

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**DISEÑO DE UNA PLANTA DE CAFÉ TOSTADO Y MOLIDO**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN**

**PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**POR**

**RODOLFO REYES MAYEN**

**ASESORADO POR INGA. FULVIA IRENE LÓPEZ DE MANCIO**

**AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE**

**INGENIERO INDUSTRIAL**

**GUATEMALA, OCTUBRE DE 2003**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA**

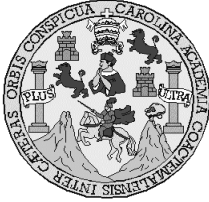


**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
VOCAL I	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Eliza Yasminda Vides Leiva
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Roberto Mayorga Rouge
<b>EXAMINADOR</b>	<b>Ing. Marco Augusto Conde Sánchez</b>
EXAMINADOR	Ing. Sergio Antonio Torres Méndez
EXAMINADOR	Ing. Rolando de Jesús Paiz Vásquez
<b>SECRETARIO</b>	<b>Ing. René Andrino Guzmán</b>



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA INDUSTRIAL**

## **DISEÑO DE UNA PLANTA DE CAFÉ TOSTADO Y MOLIDO**

**RODOLFO REYES MAYEN**

**ASESORADO POR INGA. FULVIA LÓPEZ DE MANCIO**

**GUATEMALA, OCTUBRE DE 2003**

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

Cumpliendo con los preceptos que establece la Ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### **DISEÑO DE UNA PLANTA DE CAFÉ TOSTADO Y MOLIDO**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 14 de octubre de 2003.

Rodolfo Reyes Mayén



<b>2. MEZCLA</b>	19
2.1 Definición	19
2.2 Mezcla del grano	21
2.3 Granos afines para mezcla	21
<b>3. TOSTADO</b>	23
3.1 Diseño de bins de almacenaje	23
3.2 Tipos y características	24
3.3 Tiempo de tueste y especificaciones	27
3.3.1 Enfriamiento por agua	28
3.3.2 Tueste oscuro	29
3.4 Diseño de balanzas	31
3.5 Diseño del equipo	32
3.6 Extracción del aceite aromático por tueste	33
<b>4. MOLIENDA</b>	43
a. Diseño de bins de almacenaje	43
b. Granulogía	45
c. Diseño del equipo	46
4.3.1 El molino tradicional de discos ( <i>Burr mill</i> )	46
4.3.2 Cortado <i>Le Page</i> o de dos rodillos	48
4.3.3 Molino <i>Gump</i> o de seis rodillos	48
<b>5. EMPAQUE</b>	51
5.1 Características	51
5.1.1 Empaques flexibles	51
5.2 Condiciones mínimas para el empaque	53
5.2.1 Metal y vidrio	54
5.3 Selección del equipo	55

<b>6. CONTROL DE CALIDAD</b>	<b>59</b>
6.1 En la recepción de materia prima	59
6.2 Durante la mezcla	60
6.3 Durante el proceso de tostado	62
6.4 Durante el proceso de molido	64
6.5 Para las condiciones de empaque	65
6.6 Durante la recolección	66
6.7 Control final de una partida para la exportación	67
6.8 El análisis y catación	69
6.9 Defectos del café y su origen	69
6.9.1 Principales sabores anormales del café	72
<b>7. DISEÑO DE FORMATOS</b>	<b>75</b>
<b>8. PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA PLANTA DE CAFÉ TOSTADO Y MOLIDO</b>	<b>79</b>
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>99</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>100</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>103</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>107</b>

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1. Corte longitudinal de una cereza de café	6
2. Esquema de tostador continuo	30
3. Esquema de depósitos de café tostado	37
4. Esquema de molinos de discos	47
5. Esquema de molino de rodillos	49
6. Esquema de una empacadora vertical	56
7. Detalle de una empacadora vertical	57
8. Formato compra de café crudo	75
9. Formato de orden de producción para tostado	76
10. Formato de orden de producción para empaque	77
11. Diagrama de operaciones de proceso de tostado	79
12. Diagrama de operaciones de proceso de empaque	80
13. Diagrama de flujo de proceso de tostado	81
14. Diagrama de flujo del proceso de molido	82
15. Diagrama de flujo del proceso de empaque	83
16. Diagrama de proceso hombre-máquina. Tostado del café	84
17. Diagrama bimanual de proceso de empaque de café	85
18. Propuesta de distribución de la planta de producción nivel 1	86
19. Propuesta de distribución de la planta de producción nivel 2	87
20. Propuesta de diagrama de recorrido. Planta nivel 1	88
21. Propuesta de diagrama de recorrido. Planta nivel 2	89
22. Propuesta de distribución. Planta de proceso de tostado y molido	90
23. Propuesta de diagrama de recorrido. Proceso de tostado y molido	91



24. Apunte. Diagrama de planta de Proceso de molido	92
25. Apunte de perspectiva. Departamento de molido	93
26. Apunte 2 de perspectiva. Departamento de molido	94
27. Distribución de planta del Departamento de empaque	95
28. Apunte de perspectiva. Departamento de empaque	96
29. Apunte 2 de perspectiva. Departamento de Empaque	97

## **TABLAS**

I. Tipos de cafés resultantes de la separación en el beneficio seco	10
II. Relaciones entre la velocidad del cilindro y el tiempo de reposo del café en la máquina	28
III. Lista amplia de imperfecciones para café bajo contrato "C"	68

## GLOSARIO

<b>Flotes</b>	Son aquellos granos de café que no se desarrollaron.
<b>Ojo de gallo</b>	Alteración en el café que se caracteriza por los bordes agudos y por la coloración oscura de los granos.
<b>Pirolisis</b>	Transformación del grano en una o más sustancias diferentes por medio, únicamente del calor.
<b>Añejo o rancio</b>	Sabor típico del café cuando es afectado por la humedad y el oxígeno
<b>Catación</b>	Técnica de prueba para determinar la calidad del café
<b>Quaqkers</b>	Granos de café muy claros y abiertos, con sabor a maní, producto del fruto verde o enfermo.
<b>Torrefacción</b>	Acción y efecto de tostar al fuego.
<b>Resiliencia</b>	Resistencia que opone un cuerpo a la ruptura por choque.
<b>Molienda</b>	Reducción del tamaño de las partículas de una sustancia por estrujamiento a presión, raspado, cortado, rasgado o cualquier otra presión.

## RESUMEN

La producción de café y su industrialización poco ha variado a lo largo del tiempo en países como Guatemala, los cuales han basado su economía en la mencionada producción.

Este estudio responde a la necesidad de contar con elementos técnicos sobre el café al momento de diseñar una planta de café tostado y molido. Para conducir al lector por la historia y la composición de dicho fruto se elaborará el primer capítulo, el cual contiene la información para formarse un panorama de su producción en Guatemala.

El capítulo dos, se refiere al proceso de mezclado, indicando para ello los diferentes tipos de mezclas existentes en el mercado local y externo. Enseguida el capítulo tres aborda el tema del tostado del café, incluyendo las técnicas utilizadas, características de seguridad, propiedades del grano, y los cambios que puede sufrir el café durante este proceso.

La molienda del café es el tema tratado en el capítulo cuatro, se indican las características del café molido, tipos de molinos y sus características. El capítulo seis aborda los diferentes materiales de empaque que existen, indicando sus características, ventajas y desventajas.

El Control de Calidad es el tema abordado en el capítulo seis, indicando las características para lograr un efectivo y eficiente proceso de control en las diferentes etapas hasta llegar al café tostado y molido.

Los diferentes formatos utilizados en la producción del café tostado y molido se tratan en el capítulo siete.

Finalmente en el capítulo ocho, se presenta el diseño de una planta de café tostado y molido, para ello se incluyen plantas, perspectivas y detalles de los diferentes componentes y procesos que intervienen en el proceso de tostado y molido.

En síntesis, esta investigación incluye información suficiente para ser tomada en consideración al momento de implementar una planta de café tostado y molido.

## **OBJETIVOS**

1. Describir y conocer las particularidades del proceso del café tostado y molido
2. Análisis y estudio de las actuales técnicas para el proceso del café tostado y molido
3. Presentar las condiciones mínimas y requerimientos para que el café sea apto para su comercialización
4. Presentar las diferentes alternativas que existen en el mercado para el proceso del empaque del café tostado y molido.

## INTRODUCCIÓN

Siendo Guatemala un país cuya economía se basa fundamentalmente en la agro-exportación y el café el producto que ocupa el primer lugar en esas transacciones; es pues, de vital importancia el grado de industrialización que el país debe lograr en el procesamiento del fruto del cafeto. El café cultivado en nuestro país mantiene alta calidad que es reconocida internacionalmente, debido principalmente a las características especiales de nuestro suelo.

En los últimos años, los cultivos de cafeto han registrado y representado para el país, cuantiosas pérdidas, debido tanto a la caída de los precios en el mercado internacional como al deterioro de nuestra moneda.

Sin embargo, esto no ha influido en el incremento de la producción del grano y el desarrollo de los cultivos; los cuales se han visto beneficiados con la tecnificación de las cosechas, el tratamiento contra plagas, la recolección hasta llegar al trabajo desarrollado en los beneficios de donde se ha obtenido ya el grano en forma comercial.

El desarrollo y la tecnificación de estos centros ha alcanzado en el país un alto grado, encontrándose en el medio un gran número de empresas con equipo altamente calificado para la selección y obtención del grano para su futura exportación. Mientras en lo que se refiere a la transformación del fruto del cafeto, el desarrollo ha sido mínimo.

En el país existe un número considerado de tostadoras de café comparado con una cantidad mínima de industrias, que se dedican a la obtención del café soluble. La poca tecnificación registrada en las industrias tostadoras, se refiere exclusivamente al proceso de embalaje y empaque (maquilado), y no así al proceso de transformación propiamente dicho.

En ese contexto, el presente trabajo aborda las múltiples condiciones del café para que sea apto para su comercialización, así como las diferentes fases por donde debe pasar el fruto del cafeto hasta llegar a ser empacado y embalado, listo para su comercialización final.

# **1. SELECCIÓN Y LIMPIEZA DEL GRANO**

## **1.1 Generalidades y descripción**

### **1.1.1 Etimología**

La palabra café es tan antigua como el origen mismo de dicha planta. Hay diversas opiniones al respecto, y una de ellas, y seguramente la más acertada es la de Carnallac que dice: "Tiempo antes de cultivares en forma comercial el café, fue la bebida con que los creyentes mahometanos quisieron resarcirse de la abstinencia de las bebidas alcohólicas".

Este es el origen más probable de la palabra café, porque los árabes designaban a los licores alcohólicos con el nombre de Kahoueh, que los turcos pronunciaban Kahveh y debieron aplicar al café, el nombre de las bebidas que se les permitía privarse(1). Muchos escritores hacen venir la palabra que nos ocupa de Kafa, localidad en que se cosecha café.



### 1.1.2 Historia del café

El origen del café se cuenta en pintorescas leyendas. La primera, es la que atribuye su descubrimiento a un pastor que cuidaba sus cabras por el año 1140. Otra a un derviche desterrado y una tercera oriunda de Abisinia, a un santo peregrino. De Abisina se extendió desde tiempos muy remotos por toda la Arabia la costumbre de tomar café. Llegó a la Meca en donde los peregrinos regresaban a sus hogares con el gusto por el café. La costumbre de su consumo fue llevada hasta El Cairo y Siria. En 1511 el Gobernador Khair Bei fue el primero en dictar medidas contra el café, prohibiendo su venta y disponiendo la destrucción de sus depósitos. Su sucesor, tomador de café, puso fin a las prohibiciones. Con el Sultán Solimán II el café llegó a Constantinopla. Rauwolf que lo vió en Alepo, lo dió a conocer por primera vez en Europa en 1582. El botánico Próspero Alpino descubre la infusión(13).

En 1624 los venecianos en su comercio con los turcos traen gran cantidad de café a Europa; se generaliza su consumo en Italia por el año 1645. Un embajador del Sultán Mahomed IV lo dio a conocer en Francia en la corte de Luis XIV. En 1671 se abrió en Marsella el primer café; provocó su apertura apasionadas discusiones entre los médicos, quienes considerando el café como una droga, pretendieron prohibir su libre consumo. Los médicos perdieron la batalla y el famoso viajero Thévenot, en 1658 por primera vez en París obsequiaba café a sus invitados.

París se aficionó a la exótica bebida y en 1672 el armenio Pascal abrió el primer café, convirtiéndose en punto de reunión de intelectuales y filósofos quienes lo adoptaron como su bebida favorita.

En Londres abre un café *Rosee* con tal éxito, que ya por 1693 existen en la capital inglesa cerca de 300. (En 1683 pasó a ser monopolio del Estado). Por el año de 1650 los holandeses llevaron algunas posturas de café de la Meca a Batavia haciendo grandes plantaciones entre 1680 y 1690 terminando a fines del siglo XVII por arrebatarse a los turcos el mercado del grano.

En 1710 un cafeto sembrado por los holandeses en el Jardín Botánico de Ámsterdam dió flores y frutos y de ellos obtuvo una postura Luis XIV. Este monarca mandó en 1720 una planta a la Martinica. De allí se extendió el cultivo con rapidez por las demás regiones de América especialmente en Guadalupe y Santo Domingo, desde donde José Antonio Gelabert llevó semillas a Cuba en 1748.

El café de las colonias francesas llegó a dominar el mercado europeo, pero la sublevación de las mismas a fines del siglo XVIII y las guerras napoleónicas de principios del XIX hicieron perder a Francia sus fuentes de abastecimiento, pasando el cultivo del café a las colonias españolas de América, principalmente a Cuba donde se instalan gran número de colonos franceses. Las luchas por la independencia, la supresión de la esclavitud y el fomento cada vez mayor de la caña, dejaron el mercado cafetalero en manos brasileñas en la segunda mitad del siglo XIX que se convirtió en el mayor productor de este grano.

El consumo del café en América, comienza en las colonias Inglesas del Norte induciendo sus costumbres John Smith, el fundador de Virginia a fines del siglo XVIII cuando el grano debía llegar desde Europa. Existe constancia de que también lo trajeron consigo los peregrinos del *Mayflower*.

El motín de Boston, que había cargamentos de té por no querer pagar impuestos sin representación abrió paso al café; buscaron un sustituto para aquella bebida en una infusión que no fuese de procedencia inglesa, recurriendo al café. Con los años, el café ha llegado a ser la bebida favorita del los americanos.

### **1.1.3 Introducción del café de Guatemala**

A los padres Jesuitas se les reconoce en ser los primeros introductores de la planta del café en Guatemala, no en forma de cultivo sino como ornamento para sus jardines que gozaban de fama por ser los más completos en la República. El padre Don José María Navarro dice: “ Por una tradición oral de hombres respetables, se sabe que el primer café que se sembró en este Antiguo Reino de Guatemala y hoy Centro América, fue traído del mismo modo por los reverendos de la Compañía de Jesús y cultivado en su casa de estudios de la Antigua Guatemala.”

En 1773, a causa de los terremotos llamados de Santa Marta, la Capital del Reino de Guatemala la trasladaron a otro lugar; esto permitió que nuevos vástagos de café se propagaran en el país. En 1798, el Br. Telcamábila, cita entre los productos agrícolas del Reino de Guatemala al Café, y aunque no específicamente a lo que actualmente es la República de Guatemala. Otros países de Centro América, tales como Honduras, ya contaba con algunos cultivos de este fruto.

