5

GUÍA TÉCNICA PARA EL BENEFICIADO DE CAFÉ PROTEGIDO BAJO UNA INDICACIÓN GEOGRÁFICA O DENOMINACIÓN DE ORIGEN

CAFÉ

MINISTERIO DE ASUNTOS EXTERIORES Y DE COOPERACIÓN
aecid Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo
IICA
PROMECAFE

GUÍA TÉCNICA PARA EL BENEFICIADO DE CAFÉ PROTEGIDO BAJO UNA INDICACIÓN GEOGRÁFICA Ó DENOMINACIÓN DE ORIGEN.

© Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).2010

El Instituto promueve el uso justo de este documento. Se solicita que sea citado apropiadamente cuando corresponda

Esta publicación también está disponible en formato electrónico (PDF) en el sitio Web institucional en http://www.iica.int

Coordinación editorial: Nelson Omar Fúnez, Guillermo Canet, Armando García.
Corrección de estilo: Carlos Soto Víquez
Diagramación: Litografía Impresa.
Diseño portada: Jorge de León.
Impresión: Litografía Impresa.

Las ideas y planteamientos expresados en este documento son propios del autor y no representan necesariamente el criterio del IICA.

Guía técnica para el beneficiado de café protegido bajo una indicación geográfica ó denominación de origen / IICA. Guatemala: IICA, 2010
00 p., 00 x 00 cm

ISBN 978-92-9248-267-1

1. Café 2. Control de calidad 3. Cosecha 4. Clasificación 5. Procesamiento 6. Secado 7. Denominación de origen 8. Garantía de calidad 9. Normas I. IICA II. Título

AGRIS E71 | DEWEY 382.41373

Guatemala
2010

PROGRAMA COOPERATIVO REGIONAL PARA EL DESARROLLO TECNOLOGICO Y MODERNIZACION DE LA CAFICULTURA PROMECAFE

Programa Regional de Calidad del Café
Proyecto: Protección de la Calidad
del Café Vinculada con su Origen

GUÍA TÉCNICA PARA EL BENEFICIADO DE CAFÉ PROTEGIDO BAJO UNA INDICACIÓN GEOGRÁFICA Ó DENOMINACIÓN DE ORIGEN.

Red de Técnicos en Beneficiado de PROMECAFE
Coordinador Técnico: Ing. Carlos Soto

Guatemala, 2010

Indice

I. Introducción ... 9
II. Consideraciones importantes sobre este documento ... 10
2.1. Objetivos ... 10
2.2. Origen y propiedad ... 10
2.3. Contenido ... 10
2.4. Tópicos pertinentes ... 11
I. Etapa aspectos relativos a la cosecha: recolección manual del café fruta ... 11
Requerimientos Mínimos No. 1 y No. 2 ... 12
Requerimientos Mínimos No. 3 ... 13
Requerimientos Mínimos No. 4 y No. 5 ... 14
Requerimientos Mínimos No. 6 ... 14
Composición del fruto del café ... 15
Grado de maduración que describe al fruto de café ... 16
Requerimientos Mínimos No. 7 y No. 8 ... 18
Requerimientos Mínimos No. 9 ... 19
II. Etapa: Aspectos relativos al transporte del café fruta ... 19
Requerimientos Mínimos No. 10 ... 19
III. Etapa: Aspectos relativos a la operación de recibo de café fruta en la planta beneficiadora ... 20
Requerimientos Mínimos No. 11 ... 20
Requerimientos Mínimos No. 12 ... 21
Requerimientos Mínimos No. 13 ... 23
Recibo de café fruta en el beneficio: Principio operativo ... 24
Requerimientos Mínimos No. 14 ... 24
Requerimientos Mínimos No. 15 ... 25
Requerimientos Mínimos No. 16 ... 26
Operación: Remoción de piedras, palos y otros objetos ... 26
IV. Etapa: Aspectos relativos a la clasificación del café fruta ... 27
Requerimientos Mínimos No. 17 y No. 18 ... 27
V. Etapa: Aspectos relativos a la operación de despulpado del café fruta ... 38
Requerimientos Mínimos No. 19 y No.20 ... 42
Requerimientos Mínimos No. 21 y No. 22 ... 44
Requerimientos Mínimos No. 23 ... 46
Requerimientos Mínimos No. 24 ... 48
Requerimientos Mínimos No. 25 ... 49
Requerimientos Mínimos No. 26 ... 50
VI. Etapa: Aspecto relativos a la operación de clasificación del café pergamino (despulpado o en baba) ... 52
Requerimientos Mínimos No. 27 ... 53
VII. Etapa: Aspectos relativos a la remoción del mucílago ... 56
Requerimientos Mínimos No. 28 ... 56
Requerimientos Mínimos No. 29 y No. 30 ... 60
Requerimientos Mínimos No. 31 y No. 32 ... 61
Requerimientos Mínimos No. 33 ... 62
Requerimientos Mínimos No. 34 ... 65
Requerimientos Mínimos No. 35 ... 65
Requerimientos Mínimos No. 36 ... 68
VIII. Operación de lavado del café fermentado ... 78
IX. Tratamiento de aguas residuales y manejo de subproductos del proceso de beneficiado de café ... 82
Requerimientos Mínimos No. 37 ... 82
Requerimientos Mínimos No. 38 ... 85
Requerimientos Mínimos No. 39 ... 86
Requerimientos Mínimos No. 40 ... 86
Requerimientos Mínimos No. 41 ... 86
Requerimientos Mínimos No. 42 ... 89
Requerimientos Mínimos No. 43 ... 89
Requerimientos Mínimos No. 44 ... 91
Requerimientos Mínimos No. 45 ... 92
Requerimientos Mínimos No. 46 ... 93
Requerimientos Mínimos No. 47 ... 95
X. Etapa: Aspectos relativos a la operación de secamiento del café pergamino ... 101
Requerimientos Mínimos No. 48 ... 101
Requerimientos Mínimos No. 49 ... 102

Requerimientos Mínimos No. 83 173
Requerimientos Mínimos No. 84 y No. 85 176
Requerimientos Mínimos No. 86 182
Requerimientos Mínimos No. 87 183
Requerimientos Mínimos No. 88 190
Requerimientos Mínimos No. 89 191
Requerimientos Mínimos No. 90 192
Requerimientos Mínimos No. 91 195
Requerimientos Mínimos No. 92 198
Requerimientos Mínimos No. 93 198
Requerimientos Mínimos No. 94 200
Requerimientos Mínimos No. 95 202
Requerimientos Mínimos No. 96 202
Bibliografía 204

Requerimientos Mínimos No. 50 104
Requerimientos Mínimos No. 51, No. 52 y No. 53 104
Requerimientos Mínimos No. 54 106
Requerimientos Mínimos No. 55 107
Requerimientos Mínimos No. 56, No. 57 y No. 58 110
Requerimientos Mínimos No. 59 112
Requerimientos Mínimos No. 60 113
Requerimientos Mínimos No. 61 115
Requerimientos Mínimos No. 62 121
Requerimientos Mínimos No. 63 122
Requerimientos Mínimos No. 64 124
Requerimientos Mínimos No. 65 129
Requerimientos Mínimos No. 66 129
Requerimientos Mínimos No. 67 130
XI. Etapa: Aspectos relativos a la operación de almacenamiento del café pergamino 131
Requerimientos Mínimos No. 68 131
Requerimientos Mínimos No. 69 132
Requerimientos Mínimos No. 70 135
Requerimientos Mínimos No. 71 139
Requerimientos Mínimos No. 72 140
Requerimientos Mínimos No. 73 142
Requerimientos Mínimos No. 74 143
Requerimientos Mínimos No. 75 148
Requerimientos Mínimos No. 76 149
Requerimientos Mínimos No. 77 150
XII. Etapa: Aspectos relativos al proceso de preparación comercial de café oro 152
Requerimientos Mínimos No. 78 152
Requerimientos Mínimos No. 79 155
Requerimientos Mínimos No. 80 156
Requerimientos Mínimos No. 81 159
Requerimientos Mínimos No. 82 160
Aclaración para el lector 163

Reconocimiento

Comité Elaborador: Este documento fue desarrollado por los miembros de las instituciones aquí presentadas.

INSTITUCIÓN	PAÍS	TÉCNICOS RESPONSABLES
FUNDACIÓN PROCAFE CONSEJO SALVADOREÑO DEL CAFÉ (CSC)	El Salvador	Luis Ernesto Baires. Antonio Arévalo. Oscar Machuca. Miguel Hernández.
ASOCIACIÓN NACIONAL DEL CAFÉ (ANACAFÉ)	Guatemala	Carlos Roberto Muñoz.
INSTITUTO HONDUREÑO DEL CAFÉ (IHCAFE)	Honduras	Francisco A. Oseguera. Julio A. Hernández. Odir Rojas Salinas.
CONSEJO DOMINICANO DEL CAFÉ (CODOCAFE)	República Dominicana	José M. Candelario. Braulio M. Batista. Marco Luis Pérez.
COFFEE INDUSTRY BOARD (CIB)	Jamaica	Rupert Frith. Gerald Bryan.
MINISTERIO DE DESARROLLO AGROPECUARIO (MIDA)	Panamá	Carlos Fuentes. Aurelio Escarreola. Edwin Santamaría.
PROMECAFE	Región Centroamérica y El Caribe	Guillermo Canet. Armando García. Francisco Tomás. Nelson Omar Fúnez. Carlos Soto Víquez.

II. Consideraciones importantes sobre este documento.

2.1. Objetivos.

Operar como guía técnica para dar cumplimiento al conjunto de “Requerimientos mínimos” y fundamentar objetivamente su definición y aplicabilidad. Se muestran aquí los equipos y maquinaria aptos para ejecutar el proceso de beneficiado buscando un aseguramiento de la calidad del producto. Sin demérito de esta definición, hay desde luego, plena libertad para implementar el uso de nuevas tecnologías, que no aparecen aquí referenciadas, pero que permitirían cumplir satisfactoriamente con el concepto que fue definido como fundamento para el buen manejo post-cosecha del café

2.2. Origen y propiedad.

El presente documento es producto del trabajo desarrollado dentro del marco del Proyecto regional de protección de la calidad del café vinculado con su origen, ejecutado por PROMECAFE y financiado por la AECID. Contiene los materiales especializados en disciplinas relativas al procesamiento de productos agrícolas, que operaron como sustento para la realización de 15 talleres regionales de capacitación y formación que fueron brindados por el consultor técnico a los participantes.

Este documento fue compilado en cumplimiento a los objetivos y resultados definidos dentro del marco del proyecto. Procede de las fuentes más autorizadas en estas disciplinas tales como centros universitarios, centros de investigación, manuales operativo de maquinaria e instituciones internacionales.

2.3. Contenido.

El beneficiado de café es un conjunto complejo de operaciones de procesamiento agrícola. Comprende la transformación del fruto hasta la condición de semilla seca. Para definir requerimientos mínimos de operación es necesario recurrir al conocimiento especializado en materias como: secamiento de granos, condiciones aptas para almacenamiento de granos en climas tropicales, operaciones de clasificación por tamaño y densidad; partiendo del particular proceso de beneficiado por vía húmeda, el uso racional del agua y la disposición de subproductos.

El abordaje especializado de estos temas tiene como objetivo resolver objetivamente aquellos aspectos claves para la correcta conducción de las operaciones críticas para el mantenimiento de la calidad del café. La comprensión de los fundamentos conduce a obtener la visión panorámica e integral del proceso de beneficiado.

Introducción

El “Programa Cooperativo Regional para el Desarrollo Tecnológico y Modernización de la Caficultura” (PROMECAFE) del Instituto Interamericano de Cooperación Agrícola (IICA), está ejecutando el Programa Regional de Calidad del Café, dentro del cual está el proyecto de protección de la calidad del café vinculado con su origen. Dicho proyecto se ejecuta con el financiamiento de la Agencia Española de Cooperación Internacional al Desarrollo (AECID) a través de la Línea Café del Programa de Cooperación Regional con Centroamérica (PCRC) ejecutado por el Fondo España SICA.

El objetivo general del Programa Regional es contribuir al fortalecimiento y competitividad del sector cafetalero centroamericano y del Caribe, a través del reconocimiento de Indicaciones Geográficas (IG) y Denominaciones de Origen (DO) en café, como una estrategia de diferenciación, valorización, posicionamiento del producto y protección de la calidad por su origen.

Como parte de las actividades estratégicas del programa se ha constituido la red de técnicos especialistas en beneficiado de PROMECAFE. Su trabajo está orientado a la definición de las prácticas operativas para aseguramiento de la calidad y uso racional de los recursos para protección del medio ambiente en el procesamiento de café.

El Objetivo de la red de técnicos especialistas en beneficiado de café, es obtener un protocolo regional de buenas prácticas de procesamiento post cosecha de café, para su aplicación en proyectos de protección de la calidad del café vinculada con su origen (Indicación Geográfica y Denominación de Origen). El fundamento del protocolo regional es un conjunto consensuado de recomendaciones dirigidas hacia el aseguramiento de la calidad del café en su proceso de beneficiado, contemplando a la vez el uso mínimo de agua, reducción de costos y aprovechamiento de subproductos.

El documento se denomina “Guía técnica para el beneficiado de café protegido bajo una Indicación Geográfica ó Denominación de Origen” y se elaboró en base a las propuestas técnicas presentadas por el grupo especialistas en beneficio de las Instituciones Cafetaleras de los países participantes del programa. Este documento contiene el producto final de un consenso entre los miembros de la red, sobre las prácticas operativas que deben ser ejecutadas para el procesamiento del café a certificarse como Indicación Geográfica ó Denominación de Origen.

de cosecha, efectuada manualmente. Si la cosecha se ejecuta mal, todo el resto de la cadena se verá afectado, y así la calidad del producto final no reunirá los requisitos para el mercado de café de alta calidad.

Considerando lo expresado anteriormente, la ejecución de la cosecha de café se constituye en una actividad que debe ser sujeto de control y estricta supervisión.

A continuación se anotarán diversas citas referidas como "Requerimientos Mínimos". Estas son actividades cuya ejecución es recomendación mínima para lograr el aseguramiento de la calidad del café en su proceso de beneficiado, contemplando a la vez el uso mínimo de agua, reducción de costos y aprovechamiento de subproductos.

Planificación de las actividades de la cosecha y su registro por bitácora.
Requerimientos Mínimos N°1 y N°2.

Los productores interesados en producir café de calidad diferenciada deben realizar actividades con el objetivo de asegurar la calidad del café antes y durante la cosecha, planificando las labores de recolecta del café y aplicando buen manejo cultural.

Como primer paso *debe asignarse personal*[1] con capacidad y experiencia, para que se elabore y ejecute apropiadamente, la actividad de cosecha del café fruta.

Se anotan aquí algunas recomendaciones para la adecuada conducción de la cosecha:

Para realizar la planificación de la cosecha se recomienda tomar en cuenta los siguientes factores:

a. Tamaño de la finca: área y volumen de la producción promedio.
b. Manejo agronómico de la finca.
c. Variedad de café cultivada
d. Estadios florales registrados.
e. Influencia de los factores climáticos en las etapas de floración y formación de frutos de café.

[1] El personal encargado de planificar las actividades de cosecha debe tener experiencia y conocimiento que lo califiquen para desempeñar esta labor

2.4. Tópicos pertinentes

Los temas aquí desarrollados corresponden a las opciones tecnológicas disponibles para el cumplimiento de requerimientos mínimos para beneficiar café protegido bajo una IG ó DO. Lo aquí expresado es producto del consenso logrado entre los miembros de la red de técnicos especialistas en beneficiado de café de PROMECAFE.

I. ETAPA ASPECTOS RELATIVOS A LA COSECHA: RECOLECCIÓN MANUAL DEL CAFÉ FRUTA.

Temas a considerar para aseguramiento de la calidad.

Como punto de partida, es importante reflexionar sobre algunos tópicos relativos al proceso de beneficiado de café por vía húmeda:

1. El café beneficiado por vía húmeda es también denominado "café lavado". Este producto es reconocido mundialmente por su fino, suave y delicado sabor. Esta característica lo diferencia claramente del *café beneficiado por vía seca*. Los mercados de destino y los precios son diferentes para el café, de acuerdo al tipo de procesamiento que ha recibido. El mercado del café está en un proceso de reconocimiento para los cafés finos, gourmet o "de calidad diferenciada", cuyos precios son mejores.

2. El proceso de beneficiado por vía húmeda se realiza para obtener café de calidad diferenciada, con la meta definida en colocar el producto en el *mercado de café gourmet*. El beneficiado por vía húmeda es, por sus características propias, un proceso de costo elevado. Sus costos se pueden pagar si el café llega al mercado de café de alta calidad. Pero si la calidad del café obtenido es pobre (producto de un mal beneficiado), el precio obtenido será bajo, con la consecuente inconsistencia entre precios, costos de producción y calidad del producto.

3. Para estar en condiciones de acceso al mercado de café especiales se requiere, *tener primero, café de calidad diferenciada.* El prestigio se logra mediante un esfuerzo continuado, para producir y mantener las características del producto, realizado a través de un período de tiempo. *La consistencia de la calidad (a través del tiempo) es el elemento clave*.

4. El procesamiento del café es un grupo de operaciones organizadas consecutivamente; es decir: *el beneficiado es una secuencia*, es una cadena formada por eslabones unidos uno tras del otro. El primer eslabón es la etapa

Previsiones para depósito temporal del café recién cosechado en finca
Requerimientos Mínimos N°4 y N°5.

El fruto de café recién cosechado es propenso a sufrir procesos de fermentación debido a su alto contenido de azúcares, tanto en la pulpa, mucílago como en la misma semilla. Por su actividad biológica propia, la fermentación del fruto es un proceso que da inicio de manera automática producto de la cosecha misma. Toda fruta cosechada es sujeto de procesos de fermentación.

Debe tenerse plena conciencia de la cadena de procesamiento y del hecho de que el café fruta es un producto perecedero, por lo que su deterioro y/o contaminación deben evitarse, tomando las precauciones adecuadas.

Algunas recomendaciones para el adecuado depósito temporal del café fruta:

a. Debe evitarse el contacto directo de los sacos llenos con café fruta con el lodo o en cualquier condición que pueda provocar contaminación del café.
b. Los sacos con café fruta deberán manejarse protegidos bajo la sombra, evitando la radiación solar directa sobre ellos.
c. Se considerará positiva toda práctica dirigida a mantener el café fruta fresco por reducción de su temperatura.

Corte selectivo del café fruta.
Requerimientos Mínimos N°6.

Se pueden citar múltiples fundamentos técnicos para justificar que el café sea cosechado solamente cuando su desarrollo y madurez han alcanzado plenitud. Estos argumentos están primeramente relacionados con la calidad de la bebida o infusión que se obtiene, cuando el grano utilizado para su preparación proviene de frutos de café maduro y sano. Pero también el grado de madurez y sanidad guardan relación directa con la presencia de daño mecánico. Éste aparece en las operaciones de despulpado y desmucilaginado mecánico cuando se beneficia café inmaduro, seco en fruta o enfermo. También los problemas de contaminación con ocratoxinas están directamente relacionados con el fruto cosechado inmaduro, enfermo o recogido del terreno.

El primer paso para la comprensión de este tema consiste en examinar el fruto de café, para reconocer sus diferentes partes y su composición hallándose en estado de madurez plena.

f. Inspección de campo para valoración del estado general de la cosecha.
g. Planificación topográfica de las áreas para definir la secuencia de la cosecha.
h. Cantidad de recolectores que se hallen disponibles.
i. Planificación del corte por área y cantidad de cosechadores.

Al igual que deberá hacerse con toda actividad de beneficiado, la ejecución de la cosecha debe registrarse y para ello deben anotarse en un cuaderno de bitácora los eventos y sus fechas. El documento de registro (la bitácora) es competencia del personal responsable de la planificación. El proceso a seguir es planificar, ejecutar y registra en el cuaderno de bitácora.

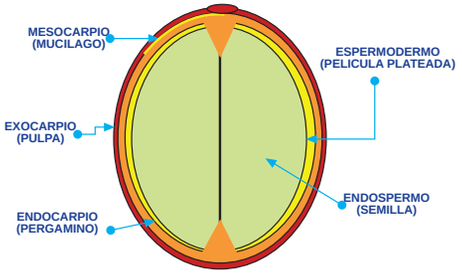
Aprovisionamiento de materiales y utensilios para la cosecha: Apoyo logístico para el trabajo de los cosechadores.
Requerimientos Mínimos N°3:

Debe asignarse personal calificado a cargo de las actividades de la cosecha. El responsable de la cosecha debe contemplar varios aspectos de apoyo a los cosechadores. El apoyo consiste en suplir utensilios como canastos, sacos, etc., y los medios de transporte que sean requeridos. Este concepto se define como “Apoyo Logístico”.

A continuación se puntualizan algunos aspectos a considerar en el desarrollo de estas actividades:

a. El personal responsable de las actividades de recolección deberá proveer a los cosechadores de recipientes o canastos limpios y confeccionados de materiales resistentes adecuados para la labor de acopio del café en fruta.
b. El café fruta se debe manejar en sacos en buen estado, limpios, sin residuos de agroquímicos, gallinaza u otro elemento contaminante.
c. Para efectuar la limpieza de implementos de recolección no se utilizarán detergentes ni otro tipo de químicos.
d. El personal responsable de las actividades de recolección deberá determinar el lugar donde se va a recibir, medir o pesar el café cosechado; tomando las previsiones para que el acto de recibo se efectúe ordenadamente.

COMPOSICIÓN DEL FRUTO DE CAFÉ



1 2 3 4

1- Fruto verde 2- Fruto Pintón verde 3- Fruto Pintón maduro 4- Fruto maduro

- El proceso de maduración del fruto del café

"Durante la fase final de la maduración ocurren transformaciones en el interiorde los granos, tales como:

- Degradación de la clorofila.
- Síntesis de pigmentos, carotenoides, antocianinas, etc.
- Reducción de compuestos fenólicos y consecuente disminución de la astringencia.
- Aumento de los compuestos volátiles, tales como esteres, aldehídos, cetonas, alcoholes, etc., responsables del aroma característico de los frutos maduros.

Esto significa que *sólo los frutos que alcanzan su plena madurez* llegan a su punto óptimo de calidad" (Wintgens, 1994)

"El fruto crece hasta alcanzar su madurez fisiológica, que es la condición en la que éste llega a su máximo contenido de materia seca. La respiración climatérica se inicia cuando los frutos alcanzan el máximo tamaño, razón por la cual aquellos en estado verde amarillo tienen respuesta respiratoria" (Marín, Arcila, Montoya, & Oliveros, 2003).

- Calidad del café según el grado de maduración del fruto.

El cuadro mostrado adelante ilustra de modo general, los aspectos de calificación organoléptica del café oro, que marcan las diferencias entre el café maduro y aquel que no ha alcanzado el estado de maduración completa.

Grados de madurez del fruto de café
Cleves y Astúa, 1984
Instituto del Café de Costa Rica

GRADO DE MADURACIÓN QUE DESCRIBE AL FRUTO DE CAFÉ		
FRUTO "VERDE CELE" El gramo en oro es revejido y mal formado, manchado o negro. Tiene la película plateada adherida y mayor porcentaje de bellotas que el sazón. El grano tostado es liso, de coloración amarillenta y parcialmente manchado.	**FRUTO "VERDE SAZÓN"** El grano en oro es regular, difícil de diferenciar del procedente del café maduro. La película plateada esta parcialmente adherida. El grano tostado es liso o rugoso, en proporciones variables. Su coloración es dispareja, parcialmente "Quakery".	**FRUTO "MADURO"** El grano oro tiene buen aspecto y coloración verde uniforme. La película plateada (espermodermo) se desprende fácilmente. El grano tostado tiene coloración uniforme. Es oscuro y rugoso cuando procede de zonas altas y más claro y liso si es de zonas lluviosas de menor altitud.
ASPECTO Y COLORACIÓN DEL GRANO EN ORO TOSTADO		
La taza es amarga o "Quakery" fácil de detectar en cualquier mezcla.	La taza es amarga, objetable si hay más de 10% mezclado con café de maduración. normal	La taza es buena y tiene condiciones de aroma, cuerpo y acidez variables, según la zona de procedencia.
CARACTERÍSTICAS DE DEGUSTACIÓN DE LA BEBIDA (CALIDAD DE TAZA)		

Fuente: Cleves S., 1995

El cuaderno de bitácora es mantenido y utilizado por el personal responsable de la operación de cosecha selectiva. Este es el primer paso para realizar la trazabilidad desde la finca hasta el despacho final.

Disposición de café fruta recogido del suelo

Requerimientos Mínimos N°7 y N°8.

Recolecta del café fruta caído al suelo (en cualquier tiempo y por cualquier motivo).

Durante la cosecha manual, es natural que ocurra, que algunos frutos de café caigan al terreno cerca de la planta y en los trechos entre las hileras. Estos frutos pueden deteriorarse y contaminarse. Se convierten además en hospederos de la broca o en sustrato para crecimiento de hongos.

El café recogido del suelo debe manejarse conformando un lote separado permanentemente del resto del café, a fin de evitar los problemas de infestaciones con broca, proliferación de hongos productores de ocratoxinas y daños en la calidad de la infusión (calidad de la taza).

El sumario de recomendaciones al respecto es el siguiente:

1. Limpiar el campo de cerezas caídas y otra vegetación que estorbe las operaciones de cosecha como una labor preliminar. Esto mejora la eficiencia de cosecha y facilita la selección de cerezas maduras.
2. Iniciar la cosecha en cuanto se determine que existen suficientes cerezas maduras para hacer la operación económicamente viable.
3. De ser posible, utilizar algún material debajo de los cafetos para proteger las cerezas que se caigan durante la cosecha.
4. Practicar la cosecha selectiva separando los frutos dañados.
5. Recoger y separar de inmediato a todas los frutos que hayan caído al suelo.

Problemas de calidad de taza o calidad de la infusión de café.

Cuando el café ya beneficiado se analiza para valorar su calidad, si hay presencia de estos frutos contaminados (recogidos del suelo) mezclados con el café de buena condición, y se prepara la infusión para el análisis de catación, es común la aparición de desagradables sabores a tierra y/o fenólicos (en el lenguaje de café "riotados"). Los granos procedentes de la "junta" (recogidos del terreno) imparten sabores "fenólicos" y/o "terrosos", aunque se hallen mezclados solo en pequeñas proporciones con el café de buena calidad.

Operación de cosecha selectiva.

"Para preparar cafés de buena calidad es indispensable recoger únicamente las cerezas maduras cuyo exocarpio sea de color rojo, definido puro y vivo." (Wilbaux, 1964)[2]

La corta selectiva se realiza cortando los frutos de color rojo brillante, que tienen lustre y están firmes al tacto; y los frutos verdes, que todavía no están maduros, se dejan en el árbol para madurar, y las cerezas que se han pasado de madurez se evitan. El grano deberá cogerse cuando está completamente maduro, de color rojo subido en la mayoría de las variedades y amarilla en muy pocas.

Algunas recomendaciones a tomar en cuenta:

a. El cosechador deberá desprender los frutos maduros en forma individual, cuidando de no arrancarlos con el pezón; nunca hay que desprender todos los granos de la rama con un solo movimiento de la mano porque de esa manera se destruye gran parte de las yemas florales, lo cual reducirá el rendimiento del próximo año
b. Los trabajadores deberán cosechar la fruta madura desgranando solo los frutos maduros del racimo, y no "ordeñar" la planta, esto es: no realizar el corte halando los racimos completos de frutas de café.
c. Cuando el racimo de frutos es halado completo se cosechan, de hecho, frutos maduros e inmaduros; *en contraposición directa al corte selectivo*. Pero también se produce otra consecuencia nefasta: Defoliación y destrucción de las yemas de futuros brotes vegetativos; todo lo cual produce reducción del volumen de la cosecha venidera.
d. El personal responsable de la cosecha deberá definir y establecer los mecanismos para el aseguramiento del corte selectivo de café.

Aplicación de registros de cosecha e identidad de todo lote de café

Se debe de iniciar el registro de cada lote de café cosechado, identificando claramente el lugar y la finca de procedencia. Las anotaciones deben realizarse en un cuaderno especial de registro, al cual llamamos "Bitácora de cosecha"

[2] En casos como el del cultivar catuaí amarillo el fruto torna de coloración amarilla en su madurez plena

Capacitación de todo el personal de la cosecha
Requerimientos Mínimos N°9.

Se deben efectuar jornadas de capacitación, orientación y concienciación dirigidas a los recolectores y personal responsable de la finca o unidad productiva. La cosecha se efectúa manualmente, es realizada por personas, por ello su ejecución adecuada depende ante todo de la conciencia del personal a cargo de la misma. Todo se puede hacer si se desarrolla y mantiene una cultura respecto a la corta selectiva, el manejo y depósito temporal del café.

II. ETAPA: ASPECTOS RELATIVOS AL TRANSPORTE DEL CAFÉ FRUTA

Vehículos adecuados para el transporte del café fruta.
Requerimientos Mínimos N°10.

Las etapas del beneficiado es parte de la cadena de procesamiento. En cada etapa se requiere un esfuerzo y tomar medidas para aseguramiento de la calidad. *El esfuerzo hecho en las etapas precedentes será inútil si en las siguientes se baja la guardia*.

Los conceptos ya mencionados para depósito temporal de café fruta, tienen aplicación directa para la actividad de su transporte de la plantación a la planta beneficiadora. Debe prestarse especial atención para evitar el manejo de sustancias químicas u orgánicas en los medios de transporte utilizados para transporte del café fruta recién cosechado. Muchos autores mencionan la gran susceptibilidad del café para impregnarse y adquirir sabores extraños provenientes del contacto con emanaciones de químicos.

Es necesario organizar las actividades del trabajo productivo, *para evitar el transporte simultáneo* de café fruta y sustancias potencialmente contaminantes.

Toda fruta cosechada es sujeto de procesos de fermentación. Por su actividad biológica la fermentación del fruto es un proceso que da inicio naturalmente producto de la cosecha. Por ello, el transporte del café debe realizarse con prontitud para que su *proceso de beneficiado proceda durante el mismo día* en que fue cosechado.

Para la actividad de transporte de café fruta algunos requisitos importantes son:

1. La estructura organizativa encargada del transporte del café deberá prever la disponibilidad de los medios de transporte adecuados para acarrear el café fruta recién cosechado. *Medios robustos y dotados de contenedores para fruta*.

2. El personal responsable deberá garantizar que el vehículo para transporte de café fruta estará completamente limpio y libre de olores extraños y sustancias contaminantes.
3. Los medios de transporte utilizados para acarrear café no deberán contener ningún otro tipo de materiales o sustancias químicas u orgánicas (aún cuando sean envasadas).
4. El transporte del fruto de café hacia la Central de Beneficiado *deberá hacerse el mismo día de la recolección*, lo antes posible, procurando evitar el deterioro de los frutos de café.

III. ETAPA: ASPECTOS RELATIVOS A LA OPERACIÓN DE RECIBO DE CAFÉ FRUTA EN LA PLANTA BENEFICIADORA

OPERACIÓN: RECIBO DE CAFÉ EN FRUTA.

Identificación del café fruta recibido.

Cada lote de café recibido debe ser identificado con un código, éste deberá componerse de la fecha de ingreso del café al beneficio. Los demás datos del lote formarán parte de la ficha de registro, contemplando toda la información concerniente: Finca de procedencia, fecha de la cosecha, calificación de calidad, etc.

Medición de la cantidad de café que se recibe para su procesamiento
Requerimientos Mínimos N°11.

Aunque es un procedimiento rutinariamente aplicado en nuestra región, es necesario mencionar aquí el requisito de efectuar la medición de la cantidad de café fruta para todo lote que se recibe en la planta beneficiadora.

Es requisito es que a cada lote se le asigne la cantidad de café que lo compone. La cantidad de café debería medirse por su **peso**. De este modo se obtiene una valoración más justa de la cantidad de café comprendida en el lote.

Café maduro **Café Inmaduro** **Sobre maduro** **Seco en fruta** **Café Mezclado**

Los frutos defectuosos se separan por su tipo según sean: Inmaduros, sobre maduros, secos en fruta; también se puede incluir los granos brocados (que pueden ser frutos maduros).

Para valorar la cantidad de grano defectuoso se expresa su cantidad como porcentaje, esto es: el cociente de grano defectuoso dividido por el total de grano de la muestra.

El método de valoración puede elegirse entre 3 categorías

- Porcentaje por VOLUMEN
- Porcentaje aritmético, por conteo de granos
- Porcentaje por PESO

Ejemplo:

- Porcentaje por Volumen

Utilizando una probeta se toma una muestra de 1 litro. Mediante selección manual se separan los frutos de café verde que al colocarlos en la probeta ocupan un volumen de 20 ml (mililitros o centímetros cúbicos). Un litro equivale a 1000 ml.

- Porcentaje aritmético (por conteo manual de frutos)

Ejemplo: Utilizando un envase probeta se toma una muestra de 1 litro. Mediante selección manual se separan los frutos de café verde. Se cuentan los frutos de café verde, que suman 6 frutos de café verde (inmaduro).
Se cuentan todos los frutos de la muestra que suman 312 frutos. El porcentaje de café verde es: (6 ÷ 312) x 100 = 2%.

Conversión de café fruta a café oro: “El Rendimiento”

Idóneamente debe aplicarse un factor de conversión unitario para establecer la relación entre la cantidad de café fruta y la cantidad de café oro que se obtiene producto del beneficiado. Este factor es denominado “Rendimiento”. Como una referencia podemos decir que *250 kg de café fruta maduros beneficiados por vía húmeda producen 46 kg de café oro.*

La experiencia ha demostrado que el rendimiento es un parámetro variable pues depende de muchos factores agroecológicos, incluyendo la variedad cultivada. Por ello, si se decide su aplicabilidad, lo correcto es establecer un mecanismo y su procedimiento de rutina para determinar el rendimiento; así como aplicarlo para cada región productora en particular.

Muestreo y Análisis del café fruta recibido

Requerimientos Mínimos N°12.

Análisis de calidad y calificación del café fruta

Para efectuar el análisis de calidad debe tomarse una muestra representativa del lote de café fruta que va a ser recibido (para efectuar su procesamiento). El muestreo debe ser aleatorio para darle carácter representativo de todo el lote que se recibe.

Con la muestra representativa colectada e identificada se debe realizar el análisis de calidad del café fruta, tomando como fundamento el siguiente criterio:

- La calidad excelente se asigna a los frutos sanos que han alcanzado el estado pleno de madurez.
- La calidad pobre o mala se asigna a los frutos inmaduros, sobre maduros, secos en fruta o atacados por enfermedades y/o insectos. *Este es el café defectuoso.*

✔ Café defectuoso (de mala calidad)

El análisis de la calidad del café fruta comprende la *identificación, separación y conteo* de los frutos de café defectuosos tales como: fruto sobre maduro, fruto inmaduro o semimaduro, fruto atacado por insectos, fruto seco, etc.

- Porcentaje por Peso

Ejemplo: Se toma una muestra de 625 gramos.
Mediante selección manual se separan 13 gramos de café verde. El porcentaje de café verde es: (13 ÷ 625) x 100 = 2%

Si se cuenta con una balanza con precisión de 0.1 g, *el método más rápido y por tanto más favorable es el método por peso*

Adopción de una "norma para calificación de la calidad del café fruta"

Requerimientos Mínimos N°13.

Norma de calidad.

La norma es un documento que estipula la máxima tolerancia aceptable para la presencia de frutos defectuosos. Además puede definir tipos de calidad y asignarles denominaciones. En la norma se definen los límites de tolerancia permitidos para café frutos defectuosos; así como los tipos asignados por criterio de análisis físico u otros que se consideren requeridos y aplicables a la realidad productiva propia.

Corresponde a cada Consejo Regulador establecer la norma de calidad que debe aplicar en cada una de las regiones que constituyen la Denominación de Origen.

Por ejemplo: Los expertos catadores perciben sabores ásperos o desagradables cuando una muestra de café contiene más del 3% de café fruta inmaduro (verde) mezclado. Es por ello que las normas de calidad (vigentes en varios países) estipulan un máximo de 2% café verde. Aplicando criterios similares se pueden definir las tolerancias máximas permisibles para cada tipo de grano defectuoso. Así podrán aplicarse límites para café seco en fruta, café sobre maduro, café brocado, etc., y para definir un tipo se puede denominar al tipo "café revuelto" como aquel que supere los límites de tolerancia permitidos.

Capacitación del personal encargado de muestreo, análisis y calificación del café.

Para efectuar las rutinas de muestreo, análisis y calificación del café fruta deberá existir personal que ejecute estas labores, junto con la atención de entregadores para recibo del café. Ello implica que la estructura administrativa velará porque el personal responsable del recibo de café esté capacitado en relación a su función operativa, considerando aspectos tales como control de calidad, uso de registros operacionales, legislación laboral, etc.

Calificación de los lotes de café de acuerdo a su calidad.

"Los criterios que aplican para calificar los lotes proceden de la norma para calificación de café fruta *adoptada* por la administración".

RECIBO DE CAFÉ FRUTA EN EL BENEFICIO: PRINCIPIO OPERATIVO

El café fruta es transportado hasta las instalaciones de beneficio húmedo.

- Para iniciar el beneficiado es necesario acumular un volumen de materia que permita la *operación continua y fluida* de la maquinaria de beneficio húmedo.
- La experiencia aconseja que el volumen útil de café sea como *mínimo igual a la mitad del máximo volumen* de fruta procesado en el día pico[3], durante la cosecha.
- Así mismo se requiere una estructura adecuada para la atención de vehículos que traen el café en fruta desde el campo.

Normas de limpieza diaria y seguridad de estructuras para recibo de café fruta:

Requerimientos Mínimos N°14

Para el procesamiento de café aplican las normas de seguridad alimentaria reconocidas internacionalmente. De cumplimiento obligado es la actividad de limpieza diaria minuciosa de las estructuras utilizadas para depósito temporal de café fruta, prestando atención a la remoción de frutos y/o granos de café rezagados.

Para ilustrar los problemas en la calidad de taza vale mencionar aquí: Muchos autores han advertido que un solo grano fétido (o contaminado) puede provocar la aparición de graves defectos de sabores indeseables fácilmente perceptibles en las pruebas de catación. En el caso de este tipo de contaminaciones, es típico que en una prueba de varias tazas normales, una de ellas aparezca repentinamente presentando un sabor muy desagradable. Este es el caso cuando hay granos fétidos.

[3] En el centro de maduración la afluencia de café alcanza su máximo, por lo que la capacidad del beneficio se relaciona con la cantidad promedio diaria recibida en la quincena del período de máxima afluencia, la cual es denominada "Recibo pico diario". Se detalla este concepto en la discusión del requerimiento mínimo N°55.

Separación de lotes de café fruta con problemas de calidad

Requerimientos Mínimos N°15.

La planta beneficiadora puede programar el procesamiento de café de diferentes unidades productoras, considerando que el café tendrá un destino de mercado final definido para cada unidad productora. Esto presupone que cada lote de café deberá recibir su proceso de beneficiado de modo individualizado según su procedencia. Por ello debe preverse la existencia de estructuras para depósito temporal, que tengan la capacidad adecuada.

Deben entonces tomarse en cuenta los siguientes requerimientos:

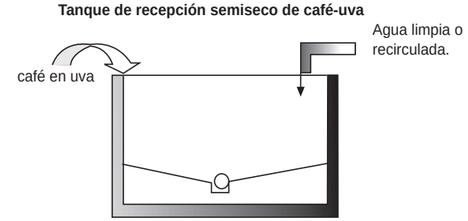
a. La planta beneficiadora deberá disponer de estructuras para recibo y acopio de café fruta, adecuadas y con la capacidad requerida para el depósito temporal de los *diferentes tipos de café previstos para su procesamiento.*
b. *En previsión de la recepción de lotes de café con problemas de calidad*: Cada lote de café será depositado temporalmente en una estructura de recibo definida por el tipo que previamente le fue asignado conforme a la norma de calidad adoptada.
c. *Los lotes de café de primera calidad serán procesados de primero, dejando para último proceso aquellos lotes que presenten problemas de calidad*.
d. La cantidad de café considerada para depósito temporal es aquella recibida en el día "pico de la cosecha". Esta previsión considerará la capacidad para depósito temporal requerida para los diferentes tipos de café programados por unidades productoras.

Alternativas de equipo y estructuras para recibo de café fruta en la planta beneficiadora de café:

A continuación se anotan algunas especificaciones útiles para diseño y construcción de estructuras para recibo y depósito temporal de café en fruta.

Tanque semiseco para recibo de café fruta

Tanque de recepción semiseco de café-uva



El fondo está formado por dos lados inclinados aproximadamente 20º con respecto a la horizontal hacia un canal central. A su vez tiene una pendiente de aproximadamente 5% – 6% hacia la descarga, la cual puede estar localizada en el punto de la parte más baja del lado con mayor profundidad. Este arreglo facilita el movimiento por gravedad de la masa de café. La abertura de descarga puede ser un tubo de 7.6 cm a 15.2 cm (3" a 6") de diámetro para la descarga del café.

Equipo para remoción de objetos y materia extraña

Requerimientos Mínimos N°16.

OPERACIÓN: REMOCIÓN DE PIEDRAS, PALOS Y OTROS OBJETOS.

