función del producto que queramos obtener al final. Los cafés robustas tienen una mayor cantidad de componentes solubles y cafeína y una tendencia mejor que los arábicas en la disolución de las celdas.

### **Tueste.**

El tiempo de tueste y el color tienen una influencia importante en el gusto del producto en función del tiempo de tueste y sobretodo del color de tueste. Los tuestes más oscuros favorecen la creación de aceites y grasas y por lo tanto a la retención de los aromas. También tienen influencia en el rendimiento de la extracción.

### **Molturación.**

La molturación es más gruesa que las que se utilizan en la preparación del café en el hogar. Es muy importante que las partículas sean lo más uniforme posibles.

### **Extracción.**

La extracción es la parte de mayor influencia en la calidad del producto. Esta preparación se hace dentro de una batería de cilindros verticales en la que se pone el café una vez ya molido y se hace circular agua caliente a baja presión. Puede hacerse con o sin recuperación posterior

de los aromas. Esta separación de los aromas se hace con un sistema de destilación y posteriormente estos aromas se incorporan al café soluble. Las variaciones en la extracción pueden también venir dadas por las diferencias en la temperatura del agua circulante y por la cantidad de la extracción final del producto.

**Secado.**

El secado del producto se hace en una torre de deshidratación en la que se inyecta el café ya extraído en forma de una ducha muy fina. Estas finas gotas al contacto con el vapor van secándose hasta llegar a la parte inferior de la torre humedad inferior al 5%. Después de un cierto tiempo de enfriado estas partículas ya están aptas para el envasado o bien para la aglomeración. En general estas partículas no son uniformes y el grosor de las paredes es variable en función de las temperaturas aplicadas, teniendo influencia en la disolución del producto.

**Aglomerado.**

La ligera humidificación de las partículas de spray dry favorece el apelsonamiento de las mismas formando otras partículas de mayor tamaño.

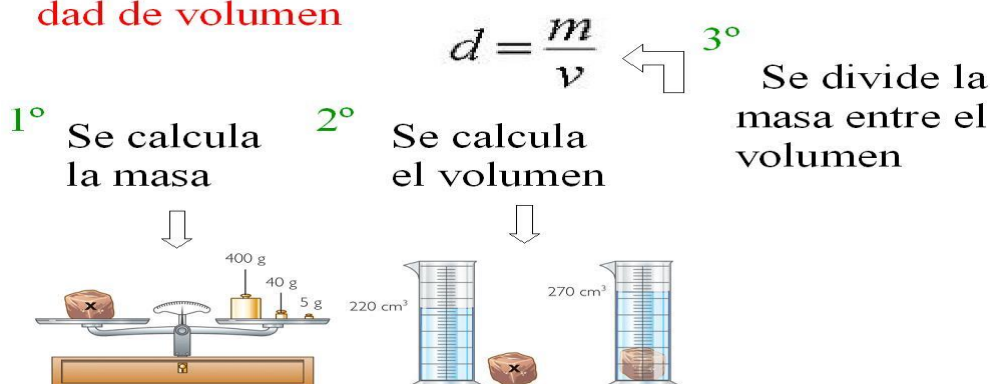
**Envasado.**

Bien sea en spray dry o en aglomerado el producto final se envasa habitualmente en jarras de vidrio y cerrado herméticamente para evitar la entrada de oxígeno y humedad en el producto que como ya es conocido es muy higroscópico. (Robira)

## Generalidades de densidad.

La propiedad intensiva que relaciona la masa de un objeto con su volumen se conoce como densidad. La densidad, que es la masa de un objeto dividida entre su volumen, se expresa en la unidad derivada del SI de  $\text{g/cm}^3$  para un sólido o  $\text{g/mL}$  para un líquido. (C. FAY & E. McMURRY, 2009).

**DENSIDAD:** Es la masa de un cuerpo por unidad de volumen



*Ilustración 6 Medición de la densidad (Concepto de Densidad Problemas resueltos, S.f.)*

## Densidad absoluta.

La densidad o densidad absoluta es la magnitud que expresa la relación existente entre la masa y el volumen de un cuerpo o sustancia. Se representa por  $\rho$  y sus unidades en el Sistema Internacional son el kilogramo por metro cúbico ( $\text{kg/m}^3$ ), aunque también puede usarse el  $\text{g/cm}^3$ .

Para convertir de una a otra basta con dividir entre 1000. Así pues, por ejemplo la densidad del agua es de  $1000 \text{ Kg/m}^3$ , o  $1 \text{ g/cm}^3$ . La densidad es una propiedad intensiva de la materia, por lo que no varía su valor a pesar del tamaño del objeto o cantidad de sustancia. Su fórmula se expresa:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Dónde:  $\rho$  es la densidad,  $m$  la masa y  $V$  el volumen del determinado cuerpo

### **Variaciones de densidad.**

La densidad si varía con los cambios de presión y temperatura, así tenemos que:

Cuando aumenta la presión, la densidad de cualquier material estable también aumenta.

Como regla general, al aumentar la temperatura, la densidad disminuye (si la presión permanece constante).

Sin embargo, existen notables excepciones a esta regla. Por ejemplo, la densidad del agua crece entre el punto de fusión (a 0 °C) y los 4 °C; algo similar ocurre con el silicio a bajas temperaturas.

Debe señalarse que la variación de la densidad en líquidos y sólidos, por cambios de presión y temperatura, es muy pequeña debido al coeficiente de compresibilidad y al coeficiente de dilatación térmica en estas sustancias, todo lo contrario ocurre con los gases donde hay fuertes variaciones de densidad con cambios de presión y temperatura, como lo explica la Ley de los gases ideales. (Densidad, s.f.).

### **Medición de la densidad.**

La densidad puede obtenerse de forma indirecta y de forma directa. Para la obtención indirecta de la densidad, se miden la masa y el volumen por separado y posteriormente se calcula la densidad. La masa se mide habitualmente con una balanza, mientras que el volumen puede medirse determinando la forma del objeto y midiendo las dimensiones apropiadas o mediante el desplazamiento de un líquido, entre otros métodos. Los instrumentos más comunes para medir la densidad son:

El densímetro: que permite la medida directa de la densidad de un líquido.

El picnómetro: que permite la medida precisa de la densidad de sólidos, líquidos y gases (picnómetro de gas).

La balanza hidrostática: que permite calcular densidades de sólidos.

La balanza de Mohr (variante de balanza hidrostática): que permite la medida precisa de la densidad de líquidos.

Unidades de medida de la densidad En el Sistema Internacional de Unidades (SI):

-kilogramo por metro cúbico (kg/m<sup>3</sup>).

-gramo por centímetro cúbico ( $\text{g/cm}^3$ ).

-kilogramo por litro ( $\text{kg/L}$ ) o kilogramo por decímetro cúbico. La densidad del agua es aproximadamente  $1 \text{ kg/L}$  ( $1000 \text{ g/dm}^3 = 1 \text{ g/cm}^3 = 1 \text{ g/ml}$ ).

-gramo por mililitro ( $\text{g/ml}$ ), que equivale a ( $\text{g/cm}^3$ ). (Densidad, s.f.).

## **Dureza de sólidos.**

Los sólidos tienen propiedades mecánicas. Las propiedades mecánicas se relacionan con el comportamiento frente a fuerzas externas.