#### **1.1.3.1 Localización geográfica del café en Guatemala**

En nuestro país el cafeto prospera bien desde 600 pies a 6,000 sobre el nivel del mar, y aún crece y fructifica a la altura del mar y cerca de 7,000 como en Zunil del Departamento de Quetzaltenango, y aunque ya a esta altura la planta de granos grandes y hecha flor durante 9 a 10 meses del año. La zona explotada es entre 100 a 5,000 pies de altura sobre el nivel del mar(15).

En las atribuciones de los Cuchumatanes, del Merendón y de la Sierra de Chuacús hay dispersas algunas zonas entre las que sobresale la última, cuya mayor concentración está localizada en los municipios del sur de Alta Verapaz (presumiblemente Purulhá) y que en la producción total de la República se significa con el 12%. En la Sierra de las Minas sobre el Valle del Motagua y en los lugares positivamente no altos, existe una pequeña zona, posiblemente coincidiendo con el Municipio de Gualán, Zacapa, donde se cultiva el café grano verde. (Ver anexos IV-X). Granulometría del café por regiones de Guatemala).

#### **1.1.4 Descripción del fruto de café**

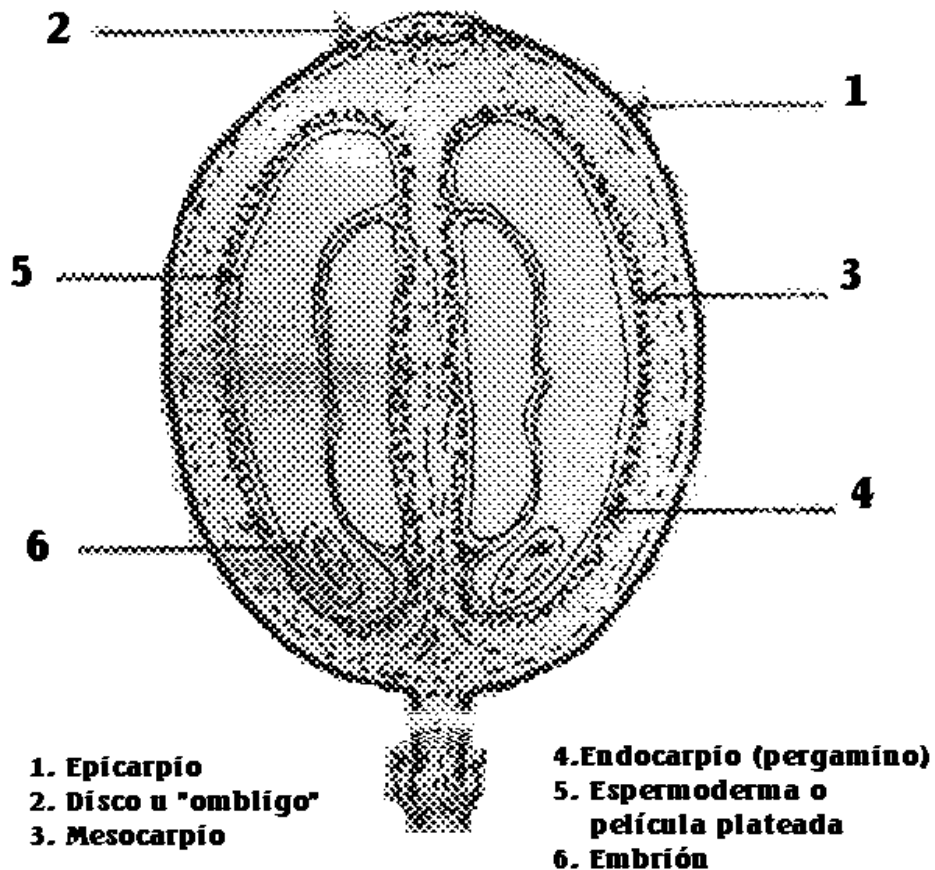
Los frutos del café se cosechan en América Central desde finales de agosto hasta el mes de marzo, dependiendo de la altitud sobre el nivel del mar de la plantación de café. El café de tierra cálida madura más temprano que el de tierra fría.

Los frutos se cosechan al llegar a su madurez, lo que se advierte por el color marrón intenso que adquiere el grano, aunque existen también variedades que presentaron un color amarillo cuando están maduras(16).

En la figura 1, se muestra un corte longitudinal de un fruto de café, muestra las fracciones anatómicas del fruto, el grano de café propiamente dicho o endospermo, la cáscara o endocarpio, una capa mucilaginosa o mesocarpio, y la pulpa o esocarpio.

**Figura 1. Corte longitudinal de una cereza de café**

### **Corte longitudinal de una cereza de café**



La semilla del café presenta una superficie plana que se encuentra con otra parte igual dentro del fruto, cada mitad está recubierta por un delicado tejido conocido como película. Estas dos fracciones se sostienen dentro del

endocarpio, membrana conocida también con el nombre de pergamino o cascarilla de café, que es duro y quebradizo cuando se seca, y el cual rodea individualmente a cada una de las dos fracciones que constituyen un grano. La cáscara, en cambio, está cubierta por una gruesa capa de células esponjosas que forman la pulpa. Esta capa tiene un espesor aproximado de 5 mm(6).

Debido a la consistencia viscosa del mucílago, una leve presión sobre el fruto es suficiente para expulsar fuera de él las dos mitades que constituyen el grano. Esta característica ha sido aprovechada en el proceso que desde hace largo tiempo se utiliza para separar los granos del resto de los componentes estructurales del fruto.

## **1.2 Variedades y clasificación comercial del café**

Pocas personas se preocuparon en principio de clasificar el café por sus diferentes tipo, y una de las primeras tentativas se produjo en el año 1856 cuando don Julio Rossignan, hizo la siguiente clasificación.

Cafés de Guatemala, clasificados según su aroma:

- República de Guatemala (Lavados); Café de Cobán
- Guatemala (Ciudad Nueva), Ballesteros; Palencia
- Chimaltenango
- Antigua Guatemala
- 8. San Cristóbal (Alta Verapaz)
- 9. Petapa
- 10. Escuintla y Boca-Costa
- 11. Costa

La Sociedad Económica de Guatemala, tenía por costumbre efectuar cada año una exposición no sólo Industrial, sino agrícola y cultural, en 1867 entre los premios que se concedieron a las mejores muestras de café, se encontraban los siguientes departamentos:

Departamento de Santa Rosa, Jurisdicción de Guajiniquilapa; el de la Finca de Don José Dolores López y el de la Hacienda “ El Zapote “; Departamento de Jutiapa; el de la Hacienda Coatepeque, pareja de Jocotillo; cosecha de los señores Gamero; el de la Hacienda de Don Melchor y del pueblo de Santa Catarina. Fuera de estas, no se contó con otras clasificaciones del café, siendo una de las más completas la del señor Ruest, realizada en el año de 1944 y publicada en “ La Revista Cafetalera de Guatemala “.

### **1.3 Clasificación comercial**

Según dicha publicación (La Revista Cafetalera de Guatemala, 1944), las principales clases de CAFE son: Arábigo, Bourbon, Maragogipe y se clasifican en:

- Estrictamente Duro (*Strictly Hard-Bean*)
- Grano Duro (*Hard-Bean*)
- Prima Extra (*Extra-Prime*)
- Prima (*Prime*)
- Extra Bueno lavado (*Extra Good Washed*)
- Bueno Lavado (*Fair Washed*)

- Bourbon
- Maragogipe Superior
- Maragogipe Bueno Lavado

Estas se caracterizan por aspectos como: tasa fina y fuerte de sabor y aroma fragantes, cuerpo lleno, gusto vinoso con acidez pronunciada. Primeras, segundas terceras y caracol mezcladas, o solamente primeras y segundas mezcladas y terceras y caracol aparte, catada a máquina y escogidas a mano lustradas según las exigencias del mercado.

**Grano duro.** Tasa fina, medio fuerte, cuerpo y acidez muy pronunciados. Separación y beneficio igual al tipo anterior.

**Grano semi-duro.** Tasa fina, medio fuerte, cuerpo mediano o ligero, poca acidez, buen aroma. Separación y beneficio como las clases anteriores. A los granos producidos en las alturas máximas asignadas a este tipo de café, se les denomina “Primera-Extra”.

**Bueno lavado.** Tasa suave, con muy poca acidez, algo mayor en los cafés que contienen mezclas de Bourbon. Muy aromático. A los granos producidos en las alturas máximas asignadas a este tipo de café, se les denomina extra bueno lavado.

**Corriente Lavado.** Tasa suave, sabor neutro, aromático.

**Bourbon.** Tasa suave, neutro, algo de acidez.

**Maragogipes.** Esta es una variedad de granos grandes de configuración asimétrica e irregular. El centro de la baya no tiene el corte parejo como el arábico y bourbon. La ranura está muy a menudo interrumpida y se divide a



veces en dos ramales. El tueste es generalmente bueno, sobre todo en las clases superiores. Sabor agradable de cuerpo delgado y algo de acidez.

Todos los cafés guatemaltecos dan un tueste muy atractivo, lo que se debe a su buena y científica elaboración y lavado, ya que mediante este procedimiento se eliminan los granos defectuosos, vanos, que son lo que dan mal aspecto al tueste. Al tostarse, los cafés medianos y bajos se abren en el centro del grano al tostarse, mientras que los altos y sobre todos los de calidad estrictamente duro, permanecen compactos y cerrados presentando únicamente una línea bien definida y blanca. La característica de los cafés altos, consiste en una curva mezclada al final de la ranura central.

**Tabla I. Tipos de cafés resultantes de la separación en el beneficio seco**

Caracol prima	Caracol (grano redondo de una sola baya contenida en el fruto), separado de cafés bueno y prima lavado, hasta 3,500 pies de altura
Caracol superior	La misma separación de cafés semi-duro, hasta estrictamente duros.
Tercera	Grano tercero, pequeños angostos, separados de cafés hasta 3,500 pies de altura.
Terceras extra	También llamados <i>Hihgrow</i> terceras, separados de cafés de 3,500 pies de altura.

Estos cafés de separación de beneficio, se eliminan generalmente de los cafés que se exportan a los mercados europeos (primeras y segundas), también llamados A/B; mientras que para los mercados norteamericanos se exportan todas las clases mezcladas; es decir, primeras, segundas, terceras y caracol en sus justas proporciones. Sin ninguna excepción, los cafés de Guatemala se exportan solamente en estado lavado.

#### **1.4 Diseño del equipo necesario para la limpieza del grano**

Es frecuente que el grano de café (verde) no esté limpio cuando se empaca para su transportación; aún más, los sacos pueden romperse y acumular polvo y otras impurezas durante el transporte.

El café recibido en la planta de tueste debe estar razonablemente limpio, pero, en la práctica, se encuentran tantos materiales extraños (clavos, monedas, botones, piedras, etc.) como contaminantes ligeros; por ejemplo: astillas de madera, trozos de cordel, paja, maíz, y granos de naturaleza varia; todo esto, claro está, debe removerse(5).

Entonces, la materia de cierto volumen se remueve con una malla provista de agujeros adecuados para permitir únicamente el paso del grano; la materia ligera, por medio del aire. Este último método es el más utilizado desde 1970(10).

Basándonos en el mecanismo de una limpiadora convencional; por ejemplo, en una de la *B.F. Grump Company*, podemos plantearlo de la manera siguiente. He aquí el proceso: el grano de café alimentado a la máquina se distribuye en una hendidura longitudinal sobre el valle de dos tambores rotatorios con receptáculo.

Enseguida el grano entra en éste y resbala debajo de una cortina de hule, a medida que el receptáculo del alambre, cordel y otros, no pasan la cortina de hule y se mantienen en el valle del tambor, hasta su descarga por el extremo

inclinado inferior(12). El grano que pasa por el limpiador, sale del receptáculo y cae en una malla giratoria; las partículas pequeñas y el grano quebrado pasan por los agujeros que tienen el mismo diámetro que los del cilindro tostador (3/16”).

El flujo principal del grano sale por la parte inferior de la superficie de metal perforado y cae en un embudo. Aquí, y utilizando una corriente fuerte de aire, se extrae el polvo y otra materia ligera hacia un colector ciclónico. Como paso final, el grano limpio se transporta en una faja hasta el punto de proceso o almacenamiento.

En líneas generales sólo una fracción de uno por ciento de la pérdida consecuente de la limpieza del grano. Ocurre en los países importadores consumidores de café.

Sin embargo, tal porcentaje aumenta cuando el grano es de grano inferior; de ahí la importancia de mantener registros adecuados de las pérdidas no usuales en la limpieza, ya que identifican tanto el lote como al vendedor.

Los cilindros del colector ciclónico de polvo deben mantenerse limpios, a fin de evitar la acumulación de éste, lo que reduce su efectividad. El sistema puede diseñarse de modo que los depósitos de impurezas caigan en un colector central, obviando; por consiguiente, el vaciado manual de los tambores. El motivo del grano de café verde siempre ocasiona polvo, lo cual, además de ser poco saludable puede en ocasiones, dar origen a explosiones en determinadas circunstancias. Se utiliza en transporte neumático del grano y/o café molido y tostado en algunas plantas procesadoras.

### **1.4.1 Transporte del grano mediante presión de aire**

Dado que el grano verde es dos veces más compacto que el tostado, es menester mayor velocidad de aire, (por ejemplo: más aire en un ducto determinando) para transportar el grano verde. Por lo tanto, la necesidad de fuerza motriz es mayor en este sistema que en los de hélice o elevadores; pero la inversión inicial, en cambio, es menor que la exigida por los dos últimos mencionados.

La elección depende de factores diversos: distancia, elevación requerida, tortuosidad de la vía y espacio disponible; sea el caso un sistema de transporte mediante presión de aire, el cual se prefiere en condiciones de espacio reducido, por cuanto la tubería no ocupa mucho lugar.

Los depósitos individuales contienen varios cientos de sacos, y suelen construirse en dos filas en grupos de diez a veinte, colocados sobre alimentadores volumétricos que descargan el producto sobre hélices de mezclado continuo.

Para evitar duplicidad en el manejo del grano en la planta de tueste, se descarga tan pronto llega, se limpia, y se envía luego a los depósitos al por mayor hasta tanto que se mezcla y tuesta. Es práctica común almacenarlo en bodegas cercanas a la planta.

He aquí un caso: cuando se utiliza existencia de cinco depósitos para una mezcla específica, y la provisión de uno de los tipos o lotes que se termina, el problema se resuelve fácilmente remplazándolo con un tipo similar de otro depósito. El proceso de mezcla está relacionado con la capacidad de producir un volumen grande y continuo de granos uniformemente mezclado, día tras día

y mes tras mes. Con suficiente espacio para almacenar la mayoría de los pedidos, se minimiza el problema de la búsqueda de lotes.

Tienen éstos, inclinación de 45 grados para facilitar el flujo del grano a través del alimentador volumétrico hacia las hélices de mezcla. Puede variarse en forma periódica el flujo, a fin de verificar la velocidad de alimentación. Hay, además, otro embudo sobre el alimentador que permite el flujo del grano, en caso de ser necesario. Tanto en los lados verticales como en los inclinados del depósito, hay mirillas de cristal que muestran el nivel de éste. El cual puede verificarse también con una sonda eléctrica, conectada a un marcador y campana que señale niveles altos y bajos.