Durante la cosecha y el transporte de café fruta se introducirán cuerpos extraños en la masa de café. Cuando estos objetos llegan hasta las máquinas despulpadoras pueden causarles graves daños. Los despulpadores pueden ser dañados por objetos como piedras, clavos, tuercas, etc. que entran al recinto de despulpado, (el espacio entre el cilindro y el pechero) causan desgarramiento de la camisa. Una camisa desgarrada permite el paso de café hacia el desecho de la pulpa.

- Alternativas de Equipo y Estructuras para remoción de cuerpos extraños:
- La canaleta o despedrador

Principio operativo

El café fruta es transportado por una corriente de agua a través de una canaleta. En el piso (o fondo hidráulico) de la canaleta hay una serie de compartimientos. La corriente de agua arrastra el café en fruta, pero las piedras y otros objetos más pesados se hunden en los compartimientos. Las dimensiones de la canaleta esta en función a la capacidad del tren de despulpado que va alimentar.

Para el despulpe el mucílago funciona como lubricante y permite que éste se efectúe, por ser una masa gelatinosa que cede ante la presión ejercida por las piezas (en movimiento) de las máquinas. *De hecho*: La presencia de mucílago es requisito para efectuar el despulpado, y mediante el uso de cribas (para clasificación del grano en pergamino) es posible lograr la separación de restos de pulpa y frutos pequeños (no despulpados).

La ausencia (*o el apenas incipiente desarrollo*) del mucílago, *es causante directo de daño mecánico* al grano de café en la operación de despulpado, cuando se utilizan despulpadores que friccionan el fruto entre dos superficies metálicas.

- El daño mecánico en el beneficiado se produce cuando se somete *a despulpado riguroso* a una masa de café mezclado, esto es, un lote de café heterogéneo en diferentes estados de madurez y sanidad: café maduro revuelto con fruta defectuosa. "Para que el fruto de café pueda despulparse (sin daño al grano) *se requiere que el fruto contenga mucílago en cantidad y calidad".* Los frutos defectuosos carecen de mucílago (o lo tienen en poca cantidad y de mala calidad).

- De modo coincidente, cuando se practica desmucilaginado mecánico, el daño mecánico está directamente relacionado con la presencia de granos carentes de mucílago, sea por inmadurez, o porque ya el fruto se había sobre madurado y/o secado en fruta antes de someterse al proceso de beneficiado.

Proceso de café defectuoso (fruto carente de mucílago)

El *proceso correcto* para el café en fruta que no tiene suficiente mucílago (en cantidad y calidad) consiste en proceder a su *secamiento en fruto entero*. Estos frutos (defectuosos) deben separarse por clasificación de la fruta de café

IV. ETAPA: ASPECTOS RELATIVOS A LA CLASIFICACIÓN DEL CAFÉ FRUTA.

Equipo para clasificación del café fruta

- *Requerimientos Mínimos N∞17 y N∞18.*

- Clasificación del café fruta

La clasificación del café fruta debe realizarse *antes de efectuar el despulpado*. Consiste en la separación de frutos defectuosos, y de ser posible, uniformizar el tamaño mediante la separación de los frutos pequeños. Los defectuosos son aquellos frutos inmaduros y/o sobre maduros, secos en fruta o atacados por enfermedades y/o insectos.

– Objetivo de la clasificación del café fruta (realizada previo al despulpado)

El objetivo primario de la clasificación del café fruta es la separación de los frutos defectuosos,[4] *a fin de evitar su mezcla con el resto de frutos sanos* en el despulpado. Además, si los frutos pequeños se han separado (de previo) el despulpe será más eficiente y el secamiento posterior se favorecerá por la uniformidad de tamaño de los granos.

- Problemas de calidad producidos cuando hay frutos defectuosos en el despulpado

El deterioro de la calidad se manifiesta en dos aspectos: Daño mecánico causado a los granos y presencia de sabores objetables en la bebida. Ambos problemas guardan relación dado que obedecen a la presencia de frutos defectuosos.

Daño mecánico causado al grano en el beneficiado y carencia del mucílago

El crecimiento macizo del mucílago se produce cuando el fruto alcanza su estado de plena madurez. *Los frutos defectuosos se caracterizan por su carencia de mucílago*, que puede deberse a la inmadurez o a la vejez del fruto, o puede ser producto de enfermedades que impidieron el normal desarrollo del fruto.

4 En proyectos de café reconocido por su origen, los límites de tolerancia para la presencia de granos defectuosos provienen de la norma de calidad definida por el Consejo Regulador.

Daños en la calidad de taza (calidad de la bebida) producidos por granos procedentes de frutos defectuosos (mezclados durante el despulpado):

Cuando alguna porción de los frutos verdes se despulpa, luego resulta difícil lograr su separación en las operaciones de clasificación de beneficio seco. Su apariencia en oro, su tamaño y aún su color pueden asimilarse al grano maduro, de modo que ni la separación por densidad ni por color es efectiva para separarlos. Pero los granos inmaduros (en cualquier grado) se muestran evidentes cuando el café es tostado, pues su color es pálido; se les denomina "Quakers" e infunden amargura en la bebida.

Además de los inmaduros, los otros frutos defectuosos también causan problemas serios de calidad de taza.[5] Quizá puedan ser removidos en el beneficio seco, pero *No siempre* los granos fétidos presentan diferencias con respecto a los granos sanos, en cuanto a su tamaño, densidad y/color, suficientes para permitir su separación en operaciones de clasificación de beneficio seco.

Problemática del beneficiado de café cargado de frutos defectuosos

Cuando se beneficia café mezclado (café maduro revuelto con café defectuoso) se produce un café cuya calidad de bebida es deficiente, de regular a mala. Es decir: Se realiza la mala práctica de beneficiar café mezclado, esto es, café maduro revuelto con café en fruta seca, café inmaduro, café fermentado por retraso al proceso, etc. Esta situación deriva en pérdida de reconocimiento comercial y mala reputación. Ello es muy nocivo para nuestras regiones productoras de café pues la pérdida de prestigio acarrea consecuencias directas de bajos precios. Lamentablemente, este es un hecho que parece oscuro o incomprendido por muchos de nuestros beneficiadores. Es por esto que aquí se ha dedicado espacio generoso para el tratamiento de este tema. Para ilustración de estos conceptos se transcribe lo siguiente:

5 Se entiende por "Calidad de la taza" la calificación de las cualidades de la bebida o infusión preparadas con una muestra representativa de un lote de café oro

"Se evaluó la calidad del café preparado con mezclas de café cereza maduro e inmaduro, en porcentajes desde el 0.5 al 15% de café inmaduro. El beneficio del café se hizo por la vía húmeda: Despulpado sin agua, 14h de fermentación natural o desmucilaginado mecánico según el tratamiento, lavado y secado al sol. Se demostró que a partir de 2.5% de café verde, ya sea procesado por desmucilaginado mecánico o por fermentación natural se rechazan desde el 30% de las tazas por defectos sucios, fermento, stinker, tierra y sabores desagradables y se disminuye en 7% el rendimiento del pergamino en relación con el maduro. El grano verde inmaduro no despulpa completamente, al secarse y trillarse se obtiene grano vinagre y negro que afecta la calidad física y organoléptica. Se comprobó que a mayor porcentaje de café maduro en una muestra de café, aunque presente daño parcial por broca en el grano, se obtiene mayor número de tazas de café de buena calidad. Ya que no se conoce un método para mejorar la calidad en el tratamiento post-cosecha, los productores deben asegurar la calidad antes y en la cosecha con buen manejo cultural, recolección oportuna, beneficio inmediato y buenas prácticas en el proceso post-cosecha". (Puerta Q, Influencia de los granos de café cosechados verdes, en la calidad física y organoléptica de la bebida, 2000).

"Si se beneficia una mezcla de cerezas verdes, amarillo-verdosas, anaranjadas, rojas y negras se obtendrá *fatalmente* un café heterogéneo" (Wilbaux, 1964)

La mejor alternativa es practicar una operación de clasificación del café en fruta efectuada previamente al despulpado

Técnicas para clasificación del café en fruta: La separación por flotación

La técnica más tradicional para clasificación es la inmersión de la masa de café fruta en agua para promover la flotación de una parte del café la cual es separada del resto. La inmersión se efectúa en un tanque lleno de agua. También se han desarrollado canaletas para efectuar la inmersión y provocar la flotación. Los frutos flotantes separados por arrastre superficial se conducen para su proceso separado. La mayor parte del café se sumerge y es succionado para conducirse por una tubería con descarga separada.

Composición del fruto de café flotante en agua

El café que flota está formado principalmente por dos clases de café:

1. El llamado bellota o fruto seco, el cual es un fruto anormal, reseco y negro, que resulta principalmente del ataque de enfermedades (Koleroga, antracnosis, etc.) o de una cosecha fuera de tiempo, y

2. El fruto de color y tamaños normales pero que es liviano por tener un pergamino vacío y un solo grano normal.

3. Conviene definir claramente la diferencia de ambos tipos de frutos flotantes, según se explicará a continuación:

Fruto vano: Grano que contiene una semilla buena y otra semilla abortada

"El vano es el fruto que tiene un endospermo normal y otro abortado, creando una cámara de aire en su lugar, por cuyo motivo flota en el tanque de clasificación. Sin embargo el grano normal es de primera. Los defectos como el grano vano y el caracol son caracteres varietales que los fitomejoradores tratan de eliminar en las nuevas variedades, antes de ponerlas a disposición del productor". (Cleves S., 1995)

Fruto negro, seco en la mata:

"Se trata de granos muy pequeños con diferentes grados de maduración o secos, que generalmente provienen de las puntas de las bandolas. Esto ocurre especialmente cuando la planta tiene que sobrellevar abundante cosecha, con fertilización inadecuada o sobreexposición solar. También hay aquellos granos secos que son producto de ataques fungosos. Estos frutos son de muy baja calidad y flotan también con los vanos en el tanque de clasificación" (Cleves S., 1995)

Clasificación de los flotes: Separación de fruto vano y fruto negro seco.

Como se ha descrito, el fruto vano tiene apariencia externa normal, a simple vista es un fruto maduro de apariencia sana y normal. Contiene un grano de café de buena calidad. Cuando la masa de granos se sumerge estos frutos flotan porque en el espacio de la semilla abortada se forma una cámara de aire. Pero también hay frutos sanos y normales que también flotan debido a que su pulpa se ha fermentado ligeramente. La fermentación ha causado un hinchamiento con presencia de aire que causa la flotación. Por todo lo explicado es que resulta conveniente recuperar los frutos vanos.

"Si se despulpan los flotes o vanos junto con el café de primera se arruina el buen grano al dejarlo fermentar con una masa llena de pulpa y de frutos enfermos, además de gastar recursos en los canales de Clasificación hidráulica ("correteo")". (Cleves S., 1995)

La criba de flotes: Cribado del material que flota.

La criba de flotes tiene la función de clasificar los frutos flotantes separando los vanos de los frutos secos. La operación de la criba consiste en recibir por un extremo el rebalse del sifón, de manera que entre los espacios de las ranuras se escapa el fruto indeseable junto con el agua de arrastre, en tanto que el fruto de tamaño normal, sale por el otro extremo del aparato.

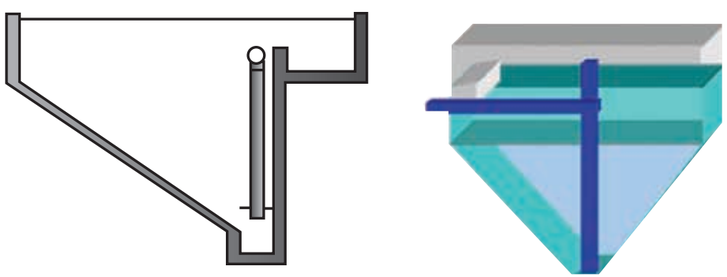
El fruto vano se conduce luego al canal que alimenta los despulpadores primarios. El fruto indeseable se acumula en un tanque y luego se seca en los patios.

Las cribas para flotes se constituyen por un entramado de varillas de metal de 6.4 mm (1/4") de diámetro, separadas entre sí alrededor de 11 mm. La instalación usual aplica cribas que tienen aproximadamente 1 m de largo y 0.45 m de diámetro. Esto porque se presupone que el porcentaje de café flotante no debería exceder a un 5% de la producción.

El sifón para efectuar la clasificación de flotes.

El sifón es un tanque cuya geometría es variable: Consta de una sección superior (de forma rectangular) y una sección inferior (de forma pirámide truncada invertida) con el fondo inclinado hacia la zona de descarga. En el fondo de la sección triangular se localiza una salida usualmente es una tubería de 101.2 mm (4") de diámetro, la cual, por una acción hidráulica del principio de vasos comunicantes, succiona el café de mayor peso por el fondo de este tanque.

Detalle de canal sifón

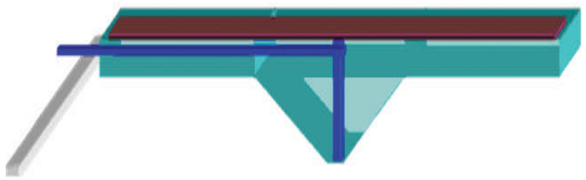


En la parte superior del sifón hay una abertura rectangular provista de una canaleta, que puede estar localizada a un lado o en el frente, por la que desborda el agua y arrastra el café que flota. Por la parte baja del sifón se hace entrar agua que reemplaza el agua evacuada por las dos salidas convenientemente dispuestas para provocar el desagüe. La mayor parte del café fruta se sumerge y es arrastrado hacia un tubo que succiona el agua y el café desde el fondo del tanque.

La canaleta sifón

Una modificación ingeniosa es un pequeño sifón inscrito en una canaleta, el cual funciona bajo los mismos prncipios que el tanque sifón, y que puede resultar quizá más funcional que el mismo tanque sifón. Tiene dimensiones reducidas y el consumo de agua es por tanto, similar al de un pequeño tanque sifón.

En ambas estructuras se aplica el uso de un sistema de recirculación de modo que las corrientes de agua son retornadas para la operación continua del sifón y/o la canaleta.



Separación de operaciones:

Recibo (depósito temporal) & Clasificación por flotación: se recomienda evitar cometer el error de conjugar ambas operaciones en la misma estructura:

Ha sido un error comúnmente encontrado, que la unidad para recibo se construya como un tanque de forma piramidal invertida, con el propósito de recibir fruta y llenar este tanque con agua, a fin de realizar la clasificación del café fruta. (Por la separación de los frutos flotantes).

Esto constituye un error grave porque se desvirtúa y, de hecho, no se efectúa, la separación de los flotes; estos frutos quedan atrapados en la masa de grano; además se incurre en la inaceptable e inútil producción de un gran volumen de agua residual.

Equipo mecanizado para clasificación de flotes.

Esta es una máquina lavadora y separadora, su operación retira las hojas, tallos, terrones, piedras y otras impurezas, pre-lavando el café y, más importante aún, separa los granos de café secos o defectuosos ("flotantes" o "vanos") del café "cereza" verde y/o maduro".
Este equipo utiliza un volumen de agua, que debe operar en circuito cerrado de recirculación. Usualmente se ofrece provisto de una estación de bombeo que realiza la recirculación. De este modo se completa un sistema integral y de uso eficiente del recurso hídrico.

La separadora mecánica de fruto verde (café inmaduro).

El componente básico de la máquina es un cilindro de hierro con platinas soldadas longitudinalmente, que gira a 350 rpm. Conformando una cámara que rodea al cilindro se coloca una criba que puede ser de varilla o también de malla de acero, en forma de espiral. La separación o paso de la espiral es de 7 a 8 mm. La alimentación de café es por una tolva en el centro del cilindro. El movimiento del rotor empuja el café en sentidos opuestos arrastrando dos corrientes hacia las salidas ubicadas en ambos extremos del cilindro. Pero el grano maduro y suave es forzado a pasar a través de la malla, *lo cual produce su despulpado.* Este despulpado no es riguroso. El café en baba y la pulpa caen y son colectados en una cámara bajo el cilindro. Los frutos verdes duros se resisten a pasar por la malla, y son conducidos hacia las bocas de salida ubicadas en los extremos del cilindro.

La separación del café verde (duro, carente de mucílago) se logra porque es colectado en las bocas de salida de los extremos opuestos del cilindro. Las bocas de salida disponen de una pesa móvil, lo cual permite graduar la presión aplicada al café. El operador puede seleccionar el tipo de café separado, que puede incluir el café pintón semi maduro, cuya dureza es intermedia entre verde y maduro, debido a que el crecimiento del mucílago es aún incompleto en este tipo de café.

Separación de pulpa y café en baba
(grano despulpado).

Como se ha explicado, se ejecuta la acción de despulpe, pero el producto entregado por este equipo es una masa de café baba mezclado con su pulpa desprendida.

Por ello se requiere practicar el repaso de esta masa en despulpadores para producir la separación de la pulpa. Una dificultad adicional se halla en el equipo, que debe transportar la masa de café baba y pulpa hacia los despulpadores, lo cual es difícil por la adherencia de ambos, café baba y pulpa. En Costa Rica se adoptó el uso de los "canales cuello de ganso" disponiendo una corriente de agua en la cámara colectora de la separadora de verde, de modo que la masa era arrastrada en la corriente y luego separada la broza por la acción del canal cuello clasificador. Esta configuración presupone, desde luego, la inmersión de la pulpa en agua y por ello la producción de un gran volumen de agua residual muy cargada.

Requerimiento: Despulpado en seco.

Esta máquina requiere el uso de corrientes de agua sobre el rotor. Dado que la máquina efectúa el despulpado, se produce, de hecho, la producción de un volumen de agua residual que ha tenido contacto con la pulpa.

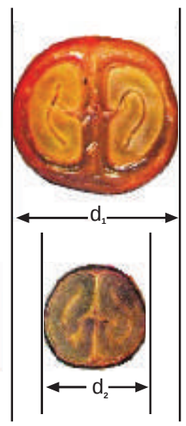
Por definición, este principio operativo se contrapone directamente contra el requerimiento mínimo de evitar corrientes de agua en el recinto de despulpado.

Clasificación por tamaño del fruto de café antes del despulpado.

Al igual que toda producción agrícola, el café cosechado se compone mayoritariamente de frutos de un tamaño similar, y también de una porción (menor a 20% de la cosecha) de tamaño inferior al de primera calidad. Para favorecer la graduación y ajuste de los pulperos es conveniente que el fruto sea uniformado por su tamaño. Pero la uniformidad de tamaño de los granos es aún más importante para lograr el secamiento uniforme del café.

Separación de frutos defectuosos mediante clasificación por tamaño del café fruta

En el fruto de café plenamente maduro y desarrollado, el mucílago comprende el 40% de su volumen. Si se compara el tamaño de dos frutos de café, cuyas semillas sean del mismo tamaño, si hay diferencia en las dimensiones de ambos frutos, la diferencia se debe al volumen de mucílago presente en cada caso particular.

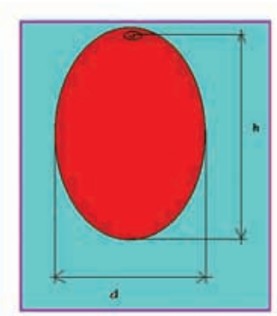


Los frutos defectuosos: Los verdes y los secos, carecen de mucílago. Por esto son frutos más pequeños que la gran masa de café de primera calidad. Por ello una clasificación basada en el tamaño del fruto de paso produce la separación de los frutos inmaduros y de los frutos secos.
Basado en estas apreciaciones el autor René Wilbaux refiere el ensayo llevado a cabo en el Kivu, Congo, de cuya obra se transcribe lo siguiente:

"Los frutos de café se clasificaron por tamaño (utilizando una criba) y se determinó que:

- ✓ Aproximadamente un 75 % de la recolección lo constituyeron frutos con un diámetro "d" entre 12 y 15 mm, que se despulparon por aparte en un despulpador de 4 discos.

- ✔ Un 15 % de las cerezas fueron de un diámetro superior a 15 mm. que se despulparon en un despulpador de 2 discos.
- ✔ El 10 % restante lo constituían frutos de diámetros inferiores a 12 mm. que se despulparon en un despulpador de 1 disco.



Fruto con diámetro menor a 12 mm.	Fruto con diámetro entre 12 mm. y 15 mm.	Fruto con diámetro superior a 15 mm.
10%	75%	15%

■ La principal conclusión:

A pesar de la variabilidad en las dimensiones de los frutos los resultados obtenidos (en el despulpado) fueron satisfactorios. El número de granos grandes con daño mecánico por el despulpado disminuyó" (Wilbaux, 1964)

■ Proceso experimental aplicando la clasificación por tamaño del fruto de café antes del despulpado

- ✔ Basándose en esta literatura, en CICAFE, (por iniciativa del Ing. Cleves) se implementó en su beneficio experimental un sistema de proceso húmedo, que aplicaba la clasificación por tamaño de la fruta como operación previa al despulpado.
- ✔ La máquina utilizada para efectuar la clasificación fue una criba rotatoria de varillas. La separación entre las varillas es de 11 mm.
- ✔ El criterio del investigador, Ing. Rodrigo Cleves, fue que se requiere una criba de gran tamaño para adaptarse a la capacidad operativa de los despulpadores de cilindro, usualmente instalados en las plantas industriales de Costa Rica.
- ✔ Durante el 2004 por nueva iniciativa se reinstaló la criba para clasificación de la fruta, colocada a la cabeza del sistema de beneficio húmedo experimental.

- ✔ Los resultados de la clasificación son satisfactorios, en cuanto que se separa la fruta de grado óptimo de madurez y desarrollo, para formar el lote de café de calidad superior.
- ✔ Sin embargo, el criterio obtenido de este ensayo es que hay concordancia con el criterio del Ing. Cleves, en cuanto a que la criba no es la máquina idónea, pensando en su aplicación a nivel de plantas industriales de tamaño mediano a grande.

Proceso experimental aplicando clasificación de la fruta previa al despulpado
CICAFÉ, COSTA RICA

V. ETAPA: ASPECTOS RELATIVOS A LA OPERACIÓN DE DESPULPADO DEL CAFÉ FRUTA

OPERACIÓN 4: DESPULPADO Remoción del exocarpio o cáscara del fruto.

El despulpe es la remoción de la pulpa o cáscara del fruto de café. Es, por tanto, *la operación de trillado del café en fruta.* Este trillado se produce mediante estrujamiento del fruto entre dos superficies (en movimiento relativo).

■ Desarrollo pleno del mucílago y efectividad del despulpado.

- La operación de despulpado requiere que la fruta presente mucílago en volumen y calidad. *El café maduro se reconoce por su abundante mucílago.*

- Principios operativos de máquinas despulpadoras de cilindro horizontal.

"La despulpadora de cilindro horizontal consiste esencialmente en un cilindro giratorio, recubierto con una chapa (camisa) de cobre estampada (con ponchaduras sobresalientes) y una pechera, que puede ser fabricada en hule o en metal. Los frutos de café caen sobre el cilindro (en rotación), siendo arrastrados por su movimiento para confrontar la pechera contra la cual son estrujados y sometidos a un esfuerzo cortante (cizalladura), de modo que las fuerzas de presión y fricción (en movimiento) provocan el desprendimiento de la pulpa. La pulpa es atrapada por las ponchaduras de la camisa, mientras el grano es retenido por un cucharón o cuchilla. La regulación de la distancia entre la pechera y el cilindro se hace mediante tornillos de ajuste dispuestos a este propósito." (Wilbaux, 1964)

- Despulpador de cilindro horizontal con pechero de hule

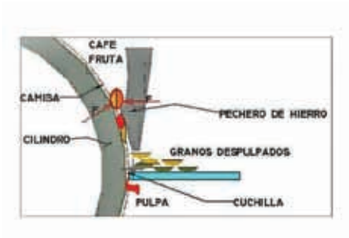
Para el proceso de café de calidad diferenciada, los pulperos más adecuados son los pulperos de cilindro horizontal con pechero de hule. La parte principal de estos equipos está constituida por un cilindro, sobre el cual va fija una camisa de lámina de cobre provista de ponchaduras. Cuando el cilindro gira, aprisiona y aplasta la cereza contra una barra de hule (en este caso pues, la pechera).

El despulpador de pechero de hule despulpa bien, tanto el café-uva maduro de tamaño pequeño como el grande, dejando pasar casi sin daño el café medio verde.

- Despulpador de pechero de hierro

Construido de modo similar al de pechero de hule, el despulpador de pechero de hierro se diferencia porque el elemento que aprisiona el grano contra el cilindro, es una plancha cóncava de metal llamada "pechero". Esta pieza puede estar dividida en varios elementos soportados por una barra principal. El pechero tiene canales cuya sección va disminuyendo, a través de los cuales se desplazan los granos ya desprendidos hacia las ventanillas de salida, llamadas "palacios".

La acción de estrujamiento del fruto incluye el corte de la pulpa. El pechero de hierro puede actuar como una cuchilla. Se aplica pues, *un despulpado riguroso.*



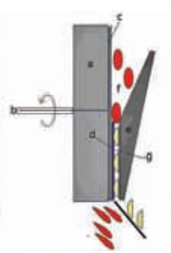
Los frutos inmaduros no presentan desarrollo completo del mucílago. En el caso de que el mucílago no se halle plenamente desarrollado el grano puede sufrir diversos tipos de daño mecánico. Pueden darse picaduras, cortaduras, partición, etc.

- Despulpador de discos

"Consiste básicamente de una a cuatro discos de fundición, de 18" de diámetro, montados en un eje horizontal. Los discos tienen proyecciones redondeadas, de forma y distribución variable según el tipo de café a procesar. También pueden estar cubiertos de secciones de lámina de cobre o de acero inoxidable, reemplazables. Se puede utilizar la lámina empleada para encamisar los despulpadores de cilindro". (Cleves S., 1995).

"Las proyecciones o botonaduras del disco arrastran el café hasta las barras o crestas despulpadoras, que separan la cáscara. El proceso continúa en las cuchillas fijas, ajustadas bastante cerca del disco, paralelamente, de manera que impidan el paso de los granos, pero permitan la salida de la cáscara o pulpa". (Cleves S., 1995).

"El ajuste y graduación son muy sencillos. La velocidad de operaciones es de 120-50 rpm. Los discos, si son de fundición, son confiables y más resistentes al daño por objetos duros y piedras. Sin embargo, al cabo de cierto tiempo de operación se desgastan y el rendimieto disminuye considerablemente. A pesar de estos problemas, este tipo de despulpador ha prestado servicios confiables en muchos lugares." (Cleves S., 1995).



CORTE ESQUEMÁTICO DEL DESPULPADOR DE DISCO

Despulpador de Cilindro Vertical

"La mayor dificultad en el despulpado radica en la poca uniformidad del tamaño de las cerezas, y de su grado de maduración. Esta condición de heterogeneidad en el tamaño de las frutas, obliga al operador a buscar un ajuste intermedio, de manera que la mayor cantidad de drupas de diámetro promedio sean bien despulpadas, evitando dañar o picar las grandes. *Por sus características de diseño*, el despulpador Penagos obvia en parte esta dificultad, pues es igualmente eficiente con cafés de distinto tamaño. (Cleves S., 1995)

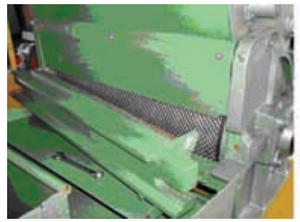
"El rotor es un cilindro vertical de 14 cm. de longitud por 24 cm. de diámetro, recubierto por una camisa de acero inoxidable con botonaduras. El despulpador tiene 6 pecheros helicoidales, cuyo canal tiene una profundidad progresivamente menor desde la entrada del café, hasta la descarga. De esta manera las cerezas grandes se despulpan al no más entrar, las normales más abajo, y las pequeñas al final". (Cleves S., 1995)

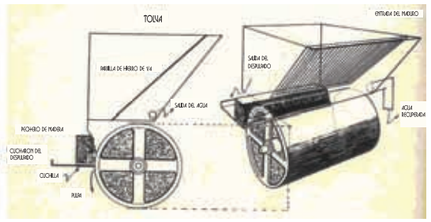
"Tiene un volante de 46 cm. de diámetro, en el cual se puede colocar un manubrio para operación manual. Su velocidad es 400 rpm. y la potencia de 1 HP. No necesita graduación ni lubricación. Tiene un protector de sobrecarga que desconecta la transmisión y así protege la camisa (en caso de atascamiento por objetos extraños). El consumo de agua es bajo. Pesa 36 kg. Es una máquina pequeña y liviana, fácil de transportar e instalar en lugares lejanos, incluso aquellos que no disponen de energía eléctrica." (Cleves S., 1995).

Mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos para despulpado

Requerimientos Mínimos N°19 y N°20.

- Requerimientos y recomendaciones para mantenimiento de equipos





Recomendaciones para mantenimiento de máquinas despulpadoras

1. Los pecheros y/o las cuchillas y las camisas deben ser reemplazadas antes de que su desgaste comprometa la calidad del trabajo.
2. Los pecheros de hule deben cambiarse para cada cosecha, aunque su estado parezca regularmente bueno. Los pecheros cóncavos metálicos (cuchillas) deben rectificarse también para cada cosecha.
3. Los retenedores de los marcos verticales también deben rectificarse para cada período de cosecha. Igualmente el marco deberá estar alineado cuidadosamente. Hay modelos de despulpador horizontal dotados de una barra de ajuste para efectuar el alineamiento preciso del marco.
4. La rotación de los cilindros debe ser a la velocidad conveniente, la cual debe ajustarse conforme a la recomendación técnica del fabricante en cada caso.
5. Los rodamientos: chumaceras y cojinetes, deben estar en buen estado para evitar holguras laterales y desviaciones en relación con el eje. Un despulpador "con juego" en el eje no se puede calibrar (ajustar). Además, el juego en el eje provocará el deterioro de la camisa rápidamente.
6. Debe efectuarse la lubricación de chumaceras utilizando productos recomendados para sus características particulares. El lubricante tiene características propias en cuanto a la frecuencia de la lubricación, vida útil del producto y otras especificaciones dadas por los proveedores, las cuales deben aplicarse.

7. Es importante mantener, cuando menos, un cilindro dotado de camisa nueva, para repuesto en caso de daño durante la cosecha. Lo mismo es valido para la pechera.

8. La base de todo sistema de mantenimiento reside en *el uso de registros documentales*, donde se anotan en forma de bitácora, todas las actividades realizadas y su programa, así como el cronograma de ejecución.

Recomendaciones para operación de máquinas despulpadoras

Para efectuar un buen despulpado deben tenerse en cuenta los siguientes puntos, que han sido propuestos como reglas para un buen despulpado.

1. El ajuste de los pecheros, cualquiera que sea el tipo, debe ser lo suficientemente preciso para asegurar la correcta separación entre pechero y cilindro (o disco), de manera que no haya desprendimiento del pergamino ni rotura del grano por estar demasiado cerca (muy ajustado); ni que se pasen frutas sin despulpar por estar demasiado separados.

2. El límite del ajuste se halla en la aparición de granos dañados: Es preferible que pase café cereza sin despulpar a que se rompan y/o piquen granos. El pechero debe estar a la distancia correcta (de 0.5 a 1.0 mm.) para impedir el paso de los granos despulpados con la pulpa que se está evacuando, o que salga demasiada pulpa con el café despulpado.

3. Hay que tener presente que hay frutos pequeños de conformación completamente normal, pero de tamaño reducido. Estos abarcan de 15% a 20% de la producción.

4. Aunque el ajuste debe revisarse diariamente, hay 3 ajustes obligados por el tamaño y condición física del café: al inicio de la cosecha, otro en el óptimo o centro de maduración y otro al final del período de cosecha.

5. La alimentación de café sobre el cilindro rotatorio debe ser uniforme. Una sobrecarga puede provocar atascamientos y derrames, y una carga insuficiente provoca la disfuncionalidad y subutilización del equipo.

6. Debe procurarse que la alimentación sea en todo lo ancho del cilindro, pues la alimentación en un solo punto también provoca la subutilización del equipo.

7. Los frutos carentes de mucílago NO se pueden despulpar; estos son los frutos inmaduros, sobremaduros y los frutos con la pulpa seca.

8. Si se aplica un despulpado riguroso contra el fruto carente de mucílago lo que se consigue es destrozarlo y perderlo, siendo arrojado con la pulpa separada.

9. El café carente de mucílago debe separarse previo al despulpado. Los despulpadores de pechero de hule reducen grandemente el daño mecánico; ello se debe a que el pechero de hule NO produce una acción rigurosa, como es el caso del pechero metálico.

10. Las cribas utilizadas para clasificación permiten separar los frutos no despulpados, los cuales deben enviarse enteros hacia el equipo y/o estructura de secamiento. Para que esto sea factible la acción del despulpado NO puede ser rigurosa.

Resumiendo todos estos aspectos de ajuste (graduación) se recomienda que:

"El personal responsable del sistema para despulpado deberá velar para que el ajuste de los pulperos se adecúe al tipo de café que está siendo procesado en cada etapa de la cosecha. Los criterios para ajuste de los pulperos comprenden aspectos como: el grado de madurez de los frutos de café, la variedad cultivada, factores climáticos que afecten la dureza del grano, etc. Y llevar registros de los ajustes realizados"

Control operacional de los equipos de despulpado.

Requerimientos Mínimos N°21 y N°22.

Control y registro de daño mecánico en el despulpe

En el proceso de beneficiado es un síntoma muy malo la presencia de daño mecánico en los granos de café pergamino (en baba). El daño mecánico es indicador de que algo anda mal en la estructura del sistema de beneficiado y/o en las técnicas operativas aplicadas.

De cualquier manera: Es posible que el despulpe provoque daño mecánico al café, por ello se debe prestar especial atención para corregir la presencia de daño mecánico en el café pergamino, así como la fuga de café con la pulpa separada por despulpado.

El personal responsable del sistema de despulpado deberá efectuar muestreo frecuente del café, a fin de evaluar y calificar la presencia de daño mecánico causado al grano. El control no puede limitarse a la observación. El muestreo y la subsiguiente apreciación visual son solo la primera actividad comprendida en el control operacional. La magnitud del problema es lo que hay que medir (cuantificar).

Evaluación del daño mecánico en el despulpado

En las muestras de café despulpado se evalúa la presencia de daño mecánico. Para ello se realiza la separación de los granos dañados mecánicamente. Luego se le asigna un valor porcentual, para lo cual se aplica el procedimiento idéntico al ya descrito para la valoración de café defectuoso en el café fruta

- Recomendación para el departamento encargado de la planta de beneficio

La estructura organizativa encargada del procesamiento de café deberá adoptar los parámetros aplicables para análisis y calificación de daño mecánico causado al café como resultado de la operación de despulpado.

Capacitación del personal responsable del control de la operación de despulpado

Es un error común el hecho de enviar al personal para operar los equipos de despulpado sin que le sea brindada la información necesaria para ejecutar correctamente sus funciones.

- Recomendación mínima: Capacitación del personal

"El personal responsable del sistema para despulpado deberá ser capacitado en relación a su función operativa, considerando aspectos tales como calibración, ajuste de los pulperos, mantenimiento, muestreo y registro de daño mecánico, etc. La capacitación debe contemplar a todo el personal del sector involucrado con la operación de despulpado".

Limpieza de la maquinaria y equipos utilizados para despulpado

Los granos fétidos provienen, en muchos casos, de granos rezagados en la maquinaria, los cuales sufren la pudrición natural y/o otras formas de contaminación. Luego, en los análisis de calidad (de catación) ocurre el hallazgo de problemas de calidad de difícil corrección. El criterio de los catadores es que un solo grano de café "stinker" (fétido) daña una taza entera impregnándole este sabor muy desagradable (a vinagre puro).

- Recomendación mínima:

El personal responsable del sistema para despulpado deberá supervisar la limpieza del equipo de despulpado cada vez que finaliza un turno de trabajo; deberá prestarse atención especial para evitar la presencia de granos de café rezagados, o restos de pulpa, a fin de prevenir la ocurrencia de problemas de calidad.

Utilización de agua limpia, evitando el uso de detergentes y/o químicos.

Las aguas residuales resultantes del beneficiado contienen contaminación orgánica. Eso significa que esta contaminación puede ser removida por medio de sistemas de tratamiento biológicos; en los sistemas biológicos la contaminación es el sustrato para la alimentación de sistemas bacterianos. Las bacterias pueden ser aniquiladas por algunos tipos de detergentes u otras sustancias químicas como los compuestos a base de cloro, que usualmente utilizamos para la limpieza.

- Recomendación mínima:

El personal responsable del sistema para despulpado deberá supervisar que la limpieza del equipo (y estructuras) se realice con agua, evitando de modo absoluto, la utilización de detergentes u otros químicos; de este modo se posibilita la utilización de sistemas biológicos para el tratamiento del agua residual del proceso de beneficiado.

Reducción y control de la contaminación producida por la operación de despulpado
No utilización de agua para despulpado

Requerimientos Mínimos N°23

Desde hace más de 20 años se iniciaron (en muchos países productores de café) programas para controlar y reducir la contaminación provocada por los sistemas de beneficiado de café. Los sistemas tradicionales se caracterizaban por el excesivo uso de agua, sin importar si ello fuese para efectuar el despulpado y el transporte de la pulpa. La pulpa era lanzada a los cauces de los ríos provocando un verdadero desastre ecológico.

En poco tiempo de estudio de la problemática (del beneficiado tradicional) se determinó que la mayor carga contaminante provocada al agua se produce por su contacto con la pulpa. Avanzando más (en estos estudios) se demostraron los grandes beneficios potenciales del uso de la pulpa como abono orgánico. Pero para que la pulpa sea útil (como abono) tampoco ésta debe tener contacto con el agua.

De allí que los pilares de la transformación del beneficiado tradicional son:

- ✓ Realizar la operación de Despulpado sin agua.
- ✓ Transportar la pulpa sin utilizar para ello corrientes de agua.

A continuación se citan textualmente las recomendaciones técnicas brindadas por el Centro Nacional de Investigaciones en Café (CENICAFE) de Colombia:

"Debido a la alta contaminación *que se genera por el contacto de la pulpa con el agua*, el beneficio ecológico del café se puede poner en práctica mediante:

1. Transportar sin agua el café fruta desde la tolva de recibo hasta la máquina despulpadora.
2. Despulpar el café sin agua: No es el agua utilizada en la máquina despulpadora la que permite el despulpado del café; es el mucílago, baba o "miel" presente en el grano de café fruta, *el que facilita y hace eficaz* la operación de despulpado.
3. Los frutos de café deben estar maduros; tanto los frutos verdes como los negros (chasparria) no se despulpan, por el contrario se despulpan de *forma parcial y sufren daño mecánico severo.*
4. Transportar la pulpa a la fosa (o sitio de su disposición), *sin agua.* En el beneficio tradicional del café, la mayor parte de la contaminación se presenta cuando se *emplea agua para transportar la pulpa* a las fosas u otro sitio de depósito".

El despulpado del café sin agua no afecta la calidad de los granos despulpados, ni el rendimiento de la máquina despulpadora. (Alvarez G. 1991)

- Alternativas para efectuar el despulpado en seco

Lo que se pide en el "despulpado en seco" es evitar que haya corrientes de agua en el recinto de despulpado (cámara donde entra el grano para ser estrujado). Para lograr esto hay dos alternativas igualmente viables:

a) Transportar mecánicamente el café hasta la tolva de alimentación de los despulpadores.
b) Movimiento por gravedad del café hacia el tren de despulpado.
c) Instalar una lámina perforada en la tolva de alimentación del despulpador, la cual opera como desaguador.

No utilización de corrientes de agua para trasiego y transporte de la pulpa

- *Requerimientos Mínimos N°24*

Para enriquecer este tema se citan textualmente valiosas fuentes técnicas:

"El despulpado en seco: Permite el transporte no hidráulico de la pulpa. La práctica de no arrastrar la pulpa en agua es la verdaderamente responsable de bajar la generación de contaminantes en un más de un 50%. Este despulpado en seco significa sin embargo el rediseño de muchos de los beneficios y el empleo de transportadores mecánicos como bandas de hule." (Vásquez, 1997).

"Se sugiere que, en la medida de lo posible, el café en uva debería despulparse en seco. El despulpado en seco tiene las siguientes ventajas:

a) Hay un considerable ahorro de agua,
b) Se logran fermentaciones más rápidas debido a que se evita el lavado de azucares del grano,
c) Al efectuar fermentaciones rápidas, se evitan *pérdidas de peso del grano ya que se reduce la pérdida de alcoholes y aceites esenciales* y
d) el beneficio NO queda supeditado a la disponibilidad de grandes cantidades de agua.

La pulpa descargada por los pulperos deberá ser transportada fuera del área de procesamiento por medio de un transportador helicoidal (tornillo sin fin) para evitar el uso de agua y, además, prevenir el lavado de sus azúcares que ayudan en el proceso de elaboración de abono orgánico." (Hagler Bailly Inc., 2001).

- Observaciones Finales al despulpado en seco y transporte no hidráulico de la pulpa.

El tema de beneficio húmedo de café *ecológico* (y por ello el despulpado en seco y transporte no hidráulico de la pulpa) debe abordarse con visión de conjunto.

El lector debe darle seguimiento a los temas que se han expuesto desde el principio hasta este punto: hay una secuencia de tópicos interrelacionados entre sí:

1. Cosecha de café en estado óptimo de madurez.
2. Clasificación del café en fruta: Separación de frutos inmaduros y/o secos.
3. Despulpado en seco: Sin corrientes de agua en el recinto de despulpado.
4. Transporte no hidráulico de la pulpa.