### **Dureza.**

Es la resistencia de un sólido a ser rayado. Una sustancia dura no se raya con facilidad. Lo opuesto a duro es blando. Una sustancia blanda se raya con mucha facilidad. La dureza se mide mediante la escala de Mohs.

### **Tenacidad.**

Es la resistencia de un sólido a romperse cuando es golpeado. Cuando una sustancia se rompe fácilmente es frágil y si se rompe con dificultad decimos que es tenaz.

Tenacidad y dureza no son equivalentes: el vidrio es frágil, porque se rompe con facilidad, pero duro, ya que no se raya. La cera es tenaz, ya que no se rompe al ser golpeada, pero blanda y se raya con la uña. (Dureza y Tenacidad, s.f.).

### **Operación unitaria tamizado.**

Es un método físico para separar mezclas, el cual consiste en hacer pasar una mezcla de partículas de diferentes tamaños por un tamiz, cedazo o cualquier equipo con el que se pueda colar. Las partículas de menor tamaño pasan por los poros del tamiz o colador atravesándolo y las grandes quedan retenidas por el mismo. Un ejemplo: se saca tierra del suelo y se espolvorea sobre el tamiz, las partículas finas de tierra caerán y las piedritas y partículas grandes de tierra quedarán retenidas en el tamiz.

El material que se hace pasar por una serie de tamices de diferentes tamaños se separa en fracciones clasificadas por tamaños, es decir, fracciones en las que se conocen los tamaños

máximos y mínimos de las partículas. En algunas ocasiones el tamizado se lo realiza en húmedo, pero la mayoría de las veces se opera en seco.

Un tamiz es una malla metálica constituida por barras tejidas y que dejan un espacio entre sí por donde se hace pasar el alimento previamente triturado.

Las aberturas que deja el tejido y, que en conjunto constituyen la superficie de tamizado, pueden ser de forma distinta, según la clase de tejido. Las mallas cuadradas se aconsejan para productos de grano plano, escamas, o alargado.



*Ilustración 7 Mallas para tamizar (Tamizado, S.F.)*

La separación de materiales sólidos de acuerdo a su tamaño es importante para la producción de diferentes productos. Se utiliza para el análisis granulométrico de los productos de molinos para observar la eficiencia de éstos y para su control. Es por esto que se realiza el tamizado. (Tamizado, s.f.).

#### Equipo tamizador Ro-tap

La tamizadora Ro-Tap® de W.S. Tyler™, considerada como el estándar norte americano tiene un modo de funcionamiento multidimensional único: un movimiento circular horizontal y un movimiento de golpeteo vertical.

La Ro-Tap® es la tamizadora requerida por numerosas especificaciones industriales, según los estándares ASTM.



Cabina anti-ruido Ro-Tap®: diseñada para ser utilizada con las tamizadoras Ro-Tap®, el nivel de ruido es reducido de aproximadamente, 85 dB a 78 dB. La cabina es fabricada en acero con un espesor de 1" de espuma acústica.

Soporte Ro-Tap®: puede ser utilizado con o sin la cabina anti-ruido. (Tamizadoras Ro-Tap, s.f.).



*Ilustración 8 Equipo tamizador Ro-tap (Tamizadoras Ro-Tap, S.F.)*

# **ESTADISTICO**

## **MEDIDAS DE TENDENCIA CENTRAL**

Las medidas de tendencia central son medidas estadísticas que pretenden resumir en un solo valor un conjunto de valores representa un centro en entrono al cual se encuentra ubicado el conjunto de los datos las medidas de tendencia central más utilizadas son media mediana y moda las medidas de dispersión en cambio miden el grado de dispersión de los valores de la variable dicho en otros términos las medidas de dispersión pretenden evaluar en que medidas los datos difieren entre si. De esta forma, ambos tipos de medidas usadas en el conjunto permiten describir un conjunto de datos entregando información acerca de su posición y su dispersión.

Los procedimientos para obtener las medidas estadísticas difieren levemente dependiendo de la forma en que se encuentra los datos. Si los datos no están en una tabla hablaremos de datos “no agrupados” según este criterio, haremos primero el estudio de las medidas de estadísticas para datos no agrupados y luego para datos agrupados.

### **MEDIA**

La mediana es el valor de la variable que ocupa la posición central, cuando los datos se disponen en orden de magnitud. Es decir, el 50% de las observaciones tiene valores iguales o inferiores a la mediana y el otro 50% tiene valores iguales o superiores a la mediana.

### **MODA**

La moda de una distribución se define como el valor de las variables que más se repite En un polígono de frecuencia la moda corresponde al valor de la variable que está bajo el punto más alto del grafico una muestra puede tener más de una moda.

## **MEDIDAS DE DISPERSION**

Las medidas de dispersión entregan información sobre la variación de la variable pretenden resumir en un solo valor la dispersión que tiene un conjunto de datos las medidas de dispersión más utilizadas son Rango de variación, varianza, desviación estándar, coeficiente de variación.

### **DESVIACION ESTANDAR**

La desviación estándar es las medidas de dispersión más común, que indica que tan dispersos están los datos con respecto a la media. Mientras mayor sea la desviación estándar mayor será la disección de los datos el símbolo siga se utiliza frecuentemente para representar la desviación estándar de una población mientras que “S” se utiliza para representar la desviación estándar de una muestra la variación que es aleatoria o natural de un proceso se

conoce comúnmente como ruido la desviación estándar se puede utilizar para establecer un valor de frecuencia para estimar la variación general de un proceso.

### **COEFICIENTE DE VARICION**

E una medida de la dispersión relativa de un conjunto de datos que mide la proporción de la desviación con respecto de la media.

### **ALCANSE**

Esto se llevar acabo para ver la diferencia o el grado de dispersión de datos que hay de la media de los datos recolectados en la empresa , tomando datos de la llenadora para saber qué tan variables son los datos a partir de la densidad con la que se presenta el café en la planta tomando en cuenta que una vez encontrado el punto óptimo de densidad se realizara la misma toma de datos esperando que la variación no sea tan elevada como en un principio y de esta forma que la estadística aplicada ayude a que la producción aumente sin tantos retrasos y reduzca la merma y de esta forma minimizar el reproceso del café en la empresa.

## **METODOLOGIA**

Se realizan análisis físicos para comparar la densidad y la dureza con la cual llega la materia prima a la planta y verificar las variaciones que tienen desde su elaboración a su llegada antes de entrar a la tolva.

Se implementara una hoja control en donde se anota la densidad de la llegada del café, antes de entrar a tolva y después de haber sido envasado para para analizar su variaciones a lo largo del proceso.

Se utiliza el método de medidas de tendencia central para encontrar el coeficiente de variación que hay en el proceso dependiendo a sus distintas densidades que presenta cada tipo de café para encontrar el punto óptimo en la densidad y tener una mejor eficacia en el proceso reduciendo de esta forma el reproceso del café que se merma.

### **Metodología para la extracción de muestras de café soluble.**

1. Solicitar la hoja que describe el tipo de café soluble, lote y los kilogramos totales que han llegado a la planta de envasado.
2. Contar el número de tarimas totales, una tarima contiene 25 rejas de café soluble.
3. Seleccionar una reja de la tarima, de manera cuidadosa levantar la bolsa de café soluble evitando el quebrantamiento de la partícula aglomerada de café soluble, y con un cucharón de acero inoxidable se extrae la muestra y se deposita en una bolsa de plástico.
4. Identificar la muestra con los datos: tipo de café, lote, no. reja muestreada, volumen de la bolsa, y gramaje de café soluble dentro de la bolsa.
5. Seleccionar la muestra bajo los siguientes criterios:

Si las tarimas son el mismo tipo de café soluble y el mismo lote de elaboración, seleccionar una tarima y se extrae la muestra. Ejemplo: 10 tarimas de AG. C (70) LOTE 7035 extraer solo una muestra.