Las planchas de acero que se utilicen para el depósito pueden ser negras, pero corren el riesgo de oxidarse ya instaladas. La lámina galvanizada o de zinc tiende a formar escamas después de cierto tiempo. Sin embargo, el zinc electro-laminado sobre acero ofrece protección contra el óxido, amén de no formar escamas. Este material debe soldarse con varilla de cobre amarillo con objeto de cubrir cualquier parte de acero expuesto.

Téngase en cuenta que de usar soldadura de acero, la superficie de éste debe protegerse contra el óxido, puesto que el nivel superior del depósito sostiene menos peso, no hay inconveniente en que el calibre de las láminas de acero de esa sección sean más delgadas que las inferiores.

A lo anterior se puede agregar.

- El depósito debe tener una puerta en la parte superior y otra en uno de sus lados lo bastante grandes para permitir el acceso de una persona con fines de mantenimiento.
  
- Se recomienda instalar una luz hermética contra el polvo en la parte interna

superior para inspecciones.

- Resulta útil, con fines de estimar inventario, la instalación de escalas calibradas junto a las mirillas de observación
- Se recomienda colocar el indicador debajo nivel en la parte superior de la inclinación, para evitar el riesgo de agotamiento completo de las existencias.

#### **1.4.2 Transportadores y elevadores de cubo**

Son éstos los medios más comunes para el transporte del grano en las plantas tostadoras; el sistema de presión de aire y de fajas se usa con menos frecuencia. En el primer paso, la velocidad con que se vacían los sacos está gobernada por la capacidad de transporte de la faja.

Por ejemplo, un transportador de cubo con separación de un pie entre uno y otro, con una libra de grano por unidad y que se mueva a sesenta pies por minuto, retira 3,600 libras del grano por hora. Así que, con 1.5 libras de grano por cubo, la capacidad es de 5,400 libras por hora. Si el transportador descrito alimenta una limpiadora con capacidad de 6,000 libras por hora, no habrá sobrecarga.

Existen, hoy día, tantos transportadores de hélice que se han establecido estándares para su diseño y aplicación; por ejemplo: especificando el volumen, la velocidad de movimiento de peso deseado, el ángulo de inclinación, el nivel de movimiento en sí, puede el fabricante elegir el transportador de hélice de diámetro estándar de velocidad y tamaño adecuado a las especificaciones. El tiro de la hélice gobierna la velocidad con que se mueve el grano.

El eje de ésta se encuentra, por lo general, montada en cojinetes que necesitan cambiarse ocasionalmente, las hélices están a 1/16 o 1/8" sobre el casco del transportador con objeto de mover el grano, pero sin rozar la base del casco metálico. Mas no conviene tampoco un espacio mayor, ya que puede ser causa de que se rompa o corte el grano sin permitirle movimiento a lo largo de la cuna.

Están colocados los cojinetes poco más o menos - cada 9 pies, y de esta manera se evita que el eje forme comba y roce con el consiguiente desgaste la superficie metálica del fondo. Una hélice mal alineada ocasiona desgaste del casco y fricción excesiva. La propulsión por hélice es semejante a la descrita para los elevadores, en el hecho de que, el motor, actúa a través de una faja y reductor de velocidad. Los motores están protegidos contra sobrecarga de corriente por medio de un interruptor de circuito.

Con la instalación de una salida de flujo en el extremo de descarga de transportador, se evita la necesidad de taponar el extremo. Una pestaña protectora instalada a lo largo del transportador, impide la entrada de agua. Se recomienda, para instalaciones a la intemperie, colocar un empaque entre la cubierta y el borde de la máquina; o bien con, cierres metálicos de presión instalados a intervalos regulares , permiten mejor ajuste de la cubierta y, a la vez, mayor facilidad para removerla.

### **1.4.3 Pesado del grano**

El grano de café se pesa buen número de veces hasta su ingreso en la planta de tueste. Los sacos, habitualmente, se pesan cuando ingresan en la

planta, así como antes de almacenarlos, por razones de control y verificación de los documentos. Se pesan también al retirarlos de la bodega y antes de someterlos al proceso de limpieza; en este último caso se registra, además, la diferencia de peso consecuente de la limpieza y tueste.

Esta varía según el tipo de café, en tipos iguales en ocasiones diferentes, y en especial conforme el grado de tueste. Los sacos se pesan en plataformas a nivel del suelo. Se establece el peso bruto de los embarques en camión, pesando éste en una báscula antes y después de descargarlo.



## 2. MEZCLA

### 2.1 Definición

El grano adquirido en el transcurso de un año puede variar sustancialmente. Pero la existencia del grano deba ajustarse a cierta uniformidad de cosecha a cosecha (es decir, de año a año); razón principal para la mezcla del grano comercial. Otras son:

- Control de precios de la materia prima. Las robustas; por ejemplo, abundan y son más baratas. Las mezclas con cereales como trigo y el maíz, hasta en proporciones que varían del 30 al 40% por pesada de grano, son las más comunes con las que se consigue disminuir los costos de producción en concepto de materia prima.
- El sabor de fermento y los granos con desviación de sabor deben mezclarse en proporción de 10 al 15%, para ocultar un mal sabor generalizado.
- Variantes en la disponibilidad o precios de variedades específicas; por ejemplo: inundaciones, sequía y enfermedades de la planta, deben reflejarse ulteriormente en los cambios de composición de la mezcla.
- El mal sabor de un grano puede, a veces, ocultarse con un tueste más oscuro.

- Las variantes en la calidad del grano, evidentes cuando verde o tostado, se ocultan en el Café molido.
- El grano de cosechas nuevas, generalmente de sabor ligero, necesita mezclarse con grano de cosechas de edad. El grano añoso de baja acidez ha de equilibrarse con el joven de mayor acidez.
- La mezcla permite flexibilidad: El comprador no puede ser dependiente de una sola fuente de abastecimiento.
- La mezcla es necesaria para suavizar las variantes que se encuentran en los lotes de sacos.

El secreto observado en las fórmulas es, por consiguiente, y en líneas generales, para ocultar aspectos negativos, que no virtudes de la composición del café: muy pocas personas conocen como varían las composiciones de las mezclas; quiénes son los proveedores del grano; la cantidad real del grano utilizado y el porcentaje de la mezcla de cereales en la infusión.

El proceso de mezcla es un medio para uniformar el Control de Calidad, a la par que trata de controlar el precio máximo, y a la vez, expandir la disponibilidad de la materia prima. Los tostadores al por mayor deben desarrollar fórmulas basándose en fuentes con gran disponibilidad del grano accesible a ellos todo el año y a un precio competitivo. De aquí se desprende, que es recomendable que los tostadores mencionados contraten de antemano sus compras a menudo con descuentos sustanciales, porque, de esta manera, evitan compras apresuradas a precios altos para cumplir con sus necesidades.

## **2.2 Mezcla del Grano**

En las plantas tostadoras pequeñas, que utilizan tostadoras con capacidad para lotes de uno o dos sacos, el grano verde, cascarilla, natas o cereales; pueden mezclarse en proporciones de saco en el cilindro tostador. O bien utilizar tostadores individuales para realizar por separado el tueste del grano y de los cereales, para realizar la mezcla posteriormente en le proceso de molienda. En las plantas mayores, se usan varias tostadoras e incluso tostado continuo, las mezclas han de verificarse antes del tueste y no en el cilindro.

Muchas empresas grandes todavía mezclan los lotes de grano verde o cereales en proporciones de 20 sacos, en tambores giratorios con succión de aire para remover el polvo. Las más reciente utilizan mezcla continua del grano verde o tostado. Para asegurar el tipo de mezcla, se usan alimentadores volumétricos que proporcionan grano seleccionado extraído de varios depósitos. Este tipo de alimentador no es tan exacto como el de pesada, debido a las variantes de tamaño y forma del grano y por lo tanto de la densidad de volumen; pero se consideran lo suficiente exactos para la mayor parte de los fines de tueste, a más de ser menos costosos.

## **2.3 Granos afines para mezcla**

Hay dos métodos aplicables a la mezcla del café, primero procesar volúmenes mayores como en los Estados Unidos.

El segundo mezclar y tostar selectivamente lotes pequeños, procedimiento usual en Europa y Latinoamérica. El sistema de ventas y proceso en los Estados Unidos, se relaciona con mezclas y tueste de tipo único, generalmente de procesadores al por mayor de marcas registradas. En efecto, algunos empacan de cien a varios cientos de miles de libras de café tostado y molido por día.

Las plantas se localizan casi siempre en las principales ciudades costeras receptoras del producto, de donde se envía hacia las zonas de mayor venta en el interior del país; se evita, por tanto, el transporte entre el puerto de ingreso y la planta procesadora. Además, tales ciudades constituyen las más de las veces mercados valiosos, sean ejemplo: Nueva York, Boston, Filadelfia, Nueva Orleans, Houston. Es política de las plantas nuevas mantener el trabajo manual al mínimo, utilizan sistemas de mezcla y tueste continuo. El método de mercadeo aplicado en Europa y en algunos puntos coincidentes con los de la América Latina difieren del estadounidense, por las siguientes razones:

8. Precios relativamente más altos del café
9. Métodos tradicionales para la compra del grano
10. Selección amplia de mezclas y tueste
11. La venta se realiza usualmente a través de tiendas especializadas
12. La falta de un estándar generalizado
13. La no existencia de un mercado al por mayor

El uso exclusivo de máquinas tostadoras de lote en Europa (hasta aproximadamente 1960), ha dado paso ya a varias operaciones de tueste continuo: Finlandia, Alemania y Holanda, entre otras(11).

## **3. TOSTADO**

### **3.1 Diseño de bins de almacenaje**

La evolución del tueste del café se desarrolla en ciertas épocas de la historia, coinciden estas fechas con las grandes convulsiones y guerras que en esos tiempos vivió el mundo, y la escases de mano de obra fue la principal razón que obligó a buscar métodos más eficientes para el Tueste del Grano(20,21). Como hasta el año 1900 el grano se tostaba “en casa”, tanto en Europa como en América, empleando varios tipos de sartén o cilindros girados a mano. Con ser la parte más difícil del tueste la aplicación del calor en forma rápida y uniforme, los tostadores, trataban de mantener el grano en movimiento mientras le aplicaban calor considerable. Pero, si la fuente de calor era muy alta, el grano se quemaba; y cuando el calor no era suficiente no se lograba pirólisis o tueste.

En uno u otro caso el producto era de sabor desagradable; y el proceso originaba, a menudo, gases y humo que se adherían durante horas - si no días - a las paredes, ropas y cuerpo: el tueste era un proceso ahumado y largo.

Un tipo de tostador casero era una cámara en forma de globo colocada en el extremo de una varilla de metal; se hacía girar ésta sobre un fuego de carbón, con unas onzas de grano, poco antes de molerlo para arreglar la bebida.

Algunas cámaras estaban perforadas con el fin de ventilar los gases y mejorar la transferencia del calor al grano. Antes de 1914, se calentaba casi siempre el grano por conducción de calor a través de una pared rotatoria de metal; cuando se tostaba el grano, se esparcía sobre una superficie de piedra para enfriarlo. La temperatura del gas alrededor del tambor metálico era de unos 2000°F - (1093°C); la interna no se medía, y el tiempo del tueste era poco más o menos media hora.

El color del grano tostado era disperejo y resultaba normal que algunos se quemaran. El control del tueste era manual y la productividad se acercaba a los cien sacos por día hombre (en jornadas de doce horas). Las condiciones de trabajo y métodos eran inseguros, sobre todo en relación con los hornos al descubierto, giro de los tambores calientes, carbón, y el sistema para esparcir el grano con objeto de enfriarlo(32).

### **3.2. Tipos y Características**

**Tostador Jubilee.** Recién iniciado el siglo, la disponibilidad del aceite mineral refinado influyó en el diseño de las máquinas tostadoras. Así, y durante la Primera Guerra Mundial, Jabez Burns & Son, Inc., desarrollaron el tostador Jubilee, que utilizaba gas para calentar directamente el aire en el interior del cilindro perforado de la tostadora; además, instalaron una cubierta sobre la campana para que el grano no cayera en la llama cuando giraba el tambor. Apareció, casi al propio tiempo, el tostador calentado por aire con llama directa de gas, construido por *Huntley Manufacturing Company of New York*(33).

Debido a que el gas comercial se encontraba únicamente en las ciudades mayores, muchos tostadores recurrieron al aceite combustible; este cambio de modo para el calentamiento fue el punto de partida para abandonar el carbón.

Obvio es el número de ventajas que se lograron con el sistema de calentamiento del aire por medio de gas o aceite: Mejor control de la temperatura del gas en contacto con el grano; mejor transferencia de calor por contacto del aire con el grano que el logrado por contacto con el metal; menor temperatura del gas y de las paredes del cilindro; operación más limpia en el tueste; reducción del tiempo a 20 minutos; e incremento de la productividad por día-hombre, con un solo hombre cuidando tres tostadoras. Las tostadoras Jubilee se usan aún, después de 60 años de servicio.

**Tostador Thermalo.** Jabez Burns & Sons, Inc. Modificaron (en 1935) el tostador Jubilee: movieron el quemador a la parte externa del cilindro de tueste; y además, parte de los gases calientes anteriormente expelidos, se reingresaron en el quemador para mejorar también sobre el grano en movimiento, a través de la pared perforada del cilindro y a mayor velocidad, lo que resultó en mejor transferencia de calor de los gases al grano.

El nuevo diseño redujo, con peso de carga especificado, el tiempo de tueste a 15 minutos y la temperatura a menos de 800°F (427°C). Ambos pueden variarse, cambiando el peso del lote. El tostador *Thermalo* duplicó la productividad del operador al cuidado de tres máquinas: 800 sacos por día-hombre, a más de rendir un tueste uniforme y mejor desarrollo del sabor del café. El control más uniforme del grano indicaba expansión rápida de éste durante el proceso exotérmico.

**Tostador Continuo.** El siguiente y más significativo paso, desde el punto de vista comercial, se realizó alrededor de 1940, cuando Jabez Burns & Sons, Inc. ofrecieron el tostador continuo.

Cercano a ese tiempo, varias compañías grandes de la costa oeste de los Estados Unidos, habían construido tostadoras continuas diseñadas con arreglo a necesidades propias; éstas se utilizan todavía. Fueron sin número las ventajas logradas con este tipo de máquina; he aquí, a continuación, las de mayor alcance:

8. Se duplicó la productividad a 1600 sacos por día-hombre, utilizando una persona en la operación de dos tostadoras de 12,000 libras
9. Se eliminó el trabajo repetitivo de carga y descarga
10. Se requiere sólo verificación del color del grano tostado saliente
11. Se necesitan pocos ajustes a los controles de temperatura del aire, escalas de alimentación y regulador de tiro
12. Se redujo la temperatura del gas circulante necesaria para el tueste: a 500°F (260°C) se tuesta el grano en 5 minutos
13. Se mejoró el sabor y tamaño del grano y ligeramente, la pérdida de peso
14. Se logró un tueste más uniforme.