La realización correcta de cada punto conduce al éxito del siguiente. Pero este efecto opera también de modo inverso, no procede uno sin que el otro se realice adecuadamente. Esto se ha comentado en diversos foros de caficultura, aquí citamos el siguiente extracto:

"Mucho se habla hoy día del beneficiado totalmente en seco, pero debe haber un equilibrio entre consumo de agua y calidad de café en taza, la solución debe ser integral… Hay casos tristes en que se compra una despulpadora en seco que daña el café y después de dañado se transporta el pergamino y la pulpa en agua, donde se va a contaminar el agua, entonces no es solo una cuestión de máquinas, sino de soluciones integradas." (Brando, 2004)

Procesamiento del café durante el mismo día de su cosecha

Requerimientos Mínimos N∞25

Fermentación y calentamiento del café fruta amontonado

El café fruta maduro (cuyo mucílago está bien desarrollado) es muy propenso a sufrir fermentaciones si se mantiene apilado por periodos de tiempo de tan solo algunas horas. Este tipo de fermentación produce mucho calor, tanto que hay ignición y los frutos se consumen por un proceso de gasificación. Este tipo de eventos causan un gravísimo problema para la calidad del café.

Como alternativa de emergencia se puede optar por inundar con agua el tanque de recibo de café fruta. Sin embargo esta es una solución y emergente, según lo refiere la literatura técnica, de la cual se cita lo siguiente:

"En las zonas cálidas las cerezas amontonadas se calientan muy de prisa y es necesario sumergirlas en agua para evitar este calentamiento durante el período de espera que precede al despulpado. Esta inmersión de las cerezas no deja de tener inconvenientes. Una inmersión de 12 horas basta para que se produzca una infusión de los azúcares, los taninos y la antociana. El agua se acidifica tanto más rápidamente cuanta más alta es la temperatura y cuanto menos es su pureza bacteriológica. Este inconveniente es de poca consideración, pero resulta que, además las células se vuelven turgentes y se verifica una difusión de los taninos y de antociana desde el exocarpio no sólo hacia el agua sino también hacia el mesocarpio, y raramente hasta el endocarpio. El despulpado de las cerezas maduras es menos bueno, a causa del hinchamiento de las células de los mucílagos". (Wilbaux, 1964)

Capacidad operativa de la maquinaria disponible para despulpado

Requerimientos Mínimos N∞26

Las plantas de beneficio de café reciben el café en la temporada de cosecha. La máxima cantidad de café recibida se produce justo en el pico de maduración o centro de cosecha.

Se sabe, por ejemplo, que en las zonas productoras de café de altura, en la etapa de centro de cosecha se requiere procesar hasta el 50% del total en un período de un mes. Por otra parte, hay varias situaciones prácticas por las cuales la operación de despulpado no debe sobrepasar una duración mayor a seis horas. Se anotan algunas de ellas:

- La capacidad, y por tanto las dimensiones, de las estructuras para recibo se eleva en función de la cantidad de café depositado temporalmente en ellas. Y estas estructuras tienen costo elevado.
- La jornada laboral de ocho horas debe incluir el tiempo necesario para realizar la limpieza de los equipos y estructuras.
- Los operarios de despulpado son especializados en esta operación, se requiere integridad del grupo operativo y por tanto una jornada estándar de ocho horas.
- En los sistemas de despulpado son muy comunes las fallas y paradas inesperadas.
- El tiempo de llenado de las pilas de fermentación debe ser lo más corto posible.

La capacidad de todos los sistemas del beneficio debe estar dimensionada para procesar la cantidad recibida en el pico o centro de cosecha. Como un buen método de aproximación de puede utilizar un factor de 2% del volumen total para estimar la cantidad diaria de café que se va a procesar. Esto es para zonas de altura de maduración concentrada, cuya cosecha dura en total 3 meses. Para zonas cuya cosecha se prolonga 4 meses el factor es 1.7%.

- Ejemplo de Cálculo de capacidad de despulpadores:

Si un beneficio procesa anualmente 254,016 kg (5,600 quintales) de café maduro, el recibo diario máximo se estima que es el 2%, esto es: 5,080 kg café fruta. (112 qq, quintales)

Los despulpadores tradicionales de cilindro horizontal (con cilindro de 24 pulgadas) tienen una capacidad estimada para proceso de 3750 kg de café maduro por hora. (82.67qq/h)

Para procesar el pico de 112 quintales se requiere: 112 ÷ 82.67 = 1 hora y 22 minutos.

- Capacidad operativa con el despulpador de cilindro de 24”

Con el despulpador de cilindro de 24”, cuya capacidad es para 82.7 quintales de maduro, se pueden despulpar en 6 horas: 82.7 x 6 = 496 quintales, esto es: 24,800 kg. de café maduro.

Esta cantidad de café maduro diario sería cosechada (diariamente) de una finca que produce anualmente 1,125,000 kg. de café fruta, esto es 24,800 quintales de café fruta maduro. Esta cantidad se obtiene aplicando el factor que considera que la entrada pico diaria representa el 2% del total de la cosecha.

Luego, el café oro comprende el 18.6% del peso del café fruta.

Así que la finca produciría: 1,125,000 kg. X 18.6% = 202,250 kg. de café oro, esto es:
Quintales de café oro = 202,250 ÷ 45.36 = 4,613 quintales de café oro. Los despulpadores verticales vienen dimensionadas con despulpadores que procesan 54.3 quintales de café maduro por hora, esto es 2,500 kg. de café maduro por hora.

Dado que el café oro representa el 18.6% del peso del café fruta, también podemos expresar la capacidad del despulpador como:

2500 X 18.6% = 465 kg de café oro (producto terminado), esto es, la cantidad de café fruta que permitiría obtener aproximadamente 10 quintales de café oro, despulpada en una hora.

- Recomendación mínima:

El equipo de despulpado se debe seleccionar utilizando como dato básico la producción anual de la cosecha, del cual se obtiene el dato del 2% para estimar el volumen diario de café fruta. De este dato se estima la cantidad de equipo requerido para efectuar el proceso completo en un período máximo de 6 horas.

- *Esta previsión considerará la capacidad operativa requerida para realizar el despulpado de los diferentes tipos de café previstos para su procesamiento.*

VI. ETAPA: ASPECTOS RELATIVOS A LA OPERACIÓN DE CLASIFICACIÓN DEL CAFÉ PERGAMINO (DESPULPADO O EN BABA).

- Efectividad del despulpado (despulpadores tradicionales).

El despulpado no es una operación totalmente eficaz, no todo el café se despulpa ni toda la pulpa es separada. La masa de café a la salida del despulpador contiene trozos de pulpa y frutos enteros, situación que se explica a continuación:

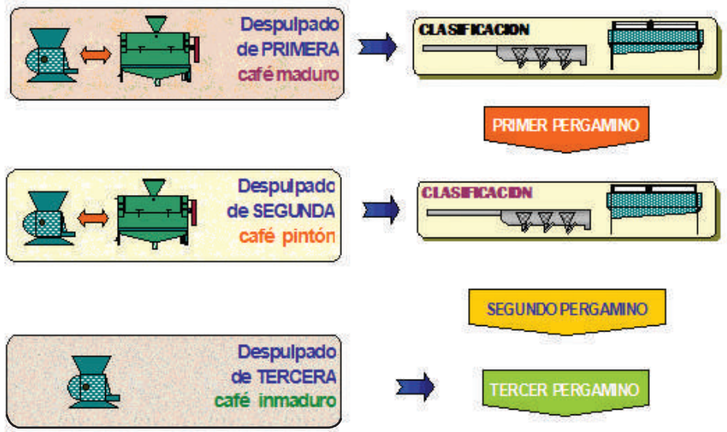
- Presencia de pulpa en el café despulpado

El despulpador tradicional puede efectuar la separación del 75% de la pulpa. Recordemos que el grano es estrujado entre cilindro y pechero, y que la pulpa es arrastrada cuando es atrapada por las botonaduras. Por ello es natural que haya alguna de cantidad de pulpa en la masa de café recién despulpado, es decir, a la salida de los despulpadores.

- Presencia de frutos enteros en el café despulpado

- Ocurre que: dependiendo del tipo y grado de ajuste del pulpero, puede dejar pasar café en fruta de tamaño pequeño. Los frutos pequeños abarcan de 15% a 20% de la producción.
- Además: la masa de café de primera despulpado, arrastra cierta cantidad de café medio verde y también café reseco. Estos tipos de café nunca pueden ser bien despulpados en el paso por el pulpero de primera, *porque, o tienen poco mucílago o carecen de él.*
- Por consiguiente, es necesario eliminar todos estos tipos de frutos defectuosos y/o pequeños, antes de proceder al proceso de fermentación.

Figura 1: Clasificación de beneficio húmedo tradicional



Resultados de la NO clasificación del café en fruta.

El café inmaduro y/o fruto seco carecen de mucílago, y por ello no se pueden despulpar de modo normal. Si se despulpan muchos granos sufren daño mecánico. Y si se despulpan el problema de calidad puede ser aún mayor. Esto porque los granos provenientes de frutos verdes y/o frutos secos tienen una mala calidad de taza. En las pruebas de catación presentan taza sucia o astringente. Cuando estos granos se mezclan con el café de buena calidad provocan la mala calificación de todo el café. Ese problema ya se describió en el capítulo de la clasificación del café en fruta. Y todo esto se agrava porque estos granos verdes y/o secos obligan a practicar clasificaciones del café oro que no siempre son exitosas para lograr su separación. Finalmente: El café resultante de la tercera batería de despulpadores es denominado "cafés inferiores", para indicar su mala calidad.

Por todo lo indicado arriba se hace preciso efectuar una operación de limpieza y clasificación, a fin de obtener el café pergamino limpio, sin frutos, pulpa ni impurezas.

Clasificación del café despulpado (pergamino en baba)

Requerimientos Mínimos N°27

Organización del sistema de despulpado y clasificación

El sistema está dispuesto de modo que se colocan al menos dos baterías de despulpadores, entre los cuales se intercala un equipo de clasificación; este equipo puede ser una criba rotatoria (beneficiado tradicional) y/o un canal de separación de materiales (pesados y livianos). Puede incluirse una tercera línea de repaso para establecer un circuito cerrado.

El café maduro de mejor tamaño es despulpado en la primera batería y separado por la clasificación. A este segmento de la producción se le denomina "Primer Pergamino" y en él se concentra la mayor parte de la producción (80%), además reúne el café de mejor calidad: café en estado óptimo de madurez y desarrollo, y también es el grano de tamaño normal.

El café despulpado en la segunda batería es llamado "Segundo Pergamino". Este segmento resulta del despulpe de los materiales separados por la clasificación del primer pergamino. En caso que el café se hubiese clasificado antes del despulpado (separando café verde y/o seco) el segundo pergaminose componedecafé de buena calidad pero de grano pequeño.

Despulpe forzado: Inconveniencia de la Tercera Línea de Repaso.

Pero cuando NO se clasifica el café fruta y por ello entra café verde y/o café seco, que no se puede despulpar, entonces se instala la tercera batería de despulpadores. La clasificación envía los frutos duros y de difícil despulpe, donde se recicla este café que se intenta despulpar a fuerza de repasarlo en despulpadores de acción rigurosa. *Esta es la puesta en práctica de un concepto erróneo sobre los propósitos del beneficiado por vía húmeda*. El esquema siguiente se muestra gráficamente el concepto de clasificación y división de la producción.

- Recomendaciones mínimas para clasificación del café despulpado:

a. La operación de clasificación deberá producir la separación del café en al menos dos tipos diferenciados por la calidad del grano. El primer segmento separado por la clasificación será conformado por el café en estado óptimo de madurez y sanidad, denominado grado máximo o primer pergamino.
b. La clasificación del café pergamino tendrá, también, el objetivo de separar los frutos de café no despulpados, granos dañados, los restos de pulpa, y otros materiales extraños. El objetivo de la clasificación es obtener café pergamino limpio, de calidad homogénea y libre de materias extrañas.
c. En el caso que el equipo de clasificación consiste en el uso cribas, la abertura para paso del grano debe tener la dimensión adecuada al tamaño del café pergamino en baba, conforme con sus características particulares.

Alternativas de Equipo y Maquinaria para clasificación de café pergamino:

Cribas Rotatorias

La limpieza del café despulpado se hace principalmente utilizando cribas rotatorias. Las cribas esencialmente consisten en un cilindro que gira horizontalmente y que está formado por una estructura hecha de anillos, que sostienen un envarillado o bien la misma estructura puede estar forrada con lámina metálica perforada o con hilos de nylon.

La ventaja de las cribas rotatorias es que trabajan parcialmente inundadas y eso permite separar tres calidades de café:

a) El grano de café que pasa a través de los agujeros (normalmente café de primera),
b) El grano de café que sale en el extremo de la criba (café de segunda) y
c) El grano de café que flota en la caja de la criba (flotes o natas).

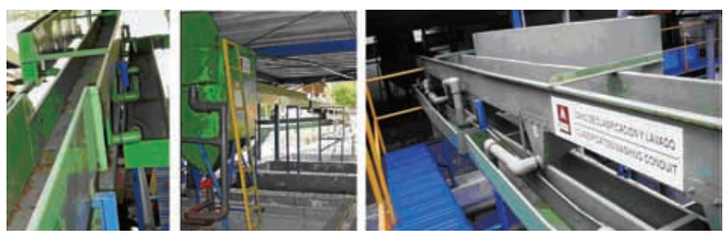
Cuando las cribas no son semi sumergidas sólo realizan dos clasificaciones de café:

- El grano de café que pasa a través de los agujeros (normalmente café de primera),
- El grano de café que sale en el extremo de la criba (café de segunda).

Canal semi sumergido modificado: Canal de colectores “Cuello de Ganso”

El canal de colectores tipo “cuello de ganso” resulta de la modificación del “canal semi sumergido colombiano”. Consiste en un canal construido generalmente en metal.

Es alimentado con una corriente de agua y el café que se desea clasificar hacia una tolva de que funciona como regulador del flujo descargado hacia el canal. Sobre el canal fluye la corriente de agua, café en baba y los materiales que se desea separar (restos de pulpa y granos en fruta).



En el tramo final de la canaleta hay aberturas transversales. El café es succionado en estas ranuras regulables, por efecto de succión hidráulica.

VII. ETAPA: ASPECTOS RELATIVOS A LA REMOCIÓN DEL MUCÍLAGO

Remoción del mucílago: Por fermentación y/o mecánicamente
Requerimientos Mínimos N°28.

El mucílago (o mesocarpio) es una capa de tejidos translúcidos y de consistencia viscosa, que se halla firmemente adherido al grano de café. Queda al descubierto cuando el grano es despulpado. Importante tener en mente que el mucílago *es material celular vegetal*, y no es simplemente una capa gomosa compuesta de azúcares.

VII.A. REMOCIÓN MECÁNICA DEL MUCÍLAGO.

OPERACIÓN 6B: REMOCIÓN MECÁNICA DEL MUCÍLAGO.

- Alternativas de Equipo y Maquinaria para esta operación:

Las investigaciones en desmucilaginado mecánico se iniciaron en CENICAFE[6] en 1983 partiendo de las experiencias obtenidas en Centroamérica con un proceso que combina la acción mecánica (agitación) con la actividad enzimática. En estudios posteriores se construyeron prototipos, inicialmente operados por "baches" o tandas. Con la tecnología DESLIM desarrollada en CENICAFE (DESmucilaginador, Lavador, LIMpiador) se logró dar origen al proceso BECOLSUB (BEneficio ECOLógico del Café y los SUBproductos) con el cual se enmarca el desmucilaginado mecánico, con sus propias ventajas técnicas, en un contexto ecológico. (Oliveros & Roa, 1995)

El CENICAFE luego de desarrollar la tecnología del desmucilaginador, como en general la del beneficio ecológico de café, entregó gratuitamente la patente de las máquinas a seis particulares, con experiencia en la construcción de máquinas similares al desmucilaginador, con el objetivo de facilitar el acceso de los cafeteros a las máquinas.

- Disposición de las máquinas modernas para desmucilaginado mecánico

La remoción mecánica del mucílago procede mediante el friccionamiento del grano contra la superficie de un rotor y una lámina cóncava fija, dotada de perforaciones oblongas. El mucílago es forzado a pasar a través de las perforaciones de la lámina fija. En los equipos modernos el rotor se dispone en posición vertical. El grano es forzado en flujo ascendente, ingresando por la base de la máquina.

El rotor cilíndrico tiene una primera sección con canales helicoidales para forzar el avance del café. Adelante tiene estrías circulares en relieve, con otras transversales formando así espacios rectangulares. El eje del cilindro es hueco y conduce agua a presión, que es inyectada a la masa de café a través de pequeñas perforaciones cuyo número aumenta en la sección final del cilindro, para hacer más eficiente el lavado hacia la boca de salida del grano. El forro circular o camisa de lámina con perforaciones oblongas que dejan pasar el agua y el mucílago pero no el café.

[6] Centro Nacional de Investigaciones de Café, Chinchiná, Caldas, Colombia

- Objetivos de practicar la remoción del mucílago

El mucílago se remueve para facilitar el proceso de deshidratación del café pergamino. Por su característica viscosa e hidratada el mucílago dificulta grandemente el secamiento del café pergamino, de allí que sea imprescindible efectuar su remoción; se cita lo siguiente.

"Los objetivos y ventajas que se persiguen con la remoción del mucílago son los siguientes:

a) Facilitar el secamiento del café en pergamino, porque debido a la naturaleza coloidal del mucílago, retiene tenazmente el agua, dificultando y encareciendo el secado.
b) Prevenir que en el secamiento los granos recubiertos con mucílago se adhieran entre sí, lo cual ocasiona problemas de tipo mecánico en el proceso. El mucílago se compone en 50% de azúcares, que al secarse adquieren una contextura marcadamente aglutinante."
c) Evitar el posible deterioro de la calidad del café, que puede ocurrir como consecuencia de fermentaciones indeseables, sobre todo de tipo anaerobio. El mucílago es un excelente medio de cultivo de toda clase de microorganismo, algunos de los cuales favorecen y aceleran su degradación, mientras que otros pueden originar el defecto de calidad conocido como "sobre fermento", que a un lote café (así afectado) le reduce mucho su valor comercial". (Cleves S., 1995)

- Alternativas para efectuar la remoción del mucílago

En las condiciones actuales y considerando los avances tecnológicos en el beneficiado se reconoce que el mucílago puede removerse por dos métodos:

a. Remoción mecánica mediante equipos de construcción relativamente reciente
b. Fermentación natural para fluidificación del mucílago seguida por el lavado.

Ya se han desechado las opciones de remociones mecánicas ayudadas por aplicación de sustancias diluyentes y/o calentamiento, así como tampoco el uso de químicos par a acelerar la fermentación. Los avances de la maquinaria para remoción mecánica así como la recirculación de agua en los sistemas de beneficiado han hecho innecesarias esas técnicas.

La eficacia del proceso de desmucilaginado mecánico es afectada principalmente por:

a. El diámetro y tipo del rotor,
b. La velocidad de rotación,
c. La viscosidad de la suspensión,
d. La cantidad de agua utilizada por unidad de producto, y
e. La calidad del café en baba que entra al desmucilaginador.

Agua Pulpa

Patentada en Alemania en 1930 bajo la marca Raoeng; esta máquina fue ideada para realizar el proceso completo de beneficio húmedo, es decir, efectuar el despulpado, desmucilaginado y lavado del café fruta. Este objetivo no fue logrado satisfactoriamente, pero en su aplicación como desmucilaginador sus resultados son aceptables.

A diferencia de la tecnología moderna, esta máquina tiene el rotor en posición horizontal. La conformación del rotor difiere un tanto con respecto al desmucilaginador vertical. Pero en términos prácticos, su principio operativo es muy similar.

Es preciso advertir que el consumo de potencia eléctrica de la Agua pulpa es muy elevado, tanto que duplica al desmucilaginador vertical en este aspecto. Esta afirmación basada, desde luego, en la cantidad unitaria de café procesado por hora. Esta consideración práctica coloca al “Agua pulpa” en clara desventaja con respecto a la ya referida tecnología de desmucilaginadores modernos.

Mantenimiento y (ajuste operativo) del equipo para desmucilaginado mecánico.

Requerimientos Mínimos N°29 y N°30

- Mantenimiento preventivo y correctivo de desmucilaginadores mecánicos.

Las máquinas desmucilaginadoras modernas provienen de desarrollos tecnológicos recientes. Por ello son máquinas ligeras, no son robustas, más bien construidas conforme a las tendencias modernas. Por ello requieren ser revisadas y refaccionadas con frecuencia.

Algunos elementos a tomar en cuenta:

a. Motores: Elementos de los rodamientos, roles y retenedores

b. Sistema eléctrico: Protección contra el agua de cablería, conexiones y motores.

c. Transmisiones: Ajuste de fajas y aseguramiento de poleas.

d. Aseguramiento de cobertores para evitar accidentes.

e. Lubricación: En todos los rodamientos y abasto de lubricación (si los hubiese).

f. Tuberías, acoples, llaves de paso, etc., para el abastecimiento de agua.

Por sus particularidades lo que se recomienda es apegarse a las instrucciones de sus fabricantes. El mantenimiento debe realizarse conforme a las especificaciones técnicas, definidas en los manuales operativos que han de ser provistos por sus fabricantes.

Graduación (ajuste) de los equipos

De modo similar, estos equipos requieren ajustes que permiten regular su operación a fin de obtener los mejores resultados posibles. El personal responsable del sistema de desmucilaginado debe revisar y/o ajustar algunos mecanismos:

a. La cantidad de agua abastecida para la operación de este equipo debe ser adecuada, limpia y conforme a las especificaciones técnicas del fabricante de estos equipos.
b. Carga de alimentación de café hacia la máquina.
c. Mecanismos de regulación de la presión aplicada al café
d. La velocidad de rotación del rotor

Alimentación y tiempo de residencia del café en máquinas desmucilaginadoras

Requerimientos Mínimos N∞31 y N∞32

Control operacional de maquinaria para desmucilaginado mecánico de café
En operaciones del beneficiado se aplica el procedimiento de someter la masa de granos de café a esfuerzos de fricción para producir el despulpado y el desmucilaginado (y trillado). En esas operaciones lo que se procura es la remoción de las capas que cubren al grano.

Los constructores han desarrollado máquinas consistentes de un rotor sobre el cual se coloca una carcasa cilíndrica, conformando una cámara. La masa de café se introduce a la cámara y el rotor provoca el avance del grano que es presionado y empujado contra la carcasa. Se visualiza fácilmente que hay un flujo de grano que está circulando a través de la cámara (espacio entre rotor y carcasa), y que los granos son friccionados contra la carcasa.

Entre las máquinas que operan por este principio mencionamos:

- ✓ Separadoras de verde (despulpadoras y separadoras de café inmaduro)
- ✓ Trilladoras de café pergamino
- ✓ Desmucilaginadoras

En todos los casos hay dos aspectos que resultan claves para obtener buen resultado:

a. La Carga de grano de alimentación de la máquina debe ser constante
b. El tiempo de residencia de la masa de grano en la cámara debe ser adecuado

Instrumentos para regular el flujo de café en la cámara de desmucilaginado

a) Para mantener el flujo constante la mejor opción es instalar un *pequeño silo (tolva)* sobre la máquina. Este silo cumple la función de acumular un volumen de café. El volumen del silo se calcula para que la máquina pueda operar cuando menos 30 minutos abasteciéndose solamente desde el silo (tolva extra sobre la máquina). Desde luego que debe adicionarse una compuerta en la descarga para graduar el flujo de grano hacia la máquina desmucilaginadora. De este modo se asegura que siempre habrá el flujo de grano adecuado hacia la máquina.
b) En todas estas máquinas la regulación de la presión aplicada al grano se efectúa por un mecanismo añadido a la compuerta de la boca de salida. Si hay fuerza para mantener la compuerta cerrada la presión sobre el grano es máxima. Si no hay fuerza sobre la compuerta la presión sobre el café es mínima. Pero esta regulación también tiene un efecto directo sobre el tiempo de residencia del grano en la cámara de desmucilaginado.

Muestreo y evaluación de desmucilaginado mecánico.

Requerimientos Mínimos N∞33

Dado que la remoción del mucílago opera por la aplicación de esfuerzos cortantes y la fricción, puede ocurrir daño mecánico en algunos granos de café. A primera vista el daño mecánico pareciera entonces inevitable. Sin

embargo, *el elemento clave es la presencia del mucílago*. Al igual que en el despulpado, el mucílago opera como fluido lubricante y permite que los granos de café fluyan sin atorarse. Por ello el desmucilaginado mecánico procede solamente para café maduro. *Es requisito que se efectúe la clasificación previa* del café en fruta para *que los frutos verdes y/o secos sean separados antes del despulpado*, y que la clasificación del pergamino se realice antes del desmucilaginado, a fin de complementar la separación de café duro (frutos verdes y/o secos).

Control del daño mecánico

Debe establecerse un procedimiento para valoración del daño mecánico. También confeccionar y mantener un registro tipo bitácora, de los análisis y valoraciones realizadas.

Todo sistema para producción agrícola de calidad requiere, necesariamente, de procedimientos de muestreo, análisis y sobre todo: Registro Documental. *Si solo se monitorea el proceso, pero no se toman registros, este control pierde su utilidad.*

Al igual que el control del despulpado, se toman muestras con frecuencia y se evalúa el daño mecánico. Luego se le asigna un valor porcentual, para lo cual se aplica el procedimiento idéntico al ya descrito para la valoración de café defectuoso en el café fruta.

Como en toda evaluación de operaciones de beneficio húmedo se deben definir límites de tolerancia aceptables para daño mecánico. Usualmente los máximos aceptables para daño mecánico se sitúan en el rango de 1% a 2%.

- Recomendaciones mínimas para control de daño mecánico en desmucilaginado:

a. El personal responsable del sistema de desmucilaginado deberá supervisar la operación del equipo, prestando especial atención para corregir la presencia de daño mecánico en el café pergamino lavado mecánicamente.

b. El personal responsable del sistema de desmucilaginado deberá efectuar muestreo frecuente del café, a fin de evaluar y calificar la presencia de daño mecánico causado al grano.

c. La estructura organizativa encargada del procesamiento de café deberá definir los parámetros aplicables para *análisis y calificación* de daño mecánico causado al café como resultado de la operación de desmucilaginado.

Capacitación del personal responsable del control del desmucilaginado mecánico

El personal responsable del sistema para desmucilaginado deberá ser capacitado en relación a su función operativa, considerando aspectos tales como calibración, ajuste de estos equipos, mantenimiento, muestreo y registro de daño mecánico, etc., La capacitación abarcará a todo el personal del sector involucrado con la operación de desmucilaginado mecánico.

- Observaciones finales a control de daño mecánico en desmucilaginado

Cuando se cuenta con procedimientos de monitoreo y registro del daño mecánico se puede entonces tener un panorama completo del sistema de beneficio húmedo.

Es entonces cuando se tienen elementos de juicio necesarios para estudiar y analizar las virtudes y las debilidades del sistema de beneficio húmedo, *analizado en todas sus fases*.

Se pueden hacer varios cuestionamientos que conduzcan a corregir errores Por ejemplo:

a. ¿Se ejecutaron adecuadamente los procedimientos de control operativo, monitoreo, y registros por parte del personal encargado de despulpado y desmucilaginado?
b. ¿Que resultados se obtuvieron de los análisis de la calidad del café en fruta?
c. ¿Se realizó con efectividad la clasificación del café en fruta?
d. ¿Se sometió a despulpado café verde y/o seco en fruta?
e. ¿Qué magnitud alcanzó el daño mecánico en despulpado?
f. ¿Qué magnitud alcanzó el daño mecánico en desmucilaginado?

Lo importante es sacar conclusiones para tomar medidas adecuadas para corrección.

Limpieza del equipo para desmucilaginado mecánico

Requerimientos Mínimos N∞34

Limpieza de la maquinaria y equipos

Los granos fétidos provienen de granos rezagados en la maquinaria, los cuales sufren la pudrición natural y/o otras formas de contaminación. Luego, en los análisis de calidad (de catación) ocurre el hallazgo de problemas de calidad de difícil corrección. El criterio de los catadores es que un solo grano "stinker" (fétido) daña una taza entera de café impregnándole este sabor muy desagradable.

El personal responsable del sistema de desmucilaginado mecánico deberá supervisar la limpieza de todo el equipo y las máquinas cada vez que finaliza un turno de trabajo; para evitar la presencia de granos de café rezagados, restos de miel y pulpa. Se prestará especial atención a la remoción de restos o partes de granos de café y todo tipo de materia extraña atorada o adherida a las máquinas.

Envío inmediato hacia el secamiento del café desmucilaginado (y lavado) mecánicamente

Requerimientos Mínimos N∞35

Permanencia de residuos de mucílago en el café desmucilaginado mecánicamente.

Cuando el mucílago es removido por fricción mecánica, *su eliminación no procede de modo absoluto.* Restos de mucilago finamente rasgado permanecen adheridos al pergamino, y en la hendidura del grano, éste es removido parcialmente. Pero la cantidad remanente es lo suficientemente reducida para permitir el secamiento mecanizado y/o solar del café.

Regeneración del mucílago residual (restos finamente rasgados)

El mucílago no es simplemente una masa gelatinosa, *el mucílago es tejido celular*, que no muere en su remoción por fricción. El tejido celular se reproduce y regenera si permanece unido a su sustrato, que es el grano. Por ello, si la masa de café desmucilaginado no es sometida al secamiento de modo inmediato, y por el contrario, se permite la retención temporal en tanques, *el mucílago remanente se regenera y reproduce*. Ello obliga a permitir una pseudo fermentación de la masa y acarrea la necesidad de efectuar un lavado posterior.

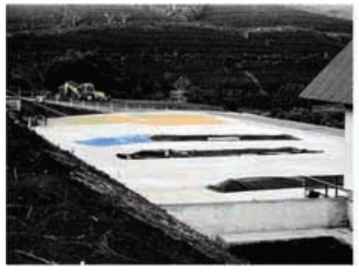
Si la consecuencia de la *pseudo fermentación y lavado extra sólo fuese la producción del volumen de agua residual* (innecesario), la pérdida solo sería el coste de tratamiento de agua residual. Pero varias investigaciones concuerdan en resultados, que conducen a ejecutar el secamiento de modo inmediato, una vez que el grano ha sido desmucilaginado.

Pérdidas de rendimiento producto del depósito temporal de café desmucilaginado

A continuación se citan autores de Investigaciones específicas a este tema,

- *"El desmucilaginado mecánico del café se debe realizar solamente cuando se tenga suficiente capacidad en el equipo de secado, tal que permita proceder al secamiento inmediato del grano que se procesa vía húmeda, ya que la espera al secado mayor de seis horas desmejora la acidez del café". (Hidalgo & Vásquez, 1993).*
- *El desmucilaginado mecánico del café seguido de espera al secado por seis horas y más, provoca perdidas de rendimiento aún mayores que las ocurridas cuando se utiliza fermentación natural". (Hidalgo & Vásquez, 1993)*

"Si la operación de secado es iniciada inmediatamente, se reducen las pérdidas de peso por respiración del grano, que pueden representar entre el 1.5% y el 2% del peso en seco del café. Adicionalmente, se recupera un alto porcentaje de granos con almendra de buena calidad, que por su menor tamaño, mal ajuste de la despulpadora, o problemas fitosanitarios como la mancha de hierro, no fueron despulpados, lo cual sumado a lo anterior contribuye a incrementar notoriamente la conversión cereza/seco." (Oliveros & Roa, 1995).



Existencia y Disponibilidad de estructuras adecuadas para la fermentación del café despulpado

- *Requerimientos Mínimos N∞86*

Para facilitar el proceso de fermentación el café despulpado (en baba) es depositado en tanques o pilas, estructuras que denominados “pilas de fermentación”. También llamadas “Tinas”. Usualmente construidas de mampostería para resistencia y durabilidad.

- Requerimientos constructivos y operativos de las pilas (tanques) para fermentación

A continuación se listan una serie de requisitos que deben cumplirse en cuanto a las características de las pilas y otras condiciones operacionales, que tienen por objetivo asegurar la calidad del café cuando se practica la fermentación natural.

- Capacidad volumétrica suficiente para depositar la cantidad de café a procesar

La planta de beneficio deberá estar dotada con la cantidad de pilas (o tanques) de modo que su capacidad sea suficiente para facultar el proceso seguro de la cantidad máxima de café recibido. El volumen requerido para depósito de café deberá considerar la duración promedio del tiempo de fermentación, así como la magnitud comparativa de la cantidad de café recibido en el pico de cosecha o centro de maduración. Para efectuar cálculos de transformación de peso y volumen de café es útil el cuadro 1:

PRODUCTO	qq-oro eq	%peso/qq oro eq	vol/qq-oroeq	kg/m3	qq/m3	qq-oro eq/m3	m3/1000 qq-oro eq
CAFÉ EN FRUTA	253,0	100,0%	100,0%	632,5	13,75	2,5	400,0
PULPA FRESCA	105,2	41,6%	56,0%	469,9	10,2	4,5	224,0
CAFÉ EN BABA	148,0	58,5%	43,9%	842,9	18,3	5,7	175,6
MUCÍLAGO	39,5	15,6%	4,7%	2099,4	45,6	53,2	18,8
AGUA DE SECADO	50,3	19,9%	0,0%		0,0		
CAFÉ LAVADO 53%bh	108,5	42,9%	39,1%	694,0	15,1	6,4	156,4
PERGAMINO SECO 12%bh	57,9	22,9%	36,6%	395,7	8,6	6,8	146,4
CAFÉ ORO 12%bh	47,1	18,6%	16,5%	713,0	15,5	15,2	66,0
CASCARILLA	10,9	4,3%	9,9%	274,7	6,0	25,3	39,6
FANEGA	0,40 m3						
QUINTAL	46 kg						

Quintales de café oro equivalentes: qq-oro eq Ej: 253 kg café fruta producen 47,1 kg de café oro

- Observación a “Secado Inmediato”

El secamiento del café se divide en varias etapas. La primera consiste en la remoción del agua superficial débilmente sostenida en el endocarpio del grano (pergamino). A esta fase se le llama “oreado”. Por tanto, basta con efectuar la colocación del café desmucilaginado en los patios de secado, o bien en los tendales de secado solar, para así dar paso al inicio del secamiento (por medio del proceso de “oreado”) basta para que la regeneración del mucílago se detenga.

- Recomendación mínima para proceso del café lavado mecánicamente:

- El café lavado mecánicamente no será retenido en recintos de depósito temporal como tampoco será almacenado en sacos, ni ningún otro tipo de práctica que se contraponga al procedimiento indicado de iniciar con el proceso de oreado.

- La disposición de secado inmediato tiene como fin evitar pérdida de materia seca del grano producida por su depósito temporal; así como evitar la regeneración de los restos de mucílago, que obligan a efectuar un lavado posterior al lavado mecánico.

VII.B. REMOCIÓN DEL MUCÍLAGO POR MEDIO DE LA FERMENTACIÓN NATURAL

OPERACIÓN 6A: Fluidificación del mucílago por fermentación natural y su remoción por lavado posterior

El café una vez despulpado es depositado en tanques de fermentación, para obtener la fluidificación del mucílago mediante la acción de enzimas propias del grano y de microorganismos (fermentación natural del mucílago). Desde el punto de vista bioquímico, la fermentación del mucílago procede a través de una degradación de la pectina y otras sustancias pécticas a ácido galacturónico; y los azúcares se transforman primeramente a alcoholes; y si se prolonga en un medio aeróbico luego a ácidos orgánicos.

Cuando la capa mucilaginosa se ha degradado lo suficiente para que sus restos se desprendan fácilmente, se procede a un lavado con agua de los granos. El mucílago fluidificado es retirado del café por lavado, ya sea en el tanque (en el caso de pequeños productores), o utilizando dispositivos que operan por “batches” como el canal de correteo, el cual es removido manual o mecánicamente. O en canales que operan en flujo continuo de agua y café, como el “canal semisumergido”, el trasiego por bombeo mecánico, etc.

De aquí que para un beneficio de café que utilice secadoras rotatorias “guardiolas” estándar las pilas deben tener un volumen de 10.5 metros cúbicos. Podrían tener dimensiones de:

(Largo): 5.0 m X (Ancho): 2.0 m X (Profundidad): 1.05 m = 10.5 metros cúbicos.

Esta cantidad de café una vez lavado, libre del mucílago, ocupa un volumen de 9.4 m3.

- *Este debe ser el volumen total de las tolvas de carga de la secadora guardiola.*

Cuando el café ya fue procesado en el secado disminuye su volumen y ocupa 8.4 m3 y pesa 3375 kg (73qq).

Finalmente, cuando el café se trilla se obtienen 2810 kg de café oro, que ocupan un volumen de 3.95 m3

Tiempo de duración de la fermentación

Si la fermentación se prolonga por más de 24 horas entonces se requiere el doble de la cantidad de pilas de fermentación, ya que las jornadas de beneficiado son consecutivas y se requiere trabajar el día a día.

Este hecho quizá pierde un poco de importancia en las condiciones actuales de algunas regiones donde se está aplicando recirculación reuso o inoculación enzimática de aguas en los sistemas de beneficio húmedo. El reuso o inoculación enzimática de aguas provoca reducción del tiempo requerido para completar la fermentación de la masa de café. En este mismo sentido, cuando se realiza el proceso de despulpado sin adición de agua, se reduce igualmente el tiempo de fermentación.

Cantidad máxima de café recibido

La capacidad de todos los sistemas del beneficio debe estar dimensionada para procesar la cantidad recibida en el pico o centro de cosecha. Como un buen método de aproximación de puede utilizar un factor de 2% del volumen total para estimar la cantidad diaria de café que se va a procesar. Esto es para zonas de altura de maduración concentrada, cuya cosecha dura en total 3 meses. Para zonas cuya cosecha se prolonga 4 meses el factor es 1.7%.

Debe tenerse presente que estos factores de conversión *no son parámetros fijos* de aplicación universal. La información de este cuadro corresponde al café producido en Costa Rica. Desde luego que los factores agroecológicos influyen directamente.

Ejemplo de utilización de factores de beneficiado de café:

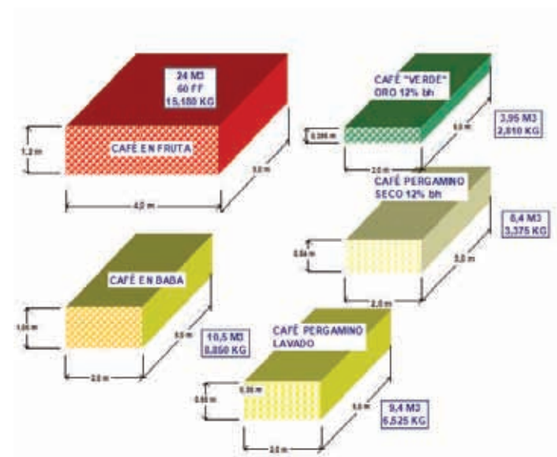
Un metro cúbico (m3) de café pesa 632.5 kilogramos (kg). Y 1m3 de café baba pesa 843 kg. El café en baba representa el 58.5% del peso del café fruta.

Si se despulpa 1m3 de café se obtienen 370 kg de café en baba. Para llenar un volumen de 1m3 con café en baba se requiere despulpar 1441 kg. de fruta o un volumen de 2.28 m3.

Porque si para 370 kg de café baba se requiere 1m3 de café fruta, por relación directa para 842.9 kg de café baba (ocupan 1m3) se requieren 1441 kg. de café fruta.

Ejemplo de cálculo para el cambio de peso y volumen del café procesado con una secadora rotatoria “Guardiola” estándar que procesa 73 quintales de café pergamino seco:

Para obtener la cantidad de café pergamino en baba que posteriormente irá al secado se requiere despulpar un volumen de 24m3 de café fruta, dicho volumen tiene un peso de 15,180 kg. es decir 330 quintales. La cantidad de café en baba obtenido pesará 8,850 kg ocupando un volumen de 10.5 m3.



- Ejemplo de cálculo para el cambio de peso y volumen del café procesado: Así, si un beneficio procesa anualmente 5,600 quintales de café maduro, el recibo diario máximo se estima que es el 2%, esto es: 112 quintales de café fruta (5,080 kg café fruta).

  El peso total de café baba diariamente obtenido (por despulpado) sería de 2,230 kg que ocuparían un volumen de 2,646 metros cúbicos.

  Este es el volumen total requerido de las pilas de fermentación, si la fermentación se produce en menos de 24 horas.

  Si la fermentación demora más de 24 horas el volumen total requerido para depósito en pilas de fermentación es: 2.646 X 2 = 5.3 m3.

- Condiciones para depósito del café en baba en las pilas de fermentación

a) Depósito inmediato después de despulpado

El café recién despulpado tiene una condición de metabolismo acelerado. Se halla en un estado crítico para el mantenimiento de su calidad. Como técnica operativa de ejecución obligatoria el café se depositará en las pilas de fermentación inmediatamente después de que fue despulpado y clasificado.

b) Manejo individualizado de los lotes de café despulpado

Una vez que la masa de café se ha depositado en los tanques se inicia el proceso de fermentación natural. Inmediatamente se inician cambios bioquímicos del mucílago. Sería altamente nocivo que pasado un lapso de tiempo se deposite una nueva cantidad de café sobre otro que ya ha avanzado en su fermentación.