Si las tarimas son el mismo tipo de café pero diferentes lotes de elaboración seleccionar una tarima de cada lote y extraer la muestra. Ejemplo: 5 tarimas de AG. C (70) LOTE 7030 y 5 tarimas de AG. C (70) LOTE 7032, extraer una muestra con un lote 7030 y otra con el lote 7032.

Si hay 10 tarimas pero existen varios tipos de café soluble y con diferentes lotes, extraer una muestra de cada café soluble y cada lote. Ejemplo:

2 tarimas de AG. C (70) LOTE 7032 y 7033, extraer una muestra de cada lote.

3 tarimas de AG. C (10A) N LOTE 7035, 7036, 7037 extraer una muestra de cada lote.

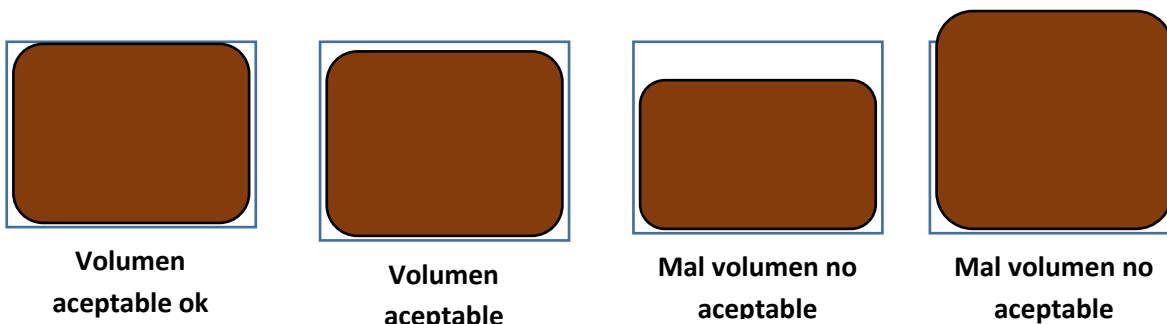
5 tarimas de AG. C (35R) LOTE 7035 extraer una muestra.

6.- Identificar volumen del café soluble dentro de la bolsa, bajo el siguiente criterio:

Volumen excelente (OK): cuando el volumen del café soluble tiene la misma altura de la reja de plástico.

Volumen regular (REG): cuando el volumen del café soluble está cerca de la altura de la reja de plástico.

Mal volumen (producto no conforme): cuando el volumen del café soluble no alcanza la altura de la bolsa y cuando el volumen supera la altura de la reja.



Volumen aceptable, regular y no aceptable.

Ilustración 9 Aspecto del volumen de la bolsa en la reja de plástico.

### Problemas de recolección de muestras.

El solo extraer una muestra por cada tipo de café soluble diferente implica que los datos obtenidos de densidad, dureza y volumen (también llamados especificaciones óptimas para envasar) se generalizan para todas las tarimas, teniendo tarimas que cumplen con las especificaciones óptimas para envasar y teniendo otras tarimas que no cumplen con las especificaciones, generando problemas en el proceso de envasado.

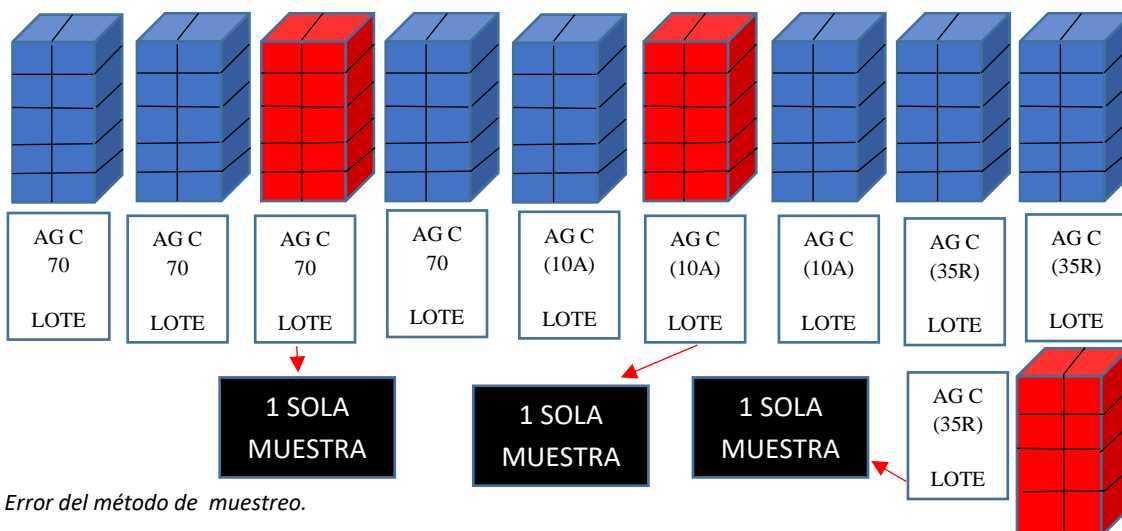


Ilustración 10 Error del método de muestreo.

La ilustración 10 muestra con claridad cuando llegan a la planta de envasado varios tipos de café con diferentes lotes de elaboración, coloreada de rojo la tarima muestreada y los datos obtenidos se globalizan para las demás tarimas (color azul, no muestreadas) del mismo café y lote generando un error de muestreo, ya que las tarimas no muestreadas no se logra determina si cumplen con las especificaciones óptimas para el proceso de envasado.

El siguiente problema es la identificación de datos en la muestra, las tarimas contienen los datos de densidad, dureza y torre como ha salido de la planta de elaboración, el método no indica que se anoten estos datos, esto genera que no se conozca el incremento de la densidad y dureza durante la transición de la planta de elaboración a la planta de envasado.

Propuesta para optimizar la extracción de muestras de café soluble.

Para optimizar el registro y control del café soluble, se propone implementar el método de muestreo aleatorio simple.