Veamos ahora su estructura y operación: El tostador continuo es un cilindro largo y perforado (con agujeros de 3/16”), de varios pies de diámetro y con una lámina espiral interna de 8” de alto. El grano se ajusta al interior de los espacios (4-6”) de la espiral; los gases calientes que pasan a través de las perforaciones de la pared del cilindro, son lo bastante fuertes y turbulentos como para atravesar las pocas pulgadas de grano con buena transferencia de calor.



A continuación el grano sigue la trayectoria ascendente de la pared perforada del cilindro y, en seguida, cae uno sobre el otro: el proceso de tueste ocurre en forma progresiva a lo largo de los 15 pies de longitud del cilindro (unidad de 3000 lbs. por hora).

El grano ya tostado, continúa en la espiral que tiene un disco central para separar las partes de enfriamiento y calentamiento del cilindro perforado. En los siguientes 6 pies, tiene el cilindro una campana, y por medio de succión de ambiente, enfría con aire el grano tostado casi hasta temperatura normal. El paso de grandes volúmenes de aire - ya frío, ya caliente - a gran velocidad a través del cilindro perforado de ahí el resultado uniforme. Se usa con frecuencia rociado de agua para complementar el enfriamiento por aire.

### **3.3 Tiempo de tueste y especificaciones**

En términos generales, la operación de una tostadora continua es simple; representa una ventaja más cuando se opera con mano de obra sin experiencia. Aparte de fijar la combustión (normalmente fijada), control de temperatura, control de tiro de los gases ventilados, y velocidad de los gases circulantes, hay sólo dos acciones más que son importantes: (1) la velocidad de rotación del cilindro por medio de un impulsor variable, el cual, a su vez, determina la escala de movimiento hacia adelante (o tiempo de reposo) del café; y (2) la velocidad a que el grano alimenta la máquina.

Claro está que la humedad del grano, tipo, tamaño y demás, influyen también en la escala de tueste. Las tostadoras continuas más pequeñas, es decir, con alimentación de 3000 lbs. por hora, muestran las siguientes relaciones entre la velocidad (r.p.m.) del cilindro y el tiempo de reposo del café en la máquina. (Ver Tabla II).

**Tabla II. Relaciones entre la velocidad del cilindro y el tiempo de reposo del café en la máquina**

Cilindro (r.p.m.)	2	3	4	5	6	7
Café (min.rep)	22	16	12	10	7 1/2	6 1/2

### 3.3.1 Enfriamiento por agua

Cuando se utiliza este sistema, sea la tostadora continua o de lote, se obtienen en mejores resultados con un boquilla de rociado aplicado éste directamente al grano, o bien a la pared externa del cilindro. Sin embargo, téngase en cuenta: para una tostadora de lote se rocía una cantidad medida de agua; si es sobre el grano, la cantidad puede juzgarse en función de la humedad del grano tostado. Puede ésta también medirse en razón de un regulador eléctrico que controle una válvula solenoide, instalada en la línea de presión de agua.

En lo que atañe a la máquina continua, se rocía el grano saliente en la sección de enfriamiento por aire, o se puede, igualmente, rociar la pared externa perforada del cilindro sin mojar el grano( Ver figura 2. Esquema de tostador continuo) –página 30-

### 3.3.2 Tueste oscuro

Es posible lograr tueste francés o italiano en la operadora continua; bien que gran parte del aceite del café y volátiles combustibles se pierden. El control del tueste se realiza por liberación del exceso del calor exotérmico, por vía del control de tiro de los gases ventilados que regula la temperatura de los gases circulantes caliente, así como el ingreso de aire fresco ambiental en el quemador. Ha de establecerse equilibrio de tueste para lograrlo oscuro.

Este grano puede sostenerse más tiempo en el cilindro tostador, en tanto se mantiene una circulación relativamente más fría en la temperatura de los gases circulantes; lo que requiere un control de tiro que pueda ajustarse para controlar el flujo del gas. Se puede descargar el grano oscuro a la propia velocidad del claro, pero el control importa más en escalas rápidas(46). Anótese - y la nota merece especial atención -, que este proceso deja residuos de aceite y azúcar acaramelada en la pared del cilindro. Estos, en exposición continua a condiciones similares de tueste, son causa de obstrucción parcial o completa de los orificios de la pared del cilindro; y, si forman carbón, resultan en extremo difícil de remover. Dichas obstrucciones contribuyen el recalentamiento localizado del grano y subsecuente posible combustión(35).

Es necesario limpiar regularmente los orificios. La acumulación de alquitrán en la pared del cilindro se debe a negligencia en la inspección y limpieza de la máquina. Las puertas del tostador, ductos y portañolas, se deben inspeccionar cada semana, y limpiarlos tan a menudo como sea menester.

Fabricación alemana marca Probat, con enfriamiento por agua a la descarga del cilindro hacia la zaranda de enfriamiento.

### **3.4 Diseño de balanzas**

El gas natural es peligroso; suele explotar cuando se fuga hacia el interior de la tostadora. Sin embargo, ofrece una operación más limpia que la del aceite para calentar los gases circulantes. Todos los quemadores de gas (y algunos de aceite) incorporan llama piloto; ésta se enciende primero mediante una chispa eléctrica. Luego, el piloto enciende el quemador principal.

El control eléctrico que lleva a cabo esta operación está conectado a un sensor que controla, a su vez, la llama principal; si el flujo de combustible no se enciende en pocos segundos, algo anda mal, y la entrada de éste se interrumpe de inmediato.

El desperfecto, debe corregirse antes de iniciar de nuevo el ciclo. Uno simple, aunque importante por lo frecuente es el de baja presión en el depósito de combustible, o una válvula cerrada.

Una corta espera para que se efectúe purga de aire asegura, casi siempre, la remoción de cualesquiera gases residuales del combustible antes que el control automático opere de nuevo el ciclo de ignición. Cuando se apaga la flama, una alarma accionada por el control de llama alerta al operador; se recomienda en este caso acción inmediata, a fin de evitar tueste bajo o quema posterior del grano parcialmente tostado.

En caso de que se interrumpa la energía, se puede vaciar la tostadora de lote girando manualmente el cilindro; las probabilidades de pérdida son mínimas. Pero, en una máquina continua, parte del grano está siempre en el punto exotérmico, y de no tomarse acción inmediata, ello deriva en la quema de la antedicha parte del café.

Por este motivo algunas firmas disponen de generadores de emergencia para vaciar la dióxido de carbono con el fin de expulsar el oxígeno del cilindro, y reducir, la temperatura del grano por debajo del punto de ignición. Pero sea cual fuere la medida, el objetivo principal es proteger el cilindro contra daños térmicos y el subsecuente cierre de operaciones.

### **3.5 Diseño del equipo**

El balance material y térmico, así como el examen de la capacidad y fuerza propulsora de los ventiladores, son buen camino para averiguar qué sucede en la tostadora con el café, los gases y el combustible. Tómese como ejemplo una máquina de operación continua que procese 3000 lbs. De grano verde por hora con pérdida de 18 por ciento de peso. Tal pérdida, en el tueste o por reducción, depende del café, grado de tueste, humedad residual y otros factores. Lo anterior se traduce en 2400 lbs. de café tostado con evaporación de 500 lbs. De agua y 100 lbs. De dióxido de carbono.

Toda vez que el café tostado puede contener dos por ciento de éste, se presume que la mitad del CO<sub>2</sub> (400 pies cúbicos) se libera durante el tueste; y que la mitad (50 lbs.) se asocia con las 2400 lbs. Del producto terminado.

### 3.6 Extracción del aceite aromático por tueste

Cuando la temperatura del grano sobrepasa los 400°F, los gases calientes que salen del área rotatoria del cilindro llevan consigo buena cantidad de ketona, aldehído, ácido, y otros vapores orgánicos complejos; condición que se duplica en los del cilindro de tueste y área del grano. Estos orgánicos son altamente reactivos y forman polímeros a temperaturas mayores de 500°F, de ahí el *smog* y humo que acompañan el tueste del café. Estas partículas micrónicas no pueden disolverse ni filtrarse con facilidad. Se convierten, pues, en los alquitranes que se depositan en la superficie del grano, como lo demuestra el hecho de que el exterior es más oscuro que la parte interna(3).

Los alquitranes son los causantes del sabor áspero y agrio del café; y se coalicionan después con los extractos para ocasionar problemas de separación de éstos del hielo, en las concentraciones del proceso de congelamiento. Pero aún hay más: contaminan el ambiente. Se adhieren al cilindro, cunas, ductos control de tiro, etc, y traen consigo aceite; todo esto obstruye las perforaciones del cilindro y forma, además, capas resistentes al calor en el cilindro rotatorio de metal. Quiere decir entonces, que a medida que aumenta el grueso de estas capas, la máquina requiere mayor ingreso de unidades de calor de los gases circulantes, a fin de mantener el mismo tiempo de tueste(7).

Obligado es mencionar que el aumento de temperatura, puede en un momento determinado y en condiciones favorables, derivar en ignición de las mencionadas capas o del grano. Este último caso se presenta en tostadores en los que la transferencia de calor se verifica a través de las paredes del cilindro y que la fuente de calor se encuentra en la parte exterior(34). Por último, cabe señalar que los alquitranes se consideran carcinógenos por

naturaleza, lo que es típico de todos los productos de desecho de los procesos por pirólisis.

Cabe mencionar respecto al proceso del tostado por lo menos el 50 por ciento del calor que entra en el grano, lo hace por contacto con el cilindro caliente, más 10 - 15 por ciento que lo hace por radiación. En consecuencia, el grano en un cilindro rotatorio convencional recibe menos calor que en una tostadora continua, en la cual el 90 por ciento de la transferencia se efectúe por medio del contacto del aire con el grano.

El café sale de la tostadora y llega al depósito que sirve de agitador según pasa el grano por la balanza continua(27). Se logra de esta manera balance de peso entre el café verde que entra en el sistema y el que sale ya tostado de él. Se transporta después el grano hasta el depósito adecuado para almacenarlo.

Tal depósito es semejante al del grano verde; pero - y en razón de la baja densidad de volumen del café tostado -, el peso se reduce a la mitad: calcúlese una densidad nominal de 20 lbs. Por pie cuadrado. En cuanto a la construcción de los depósitos:

Las láminas pueden ser calibre 14, reforzadas con angular de acero cada cierto número de pies; el laminado en ringlera no pide tanto refuerzo y se puede emplear calibre 16 y para los depósitos pequeños basta el calibre 18 (lámina de acero).

Con el móvil de controlar el nivel de los depósitos se pueden emplear diversos instrumentos. Por ejemplo, es el Bindicator, que incorpora una hélice

movida por motor eléctrico; éste se detiene cuando el nivel del café sobrepasa la altura de la hélice y acciona un interruptor de cierre.

Útiles son también las sondas eléctricas, interruptores de presión y cualquier otro tipo, en tanto sea confiable. Los depósitos han de estar provistos igualmente de puertas para inspecciones, luces a prueba de polvo y balanzas (externas o internas) que registren el peso contenido.

Si los alimentadores volumétricos se instalan en la sección de descarga de cada uno de los depósitos, la mezcla puede realizarse por medio del sistema de hélice. Ya tostado y mezclado, se puede elevar por medio de tubería y fuerza neumática a través de un ciclón, hacia los depósitos sobre el molino. El transporte mezcla puede efectuarse, también, colocando los pesos deseados de cada tipo de un depósito-balanza( Ver figura 3. Esquema de depósitos de café tostado). –página 37-

El tueste es el paso relacionado con el desarrollo del aroma y sabor del café en el proceso del grano verde, lógicamente, depende del tipo utilizado. El grado de tueste se relaciona - no importa repetir el concepto - con el tipo de café verde procesado y con el mercado a que va el café.

El grado de tueste que se pueda lograr, depende del tipo de equipo que se utilice. No obstante, que el café verde varía en sus propiedades químicas y físicas, son iguales los cambios que experimenta durante el proceso de tueste, aunque varían en grado.

El tueste es, en esencia, un procedimiento que expone el grano a un proceso de calentamiento lo suficiente rápido como para extraer la humedad libre y de enlace en el grano, calentando el residuo seco a más de (200°C). A



esta temperatura ocurre la pirólisis, esto es, la descomposición térmica y cambio químico dentro del grano. En una fracción de segundo se producen las reacciones exotérmicas (liberación de calor).

La temperatura del grano se eleva a (200 - 210°C) con pérdida de peso de 4 a 6 por ciento. Lo dicho equivale, con un porcentaje inicial de 12 por ciento de humedad, a 16 - 18 por ciento de pérdida total en el tueste. Mayor sea el porcentaje de pérdida, más oscuro es el color del tueste: El desarrollo del color oscuro durante el período en mención. La mayor parte de la alteración del azúcar, tanto como la mayor parte del aumento de tamaño del grano (hasta casi el doble de su volumen original), ocurren también durante este período, con exposición simultánea del cascabillo en la hendidura del grano.

El ácido cloro-génico, 7 1/2 por ciento en el grano verde, y ligeramente menor en el inicio de la pirólisis, cae a 4 por ciento en el grano tostado. El pH de los extractos de la bebida, 6 por ciento en el grano verde, cae en forma gradual a unos 5.5 en el inicio de la pirólisis, y luego deviene unos 4.9 en los tuestes de café ligero.

Posición de los ciclones y tubería neumática para el transporte del grano tostado.

Este proceso es en forma básica una destilación seca de la materia orgánica térmicamente descompuesta constituyente del grano verde seco. El proceso terminado cuando se llega al sabor deseado, que equivale al grado de la pirólisis química y pérdida concomitante de peso; la guía es el grado de oscuridad del color desarrollado en el punto de tueste. El proceso puede también terminarse basándose en la temperatura del grano, en los sistemas de control automático de temperatura de las tostadoras de lote. El sabor y aroma deseados se obtienen, en suma del grado de pirólisis del azúcar y su punto de caramelo.

Vale la pena, no obstante lo complejo del sistema de tueste, examinar lo conocido acerca de los cambios que sobrellevan los azúcares y otros carbohidratos, aceites, proteínas y minerales.

**Azúcar.** Constituye cerca de 7 por ciento del café verde; se convierte en productos simples, acaramelados y descompuestos de azúcar, así: Se deshidrata primero y conlleva hidrólisis a azúcar reductora a medida que la temperatura se eleva hasta el punto de pirólisis; luego, se deshidratan y polimerizan, y se degradan parcialmente en volátiles orgánicos, agua, y gas CO<sub>2</sub>. Algunos productos de la pirólisis reaccionan con proteínas y productos de degradación, para formar otras sustancias del café.

**Almidones y dextrinas.** Conllevan éstos hidrólisis parcial o temperaturas de tueste en presencia de agua, y rinden poliazucarados solubles en agua y poliazucarados que se disuelven después en el paso hidrolítico de la percolación. Una porción pequeña de los almidones se degrada en forma

parcial, liberando agua, CO<sub>2</sub>. Algunos almidones y dextrinas llegan al punto de caramelo e incluso se carbonizan, dependiendo del grado de tueste

**Pentanos.** Se descomponen parcialmente y rinden furfurool, que alcanza su nivel más alto en el café de tueste ligero y puede identificarse con facilidad por su característico olor a cereal. En la industria, el furfurool se prepara mediante la hidrólisis ácida de los pentanos en las mazorcas de maíz y otros desperdicios.