Por tanto: Todo lote de café deberá ser manejado de manera individual, conformado por grano del mismo tipo o calidad de pergamino, evitando de modo absoluto, la ocurrencia o posibilidad de que una vez que ha concluido el llenado de la pila pueda depositarse (sobre éste) café procedente de otro turno de despulpado.

c) Limpieza y clasificación del café despulpado (pergamino en baba)

Cuando el café va a ser depositado en pilas para fermentación, es muy importante efectuar un proceso para eliminar los restos de pulpa, con el fin de prevenir la generación de malos sabores en el café, que podrían presentarse debido a la fermentación con restos de pulpa. Al respecto citamos una fuente autorizada:

"…No obstante, es necesario eliminar las pulpas que pueden haber pasado con el café despulpado. Un exceso de pulpa puede provocar ya sabores malos durante la fermentación, pero su presencia de previo al secado es todavía más perjudicial". (Wilbaux, 1964)

Es requisito operativo que la masa de café, depositada para fermentación, debe estar libre de granos en fruta, granos dañados, restos de pulpa y demás materiales extraños, los cuales habrán sido removidos mediante la operación de clasificación.

a) Limpieza de las pilas de fermentación

Las paredes y los pisos de las pilas de fermentación son superficies donde se adhieren granos de café y costras de aguas mieles. Esta situación es especialmente riesgosa para la ocurrencia de problemas con la calidad del café. Ya se ha mencionado el grave riesgo para la calidad de la taza que constituyen los granos rezagados, ni que decir si a ello se suma la presencia de costras pútridas de miel en pisos y paredes de las pilas de fermentación.

Por ello, es requisito operativo efectuar la limpieza de las pilas de fermentación, de previo al depósito de café, para que se hallen libres de granos rezagados, fluidos o materia extraña al momento de que el café despulpado va a ser depositado en dichas estructuras.

b) Distribución de la masa de café en baba en las pilas de fermentación

El proceso de fermentación es afectado por la temperatura del medio en que se realiza; la homogeneidad de la masa de café tiene importancia para evitar diferencias entre los diferentes puntos.

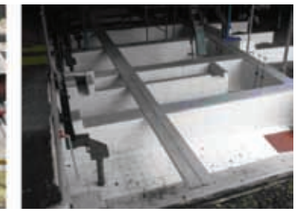
Por ello, es requisito operativo que la masa de café, depositada para fermentación, será distribuida uniformemente de modo nivelado, evitando la presencia de montículos, de manera que la profundidad sea uniforme.

- Requerimiento: Estructura para Cobertura y protección de las pilas de fermentación.

Hay varias razones para recomendar que las pilas de fermentación se hallen protegidas por una estructura que las proteja del sol y de la lluvia. Mencionaremos algunas:

– El proceso de fermentación es afectado directamente por la temperatura ambiental. Tanto el frío producido por corrientes de viento así como el calor por radiación solar directa afectan la duración y la homogeneidad de la fermentación.

– Si una cantidad de agua llovida cae sobre la masa de café afectará la fermentación.
– Los operarios encargados de controlar el avance de la fermentación son, desde luego, afectados por los factores climáticos y no conviene que trabajen a la intemperie.
– El material constitutivo (mampostería) de las pilas sufrirá un pronto deterioro si las pilas están expuestas a la intemperie. La cobertura idónea debe considerar el cerramiento para evitar las corrientes de aire.



Requerimiento: Profundidad máxima de la masa de café en fermentación

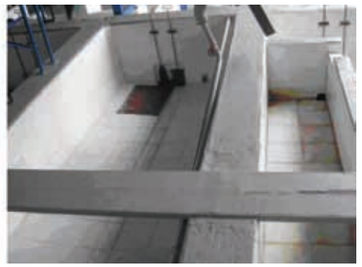
Los tanques de fermentación varían de acuerdo a sus capacidades, pero en general, su profundidad no es mayor de 1 metro, con el objeto de mantener un ambiente aerobio en toda la masa y evitar las fermentaciones anaerobias que generan ácidos grasos que imparten olores y sabores desagradables.

Requerimiento: Dos salidas de las pilas, una para café, la otra para aguas mieles

Es muy importante dotar las pilas de una pequeña fosa para escurrimiento, cubierta con una lámina perforada para el paso de aguas mieles.

Propósitos:

– La fermentación debe efectuarse en un medio escurrido, que el espacio entre granos no esté ocupado por agua. Esta es una condición básica para realizar el proceso de fermentación de café.
– La masa de café es transportada en corrientes de agua las que deben evacuarse.
– El proceso de fluidificación produce fluidos lixiviados que deben escurrir
– Es posible que se requiera efectuar el lavado en las pilas de fermentación.



Es requisito constructivo que las pilas (o tanques) de fermentación debe disponerse con dos salidas o tuberías de descarga separadas, de modo que una de ellas sea para descarga del grano de café y la otra proceda para la salida y escurrimiento de aguas mieles (fluidos de lavado y fermentación de café).

La parrilla para drenaje de aguas mieles deberá ser de materiales resistentes a la corrosión y al peso de la masa de café, que no sufran doblamientos.

Requerimiento: Piso liso de las pilas de fermentación

El piso de las pilas de fermentación debe presentar una superficie lisa, de un material deslizante, tanto como sea posible. Motivaciones:

– A fin de evitar que se atoren granos de café u otros materiales y

– Para favorecer el vaciado de todos los granos de café

– Para permitir el fácil lavado posterior a su uso de todas las pilas

Debe tenerse en cuenta que la fermentación produce aguas mieles cuya acidez es pronunciada. Estos fluidos ácidos atacan y destrozan muchos tipos de mampostería común, lo cual es muy inconveniente que ocurra.

Por ello, cuando se planifica la construcción y/o reparación de las pilas es importante considerar materiales resistentes a la corrosión provocada por las aguas mieles del café.

Es requisito constructivo que el piso (o superficie de fondo de las pilas) debe ser liso, libre de ranuras, huecos o imperfecciones, a modo que no se posibilite la retención o atascamiento de granos de café y/o materias extrañas.

Del mismo modo los bordes, las esquinas y aristas interiores deberán tener un perfil redondeado (y no terminen en ángulo de 90°), para favorecer el escurrimiento y la no adherencia, a fin de impedir la presencia de granos de café rezagados.

Requerimiento: Pendiente adecuada para el piso de las pilas de fermentación

El piso o superficie de fondo de las pilas (o tanques) deberá tener la pendiente adecuada para facilitar el drenaje y escurrimiento del agua; de modo que la fermentación de la masa de café despulpado proceda en un medio escurrido y libre de saturación de agua y sea efectiva su evacuación. Se recomienda una pendiente mínima de 4%.

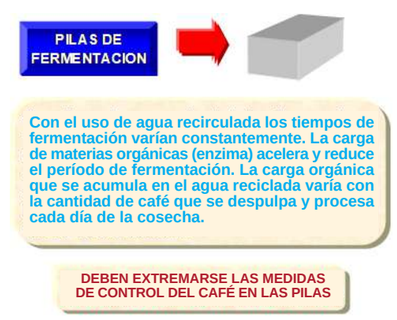
Requerimiento: Monitoreo del café durante el avance de la fermentación

Cuando el proceso de fermentación se realiza correctamente se obtienen cafés con alta calidad en taza. Sin embargo, es frecuente que se deje el café despulpado más tiempo del requerido para dar inicio a la operación de lavado, originando la aparición de defectos en la bebida como sabores a fermento y en casos más críticos a los granos "stinker". En ambos casos se ocasionan importantes pérdidas económicas, por el rechazo de los compradores.

Interesa que la fermentación continúe hasta que ocurra la fluidificación: Es el punto en que se rompe la pared celular del tejido mucilaginoso. El mucílago entonces se ha fluidificado y puede ser removido por lavado. Pero si el café se deja en las pilas más allá de este punto se producen graves daño de su calidad. Esta situación es muy conocida por los beneficiadores.

"Sabemos que si el café sobrepasa a la fermentación etílica - propiónica el resultado son los (granos) Stinkers. Los Stinkers vienen de la sobre fermentación,…" (Brando, 2004)

Cambios en la duración de la fermentación



La fermentación depende de la actividad de enzimas (propias del fruto). La actividad enzimática se acelera fuertemente con la temperatura. Pero, *cuando se recircula el agua dentro del sistema de beneficio húmedo*, el líquido se enriquece de enzimas e inocula los granos recién despulpados, dando como resultado una notable aceleración al proceso de fermentación. *Entonces se reduce el tiempo requerido para completar la fermentación*.

Hay que comprender *el mecanismo que promueve la fermentación: Es* mediante la *actividad enzimática.* Las enzimas actúan como catalizadores en las reacciones orgánicas. Las enzimas para la fermentación provienen de reacciones, tanto microbiológica como de la fisiología propia del fruto del café.

Conocimientos y experiencia del personal formado en las técnicas tradicionales

Resulta claro que el control de la fermentación requiere capacitación y *sobre todo conciencia sobre los riesgos potenciales* para la calidad del café, a que está expuesto por el uso de la fermentación. Especialmente en el ambiente moderno donde aplica la recirculación de agua en los sistemas de beneficio húmedo de café.

Si el beneficio va implementar un sistema de rehúso o inoculación enzimática, será necesario dar a conocer a los empleados y encargados de la planta, que por este hecho los tiempos de fermentación varían y se hace necesario un monitoreo periódico de los tiempos de fermentación.

Desarrollo de problema de sobrefermento

Es suficientemente conocido el grave daño a la calidad que se produce por sobre fermentación, que es consecuencia de la permanencia en las pilas del café ya fermentado.

Cuando el mucílago se ha fluidificado la fermentación continúa. Pero precisamente porque su contextura ha cambiado, ahora es fluido, es que se dan las condiciones para que las mieles fermentadas puedan pasar a través del pergamino e impregnar su sabor al grano. Aquí es donde ocurre el daño en la calidad del café que es detectado por los catadores. Consiste en la presencia de un sabor muy desagradable, un post gusto avinagrado.

El pergamino no *constituye una barrera infranqueable*, por lo que hay que admitir la posibilidad de difusión del agua y de los cuerpos en ella disueltos (que pueden modificar el sabor) desde el mesocarpio hacia el endospermo". (Wilbaux, 1964)

Recomendación: Monitoreo del café que está depositado en las pilas de fermentación

La práctica del monitoreo tiene como fin evitar la permanencia de café en las pilas más allá del tiempo requerido para su fermentación.

Como se ha dicho, la duración del período de fermentación es un parámetro variable si se utiliza reuso de agua o inoculación enzimática en los sistemas de beneficio húmedo. Por ello deben tomarse medidas de control acordes con los cambios que impone el uso de agua reciclada. Una vez que se comprueba que el mucílago ha alcanzado su punto de fluidificación (mediante monitoreo horario) debe procederse de modo inmediato al lavado de café, a fin de cortar con toda posibilidad de que se produzca la sobre fermentación.

El personal a cargo del beneficio debe efectuar muestreo del café depositado en las pilas de fermentación, realizado una vez cada hora después de que se ha iniciado el proceso de fermentación. El objetivo es detectar el momento oportuno en que el mucílago ya se ha fluidificado, esto es, que ya se puede remover mediante lavado. Transcurrido un período de tiempo, de varias horas, la consistencia del mucílago cambia y su viscosidad se reduce grandemente, de modo que al aplicar agua y agitación se diluye.

Métodos para detección de la fluidificación del mucílago:

- Prueba manual: Para de realizar la prueba manual se debe iniciar con un muestreo en al menos tres puntos diferentes de la pila y se realiza la prueba individualmente para cada muestra. lo cual se reconoce al frotar un puñado de granos en la mano, en que estos rechinan con un sonido a cascajo y que al agitarlos en agua el pergamino no es ni pegajoso ni resbaladizo.

- Prueba con la estaca: Consiste en introducir verticalmente y hasta el fondo de la pila, una pieza de madera de sección cuadrangular o redonda dentro de la masa de café y retirarla en el mismo sentido; si las paredes del agujero formado no se desploman es la indicación de que el café ya se puede lavar. Este muestreo se debe de realizar en varios puntos de la pila.

- Aplicación de registros del café en tránsito por pilas de fermentación

  Es imprescindible tomar nota de los procesos seguidos para todo lote de café, por ello se debe realizar registro de cada lote, de modo que será identificado, por su procedencia y se tomará nota de la hora en que se ingresa y se egresa de la pila (o tanque) de fermentación.

Recomendación mínima: Capacitación del personal de control de pilas

El personal responsable del control del proceso del café en las pilas de fermentación debe estar capacitado para su función, dando prioridad al tema de aseguramiento de la calidad, aplicado en muestreo del café y “detección de punto de lavado”, mantenimiento de registros por bitácora y demás aspectos relativos al proceso seguro de café. También en la operación de equipos para lavado de café tales como canales de correteo u otro aditamento que se aplique para lavado de café. La capacitación abarcará a todo el personal del sector involucrado con la operación de remoción del mucílago por fermentación y lavado.

VIII. OPERACIÓN DE LAVADO DEL CAFÉ FERMENTADO

Alternativas de equipo y maquinaria para lavado del café

Hay gran variedad de métodos para lavado del café fermentado. Básicamente se pueden dividir en métodos manuales en estructuras y métodos mecánicos con máquinas.

Lavado en pilas de fermentación (en instalaciones pequeñas)

El lavado de café en pilas de fermentación se realiza usando agua limpia[7], dejando entrar ésta en cantidad suficiente hasta alcanzar un nivel entre 5 a 10 centímetros sobre la superficie de café; procediendo a dar tres enjuagues con agua a la masa de café en la pila, utilizando una paleta con mango de madera y pala de PVC (u otros materiales no metálicos). En esta operación es factible separar, usando una red, los granos e impurezas que floten. El consumo de agua estimado en 3 a 5 m3 para 1000 kg de café oro, es decir, 5500 kg de café fruta.

Canal de Clasificación y Correteo

En este caso el objetivo primario es efectuar la clasificación por densidad, y además completar el lavado parcialmente efectuado durante el trasiego. Anteriormente se usaba este canal para lavar café, alcanzando volúmenes de consumo de agua de 20 a 25 m3 por cada 1000 kilogramos de café oro; por lo cual ha caído en desuso.

7 Agua limpia se considera aquella que no afecte las cualidades organolépticas del café.

Lavado con bombas centrífugas

El café ya fermentado, cuyo mucílago se ha fluidificado, se puede lavar practicando su trasiego con bombas centrífugas. Cuando las cantidades de café en las pilas son grandes, se puede realizar la operación de lavado haciendo uso de una bomba centrífuga de aspas abiertas. Estos aparatos permiten movilizar una masa de agua y café, en proporciones de 60% de agua y 40% de café.

Estos equipos aparecieron como complemento necesario acorde a las transformaciones de los beneficios de café. Luego la experiencia acumulada con su uso probó que la vigorosa acción de las aspas en rotación sobre la masa de café que pasaba empujada entre la propela y la carcasa producía un efecto de lavado. Las aguas residuales utilizadas para movilización se convierten entonces en las aguas residuales de lavado.

"Para el trasiego de café entre diferentes puntos del beneficio se utilizan bombas especialmente fabricadas a este propósito. Para su correcto funcionamiento la razón de volumen, café agua, debe ser inferior a 40/100. El rotor de bronce de paletas perfiladas fijo sobre un árbol de acero. La velocidad de rotación varía de 600 a 1200 rpm, dependiendo de la diferencia de altura entre los puntos de trasiego, tomando como guía:

- *Altura 3m a 600 rpm; potencia requerida 3.0 HP*
- *Altura 6m a 1000 rpm; potencia requerida 5.5 HP*
- *Altura 9m a 1200 rpm; potencia requerida 7.5 HP*

La alimentación de la bomba es axial. Este tipo de bomba tiene muy poco poder de aspiración por lo que debe ser alimentada siempre en descarga por gravedad sobre una tolva de abasto hacia el rotor (propela)." (Wilbaux, 1964)

Prevención de contaminación del café lavado

El mucílago es sustrato para desarrollo de diversidad de microorganismos. Para el grano recién despulpado puede funcionar como protección. Pero una vez fluidificado el grano está expuesto a contaminación proveniente del mucílago fermentado o desde el agua misma.

Para prevenir potenciales contaminaciones (y afectaciones) de la calidad del café, deben acatarse las siguientes recomendaciones, referentes al manejo del café pergamino lavado:

"Los canales tienen usualmente una sección rectangular de 60 x 40 cm, con pendiente de 0.5 a 1%; en un canal de 60 m de largo se puede lavar el café producto de procesar de 1300 a 1600 kg de café fruta. Se introduce en el canal la cantidad de café mencionada, el canal está dividido en secciones mediante compuertas, como se muestra abajo en la figura. En la primera sección se remueve el café remontando continuamente la corriente con una paleta ancha como el canal y de 8 a 10 cm de alto. La remoción no debe ser brusca, sino al contrario, lenta y continua. Con ello se favorece la liberación de los granos ligeros y de los restos de pulpa retenidos en la masa, así como su arrastre a la superficie por la lenta corriente de agua.

El café ligero y el café semipesado pasan de este modo por encima de la primera compuerta. El café pesado no pasa y queda retenido en el fondo del primer tramo del canal, porque no pasa sobre la compuerta primera. Se repite el procedimiento para el café retenido en el segundo tramo del canal, entre la primera y segunda compuerta, para así remover los restos de pulpa y frutos enteros de el café semipesado. La altura de las compuertas se modifica añadiendo tablitas o compuertas una sobre otra.

Para vaciar el canal de clasificación y correteo, se quita la última compuerta permitiendo la salida del café liviano o flotante, luego el semipesado (retenido en el segundo tramo) y finalmente el café pesado o de primera calidad. Estas diferentes categorías se recogen por separado en cubículos de descarga provistos de rejillas de escurrimiento." (Wilbaux, 1964)

a. Para efectuar el lavado del café fermentado se debe evitar el uso de agua reciclada. El producto resultante del proceso de lavado debe ser café pergamino libre de restos de mucilago, pulpas, frutos no despulpados, así como de aguas mieles.
b. Se evitará cualquier contacto del café lavado con todo tipo de residuos contaminantes, orgánicos e inorgánicos.
c. El café lavado no será retenido en recintos de depósito temporal como tampoco será almacenado en sacos, ni ningún otro tipo de práctica que se contraponga al procedimiento ya indicado de iniciar con el proceso de oreado.
d. Se considerará apropiado el uso de equipo para escurrimiento mecanizado, entendido como operación inicial del proceso de secamiento.

- Comparación entre Desmucilaginado mecánico y Fermentación natural

Diferencias de calidad de taza (la calidad de la bebida, cup quality)

Durante muchos años en nuestra industria cafetalera, la práctica regular para remoción del mucílago fue la fermentación natural seguida por el lavado. Tanto fue así que muchos la creyeron un proceso necesario para mejorar la calidad de la taza (calidad de la bebida).

La práctica de la fermentación involucra, necesariamente, la producción de un volumen considerable de aguas residuales. Esta situación motivó la investigación para desarrollar métodos para remoción mecánicos, dirigidos a la reducción de la cantidad de agua residual (generada por el lavado del mucílago fluidizado). Colombia, principal productor de café beneficiado por vía húmeda, se ocupó activamente de este tema.

Se generó entonces la controversia sobre las potenciales diferencias en la calidad de la taza, pues subjetivamente, muchos técnicos atribuían beneficios debidos a la fermentación.
Se efectuaron investigaciones por universidades y centros especializados en café. El criterio de estas fuentes autorizadas es similar:

No hay diferencia perceptible en la calidad de la taza, ya sea que el mucílago sea removido mecánicamente o por fermentación natural

- A continuación se anotan diferentes notas técnicas producto de investigaciones:

"Muestras de café provenientes de remoción mecánica y fermentación del mucílago obtenidas en los laboratorios de CENICAFE fueron almacenadas en los almacenes de ALMACAFE, en Chinchiná y en Letras, Caldas. La calidad de la bebida fue evaluada en el panel de catación de la Unidad de Control de la Calidad (U.C.C) de FEDERACAFE, en Bogotá, y la firma John D'Elena, de Nueva York. Los resultados permiten concluir que la calidad de la taza del café desmucilaginado mecánicamente es igual o superior a la obtenida por medio de la fermentación natural." (Oliveros & Roa, 1995)

"El desmucilaginado mecánico del café y el secado inmediato del mismo mejoran la acidez y el cuerpo del mismo sin afectar el aroma." (Hidalgo & Vásquez, 1993)

"Hay controversia si los dos sistemas conducen a la misma calidad en taza, los tradicionalistas dicen que no. Hay estudios en Costa Rica, Colombia, y Kenia, países conocidos por la alta calidad de sus cafés especiales, que indican que los dos sistemas son iguales;……." (Brando, 2004)

- Comparación entre Desmucilaginado mecánico y Fermentación natural

Diferencias de rendimiento de café fruta a café oro

El rendimiento café fruta a café oro expresa el peso o cantidad de café oro que se obtiene producto del beneficiado de una cantidad conocida de café fruta. Lo importante aquí es mencionar que diversas investigaciones indican que el desmucilaginado mecánico permite obtener mayor cantidad de café oro con respecto a la fermentación natural. A continuación se anotan diferentes notas técnicas producto de investigaciones:

"El desmucilaginado mecánico del café permite obtener mayor del cantidad de café seco si se compara con el que se obtiene cuando se utiliza fermentación natural, del orden del 2.00%." (Wilbaux, 1964)

"El desmucilaginado mecánico realizado con equipos apropiados permite remover rápidamente el mucílago con ventajas sobre la fermentación natural tales como: reducción significativa del consumo de agua, reducción de la contaminación (las mieles altamente viscosas se pueden mezclar con la pulpa y retener más del 60% de estos efluentes líquidos, lográndose manejar así más del 90% de la contaminación), obtención de mayor cantidad de café seco (1 a 2%), gracias a la eliminación de las pérdidas de materia seca por respiración del grano". (Oliveros & Roa, 1995)

"El desmucilaginado mecánico del café y su secado inmediato provoca aumentos del rendimiento del café si se compara con el que se obtiene cuando se utiliza fermentación natural, del orden de hasta 1.94%." (Hidalgo & Vásquez, 1993)

IX. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y MANEJO DE SUBPRODUCTOS DEL PROCESO DE BENEFICIADO DE CAFÉ

Tratamiento y disposición adecuada de la pulpa
- *Requerimientos Mínimos N∞37*
- Producción de *COMPOST* de la pulpa de café

El proceso de tratamiento de la pulpa tiene como fin primordial la producción de compost, o cuando menos su transformación en un material semicomposteado de modo que pueda ser llevado a la unidad productiva y esparcida en la plantación.

COMPOST: "Se entiende como tal, al producto resultante de la transformación biológica, mediante microorganismos, del material orgánico procedente de distintas fuentes tales como estiércol, residuos de cultivos, hojarasca de bosques y material leñoso, residuos de podas y jardín, flores muertas, entre otros y lodos provenientes de plantas depuradoras de aguas residuales." (Orozco, Cantarero, & Rodríguez, 1998)

"El compost posee un inestimable valor pues se trata de la recuperación de materia orgánica a partir de los desechos originados por la actividad humana, que sin ningún tratamiento contaminarían el entorno. El aporte de materia orgánica a los terrenos agrícolas puede hacerse entonces mediante la aplicación de compost." (Orozco, Cantarero, & Rodríguez, 1998)

"Propiedades del compost de pulpa de café como abono orgánico

- ✓ Mejora las condiciones físicas del suelo
- ✓ Permite mejor disponibilidad de los nutrientes para la planta
- ✓ Incrementa la actividad de los microorganismos, lo que se traduce en control natural de nematodos
- ✓ Retiene la humedad del suelo, favoreciendo condiciones óptimas para el crecimiento del sistema radicular de manera sostenida.
- ✓ Disminuye la erosión del suelo al mejorar la porosidad
- ✓ No contamina la tierra ni el medio ambiente.
- ✓ Controla la mancha de hierro en los viveros, enfermedad producida por el hongo cercospora coffeicola.
- ✓ Regula la acidez del suelo
- ✓ Controla la maleza por ahogamiento al utilizarla como una cubierta muerta sobre le suelo y no permitir que se efectúe el proceso fotosintético. (Orozco, Cantarero, & Rodríguez, 1998)

"El compost no es propiamente un abono, sino más bien un *regenerador orgánico de los suelos,* pero por analogía con los abonos químicos es reconocido usualmente como abono orgánico. Se sabe que la materia orgánica es

necesaria para el desarrollo y mantenimiento de la vida bacteriana, puesto que *sin ésta* las plantas no pueden asimilar los elementos minerales, ni retener la humedad, ni lograr un crecimiento óptimo." (Pineda, 2006)

Producción de *COMPOST* y el transporte no hidráulico de la pulpa de café

"Para el proceso de compostaje, la broza del café presenta características idóneas que casi ningún otro residuo agroindustrial posee, ya que tiene un alto contenido de azúcares (fuente energética), una buena relación C: N (25-30:1) y un tamaño de partícula adecuado. El contenido inicial de humedad (85-90%) puede ser muy alto comparado con el óptimo para compostaje (60%), pero es rápidamente modificado con un frecuente volteo del material. Es por esto que el compostaje de este material ha sido ampliamente difundido como una alternativa para el manejo de este desecho". (Pineda, 2006)

Pero si la pulpa es arrastrada en corrientes de agua sus características originales se deterioran. Para que la pulpa sea útil a la producción de compost es requisito efectuar el despulpado en seco y evitar (de modo absoluto) su transporte en corrientes de agua. El arrastre en agua convierte pulpa en un material muy pobre por lavado de sus componentes y por exceso de humedad exógena.

Alternativas para efectuar el Transporte no hidráulico de la pulpa

Para transportar la pulpa desde los pulperos hasta su punto de trasiego temporal (zona de acopio dentro del beneficio) se utilizan básicamente dos tipos de equipos que son:

- Tornillos helicoidales
- Bandas transportadoras
- Movimiento por gravedad
- Transporte manual

Disposición de estructuras adecuadas para tratamiento de la pulpa

Requerimientos Mínimos N∞38

En caso de que la pulpa deba ser conservada o almacenada por un período de tiempo indeterminado, debe disponerse de una estructura para su protección. La lluvia cayendo sobre un montículo de pulpa provocaría la producción de líquidos contaminantes y el lavado de las sustancias propias de la pulpa. La radiación solar directa también puede provocar efectos inconvenientes.

- La planta beneficiadora deberá estar dotada con equipo y estructuras para disposición y tratamiento de la pulpa de café producida por el beneficiado de café. En su defecto se deberán subcontratar la realización de las actividades requeridas para la adecuada disposición de la pulpa. En este último caso, el compromiso es igualmente vinculante para la organización encargada del procesamiento de café.

- La estructura organizativa encargada del procesamiento de café deberá contar con un plan para manejo y disposición de la pulpa de café.

Disposición del mucílago removido mecánicamente

En Costa Rica se practica la mezcla de pulpa y mucílago (en grandes instalaciones de beneficiado) en donde se realiza el volteo mecanizado de la pulpa como método de tratamiento. Es sin embargo lastimoso pensar solamente en deshacerse del mucílago, pues por su alto contenido de pectinas es un producto que tiene usos y aplicaciones potenciales que ya se han demostrado.

Recolección y disposición adecuada de los fluidos lixiviados de la pulpa

Requerimientos Mínimos N∞39

En el piso de los sitios donde se acumule la pulpa deben confeccionarse pequeñas canaletas, pero de solo 5 cm. de profundidad y 15 cm. de ancho, para recolección y conducción del fluido lixiviado. También el piso debe tener una pendiente del 2% dividido en planos direccionados hacia las canaletas. Debe ser un área cuyas dimensiones prevean el movimiento de un camión mediano: 10 X 10 m. y no mayores a ello. Todo esto para prevenir que el piso sea atacado por la acidez propia de estos fluidos.

Los canales y sus tuberías complementarias deberán conducir los líquidos lixiviados hacia las estructuras disponibles para Tratamiento de aguas residuales.

Pronta separación de la pulpa transportandola fuera del beneficio

Requerimientos Mínimos N∞40

De los dos puntos anteriores puede deducirse parte de los inconvenientes que pueden derivarse si se acumula un volumen considerable de pulpa dentro de las instalaciones del beneficio. Además hay que mencionar que el acúmulo de pulpa tiene consecuencias en la producción de moscas y otros vectores muy nocivos. La pulpa acumulada dentro del predio del beneficio se constituye en un foco potencial de generación de hongos productores de ocratoxinas, deviniendo en problemas serios para la calidad del café.

Por ello la pulpa debe removerse del predio del beneficio a la brevedad posible y su evacuación debe realizarse como actividad diaria de ejecución prioritaria.

Disposición del área y de las facilidades requeridas para el procesamiento adecuado de la pulpa. El cual debe realizarse durante el periodo anual de cosecha.

Requerimientos Mínimos N∞41

La experiencia desarrollada en el tratamiento de la pulpa ha producido tres métodos que han tenido buenos resultados, aunque quizá no se obtiene un compost de proceso completo.

Se utilizan pues tres tipos de técnicas

- Remoción y volteo de la pulpa
- Producción de “Bocashi”
- Lombricompostaje

"Compostear los residuos orgánicos no es más que imitar la descomposición natural que ocurre en el suelo de un bosque por el cual se produce humus, con la diferencia de que se realiza en forma acelerada, dirigida e intensiva" (Orozco, Cantarero, & Rodríguez, 1998).

… "Para favorecer un buen proceso de compostaje es necesario crear las condiciones ideales para la actividad microbiana, como: la cantidad adecuada de agua, oxígeno y una alimentación balanceada…" (Pineda, 2006)

Este método consiste en la colocación de la pulpa conformando montículos los cuales son removidos periódicamente. La primera remoción se efectúa después de quince días de colocar la pulpa y conformado el montículo. Luego se efectúan remociones cuya frecuencia varía mucho entre las diferentes unidades procesadoras. Desde quincenas a meses.

"En la práctica lo que se produce es un material semi composteado, puesto que frecuentemente ocurre que no se brindan todas las condiciones requeridas, como lo es el mantenimiento de la humedad y la adición de nutrientes. Pero el producto obtenido, esto es la broza semi descompuesta se puede llevar al campo y aplicarse en la plantación. Se acelera esta descomposición cuando se realiza un volteo al menos cada mes y se aplica un producto enzimático o bacteriológico." (Orozco, Cantarero, & Rodríguez, 1998)

Bocashi

"Se ha generalizado el uso de "bocashi", donde la mezcla de materiales se humedece solo en el momento de su elaboración, y se voltea frecuentemente (hasta dos veces al día) para evitar aumentos de la temperatura por encima de los 45∞C. Este material normalmente se enfría en una o dos semanas. En el bocashi la disminución de la temperatura se da por una reducción en el contenido de humedad, previo a la formación de ácidos húmicos.

El bocashi, así como los procesos de compostaje de broza, en los cuales solo se utiliza la humedad que trae la pulpa del café y no se agrega más agua durante el proceso, pueden ser considerados procesos incompletos." (Orozco, Cantarero, & Rodríguez, 1998)

Los productos de procesos de compostaje incompletos, como el bocashi aportan más nutrimentos a corto plazo que un compost terminado, además de que incorporan una población microbiana diversa para continuar el proceso de descomposición en el campo.

Lombricompostaje

"Este método requiere quizás procedimientos más elaborados que los anteriores. Se hace necesario practicar un proceso de volteo previo, para que la pulpa adquiera una condición adecuada para la lombriz: la elevación de temperatura y aumento de la acidez que se producen por la fermentación de la pulpa fresca, atentan contra la supervivencia de la lombriz y la ahuyentan de la cama de composteo." (Pineda, 2006)

Procedimiento

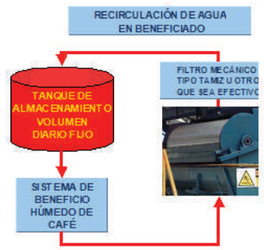
1. *Se construyen camas hechas de materiales sencillos: Constituyen el espacio en el cual se realiza el proceso de Lombricultura. Se puede utilizar esterilla, bambú o ladrillo en su fabricación; éstas deben construirse de 1 m de ancho y la longitud según la disponibilidad del terreno; en general se acostumbran módulos de 2 a 3 metros de largo. La altura de la cama más usual es de 40 cm. El espacio entre camas de 50 cm. Algunos lombricultores emplean cajas en madera o canastillas plásticas.*

2. *El lombricultivo se inicia depositando el pie de cría en las camas, asegurándose que esta capa inicial sea aproximadamente de l0 a 15 cm. Si es necesario, para completar esta altura se puede depositar en el fondo de la cama el sustrato, y luego colocar encima el píe de cría. Así se asegura que la lombriz roja disponga de un medio para refugiarse si las condiciones del alimento no son adecuadas.*

3. *Alimentación: Se utilizan capas delgadas de pulpa (máximo 4 cm), para evitar el calentamiento de ésta cuando se usa muy fresca, para facilitar la aireación del cultivo, asegurar la transformación del material y mantener las lombrices alimentándose en la parte superior." (Pineda, 2006)*

2. Circuito de agua de lavado para remoción del mucílago: cuando se utiliza fermentación natural

- El volumen de agua utilizado para lavar la masa de café se maneja por separado, conformando un circuito para evacuación de las pilas y transporte hasta los canales de clasificación. El agua de enjuague final debe ser agua limpia.



3. Circuito de agua para equipos de clasificación por densidad del café pergamino.

- Una vez que se ha lavado el mucílago se practica clasificación del café por densidad en canales. Dado que estos canales operan con un flujo de agua es factible utilizar un circuito independiente sólo para este sistema; y el volumen de agua utilizado se puede guardar en el tanque para ser utilizado en el circuito de recibo y despulpado.

b) Instalación de tanques individuales para acumular el volumen de agua utilizado por los diferentes circuitos de recirculación en que se halla dividido el beneficio.

Hay que tener presente que no se requiere agua potable para el circuito de recibo – despulpado. De hecho, cuando este sistema opera el agua se pone turbia y cargada de sólidos y más concentrada conforme se recicla.

Pero en el sistema de clasificación en canales el agua debe ser limpia. En el sistema de evacuación de pilas de fermentación se genera un volumen que debe ser enviado directamente a los sistemas de tratamiento de aguas residuales.

c) Instalación de tuberías y estaciones de bombeo para cada circuito

El circuito de agua recirculada tiene sentido si no hay entradas o salidas que se hallen fuera de control del jefe del beneficio. Debe tenerse control para evitar que los operadores hagan uso indiscriminado del agua, ya que esto es una tendencia al desperdicio.

Se debe contar con un stock de repuestos y personal capacitado para efectuar reparaciones en las estaciones de bombeo. No es extraño que ocurran fallas cuando se está sobre la marcha en el beneficiado; por ello una falla en la estación de bombeo resulta problemática.

Aplicación de sistemas y procesos que minimicen el consumo de agua.

Requerimientos Mínimos N°42

Hay varias alternativas que se experimentaron y ahora se aplican con éxito, ellas son:

1. Recibo del café en estructuras que no utilicen agua
2. Recirculación de agua en los sistemas de beneficio húmedo.
3. Despulpado en seco
4. Transporte no hidráulico de la pulpa
5. Remoción mecánica del mucílago

Las recomendaciones para los puntos 1., 3., 4., y 5., ya fueron tratadas en los artículos referidos a los requerimientos mínimos N°15, N°23, N°24 y N°28. A continuación se citan algunos aspectos recomendados para la implementación de la práctica de recirculación de aguas en los sistemas de beneficiado húmedo.

Recirculación de aguas en sistemas de beneficiado húmedo

El reciclaje de agua en el beneficio húmedo consiste en establecer un circuito cerrado para el abastecimiento de agua a los equipos que así lo requieran. Se instala un tanque para depósito principal de agua recirculada. De allí se abastece el circuito hidráulico del beneficio y luego el agua es retornada continuamente hacia este tanque. Como se describirá adelante es necesario introducir un equipo y/o estructura para separación de sólidos como parte del circuito de recirculación de aguas.

Aplicación de sistemas de recirculación de agua en el beneficiado húmedo

Requerimientos Mínimos N°43

La implementación de la recirculación es un concepto sencillo pero hay que tomar en cuenta varios aspectos que han resultado de la experiencia, se citan a continuación:

a) División del beneficio en circuitos cerrados separados según grupos de operaciones

1. Circuito de recirculación de agua para los equipos de recibo de café fruta – despulpado – clasificación de pergamino en baba.

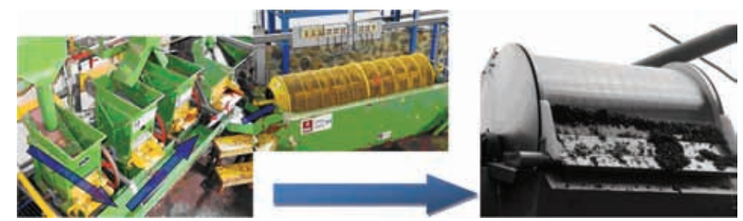
- Las corrientes de agua constituyen el medio de transporte del grano entre las diferentes máquinas y/o estructuras, pero aplica despulpado en seco

Utilización de equipos y/o estructuras para separación de sólidos en los sistemas de recirculación de agua.

Requerimientos Mínimos N∞44

b) Instalación de equipos para separación de sólidos en el circuito de recibo-despulpado

El agua que moviliza los frutos desde el tanque de recibo hacia los despulpadores, es un flujo que se separa antes de que el café ingrese al recinto de despulpado. Pero este flujo es luego reintroducido para utilizarse en las cribas y/o canales de clasificación de café en baba. Dado que el pergamino carga partículas de pulpa finamente pulverizada, el agua recirculada se torna densa por el acúmulo de finos restos de pulpa y mucílago. Estas partículas causan concentración de sólidos en el agua y hacen impracticable la recirculación. El equipo más versátil para separación de sólidos es el filtro rotatorio.



También se puede utilizar un tanque sedimentador a través del cual se hagan circular el flujo utilizado en el circuito de recibo – despulpado – clasificación. Esta alternativa es la más utilizada en Guatemala, donde se implementan los circuitos de recirculación.

Otros aspectos operacionales de la recirculación

- No reutilización de aguas recirculadas

El agua re circulada se carga de sustancias ricas en azúcares, liberadas por la pulpa y el mucílago. Hay también presencia de microorganismos y otros contaminantes orgánicos no controlables. En estas condiciones el agua puede tornarse pútrida si se pretendiera utilizar el mismo volumen de agua para varias jornadas de despulpado.

Así que el agua recirculada sólo debe utilizarse para una única jornada operativa y luego ser enviada a los sistemas de tratamiento

- Despulpado “en seco” en sistemas de de beneficiado húmedo tradicional

El circuito de recirculación de agua en el sistema de despulpado supone evitar el contacto de la pulpa con el agua. Pero el grano es transportado hidráulicamente y se utiliza la criba inundada y/o el canal de “cuellos de ganso”. Por tanto el despulpado en seco no impone restricciones en cuanto al uso del agua para transportar y clasificar el grano.

- Utilización de sistemas hidráulicos para separación de objetos extraños

El uso de canaletas con flujo de agua es un método efectivo y económico para separación de piedras, palos e impurezas. Estos equipos se insertan en el circuito de recirculación para recibo – despulpado – clasificación; su aplicación no presenta ningún problema para la reducción de uso de agua y reducción de la contaminación.

- Utilización de sistemas hidráulicos para clasificación de café fruta

Los equipos de clasificación de fruta basados en la flotación de frutos imperfectos también se insertan en el circuito de recirculación de recibo – despulpado – clasificación. El sifón de dimensiones reducidas es el mejor ejemplo de adaptación a tecnologías de uso racional. También hay equipos de sifones mecanizados que utilizan volúmenes mayores de agua; estos también aplican, manteniéndose siempre el requerimiento de dar tratamiento al agua recirculada.

- Utilización de sistemas hidráulicos para clasificación de café pergamino

Las cribas rotatorias inundadas también mantienen su aplicación en los sistemas de uso racional del agua y aplicando los conceptos mencionados en los puntos anteriores. Ya se mencionó también el caso de los canales de clasificación por densidad.

Disposición de tuberías específicas para aguas residuales

Requerimientos Mínimos N∞45

La implementación de los sistemas de recirculación por circuitos separados facilitará también la instalación de tuberías para conducción y evacuación de las aguas residuales. Los conductos utilizados para aguas residuales serán de uso exclusivo para estos fluidos.

Uso racional de agua para el proceso de beneficiado, puntualizando:

a. La planta beneficiadora debe dotarse con tuberías que permitan el reciclaje continuo del agua, utilizándose un circuito hidráulico cerrado para realizar las diferentes operaciones, tales como trasiego de la fruta de las estructuras de recibo hacia los equipos de clasificación y despulpado.

b. Debe implementarse el uso regulado de corrientes de agua de ingreso y salida hacia el sistema de beneficio húmedo, provenientes de un tanque de abasto, de modo que el volumen de agua utilizado tendrá carácter unitario diario. (volumen del tanque).

c. Estas previsiones tienen el objetivo de lograr la máxima reducción posible de la cantidad de agua utilizada, a fin de hacer factible el uso de sistemas de tratamiento para las aguas residuales del proceso de beneficiado de café.