Al implementar el método de muestreo aleatorio simple, se toma una reja por cada tarima y se extrae la muestra, es decir, las 10 tarimas tienen la misma probabilidad de ser elegidas (coloreada de rojo) con el objetivo de determinar que tarimas cumplen con las especificaciones óptimas para el proceso de envasado. Ejemplo:

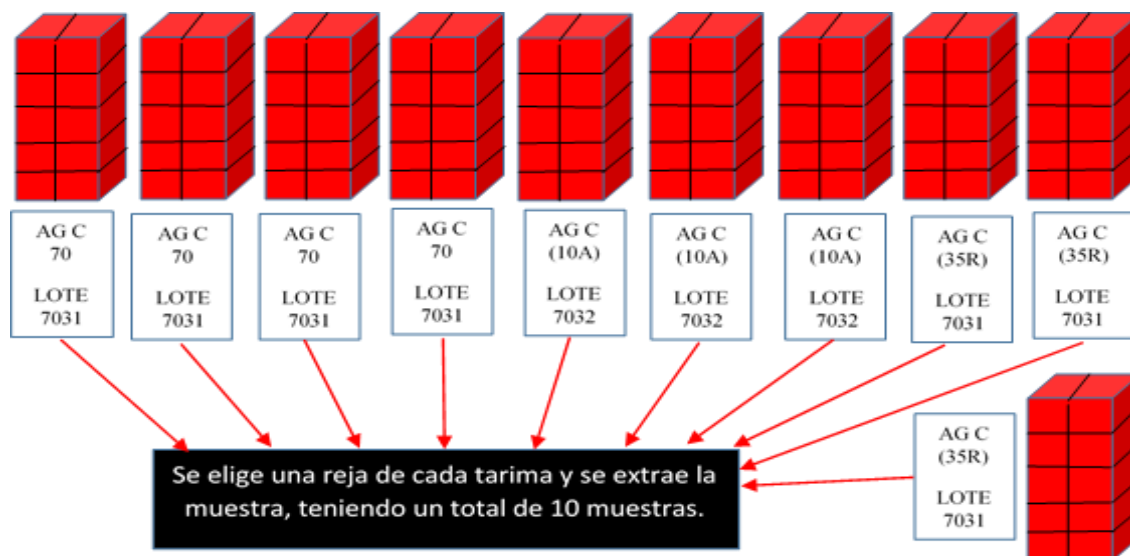


Ilustración 11 Método muestreo aleatorio simple en la extracción de muestra de café soluble.

Cada tarima contiene una papeleta que especifica los parámetros conforme salen de la planta de elaboración. Ejemplo:

Café soluble: AG. C (70)	
Lote: 7035	Disposición: 1 – 25
Tarima: 1	Densidad elaboración: 150
	Dureza elaboración: 10.4
	Torre: 1

Datos de papeleta en tarima

Se propone identificar la muestra con la densidad de elaboración, la dureza de elaboración, disposición y torre con el objetivo de aplicar un método estadístico que nos permita a través de un análisis comparativo la diferencia de densidad y dureza que se tiene durante la transición de la planta de elaboración a la planta de envasado. Los datos de torre y disposición son necesarios para que en cualquier caso la muestra presente anomalías así poder localizar la tarima con facilidad.

#### **Metodología de medición de la densidad.**

El analista debe seguir el siguiente método y tener los equipos e instrumentos necesarios para la medición de densidad. Materiales y equipos.

- 1 balanza analítica
- 1 Probeta graduada de 250 y/o 1000 ml
- 1 Embudo metálico o cono metálico
- 1 Soporte universal
- 1 Anillo metálico
- 1 regla metálica

Equipo personal (obligatorio).

El analista deberá tener puesto el equipo personal obligatorio para ingresar al laboratorio:

1. Cofia
2. Cubre bocas
3. Guantes de látex

### **Medición de densidad.**

1. Manipular la muestra de manera metódica para evitar la ruptura de la partícula aglomerada de café soluble.
2. Verter la muestra dentro del embudo metálico, el embudo metálico deberá estar a un nivel de 8 cm más alto que la probeta para un buen flujo de caída del café soluble.
3. Colocar la probeta en la balanza y tarar a cero. Colocar la probeta bajo el embudo metálico.
4. Abrir la “llave” del embudo o cono permitiendo que fluya libremente la muestra dentro de la probeta.
5. Observar cuando fluya las partículas de aglomerado de café soluble que no se encuentren partículas extrañas (virutas de metal, astillas de madera, trozos de látex, etc.) que no sean derivados del aglomerado de café soluble.
6. Con la regla metálica enrasar el exceso de café de la probeta.
7. Pesar la probeta con la muestra de café.
8. Observar el peso en gramos, calcular la densidad y reportar como densidad en g/L.
9. Calcular la densidad con la siguiente formula.

$$D = \frac{m}{v}$$

Dónde: D= densidad, m= masa, v=volumen.

10. La densidad medida de la muestra se registra en el archivo correspondiente.

### **Metodología de medición de dureza.**

El analista debe seguir el siguiente método y tener los equipos e instrumentos necesarios para la medición de dureza.

Materiales y equipos.

- 1 balanza analítica
- Malla # 12



- Malla #25
- Base y tapa del tamiz
- Durómetro Ro-Tap.

Equipo personal obligatorio.

El analista deberá tener puesto el equipo personal obligatorio para ingresar al laboratorio.

Cofia

Cubre bocas

Guantes de látex

Medición de densidad.

1. Manipular la muestra de manera metódica para evitar la ruptura de la partícula aglomerada de café soluble.
2. Pesar 100g de la muestra de café soluble en la balanza analítica.
3. Verter los 100g de la muestra en la malla # 12 y agitar manualmente la malla de manera circular durante 15 segundos con el objetivo de distribuir los 100g en toda la superficie de la malla para una buena separación de las partículas.
4. Las partículas de café soluble que fueron retenidas en la superficie de la malla # 12 se pesan 25g en la balanza.
5. Ensamblar la base del tamiz con la malla #30, verter los 25g en la malla #30 y tapar la malla.
6. Colocar el tamiz en el equipo Ro-Tap durante 5 min.
7. Quitar el tamiz del Ro-Tap y quitar la malla #30, pesar en la balanza la base del tamiz con las partículas de café soluble que lograron travesar la malla #30 y tarar a cero.
8. Retirar de la base del tamiz las partículas de café soluble perfectamente con un cepillo y depositarlas en el contenedor de reproceso de café soluble.
9. Colocar de nuevo la base del tamiz en la balanza y anotar el resultado que se denominara x1 y se aplica la siguiente formula.

$$\text{concentracion de finos por cada } 100g = x1 * 4$$

### **Análisis de la metodología de medición de densidad y dureza.**

La metodología para la medición de densidad y dureza se detecta el problema que no le dan un control y seguimiento de los datos obtenidos al proceso de envasado.

Control de los datos obtenidos de densidad y dureza en la planta de envasado.

El analista a través de la metodología de densidad y dureza obtiene los resultados de las tarimas muestreadas y registra los datos pero no los datos de densidad y dureza con la que salió de la planta de elaboración las tarimas muestreadas. Generando que no se tenga un control estadístico durante la transición de densidad y dureza de la planta de elaboración a la de envasado.

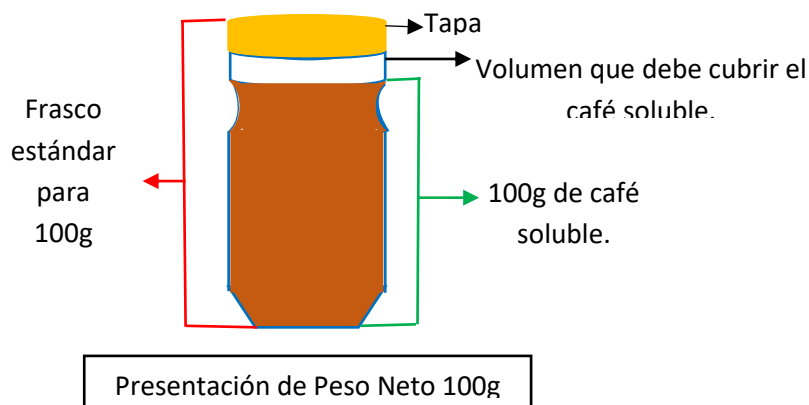
Seguimiento de los datos obtenidos en el proceso de envasado.