**Celulosa, hemi-celulosa y ligninas.** Que respectivamente constituyen la materia dura, fibrosa y aglutinante de la estructura de la célula del grano, no se ven muy afectadas por el tueste y, en su mayoría, no son solubles en agua. La reducción y luego el aumento de la estructura celular dura ocurre en el secado y durante la pirólisis. Pero cualquiera hidrólisis o carboneo que puede ocurrir, es pequeño comparado con el ocurrido en las moléculas más pequeñas de carbohidratos. La presión interna del gas creada dentro de las células del grano (con el agua liberada) durante las pirólisis, suaviza la estructura celular lo bastante como para causar aumento de tamaño y liberación de gas CO<sub>2</sub>.

**Ácidos.** Se forman más que nada de los carbohidratos, al sobrellevar éstos descomposición térmica a ácidos carboxílicos y luego a gas CO<sub>2</sub>. Los solubles del café, antes de alcanzar un sabor agradable, muestran un cambio de pH de 6.0 a 6.5.

Una vez que se logra el sabor adecuado, la acidez es mayor. El arábigo muestra 4.9 - 5.1 (el último es más común), y el robusta es mucho más alto en pH: 5.5, aproximadamente. Los tuestes más oscuros expulsan volátiles y acidez y dan al café solubles con pH mayor; en general, los tuestes más ligeros dan bebidas más ácidas que los oscuros.

**Volátiles.** Los que dan el sabor y aroma se forman y mantienen en el interior de la célula del grano. Son producto de la descomposición y reacción, y constituyen solamente 0.04 por ciento del café tostado. En su mayor parte aldehídos y ketonas resultantes del rompimiento de carbohidratos y proteínas por efecto del calor; contienen cantidad pequeñas aunque importantes (por el olor) de sulfuros de proteína.

**Proteína.** Se transforman en no solubles en agua a temperaturas muy inferiores a las necesarias para la pirólisis. La hidrólisis de los enlaces de Peptide (tipo de enlace químico característico) libera algunos carbonilos y aminas. Se pierde el sulfuro de hidrógeno y queda muy poco de él en el grano tostado.

El café de tierra alta libera y retiene el sulfuro de dimetilo, constituyente valioso del aroma y sabor del buen café. Se liberan también cantidades pequeñas de mercaptan de metilo y sulfuro de dimetilo de las proteínas de tipo sulfuro.

La hidrólisis libera algunos aminoácidos. Los azúcares y sustancia nitrogenosas, se **polimerizan** a caramelo y productos que oscurecen el color. El extraño olor a amoníaco de café de tueste se asocian parcialmente con sustancias grasas, y cuando se prepara el café, se encuentra mucha proteína en las partículas coloidales de la bebida, lo que deriva en turbidez.

Algunas de las proteínas no solubles en agua y alquitrans coagulados. El 13 por ciento de proteínas en el café verde, es suficiente para contribuir al sabor por medio de sus descomposición y productos de reacción de la pirólisis.

**Cafeína.** No se afecta en el proceso de tueste, a excepción de las cantidades sublimadas a 350°F (176°C), que se acumulan en el interior de las chimeneas de las tostadoras. A temperaturas reducidas de tueste, la sublimación es de más cuanto menos, en tueste ligero. Químicamente la cafeína es estable a temperaturas de tueste.

**Trigonelina.** La betaína de N-metilo del ácido nicotílico que se encuentra en el café verde, se acerca a 1.1 por ciento (igual que la cafeína) y sufre únicamente 10 por ciento de pérdida por descomposición durante el tueste.

**Aceites.** En el café verde aparecen en parte sin saturación, y, por consiguiente, son susceptibles a rompimiento bajo presión térmica en los puntos de enlace doble. El café verde contiene 12 por ciento de aceite, determinado por la extracción de éter petróleo. Las temperaturas que se alcanzan en el tueste, no son lo bastante altas para ocasionar cambios mayores en el 95 por ciento de los aceites.

**Dioxido de carbono.** No existe en forma libre en el grano verde, pero se forma durante el tueste y la pirólisis. Por lo menos 1 por ciento del café verde se evapora como gas  $\text{CO}_2$  durante el tueste; en los más oscuros representa alrededor de 2 por ciento. Normalmente, el gas  $\text{CO}_2$  es producto de la descomposición de ácidos carboxílicos, y se relaciona con estas fuentes durante el proceso de tueste.

**Minerales.** Los que contiene el café durante el tueste se separan de su origen orgánico y catalizan las reacciones de la pirólisis. Los fosfatados (fosfolípidos semejantes a la lecitina), porción coloidal del café preparado, forman algunos fosfatos. Los iones alcalinos de potasio y calcio forman sales con ácidos orgánicos, cuando se liberan de su orientación química natural.

A continuación, y como resumen de todo lo dicho hasta ahora, véanse los efectos del tueste del café.

- Cambia el color, tamaño y forma física del grano
  - Químicamente, la pirólisis altera los compuestos orgánicos; los transforma, descompone, y forma compuestos orgánicos de reacción: caramelo, ácido volátiles, carbonillos volátiles y sulfuros: se desarrolla el sabor característico del café tostado.
  - El calor aplicado evapora la humedad del grano y eleva su temperatura hasta lograr reacción exotérmica autosostenida catalítica-mineral.
  - El proceso se detiene de golpe enfriando el grano con rapidez por debajo de la temperatura de la pirólisis.
  - Pierde el grano toda la humedad libre (12 por ciento), además de 4-6 por ciento de peso de las sustancias químicas (depende del grado de tueste) del grano verde.
8. Guarda el café 1 por ciento de gas CO<sub>2</sub>, aún después de molino.

## **4. MOLIENDA**

### **4.1 Diseño de bins de almacenaje**

Después de desarrollar el sabor del café por medio del tostado, es deseable extraer eficientemente los componentes solubles y volátiles del café tostado, los cuales son los causantes del sabor y aroma de éste.

La extracción puede ser más completa, con un rendimiento más alto de sustancias solubles y más rápido por medio del quebrantamiento de los granos tostados enteros a pedazos solubles y más pequeños. Mientras más molido esté el grano, más grande es la superficie que expone para la liberación de CO<sub>2</sub> y la absorción de agua caliente, acortando al mismo tiempo la distancia del centro de cada partícula a su superficie, reduciendo de esa forma la distancia de difusión para las sustancias solubles del grano(26).

Grandes superficies expuestas incrementan la cantidad de sustancias coloidales libre disueltas en agua, o suspendidas; muchas de éstas sustancias son carbohidratos de alto peso molecular o lípidos. Así el molido fino no sólo aumenta la eficiencia de la extracción sino que también altera la naturaleza de las sustancias solubles y coloides, haciéndolos más miscibles, cambiando desde luego el sabor. Molienda es un término que significa reducción del tamaño de las partículas de una sustancia por estrujamiento a presión, raspado, rallado, cortado, rasgado o cualquier otro proceso.

Dependiendo el material, un mecanismo puede ser mejor que otro. En muchas máquinas de molido se pueden llevar a cabo varios de estos mecanismos. Si la sustancia a moler está entera como el grano de café verde, el cortado y el rasgado son las mejores formas para reducir el tamaño. En el caso del café tostado, el cuál es frágil y quebradizo, el estrujamiento a presión y el raspado pueden tener algún éxito, dependiendo siempre del impacto o fuerzas de choque, así como del tostado del grano. De esa manera no sólo las características del café determinarán la mejor máquina para reducir el tamaño de éste, sino también la dureza del grano.

Lo que más trabajo lleva en la molienda es lograr grandes superficies de exposición más que llegar a un tamaño de partícula deseado. El total de la superficie por unidad de peso de sustancia está en proporción inversa al diámetro de las partículas. Por lo que la forma más sencilla de obtener estas superficies de exposición es obtener partículas de diámetros, suficientemente, pequeños, para los propósitos de extracción(25).

La reducción de tamaño ocurre en pasos progresivos, no siendo factible lograr una reducción de tamaño de una partícula muy grande de un solo paso. Por otro lado, en cualquier proceso de reducción de tamaño, no es posible uniformidad en el tamaño de las partículas; por lo que el objetivo es la mejor uniformidad posible en el tamaño de las partículas reducidas. Desde ya, deben diferenciarse la preparación del material para su extracción industrial y la preparación de café tostado y molido, para su utilización directa. Ya que en este caso no sólo debe establecerse un nivel de tueste determinado, sino un tipo de molienda adecuado para cada tipo de extracción doméstica.



## 4.2 Granulología

El café molido fácilmente absorbe la humedad atmosférica y es un buen desecante. En una evaluación de la naturaleza del café tostado durante el proceso de molido es deseable considerar las propiedades del grano, es decir: contenido de humedad, grado de testamento, dureza, flexibilidad, esfuerzos, resiliencia, fibra, fragilidad, tamaño de partícula y desarrollo del sabor(23).

El molido como se ha venido haciendo en la industria del café es una operación con resultados relativamente satisfactorios, excepto por la denominación normalización o batido, la cual consiste en el mezclado del café molido de diferentes tamaños de partícula (es muy difícil la uniformidad) y algún porcentaje de cascarilla molida(19).

Cuando el café molido no lleva ninguna cantidad de cascarilla molida mezclada con él, éste tiene una apariencia limpia y es llamado café corte de acero *steel cut*; con algún porcentaje de cascarilla molida (1 por ciento del café tostado) se altera la apariencia del café “corte de acero”(36). Por otro lado el mezclado o batido contribuye también a la liberación de algunas sustancias aceitosas contenidas en los granos. El color claro de la cascarilla contrasta con el oscuro de las sustancias aceitosas del café, efecto que es visualmente indeseable.

La cascarilla tiene sabor agrio y contribuye a la degradación del sabor que ocurre en el mezclado. Así como la liberación de aceite contribuye a hacer más fuerte ese sabor. En Guatemala, la procedencia y tipo de café, es una circunstancia clave.

### **4.3 Diseño del equipo**

El trabajo requerido para lograr la subdivisión sucesiva de partículas se va haciendo más grande conforme las partículas se hacen más pequeñas. En otras palabras, toma más trabajo preparar un molido fino y este trabajo aumenta cuándo más finas se quieran fraccionar las partículas. Esto se debe a que es más complicado partir o cortar fracciones pequeñas que grandes por una serie de factores tales como: deslizamiento de partículas, dificultad de atrapar partículas muy pequeñas, etc.

Se han ideado varios tipos de molinos para granos de café entre los cuales cabe mencionar el *Burr-Mill* o de discos, que es uno de los más primitivos y se usa todavía en algunas partes del mundo, y el molino *Gump* o de rodillos, fabricado por la B.F. *Gump Company*, que es sin duda la máquina para este propósito más popular y difundida en el mundo, inclusive en los Estados Unidos. A continuación se describen brevemente las principales máquinas ideadas para el molido de café. Sin contar con los pequeños molinos para preparación familiar principalmente desarrollados en Europa.

#### **4.3.1 El molino tradicional de discos *Burr- Mill***

Se basa en el mismo principio del molino de granos que data de la Edad Media. Consiste en una gran piedra circular con una superficie inferior dentada, la cual rota sobre una piedra circular estacionaria idéntica con una superficie dentada superior.

Los granos son alimentados por el agujero de la piedra superior y conforme sufren la desintegración se reducen lo suficiente para salir a la periferia de la piedra. La rotación causa fricción de las partículas contra las asperezas de la superficie de la piedra, mientras que el peso de la piedra contra los granos constituye la presión de molido. Los granos también se raspan uno con otros. Este principio fue usado por años en el molido de café, y aún hoy en día, por los resultados obtenidos en el molido de otros granos como trigo, maíz, avena, etc. Aunque hoy en día las piedras han sido reemplazadas por discos dentados de hierro fundido, el peso de la piedra por un resorte compresor y la rotación se hace por empuje de un motor de engranajes en lugar de bestias(Ver figura 4. Esquema de molinos de discos)

#### **4.3.2 Cortado *Le Page* o de dos rodillos**

Cerca de 1914, Jules Le Page, un ingeniero empleado por *B.F. Gump Company*, en Chicago, desarrolló un par de rodillos surcados, de tal forma que uno tenía filo periféricamente y el otro longitudinalmente.

El rodillo corta las partículas de café por la presión que ejerce al rotar contra el otro rodillo. Este sistema resultó ser más eficiente que el sistema de discos. Además, la capacidad era mayor, producía partículas más uniformes, menos calentamiento y requería menos trabajo. La cascarilla era soltada casi en su totalidad como escamas que se acumulaban en los discos, pero en 1921, fue incorporado un tamiz debajo de los rodillos, mientras que una succión de aire removía la cascarilla a un ciclón colector.

### **4.3.3 Molino *Gump* o de seis rodillos**

Para incrementar la demanda de grano finamente molido fue creado este molino, el cual tenía tres reducciones graduales de tamaño al inicio, al agregar otro rodillo a un sistema similar al modelo de *Le Page*. Más tarde se logró aumentar a cuatro reducciones de tamaño graduales. Este tipo de molino consta de un primer tandem de tres rodillos que quiebran el grano entero (logrando dos reducciones), luego un segundo paso formado por otros dos rodillos logra una tercera reducción de tamaño, un último paso similar hace la última reducción(Ver figura 5. Esquema de molinos de rodillos) –página 49-

## **5. EMPAQUE**

### **5.1 Características**

Excluyendo el empaque de café verde, en sacos de yute (brin), o bien en sacos de polipropileno tejido, existen tres formas de presentación del café al ser empacado: tostado y molido, instantáneo y líquido. Para estas presentaciones se puede encontrar un gran número de materiales que pueden ser utilizados para contener el café según sea el caso de su presentación; de manera general podríamos mencionar: flexibles (empaques cuya familia sean polímeros, papeles, laminados, etc), metal y vidrio.

#### **5.1.1 Empaques flexibles**

En la mayoría de los casos los empaques flexibles se consiguen en bobinas, (material enrollado en tubos de cartón), o bien en bolsas preformadas por el fabricante. En el pasado se utilizaba comúnmente celofán, para cualquiera de las presentaciones anteriores, pero por ser de origen vegetal y provenir de un proceso más costoso se descartó su uso.

Actualmente la gran mayoría de las industrias utilizan polipropileno, y las diferentes estructuras que se consiguen partiendo de un mono-capa de

polipropileno, como podríamos mencionar, laminados de dos polipropileno o laminados de un polipropileno y un polietileno, o bien diferentes variaciones de laminaciones que incluyen laminados de aluminio, poliéster, papel, etc.

En esta amplia gama de posibilidades de laminaciones cabe mencionar, que otra variable es, el espesor de cada laminación, pues este último, el espesor, determina que calidad de barrera se conseguirá contra el oxígeno e hidrógeno, que son agentes oxidantes del café tostado y molido.

La mayoría de las plantas tostadoras existentes en nuestro medio, se utilizan bobinas de material flexible, y los sobres o paquetes que contienen el café para su comercialización, son formados por máquinas llenadoras en las plantas de producción. Lamentablemente, el café tostado y molido, no mantiene su frescura, una vez abierto el sobre o paquete que lo contiene, ha habido pocos esfuerzos por promover el uso de empaques de menor volumen de contenido, dentro de las industrias locales, debido a los altos costos que significa, el empaquetar en volúmenes menores.