Cumplimiento de leyes referentes a la descarga de aguas residuales

Requerimientos Mínimos N°46

Es importante tener en mente las tendencias prevalecientes en el comercio internacional. Se realizan negociaciones, se buscan términos de entendimiento. Ya no se negocia solamente cantidad y calidad de los productos agrícolas. Hay un nuevo aspecto de suma importancia: *La producción sostenible, que contempla desde luego la producción limpia.* En la situación actual los compradores de cafés especiales exigen la aplicación de normas de producción sostenible, producción limpia y protección del medio ambiente.

Hasta hace pocos años escuchábamos de los expertos frases como que: "*el método más barato para la remoción del mucílago es la fermentación natural seguida por el lavado*", porque la mentalidad imperante era el uso indiscriminado de los recursos naturales y además nuestros países dependían grandemente del cultivo de café, que justificaba todo.

Pero el costo económico de utilizar fermentación natural es el costo del tratamiento de aguas y el costo de la mano de obra semiespecializada para manejar el sistema de beneficio húmedo con recirculación de aguas y sus ya mencionadas consecuencias.

Disposición de aguas residuales

El agua residual debe disponerse en acatamiento de las regulaciones vigentes en cada país. Pero la tendencia a la globalización también es procura la aplicación de estándares universales, ellos incluyen los parámetros aplicables para medición de la contaminación y los rangos de tolerancia para descarga hacia los cuerpos de agua.

- La estructura organizativa encargada del procesamiento de café deberá contar con un plan para el tratamiento de las aguas residuales, de modo que no podrán descargarse aguas crudas hacia los cuerpos de agua.

Parámetros para evaluación de aguas residuales

Los reglamentos de vertido aplicables a la industria cafetalera contemplan el cumplimiento de algunos parámetros que miden la carga contaminante presente en las aguas residuales. (Valerín, 2002)

Sólidos. (Valerín, 2002)

Los particulados orgánicos e inorgánicos en las aguas residuales son sólidos sedimentables, flotantes y en suspensión capaces de formar depósitos de aspecto desagradable y bancos de lodo olorosos y de reducir la penetración de luz en el agua.

Los sólidos son utilizados para evaluar el nivel de contaminación existente en las aguas residuales, de igual forma, sirven para determinar la eficiencia de un sistema de tratamiento. Existen varios tipos de sólidos, cuya concentración se evalúa por métodos de laboratorio.

Sólidos sedimentables. (SSed) (Valerín, 2002)

Son los sólidos es suspensión que sedimentan bajo ciertas condiciones sin agitación ni movimiento, por acción de la gravedad.

Para medir los sólidos sedimentables se utiliza el cono "Imhoff", que consiste de un recipiente en forma cónica y posee una capacidad de un litro, en el cual se coloca 1 litro de agua residual, previamente agitada, se esperan 45 minutos al cabo de los cuales se raspan las paredes del cono con una varilla de vidrio, se esperan 15 minutos más, finalmente se observa la cantidad de sólidos que han sedimentado y se reporta el valor respectivo en unidades de mililitros por litro (ml/L).

Sólidos Suspendidos Totales (SST). (Valerín, 2002)

Se denominan también como sólidos no filtrables. Este tipo de sólidos son los que quedan retenidos en el papel filtro después de filtrar la muestra y secar el papel a 103º C por un período aproximado de 12 a 15 horas. Los sólidos en suspensión pueden dar lugar al desarrollo de depósitos de fango y de condiciones anaerobias cuando se vierte agua residual sin tratar al entorno acuático.

- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO). (Valerín, 2002)

Es la cantidad de oxígeno disuelto requerida por los microorganismos para oxidar la materia orgánica, en un período de tiempo determinado. Este parámetro es muy utilizado, ya que, cuantifica la cantidad de materia orgánica contenida en el agua.

Para análisis de laboratorio se utiliza la DBO5, que consiste en la determinación del oxígeno consumido por los microorganismos en un intervalo de tiempo de cinco días a 20ºC. Generalmente se reporta en miligramos por litro (mg/L)

- Demanda Química de Oxígeno. (DQO) (Valerín, 2002)

Mide la cantidad de oxígeno consumido por un agente oxidante químico, (bicromato o permanganato de potasio) para degradar la materia orgánica e inorgánica contenida en el agua, en un medio ácido. También se reporta en mg/L.

El ensayo debe hacerse a elevadas temperaturas. Para facilitar la oxidación de determinados tipos de compuestos orgánicos es preciso emplear un catalizador (por ejemplo el sulfato de plata) puesto que algunos compuesto orgánicos interfieren con el desarrollo del ensayo.

La DQO de un agua residual suele ser mayor que su correspondiente DBO, siendo esto debido al mayor número de compuestos cuya oxidación tiene lugar por vía química frente a los que se oxidan por vía biológica.

Ejecución de Programas para autoevaluación de parámetros de aguas resduales

Requerimientos Mínimos N°47

Como puede deducirse del artículo precedente, la actividad de medición de parámetros de agua residual requiere de personal y equipos especializados. No debe cargarse a la administración del beneficio con una tarea compleja que no está relacionada con su función

Lo que debe hacerse es acudir a laboratorios especializados, preferiblemente acreditados, para efectuar un programa de monitoreo de las aguas residuales que serán descargadas a los cuerpos de agua. El objetivo es calificar la situación de las aguas residuales y preparar estrategias para mejorar su calidad.

- Etapas y estructuras para tratamiento de aguas residuales

"*Si utilizamos agua como insumo de la producción, esa agua debe recibir tratamiento*". Sea que la legislación vigente ya lo requiera (o aún no) el punto es que: "El agua residual del beneficiado, conteniendo una fuerte carga de sustancias orgánicas deberá ser sometida a tratamiento en un sistema apto a sus características particulares, antes de su descarga final a los cuerpos de agua".

El tratamiento de aguas residuales comprende varias etapas realizadas en una secuencia. A estas etapas se les ha denominado como:

- Tratamiento primario y
- Tratamiento Secundario.

Las etapas se diferencian porque el tratamiento primario consiste en la separación de partículas sólidas suspendidas en el agua. El tratamiento secundario comprende reacciones orgánicas que producen el desdoblamiento de las moléculas de las sustancias orgánicas contaminantes. Esto se logra mediante la actividad de sistemas biológicos compuestos por poblaciones de bacterias.

- Tratamiento primario:

El tratamiento primario tiene como fin producir la separación de los sólidos suspendidos en el agua. Este tratamiento se realiza mediante medios mecánicos. Se divide en dos fases caracterizadas por el tipo de equipos utilizados. Estas fases son filtrado y sedimentación. La filtración separa partículas grandes y la sedimentación separa partículas finas.

Este proceso es muy efectivo en las aguas residuales de beneficiado, porque el transporte de la fruta produce lavado y por tanto dilución de sólidos en el agua. Del mismo modo las operaciones de transporte y clasificación de café en baba permiten que partículas de pulpa pulverizada se trasladen al agua. Se estima que el tratamiento primario permite reducir la carga contaminante de las aguas residuales de beneficiado en un 50%.

Componentes del Sistema de Tratamiento Primario:

- Filtros mecánicos (que pueden ser parte del sistema de recirculación)
- Sistema de tuberías (de aguas recirculadas y de aguas residuales) Tanques para sedimentación
- Bombas para extracción de lodos (opcional, depende del diseño del sistema)
- Laguna de lodos

Filtrado: Equipo para separación de partículas grandes.

El equipo utilizado son los filtros de tamiz metálico. Hay dos tipos: Cilindro rotatorio y malla cóncava. Estos filtros están provistos de mallas que retienen partículas cuyo tamaño sea mayor a 0.75 mm.

- Disposición de las partículas separadas por filtrado

Las partículas separadas por estos filtros se mezclan preferiblemente a la pulpa, pues en realidad se trata de trozos muy pequeños de pulpa pulverizada y grúmulos de arenas finas. Al reunirse con la pulpa recibirán el tratamiento correspondiente.

✓ Estructura para sedimentación de sólidos sedimentables

Se utilizan tanques de mampostería, dotados de mamparas para provocar la decantación de las partículas. Hay variedad de diseños siendo el más sencillo los tanques de forma rectangular.

- Disposición de material separado por filtrado

Los sólidos sedimentados se extraen como un fluido espeso, succionado desde el fondo del tanque. Este fluido es denominado “lodo”. El lodo es enviado a la “laguna de lodos” para que se produzca su desecación por efecto de radiación solar.

Sedimentador

Lodos sedimentados y bomba sumergible

Laguna de lodos

Laguna de lodos. (Valerín, 2002)

“La laguna de lodos está concebida como un pequeño estanque para depósito temporal de los materiales purgados desde los sedimentadores. Dado que este material será mayoritariamente compuesto de pequeñas partículas de pulpa pulverizada y grúmulos de arenas, cuando se produce su desecación se convierte en un material ya disponible para ser utilizado como abono orgánico.”

Requerimiento del tratamiento primario

- La planta beneficiadora deberá estar dotada con sistemas para tratamiento primario de las aguas residuales, entendido como la utilización de equipo para la remoción de sólidos mediante filtrado y/o sedimentación.

- Tratamiento secundario (Valerín, 2002)

“Estos sistemas operan mediante la adaptación de colonias de bacterias, proveyendo las condiciones adecuadas para su desarrollo y crecimiento, contemplando aspectos como regulación de acidez y temperatura de las aguas residuales. Hay sistemas Aeróbicos y Anaeróbicos, definición que marca gran diferencia entre ellos.

Dada la magnitud de la carga orgánica presente en las aguas residuales del beneficiado de café, el tipo de estructura debe ser de preferencia basado en bacterias de medio anaerobio. La carga orgánica contaminante es transformada y digerida en un proceso que se divide por etapas y por tipos de colonias de bacterias adaptadas a cada fase de este proceso.”

- Tipos de estructuras de medio anaerobio, las que se han aplicado con éxito para aguas residuales de beneficiado son:

- Sistemas de lagunaje en serie

Observaciones importantes a la aplicabilidad de sistemas de lagunaje

El tratamiento con lagunas es aplicable bajo ciertas condiciones muy particulares y que corresponden con plantas de beneficio de gran capacidad. En algunos casos estos sistemas requieren de un flujo permanente de agua, cuando menos en la época de beneficiado

Con la reducción tan considerable en la cantidad de agua los sistemas de lagunas de estabilización anaerobia solo son aptos para beneficios de café de gran capacidad. Hay tipicidades como lo es que la cantidad de agua residual está en relación directa con la cantidad de café procesado.

También considerar que las lagunas *requieren un flujo permanente*, sea de agua residual o limpia, pues el *estancamiento del agua resulta letal* para los sistemas bacteriológicos que habitan en sus aguas y que son los encargados de la digestión de la contaminación. Estos sistemas fueron adaptadas a la industria cafetalera en una etapa de transición entre el beneficiado tradicional hacia las condiciones actuales.

En ese entonces se utilizabán grandes cantidades de agua por unidad de producto terminado (café oro), pues sólo aplicaba fermentación natural, el despulpado y el manejo de la pulpa utilizaban corrientes de agua y la clasificación del café pergamino se realizaba en canales de correteo (manual y/o mecanizado). Pero estas tecnologías se han superado mediante innovaciones, quizá la más trascendental el desarrollo de equipos para desmucilaginado mecánico, así como el despulpado en seco y transporte no hidráulico de la pulpa. Se ha dado un gran cambio en la industria regional, en un proceso que continúa.

- Reactores anaerobios de flujo ascendente.

Los reactores anaerobios han demostrado muy buenos resultados con las aguas residuales de beneficiado de café. Pero para alcanzar estos logros se requiere de personal capacitado para su correcta operación. Hay varias condiciones operativas que son requisito, como:

- Completa y efectiva realización del tratamiento primario
- Neutralización y Estabilización de las aguas antes de entrar al reactor
- Regulación del caudal de ingreso al reactor
- Regulación de la temperatura del agua.

Los reactores son más versátiles en cuanto a que se pueden adaptar a volúmenes grandes o reducidos de aguas residuales, pero el factor de diseño y operación es más especializado.

Factores para estimación del volumen de aguas residuales

Volumen de mucílago con agua generado por desmucilaginado mecánico

La cantidad de mucílago producido para el proceso de un quintal (46 kg) de café oro es 40 litros. El consumo de agua unitario (l/qq oro) es de 60 l. Así que el volumen de agua residual producido por desmucilaginado mecánico es de 100 litros por quintal de café oro producido por beneficiado húmedo.

Ciertamente no puede compararse con la cantidad de agua residual que se produce por la técnica de fermentación natural y lavado, según se muestra a continuación

Consumo de agua para lavado de café fermentado, según varias fuentes:

Cuando se utiliza fermentación natural se genera un volumen de agua residual que requiere tratamiento, para estimarlo se citan algunos datos ofrecidos por CENICAFE.

Lavado en el tanque de fermentación

El consumo de agua es de 4.2 l/kg de cps. En Colombia es usual unidades de kilogramo de café pergamino seco. Expresado en unidades de tonelada de café oro (producto terminado) este factor es de 5.2 m3 de agua para 1000 kg. de café oro, que equivalen a 5500 kg de café fruta (aproximadamente).

Significa que la cantidad residual de agua producida por un beneficio que procese 120 quintales de café en fruta maduro es de **5.2 m3**.

Consejo Internacional del Café
85o período de sesiones (extraordinario)
1 febrero 2002
Londres, Inglaterra
Resolución Número 407
APROBADA EN LA SESIÓN PLENARIA,
EL 1 DE FEBRERO DE 2002
Aplicación del Programa de mejora de la calidad del café
EL CONSEJO INTERNACIONAL DEL CAFÉ,
Medidas a partir del 1o de octubre de 2002

A. Normas mínimas para el café de calidad exportable

2. Los Miembros exportadores no deberán exportar café que:

a) si es Arábiga, tenga más de 86 defectos por muestra de 300 gr. (método Brasil/Nueva York de clasificación de café verde, o equivalente**1**); y, si es Robusta, tenga más de 150 defectos por 300 gr. (Viet Nam, Indonesia, o equivalente).
b) tanto si es Arábiga como Robusta, tenga un contenido de humedad de menos del *8 por ciento o de más del 12,5* por ciento, medido *con arreglo al método ISO 6673*.

Está quizá demás anotar aquí que los países miembros de PROMECAFE son socios de la OIC, y por ello se obligan a sí mismos a cumplir con sus resoluciones.

Pero el rango de humedad tiene un fundamento en aspectos prácticos y necesidades de la comercialización de café pergamino y café oro, a continuación se citan los más importantes: (que posteriormente se explicarán con más detalle)

- Condiciones físicas aptas para ser trillado (paso de café pergamino a café oro)
- Condiciones físicas aptas para ser sometido al proceso de tostión
- Condiciones que faculten la preservación de su calidad durante el almacenamiento (en pergamino y en oro)
- Condiciones para la Inhibición de desarrollo de mohos en su comercialización.

Se evitará (completamente) el almacenaje de café pergamino a medio secar.

Requerimientos Mínimos N∞49

En nuestra región ha ocurrido que cuando la cantidad de café recibido en el beneficio supera a su capacidad para efectuar el secamiento, se recurre al

Lavado en canales tradicionales de correteo manual

El consumo de agua, sin recirculación, es de 39.0 l/kg de cps. Es decir: 48 m3 por tonelada de café oro. Significa que la cantidad residual de agua producida por un beneficio que procese 120 quintales de café en fruta maduro es de **48 m3**.

Lavado en canal semisumergido y/o canal de “cuellos de ganso”.

En el caso del canal semisumergido, el consumo es de 6.1 l/kg de cps.” Es decir: 7.5 m3 por tonelada de café oro. Significa que la cantidad residual de agua producida por un beneficio que procese 120 quintales de café en fruta maduro es de **7.5** m3.

Técnica y estructura aplicada para el lavado del café terminado	consumo de agua
Lavado en el tanque de fermentación	5,20 m37ton café oro
Lacado en canales tradicionales de corretero manual	48,00 m37ton café oro
Lavado en canal semi sumergido y/o canal de "cuellos de ganso".	7,50 m37ton café oro

X. ETAPA: ASPECTOS RELATIVOS A LA OPERACIÓN DE SECAMIENTO DEL CAFÉ PERGAMINO

El objetivo del secamiento es llevar el café hasta el contenido de humedad aceptado para su comercialización, en el rango de 10-12% (base húmeda).

Requerimientos Mínimos N∞48

En su resolución N°407 de enero del 2002, la Organización Internacional del Café (OIC) solicitó a sus países miembros NO comercializar café cuyo contenido de humedad se halle fuera del rango del 8% al 12%. Además se estipula la utilización de una norma internacionalmente aceptada para la determinación del contenido de humedad, el cual se expresa “en base húmeda”. (Consejo Internacional del Café , 2002)

A continuación se transcriben las partes concernientes del documento respectivo:

almacenaje de café húmedo. Se almacena café pergamino que no ha completado su secamiento, para desocupar las máquinas secadoras y/o lo patios y así poder continuar recibiendo y procesando café *excediendo la capacidad operativa del beneficio* (capacidad para proceso seguro). Cuando el centro de cosecha ha pasado, cuatro o seis semanas después, se saca ese café y se completa el secamiento. (De los lotes almacenados sin secamiento cabal)

Pero esta práctica provoca enmohecimiento del café, causando así el deterioro de su calidad de taza. Pero los problemas que acarrea esta práctica son mucho mayores, porque los mohos que crecen en los granos almacenados húmedos producen toxinas altamente peligrosas para el organismo humano si están presentes en alimentos y/o bebidas.

"Algunos hongos que se desarrollan en los granos tienen la capacidad de producir substancias químicas que son tóxicas para el ser humano y para los animales. Estos venenos químicos reciben el nombre de mico toxinas. Un grupo específico de mico toxinas, las aflatoxinas, ha sido considerado de gran peligro para los seres humanos y animales.

La aflatoxina es producida por los hongos del género Aspergillus (particularmente Aspergillus flavus) cuyas esporas se encuentran muy diseminadas en la naturaleza. Cantidades muy pequeñas de aflotoxinas pueden causar graves enfermedades y a veces, hasta la muerte. En el caso del café se ha identificado la Ocratoxina A, la cual es producida por Aspergillus. También se sabe que este hongo se desarrolla en condiciones ambientales cuando el café tiene contenido de humedad mayor a 16%, pero cuando el café se rehumedece en ambientes húmedos un contenido de humedad del 13% basta para que el hongo se desarrolle". (Rodríguez & Solís, 2004).

Aunque hay otros factores que pueden ejercer influencia sobre la conservación de los granos almacenados, *el contenido de humedad es el principal factor* que influye en la calidad del producto almacenado. La prevención del crecimiento de los hongos sin emplear productos químicos, se puede llevar a cabo *controlando el contenido de humedad de los granos*, la temperatura y el medio ambiente del almacenamiento. (Arias, 1993)

Durante el almacenamiento, la calidad del café no se mejora *a lo sumo se mantiene*, por un periodo limitado de tiempo. Para obtener un *almacenamiento seguro*, el café pergamino debe tener el contenido de humedad de comercialización (11-12%), ya que a un contenido de humedad mayor se constituye en un medio ideal para el desarrollo de hongos y mohos. (Puerta Q, Prevenga la Ochratoxina A y mantenga la inocuidad y la calidad del café, 2003)

Se evitarán las mezclas de lotes de café pertenecientes a diferentes partidas y que no hayan completado su secamiento.

Requerimientos Mínimos N∘50

Hay muchas razones por las que no deben mezclarse lotes de café que no han completado su secamiento; a continuación se citan las más importantes:

- Para evitar posibles contaminaciones de lotes de buena calidad, se ejemplifica así:

  Durante su procesamiento un lote de café puede haber sufrido deterioro de su calidad, como por producto de fermentaciones indeseables. Ello puede ocurrir por descontrol en las pilas de fermentación, o porque un lote amontonado en el patio no se haya colocado en secamiento de modo inmediato. Si un lote con problema se mezcla a un lote que estaba bien entonces el problema abarcará completamente a los dos lotes (o más) involucrados

- Para proveer uniformidad en el contenido de humedad entre todos los granos

  Aunque dos lotes parezcan tener contenidos de humedad similares, un error de apreciación puede inducir a los operadores a mezclar lotes cuya diferencia de humedad sea tal que cause que el resultado final sea un lote con granos sobre secados y granos húmedos.

- Para asegurar que los procedimientos de trazabilidad se cumplen con seguridad

  En el procesamiento de café de calidad diferenciada es preciso aplicar procedimientos de trazabilidad a través del beneficiado y para ello es requisito indispensable mantener la integridad de cada lote a través de todas las etapas del proceso de beneficiado.

Aplicación de procedimientos y herramientas adecuadas para realizar el secamiento solar de café en patios.

Requerimientos Mínimos N∘51, N∘52 y N∘53

Para el secado solar en patios el café se extiende sobre una superficie construida en mampostería. El café pergamino se coloca formando una capa de poco espesor. La masa de grano es removida y volteada frecuentemente para uniformar la humedad y la temperatura de los granos. La masa de café debe ser volteada seis veces al día, con una frecuencia de una hora.

Disposición de capas delgadas al inicio del secamiento (Fase de Oreado)

El café pergamino lavado se debe disponer en capas cuyo espesor máximo sea de 2 a 3 centímetros. Para este fin se utiliza una carretilla dispuesta con una compuerta regulable. La compuerta se abre lo suficiente para dar paso a una cascada delgada de granos; luego la carretilla se desplaza sobre el patio depositando el grano acomodado en una capa delgada.

Herramientas adecuadas para efectuar el volteo del café

Para efectuar el volteo se utilizan rastrillos especialmente construidos a este propósito. El rastrillo es un instrumento de pala cuadrangular, ordinariamente de 20 a 25 cm de lado.

El grano de café sufre deterioro de su calidad si es trillado antes de su almacenaje

Al inicio del secamiento el pergamino se halla firmemente adherido al grano de café. Pero en las etapas finales del secado se desprende formando una cubierta que puede desprenderse si es forzada excesivamente. El grano trillado sufre oxidación. Debe evitarse producir trillado en la maniobra de volteo del café pergamino. Por ello los materiales con que se fabrica la paleta deben ser dúctiles, por lo que pueden ser utilizadas maderas suaves (o incluso piezas de PVC) para su confección; en este sentido, los bordes de la paleta deben ser redondeados y suavizados. Todo con el objetivo de reducir al máximo la ocurrencia del trillado que podría ser provocado por esfuerzos aplicados al pergamino.

Frecuencia de volteo de la masa de café **(RMín N°54)**

El café pergamino lavado se halla cargado de humedad, tanta que escurre agua sobre el patio cuando el café está cayendo desde la carretilla. Pero está humedad se halla como “agua libre”. Esto significa que no hay fuerzas de retención capilar que la mantengan adherida al grano. Si hay radiación solar efectiva la humedad superficial será evaporada rápidamente. A este proceso

se le denomina “Oreado”. Entonces hay mucha humedad que se evapora del grano. Pero esto puede provocar que empiecen a producirse diferencias de humedad entre los granos. *De hecho*, en el secado solar en patios hay que batallar para lograr un secamiento homogéneo y es frecuente que los operadores inexpertos se vean confrontados con partidas mal secadas.

Por todo lo anotado es muy recomendable que el volteo se realice con una frecuencia el intervalos máximos de una hora entre cada volteo.

Protección del café contra posible re humedecimiento (RMín N°55)

Un principio operativo básico consiste en retirar el café de los patios durante la noche. El café pergamino puede absorber humedad del aire nocturno frío y húmedo, o sufrir una llovizna repentina. Conforme lo anotado el café debe amontonarse en la parte más alta del patio, reuniéndolo en montículos que deben ser cubiertos con mantas de material impermeable. Esto es para que exista la seguridad que el café no se rehumedezca.

Una vez que finaliza el lavado se debe iniciar la remoción de agua superficial (oreado de la masa de café pergamino lavado).

Requerimientos Mínimos N°54

En el apartado referente a desmucilaginado mecánico, específicamente en el requerimiento N°35 anotado en la página 65, se explica la inconveniencia que tiene la práctica de almacenar café lavado debido a la pérdida de peso que se produce en el café cuando se demora el inicio del secamiento por mantenerlo depositado en tanques o tolvas.

No mantenimiento de montículos de café lavado en el patio de secado solar

Pero hay otra práctica muy inapropiada que es común observar en instalaciones de secado solar en patios. Este es el caso cuando el café lavado se recoge descargado de los canales de clasificación y se coloca amontonado en montículos, *pero sin que sea extendido para iniciar con la fase de oreado*. Dado que todo esto está sucediendo sobre la superficie del patio, donde hay fuerte radiación solar, lo que ocurre es un calentamiento espontáneo del café húmedo, proceso que se incrementa por la radiación solar. Este tipo de situación deriva en que algunas partes de la masa de café sufran pos fermentaciones descontroladas que posteriormente provocan daños perceptibles en la calidad de taza del café.

Por ello este requerimiento se refiere a que el café lavado y descargado sobre el patio *debe ser distribuido y extendido de modo inmediato*, para conformar la capa que iniciará con la fase de oreado (secamiento superficial del grano). Ya se mencionó anteriormente el uso de la carretilla para depósito y distribución del café para que se conforme la capa de grano en el patio de secado solar, con lo cual se brinda la herramienta para evitar las prácticas inadecuadas.

Capacidad operativa del equipo para secamiento suficiente para procesar la cantidad de café comprometida o planificada.

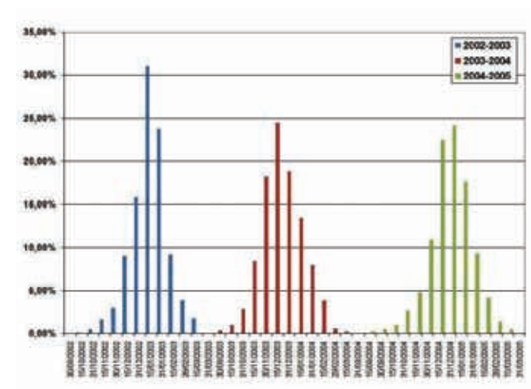
Requerimientos Mínimos N°55

Patrón de ingreso de café fruta al beneficio

La cantidad diaria de café que ingresa a los beneficios no es uniforme. Hay un patrón de comportamiento que se caracteriza por “un pico” o centro de la cosecha. Ello obedece a que la maduración se concentra en un período corto de tiempo. Aunque la cosecha puede prolongarse por tres o cuatro meses, existe un período “centro de maduración” en el cual se realiza la cosecha con intensidad marcada.

En esta gráfica se muestran los reportes de ingreso de café mostrando la cantidad quincenal recibida en un beneficio de una zona cafetalera típica para una región de altitud mayor a 1200 msnm.

La inspección de estos datos muestra que hay 3 quincenas de alto recibo en las cuales se procesa el 65.4 % de la cosecha. Pero en la quincena pico se requiere procesar el 26.5 % del total.



Se puede deducir que la planta de beneficio debe contar con capacidad diaria para procesar el 2% del total de la cosecha (que resulta de dividir la quincena pico entre 13 días).

Ejemplo de cálculo de área requerida para un patio de secado solar

Si un beneficio procesa anualmente 257 600 kg de café maduro (5600 quintales), el recibo diario máximo se estima que es el 2%, esto es:

Ingreso pico diario: 257 600 x 2/100 = 5 152 kg (112 quintales de fruta)

El café lavado representa el 43% del peso total del café fruta. De aquí:

La cantidad (diaria pico) de café lavado es: 5 152 x 43/100 = 2210 kg (48.05 quintales, esto es 4805 libras de café lavado).

Requerimientos para un sistema de secado solar en patios:

Primero hay que considerar cual es el tiempo usual que se requiere en cada región particular para completar el secamiento. Sobre el supuesto de la situación idónea de máxima intensidad de radiación solar, en la cual el tiempo total es de 5 días requerido para completar totalmente el secamiento; esto se cumple si estos 5 días son de plena radiación solar; la duración del secado debe ser estimada con base a la experiencia y datos confiables. A continuación el desarrollo de este ejemplo:

Un factor muy aceptado en nuestra región es considerar 32.2 kg/m2 (70 libras de café lavado por metro cuadrado). Con este factor el espesor de la capa es de 5 cm. (Menchú, 1985)

El cociente del peso total entre el factor es el área requerida para el lote del día pico

El área requerida para depositar el lote del día pico es: 4805 lb/70 lb/m2 = 68.6 metros cuadrados.

Pero considerando que el tiempo total es de 5 días, entonces el área total requerida se obtiene como el producto de multiplicar el área del lote pico por 5 (días requeridos para completar el secamiento)

Área total requerida = 68.6 m2 x 5 (días para completar el secado) = 343.2 m2

Aplicación de procedimientos rutinarios de trazabilidad y pesaje de los lotes de café sometidos a secamiento.

- *Requerimientos Mínimos N°56, N°57, y N°58*

- Segregación o partición de la producción en el proceso de beneficio húmedo

Como parte del proceso húmedo se produce una partición de la producción. Se tendrán cuando dos menos dos subtipos de café: Primer y Segundo pergamino; puede haber más.

Pero un beneficio puede procesar varios tipos, que pueden ser separados por su región productora o por otros criterios. Se tendrá que cada tipo se subdividirá en 2 tipos de café pergamino (cuando menos).

Debe por tanto establecerse un procedimiento para identificar los lotes a través de su procesamiento, de modo que puedan ser *trazados documentalmente* (a través del procesamiento aplicado a cada lote)

- Uso de rotulación móvil para identificación de lotes en el secamiento

El método más práctico consiste en colocar rótulos en cada lugar y etapa del proceso. Los rótulos son elementos móviles. El código anotado en el rótulo opera como identificador.

- Pesaje o estimación del peso de cada lote de café al finalizar el secado (RMín N°60)

El peso final de la partida de café pergamino (al finalizar el secamiento) deberá medirse, o bien efectuarse la estimación de su peso mediante cálculo por métodos indirectos; esta información se debe registrar en la bitácora del proceso del lote.

- Método directo para pesaje: Consiste en el pesaje utilizando básculas para este propósito. No siempre se cuenta con esta facilidad, o bien efectuar el pesaje puede ser complicado y/o costoso.

Para visualizar esta situación, a continuación un diagrama, donde cada placa rectangular de color gris representa el área total de patio disponible. Allí se va colocando cada día un nuevo lote que ocupa la misma área individual. El día domingo no se cosecha café (ni se procesa en el beneficio húmedo, así que no se toma en cuenta un lote en el domingo).

Área ocupada en 1era. semana

Área ocupada en 2da. semana

Como puede verse la máxima ocupación es de cinco áreas individuales para lotes del mismo tamaño. Todo esto es para visualizar que el área total requerida es de cinco veces el tamaño del "lote del día pico", si la duración del secado es de cinco días.

- Criterio para aplicación del factor de duración del secamiento solar en patios

Aquí es importante considerar que la duración estimada de cinco días es un factor *que quizás subestima* la duración real del secamiento solar en patios para diferentes regiones. La consecuencia de que el tiempo de secado sea mayor es que se requiere más área de patio. Si el secado demora 7 días, entonces el área requerida se calcula multiplicando el "área del lote pico" por siete. (Menchú, 1985).

Método indirecto para estimación del peso de café pergamino: Este método consiste en determinar la densidad a granel del café pergamino. Así que conociendo el volumen de café se puede obtener el peso del lote. El peso se obtiene como el producto de multiplicar la densidad POR el volumen de café pergamino (contenido en la secadora).

La densidad a granel se determina pesando un volumen conocido de café. Usualmente este volumen es de un litro de grano. La norma oficial contempla el uso de un recipiente cilíndrico de un litro de volumen. Este es un cilindro de 10 cm de diámetro y 10 cm de alto.

Este cilindro es fácil de construir utilizando un tubo de PVC de 4". Se utiliza un cabo de tubo de 10 cm al cual se le coloca el tapón (estos son elementos de tubería para conducción de agua potable fabricada de PVC).

Aunque se carezca de todos los instrumentos se pueden tener buenas aproximaciones para el lote de primer pergamino aplicando los siguientes factores:

- Densidad a granel del café pergamino seco: 396 kg/m3.
- Porcentaje por peso del pergamino: 18.5%

Ejemplo: La secadora rotatoria guardiola estándar está dotada con tolvas, cuyo volumen total de café pergamino es de 9.6 m3 (se obtiene por cubicaje de las tolvas).

Así que el peso del café contenido en la secadora es: 9.6 m3 x 396 kg/m3 = 3802 kg

Este es el peso del café pergamino seco. Para calcular el peso de café oro hay que extraer el peso del pergamino, que es el 18.5% del peso total del café contenido en la secadora.

Peso de pergamino (cascabillo o pajilla) = 3802 kg x (18.5/100) = 703.3 kg

De donde: El peso del café oro resulta de sustraer este peso del peso total, así que:

Peso de café oro = Peso de café pergamino – Peso de pergamino = 3802 – 703.3 = 3098 kg.

Para obtener este peso en quintales se divide por 46 kg/qq: 3098/46 = 67 qq de café oro.

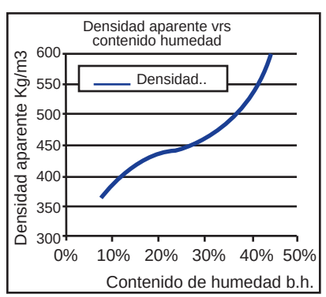
Monitoreo horario del contenido de humedad para control de avance del secamiento y para decidir acertadamente la finalización de esta operación.

Requerimientos Mínimos N°59

Al principio del secamiento cuando la humedad del café es muy elevada, los detectores de humedad electrónicos no pueden efectuar mediciones. Pero en las etapas avanzadas del secamiento, cuando el contenido de humedad desciende del 30%, muchos equipos electrónicos pueden medirla. En todo caso, el monitoreo tiene sentido para lograr una buena aproximación y control de la humedad justo en la etapa final; el objetivo es ajustar adecuadamente el control del proceso de secado para dar acertada finalización del mismo. *Este monitoreo deberá quedar registrado en la bitácora correspondiente a la secadora que se esté utilizando.*

Método de la densidad aparente para determinar el contenido de humedad

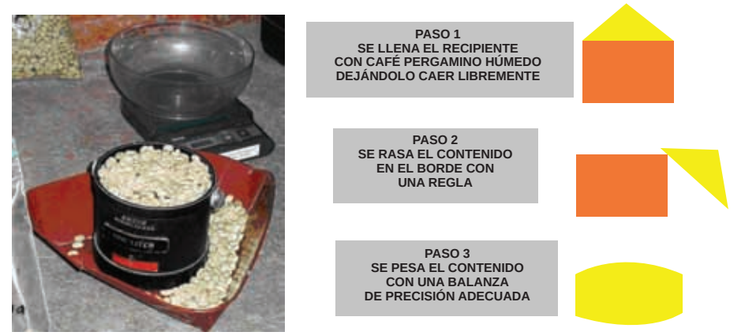
El comportamiento de la densidad (aparente) con respecto al contenido de humedad muestra un patrón regular, dando solidez a este método empírico, pero eficaz:



Contenido de Humedad bh	Densidad Aparente kg/m3	Contenido de Humedad bh	Densidad Aparente kg/m3
8,0%	364,5	8,0%	364,5
9,0%	374,3	10,0%	383,2
10,0%	383,2	12,5%	401,6
11,0%	391,2	15,0%	415,5
12,0%	398,3	17,5%	426,0
13,0%	404,7	20,0%	434,1
14,0%	410,4	22,5%	440,9
15,0%	415,5	25,0%	447,5
16,0%	420,1	27,5%	454,5
17,0%	424,1	30,0%	464,0
18,0%	427,8	32,5%	476,2
19,0%	431,1	35,0%	492,3
20,0%	434,1	37,5%	513,4
21,0%	436,9	40,0%	540,6
22,0%	439,6	42,5%	575,0
23,0%	442,2	45,0%	617,6

Aplicando el método de pesar el volumen de un litro de café se puede tener una buena aproximación para medir el contenido de humedad. Consiste en lo siguiente:

- Se toma la muestra de café pergamino proveniente de la secadora analizada
- Se llena el cilindro (construido con el tubo de PVC de 4") con el café de la muestra
- Se toma el peso del café contenido en el cilindro.



Ejemplo: Si la muestra de café (tomada del recipiente de un litro) pesa 434 gramos, el café está a 20% de contenido de humedad (expresada en base húmeda).

Utilización de instrumentación certificable para medición de contenido de humedad del café, aplicando así un procedimiento confiable para efectos de comercialización.

Requerimientos Mínimos N∞60

Un aspecto clave en la comercialización de granos es su contenido de humedad. Los comercializadores de café prestan mucha atención a este parámetro y son muy exigentes al respecto. Y es que el contenido de humedad influye directamente en el peso del café.

Por esto es muy importante imponer el uso de instrumentación confiable para la medición del contenido de humedad. Pero aquí es necesario clarificar algunos aspectos técnicos en cuanto a la validez y confiabilidad de la determinación del contenido de humedad.

Métodos Directos de medición de contenido de humedad

Como se refirió al iniciar el tema del secado, en el requerimiento N°50, la OIC adopta la Norma ISO 6673 para determinación del contenido de humedad. Pero este es el método de horno efectuado en un laboratorio certificado. Y debido al tiempo y desplazamientos para llevar muestras a laboratorio no puede aplicarse para efectos prácticos de comercialización.

Métodos Indirectos de medición del contenido de humedad para granos.

Fue por esto que en los Estados Unidos el Departamento de Pesas y Medidas le recomendó al Departamento de Agricultura (USDA) adoptar el uso de detectores de humedad basados en la medición de capacitancia. (Martines López, 2006)

Ello porque hay otra variedad de instrumentos electrónicos de medición indirecta. Así que el detector de humedad electrónico *es un método indirecto.*

Lo importante entonces es que el Detector de Humedad Electrónico *haya sido calibrado utilizando el método de la Norma ISO 6673.* Es importante mencionar que hay otras normas que se han usado para calibrar detectores de humedad para café.

Lo que debe exigirse es que el distribuidor y representante de los equipos electrónicos pueda demostrar que su *equipo es certificable* con base en la norma ISO 6673.

Monitoreo horario de la temperatura del café pergamino durante su secamiento para controlar que no sobrepase el límite máximo (seguro) de 40∞C.

Requerimientos Mínimos N∞61

Un aspecto crucial, *al cual debe darse la máxima importancia*, es la temperatura que el café alcanza durante su secamiento. Para la valoración del café oro el primer aspecto analizado es su apariencia en oro. La presentación del color de los granos habla por sí misma de la calidad del grano. El color verde azulado es muy apreciado y por sí solo valoriza al café. El café secado violentamente muere. (Brando, 2004).

El grano de café está vivo después de su beneficiado por vía húmeda.

El café beneficiado correctamente conserva su capacidad de germinación, hecho que prueba su estado vital. Pero cuando el grano es sometido a un secado violento, durante el cual su temperatura se eleva por encima de los límites que puede tolerar, entonces el grano muere. Y el grano muerto tiene mala apariencia, pierde su color y se torna pálido y blanqueado. El grano blanqueado sufre rápidamente la oxidación y se suaviza, para luego tornarse blando y de color pardo, perdiendo, simultáneamente, todos los atributos de su calidad de taza.

El mito de la tolerancia de alta temperatura al inicio del secamiento del café

Hay tendencia de los operadores a pensar que al inicio del secamiento el café puede tolerar el uso de temperaturas elevadas. Este mito se sustenta en que el grano está muy húmedo y que no se calentará, o erróneamente se induce a creer que no se deteriorará. Ambas suposiciones son muy equivocadas. Para aclarar este tema, se cita textualmente el resumen de una investigación específica (a este tema) realizada en CENICAFE, Colombia.

"Seminario ilustrado con datos tendientes a la fijación de normas prácticas de secado y almacenamiento de café, según las condiciones ambientales, para no demeritar su peso ni su calidad. El sabor y el aroma pueden perderse en parte con un secado incorrecto. A mayor cantidad de agua libre en los granos la temperatura debe ser más baja, debido a que la expulsión de agua por evaporación está en razón directa con la cantidad de calor dado al sistema de secado. El agua en el grano está ejerciendo una acción disolvente de las sustancias fácilmente solubles del mismo; al aplicarle calor a un grano demasiado húmedo, la temperatura del agua aumenta considerablemente y su acción de disolución se hace mayor; esta agua por translación sale hacia afuera con las sustancias disueltas en ella. A medida que el café va perdiendo su agua de capilaridad, el arrastre de sustancias fácilmente solubles en agua caliente va siendo menor, pudiéndose entonces elevar lentamente la temperatura de secado". (López, 1952).

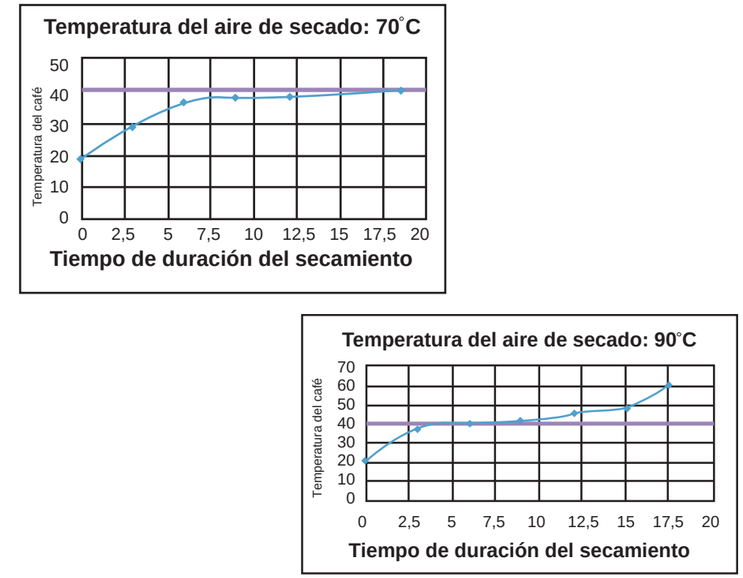
Temperatura de secamiento y temperatura del grano.