Los datos obtenidos de densidad y dureza en la planta de envasado solo se registran y no le dan un seguimiento en el proceso de envasado, generando el problema que cuando el colaborador que llena la tolva toma una tarima observa la papeleta pero esta solo trae los datos de densidad y dureza de elaboración y no le es posible identificar si la tarima cumple con las especificaciones óptimas para envasar, generando posibles problemas durante el proceso de envasado.

### **Problemas de densidad y dureza no estandarizados en el producto terminado.**

Los principales problemas de no estandarizar la densidad y dureza en el proceso de envasado, es el rechazo del producto por los siguientes factores.

Rechazo de producto terminado por volumen bajo.



*Ilustración 12 Producto rechazado por volumen bajo.*

En la ilustración 12 se muestra un producto rechazado por volumen bajo, el problema se origina cuando el café soluble tiene una densidad y dureza alto, es decir, las partículas aglomeradas de café soluble son tan pequeñas que se consideran partículas finas de café soluble, teniendo así los 100g de café soluble dentro del frasco pero no logra llenar el volumen establecido, teniendo merma de tapa, etiqueta, frasco y reproceso de café soluble.

Rechazo de producto terminado por peso neto bajo.

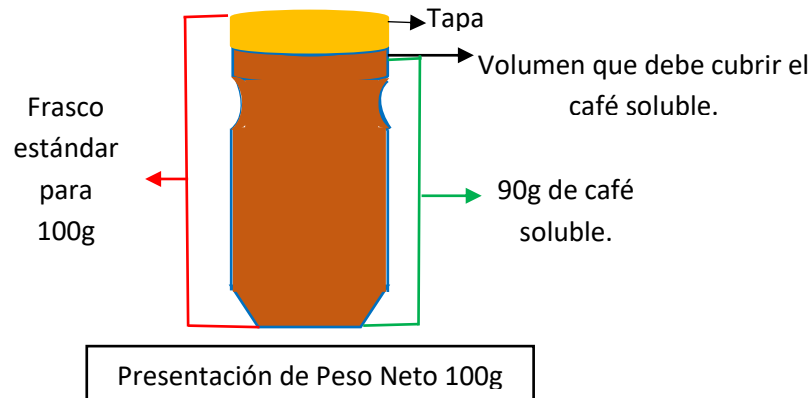


Ilustración 13 Rechazo de producto terminado por peso bajo.

En la ilustración 13 se muestra un producto rechazado por peso bajo, el problema se origina cuando el café soluble tiene una densidad y dureza baja, es decir, las partículas aglomeradas de café soluble son muy grandes llenando todo el volumen del frasco. Pero con un faltante de peso para poder ser liberado por calidad dado que no cumple con la especificación de los pesos requeridos según sea el frasco requerido a si mismo se tiene que rechazar la tarima teniendo un tiempo muerto que afecta en la producción para la eficacia del turno.

## RESULTADOS

Utilizando el método estadístico de medidas de tendencia central se recopilaron los siguientes datos (tabla 1-3) de las densidades en la recepción del café en el área de envasado, así como los valores de densidad antes de entrar a tolva para posteriormente pasar por la llenadora y obtener el producto terminado esta recolección de datos se hizo con el fin de observar las variación de dicho parámetro desde su llegada hasta su envasado, tomando en cuenta cuales son los factores que influyen y como consecuencia se genere demasiada merma para el reproceso y algunos tiempos muertos por la generación de peso bajo en el producto, los cuales se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Resultados de las densidades Enero

TIPO DE CAFÉ	DENSIDAD DE LLEGADA	DENSIDAD A.D.TOLVA	DENSIDAD ENVASADO	DE
AG C (100 A)	150	202	226	
AG C (100 A)	162	183	226	
AG C (100 A)	152	184	189	
AG C (100 A)	140	167	189	
AG C (100 A)	145	389	388	
AG C (100 A)	145	389	388	
AG C (100 A)	146	430	388	
AG C (100 A)	148	452	388	
AG C(70)	145	189.2	338	
AG C(70)	145	189.2	338	
AG c/CRISTAL	146	192	224	
AG c/CRISTAL	155	228.6	381	
AG c/CRISTAL	155	210.4	284.5	
AG C(70)	167	206.6	280.6	
AG C(70)	146	206.6	184.5	
AGc/CRISTAL	148	182.7	183.1	
AG c/CRISTAL	160	188	217.6	
AG c/CRISTAL	150	190	210	
AG C (10A)	157	190	198	
AG c/CRISTAL	158	189	187.4	
AG C(10A)	166	167	385.9	
AG c/CRISTAL	150	224.4	208	
AG c/CRISTAL	158	201.2	265.2	
AG c(35 R)	145	207.8	205.4	
AG c (35 R)	158	181.2	265.2	
AG c (35 R)	145	207.8	205.4	
AG c/CRISTAL	157	181.2	210	
AG c/CRISTAL	158	193.3	198	
AG c/CRISTAL		167	187.4	
AG c/CRISTAL	166	224.4	385.9	
			208	

Tabla 2 Resultados de densidades febrero

TIPO DE CAFÉ	DENSIDAD DE LLEGADA	DENSIDAD A.D. TOLVA	DENSIDAD DE ENVASADO
AG c/CRISTAL	145	203.6	214
AG c(35 R)	146	187	202
AG c(35 R)	164	204.2	216.4
AG c(35 R)		204	216
AG c(35 R)	152	208.2	396
AG c/CRISTAL	152	192	238
Agc/CRISTAL	147	174.6	202.5
Agc/CRISTAL	147	206.6	216.6
Agc/CRISTAL	148	197.6	211
AG C(10A)	139	202.6	246
AG C(10A)	156	210	246
Agc/CRISTAL	155	215	226.2
AG C(70)	150	210	229.8
AG c/CRISTAL	148	191	225.2
AG c/CRISTAL	144	173	209
AG C(70)	141	193.2	241
AG C	154	201.8	248
AG c/CRISTAL	144	188.6	218
AG c(35 R)	155	261.8	264
Agc/CRISTAL	157	203.2	224.2
AG c(35 R)	155	220	246
AG C(10A)	168	194	240
Agc/CRISTAL	140	198	221
Agc/CRISTAL	141	196.4	213.4
AG C(100A)	141	218.2	242
Liofilizado	148	212	229
Liofilizado	212	232	238
AG c(35 R)	232	217.6	224
AG C(100A)	148	197	223
Agc/CRISTAL	145	220	244
AG C(100A)	150	208	212
Agc/CRISTAL	155	197	222
AGC(70)	150	206	217.6
AG C(60A)	144	194	234
Liofilizado	157	221	226
AGC(10A)	221	212	232
	150	250	252.6

S.D.C.ESFERICO	226	167.4	192
O	140	177.8	195
AG c/CRISTAL	144	186	213
AG c/CRISTAL	155	197	220
AG c(30)N	142	212	224
AG c/CRISTAL	162	243.8	267
AGL (30)N	160	179.2	214
AG C(43)2.3	158	232.2	248
AG c/CRISTAL	162	175.2	212
AG C(43)2.3	145	180.2	209
AG "C"	135	225	233
AD C(60)CRLE	225	212	267
Liofilizado	160		