El cambio de sabor que la bebida sufre, es debido a la degradación que ocurre cuando el café, es expuesto al oxígeno, humedad, cambios de temperatura, y otros factores externos de los cuales se busca aislar al café a través del empaque.

## **5.2 Condiciones mínimas para el empaque**

Un adecuado empaque flexible debe de llenar los siguientes requisitos:

8. Baja tasa de transferencia de humedad
9. Excelente barrera contra el oxígeno

10. Impermeable a la grasa
11. Impermeable a olores y aromas
12. Ligera permeabilidad al dióxido de carbono
13. Durabilidad (resistencia al manejo y embalaje)
14. Habilidad mecánica de formar bolsas o paquetes en máquinas llenadoras
15. Bajo costo

Debe recalcar la importancia de las propiedades del material elegido para empaque, en cuanto a su función como barrera contra la humedad y el oxígeno, pues estos, son una causa crítica que afecta el sabor y aroma de la bebida, ocasionando el llamado sabor añejo o rancio. La impermeabilidad a la grasa es esencial, por ejemplo; el papel ordinario tiende a absorber los aceites del café, el aceite se impregna al empaque dando la impresión de sudar y permitiendo una gran superficie de contacto con el oxígeno. El polipropileno y los laminados en general, tienden a eliminar este problema mucho mejor que los papeles corrientes.

La permeabilidad del empaque de liberar el dióxido de carbono del café tostado y molido, puede ser crítica en los empaques flexibles, especialmente cuando el café ha sido empacado inmediatamente después de ser tostado y molido.

Es necesario que cierta cantidad de dióxido de carbono sea liberado del empaque, para prevenir el inflamamiento y la posible ruptura de las paredes. Una de las características que hacen al polipropileno y los laminados, excelentes alternativas para el empaque del café tostado y molido, es el hecho de que al formar los paquetes en máquinas llenadoras, presentan por los menos, dos áreas de sellado, permitiendo por medio de los dobleces del sellado, la liberación del dióxido de carbono.

Tras conocer y enumerar las características de los materiales flexibles, y considerando el costo, disponibilidad local, habilidad a la adaptación en diferentes equipos de llenado, podemos concluir que efectivamente el polipropileno y sus laminados, son el material flexible más recomendado para el uso en una industria local de café tostado y molido. De hecho en este análisis se descarta el uso de envases de metal o vidrio, por el alto Costo que estos significan en el precio del producto final, en el mercado guatemalteco es posible encontrar café tostado y molido en este tipo de empaque, pero son marcas extranjeras que han sido importadas para atender un pequeño segmento de mercado.

### **5.2.1 Metal y vidrio**

Estos materiales generalmente se utilizan para el empaque de café tostado y para el café instantáneo, pues como ya se ha mencionado su costo es muy alto como para empaçar café tostado y molido.

Existe en nuestro medio un amplio segmento de mercado de café instantáneo, que es atendido con empaque flexible, en donde se utiliza un laminado triple, generalmente una estructura desarrollada con polietileno, aluminio y papel o bien, polietileno, aluminio y poliéster. Lo anterior, se da precisamente por los altos costos del material de empaque, en lo que se refiere al vidrio, y, además, por que los sobres de café instantáneo que se comercializan tiene un costo bastante bajo, al consumidor final, comparado con el precio de la presentación más pequeña que se encuentra embalada en vidrio



### **5.3 Selección del equipo**

Las máquinas llenadoras más comunes utilizadas en las industrias locales, consisten en equipos de desarrollo vertical, que cuentan en la parte superior con depósitos volumétricos cónicos acoplados a volantes perforados, gobernados por celdas electrónicas graduables, consiguiendo de esta forma dejar pasar, por efecto de la gravedad, la cantidad de polvo, para el caso que nos ocupa, café tostado y molido.

Este se conduce a un tubo llenador que en el exterior cuenta con láminas pares en ángulo de cuarenta y cinco grados, que alinean el papel en forma circular, al final del tubo llenador, un par de mordazas horizontales y una mordaza vertical, que consiguen el sellado del material por medio de resistencias eléctricas controladas por pirómetros que controlan los grados de temperatura a la que sellas las mordazas, para evitar fundir el material y conseguir un adecuado sello.

Este tipo de máquinas utiliza bobinas impresas, de material flexible para el formado de sobres o paquetes, la alimentación del depósito superior que contiene el café tostado y molido se efectúa generalmente con elevadores de cangilones, elevadores de tornillos helicoidales, manualmente o bien por gravedad, cuando se da el caso de que la molienda por diseño de la planta se ubique directamente en el nivel superior, en donde se encuentre el equipo de llenado.

Al terminar la acción de sellado, el sobre o paquete, cae libremente a través de una bandeja al final de la cual se coloca la abertura de las bolsas o cajas, para una presentación intermedia del producto, ya que dependiendo del

sistema de distribución y costos por embalaje, el producto final podrá embalarse en cajas de cartón o bien en bolsas de polietileno para conformar fardos de diferentes cantidades(Ver figura 6. Esquema típico de una empacadora vertical)

## **6. CONTROL DE CALIDAD**

### **6.1 En la recepción de materia prima**

Obviamente, el Control de la Calidad en cualquier producto, en este caso agrícola; empieza desde antes de su nacimiento, o sea desde las características de los terrenos, los almácigos y las semillas escogidas para los mismos; recolección, beneficiado del fruto y varios otros elementos que inciden en la calidad del mismo; factores que son estudiados por los diferentes técnicos e involucrados en el proceso de producción y comercialización de éste.

En este apartado se plantea la temática del sistema de Control de Calidad del producto final, a partir de la verificación de imperfecciones físicas hasta la comprobación prueba de las características intrínsecas del grano (atributos son las características organolépticas), y para estos efectos, debemos de concientizarnos y evaluar cuales son las herramientas, materia prima y facilidades con que se cuenta para hacer efectivo ese control de calidad; dándole desde luego, primordial importancia al equipo humano con que se cuenta.

## 6.2 Durante la mezcla

Forma, tamaño, color y uniformidad del café en oro; en una muestra se encuentra: Granos muy grandes, elefantes, que al quebrarse dan orejas, conchas y muelas; granos normales de forma plano convexa y el tamaño correspondiente a la altura y variedad(8). El grano caracol se presenta en proporciones variables, según la variedad y factores agronómicos; grano de forma triangular, triaches; grano dañado por plagas y enfermedades, grano negro y otros anormales(2).

**La forma.** El mercado tiene como base, la forma de grano plano convexo o chata; por eso los caracoles y triángulos, se consideran como defectos, aunque están sanos y producen una bebida normal. Por eso en la llamada preparación americana, *machine clean*, se permite su presencia y en la llamada europea solo se permite una proporción no mayor del 5%.

**Tamaño.** Depende en primer lugar, de la variedad; de las comerciales el –*maragogipe*– produce el grano más grande, luego el *typica*. Para una misma variedad, el tamaño del grano se mide en diferentes zarandas con sesenticuatroavos de pulgada (1 <sup>1/4</sup>” es igual a 0.3968 mm) con perforaciones redondas; el grano retenido del 18 al 20 es grande, del 15 al 17 mediano y del 12 al 14/64” pequeño; las menores son para caracol y bajan hasta el 8 de esta serie; éstas tienen perforaciones alargadas con 19 mm de largo (3/4”). Esto es lo que se entiende por granulometría.

**Color.** Varía de acuerdo con la región y la altitud y puede alterarse radicalmente con el beneficiado.

Los **café lavados** de altura, tienden a producir granos de color verde-azulado, lo de baja o mediana tonalidad, distinta del verde claro; el color es afectado por el bueno o mal proceso del beneficiado húmedo.

Donde, más fácilmente, se altera el color del grano es en el secamiento, especialmente en las secadoras mecánicas, el color disparejo es el defecto más general; el resecamiento palidece el grano, arriba de 80°C se obtienen sobrecalentados de colores grisáceos; cuando reabsorben humedad, se blanquean, regularmente, los bordes primero, reconocidos fácilmente a la luz ultravioleta. El grano que se dejó con un contenido de humedad de más del 12% aparecerá con mancha de agua, se blanqueará después de cierto tiempo, deteriorando, aún su aspecto y, a la vez, se hincha. El secamiento total al sol da como resultado el apreciado color verde-azulado de los cafés de altura(4).

La película plateada adherida al grano, es la consecuencia de una fermentación deficiente y da un color amarillento a la película de la hendidura. El café sobre-fermentado en el grado máximo, palidece hasta alcanzar un color grisáceo hasta parecer de cera y mostrar el germen abierto; esto lo diferencia del grano ámbar, por deficiencia de hierro en el cafetal, también, se reconoce al exponerlo a la luz ultravioleta.

El grano de fruto verde o seco en el árbol, también, da granos con película adherida, verdosa en el primer caso y rojiza o dorada en el segundo. Los granos inmaduros no son considerados como un defecto serio y son muy difíciles de separar, pero dan una contribución muy negativa a la calidad de la bebida.

Las normas establecidas por el ICAITI y COGUANOR para el café en grano, café tostado y molido, vigentes, pero, no aplicadas hasta el momento y que no han sido actualizadas se basan en el sistema descrito, anteriormente de atribución de penalizaciones por defectos, el cual se utiliza, ampliamente, en nuestro país.

### **6.3 Durante el proceso de tostado**

Después de la calificación de café en verde, se tuesta a un nivel que se llama de catación y que en los catadores profesionales es una técnica empírica, pero totalmente confiable. Resumiendo lo expuesto por diferentes autores, en lo que respecta al tostador del café, se tiene que la pérdida de peso se debe principalmente, a la evaporación del agua que, originalmente, esta en el grano, entre el 10 y el 12%.

También hay otros materiales que se pierden, como la película plateada y ciertos componentes como: la cafeína que se eliminan en forma parcial, además, de los compuestos formados durante la pirolisis propiamente dicha(22). La pérdida de peso total oscila entre el 14 y 23%. Especialmente, importante para este estudio es lo relativo al hinchamiento o aumento de volumen del grano durante la torrefacción.

Según Coste (8), se observa un aumento volumétrico, principalmente, entre 180 y 220° C y varía entre el 30 y el 100%, aunque la mayoría de las veces oscila entre el 50 y el 80%.

El origen botánico y la procedencia son los factores que determinan, principalmente, según el autor antes citado, esta variación.

Menchú y Ortega (29) en su estudio con cafés producidos en la Costa Sur-Occidental de Guatemala llegaron, entre otras, a las siguientes conclusiones: el hinchamiento del grano resultó ser el mejor índice con relación a la calidad inherente del café, siguiéndole la densidad aparente del grano tostado. En lo que se refiere a las determinaciones efectuadas sobre el grano en verde, el mejor índice de calidad fue el peso del millar de granos, seguido de la densidad aparente, mostrando ambos un aumento proporcional a la altitud sobre el nivel del mar, en donde está ubicada la plantación.

Cuando se observa el café tostado, obtenido de muestras procedentes de distintos tipos de café comercial de Guatemala, se nota un aumento en la intensidad de la coloración oscura, a medida que aumenta la altura de donde provienen, observándose, también, que la superficie del grano aparece bastante lisa en los cafés bajo y conforme aumenta la altitud donde está ubicada la plantación, se hace cada vez más corrugada.

Por otra parte, la hendidura del grano se mantiene más cerrada en los cafés altos que en los bajos, dando la impresión de que el grano se hincha mucho menos.

#### 6.4 Durante el proceso de molido

En la fase de catación, desde que se introduce la muestra al tostador a temperatura adecuada, se pueden reconfirmar características ya observada en el análisis de la muestra en verde/crudo, tanto en lo referente al aspecto físico como a la sanidad de la misma.

En este sentido se debe de verificar la calidad y tipo, respecto al origen y altitud de la materia prima y calidad del proceso de beneficiado tanto húmedo como seco(30). El comportamiento del grano durante el proceso de tostado; el cambio gradual de su color e intensidad al finalizar el tueste, el aspecto físico de su superficie (lisa o corrugada, clara u oscura), la duración para tostar, el sonido, la abertura de la hendidura, el color de la película del proceso de beneficiado y esto se conoce como carácter. Cafés inferiores o de zonas bajas tuestan más rápido, revientan más, su hendidura abre más y hasta el olor del tueste es más claro y sin brillo y de superficie más lisa que los cafés finos o de altura(18).

También el tueste se puede evidenciar, por medio del color de la película de la hendidura, la calidad de beneficiado húmedo a que fue sometido el producto, siendo que cafés con película muy blanca, normal o amarillenta denotan los grados de tratamiento recibidos. El origen de granos muy claros y abiertos, con sabor a maní en el tueste, es del fruto verde o enfermo y se conocer como *quackers*.



## 6.5 Para las condiciones de empaque

**El aroma y el sabor** son características que están íntimamente relacionada con la cosecha, el proceso de beneficiado, el almacenamiento y hasta el transporte, y si alguno de esos aspectos es manejado deficientemente, pueden afectar el producto con sabores u olores indeseables tales como: mohoso, terroso, sobre fermento, ríó, áspero, amargo, sucio, astringente, *quaker*, vinoso, fruta, cebolla y agrio.

**Cuerpo y acidez** más se vinculan con el tipo, origen y altitud en que se cosecha el café, aunque en algo afecta la acidez el grado de maduración, cosecha y tiempo de despulpado del fruto, como también factores climáticos.

Cuando se ha hablado de las fallas que se pueden dar en el corte, transporte, beneficiado húmedo y seco; defectos que se pueden dar en la apariencia física y las características de la bebida en el producto final, de hecho se está diciendo cuales son las características deseables e indeseables, y en ese sentido se debe trabajar en equipo, para lograr optimizar la calidad de lo que se esta haciendo.

## **6.6 Durante la recolección**

Para efectos de orden se presentan los aspectos negativos en la recolección del fruto y proceso del beneficiado, desde esa perspectiva, se debe poner énfasis en la concientización del sector mano de obra y en especial a los cogedores recolectores, con respecto al grado de maduración a que debe ser cortado el fruto. Igual se debe de enfatizar en el personal del beneficio, sobre cuales son las prácticas correctas en el manejo de la materia prima, cuales son las imperfecciones defectos, grado de secamiento, condiciones de almacenamiento, etc.

Muy ligado a lo anterior, va el apoyo de infraestructura adecuada, principalmente para el proceso húmedo de beneficiado, con lo cual se inicia el buen o mal acabado del producto final, pues casi la totalidad de las imperfecciones físicas y defectos de taza es aquí donde se originan.

Un producto proveniente de la mala reunión de café en óptimas condiciones, puede malograrse por desconocimiento, impericia o desinterés; tanto en la recolección como en el transporte desde el cafetal a la planta de beneficio, pero principalmente en el proceso de beneficiado.

Generando lo anteriormente descrito, defectos a veces incorregibles, que van desde la coloración, aunque esta falla se da más en el secado, hasta afectar la taza; y eso, donde la práctica común es la compra de café semi-procesado, obliga a controlar minuciosamente lo concerniente a la compra de pergaminos y almacenamiento por separado de dichas compras, con el fin lógico de no realizar mezclas de cafés sanos con partidas contaminadas(25).

En ese sentido, es conveniente tomar en consideración algunas medidas preventivas, por ejemplo.