Antes de continuar, es importante tener muy claro que la temperatura utilizada para secado es muy diferente a la temperatura del café.

– *La temperatura de secado* (en secadoras mecánicas) es la temperatura del aire caliente que está ingresando a la secadora y atraviesa la masa de café (que está siendo secada). Esta es la temperatura que el operador de la secadora puede gobernar mediante mecanismos propios de su sistema de secado mecanizado.

– *La temperatura del café* es la temperatura que alcanzan los granos de café, *en sí mismos.* Una forma muy sencilla de medir la temperatura del café es utilizando el detector de humedad electrónico. Los detectores requieren una corrección por temperatura del café, lo cual de paso permite chequear la temperatura de la muestra de café que se tomó de la secadora, cuando se monitorea el avance del secamiento.

Pero hay que desarrollar la capacidad para relacionar la temperatura de secado con la correspondiente temperatura que el café alcanza producto del paso de aire caliente. Y la temperatura del café varía para los diferentes tipos de secadoras, *aunque se aplique la misma temperatura de secado*. A continuación se muestran dos gráficas que ilustran este concepto. (Cleves S., 1995)



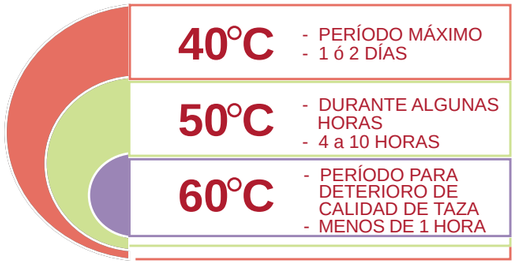
Para mejorar el concepto de temperatura del grano y su límite de tolerancia, a continuación se citan textualmente los siguientes párrafos: "(Sivetz & Michael & Foote, 1963).

Las mejores generalizaciones que se pueden hacer son:

1. *La temperatura del café, en sí mismo, para que pueda ser comparable debe determinarse aparte de la corriente de aire. Un método consiste en remover una muestra de la secadora, colocarla rápidamente en un contenedor aislante, como un "termo", colocar un termómetro y tomar la lectura más alta de temperatura a pocos minutos de la toma. El resultado será ligeramente inferior al promedio dentro de la secadora. Aún con este método los diferenciales internos de temperatura de la secadora permanecerán.*

2. Como una guía aproximada, puede definirse que:
   - a. El café tolerará 40°C por un día o dos
   - b. El café tolerará 50°C por pocas horas: 4 a 10 horas
   - c. La tolerancia a 60°C es por un período menor a 1 hora.

3. *De Hecho: Café seco (12%bh) sufre pérdida perceptible de sabor en aproximadamente una semana a 32°C. Es mejor almacenarlo bajo refrigeración."*



Vale la pena aquí repetir que: *La temperatura del café varía para los diferentes tipos de secadoras, aunque se aplique la misma temperatura de secado.*

"LÍMITE SEGURO DE TEMPERATURA"

- *"Debe entenderse claramente que no es suficiente con establecer solamente un límite de temperatura.*
- *El tiempo durante el cual se mantiene el café a una temperatura dada es lo que resulta importante para el mantenimiento de la calidad.*
- *Dado que las condiciones en los diferentes tipos de secadoras varían grandemente y dado que las temperaturas del café constantemente se mueven hacia abajo y hacia arriba, el programa de temperaturas, aún con el mismo secador varía con los diferentes operadores.*
- *Además, el avance del secado puede ser interrumpido por períodos de reposo para equilibrar el contenido de humedad.*
- *Por estas razones es imposible especificar niveles seguros de temperatura del café o aún combinaciones seguras de tiempo y temperatura.*
- *Es aún menos significativo especificar temperaturas del aire de secado porque la temperatura del café variará con respecto a la temperatura del aire especialmente al inicio del secado cuando el café fresco ha entrado a la secadora y está perdiendo humedad rápidamente debido al enfriamiento por evaporización.*
- *A veces, la superficie de los granos estará considerablemente más caliente que su centro. Sobrecalentamiento durante el secado produce sabores agrios o "cocinados" en la bebida de café." (Sivetz & Michael & Foote, 1963)*

Instrumentación para lectura y registro de temperatura

En el ámbito de los procesos industriales, como en el caso de los beneficios de café, en ciertas áreas las condiciones son difíciles por el calor, la humedad y el polvo. Hoy día hay equipos electrónicos robustos pero de dimensiones y peso reducidos que permiten efectuar lecturas de temperatura en sitios de difícil acceso.

Estos equipos se presentan en la forma de un instrumento compacto con lectura digital y una sonda para alcanzar el punto de medición.

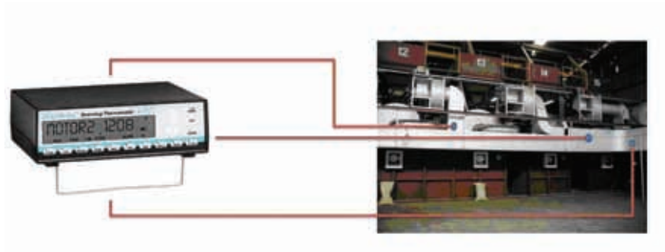
Sensores de temperatura con tecnología de termopares

Un termopar es un dispositivo formado por la unión de dos metales distintos que produce un voltaje (efecto Seebeck), que es función de la diferencia de temperatura entre uno de los extremos denominado "punto caliente" o “de medida” y el otro denominado "punto frío" o “de referencia”. Son económicos, intercambiables, tienen conectores estándar y son capaces de medir un amplio rango de temperaturas.

Resistentes a condiciones industriales *los cables termopares* son ampliamente usados como sensores de temperatura. La distancia entre el punto monitoreado y el instrumento lector *puede ser hasta 2 km.* Se utiliza el cable termopar, con un extremo situado en el punto de medición y el otro extremo en el aparato de lectura.

El grupo de termopares conectados en serie recibe el nombre de termopila. Tanto los termopares como las termopilas son muy usados para lecturas y controles térmicos de procesos industriales.

Utilización de cables termopares y Termopilas para leer la temperatura de secado



El instrumento mostrado en la figura superior es una termopila que efectúa lecturas de la temperatura en un ducto de distribución de aire para secado de café. Se extienden cables termopares desde el aparato hasta los puntos en que se desea leer la temperatura. Cada cable termopar tiene un extremo colocado en un punto del ducto de distribución de aire caliente. Ese punto corresponde a la temperatura del aire de secado utilizado para una secadora diferente. El otro extremo está conectado al aparato sensor que es una Termopila. Se puede leer y registrar la temperatura en los diferentes puntos de medición. *Las lecturas se pueden almacenar en un registro de computadora.*

Monitoreo: Lectura y registro de la temperatura del café durante su secamiento

La lectura de la temperatura del café se puede hacer de varias formas. Aquí se citan dos métodos prácticos y útiles para las condiciones del beneficio. En ambos casos se toma una muestra de café proveniente de la secadora que se está controlando.
Si se cuenta con un detector de humedad, la muestra se coloca en el aparato el cual usualmente está provisto para efectuar lecturas de temperatura del grano.

Otra posibilidad es utilizar un aparato compacto de termopares. Se toma la muestra, se coloca en un recipiente, preferiblemente térmico, y se coloca el cable termopar tomando la lectura de temperatura después de mantener el cable durante 2 minutos dentro de la masa.

Registro por bitácora de la temperatura de secado y la temperatura del grano

El seguimiento de la práctica de registro de ambas temperaturas *es requisito obligatorio* para el sistema de gestión de la calidad del café. Porque ya se ha citado, pero aquí se repite:

- *La temperatura del café es diferente para diferentes tipos de secadoras, aunque en toda comparación se utilice la misma temperatura de secado. Insistiendo nuevamente en que: la temperatura que alcanza el café durante el secamiento no debe sobrepasar 40∞C*

El monitoreo comprende la lectura de las temperaturas. Pero *es indispensable* mantener documentos de registro, en los cuales se anotará, para cada lote de café secado, ambas temperaturas: (*tomadas con intervalos de una hora*): Temperatura del aire caliente (aire de secado) y la temperatura del café.

- *El registro pormenorizado de ambas temperaturas será la base para recomendar la temperatura de secado adecuada al sistema y equipo, que en cada caso particular se halle instalado y en operación.*

Aplicación de procedimientos de muestreo del café (recién finalizado su secamiento) para análisis físico y organoléptico, a fin de decidir el almacenamiento controlado del café pergamino

Requerimientos Mínimos N∞62

Orden de almacenaje: Control de producción y control de calidad

Antes de enviar un café al almacenaje su calidad debe ser valorada. Además la decisión sobre la ubicación de cada lote en su almacenaje debe estar bajo el dominio de una Unidad de Control de Calidad.

Porque en el almacenaje se reunirán en diferentes bodegas todas las partidas procesadas. Pero esta disposición y agrupamiento no puede quedar en manos de los operarios.

- *El control del almacenaje debe estar a cargo de los mandos superiores de la empresa* beneficiadora.

Dos aspectos claves para el Aseguramiento de la calidad son gobernados por la ejecución del almacenaje planificado, los cuales se citan a continuación:

- Prevención de contaminación por lotes con problemas de calidad

No pocos procesadores de café gourmet han sufrido la dura experiencia de que sus lotes sufran contaminaciones. Y es que el trabajo de beneficiado durante la cosecha es extenuante. Ello se debe a la concentración de la cosecha en un período de pocas semanas.

No resulta extraño que algún lote de café sea descuidado en alguna etapa del proceso y su calidad resulte deteriorada.

- Por ejemplo: El problema de *sabor agrio (fermento)* puede provenir de un secado violento y no como podría creerse, que esto solamente se debe a pos fermentaciones en la fase húmeda. (Brando, 2004).

Así que los problemas de taza se pueden detectar mediante la prueba de catación, y de ser detectados lotes con problemas se procede a su aislamiento.

- *Pero aquí resalta la figura de mando que toma decisiones y ejecuta control en las disposiciones de almacenaje.*

- Segregación dirigida de la producción

La valoración producto del análisis de calidad, brinda fundamento a la agrupación de lotes y la consecuente segregación de la producción (por tipos definidos). Nuevamente destaca la figura de mando de control de calidad y control de la producción operando coordinadamente, para gobernar el envío a almacenaje de cada lote.

Aplicación de procedimientos para enfriamiento del café (recién finalizado su secamiento) para permitir el almacenamiento adecuado del café pergamino.

Requerimientos Mínimos N∞63

La conservación de la calidad del café depende directamente de su temperatura durante el almacenaje. Diferentes instituciones de la caficultura hacen referencia a este importante tema, esto se cita más adelante en el capítulo referente a condiciones de almacenamiento. Lo importante aquí es mencionar que la temperatura del café en el almacenaje debe ser lo más cercana posible a 20°C (Stirling, 1974), (Menchú, 1985), (Puerta Q, Especificaciones de origen y buena calidad del café de Colombia, 2003)

Baja conductividad térmica de los granos de café pergamino.

La conductividad térmica es una propiedad de los materiales que valora la capacidad de conducir el calor a través de ellos. Es elevada en metales y en general en cuerpos continuos, siendo muy baja en algunos materiales especiales como la fibra de vidrio, que se denominan por eso aislantes térmicos. (Arias, 1993)

La conductividad térmica de los granos almacenados es similar a la del corcho. Y el corcho es un aislante como lo es la fibra de vidrio. Por ello el café almacenado puede considerarse un material aislante. *La masa de café no será enfriada a menos que se aplique una operación efectiva a este propósito*.

En nuestra región la práctica común consiste en descargar el café de la secadora y dejar sobre el piso y bajo la secadora el lote de café. También se efectúa cubrimiento con manteados. Pero esta práctica es ineficaz para el objetivo de reducir la temperatura del café hasta 20°C (o valores cercanos a ésta). Muestreos de temperatura han permitido comprobar que después de 8 horas de reposo se llega a temperaturas de 35°C.

Aquí hay que tener presente que la temperatura del café al final del secamiento (conducido correctamente) será *de 40∝C*. El secado mecanizado se realiza con aire calentado cuando menos a 40°C y demora muchas horas, por lo que el café se calienta durante el mismo.

- Enfriamiento dentro de la máquina secadora de café pergamino

El procedimiento más efectivo para reducir la temperatura del café consiste en la aplicación de corrientes de aire ambiental al café cuando está aun contenido dentro de la secadora. Todo lo que se necesita es que los ductos permitan contener el paso de aire caliente y se cuente con una compuerta para permitir el paso de aire ambiental. Se hace funcionar la secadora con aire ambiental durante 45 minutos, lo cual llevará la temperatura del café hasta la temperatura ambiental; la cual será la temperatura más cercana posible a la temperatura de 20°C, (óptima café almacenado).

Mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos y estructuras para secamiento

Requerimiento Mínimo N∝64

Para abordar este tema hay que considerar que hay variedad de equipos y estructuras que se utilizan para efectuar el proceso de secado de café pergamino. A continuación se anotan algunas recomendaciones referentes a las estructuras utilizadas para secado solar de café.

Mantenimiento preventivo de patios para secamiento solar de café pergamino

Dadas las características operativas del secamiento en patios se deduce el requerimiento de que: La superficie del patio debe estar en óptimas condiciones y libre de roturas, hoyos e imperfecciones. Además es importante que la superficie esté dispuesta con una pendiente mínima del 1.5%, para que el escurrimiento y conducción de agua se realice eficazmente.

Finalmente hay que anotar que las superficies elaboradas a base de mortero son sujeto de deterioro debido a su fragilidad ante la acidez de las aguas mieles que escurren del café recién lavado. Una vez que la argamasa pierde su integridad y solidez se inicia el desarrollo del hueco. Esta es una razón por la que es preferible construir el patio con bloques de ladrillo, aunque la diferencia radica, quizás, en el mayor costo inicial de la obra.

Fragilidad de estructuras de cubrimiento ante vientos

A pesar de las ventajas indicadas hay que *tomar muy en consideración el factor climático* de los vientos. Dado que se trata de estructuras con gran área de exposición al viento, aún eventos de relativamente bajo impacto pueden causar el colapso de estas estructuras. Por ello no se recomienda su utilización en zonas con eventos de vientos fuertes *en alguna época del año.*

Mantenimiento preventivo de sistemas de secamiento mecanizados

- Ceniza producto de la pulverización del pergamino

Durante el secamiento mecanizado del café ocurre que partículas de pergamino finamente pulverizado se desprenden. Este material se presenta como una fina ceniza, que es muy adhesiva hacia cualquier superficie. Por ello este material se acumula en todas partes de las secadoras y de los edificios. Así que el mantenimiento contempla primero la limpieza, para remover la ceniza (proveniente del pergamino pulverizado)

Algunas partes de los equipos que deben recibir atención frecuente son:

a. Transmisiones: Ajuste de fajas y aseguramiento de poleas.
b. Aseguramiento de cobertores para evitar accidentes.
c. Lubricación: En todos los rodamientos y abasto de lubricación (si los hubiese).
d. Sistema eléctrico: Protección contra polvo y agua, cableado, conexiones y motores.
e. Motores: Elementos de los rodamientos, roles y retenedores

Motores Eléctricos:

Estos aparatos deben ser el foco de atención en el beneficio, especialmente en las secciones destinadas para secamiento, almacenamiento y trillado – clasificación.

Otra razón es que el ladrillo opera como “almacén” de la energía calórica, se calienta mejor y mantiene su temperatura alta por más tiempo. Además se ha demostrado que el tiempo de secado se reduce cuando la superficie del patio es más oscura.

Mantenimiento preventivo de tendales para secamiento solar de café pergamino

Los tendales consisten de una malla tensada entre dos vigas horizontales. El café pergamino se coloca extendido en capas muy delgadas sobre la malla. Pero el peso de la masa provocará que debido a su uso la malla se elongue y pierda la tensión original, por lo que ya no se logra conformar una capa plana y uniforme de café pergamino. El mantenimiento consiste pues, en recolocar y tensar las mallas o bien proceder a su sustitución por el desgaste que la radiación solar y el escurrimiento de aguas mieles pueden causar al cabo de un período de uso normal.

Es importante que las camas o tendales sean dispuestas con una estructura para cubrirlas y de este modo permitir que los lotes de café permanezcan en ellas durante la noche; la cobertura protegerá al tendal durante la época en que no se esté utilizando.

Utilización de coberturas de plásticos transparentes para patios y tendales

La modalidad de colocar una estructura del tipo invernadero tiene muchas ventajas:

- Es efectiva para mantener una atmósfera interna a mayor temperatura, que puede alcanzar hasta 45°C durante el día y mantenerla durante la noche.
- Por lo anterior, es por sí misma una técnica para acelerar el secamiento y por ello aumentar la capacidad de procesamiento ya instalada. (cantidad de café secado por unidad de área disponible)
- Protege de la lluvia por lo que el secamiento puede continuar. (aunque llueva)
- Evita la necesidad de recoger los lotes de café durante la noche, por lo que es un gran ahorro de costo de mano de obra.

Si el motor fue instalado correctamente, contando con interruptores para su protección adecuada, *entonces el daño al motor se produce por falla en los rodamientos*. La ceniza del pergamino se acumula en los roles y en las muñoneras, provocando la inutilización de las grasas y aceites lubricantes. *Si no hubiera falla de lubricación no habría falla del motor*. Dado que es inevitable la acumulación de ceniza del pergamino. En los beneficios de café se incurre en grandes pérdidas por reparación de motores.

Secadora Rotatoria Guardiola

Este tipo de secador está instalado extensivamente en nuestra región cafetalera. Y es que en este equipo las condiciones en que se desarrolla el secamiento son muy favorables. La movilidad constante de los granos de café dentro de la cámara debida a su giro, favorece la uniformidad del secamiento como ningún otro tipo de secador. Aunque su rendimiento y eficiencia desde el punto de vista energético sean cuestionables, ello se compensa por los resultados notables en la calidad del café.

Además debe mencionarse que los modelos de versiones modernas modificadas han logrado superar grandemente las deficiencias de rendimiento energético atribuibles a esta secadora rotatoria.

Las partes que deben enfocar el mantenimiento son:

- El equipo de transmisión de potencia para ejecutar el movimiento giratorio. Las cajas motor reductoras presentan igualmente la fragilidad ante el ataque de la ceniza del pergamino.

- Los ventiladores y sus elementos de transmisión de potencia junto con los motores.

Y desde luego la limpieza frecuente de toda la estructura de la secadora, que será impregnada con ceniza de pergamino, que si se mantiene depositada allí, causará corrosión y con ello grave deterioro de la máquina completa.

Secadoras de columna vertical

Todo lo anotado en cuanto a mantenimiento de motores y equipos de transmisión de potencia es igualmente valido para este tipo de secadoras, en cualquiera de sus versiones, que son:

- Secadora de columna vertical cuadrangular de pared de cedazo
- Secadora de Columna vertical de bandejas

Pero estos equipos requieren más atención para su mantenimiento. Debe enfatizarse la *práctica de la limpieza constante*. Porque frecuentemente estas secadoras se utilizan para la etapa de presecado, que incluye el secamiento superficial (oreado). En estos casos se aplica la carga de la secadora con café lavado; en esta condición las paredes se impregnan con agua miel y ceniza de pergamino, formando una costra altamente corrosiva.

Si se descuida la limpieza frecuente y esmerada, en poco tiempo la secadora estará reducida a chatarra, debido a la corrosión de todos sus elementos.

Los equipos y/o estructuras utilizados para secamiento deben estar limpios al momento de colocar en ellos el café pergamino.

Requerimientos Mínimos N∞65

Como ya se describió en el tema previo, la suciedad, en especial la mezcla de ceniza de pergamino con humedad, residuos de lubricantes y otras sustancias resultan fatales para estas estructuras pues producen su corrosión.

Pero en la operación diaria debe asegurarse que las estructuras y/o los equipos utilizados para secamiento se hallen debidamente limpias de previo a su uso, evitando la presencia de granos de café rezagados. Los equipos para secado se constituyen por sí mismos en depósitos temporales de café pergamino. Pero los granos rezagados están muy propensos a sufrir deterioro debido a las condiciones de humedad y calor que prevalecerán en las máquinas secadoras. Por ello es muy importante mantener estricta limpieza de estos equipos, prestando especial atención a la remoción de granos rezagados.

Limpieza de Transportadores horizontales y elevadores verticales de cangilones

En las secadoras de columna vertical los transportadores horizontales del tipo tornillo helicoidal se constituyen en lugares para presencia de granos rezagados. Lo mismo sucede con los elevadores de cangilones, cuya cazuela (cangilón) y también los cabezales inferior y superior deben limpiarse con mucha frecuencia.

Se evitará el uso de hornos de biomasa del tipo "fuego directo" (mezclas de humos y aire impulsadas a través de la masa de café pergamino).

Requerimientos Mínimos N∞66

Hace una década se extendió en algunos países de nuestra región el uso de hornos del tipo denominado "Fuego Directo".

Frustrado ahorro energético y reducción de costos

En estos hornos los gases de combustión procedentes de la hoguera se mezclaban directamente a la corriente de aire ambiental que era impulsada a la masa de café pergamino. El objetivo de utilizar estos hornos fue la reducción del costo de fabricación del generador debido a que se evitaba la estructura de intercambio de calor gas a gas.

Además se argumentaba un importante ahorro de combustibles biomásicos, debido a que los intercambiadores de calor gas a gas tienen una eficiencia de transferencia de calor cuyo límite superior se estima que es un 70%. Ello implica una pérdida inevitable del 30% del potencial energético de los combustibles biomásicos utilizados.

La propuesta práctica consistió en mezclar los gases en una concentración del 5% en la corriente de aire impulsado para secado, con el argumento de que esta dilución de los gases permitiría su uso para el secamiento de café. Pero este grado de dilución fue insuficiente.

Problemas de calidad por sabores objetables

Posterior a su instalación en muchos beneficios se produjo el problema de partidas de café afectadas por sabores objetables. Y es que el elemento clave no considerado fue la *susceptibilidad del café* para adquirir olores y sabores cuando es expuesto a sustancias volátiles (que expidan olores fácilmente perceptibles).

A modo ilustrativo, se cita que: Cuando se transportan muestras de café para pruebas de catación debe evitarse la presencia de artículos de cuero dentro del vehículo.

Empleo de personal capacitado para manejo y control del proceso de secamiento de café pergamino.

Requerimientos Mínimos N∞67

El secamiento es una operación crítica para el mantenimiento de la calidad del café. Su comprensión no es sencilla. Pero el personal encargado requiere instrucciones simples y concretas, sobre los procedimientos que deben aplicarse como rutina operativa.

Ciertamente la experiencia es un componente fundamental del conocimiento. Pero la experiencia por sí sola es insuficiente. El personal debe ser capacitación en diferentes temas que requieren disciplina y destreza, entre los cuales se citan los siguientes:

- Capacitación del personal encargado de control del sistema de secado

- Aplicación y mantenimiento de registros operativos sobre:
- Seguimiento trazado de lotes: Codificación y cronología para todo lote
- Utilización de instrumentación electrónica para monitoreo de temperatura y contenido de humedad.
- Lectura de temperatura del aire desecante y del café pergamino
- Monitoreo de contenido del contenido de humedad
- Utilización de métodos indirectos para monitoreo del avance del secamiento
- Mantenimiento preventivo y limpieza de sistemas de lubricación y motores
- Etapas del secado de café pergamino.
- Limpieza de todos los equipos y prevención de focos de contaminación
- Seguridad laboral en entornos industriales

También es requisito contar con la instrumentación requerida para ejecutar los controles, considerando la medición de temperatura, la medición del contenido de humedad y la posible aplicación de métodos indirectos.

XI. ETAPA: ASPECTOS RELATIVOS A LA OPERACIÓN DE ALMACENAMIENTO DEL CAFÉ PERGAMINO

Se debe efectuar un período de almacenaje del café (de cuando menos 4 semanas) después que éste finaliza su proceso de secamiento.

- *Requerimientos Mínimos N∞68*

- Período de almacenaje para homogenización del contenido de humedad.

El café requiere necesariamente de un período de almacenaje una vez que finaliza su secamiento y antes de que sea trillado y preparado para su despacho.

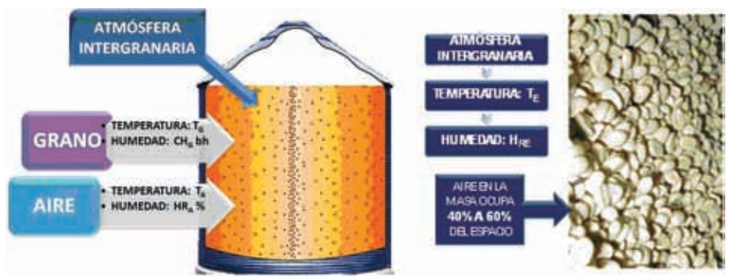
- Diferencias de humedad entre granos de café de un mismo lote.

El secamiento de café no es completamente homogéneo en ningún tipo de equipo o estructura. Cuando el secado está muy avanzado esto hecho se puede apreciar visualmente por la diferencia de color entre los granos de café. Esto se debe a varios factores. Uno de ellos es la diferencia de tamaño (entre granos) y por tanto del volumen. También influye la movilidad que se induzca a la masa de café en su secamiento. Afortunadamente la uniformidad y hermosa apariencia del café se obtiene efectuando un período de almacenaje. Este procedimiento es muy conocido en nuestra región y es considerado de aplicación obligatoria por los beneficiadores de café de calidad diferenciada.

- Objetivo del período de almacenaje

El almacenaje tiene el propósito del permitir la homogenización del contenido de humedad entre la infinidad de granos de café que conforman un lote. Ningún tipo de secamiento de café provee grano completamente uniforme. La apariencia del café oro mejora notablemente después del almacenaje. Otro propósito proviene del criterio de los catadores en cuanto a que la calidad de la taza se perfecciona por la desaparición de sabores “Grassy” que tiene el café recién beneficiado. El almacenaje debe demorar al menos cuatro semanas.

- Atmósfera intergranaria para equilibrio de humedad en la masa de café.



“Los granos de café son higroscópicos y absorben o liberan humedad, dependiendo del ambiente donde se les coloque y su contenido de humedad final se estabiliza cuando es mantenido en almacenaje.” (Arias, 1993)

En una masa de café almacenado el 60% del volumen es ocupado por aire. *Si se provee un almacenaje hermético* entonces todos los granos alcanzarán el equilibrio mutuo, promediando su humedad. Se genera una “atmósfera intergranaria cuya humedad corresponderá con el equilibrio entre todos los granos de café pergamino seco almacenados.

Mantenimiento de control y registros de los lotes almacenados que incluyan los análisis de calidad correspondientes.

- *Requerimientos Mínimos N∞69*

- Análisis físico del café oro para el café de calidad especial.

El análisis de calidad no consiste solamente de la prueba de catación. En el caso de los cafés especiales la valoración de la calidad comprende también el análisis físico.

Con el objetivo de *proveer información para la posterior comercialización*, se ejecutan rutinas de análisis físico para valoración de los siguientes aspectos:

- La densidad a granel (densidad aparente) (ISO/TC34, Technical Committee , 1995)

  El parámetro "Densidad a Granel" se define como el cociente del peso dividido entre el volumen de una masa de grano. Para su medición se coloca una cantidad de grano en un recipiente de volumen conocido, luego se pesa este contenido y el cociente peso/volumen se expresa en unidades del sistema métrico decimal, en este caso kg/hl (kilogramos por hectolitro). La densidad tiene relación directa con la calidad del café. La dureza del grano se manifiesta por su densidad. Varios países aplican denominaciones tales como "Strictly Hard Bean", "Medium Hard Bean" o "Hard Bean", las cuales reconocen un tipo comercial.

- Composición por granulometría

  Granulometría se define como el procedimiento de partición de un lote de grano por su diferencia de tamaño, asignando valores aceptados para gradación comercial de calidad. El grado se asigna por el tamaño del grano predominante en el lote de café comercial.

  Para medición del tamaño del grano se utilizan zarandas con perforaciones redondas y también, perforaciones oblongas. La unidad de medida es la fracción de 1/64 de pulgada. Para café se utilizan zarandas numeradas consecutivamente del 11 al 20 para tamices de perforación redonda. Los tamices numerados del 10 al 13 son aquellos de perforación oblonga. (ISO/TC34, Technical Committee, 1991)

- La valoración de granos defectuosos

  La cantidad de granos defectuosos presentes en una muestra de café es uno de los parámetros básicos aplicado para los contratos comerciales de café.

La muestra de café es examinada y se extraen manualmente todo aquel tipo de granos tipificados como "Defectos". La rutina de valoración utilizada depende del centro de comercialización. Los principales métodos son: (Kosalos, Stephen, Steven, Songer, & Alves, 2004)

- Valoración según Método Brasil/Nueva York, adoptado por la OIC (Organización Internacional del café), tradicionalmente el más aceptado

- Método de la SCAA (Specialty Coffee Association) Sociedad Americana de cafés especiales, específico para café de calidad diferenciada.

  Más adelante, en el capítulo referente a valoración comercial se trata detalladamente el tema de análisis físico. Aquí lo que se destaca es que debe realizarse este análisis para todo lote de café antes de su envío al almacenaje. *Y que la información generada por estos análisis tiene aplicación directa para efectos de comercialización*.

- Programación de la comercialización y uso de la información de la orden de almacenaje

  La información del análisis de calidad debe complementarse con la información la cantidad de café comprendida por cada lote de café procesado. El requerimiento mínimo N°60 impone el pesaje (y/o estimación) del peso de cada lote cuando finaliza el secamiento, y por ello también, es el peso del lote que va a ser enviado a almacenaje.

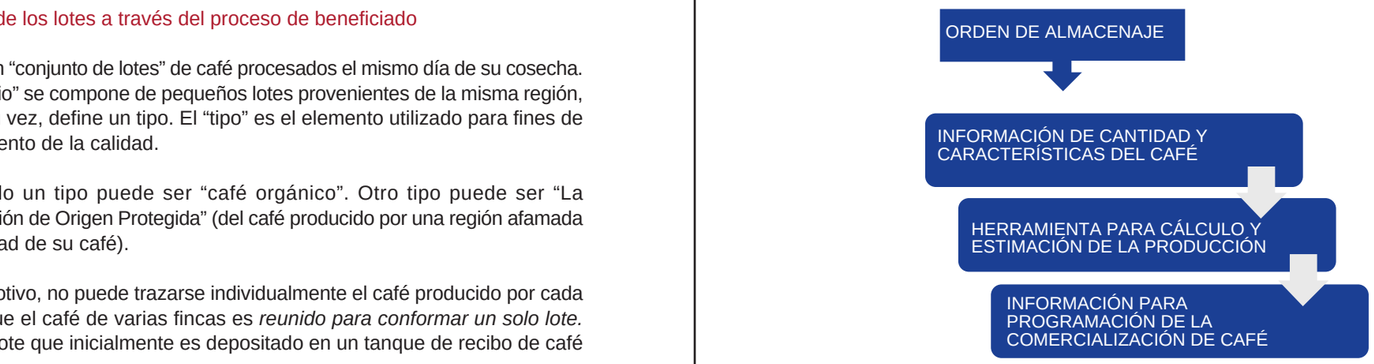
  Agrupando la información del análisis físico y las pruebas de catación y ejecutando el control del almacenamiento (utilizando la información de calidad) se genera un instrumento efectivo para ser aplicado en la comercialización del café, uniendo así las dos áreas:

- Control de la calidad y

- Control de la producción

- Información confiable para efectos de comercialización

  Así que contando con la información de la cantidad de café de cada lote, pero también de su caracterización de calidad, y habiendo controlado el almacenaje, se cuenta con la información suficiente para generar un Inventario de café disponible para su comercialización.



- Operaciones de clasificación de café oro

  No se puede pasar por alto que el café pergamino será sujeto de operaciones de trillado y clasificación. Pero las operaciones de clasificación deben estar orientadas y dirigidas por los requerimientos del mercado de destino del café. En el caso de los cafés especiales los requisitos de clasificación son muy exigentes, partiendo de la *uniformidad de tamaño* entre los granos de café y los *límites de tolerancia* en cuanto a presencia de granos defectuosos.

- Equipo y maquinaria disponible para la clasificación del café oro

  Entra en juego el sistema de clasificación disponible. Por esto, en cada caso hay que generar una "Herramienta para cálculo y estimación de la producción"; porque hay relación directa entre los requisitos de calidad y las posibilidades reales de clasificación de que se disponga en cada caso particular.

  Mantenimiento de registros documentales para trazabilidad de los lotes procesados desde la unidad productora (finca cafetalera) hasta su ubicación en almacenamiento.

Requerimientos Mínimos N∞70

Bitácora de registro de lotes identificados

La Trazabilidad comprende procedimientos de registro de todas las actividades que se ejecutan en el procesamiento de cada lote de café ingresado en el beneficio. El objetivo es el aseguramiento de la calidad del café y mantener la integridad de cada lote procesado.

Integridad de los lotes a través del proceso de beneficiado

El lote es un "conjunto de lotes" de café procesados el mismo día de su cosecha. El "lote diario" se compone de pequeños lotes provenientes de la misma región, la cual a su vez, define un tipo. El "tipo" es el elemento utilizado para fines de reconocimiento de la calidad.

Por ejemplo un tipo puede ser "café orgánico". Otro tipo puede ser "La Denominación de Origen Protegida" (del café producido por una región afamada por la calidad de su café).

Por este motivo, no puede trazarse individualmente el café producido por cada finca, ya que el café de varias fincas es *reunido para conformar un solo lote.* Este es el lote que inicialmente es depositado en un tanque de recibo de café fruta.

- *Por medio de su acopio en un solo tanque queda conformado y reunido el lote cuya integridad debe mantenerse a través de cada etapa del beneficiado.*

El proceso de beneficiado "sintetizado" para efectos de registro de la información

Para efectos de control trazado el beneficiado puede dividirse en dos grandes etapas, las cuales están separadas por el necesario período de almacenaje. La primera etapa reúne todos los procesos de acopio y transformación para llevar el grano de la finca hasta el almacenaje como café pergamino seco. Definido como "Beneficio Húmedo", se agrupa en un bloque a las operaciones de:

- Recibo de café en fruta
- Clasificación del café fruta
- Despulpado
- Clasificación del café pergamino
- Remoción de mucílago (y lavado)
- Secamiento del café pergamino.

Preparación de café para exportación

El café debe conservar su endocarpio o pergamino. Esta cubierta le protege del contacto directo con el aire ambiental, de modo que evita la oxidación del grano que provocaría rápidamente la pérdida de sus atributos de calidad. Así que el proceso de beneficio seco se inicia con la operación de trillado, remoción del pergamino, y luego una cadena de operaciones de clasificación, todo este procesamiento denominado “Beneficio Seco.

Procedimiento de trazabilidad paso a paso

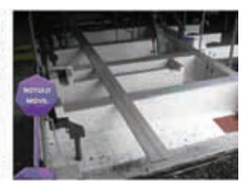
Paso 1: Asignar un código a todo lote de café para identificarlo a través del proceso

Se debe Identificar cada partida que entra al proceso de beneficiado. Se utilizan códigos que funcionan *como un nombre* para identificar al lote de café. El código debe contemplar la fecha de ingreso al beneficio, la zona de procedencia y el tipo de café.

En este ejemplo el código “0101CH0” identifica el lote de “café orgánico” de la región de Chiriquí que fue procesado con fecha 01 de enero del 2009.

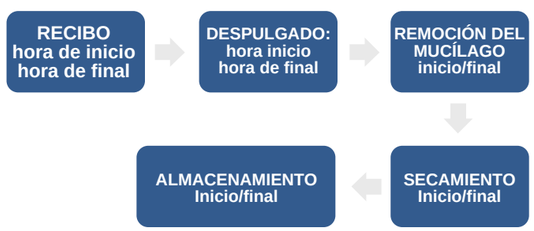
Paso 2: Utilizar rotulación móvil para la identificación de todo lote a través del proceso

El método más práctico consiste en colocar rótulos en cada lugar y etapa del proceso. Los rótulos son elementos móviles. El código anotado en el rótulo opera como identificador.



Paso 3: Control cronológico en cada etapa del proceso.

Se debe ejecutar el Control trazado de los lotes café en cada una de las diferentes etapas del proceso. El registro de los eventos se anota en un documento denominado “Bitácora del proceso” (para cada lote). Se anota fecha y hora para el inicio y final de cada etapa.



Paso 4: Bitácora del proceso y aseguramiento de la calidad

La “Bitácora del proceso” es el registro escrito, en un cuaderno, de todas las actividades realizadas. El documento de “Bitácora” permite trazar cualquier lote e investigar el proceso y todas las operaciones realizadas para cada lote de café que fue beneficiado. La bitácora puede ser un cuaderno o un grupo de hojas de chequeo y registro. Su forma puede variar, lo requerido es que sea *un documento con responsabilidades derivadas y aplicación real*.

- Aseguramiento de la calidad y ejecución de procedimientos de trazabilidad

El producto final de los procedimientos de trazabilidad se traduce en *Aseguramiento de la calidad*, el cual da contenido efectivo al concepto de “Control de la Calidad”

Vigilancia del café almacenado mediante un programa de infecciones para prevención de plagas, infestaciones daño en la estructura y/o situaciones eventualmente dañinas a la calidad del café pergamino almacenado.

- *Requerimientos Mínimos N∞71*

Los edificios, silos y bodegas utilizados para almacenar café pueden sufrir deterioro, debido a múltiples causas, naturales o fortuitas. Resulta sorprendente la cantidad de anomalías que suelen existir en las estructuras utilizadas para almacenamiento de granos. Hablando de deterioro estructural que puede favorecer ingreso de agua, heces animales, polvo y lodo directamente sobre el grano almacenado.

Se debe planificar y realizar un programa de inspecciones y mantener un registro de las mismas, para el monitoreo de eventuales daños en las estructuras, plagas, infestaciones, migraciones de humedad, gradientes de temperatura y cualquier otra situación que pueda afectar la calidad del café. Algunos aspectos que deben chequearse son los siguientes:

- Goteras en los techos
- Estructuras de recolección de agua pluvial
- Tuberías y cañerías
- Paredes y estructura portante
- Pisos especialmente si tienen una cámara de aire bajo el piso de soporte

Definido como un programa de inspecciones, debe contener lo siguiente:

- Cronograma con fechas definidas y frecuencia de repetición
- Personal calificado responsable
- Documentos tipo hoja check-list
- Bitácora para anotación y reporte de la inspección

Muestreo frecuente del café para evaluar la evolución de su calidad

- *Requerimientos Mínimos N∞72*

- Evaluación organoléptica de la calidad

Es la valoración cualitativa que se realiza sobre una muestra basada exclusivamente en la valoración de los sentidos (vista, gusto, olfato, etc.). Este tipo de valoración aplica para los productos como el café y el vino, donde es denominada prueba de catación. El perito que realiza la valoración se llama “Catador”. Así que el catador aplica al máximo sus sentidos para percibir y observar todo aquello que es considerado un atributo de calidad.

- Apariencia en del café en oro

La primera apreciación se realiza a la muestra de café en oro. La valoración inicial es visual y olfativa. Así que la apariencia del grano en oro, su color es el primer aspecto evaluado. La presencia de granos defectuosos es rápidamente indagada. Luego se realiza una aspiración profunda de la muestra de café, que así revela sus secretos al catador experimentado.

- Apariencia del tueste: Apariencia del café tostado en grano entero

Esta también es una apreciación visual enfocada en el color del grano, de suma importancia es la uniformidad. El color debe ser intenso y de un hermoso brillo natural, la profundidad del tono café dependerá del grado de tueste, ya que hay diferentes tipos de tostión.

- La calidad de taza: Apreciación de los atributos de la infusión

Universalmente se aceptan tres aspectos para la valoración de la calidad de la infusión

- Aroma: (Rochac, 1964)

Cualidad que se detecta en la taza y varía según la altura de donde procede el café, desde el suave y apagado, pero limpio café de zona baja, hasta el fragante y penetrante del café de altura. El aroma es el principal atractivo del café.

- *Cuerpo: (Rochac, 1964)*

  Esta propiedad esta relacionada con la naturaleza de los sólidos solubles de la infusión. Es la cualidad sensorial que se detecta principalmente con el sentido de gusto. El cuerpo puede ser completo y muy pronunciado, mediano, ligero o delgado y escaso.

- *Acidez: (Rochac, 1964)*

  Característica deseable del café, se dice que un café tiene buena acidez cuando es placentero y fino al paladar, denotando un gusto atrayente y perdurable. Es pues una característica propia del café Arábiga, se acentúa especialmente de aquellos cafés cultivados a mayor altura, algunos de cuales son buscados debido a este gusto tan particular; que también puede definirse como un pos gusto cítrico.

Envejecimiento del café y evolución de los atributos de calidad durante el almacenaje

Los atributos de calidad pueden deteriorarse debido a un proceso de envejecimiento del grano. Para indicar que ha ocurrido este deterioro se dice que el café tiene el defecto denominado "Cosecha vieja". Adelante se trata el tema los requerimientos que deben tener las bodegas para proveer óptimas condiciones de almacenamiento. El deterioro ocurre así:

Apariencia en oro (Stirling, 1974)

El color cambia de verde grisáceo-azulado hacia café y luego pálido. En casos extremos los granos en oro huelen hediondos, mohosos y también a pulpa putrefacta.