Tabla 3 Resultados de densidades Marzo

TIPO DE CAFE	DENSIDAD DE LLEGADA	DENSIDAD A.D. TOLVA	DENSIDAD DE ENVASADO
AG "C"	145	175.2	212
AD	135	180.2	209
C(60)CRL	225	225	233
E	151	176.8	231
liofilizado	142	179.4	231
Ag B c/cristal	145	191.2	216
Ag B c/cristal	148	195.4	216
AG.C(70)	152	182.8	212
AG .C(70)	210.4	210.4	235
AG"C"	157	208.2	220
liofilizado	228.6	228.6	236
AG c(35 R)	147	179.8	213
liofilizado	146	175.4	229
AG c(35 R)	155	199.8	210
AG C(10A)	155	194.4	216
AG	152	190	204
c/CRISTA	156	181	200
L	164	200.8	231
AG C(10A)	155	197.4	208
AG	159	210	216
c/CRISTA	214	214	223
L	149	178	212
	222.4	222.4	226

Ag c/cristal	B	146	176.2	218
AG C(10A)N				

Para encontrar un punto óptimo de densidad se tomaron muestras aleatorias de las distintas presentaciones del café que llega a la planta, de los cuales el café liofilizado es el que mejor concentración presenta al no tener variables en el proceso, siendo el mejor para tomarlo en cuenta como referencia (con respecto a la densidad) de los demás cafés para acercarse a su eficacia y de esta forma reducir el reproceso del café y disminuir los tiempos muertos para lo cual se aplicó una media muestral recopilando 100 datos de cada presentación en donde dependiendo al gramaje de la presentación de los productos varía de  $\pm 10$  g (ejemplo una presentación de 80 g puede tener un peso máximo de 84.5 y un peso mínimo 74.5) De la cual la tabla 4 muestra los datos recolectados de los pesos en una producción de café liofilizado.

*Tabla 4 Datos de café liofilizado*

172	173	173	174	174	174	174	174	174	174
175	175	175	175	175	175	175	175	175	175
175	175	176	176	176	176	176	176	176	176
176	176	176	176	176	176	177	177	177	177
177	177	177	177	177	177	177	177	177	177
177	177	177	177	177	177	177	177	177	177
177	177	178	178	178	178	178	178	178	178
178	178	178	179	179	179	179	179	179	179
179	179	179	179	179	179	179	179	179	179
180	180	180	180	180	180	180	180	180	180

En donde el máximo es 188.1 y el mínimo es 171.

Se aplica la fórmula de media muestral

*Ecuación 1 Fórmula de media muestral.*

$$Media(X) = \bar{x} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_N}{N}$$

En donde nuestra media fue de

$$X=176.86$$

Posteriormente pasamos a lo que es una desviación estándar para conocer qué tan dispersos están los datos de la media de esta forma identificar que tanto varían los datos entre sí dependiendo de sus densidades en este caso aplicamos la fórmula

*Ecuación 2 Formula de la desviación estándar.*

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

En donde el resultado de nuestra desviación fue de

S=1.81475435 desviación estándar.

Posteriormente se utilizó la fórmula de coeficiente de variación para para ver qué tan cercanos eran los datos a la media que anteriormente se utilizó, cabe mencionar que para dicha ecuación se utilizó la siguiente formula:

*Ecuación 3 Formula de coeficiente de variación.*

$$CV = \frac{S_x}{|\bar{x}|}$$

$S_x$  = Desviación típica del conjunto de datos.

$|\bar{x}|$  = Valor absoluto de la media del conjunto de datos  $(X_1, X_2, \dots, X_n)$  y  $\bar{x} \neq 0$ .

Y nuestro coeficiente de variación fue de:

CV=1.0

Esto quiere decir que el coeficiente de variación en este proceso es muy preciso por lo que no tiene perdida en el café y conserva una densidad optima a lo largo de todo su proceso es por ello que se tomó como referencia al proceso de café liofilizado para compararlo o igualarlo a las densidades de los demás tipos de café que se envasan en la planta ,tomamos en cuenta otro tipo de café para comparar datos y observar su comportamiento una manera más inestable como lo es el café AG C(10A) del cual recopilamos los datos que se muestran en la tabla 5 en donde aplicamos las mismas técnicas estadísticas para observar los dos distintos comportamientos.



Tabla 5. Gramaje de café aglomerado AG (10A)

75.7	75.7	75.7	75.7	75.7	75.7	75.7	75.7	75.7	75.7
76	76	76	76	76	76	76	76	76	76
76.7	76.7	76.8	76.8	77.1	77.1	77.1	77.1	77.1	77.1
77.1	77.1	77.1	77.1	77.1	77.1	77.2	77.2	77.2	77.2
77.2	77.2	77.2	77.2	77.2	77.3	77.3	77.5	77.6	77.6
77.6	77.6	77.6	77.6	77.6	77.6	77.6	77.6	77.6	77.6
77.6	77.6	77.6	77.6	77.6	77.7	77.7	77.8	77.8	77.8
77.8	77.8	77.8	77.8	77.8	77.8	77.8	77.8	78.7	78.7
78.7	78.7	78.7	78.7	78.7	78.7	79.5	79.5	79.5	79.5
79.5	79.5	79.5	80	80	80	80.3	80.1	82.6	82.6

DONDE LA MAX=85.5-MIN=75.5

MEDIA MUESTRAL

$X=77.84653465$

DESVIACION ESTANDAR

$S=2.916358572$

COEFICIENTE DE VARIACION

$CV=3.74629209$

Aquí podemos observar que los datos están más alejados de la media por lo que tiene una dispersión de datos más elevados tocante a la densidad con la que entra a tolva en este caso contaba con una densidad de 212 g/cm<sup>3</sup> antes de entrar a tolva por lo que la densidad se encuentra alejada ya que lo que se pretende es que el valor del coeficiente de variación se acerque lo más posible a 2 o que de alguna forma este dentro del rango de 1.

En las siguientes tablas se muestra el coeficiente de variación que se obtuvo de 10 producciones de los 2 tipos de café y sus respectivos resultados a las densidades que continuación se muestran.

Tabla 6 CV/Densidades café AG C (10A)

TIPO DE CAFÉ	DENSIDAD g/cm <sup>3</sup>	COEFICIENTE DE VARIACION
AG C(10A)	212 g/cm <sup>3</sup>	3.74629290
AG C(10A)	208 g/cm <sup>3</sup>	5.14383969
AG C(10A)	225 g/cm <sup>3</sup>	6.75968593
AG C(10A)	190 g/cm <sup>3</sup>	3.33252991
AG C(10A)	210 g/cm <sup>3</sup>	1.99264591
AG C(10A)	198 g/cm <sup>3</sup>	4.30589486

AG C(10A)	220 g/cm <sup>3</sup>	4.11553004
AG C(10A)	212 g/cm <sup>3</sup>	2.24954035
AG C(10A)	224 g/cm <sup>3</sup>	5.98765430
AG C(10A)	181 g/cm <sup>3</sup>	4.76543298

En esta tabla podemos observar que solo a dos densidades de café se comporta de una manera adecuada para el proceso en donde presente poca merma y mayor eficiencia en el proceso siendo la densidad de 210 g/cm<sup>3</sup> con una dureza de 12 las más cercana al óptimo que necesitamos para poder establecer un criterio más cercano de aceptación en cuanto a densidades para el proceso de este tipo de café teniendo un coeficiente de variación de 1.99 y el segundo que sería con una densidad de 212 g/cm<sup>3</sup> y con una dureza de 12 que arroja un coeficiente de variación de 2.24954.