- De cada lote de pergamino a ser incluido en una partida de exportación, preparar una muestra virgen y otra limpia de imperfecciones y catar ambas, para determinar que tantos defectos habrá que eliminarle.
- Escogidos los lotes de pergamino que formarán la mezcla, realizar la misma a escala y catarla, para confirmar la pureza / sanidad de la exportación a realizar.
- Pasar los pergaminos por las catadoras (Oliver), para eliminar el mayor porcentaje de impurezas.
- Durante el proceso de mezclado, conviene obtener una muestra cada cierto número de sacos, catarla y verificar imperfecciones, esto, con el fin de evitar riesgos por desajustes de equipo, como también para llevar un récord de la homogeneidad en la taza, así como en la apariencia física.
- La clasificación por tamaños tanto en el proceso húmedo como en el saco es muy conveniente para obtener un mejor aspecto, lo cual redundará en mejores precios.

### **6.7 Control final de una partida para la exportación**

Para la clasificación física de cafés lavados arábica bajo las regulaciones del contrato "C", se aplica una tabla de imperfecciones e impurezas del grano y de acuerdo al número de defectos contabilizados en una muestra de 300 gramos.

Bajo ese rango se ubica el tipo físico a que calificó en la tabla citada(14). Aunque existen varios tipos establecidos, el café lavado califica con un total de 8 defectos completos (Ver tabla III).

Independientemente de lo anterior, entre los compradores del exterior y los exportadores, se dan negociaciones sobre el margen de tolerancia del número de imperfecciones que se pueden aceptar en determinados embarques. Tamaño del grano: mínimo 50% sobre zaranda 15 y máximo 5% bajo zaranda 14.

**Tabla III. Lista amplia de imperfecciones para café bajo el contrato “C”**

1 grano totalmente negro	equivale a 1 defecto
1 grano rojizo / agrio	equivale a 1 defecto
1 cereza o bellota seca	equivale a 1 defecto
5 madres	equivalen a 1 defecto
5 granos quebrados o partidos	equivalen a 1 defecto
5 granos flotantes	equivalen a 1 defecto
3 palos pequeños	equivalen a 1 defecto
1 palo mediano	equivale a 1 defecto
2 a 5 granos parcialmente negros o rojizos	equivalen a 1 defecto, dependiendo de la decoloración o daño de cada grano
1 palo largo	equivale de 2 a 3 defectos, dependiendo del tamaño del palo, las piedras también se encuentran en la misma categoría
2 a 3 cáscaras de bellota	equivalen a 1 defecto, dependiendo del tamaño
2 a 3 pergaminos	equivalen a 1 defecto dependiendo del tamaño.

## 6.8 El análisis y catación

Para el análisis de una partida, la práctica normal es obtener una muestra de un 10% de los sacos y mezclar la misma fuertemente, para hacer más representativa dicha muestra; sin embargo, en cafés mal preparados, de diversos pergaminos originarios de café beneficiados por variados cafetaleros.

El resultado del análisis y catación es tan variable como veces se haga la prueba, pues la mezcla, principalmente si no existe el equipo adecuado, no es homogénea y así lo refleja en la calidad de taza que da(17).

## 6.9 Defectos del café y su origen

**Grano negro.** Su coloración va desde pardo a negro y su tamaño es menor, cara plana hundida y hendidura muy abierta. Es fruto que no se desarrolló por enfermedades y hongos y se conocen como flotes, que no se separaron en el momento oportuno, en el tanque recibidor, café quemado por calentamiento, o verde. También se originan por deficiencia en nutrientes, aunque éstos se caracterizan por mayor tamaño y densidad.

**Grano sobre-fermento.** Por lo general son de color pálido y apariencia cerosa, hendidura libre de tegumentos (tejido / piel) y germen (embrión) reventado cuando el daño es total. Casi sueltan mal olor al partirlos. Principalmente son granos rezagados en el equipo y en los canales de los tanques, pero también se da en fruto caído del suelo, con la diferencia de que tienen la película rojiza.

**Grano partido.** Muestran abertura longitudinal en uno o ambos extremos, como efecto de la trilla sobre granos muy húmedos. La abertura generalmente

es muy blanqueada. El café con más del 12% de humedad tiende a aplastarse y se abre por los extremos.

**Grano mordido.** Son granos enteros que muestran roturas o alteraciones generalmente oscuras, producidas por acción mecánica sobre el grano, principalmente en la operación de despulpado. En presencia de un medio alcalino, la rotura presenta en sus bordes, vivos colores verdosos o azulados cuando el daño es fresco y cuando el grano se seca, oscurecen las manchas, pero siempre se notan esas coloraciones. Es notoria la diferencia con respecto a los granos atacados por ojo de gallo, en que los bordes son rígidos y de coloración oscura.

**Grano carcomido.** Grano entero que muestra alteraciones en sus tejidos, producidas por ataque de enfermedades fungosas sobre el fruto en la planta, esas alteraciones llegan casi siempre a convertirse en roturas.

El ojo de gallo, cuando ataca al fruto, puede alcanzar el grano produciéndole desde una mancha oscura rodeada de tejido muerto, hasta provocar ataques más profundos que dejan al grano con un pedazo de tejido muerto, fofo (esponjoso, blando), que generalmente se rompe durante la trilla, dejando un grano aparentemente mordido pero con los bordes de la rotura claros. El ataque de un insecto sobre el fruto puede producir daños parecidos, pues siguiendo el daño mecánico sobreviene un ataque fungoso.

**Grano verde.** Son granos decolorados, caracterizados por poseer la típica forma de media luna con la cara plana hundida y de tamaño ligeramente

inferior al normal. Aparecen con la película plateada firmemente adherida, a veces de color verdoso y hendidura muy abierta.

Parte de esos granos proceden de flotes y tienen muy marcada la falta de desarrollo del grano y las tonalidades pardas de la película. Otra porción de estos granos, el verde o medio verde, son granos que dejan pasar los pulperos, son más desarrollados y con la película verdosa.

**Grano blanqueado y descolorido.** Con decoloración casi total debida a la humedad ambiente. Se identifica porque el grano se hincha apreciablemente y le ocurre al café almacenado en malas condiciones y aparece más rápido en partidas embodegadas con más del 12% de humedad (mancha de agua). La decoloración en los bordes y parches blancos, irregularmente distribuidos, se da frecuentemente en cafés sobre calentados a más de 80 grados, que luego reciben la humedad ambiente.

**Grano ámbar.** De tamaño y forma normales, con coloración ámbar y apariencia cerosa, pareciera que son resultado de deficiencia de hierro. Son de apariencia similar al sobre-fermento, con la diferencia de que no tienen el germen abierto.

**Grano manchado.** De tamaño y forma normales, muestran en la superficie manchas o parches de diferentes colores, pero sin alterar la textura de esa porción. Su origen puede ser de frutos dañados por hongos o insectos, o también por golpes recibidos en el proceso de beneficiado húmedo, lo que les causa manchas oscuras de tonalidades desde azuladas a verdosas. También puede ser por falta de nutrientes en la planta.

**Grano con película rojiza.** Tienen tamaño y forma normales, pero por no haber sido cosechados a tiempo (fruto secado en la mata), o haber retardado

su despulpado, sufren sobre-fermentación y ciertos cambios que se manifiestan por película adherida dorada o rojiza.

**Grano plateado.** Es grano con película plateada adherida y su origen es fermentación deficiente.

**Grano de borde amarillo.** Es café atacado por hongos, o por almacenamiento húmedo.

**Grano gris azulado.** Altas temperaturas en el secado.

**Grano amarillento.** Sobre-secados.

### **6.9.1 Principales sabores anormales del café**

Los defectos antes descritos, además de afectar la apariencia física del lote, desde luego que la gran mayoría también alteran las características de la bebida con sabores y olores indeseables, con seguidamente se enumera(9).

**Vinoso.** Proviene del fruto que se retraso al despulpar y también de café madurado en exceso. En la medida que se atrase este proceso así se intensificará el daño hasta llegar al grado de agrio y a estas alturas llega a calificar como un defecto completo.

**Fruta.** Es un sobre-fermento y se origina a partir del mal proceso de lavado aunque también se presenta en le café sobrecalentado, pero en este caso es grano grisáceo y reseco.



**Agrio/Sour.** Desde luego que también es un sobre-fermento en mayor intensidad que los sobres fruta y vinoso en su orden, y su origen es el mal lavado y sobre-calentamiento en las secadoras. Cuando el daño es por sobre-calentamiento los granos se presentan con el germen abierto.

**Sobre-fermentos.** En esta categoría existe toda una gama de sabores y se deben a fallas en el proceso de fermentación.

Además de darse en las pilas, se puede presentar en secadoras o en sus tolvas.

**Sucio.** Aunque el sabor y origen son difíciles de definir, se relacionan con granos provenientes de vanos, verdes, espumas, etc. Indudablemente con cafés muy mal preparados.

**Terroso.** Está muy relacionado con el sabor y-\* olor mohoso, lavado deficiente y almacenamiento con exceso de humedad, razones por las que se producen mohos, que a la postre dan el característico sabor a tierra.

**Mohoso.** Se presenta en cafés almacenados con exceso de humedad. También se manifiesta como sabor a cosecha vieja en café blanqueado precipitadamente por almacenamiento con humedad sobre el 12%.

**Rio.** No es el daño común en cafés lavados, aunque hay que tener cuidado por ser un defecto bastante grave. Se origina por fruto caído al suelo, reventado y que sufre fermentación.

También existen otros sabores como astringente, áspero, amargo y *quacker*, los cuales son relacionados con frutos medios maduros o verdes, y al paladar se definen desde astringentes (ácido-amargo) hasta un leve sabor a hierva.

## 7. DISEÑO DE FORMATOS

Los formatos utilizados generalmente para el control de materia prima y producto final en la industria del café son los siguientes.

**Figura 8. Formato de compra de café crudo**

COMPRA DE CAFÉ CRUDO					Hoja NO.		
					De		
Código			Tipo de café		Comprado a		
<b>PESADAS</b>					<b>RESUMEN</b>		
1	Quintales	Sacos	Quintales	Sacos	Quintales		Sacos
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
					Total		
					qq		
					Precio		
					c/qq		
					Q.		
					Cheques		
					No.		
					Bancos		
					Pago	Pago	Cance-
					Total	Parcial	lación
					Despacho	Despacho	Despacho
					total	parcial	complement.
					Placas transporte		
					Observaciones		SI
					al reverso		NO
					Fecha		
					Día		
Recibido por					Entregado por		
Firma							
Nombre							

**Figura 9. Formato de orden de producción para tostado**

## CONCLUSIONES

8. Entre los parámetros estudiados, el peso del millar de gramos resulta el más indicado como índice de calidad para el Control de Calidad de la materia prima.
9. El porcentaje de hinchamiento sería otro de los parámetros claves en la determinación de la calidad del café, durante el proceso de tostado.
10. Cuando se observa el café tostado, obtenido de muestras procedentes de distintos tipos de café comercial de Guatemala, se nota un aumento en la intensidad de la coloración oscura, a medida que aumenta la altura de donde provienen.
11. Tras conocer y enumerar las características de los materiales flexibles, y considerando el costo, disponibilidad local, habilidad a la adaptación en diferentes equipos de llenado, se puede concluir que efectivamente el polipropileno y sus laminados, son el material flexible más recomendado para el uso en una industria local de café tostado y molido.
12. Basándose en el análisis de este estudio, el proceso de tostado de café que se recomienda es el sistema de tostado continuo.

## RECOMENDACIONES

13. Es necesario realizar estudios más completos de las diferentes opciones de empaques para café tostado y molido, para una optimización en la industrialización del mismo.
14. Es importante promover futuras investigaciones, relacionadas con el estudio de parámetros físicos del café tostado, estandarizando el procedimiento de torrefacción, para asegurar la obtención de resultados homogéneos.
15. Es indispensable realizar un estudio para establecer las diferentes zonas ecológicas del cultivo de café y su representatividad geográfica en el país.
16. La industria del café tostado y molido se podrá desarrollar en la medida que la tecnología disponible este acorde a las condiciones y exigencia del mercado tanto Nacional como Internacional.
17. En el proceso de molido se presentan mejores resultados si se utilizan equipos de rodillos con auto-enfriamiento para evitar la oxidación del café
18. En cuanto al proceso de tostado, es conveniente la utilización de equipos con enfriado de agua para disminuir las mermas en el proceso de torrefacción.

## BIBLIOGRAFÍA

19. Amorim, H.V. ***Relação entre alguns compostos orgânicos do grão do café verde com a qualidade da bebida.*** Tese de Doutorado. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, 1972. 136 p.
  
2. ----- and SILVA, D.M. ***Relationship between the polyphenol oxidase activity of coffee beans and the quality of beverage.*** *Nature. London*, pp. 219:381-382. 1968.
  
3. ----- et al. ***Chemistry of Brazilian green coffee and the quality of the beverage. I. Carbohydrates.*** *Turrialba* 24(2):214-216. 1974.
  
4. ----- et al. ***Chemistry of Brazilian green coffee and the quality of the beverage. II. Phenolic compounds.*** *Turrialba* 24(2):217-221. 1974.
  
5. ----- et al. ***Chemistry of Brazilian green coffee and the quality of the beverage. III. Soluble proteins.*** *Turrialba* 24(3):304-308. 1974.
  
6. ----- et al. ***Chemistry of Brazilian green coffee and the quality of the beverage. V. Multiple Linear regression analysis.*** *Turrialba* 25(1):25-28. 1975.
  
7. ----- et al. ***Chemistry of Brazilian green coffee and the quality of the beverage. VI. U.V. and visible spectral analysis and chlorogenic acids content on TCA soluble buffer extracts.*** *Turrialba* 25(3):243-248. 1975.
  
8. ----- et al. ***Chemistry of Brazilian green coffee and the quality of the beverage. VII. Total Carbonyls, activity of polyphenol oxidase, and hydroperoxides.*** *Turrialba* 26(2):193-195. 1976.

20. BAYER, J. **La normalización en Centro América. Simposio sobre control de calidad de alimentos.** Laboratorio de Tecnología de Alimentos y Banco Central de Nicaragua. 24-26 de Marzo 1977. pp. 55-57. 1978.
21. CALLE, H.V. **Pruebas químicas para determinar la calidad del café.** Boletín informativo (C.N.I.C. Colombia). 6(65):158-160. 1955.
22. ----- **Reacciones cualitativas en determinación del aroma del café.** CENICAFE. (Colombia). 14(3): 187-194. 1963.
12. CENTI-GROSSI, M. et al. **Albumin fractionation of green coffee seed varieties by acrylamide gel-electrophoresis.** Phytochemistry. 8:1,749-1751. 1969.
13. COSTE, R. **Cafetos y cafés del mundo.** G-P Maison Newve & Larouse. Paris. T.2, Vol. I. Pp. 157-161. 1954.
14. DURAN, L. **Control de calidad: Fijación de límites en las normas de calidad.** Anais do II seminario Latino-Americano Ciencia e Tecnologia de Alimentos. Instituto de Tecnología de Alimentos (ITAL), Campinas. Sao Paulo, Brasil. Tomo II. 24 a 30 de agosto de 1975. pp. 465-469.
15. Engerlhandt, T.C.H. **Correlación entre la calidad del café de la zona sur-occidental de Guatemala y algunas de sus características físicas (café en pergamino y en oro).** USAC, Facultad de Agronomía. Guatemala. Oct. 1969. 's.p.'
16. FELDMAN, J.R. et al. **Importance of non volatile compounds to the flavor of coffee.** Journal of Agriculture and food Chemistry. 17(4):733-739. 1969.