Apariencia del tueste (Stirling, 1974)

El color cambia de profundo café brillante a opaco, las hendiduras muestran tendencia a abrirse y una notable proporción de granos se vuelven suaves y pálidos.

Calidad de la taza (Stirling, 1974)

La acidez cambia de media a liviana. El cuerpo cambia de medio a malo. El sabor adquiere una mala presencia que inicialmente es detectada como ligeramente agrio, pero después se convierte en mohoso y madera, progresando eventualmente a totalmente inaceptable.

- Muestreo programado y reportes para la dirección de la empresa

  Dependiendo de las condiciones de almacenamiento el grano se envejecerá con mayor o menor rapidez. Lo cierto es que el café con problema de cosecha vieja pierde drásticamente su valor comercial, y por ello el control por pruebas de catación efectuadas durante el almacenaje es requisito clave para el control de calidad.

Control del envejecimiento: No guiarse nunca por la apariencia en oro

La experiencia de muestreadores y catadores ha demostrado una situación que hay que tener muy presente y es que: *Por regla general*, las muestras de café presentan una marcada declinación de la calidad de taza, *mucho antes en el período de almacenamiento*, que la apariencia en oro. Así que la simple apreciación de la apariencia del café en oro es completamente insuficiente para detectar que el grano está sufriendo envejecimiento.

Despacho de café almacenado siguiendo el principio de: "Primero en entrar, primero en salir"

Requerimientos Mínimos N∞73

Conforme con todo lo dicho arriba, se debe seguir la siguiente regla:

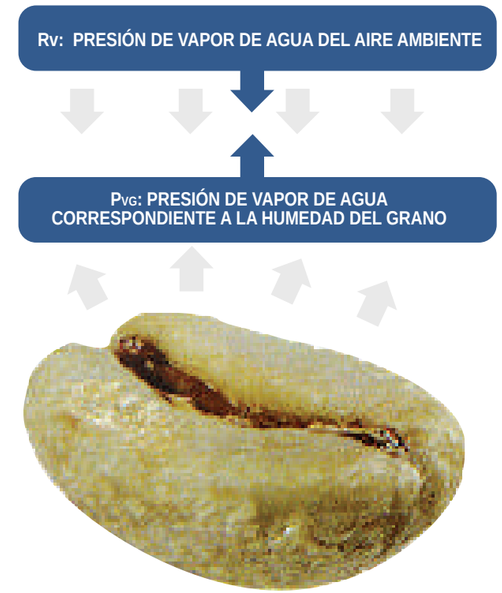
"Para realizar el despacho del café almacenado se debe establecer como principio fundamental que el producto se debe expedir siguiendo la técnica de primeras entradas - primeras salidas, a fin de evitar el posible envejecimiento de sublotes retenidos involuntariamente".

Almacenamiento en sacos

Cuando el café está almacenado en sacos esta regla resulta sencilla de cumplir mediante la identificación de los lotes con rotulación móvil en que se anoten las fechas de despacho de cada partida. Como ya se ha dicho, es requisito la aplicación de registros escritos para trazabilidad, los cuales desde luego, incluye la anotación cronológica de todas las actividades del proceso.

Almacenamiento a granel

Cuando el café se almacena a granel entonces la descarga de grano se produce formando un cono de embudo dirigido hacia la compuerta de descarga. Para equilibrar parcialmente el problema de descargas se debe movilizar por paleo la masa de café para conformar nuevamente una superficie nivelada. Esto además favorece las condiciones de almacenamiento porque uniformiza la distribución de temperatura y además reduce esfuerzos cortantes ejercidos contra las paredes de las bodegas.



Las bodegas deben reunir características para permitir condiciones de hermeticidad y aislamiento térmico del café durante su almacenamiento.

Requerimientos Mínimos N°74

- Comportamiento Higroscópico del café: Absorción de vapor desde el aire

Los granos de café son higroscópicos, es decir: Absorben o liberan humedad, dependiendo del ambiente donde se les coloque y su contenido de humedad final se estabiliza cuando se exponen a un ambiente particular por un período determinado.

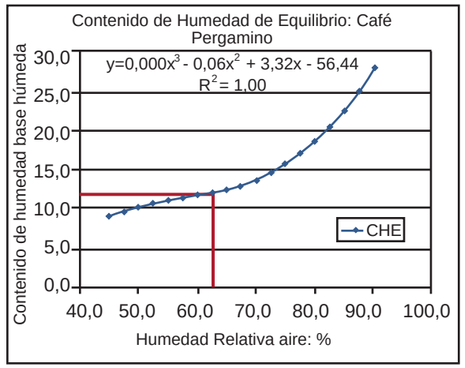
- Contenido de humedad de equilibrio

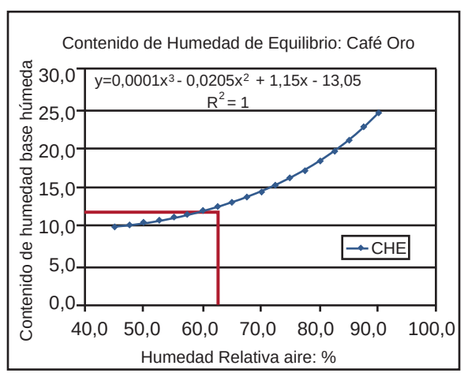
"El "contenido de humedad de equilibrio" es la humedad que alcanza y estabiliza un grano cuando se mantiene expuesto a un ambiente en condiciones controladas de temperatura y humedad relativa, durante un lapso de tiempo prolongado.

Se puede decir, además, que el material está en equilibrio higroscópico con el ambiente en que se encuentra cuando la presión de vapor de agua correspondiente a la humedad del material es igual a la presión de vapor de agua del aire ambiente." (Arias, 1993)

- Curvas de contenido de humedad de equilibrio

"El contenido de humedad de equilibrio depende del tipo de semillas, de la temperatura y la humedad relativa del aire circundante al grano. Para cada especie o variedad, la tensión de vapor tiene un valor característico acorde con la temperatura y el contenido de humedad del material. Ploteando en una gráfica los valores de contenido de humedad y la humedad relativa de equilibrio se obtienen las curvas de contenido de humedad de equilibrio."





(Jiménez & Valverde, 2000)
Para el grano de café ya se cuenta con estas curvas, y arriba se muestran las gráficas desarrolladas en Costa Rica, mediante una investigación realizada por asocio entre el Centro de Investigaciones en granos y semillas y la Universidad de Costa Rica. En línea resaltada se muestra la condición de equilibrio para el contenido de humedad del 11-12% que corresponde con la humedad relativa del aire del 62.5%.

- Variaciones del contenido de humedad por influencia del medio ambiente

  Si el contenido de humedad de la semilla es alto, mayor que el de la humedad de equilibrio para un ambiente dado, la semilla liberará humedad al ambiente, si por el contrario es menor, entonces absorberá humedad del aire. Ya los investigadores han reportado la generación de problemas de crecimiento de mohos y detección de ocratoxina A, cuando el café gana humedad hasta tan solo 13.5% por su exposición a condiciones ambientales de aire húmedo (aire ambiente a 80% HR). (Rodríguez & Solís, 2004)

  Ya sea que se pierda o que se gane humedad, *resulta perjudicial que el medio ambiente induzca variaciones en la humedad del café.* Porque en el caso de que el café pierda humedad por influencia de aire ambiental seco, entonces se reportan pérdidas de peso, que se traducen en pérdidas económicas porque son pérdidas de peso del café.

- Mantenimiento de la calidad la masa de café almacenada

  Se piensa que un producto que ha sido adecuadamente cosechado, procesado y secado está en condiciones de ser almacenado por un período de tiempo largo. Esto es efectivo, siempre que no haya modificaciones en el microclima de la masa de granos. (Stirling, 1974)

- Migraciones de humedad durante el almacenamiento del café pergamino

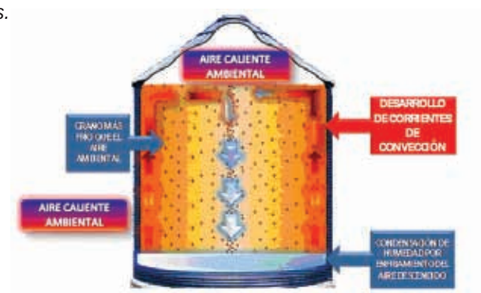
  "La masa de granos tiene un bajo coeficiente de conducción de calor. Por ello el calor no se disipa por conducción. La conductividad térmica de los granos almacenados es similar a la del corcho. Por ello el café almacenado puede considerarse un material aislante." (Arias, 1993)

  "Cuando hay diferencias de temperatura del café y la temperatura ambiental pueden generarse problemas de migraciones de humedad, debidos al intercambio térmico permitido por las paredes de los silos. Si la pared del silo está compuesta por un material conductor entonces se producirá intercambio térmico entre el aire ambiental y el aire interno del silo que está próximo a la pared.

Cuando la temperatura de la masa de granos, próxima a la pared, está más fría que el aire ambiental se presenta un movimiento del aire caliente en sentido ascendente y, en consecuencia, el aire caliente (cercano a la pared del silo) se mueve en sentido ascendente.

Este movimiento de aire, ocasionado por la diferencia de temperatura, propiciará condensación de la humedad, ya que el aire frío descendente ocupará el lugar del aire caliente que subió por convección natural." (Arias, 1993)

Los cambios en la humedad del grano (migraciones de humedad) se deben a que las paredes de los silos permitan la influencia de las condiciones ambientales.



Conservación de la calidad del café durante períodos prolongados de almacenamiento

El café debe *almacenarse frío y mantenerse frío* para que su calidad se conserve. Su temperatura de ser de 20°C como máximo. Aquí se citan varios autores que realizaron investigaciones en este tema:

"Condiciones de almacenamiento para café pergamino"

"El café pergamino seco de buena calidad con humedad del 10 al 12%, se conserva almacenado hasta por 6 meses en ambientes con temperatura inferior a 20°C y humedad relativa de 65 a 70%. A medida que aumentan el tiempo, la temperatura y la humedad relativa del ambiente de almacenamiento, la calidad del café se deteriora más rápidamente, el efecto puede no apreciarse en el pergamino, pero si en la almendra y en la bebida." (Puerta Q, Especificaciones de origen y buena calidad del café de Colombia, 2003)

Una investigación técnica conducida específicamente en este tema es la siguiente:

"Los efectos de la temperatura y el contenido de humedad en la calidad del café pergamino arábiga durante un ensayo de 12 meses de almacenamiento sellado" (Stirling, 1974).

Concluye este autor que: "Si el café pergamino se va a almacenar por cualquier período de tiempo con la mínima pérdida de calidad, debe ser, primeramente secado correctamente y subsecuentemente mantenido en un ambiente frío y seco". (Temperatura menor a 20∞C y humedad relativa menor a 60%) (Stirling, 1974)

"El clima para almacenar café reúna condiciones de temperatura de 20∞C y humedad relativa de 60%.". (Menchú, 1985).

- Requisitos de hermeticidad y aislamiento térmico

No siempre se tendrán condiciones ambientales de aire frío y seco en las regiones cafetaleras, lo cual haría imposible efectuar el almacenamiento estando el café almacenado *expuesto* a la influencia del aire ambiental.

Por ello es requisito que las estructuras para el almacenamiento deben estar construidas de modo que se garanticen *condiciones de hermeticidad y aislamiento térmico* para que no se alteren la humedad y temperatura del café pergamino almacenado en ellas, y por ende la calidad del café sea preservada de daños debidos a migraciones de humedad.

- Aislamiento térmico en estructuras tradicionales de mampostería

Si las paredes de las bodegas están construidas de bloques de concreto se requiere instalar una pared extra hecha de material aislante. Conviene separar la pared extra interna a una distancia de 5 o 7 cm, de modo que la cámara de aire entre ambas paredes funciona como cámara de aislamiento térmico. Siguiendo el mismo principio deberán dotarse las estructuras de cielo raso, a fin de brindar el aislamiento térmico para la techumbre.

- Estructuras de paredes de madera

La madera es un material aislante, por ello la pared de madera naturalmente provee el aislamiento térmico. Pero la estructura debe estar provista de protección para los elementos naturales; algunos conceptos son los alerones para evitar lluvia directa contra la pared. Aceras y/o bases de paredes de mampostería también tienen el mismo propósito. Y también lo mismo ya citado para el cielo raso. O bien, como en el caso mostrado en la fotografía es el tipo de bodega confinada en un albergue de estructura metálica.

- Acceso a las bodegas de almacenamiento de café pergamino.

A fin de mantener la hermeticidad del ambiente interno el acceso a las bodegas debe estar restringido, de modo que el ingreso se permita solamente al personal encargado de muestreo, inspecciones y control de calidad. Acorde con este propósito la puerta de acceso debe ser unipersonal, inscrita en un portón grande utilizado sólo cuando se despachan los lotes hacia la planta de preparación y luego hacia su comercialización.

- Silos confeccionados en materiales polivinílicos

La tecnología moderna ofrece desde hace algunos años los "silos capullo". Estos silos son grandes embalajes herméticos. El material de sus paredes es también un aislante térmico. Este tipo de aditamento para almacenaje también merece ser considerada como una opción adecuada para almacenamiento seguro del café, tanto en pergamino como en oro.

- Silos cilíndricos de paredes metálicas de lámina estructura

Esta tecnología proviene de la zona templada de Estados Unidos denominada "La faja del maíz". Por su clima en esa región si que pueden utilizarse este tipo de silos, porque los granos se almacenan durante el otoño y el invierno; puede decirse que allá funcionan para almacenamiento refrigerado naturalmente. Pero los silos metálicos están construidos de un material conductor de calor. Esto desde luego que los hace inconvenientes para su utilización en climas tropicales.

Una forma de paliar los problemas con estos silos consiste en su cubrimiento con estructuras de albergue, al modo en que se muestra con la bodega de madera de la fotografía superior. La estructura de albergue provee un cerramiento para impedir el paso del calor producto de la radiación solar directa

Las bodegas para café no serán utilizadas para almacenar agroquímicos, combustibles u otro tipo de sustancias peligrosas para la calidad del café.

Requerimientos Mínimos N∞75

- Sustancias químicas y su estado volátil en el medio ambiente.

Las sustancias químicas se liberan al aire, en cierta cantidad, pasando a estado de vapor en el medio ambiente. Por esta razón es que percibimos su presencia por el olfato. Así que en un medio donde se percibe el olor de una sustancia hay alguna concentración en el aire de esa sustancia.

Los granos de café son higroscópicos, es decir: Absorben o liberan humedad, dependiendo del ambiente donde se les coloque; por esta característica es que los granos de café tienen capacidad para absorber vapor desde el aire ambiental que les circunda. Pero este proceso de absorción de vapor *también conlleva la absorción de vapor de sustancias volátiles.*

El lector puede ahora comprender mejor la conocida característica del café que absorbe olor y sabor de sustancias volátiles.

- Utilización exclusiva de bodegas para almacenar café

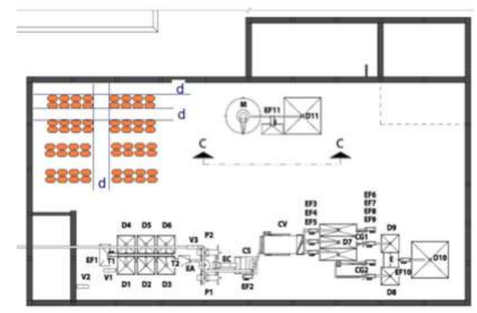
Es requisito que las estructuras para almacenaje deben ser utilizadas exclusivamente para almacenar café, evitándose de modo absoluto la presencia de sustancias volátiles tales como: combustibles, agroquímicos, herramientas, etc., cuya presencia pueda resultar en deterioro de la calidad del café.

En el almacenamiento en sacos debe evitarse el contacto de éstos con las paredes y el piso de las bodegas

- *Requerimientos Mínimos N∝76*

Debe evitarse el contacto de los sacos de café con las paredes de las bodegas

El concreto es un material permeable a la humedad, a menos que reciba cubrimiento con un mortero cuya elaboración se realice con aditivos impermeabilizantes. Pero este no es el caso usual de las paredes de mampostería de las bodegas ya construidas en nuestra región. Si la pared está húmeda por lluvia (u otro motivo) el agua puede trasladarse a los granos de café en caso que haya contacto entre los sacos y las paredes. El mismo concepto aplica para el contacto de los sacos con café y el piso. Por ello deben tomarse precauciones para evitar el contacto directo entre los sacos con pisos o paredes.



Los sacos se deben colocar organizados en estibas. Las estibas se colocan sobre una tarima de madera, cuyas dimensiones son definidas considerando las facilidades de que se dispone dentro de la bodega. Debe considerarse la disposición de espacios para circulación que se conformaran como pasillos entre las estibas. Un ejemplo se muestra en la figura superior, que es un plano en dibujo de planta de una instalación de beneficio seco.

En la gráfica la longitud “d” es la distancia mínima que debe separar las estibas entre sí y con respecto a las paredes de la bodega. De este modo se reservan los espacios mínimos requeridos para el control de los lotes durante su almacenamiento.

El espacio para circulación debe ser de al menos 50 centímetros, considerando que la distancia entre estibas debe ser acorde al sistema de transporte y movimiento que se utilice.

La dimensión de la tarima de ser tal que se pueda separar la estiba de café 15 centímetros sobre el piso y como ya se mencionó que los sacos sean colocados 50 centímetros separados de las paredes.

Esta colocación de los sacos en estibas procura lograr varios objetivos:

- Permitir la circulación para toma de muestras e inspecciones
- Evitar que un daño estructural de la pared pueda afectar al café
- Proveer condiciones de seguridad para los trabajadores
- Mantener la integridad de los diferentes lotes de café
- Permitir la colocación de rotulación móvil para identificación de lotes.

Cumplimiento de regulaciones referentes a seguridad laboral aplicables a instalaciones industriales en el beneficio húmedo y en las bodegas de almacenamiento de café.

- *Requerimientos Mínimos N∝77*

Los conceptos enumerados en el párrafo superior procuran, a su vez, proveer condiciones de seguridad para el personal involucrado en las maniobras de almacenaje de café.

- Accidentes con café almacenado en sacos

Los accidentes relacionados con el almacenaje en sacos tienen su origen en la violación de las normas ya descritas. Los accidentes ocurren cuando un grupo de sacos se desliza debido precisamente a que no fue estibado sino amontonado. Cuando los sacos se amontonan a gran altura y sin estibarse entonces se conforma una peligrosa masa de bultos que puede deslizarse inesperadamente.

La colocación ordenada en estibas es el mejor seguro contra accidentes.

- Seguridad en el almacenaje a granel

Debe instalarse rotulación visible y notoria en los puntos de acceso hacia los silos con café a granel, para advertir claramente a todo trabajador y visitante, para que sean alertados sobre las siguientes fuentes de riesgo:

- Precauciones cuando se descargan los silos

Como ya se mencionó, el vaciado de silos ocurre por la formación de un embudo dirigido hacia la compuerta de descarga. Si una persona se halla sobre la masa de grano puede ser fácilmente atrapada y succionada por la masa de grano que fluye hacia la descarga. Es por eso que es de suma importancia que el punto de descarga del silo debe ser fijo y debe estar adecuadamente ubicado

- Precauciones en el trabajo dentro de los silos

En el almacenaje a granel se desprende ceniza, en el caso del café el pergamino pulverizado produce importante cantidad de este material en la forma de fina ceniza. Si se efectúan tareas de nivelación de la masa se levantan nubes de polvo que pueden provocar problemas respiratorios a los trabajadores.

- Precauciones con los equipos de trasiego de grano

Los equipos transportadores pueden quedar ocultos a la vista de los trabajadores por la masa de café. Los Transportadores se constituyen en una trampa mortal si las personas no están conscientes y alertas sobre su existencia y operación

- *Aplicación de medidas de seguridad laboral industrial en el beneficio húmedo*

Las plantas de beneficiado de café son instalaciones industriales, aplicadas al procesamiento de productos agrícolas. Reúnen todas las características para la aplicación de la legislación atinente a las instalaciones industriales. Se citan de modo resumido diversos factores de riesgo que pueden afectar la salud y seguridad a los que trabajadores se exponen En el proceso de beneficiado:

- Riesgos asociados a la topografía del terreno:

Riesgo de superficie a un mismo y distinto nivel: Diferentes pisos en áreas irregulares dentro del Beneficio: Terrazas, hoyos, canales, drenajes, zanjas etc. Recomendación: Barandales, pasarelas y rótulos de aviso

- Riesgos Mecánicos:

Maquinaria (partes móviles, órganos de transmisión y de impulsión, dispositivos protectores, falta de mantenimiento, desgaste, uso inadecuado). Herramientas manuales, eléctricas (diseño, falta de mantenimiento, desgaste, uso inadecuado). Recomendación: Cobertores y tapas adecuadas y robustas en todo mecanismo móvil

- Riesgos Eléctricos:

Riesgos generados por motores, conductores eléctricos, paneles de energía y maquinaria energizada.
Recomendación: Sistemas eléctricos diseñadas e instalados profesionalmente.

- Riesgos Asociados al transporte:

Durante los desplazamientos o durante la jornada de trabajo se pueden producir choques, vuelcos debido a desperfectos mecánicos o caminos en mal estado. Recomendación: Utilización de vehículos conforme a normativas de seguridad vial.

Vistos los riesgos a accidentes de trabajo, es imperativo:

- *El cumplimiento de las normas de seguridad industrial del país así como recomendar hábitos de prevención en el personal y el ambiente.*

XI. ETAPA: ASPECTOS RELATIVOS AL PROCESO DE PREPARACIÓN COMERCIAL DE CAFÉ ORO

Previo a su preparación todo lote de café será muestreado conforme al procedimiento definido por la norma ISO 4072.

- *Requerimientos Mínimos N°78*

- Norma ISO 4072

Para la obtención de la muestra representativa de un lote comercial de café se cuenta con el procedimiento contenido en la Norma ISO 4072 titulada "Muestreo de café verde en Sacos" (Green coffee in bags – Sampling). Este estándar internacional aplica para café verde en sacos, definido en ISO 3509. (ISO/TC34, Technical Committee, 1982)

a) Alcance y campo de aplicación

"Ese estándar internacional especifica un método de muestreo para lotes de café verde en consignación, empacado en diez sacos o más, efectuado para los propósitos de verificación de cumplimiento de las especificaciones de un contrato". Esta norma fue concebida como un procedimiento para muestreo de lotes de café con fines mercantiles, entendiendo que su aplicación es el ámbito de arbitrajes comerciales.

El método también puede ser usado para la preparación de una muestra destinada para:

1. Servir como base para ofrecer café para la venta
2. Valoración para verificar que el café ofrecido satisface las especificaciones de venta del productor
3. Valoración para determinar una o más características del café para propósitos de arbitraje técnicos, comerciales o administrativos
4. Para control de calidad o inspecciones de control de calidad
5. Para retención de una muestra de referencia con propósitos de litigio.

b) Identificación e inspección general del lote previo al muestreo

Antes que ninguna muestra sea tomada debe identificarse claramente el lote.

- **Lote**: Una parte de una consignación, cuyas características se presumen uniformes, consistente en no más de 1000 sacos de el mismo tipo, con el mismo código y masa, conteniendo el mismo café verde el cual se asume tiene propiedades comunes y un carácter razonablemente uniforme y al cual se puede aplicar un esquema de análisis.

c) Muestreo

El procedimiento consignado por esta norma es relativamente amplio en cuanto a que no se establece un mecanismo para la selección de los sacos que se muestrearán y deja este procedimiento a libre elección, mencionando tan solo que la selección de los sacos a muestrear es aleatoria.

El muestreo deberá realizarse para cada lote en un lugar designado para proteger las muestras, los aparatos muestreadores y los contenedores y empaques destinados para recibir las muestras, de condiciones adversas, lluvia, etc. Especial cuidado debe tomarse para asegurar que los aparatos muestreadores están limpios, secos y libres de olores extraños.

- Sacos cuyo contenido sea diferente por ser café dañado

El muestreador deberá anotar cualquier evidencia de sacos dañados o contaminación potencial. La norma establece que los sacos cuyo café sea apreciablemente diferente del común en el lote, por su condición evidente de estar dañado, se excluyen del muestreo y se colocan aparte. Todo el procedimiento de muestreo y este tipo de incidencias se anotan en un documento de bitácora.

d) Personal de muestreo

El muestreo deberá ser realizado por muestreadores experimentados o muestreadores calificados por entrenamiento y/o deberá realizarse por organizaciones especializadas en muestreo. El método especificado sigue un esquema establecido de naturaleza arbitraria basado en la experiencia.

Como garantía de que el procedimiento de muestreo tenga validez, la norma condiciona que éste deberá ser efectuado por personal calificado por su experiencia reconocida. Sobre esta base se valida la elección de los sacos muestreados y el hecho que el muestreo se haga de modo aleatorio.

e) Obtención y tamaño de la muestra

- **Incremento, muestra primaria**: La cantidad de 30 ± 6 g de granos de café verde tomados de un saco individual de un lote. Cabe en la palma de la mano.

- **Muestra bulto, muestra lote:** La cantidad de no menos de 1500 g de granos de café verde obtenidos por combinación de todos los incrementos tomados de un lote específico.

Para reunir la muestra se toman pequeñas sub muestras utilizando el instrumento de muestreo de sacos, que denominamos "chuzo". Este objeto puntiagudo se introduce en los sacos que contienen el café. La cantidad de grano en cada toma es aquella que cabe en la palma de la mano y se denomina "incremento".

Cada incremento pesa aproximadamente 30 gramos. Los "incrementos" provienen de diferentes sacos, aunque un mismo saco puede aportar varios incrementos. Los incrementos se reúnen depositándolos en una bolsa común. El café reunido en esta bolsa conformará la "Muestra Bulto". El peso de la "muestra bulto" es de 1500 g.

- **Aparato: Muestreador de café:** Instrumento especializado para remover café a través del cuerpo de los sacos sin que éstos deban ser abiertos, como se especifica en ISO 6666. Es un elemento cilíndrico puntiagudo. Tiene una abertura acanalada longitudinal.

SPECIAL PURPOSE TRIERS

13" Peanut and Rice Trier: Nickel-plated steel; 1- 1/2" outside diameter at large end. The slot is 7-3/8" long, with a top slot width of 1 1/4" tapering down to 1/4". Includes protective sheath. Net wt. 1 lb. Ship wt. 2 lbs. Dims. 12" x 9" x 5"

Peanut & Rice Trier.....No. 76

- **Toma de incrementos**

- A menos que se estipule lo contrario en el contrato, el número de sacos seleccionados de un lote con el propósito de toma de incrementos de 30 ± 6 g, no debe ser menor de 10 si hay de 10 a 100 sacos en el lote, y no debe ser menor al 10% del total si hay más de 100 sacos en el lote.

- Los incrementos deben tomarse aleatoriamente de sacos individuales localizados en la misma pila, usando el calador (chuzo muestreador). Cada saco debe ser muestreado preferiblemente en tres puntos diferentes.

Mantenimiento de muestras de los lotes preparados para contratos comerciales.

- *Requerimientos Mínimos N°79*

Conforme con el procedimiento de muestreo descrito arriba, también es requisito conservar una muestra de todo lote muestreado para fines comerciales.

- Objetivo de conservar muestras

La motivación principal para conservar muestras reside en la prevención de potenciales reclamos comerciales. Siempre se tendrá la posibilidad de un reclamo referente a las características de cualquier lote de café comercial. Como se muestra en los requerimientos subsiguientes, la valoración comercial consiste en una serie de análisis físicos que siguen procedimientos definidos por normas comerciales, muchas ya contenidas en estándares de aplicación universal. Debe por tanto mantenerse muestras a fin de prevenir posibles reclamos y litigios de los lotes de café comercializados.

- Conservación de muestras de café oro por períodos prolongados

El café oro que deba ser mantenido en esta condición por períodos mayores a dos semanas, requiere de condiciones ambientales especiales para facultar su conservación.

Debe disponerse de una cámara o cuarto con atmósfera acondicionada, con las condiciones para conservación de muestras de café oro, según se define:

- Temperatura: 17° a 20°C
- Humedad Relativa: 60% a 65%

Estas condiciones de temperatura y humedad proveen el equilibrio higroscópico requerido para mantener el contenido de humedad en el rango de 11% a 12% en base húmeda. Ambos: contenido de humedad y temperatura son definidos para mantener la calidad del café y reducir el proceso de envejecimiento natural al mínimo posible.

- Identificación de las muestras que se conservan en la cámara fría

Las muestras deben identificarse, *utilizando un método de codificación*, de modo que se registre la siguiente información:

1. Fecha de muestreo
2. Nombre del muestreador y su empleador
3. Documento de embarque y número de contrato
4. Buque (u otro vehículo de embarque)
5. Localización del café
6. Códigos de identificación y números (incluyendo el origen del café)
7. Cantidad de sacos el lote
8. Masa de la muestra

Medición del contenido de humedad utilizando instrumentación confiable.

- Requerimientos Mínimos N°80

- Contenido de humedad: Definiciones (ISO/TC34, Technical Committee, 2003)

La medición y control del contenido de humedad en granos es muy importante en las relaciones comerciales internacionales. Para efectos de comercio internacional el café es definido como “grano” dado que se comercializa como semilla deshidratada.

El contenido de humedad afecta el valor comercial por cuanto afecta el peso del producto transado. En el tema de control sanitario el contenido de humedad de los granos es considerado como un criterio básico. De igual modo este parámetro guarda relación directa con la calidad del café verde.

A nivel internacional un problema común en la determinación del contenido de humedad es la falta de uniformidad entre los métodos o instrumentos existentes. Por esta razón muchos países han emprendido acciones para adoptar métodos o instrumentos que permitan uniformizar sus mediciones y así evitar ambigüedades al momento de establecer los precios de su Comercialización.

Para determinación del contenido de humedad aplican dos tipos de metodologías: Métodos directos y Métodos indirectos.

- Métodos Directos para determinación del contenido de humedad

El valor del contenido de humedad que tiene reconocimiento internacional es aquel determinado mediante un método directo.

Hay tres variantes principales:

- Métodos por desecación en horno a una temperatura y tiempo establecidos.
- Métodos de destilación con tolueno
- Método de destilación “Brown Duvell”

La Organización Internacional del Café (OIC) en su Resolución #407 de febrero del 2002 adopta la Norma ISO 6673 para determinación de contenido de humedad. Este es un método por desecación en horno. (Consejo Internacional del Café , 2002)

- Instrumentos para medición electrónica de humedad en los granos comerciales: “Métodos indirectos para medición de humedad” (Martines López, 2006)

Los métodos indirectos consisten en la medición de una propiedad eléctrica del grano la cual guarda un comportamiento muy regular con respecto al contenido de humedad. Estos instrumentos se basan en tablas o curvas de calibración generadas por comparaciones contra métodos directos. Hay dos tipos de instrumentación desarrollada para este tipo:

Lectura de Resistividad:	Cambio de resistencia eléctrica del grano
Lectura de Capacitancia:	Cambio de la constante dieléctrica

- Determinación de humedad para fines comerciales de los granos agrícolas

Los métodos directos utilizan instrumentación compleja de laboratorio. Requieren una cantidad de tiempo no menor a una hora o de varias horas para la entrega del resultado, así que no permiten una lectura rápida. Tampoco la lectura de humedad se puede realizar en los centros de comercialización, dado que la determinación de humedad deberá ejecutarse obligadamente un laboratorio. Además que la instalación de laboratorio requiere reconocimiento y por ello acreditación.

“Para solucionar esta problemática, en los Estados Unidos de América (EUA), la Conferencia Nacional de Pesas y Medidas (NCWM por sus siglas en inglés) propuso al Departamento de Agricultura (USDA, por sus siglas en inglés) adoptar un medidor capacitivo de contenido de humedad para todas las operaciones comerciales de granos, dentro y fuera de ese país.” (Martines López, 2006)

“Los criterios técnicos del medidor capacitivo están descritos en un documento conocido como Handbook 44, el cual fue elaborado por el NIST (National Institute of Standards and Technology)” (Martines López, 2006)

- Método de determinación de Humedad por Norma ISO 6673

El contenido de humedad, es decir, la cantidad de agua contenida en el grano, se puede expresar tanto en base húmeda como en base seca. Para efecto de comercio de granos aplica el contenido de humedad en base húmeda, es por tanto al que se refiere esta norma.

“El método de desecación en horno consiste en colocar la muestra de grano en una estufa y someterla a deshidratación completa. Los datos que se requiere obtener son el peso inicial de la muestra (muestra húmeda) y su peso final (muestra seca). La muestra permanece en la estufa durante un tiempo, después del cual se coloca en un desecador, que es una cacerola de laboratorio dotada de un material desecante. La muestra permanece en el desecador durante otro período de tiempo, después del cual se pesa, para obtener el peso final.

Se asume que la diferencia de peso de la muestra, antes y después de su desecación, es debida a la pérdida de humedad. Así que el peso inicial de la muestra es mw y el peso final de la muestra es el peso de materia de la materia seca ms.” (Jiménez & Valverde, 2000)

El método de ensayo utilizado es definido por los siguientes aspectos:

- ✓ Tamaño de la muestra
- ✓ Temperatura a la que se somete el grano colocado dentro de la estufa
- ✓ Período de tiempo durante el cual el grano es sometido a desecación
- ✓ Período de reposo durante el cual el grano permanece en la cacerola de desecación.

El método de ensayo de la norma ISO 6673 aplica los siguientes aspectos (ISO/TC34, Technical Committee, 2003)

- ✓ Tamaño de la muestra: 5 gramos
- ✓ Temperatura a la que se somete el grano: 105°C
- ✓ Período de tiempo que el grano es sometido a desecación: 6 horas
- ✓ Período de reposo en el desecador: 4 horas.

Utilización de básculas calibradas para el pesaje comercial de café oro.

Requerimientos Mínimos N∞81

Calibración

"La calibración es el conjunto de operaciones que establecen, en condiciones especificadas, la relación existente entre los valores de una magnitud indicados por un instrumento de medida o sistema de medida, o los valores representados por una materializada o un material de referencia y los valores correspondientes realizados mediante patrones"

La calibración, es el procedimiento metrológico que permite determinar con suficiente exactitud cuál es el valor de los errores de los instrumentos de medición. Y es de vital importancia que dichos errores sean lo suficientemente pequeños y que hayan sido determinados con la mayor exactitud posible.

Por ejemplo, si una balanza está mal calibrada, los consumidores podrían recibir cantidades menores a las que corresponden de los productos que compran.

Dicho en palabras más simples, calibrar consiste en:

"Ajustar, con la mayor exactitud posible, las indicaciones de un instrumento de medida con los valores de la magnitud que ha de medir."

Servicio de calibración de básculas comerciales

En el caso de las básculas comerciales el servicio de calibración usualmente es brindado por el proveedor de estos instrumentos. Por tanto este requerimiento se refiere a la necesidad de utilizar este servicio con la regularidad recomendada por el proveedor de las básculas comerciales que se utilicen

El entendimiento comercial se fundamenta en características físicas del café oro.

Requerimientos Mínimos N∞82

La valoración del café depende de su mercado meta. El valor comercial comparativo del café es una función de sus factores de clasificación, los cuales permiten definir los diferentes grados de calidad. Cada factor de clasificación ha sido establecido, de manera formal o implícitamente, por varios agentes interesados que actúan en el mercado y es reconocido por estos agentes como un estándar legal o contractual para su uso comercial.

El grado de calidad es asignado por las características físicas un lote de café oro, éstas son determinadas mediante rutinas de ensayo (análisis físico de café oro).

La calificación de calidad considera cuatro parámetros: (características físicas de café oro)

- Contenido de Humedad,
- Densidad a granel,
- Granulometría y
- Presencia de granos defectuosos.

Para cada tipo comercial definido por su calidad aplican rangos de aceptación (para cada característica física). Para valorar estos parámetros se ejecutan rutinas de laboratorio que gozan de reconocimiento y aceptación universal. La Organización Internacional para la Estandarización (International Organization for Standardization, ISO) es el organismo internacional que elabora y publica las normas que aplican en este tema. Para café oro existe un grupo de normas ISO. La rutina de laboratorio es el método de ensayo utilizado para dar valor al parámetro, el cual está contenido en una "Norma ISO".

La Organización Internacional del Café (OIC) en su Resolución #407 plantea algunos de estos parámetros para la definición de la calidad del café comercial. En ese documento la OIC adopta la norma ISO 6673 para el contenido de humedad y el "Método Brasil/Nueva York para valoración de granos defectuosos.

Normas ISO para análisis físico de café oro

La siguiente tabla muestra resumidamente el grupo de normas que aplican para efectuar los métodos de ensayo para análisis físico de café oro:

NORMA	PROCESO A QUE APLICA
ISO-4072	Muestreo de sacos para café verde
ISO-6669	Densidad a granel por método de llenado en caída libre
ISO-4150	Prueba de tamizado (análisis granulométrico: clasificación por tamaño y forma del grano de café verde)
ISO-4149	Examinación visual y olfatoria, determinación de defectos y material extraño
ISO-10470	Tabla de defectos aplicables a calificación de café verde
ISO-3509	**Café verde y sus productos vocabulario**
ISO-2395	Prueba de tamizado: vocabulario (análisis granulométrico: clasificación por tamaño y forma del grano de café verde)
ISO-6673	Pérdida de pérdida de masa a 105oC (método directo para determinación de contenido de humedad, desecación en horno de convección forzada)

Aplicación de parámetros de análisis físico en la valoración de café

Para ejemplificar todo lo dicho se muestra una tabla de valoración comercial típica de un país productor de café, de la región centroamericana:

PREPARACIÓN EUROPEA CON TRES POSIBLES VARIANTES				
DESCRIPCIÓN FÍSICA	DENSIDAD MÍNIMA	GRANULOMETRÍA	DEFECTOS	CONTENIDO DE HUMEDAD
DE ALTA DENSIDAD PRODUCTO DE LA APLICACIÓN ADECUADA DE LA CLASIFICACIÓN NEUMÁTICA. PRIMEROS Y SEGUNDOS TRAMAÑOS DEL GRANO DEL PRIMER Y SEGUNDO PERGAMINO. ESCOGIDOS (DE SER NECESARIO) Y DE COLOR UNIFORME.	68 kg/HI	PREPARACIÓN EUROPEA A: MÍNIMO CON 95% DE GRANO SOBRE ZARANDA 7.14 mm (18/64)	MÁXIMO 8	CONTENIDO DE HUMEDAD EN EL RANGO DE 8 A 12.5% SEGÚN RESOLUCIÓN NÚMERO 407 DE OIC
	68 kg/HI	PREPARACIÓN EUROPEA A/B: MÍNIMO CON 95% DE GRANO SOBRE ZARANDA 6.75 mm (17/64)		
	68 kg/HI	PREPARACIÓN CHORRO EUROPEO: MÍNIMO CON 70% DE GRANO SOBRE ZARANDA 6.75 mm (17/64)		

Aplicación de parámetros en contratos comerciales de café

- EJEMPLO: Denominación del tipo comercial "Preparación o Chorro Europeo"

  Escenario:

  La tipificación de este café (y del país productor) está basada en la dureza del grano, por eso utiliza calificaciones como Strictly Hard Bean (SHB: grano estrictamente duro), HB (Hard Bean) o grano duro), etc., por lo que la densidad a granel es el parámetro asociado a la dureza del grano y por ello juega un rol importante para la calificación comercial.

  Definición comercial del café según este ejemplo:

  Tipo comercial de café: Preparación Europea "A"
  Caracterización de este tipo comercial:
  Densidad mínima = 68 kg/Hl,
  Granulometría = 95% sobre tamiz #18,
  Tolerancia a defectos: Máximo de 8 defectos valorados por el método Brasil/Nueva York.

  Para la definición del contrato comercial estas características aplican. Por tratarse de café especial además aplica frescura del grano y prueba de taza limpia. Finalmente, el mercado meta ya conoce y asume el perfil de taza reconocido del país y la región productora.

- ACLARACIÓN PARA EL LECTOR

Cada país productor de café ha desarrollado sus propios estándares de calidad; apoyado en estos estándares cada país ha procurado colocar su café en su mercado meta. Por esto es que toda la información *se utiliza aquí a modo de ejemplo*, para que el lector pueda utilizarla como referencia. Por tanto existen metodologías propias de cada país con respecto a los estándares que aplican para la valoración comercial del café.

Métodos de ensayo para análisis físico de café oro conforme a normas ISO

- Preparación de la muestra: Trillado y limpieza

En el caso de una muestra de café pergamino seco, procedente del proceso de beneficiado vía húmeda, ésta será trillada y depurada, esto es, limpia de restos de pergamino y materiales extraños. Se obtiene así la muestra limpia de café oro (café verde en grano seco).

- División de la muestra

Para cada método de ensayo se utiliza una muestra cuyo peso está especificado como parte de dicha rutina. Se realiza “el cuarteo” que es el procedimiento mediante el cual se disminuye la cantidad en peso de una muestra, con cuarteadores o divisores, a fin de obtener una muestra representativa de una muestra bruta.

✓ Cuarteador Gravitatorio

El instrumento recomendado para efectuar la partición equitativa de la muestra es el “Divisor Boerner”.