*Tabla 7 CV/ Densidades café liofilizado.*

TIPO DE CAFÉ	DENSIDAD (g/cm <sup>3</sup> )	COEFICIENTE DE VARIACION
LIOFILIZADO	212 g/cm <sup>3</sup>	1.00002442
LIOFILIZADO	221 g/cm <sup>3</sup>	1.09876543
LIOFILIZADO	228 g/cm <sup>3</sup>	1.81475435
LIOFILIZADO	210 g/cm <sup>3</sup>	1.02600965
LIOFILIZADO	228 g/cm <sup>3</sup>	2.04272667
LIOFILIZADO	214 g/cm <sup>3</sup>	1.09800565
LIOFILIZADO	222 g/cm <sup>3</sup>	1.28097346
LIOFILIZADO	212 g/cm <sup>3</sup>	1.00008978
LIOFILIZADO	218 g/cm <sup>3</sup>	1.09345876
LIOFILIZADO	212 g/cm <sup>3</sup>	1.00000876

En esta otra tabla se puede observar que el comportamiento es estable al no tener variación en su proceso aun que de igual forma al ser un café liofilizado no presenta disminución de partícula y su densidad se mantiene más estable por lo cual no aumenta y tiene un proceso óptimo y con mayor eficacia siendo este, el café prototipo al cual queremos adecuar los distintos tipos de café acercándolo lo más posible para la reducción de mermas ya que presenta mermas que son más pequeñas de acuerdo al coeficiente de variación.

La figura 1 muestra el cv, que entre más alejado estén los datos del 1 más dispersos están de la media por lo cual es un proceso eficaz y con alto rendimiento dado que no causa demasiada merma en el proceso que sería el óptimo al que queremos adecuar los distintos tipos de café de la planta, pero como no todos los cafés son liofilizados queremos acercarlo lo más posible a 1 o en este caso a 2 que no estarían tan dispersos los datos para encontrar un densidad apropiada para cada uno de los cafés en este caso solo se muestra el instan coffe.

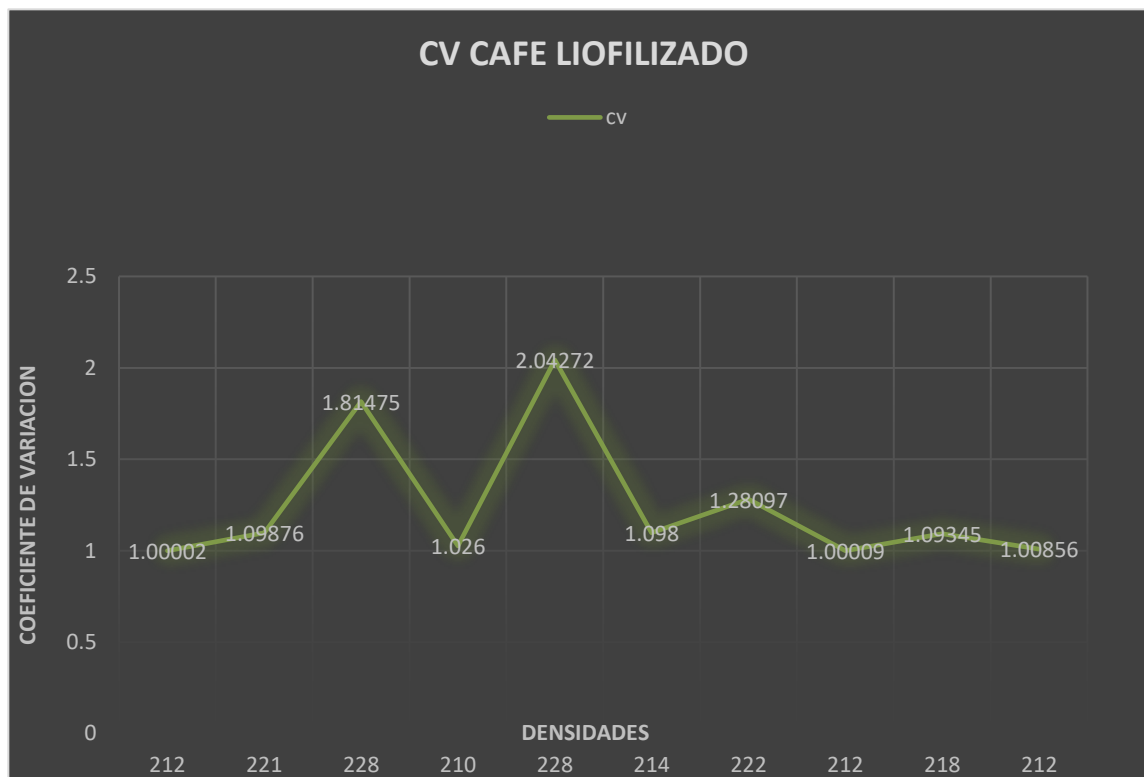


Figura 1. Grafico de C.V. café liofilizado datos óptimos.

En la figura 1 se observa que los datos no se encuentran tan alejados de la media por lo cual no hay mucha dispersión entre ellos por lo tanto se considera el proceso más eficiente en la planta teniendo mayor eficacia y menor cantidad de merma, también observamos que de acuerdo a los resultados de la densidad se reportaron tres producciones (café liofilizado) con una densidad de 212 g/cm<sup>3</sup> en donde se obtuvo un cv en las tres del 1%, por lo tanto de acuerdo a los resultados obtenidos se propone considerar dicho valor como referencia para el análisis de la densidad.