17. GIBSON, A. **Photochemical aspects of drying east African Arabica coffes:** *The importance of intequement pigmentation.* Cinquieme Colloque International sur la Chimie des cafés. Lisboa, Portugal, Junho de 1971. Lisboa, ASIC, 1971. pp. 246-250.
18. ----- **Photochemical aspects of drying east African Arabica coffes:** II. w beans colours produced from Kahweol esters. Cinquieme Colloque International sur la Chimie des cafés. Lisboa, Portugal, Junho de 1971. Lisboa, ASIC, 1971. pp. 251-258.
19. Guilbot, A. **Determination de la teneur en eau des cafes.** Premier Colloque International sur la Chimie des cafés. Paris, May 1963.
20. Harigopal, N. **Qualitative biochemical tests in relation to coffee quality.** 27<sup>th</sup> Annual Detailed Technical Report (1973-1974). Coffee Board Research Department. India. 1973. pp. 126-127.
21. ----- **Biochemical aspects of coffee quality and waste utilization.** 27<sup>th</sup> Annual Detailed Technical Report (1973-1974) Coffee Board Research Department. India. 1973. pp. 121-126.
22. Haydar, M. and Hadziev, D. **Pea lipids and their oxidation on carbohydrate and protein matrices.** Journal of Food Science. 38: 772-778. 1973.
23. Hodge, J.E. **Origin of flavor in foods, nonenzimatic browng reactions.** In the Chemistry and Physiology of flavors. The AVI Publishing Co., 1967. pp. 465-491.
24. Ibec Research Institute, **Esperimental programs in Brazil,** información inédita obtenida en los archivos del instituto Agronómico de Campinas en 1958.
25. Instituto Centroamericano de investigación Industrial, ICAITI. **Requisitos**

exigidos por el ICAITI para extender certificados de calidad por lote(s) y para autorizar el uso del sello ICAITI de conformidad con Normar ICAITI. Guatemala, abril 1979. pag. 3.

26. ILLI, E. Et al. Quality: ***First motor of the consumption of coffee***. Decime Colloque International sur la Chimie des Cafés. Trieste, Italia, 1982. Trieste, ASIC, 1982. 5 pag. 's.p.'
27. International Organization for Standardization (ISO). **Committee ISO/TC 34 "Agricultural Food Products" Subcommittee ISO/TC 34/SC 8 "Stimulants Foods" Working Group 2 "Coffee"**. Drast Proposal for Discussion. Zurich, Switzarland. 1966.
28. Lentner, C. and Deatherage, F.E. ***Organic acids in coffee in relation to the gegree of roast***. *Food Research*. 24: 483-492. 1959.
29. Menchu J.F. **Determinación de la calidad de café**. Guatemala, ANACAFE. 1966. pp. 43-44. 's.p.'
30. ----- **Manual de Beneficios del café. Guatemala**, ANACAFE. Boletín No. 13. 1973. pp. 1,5-6,8,10,16,43-45,47,63,68,85. 's.p.'
31. ----- e Ibarra A., E.L. ***Boletín guatemalan coffee***. *Troiseme Colloque International sur la Chimie des Cafés Verts, Torre'efies et leurs derivés*. Trieste, Italia, 2-9 junio 1967. Paris , ASIC, i,968. 's.p.'
32. ----- y Ortega T., E.A. ***Correlation between some physical Properties of roasted coffee and its inherent quality***. Fifth International Colloquium on the chemistry of coffee. Lisboa, Portugal. ASIC. 1971. 's.p.'



## ANEXOS

**Tabla IV. Granulometría del café de la región Norte (Huehuetenango)**

Region Norte (Huehuetenango)		Granulometría (100 g.)				
Departamento	Municipio		Zar.19	Zar.17	Zar.15	Bajo 15
Huehuetenango	Barillas	Est.D	18.4	67.8	11.2	2.6
Huehuetenango	Barillas	Est.D	23.2	53.9	13.0	9.9
Huehuetenango	Barillas	Est.D	7.2	45.5	19.9	27.4
Huehuetenango	Barillas	Est.D	12.1	55.3	24.5	8.1
Huehuetenango	Barillas	Duro	21.7	58.8	15.2	4.4
Huehuetenango	Barillas	Duro	5.8	52.3	33.9	8.0
Huehuetenango	Barillas	Duro	7.8	42.0	35.0	15.2

**Tabla V. Granulometría del café de la región Central**

Region Central		Granulometría (100 g.)				
Departamento	Municipio	Tipo	Zar.19	Zar.17	Zar.15	Bajo 15
Sacatepequez	Antigua G	Est.D	9.5	64.2	22.0	4.3
Sacatepequez	Antigua G	Est.D	4.1	58.8	36.7	0.4
Guatemala	Guatemala	Est.D	20.5	59.9	16.1	3.5
Guatemala	Fraijanes	Est.D	8.0	64.6	25.7	1.7
Guatemala	Palencia	Duro	25.5	55.9	14.5	4.1
Guatemala	Villacanales	Duro	5.1	67.9	18.9	8.1
Guatemala	Amatitlán	Duro	6.5	55.1	29.8	8.6

**Tabla VI. Granulometría del café de las regiones de las verapaces y zona Este**

Región del país	Granulometría (100 g.)			
	Tipo	Z. 19+17	ZAR. 15	BAJO 15
Las verapaces	Duro	56.5	31.6	11.9
	Semi duro	66.3	24.0	9.7
	E.p.	47.5	34.5	18.0
	Prime	44.9	24.0	31.1
Zona Este	E. Duro	79.2	16.8	4.0
	Duro	68.5	21.6	9.9
	Semi d.	72.6	19.0	8.4
	E.p.	73.5	17.2	9.3
	E. Duro	60	31.7	8.3
	Semi d.	62.6	28.7	8.7
Costa sur-oeste	Duro	66.2	25.2	8.6
	E.p.	58.9	31.5	9.6
	Prime	50.5	34.6	14.9

**Tabla VII. Granulometría del café de la región Norte (Alta y Baja Verapaz)**

Región Norte (Alta y Baja Verapaz)		Granulometría (100 g.)				
Departamento	Municipio	Tipo	Zar.19	Zar.17	Zar.15	Bajo.15
Alta Verapaz	Carchá	Est.D	3.5	45.3	38.7	12.5
Alta Verapaz	Carchá	Duro	15.6	46.7	25.5	12.2
Alta Verapaz	Carchá	Duro	8.1	40.7	34.7	16.5
Alta Verapaz	Carchá	Duro	7.0	46.9	34.0	12.1
Alta Verapaz	Sta. Cruz	Duro	13.8	55.8	21.5	8.9
Alta Verapaz	Carchá	Duro	6.7	47.9	35.6	9.8
Alta Verapaz	Carchá	Duro	11.7	58.1	23.5	6.7
Alta Verapaz	Carchá	Duro	7.1	58.8	22.5	11.6
Alta Verapaz	Carchá	Duro	4.3	34.5	43.1	18.1
Alta Verapaz	Carchá	Duro	2.9	42.3	44.0	10.8
Alta Verapaz	Carchá	Duro	16.5	47.4	25.0	11.1
Alta Verapaz	Tamahu	Semiduro	15.7	47.7	23.7	12.9
Alta Verapaz	Carchá	Semiduro	12.9	55.0	26.7	5.4
Alta Verapaz	Carchá	Semiduro	18.7	49.4	20.4	11.5
Alta Verapaz	Senahu	Semiduro	8.2	51.2	25.3	15.3
Alta Verapaz	Tucuru	Semiduro	5.8	53.7	31.3	9.2
Alta Verapaz	San Jeron	Semiduro	14.8	72.0	10.2	3.0
Alta Verapaz	Purulha	Semiduro	7.7	51.4	30.6	10.3
Alta Verapaz	Senahu	E.P.	4.1	32.5	41.5	21.9
Alta Verapaz	Cahabon	E.P.	22.1	43.8	21.5	12.6
Alta Verapaz	Purulha	E.P.	4.0	39.1	40.5	16.4
Izabal	El Estor	E.P.	6.4	38.0	34.6	21.0
Alta Verapaz	Cahabon	Prime	11.9	44.9	22.2	21.0
Alta Verapaz	Senahu	Prime	5.7	43.5	24.4	26.4
Alta Verapaz	Panzos	Prime	4.7	43.1	35.6	16.6
Alta Verapaz	Senahu	Prime	5.5	45.5	29.3	19.7
Alta Verapaz	Cahabon	Prime	9.9	44.4	26.9	18.8
Alta Verapaz	Senahu	Prime	0.1	10.3	32.7	56.9

**Tabla VIII. Granulometría del café de la región Este**

Region Este		Granulometría (100 g.)				
Departamento	Municipio	Tipo	Zar.19	Zar.17	Zar.15	Bajo.15
Chiquimula	Olopa	Est.D	21.3	54.3	18.8	5.6
Jalapa	Mataquescuintla	Est.D	20.2	62.5	14.9	2.4
Zacapa	La Unión	Duro	35.0	45.8	13.6	5.6
Chiquimula	Olopa	Duro	18.5	59.1	15.1	7.3
Chiquimula	Esquipulas	Duro	25.1	47.0	20.3	7.6
Chiquimula	Olopa	Duro	15.0	49.3	24.3	11.4
Santa Rosa	Barberena	Duro	7.2	56.5	23.4	12.9
Jalapa	Mataquescuintla	Duro	9.9	58.1	28.8	3.2
Jutiapa	Yupiltep	Duro	4.8	46.5	28.0	20.7
Santa Rosa	Barberena	Duro	17.0	53.0	19.6	10.4
Zacapa	La Unión	Semiduro	33.3	47.5	14.4	4.8
Zacapa	La Unión	Semiduro	28.7	46.7	18.1	6.5
Chiquimula	Esquipulas	Semiduro	44.9	37.5	11.7	5.9
Chiquimula	Esquipulas	Semiduro	29.3	48.7	13.8	8.2
Santa Rosa	Pueclo Nuevo Viñas	Semiduro	9.7	65.3	16.8	8.2
Chiquimula	Esquipulas	Semiduro	28.0	45.7	17.4	8.9
Jutiapa	Moyuta	Semiduro	7.0	61.4	20.4	11.2
Santa Rosa	Cuilapa	Semiduro	3.2	43.5	39.0	14.3
Zacapa	La Unión	E.P.	11.7	61.5	16.3	10.5
Zacapa	La Unión	E.P.	30.1	46.5	16.5	6.9
Zacapa	La Unión	E.P.	7.3	47.2	28.2	17.3
Chiquimula	Esquipulas	E.P.	35.7	44.9	13.6	5.8
Chiquimula	Esquipulas	E.P.	36.0	49.3	9.0	5.7
Chiquimula	Camotán	E.P.	34.3	45.0	15.3	5.4
Chiquimula	Esquipulas	E.P.	31.9	48.4	12.5	7.2
Chiquimula	Camotán	E.P.	29.1	47.8	18.4	4.7
Chiquimula	Esquipulas	E.P.	18.3	52.0	22.3	7.4
Chiquimula	Camotán	E.P.	16.3	39.3	24.3	20.1

**Tabla IX. Granulometría del café de la región Costa Sur-Oeste**

Región Costa Sur-Oeste		Granulometría (100 g.)				
Departamento	Municipio	Tipo	Zar.19	Zar.17	Zar.15	Bajo.15
Chimaltenango	Acatenango	Est.D	3.7	50.5	36.2	9.6
Chimaltenango	Acatenango	Est.D	18.2	61.7	13.6	6.5
Chimaltenango	Acatenango	Est.D	3.2	47.0	42.8	7.0
Sololá	San Antonio Palopo	Est.D	3.3	59.7	31.1	5.9
Sololá	Santiago Atitlán	Est.D	4.9	69.1	25.0	1.0
Sololá	San Pedro La Laguna	Est.D	3.9	50.3	35.4	10.4
Sololá	Atitlán	Est.D	6.6	62.9	28.9	1.6
Sololá	Atitlán	Est.D	5.9	59.2	34.1	0.8
Sololá	Sta. María Visitación	Est.D	2.9	37.0	37.9	22.2
Sololá	San Pedro La Laguna	Est.D	2.4	35.4	43.6	18.6
San Marcos	San Marcos	Est.D	11.7	60.8	20.2	7.3
San Marcos	El Quetzal	Duro	1.4	28.8	23.2	7.6
San Marcos	El Quetzal	Duro	1.8	62.0	21.2	6.0
Suchitepequez	Zunilito	Duro	3.8	54.5	30.1	11.6
Suchitepequez	Chicacao	Duro	4.4	45.9	40.3	9.4
Chimaltenango	Pochuta	Semiduro	4.0	42.3	39.7	14.0
San Marcos	El Tumbador	Semiduro	18.9	63.5	13.7	33.9
San Marcos	San Pablo	Semiduro	8	50.8	30.3	10.9
San Marcos	El Rodeo	Semiduro	5.9	58.7	34.7	0.7
San Marcos	El Rodeo	Semiduro	6.0	44.5	30.5	19
Quetzaltenango	Colomba Costa Cuca	Semiduro	26.3	60.7	11.5	1.5
Quetzaltenango	El Palmar	Semiduro	18.8	41.8	24.9	14.5
Suchitepequez	Chicacao	Semiduro	28.6	51.1	16.6	3.7
Chimaltenango	Yepocapa	E.P.	1.7	31.3	52.5	14.5
Santa Rosa	Taxisco	E.P.	7.1	62.5	23.8	6.6
Sololá	Nahualá	E.P.	8.3	59.1	28.3	4.3
Quetzaltenango	El Palmar	E.P.	24.1	41.4	21.5	13
Quetzaltenango	El Palmar	Prime	16.8	43.9	17.8	21.5
Retalhuleu	San Felipe	Prime	5.8	47.6	43.4	3.2
Retalhuleu	San Sebastián	Prime	1.8	21.8	45.6	30.8
Suchitepequez	Chicacao	Prime	14.3	54.3	24.3	7.1
Suchitepequez	Santa Bárbara	Prime	5.1	41.3	41.9	11.7

**Tabla X. Tipos de café de Guatemala**

Tipos		Altura en metros	Altura en Pies
Bueno lavado	Good washed	Hasta 606 m.	Hasta 2,000 pies
Extra bueno lavado	Extra good washed	De 606 a 758 m.	De 2,000 pies a 2,500 pies
Prima	Prima washed	De 758 a 909 m.	De 2,500 pies a 3,000 pies
Extra prima	Extra prime washed	De 909 a 1,060 m.	De 3,000 pies a 3,500 pies
Semiduro	Semi hard bean	De 1,060 a 1,212 m.	De 3,500 pies a 4,000 pies
Duro	Hard bean	De 1,612 a 1,364 m.	De 4,000 pies a 4,500 pies
Duro de fantasia	Fancy hard bean	De 1,364 a 1,455 m.	De 4,500 pies a 5,000 pies
Estrictamente duro	Strictly hard bean	De 1,364 m. y más	Arriba de 4,800 pies
Antigua, Atitlan, Coban, Fraijanes Huhuetenango		De 1,515 m. y más	Arriba de 5,000 pies