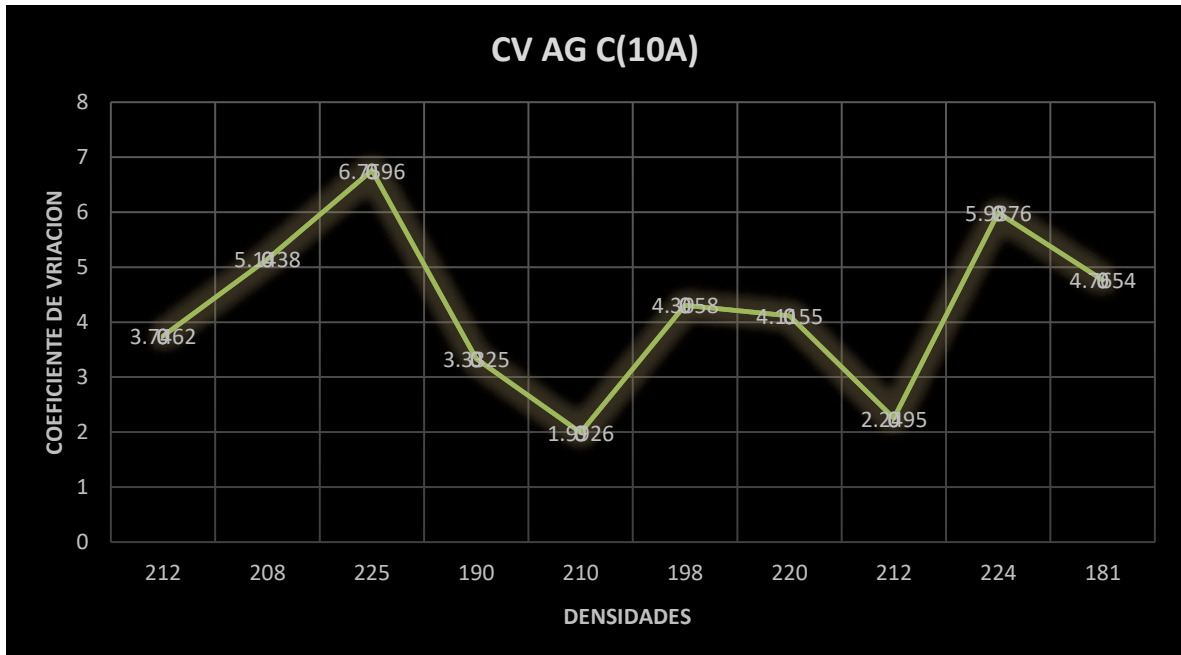
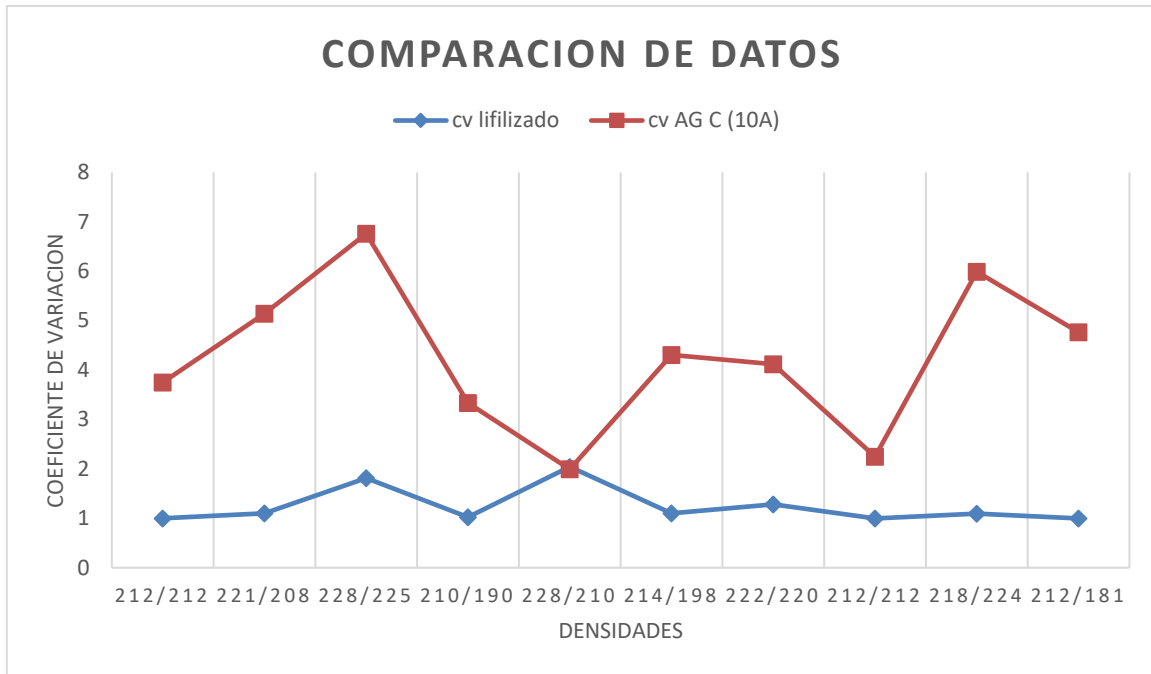


Figura 2 Grafica de CV de café AG C (10A)

En esta figura 2 se aprecia que los datos se encuentran con mayor dispersión alejándonos de nuestra prioridad que es acercarnos al 1 o 2 por ciento de eficacia en el proceso aun que podemos observar que con una densidad de  $210 \text{ g/cm}^3$  se acerca lo más posible a 1 teniendo 1.9526 de variación en el proceso y con una densidad de  $212 \text{ g/cm}^3$  teniendo un cv de 2.2095, las cuales a lo largo de sus distintas producciones fueron las que mostraron menos variación en lo datos y teniendo una productividad mayor.



*Figura 3 Grafica de resultados comparativos de las densidades del café.*

En la figura 3 se realizó una comparación del cv con respecto al café aglomerado (AG) y el café liofilizado donde podemos observar que el comportamiento del café liofilizado está muy por arriba de cualquier tipo de café por lo cual es el óptimo y al cual se tomara como referencia para tener mayor eficacia pero como también se distingue en la gráfica hay una densidad en la cual tiene un ligero contacto con una del liofilizado que es la que se quiere llegar por lo cual los análisis y estudios estadísticos se continuaran realizando para tener mayor información y detalle de las distintas densidades que maneja la empresa.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se obtuvo el coeficiente de variación de las distintas muestras de café en las cuales se observa que cuando el porcentaje de la variación es menor se tiene menos mermas en el proceso y mayor eficacia de esta forma se realizan análisis físicos de densidad y dureza para obtener una mayor cantidad de datos para obtener las más adecuadas para el proceso y de esta forma tener un amplio estudio de las densidades y reducir el grado de aceptación para un mejor proceso en las líneas 1 y 3. Se observó que entre más finos mayor es la densidad, que la dureza no va de la mano de la densidad, aunque la dureza se reporta con valores por debajo de los parámetros internos establecidos por la empresa con lo cual se concluye que afecta a la densidad, probablemente esto se debe a la humedad del grano y no a la dureza que presenta en el proceso y que el rango de aceptación es muy grande por lo cual las variaciones serán similares a esto, por lo cual se recomienda registrar en bitacoras los parámetros de densidad y dureza a cada tarima que estén agregando a la tolva en el proceso y tomar los datos de la llenadora para observar las variaciones que se presenten en el momento y comunicarlas al encargado de producción para acatar instrucciones de lo que se procederá hacer y evitar tener pesos bajos en el proceso y apoyarse con los apuntes de laboratorio con los cuales se llenara la tabla de Excel la cual compra la densidad de llegada , antes de entrar a tolva , y la densidad después del envasado.

## REFERENCIA BIBLIOGRAFIAS

Alfonso V. ( 2010.). *El café y sus efectos en la salud cardiovascular y en la salud materna*. Revista Chilena de Nutrición., 37, 514-523.

C. Fay, r., & e. McMurry, J. (2009). *Química general*. Mexico: pearson educacion.  
Fisac Pedrajas.r. (2014). *El mundo del café*. Madrid: © Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente Secretaría General Técnica Centro de Publicaciones.

Dona t, Ronald F. (2010). *Efectividad de siete consorcios nativos de hongos micorrízicos arbusculares en plantas de café en condiciones de invernadero y campo*. Revista chilena de historia natural., 84, 23-32. 23-marzo-2018,

Humberto g, román S. (2011). *Control estadístico de la calidad y seis sigmas*. Tercera edición. México Distrito Federal: McGraw-Hill/inter americana editores S.A de C.V

Instituto del Café de Costa Rica (ICAFFE). (2011). *Guía Técnica para el Cultivo del Café*. Costa Rica: Barva-Heredia

López Morgado, R., Sosa Fernández, V., Díaz Padilla, G., Contreras Hernández, H. A. (2013). *Cafecultura en la zona centro del estado de veracruz: diagnóstico, productividad y servicios*. Medellín de Bravo, Veracruz, México.

Salvador Badui. (1990). *Química de los alimentos*. Mexico, DF: editorial alhambra S.A de C.V.