Como soporte a esta selección es importante mencionar que este es el instrumento oficial adoptado por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.

La muestra es alimentada a un embudo del cual fluye través de varios espacios (o agujeros) paralelos, de ancho igual o uniforme, y se produce su división en dos partes de aproximadamente el mismo peso, una de las cuales se retiene y la otra se descarta. La muestra retenida se dividirá nuevamente, cuantas veces sea necesario hasta obtener una muestra del tamaño requerido por el método de ensayo para el cual será destinada.

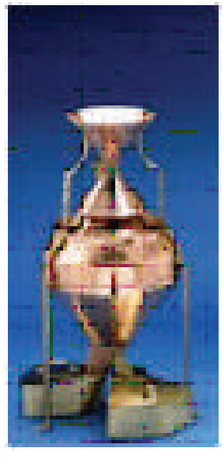
- Determinación de la densidad a granel (densidad aparente)

El parámetro densidad a granel aplica para cosechas de productos agrícolas. Se define como la razón del peso por volumen. Para su medición se coloca una cantidad del grano en un recipiente de volumen conocido, se pesa esta cantidad de producto y el cociente peso/volumen se expresa en unidades del sistema métrico decimal: kg/HL (kilogramos por hectolitro). Ya que no es la densidad absoluta se le denomina “Densidad Aparente”.

La magnitud de la densidad es un parámetro que guarda relación directa con la calidad de la bebida obtenida por la infusión del café tostado y molido. La dureza del grano se manifiesta por su densidad a granel. La densidad a granel aplica para efectos de generar una zonificación cafetalera que asigna atributos de calidad, calificando las regiones por su aptitud climática para producción de café. Uno de los factores utilizados para una zonificación cafetalera es la dureza del grano. Por todo lo dicho, este parámetro aplica para la calificación del café en proyectos de Denominación de Origen.

Aplicación del método de ensayo de la Norma ISO 6669

La densidad a granel se determina aplicando el procedimiento establecido en la Norma ISO-6669 “Determination of free flow bulk density” (Determinación de densidad a granel por el método de caída libre). (ISO/TC34, Technical Committee , 1995)



- Procedimiento para densidad a granel por el método de llenado en caída libre

La muestra limpia se descarga en caída libre sobre el embudo del Densímetro. Del embudo se descarga en caída libre sobre el recipiente cilíndrico, sobre el cual se permite rebozar el grano libremente. Luego se rasa el recipiente utilizando la regla de madera. El grano en el recipiente se pesa y se anota el resultado respectivo.

Se efectúan tres repeticiones. Se reporta el promedio de las tres mediciones.

Densímetro y Balanza

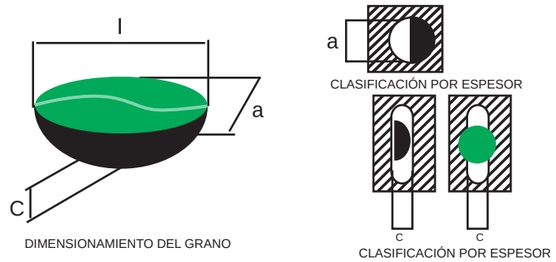
- Análisis de Granulometría

Granulometría se define como el procedimiento de partición de un lote de grano por su diferencia de tamaño, asignando valores aceptados para gradación comercial de calidad. El grado se asigna por el tamaño del grano predominante en el lote de café comercial.

Aplicación del método de ensayo de la Norma ISO 4150

La Granulometría se determina aplicando el procedimiento establecido en la Norma ISO-4150 “Green coffee - Size analysis - Manual sieving Green coffee” (Análisis de tamaño del café verde mediante tamizado manual). (ISO/TC34, Technical Committee, 1991).

Para la partición de la muestra según el tamaño del grano se utilizan zarandas con perforaciones redondas y también, perforaciones oblongas. La muestra de grano se coloca sobre la zaranda que es sometida a movimientos de oscilación a fin de promover el paso del grano a través de sus perforaciones. El grano que no pasa por las perforaciones es retenido sobre la zaranda y se le asigna el tamaño de la zaranda sobre la cual fue retenido.



Forma del grano y tipos de tamices utilizados

El grano normal tiene forma plano convexo medido por su dimensión “a” ancho en plancha de perforación redonda. Para el grano de forma elipsoide se utiliza zaranda de perforación oblonga, que mide el espesor del grano.

La dimensión utilizada es la fracción de 1/64 de pulgada. Para café se utilizan zarandas numeradas consecutivamente del 11 al 20 para tamices de perforación redonda. Los Tamices numerados del 10 al 13 son aquellos de perforación oblonga.

Así, el tamiz cuya perforación redonda tiene diámetro 17/64” (6.75 mm) es denominado “Zaranda 17”. En términos comerciales grano de zaranda 17 es aquel lote de café cuyo grano (predominantemente) tiene dimensiones tales que es retenido sobre la zaranda 17.

Las dimensiones en fracciones de 1/64” debieron trasladarse al sistema métrico decimal para poder ser adoptadas por la normativa ISO. Por lo que la dimensión que aplica es la que se estipula en la Norma ISO 4150, de la cual se extrajo el cuadro siguiente:

Desarrollo fisiológico, plenitud en la maduración y calidad del café

El grano apto para el proceso de beneficiado es aquel que presenta plenitud de desarrollo y madurez. De modo simple se puede expresar que: “La madurez del fruto de café muestra su plenitud en la formación completa del mucílago”.

Los frutos inmaduros abarcan una gama de condiciones: desde aquellos de incompleto desarrollo fisiológico hasta los que no alcanzaron formación completa del mucílago.

“La causa principal de las deficiencias en la calidad del café resultan producto de que el grano no se encontraba en su condición óptima de madurez y desarrollo fisiológico al momento de ser sometido al proceso de beneficiado, o bien, debido a que sufrió alteraciones tales como daño mecánico, sobre fermentación, sobre secamiento, etc., durante su procesamiento.” (Kosalos, Stephen, Steven, Songer, & Alves, 2004)

Finalmente, *la calidad de la bebida guarda relación directa con el estado de madurez y desarrollo que el fruto haya alcanzado al momento de iniciar su proceso de beneficiado*.

Los granos de café considerados “Defectos”

Grano defectuoso es todo aquel que presenta algún tipo de alteración de las características organolépticas de su calidad, deseables y requeridas para ser utilizado como materia prima en los procesos de tostión y molienda.

La presencia de granos defectuosos en una muestra de café oro es considerada causa directa de alteraciones de la bebida obtenida por la infusión del café tostado y molido preparado con esa muestra. Así la operación de separación de los granos defectuosos es una tarea básica entre las operaciones de preparación de café oro.

Se reconocen dos tipos de orígenes posibles de los granos defectuosos:

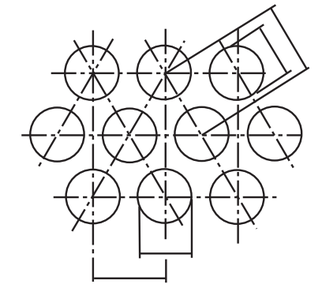
- De la plantación
- Del proceso de beneficiado.

Métodos de Valoración de granos defectuosos

La Organización Internacional del Café (OIC) adopta el método “Brasil/Nueva York” para conteo y valoración de los granos defectuosos, mejor denominados “defectos”.

Table A.1

Aperture size (mm)		Sieve No.
Nominal diameter w	Tolerance	
8,00	+0,09	20
7,50	+0,09	19
7,10	+0,09	18
6,70	+0,08	17
6,30	+0,08	16
6,00	+0,08	15
5,60	+0,07	14
5,00	+0,07	12 1/2
4,75	+0,07	12
4,00	+0,07	10
2,80	+0,06	7
	+0,05	



NOTE - Velues of the pitch p are give in ISO 3310-2

Figure A.1 - Round holes -Staggered arrangement

Tamices de Perforación Redonda

Disposición de las perforaciones

Para los tamices de perforaciones oblongas aplican, conforme a la norma ISO 4150, las dimensiones y la configuración que se muestran a continuación:

Table B.1

Aperture size (mm)			Pitch (mm)		Sieve No.
Width w_1	Tolerance width	Length w_2	p_1	p_2	
5,60	+0,07	30	9,6	36	14
5,00	+0,07	20	9,0	36	13
4,75	+0,07	20	8,6	25 or 26	12
4,50	+0,07	20	8,2	25 or 26	11
4,00	+0,06	20	7,5	25 or 26	10
3,55	+0,06	20	6,8	25 or 26	9
3,00	+0,05	20	6,0	25 or 26	8

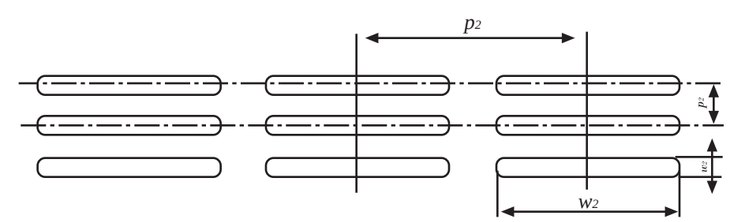


Figure B.1 - Slotted apertures - Arrangement in rows

- Límites de tolerancia para la presencia de granos defectuosos

Para el caso de proyectos de café reconocidos por su origen, resulta necesario explorar otras posibilidades y mantener una opinión más amplia en el tema de valoración de la calidad.

Por ello resulta importante tener muy en consideración del método de valoración de granos defectuosos desarrollado por la “Asociación de Cafés Especiales de América” (Specialty Coffee Association of America).

Ambos métodos de valoración guardan similitud (Brasil/Nueva York y SCAA). Se definen defectos considerados como de mayor gravedad y de mayor exigencia en cuanto a que no se acepta su presencia en los tipos de café de mayor valor comercial. Asimismo se definen tipos de defectos considerados como secundarios.

Defectos primarios y defectos secundarios

El criterio que impera es que los defectos primarios (más graves) tienen impacto fuerte en la calidad de la bebida, dado que son causa de sabores desagradables reconocidos. Para los defectos secundarios se acepta que su impacto en la calidad de la bebida es menor. La valoración de los defectos, guarda por tanto, similitud y coincidencia de criterios para los dos métodos a que se hace referencia.

La SCAA surge como una alternativa para el comercio de los cafés cuya calidad de la bebida se diferencia por sus condiciones especiales. Desde su definición SCAA presupone un asocio entre las características de suelo y clima y la producción del café de calidad especial. Este criterio tiene afinidad directa con el reconocimiento del café por su origen.

De hecho hay una tendencia a adoptar el método de valoración de SCAA en los países que están defendiendo el comercio de su café por considerar que reúne características de elevada calidad, entre ellos los países de la región centroamericana y el Caribe.

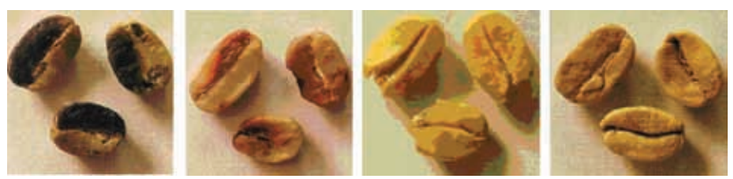
Sobre la base de lo dicho arriba, se muestra una descripción de los defectos conforme a la definición de SCAA, pero que aplican con criterio similar en el método Brasil/Nueva York.

Defectos primarios

Grano NEGRO | Grano AGRIO | CEREZA SECA | Daño por hongos

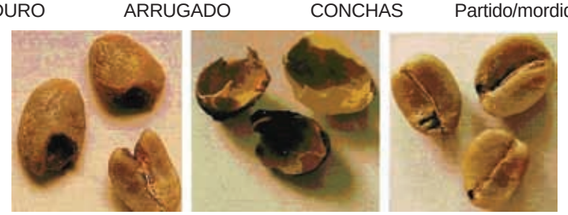
PALOS | PIEDRAS | Severo BROCADO

Defectos secundarios



Negro PARCIAL | Agrio PARCIAL | Pergamino | FLOTADOR

INMADURO | ARRUGADO | CONCHAS | Partido/mordido/cortado



Partido/Mordido | Cáscara | Brocado LEVE

El procedimiento consiste en examinar la muestra de café oro y extraer los granos defectuosos conforme se ajusten al patrón fotográfico de su descripción. Cada tipo de defecto tiene un valor asignado definido como “Defectos Totales Equivalentes”.

Se efectúa un conteo de los “Defectos” y se les asigna la valoración, lo que conduce a una sumatoria de “Defectos Totales Equivalentes”. El valor acumulado por la suma de todos los “Defectos Totales Equivalentes” será el parámetro aplicado para asignar una de las dos categorías comerciales que aplican para la valoración de cafés especiales según SCAA.

Valoración de defectos por el Método Brasil/Nueva York

El procedimiento es prácticamente el mismo que con el método de valoración comercial de SCAA. Del mismo modo se efectúa una extracción de los granos considerados como defectos aplicando casi la misma denominación para su identificación. Pero difiere un tanto en cuanto a la valoración de los defectos. La valoración de defectos utiliza la tabla que se muestra adelante.

El tamaño de la muestra es de 300 g.

Tabla: Valoración de defectos por el método “Brasil/Nueva York”, por Resolución #407 de la Organización Internacional del Café (OIC) de febrero del 2002

TIPO DE DEFECTO	Factor conversión	Cantidad	Valoración	Cantidad (p/ejemplo)	Valoración (p/ejemplo)
Grano Negro	1/1	1	1	1	1
Grano Vano	1/5	1	0,2	5	1
Grano Mordido	1/5	1	0,2	5	1
Grano daño insectos	1/5	1	0,2	5	1
Grano Quebrado	1/5	1	0,2	5	1
Grano Agrio	1/1	1	1	1	1
Grano Bellota	1/1	1	1	1	1
Piedra o palo grande	5/1	1	5	5	25
Piedra o palo mediana	2/1	1	2	2	4
Piedra o palo pequeño	1/1	1	1	1	1
Cáscaro de pergamino o bellota grande	5/1	1	5	5	25
Cáscara de pergamino o bellota Mediana	2/1	1	2	2	4
Cáscara de pergamino o bellota pequeña	1/1	1	1	1	1
Conchas u orejas	1/3	1	0,33	3	1

Valoración de defectos según “Manual de SCAA”

La metodología de valoración comercial de SCAA aplica solamente para café de calidad diferenciada o especial. Presupone que el café sujeto de ser valorado reúne características físicas excepcionales en cuanto a granulometría y reducida presencia de defectos. Partiendo de este criterio se definen las dos categorías comerciales que aplican para cafés especiales según la valoración comercial de SCAA.

El tamaño, o peso, de la muestra de café oro (café verde) es de 350 gramos.

En cuanto a granulometría se pide una diferencia en la uniformidad del tamaño del grano no mayor a un 5% con respecto a lo que se haya establecido en el contrato de compra/venta. Esta regulación presume, por sí misma, estricta uniformidad en cuanto al tamaño del grano.

Las categorías comerciales son: (Kosalos, Stephen, Steven, Songer, & Alves, 2004)

- Grado ESPECIALIDAD: Admite un máximo de 5 faltas totales y NO se admiten defectos categoría 1.
- Grado PREMIUM: Admite un máximo de 8 faltas totales, Y se admiten defectos categoría 1 y categoría 2.

Los “defectos” se dividen en dos categorías, siguiendo el criterio arriba descrito.

Defectos Categoría 1	Defectos Totales Equivalentes
Grano Negro	1
Grano Agrio	1
Cereza Seca	1
Daño por hongos	1
Materia extraña: palos y piedras	1
Grano severamente brocado	5

Defectos Categoría 2	Defectos Totales Equivalentes
Grano Negro Parcial	3
Grano Agrio Parcial	3
Pergamino	5
Flotador	5
Inmaduro	5
Arrugado	5
Conchas	5
Partido/mordido/cortado	5
Cáscara o pulpa seca	5
Grano brocado leve	10

Para aplicar la caracterización física de este lote de café utilizaremos la misma tabla de valoración comercial. (De modo que el ejemplo se refiere a un país concreto, perteneciente a la región centroamericana)

Tabla de Valoración Comercial para el país productor tomado como ejemplo:

PREPARACIÓN EUROPEA CON TRES POSIBLES VARIANTES				
DESCRIPCIÓN FÍSICA	DENSIDAD MÍNIMA	GRANULOMETRÍA	DEFECTOS	CONTENIDO DE HUMEDAD
DE ALTA DENSIDAD PRODUCTO DE LA APLICACIÓN ADECUADA DE LA CLASIFICACIÓN NEUMÁTICA. PRIMEROS Y SEGUNDOS TAMAÑOS DEL GRANO DEL PRIMER Y SEGUNDO PERGAMINO. ESCOGIDOS (DE SER NECESARIO) Y DE COLOR UNIFORME.	68 kg/HI	PREPARACIÓN EUROPEA A: MÍNIMO CON 95% DE GRANO SOBRE ZARANDA 7.14 mm (18/64)	MÁXIMO 8	CONTENIDO DE HUMEDAD EN EL RANGO DE 8 A 12.5% SEGÚN RESOLUCIÓN NÚMERO 407 DE OIC
	68 kg/HI	PREPARACIÓN EUROPEA A/B: MÍNIMO CON 95% DE GRANO SOBRE ZARANDA 6.75 mm (17/64)		
	68 kg/HI	PREPARACIÓN CHORRO EUROPEO: MÍNIMO CON 70% DE GRANO SOBRE ZARANDA 6.75 mm (17/64)		
CHORRO AMERICANO				
DE DENSIDAD MEDIA PRODUCTO DE LA CLASIFICACIÓN NEUMÁTICA, PRIMEROS Y SEGUNDOS TAMAÑOS DEL GRANO DEL PRIMER, SEGUNDO Y A VECES DEL TERCER PERGAMINO, ESCOGIDOS POR COLOR Y DE APARIENCIA HOMOGÉNEA	65 kg/HI	MÍNIMO CON 60% DE GRANO SOBRE ZARANDA 6.35 mm (16/64)	MÁXIMO 23	CONTENIDO DE HUMEDAD EN EL RANGO DE 8 A 12.5 % SEGÚN RESOLUCIÓN NÚMERO 420 DE OIC

La clasificación de café procede conforme a una orden de trabajo emitida por la Unidad de control de calidad y fundamentada por el análisis físico de la muestra correspondiente.

- *Requerimientos Mínimos N∞83*
- La Orden de Trabajo "OT":

Este documento consigna las operaciones de clasificación que deberán practicarse a un lote de café. La clasificación se practica para imprimirle a la masa de grano las características físicas especificadas en su contrato de venta. Además la OT debe especificar toda aquella información concerniente al lote de grano: su procedencia y su destino.

- Ejemplo de Orden de Trabajo:

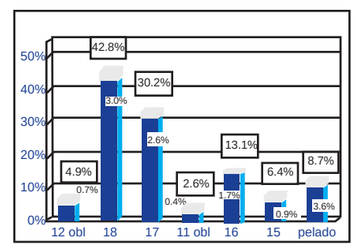
Dado que las características de calidad dependen del mercado de destino, aquí presentamos un ejemplo concreto de un café de calidad diferenciada, típico de la región centroamericana. Se utilizarán los estándares de calidad que se mostraron (para ejemplificar) en el requerimiento N°84.

Escenario Propuesto y Datos para la OT:

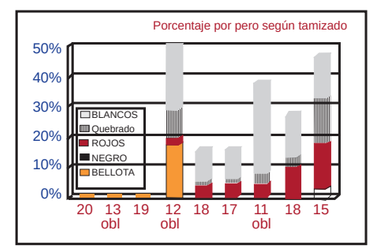
Un lote de café fresco y con taza limpia se utilizará para cumplir un contrato comercial del Tipo "Chorro Europeo". Para esto se ha tomado una muestra (conforme con el requerimiento N°80), la cual se someterá a análisis físico, como se describe:

Análisis Físico de la muestra de café

Con base en los resultados de granulometría y defectos se elaboraron los gráficos que se muestran a continuación



Análisis de Granulometría



Análisis de defectos

Especificaciones para cumplimiento del contrato comercial:

Tipo comercial de café: “Chorro Europeo”

- Densidad mínima = 68 kg/Hl,
- Granulometría = 70% sobre tamiz #17,
- Defectos: Máximo de 8 defectos valorados por el método Brasil/Nueva York.

Criterio tomado para elaborar la OT:

Producción de sub lotes: Esto es un producto de la clasificación por tamaños, es decir, es una operación que divide el lote original, partiéndolo en sub lotes según el grano es retenido y/o pasa a través de los tamices seleccionados para ejecutar la clasificación.

Paso 1: Clasificación por tamaño:

El lote preparado deberá componerse (con un grado de 95%) de grano sobre tamiz #17, así que lo primero a considerar es practicar la clasificación de tamaños, la cual se hará colocando el tamiz #17 (en la máquina de tamices de oscilación rápida).

Paso 2: Eliminación de granos defectuosos:

Observando la gráfica de granos defectuosos se deduce que hay varios defectos importantes ubicados sobre el tamiz #12 obl. (Obl = ranura oblonga). Estos son bellotas (fruto seco), trozos de grano madre (elephant beans) y grano blanqueado.

Debe observarse que casi la totalidad de grano negro se halla en el grano retenido sobre tamiz #15. También el grano rojizo. Así que la separación de grano sobre tamiz #17 produce (también) el efecto de separar estos granos defectuosos (negro y rojizo), ya que éstos pasarán a través del tamiz #17 y conformarán un sub lote de grano de calidad inferior.

Paso 3: Obtención del sub lote destinado para cumplimiento del contrato

A la orden de trabajo se añade la colocación del tamiz #12 obl, colocado encima del tamiz #17, de este modo los defectos (bellotas, etc.) serán retenidos en el tamiz #12 obl; luego el grano de mayor tamaño será retenido sobre el tamiz #17, el cual es el segmento destinado para cumplir el contrato de venta del café tipo “Chorro Europeo”.

La estructura completa de esta OT debe considerar la total disposición y por ello, el aprovechamiento de todo el lote original. Para hacer efectiva esta consideración se definieron los requerimientos N∞84 y N∞85, según se describe a continuación.

Ajuste de los equipos conforme a las especificaciones estipuladas en la orden de trabajo y Previsiones para destino y conservación de sub lotes generados producto del proceso de preparación de café oro.

Requerimientos Mínimos N∞84 y N∞85

Para ilustrar el concepto enunciado “Ajuste de equipos” y “Previsión al destino de lotes generados por la clasificación”, se continúa con el ejemplo de la orden de trabajo descrito arriba; de modo que la OT deberá contemplar la colocación de tamices para separar otros sub lotes y así derivarlos hacia otros contratos comerciales.

Paso 4: Depuración del sub lote para cumplimiento de condiciones del contrato

Con objeto de obtener homogeneidad en la densidad y para complementar la remoción de granos defectuosos, el sub lote retenido sobre tamiz #17 se envía para su proceso en el separador gravitatorio (densimétrica).

- Ajuste de la mesa gravitatoria

La mesa gravitatoria dispone de cinco ajustes, los cuales son

1. Flujo o carga de alimentación: Cantidad de grano descargado por unidad de tiempo sobre la mesa de clasificación
2. Flujo de aire (insuflado por los ventiladores a través de la mesa de clasificación)
3. Velocidad de oscilación. (De la mesa de clasificación).
4. Pendiente lateral (observada desde el frente de la mesa)
5. Pendiente longitudinal.

La combinación de estos ajustes es un tema amplio. Refiérase al requerimiento N∞92.

Continuando con este caso: La *coordinación de los (cinco) ajustes* de la mesa gravitatoria responderá a la producción de un reducido “chorro” de grano descartado, ya que la cantidad de grano defectuoso presente en el grano N∞17 es reducida, sumado a que la separación de defectos ya fue realizada por la colocación de los tamices N∞12 obl y N∞13 obl; además gran parte de los granos defectuosos pequeños pasan a través del tamiz #17, siendo separados por el tamizado (en si mismo).

Continuación del proceso de clasificación:

1. Preparación del tipo “Chorro Americano”

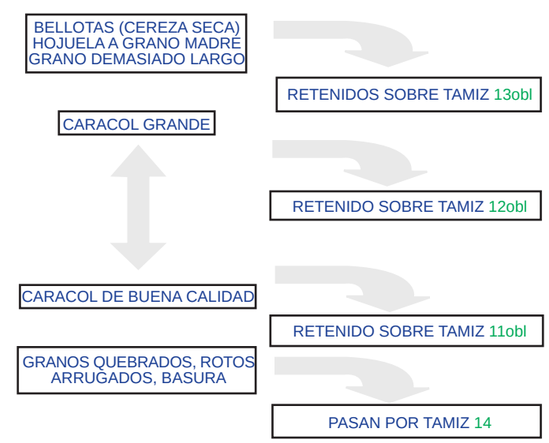
Para lograr el mejor aprovechamiento de todo el lote de café, se coloca el tamiz #15 para obtener un sub lote que calificará con las especificaciones del tipo definido como “Chorro Americano”. Para este tipo se estipula “*60% de grano sobre tamiz #16*”.

Esta previsión se deduce de observar la gráfica de granulometría, donde se ve que si se coloca un tamiz #15 para que solo retenga el grano N°16 y N°15 (reunidos en un sub lote), este lote sería conformado mayoritariamente por grano N°16, pero también de grano N°15 (en un porcentaje mucho menor al 40%, complementando al 60% de grano N°16). Todo esto considerando que ya el grano sobre tamiz N°17 fue separado previamente.

2. Separación de granos elipsoides, denominados Pea berry o Caracolí.

En el café de calidad diferenciada los granos de forma elipsoidal son considerados defectos. Esto se debe a que estos granos son más densos que los granos normales y por ello no se tuestan igual que aquellos, de modo que imprimen apariencia des uniforme en la apreciación de la calidad del tueste.

Conviene (por tanto) separar los granos elipsoides mediante la colocación de tamices de ranuras oblongas, colocados convenientemente. La estrategia de clasificación se resume en la siguiente gráfica:



- Resumen de la Orden de trabajo para clasificación por tamaños

Conforme a este ejemplo, la OT solicitará la colocación de los siguientes tamices, posicionados en orden descendente:

1. Posición superior: Tamiz #13 obl (ranura oblonga)
2. Tamiz #12 obl
3. Tamiz #17
4. Tamiz #11 obl
5. Tamiz #15

- Resumen de la clasificación por tamaño para obtención del lote comercial

a. El grano retenido sobre tamiz #17 es destinado para conformar el tipo “Chorro Europeo”, el cual además fue sometido a clasificación por densidad, mediante su proceso en separador gravitatorio. (con el fin de uniformar densidad, separando granos livianos y defectuosos).

b. El grano retenido sobre tamiz #15 es destinado a conformar un lote del tipo “Chorro Americano”. Este lote debe ser muestreado y analizado nuevamente, pues podría requerir otro tipo de proceso para refinamiento (mediante proceso en separador gravitatorio).

c. El grano separado por los tamices #12 obl y #11 obl es reunido para conformar un lote de grano elipsoide de tamaño mediano.

d. El grano retenido sobre tamiz #13 obl y el grano que pasó bajo tamiz #15 puede reunirse para conformar un lote de calidad inferior, el cual es ofrecido para venta contra muestra.

Estimación de la producción de diferentes tipos comerciales

Como se ha dicho, el proceso de clasificación produce, por si mismo, una partición del lote original dividiéndolo en sub lotes. Este concepto se explicará utilizando el mismo ejemplo figurado para los requerimientos N°83, N°84 y N°85, según se explica a continuación:

Herramienta para estimación de la producción

Retomando la información del análisis físico se obtienen los siguientes datos

Porcentaje de Grano sobre tamiz #13 obl:	4.9%
Porcentaje de Grano sobre tamiz #17:	73%
Porcentaje de Grano sobre tamiz #11 obl:	2.6%
Porcentaje de Grano sobre tamiz #15:	19.5%

Para ilustrar la aplicación estos datos en un caso real, supondremos un lote original de 1000 sacos (sc) de 46 kilogramos (kg). En principio se asumirá que la clasificación por tamaño es ciento por ciento eficiente, y que por ello producirá una partición exacta conforme con los porcentajes descritos. *A falta de la clasificación por densidad*, se obtendrían los siguientes productos:

Chorro Europeo: 730 sc (de 46 kg)
Chorro Americano: 195 sc
Caracolí: 26 sc
Calidad inferior 49 sc

- Cambio en los sub lotes debido a separación de granos defectuosos

Supondremos aquí que la separación de granos defectuosos se efectúa mediante la clasificación por densidad practicada a los sub lotes (en los separadores gravitatorios).

Sub lote N°1: Chorro Europeo

De la misma información de análisis físico, tomando la gráfica de granos defectuosos, se encuentra que en el grano sobre tamiz #17 hay un porcentaje de grano defectuoso del orden del 15%. Si suponemos que todo este grano defectuoso será removido por el separador gravitatorio, entonces el porcentaje de grano N°17 se reduce a 62%. Y se tendría entonces 620 sc de Chorro europeo y 109.5 sc de grano para venta contra muestra.

Sub lote N°2: Chorro Americano

Tomando la gráfica de granos defectuosos, se ve que en el grano sobre tamiz #15 hay un porcentaje de grano defectuoso del orden del 34%. Asumiendo que todo este grano defectuoso será removido por la clasificación por densidad, entonces el porcentaje de grano N°15 se reduce a 66%. Y se tendría entonces 128 sc de Chorro americano y 67 sc de grano para venta contra muestra. El resultado de las particiones se muestra en el siguiente cuadro:

Resultado de la clasificación por densidad (como separación de defectos)

Tipo que define	Porcentaje del lote original	Porcentaje de defectos	Cantidad para contrato	Cantidad para Stock Lot
Tamiz No. 17	73%	15%	621 sc	110 sc
Tamiz No. 15	20%	34%	129 sc	66 sc
Stock Lot				176 sc
Cantidad de sacos en lote original			**1.000 sc**	

- Notas a los resultados de la clasificación por densidad

No puede asegurarse con certeza que el separador gravitatorio tendrá efectividad para lograr la completa separación de granos defectuosos, pero quizá podrá reducir su presencia hasta los límites de tolerancia estipulados para cada tipo comercial considerado. Viendo la tabla de valoración comercial estos son de 8 defectos para el chorro europeo y 23 defectos para el chorro americano.

- Consideración sobre la eficiencia de la operación de clasificación por tamaños

Podemos tomar como referencia una eficiencia del 75%. Esto significa que el 25% del grano N°16 pasaría a formar parte del lote de chorro europeo, aumentándose entonces este sub lote y reduciéndose el sub lote de chorro americano. Para efectos de este ejemplo no consideraremos este efecto, pues la eficiencia de la clasificación debe determinarse mediante pruebas de campo, aplicadas al equipo con que se cuente (situación real).

- Resultados finales y producción de tipos definidos por su calidad

Para ilustrar este concepto se continúa aplicando la información producida por el ejemplo de la preparación de café que se desarrolló arriba. Resumidamente se presenta el resultado final del proceso de preparación conformado por tipos comerciales y las cantidades obtenidas.

Cantidad Final por tipos preparados		Participación porcentual
Chorro Europeo	621 sc	62%
Chorro Americano	129 sc	13%
Stock Lot	176 sc	18%
Calidad Inferior	49 sc	5%
Caracoli	26 sc	3%
	1.000 sc	

- Porcentaje de grano defectuoso y dificultades reales para el destino de los lotes

Es una realidad que las cantidades de grano obtenidas en este ejemplo no calzan para las cantidades exactas definidas en los contratos comerciales. Pero hay que razonar en este ejemplo que la mayor distorsión proviene de los elevados porcentajes de granos defectuosos presentes en la muestra original. En la práctica no debe existir tal cantidad de defectos si se hubieren cumplido los requerimientos de cosecha selectiva y clasificación de fruta previo al despulpe. Es un principio básico conducir el beneficio húmedo separando los granos defectuosos antes del despulpe, de lo contrario se tendrá un escenario complicado como el descrito en este ejemplo.

- Porcentaje real de grano sobre tamiz #17

Basta inspeccionar los resultados de este ejemplo y suponer que la presencia de defectos no supere al 3% para darse cuenta que el resultante de esta clasificación si puede calzar con las cantidades definidas para contenedores comerciales que utilizan volúmenes de 250 sc de 69 kg, esto es 375 sc de 46 kg, lo que presupone contar con 75% de grano sobre tamiz #17. (Para completar 750 sc = 2 contenedores) partiendo de un lote original de 1000 sc de 46 kg. Esto es plenamente factible considerando la granulometría típica del café producido en la región centroamericana, para las zonas que sean candidatas a producir café protegido por su vinculación con el origen.

- Previsiones para producción y destino de los tipos preparados

El uso de registros de todos los eventos y procesos sucedidos en el beneficio seco resulta imprescindible para efectuar la planificación del destino de los diferentes lotes.

La información de los resultados de preparaciones ya realizadas será vital para planificar la disposición y destino de los tipos producidos. La participación porcentual de cada tipo resultante es el factor clave para estimar su cantidad.

Con base en análisis físicos y sumando la experiencia en el proceso de clasificación y sus resultados pueden tomarse las previsiones adecuadas para la venta a diferentes mercados de todos los tipos resultantes de la preparación.

- Previsiones para la producción de pequeños lotes de calidad regular

No obstante todo lo dicho, siempre existe la posibilidad de que se generen pequeños lotes de calidad regular, cuya disposición y mantenimiento debe ser prevista. Debe considerarse que este tipo de café está trillado y por ello se constituye en un producto altamente perecedero, según se describe a continuación:

- Café pergamino, café oro y preservación de la calidad

El producto terminado del proceso de beneficiado húmedo es el café pergamino seco (coffee parchment), esto es: la semilla seca que conserva el endocarpio. (Denominado “pergamino”). Para la preservación de su calidad es condición básica mantener el grano cubierto por el pergamino hasta el momento que el producto es despachado a los tostadores.

El grano de café oro, libre del pergamino, inicia un rápido proceso de oxidación, que deriva en la pérdida paulatina de sus atributos de calidad, aparejado a su envejecimiento.

- Producción potencial de problemas de contaminación con ocratoxinas

Experimentalmente se ha comprobado que cuando el café oro gana humedad se produce un rápido enmohecimiento. En muestras de grano enmohecidas se ha encontrado presencia de ocratoxinas. Estos reportes aunque no se han documentado oficialmente, provienen del Centro de Investigaciones en Café de Costa Rica. (Rodríguez & Solís, 2004)

El mayor potencial de producción de ocratoxinas se produce precisamente en lotes de café oro de calidad regular, cuando son expuestos a ambientes húmedos por períodos de tiempo de tan solo pocas semanas. (Rodríguez & Solís, 2004)

Por ello, cuando se prepara café y se efectúan clasificaciones que producen lotes pequeños de calidad regular, es de suma importancia arreglar el despacho inmediato (de todo de café remanente de los procesos de clasificación). Es esta una debilidad de nuestra industria cafetalera, donde es común que algunos lotes de grano sufran deterioro durante su permanencia prolongada en las bodegas de los beneficios secos.

- *La comercialización inmediata será siempre la mejor alternativa*. La búsqueda de mercados alternativos para los tipos de café oro de calidad regular es tarea obligada de la administración

Mantenimiento de registros sobre proceso y destino de cada lote de café preparado.

- *Requerimientos Mínimos N°86*

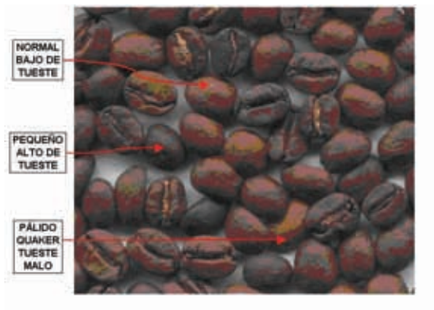
- Registro de Información

La información del proceso considerará todas las etapas del proceso de preparación:

- Orden de trabajo sustentada en análisis físicos y pruebas de catación:

1. Muestreo del lote y su información codificada: Refiérase al requerimiento mínimo N°78
2. Todo documento aplicado para Análisis físico de café oro: Refiérase al requerimiento mínimo N°82
3. Resultados de las pruebas de calidad de taza (prueba de catación).
4. Criterio para selección de operaciones de clasificación: Refiérase al requerimiento mínimo N°83
5. Previsión de cumplimiento de contratos comerciales que la dio origen a la OT

Resulta claro que la clasificación mecánica del café fue ingeniada en función de proporcionar condiciones idóneas para el tueste, procurando resaltar las virtudes y eliminar posibles fuentes de distorsión en la calidad final de la bebida. El resultado de la preparación se considera óptimo si satisface las exigencias del mercado de café gourmet.



- Clasificación mecánica del café oro

Posterior a la trilla cada lote de café es sometido a operaciones de clasificación, cuyo objetivo es obtener homogeneidad de tamaño y forma del grano, eliminando granos defectuosos. Aplican rangos para asignar estas características

- Secuencia de operaciones de preparación de café oro

"La maquinaria utilizada y la secuencia en que se realicen estas operaciones corresponden con un proceso organizado en función de la secuencia: "Cada operación de clasificación que se efectúa es un eslabón de la secuencia y complementa a la operación subsecuente"

En nuestro medio prevalece desconocimiento de este tema, no se aplica el enfoque de secuencia, por lo que es común observar en nuestros beneficios, que se ejecutan procesos de clasificación que no (siempre) producen resultados óptimos." (Soto & Jiménez, 1995)

"La Preparación de café oro comprende las siguientes operaciones:

- ✓ Trilla: Separación del pergamino (endocarpio)
- ✓ Limpieza (eliminación de materia extraña)
- ✓ Clasificación por tamaño
- ✓ Clasificación por densidad.
- ✓ Separación de granos defectuosos" (Soto & Jiménez, 1995)

Documentos comerciales aplicados para procesamiento y despacho de café oro:

Sumada a la información de la orden de trabajo se debe reunir además todos los documentos relativos al destino de la partida de café procesada en el beneficio seco. El ejemplo aquí desarrollado es una referencia útil. Los documentos comerciales aplicados en las situaciones reales deben contemplar estas consideraciones.

Algunos datos importantes que deben registrarse son los siguientes:

1. Documentación de la Orden de trabajo, según descrito arriba.
2. Tipos comerciales producidos y su caracterización física
3. Cantidad de sacos para cada tipo (producido por la clasificación).
4. Destino de cada tipo (producido por la clasificación).
5. Operaciones de clasificación practicadas.
6. Cantidad original de sacos componentes del lote procesado.
7. Códigos de identificación y números (incluyendo el origen del café).
8. Documentos de embarque y todo número y/o códigos de contratos de venta
9. Buque (u otro vehículo de embarque)
10. Localización del café.

La clasificación de café debe realizarse en la secuencia Trillado – Limpieza – Clasificación por Tamaño – Clasificación por Densidad - Selección.

- *Requerimientos Mínimos N∞87*

- El beneficio seco de café

Entendemos por Beneficio Seco el conjunto de operaciones de preparación de café oro (el término también aplica a la instalación industrial). Así que el Beneficio Húmedo es el conjunto de operaciones de transformación de café fruta para llevarlo a la condición de café pergamino seco. El Beneficio seco utiliza como materia prima el café pergamino seco.

- Preparación de café oro

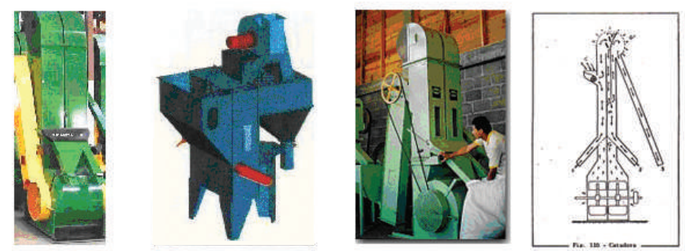
Las operaciones de preparación fueron ingeniadas para homogeneizar el tamaño y la densidad, separando de paso granos defectuosos. La meta de la preparación es obtener un producto de condición óptima para proceder al proceso de tostación. La calificación de calidad responde a este concepto.

- Limpieza

Las máquinas trilladoras están dotadas de mecanismos que separan el pergamino conduciéndolo por conductos hasta el recipiente de depósito. Pero esta remoción de residuos debe ser necesariamente complementada con una operación de limpieza.

La limpieza posterior al trillado es muy importante, pero un error común es omitirla. Este error ocurre cuando se asume que las trilladoras entregan el café oro limpio. Pero esto es aparente, porque es lo que se puede ver al ojo tomando una muestra de café recién saliendo de las trilladoras. Pero aquella pequeña cantidad de pergamino pulverizado que no se aprecia, causa luego que todas las máquinas y equipos se impregnen y se saturen de la ceniza del pergamino pulverizado.

Las máquinas "catadoras" son ideales para este fin, dado que también permiten efectuar una separación de granos defectuosos rotos, muy livianos o trozos de grano.



Catadora de succión Catadora de impulso

Las catadoras operan por el principio de vacío o por golpe o presión de aire, operando con un flujo de grano confinado en una columna de aire forzado. Las máquinas disponen de mecanismos que permiten regular la clasificación y así seleccionar los materiales que son separados en tres o más tipos, determinados por su diferencia en gravedad especifica.

- Clasificación por tamaño

"El objetivo de esta operación va mucho más allá de lo que en nuestra industria se toma en consideración. Es importante anotar aquí que toda labor de preparación obedece a las exigencias del mercado de café gourmet. De aquí nace la confusión. Es claro que nuestro café tiene destinos muy diversos, y

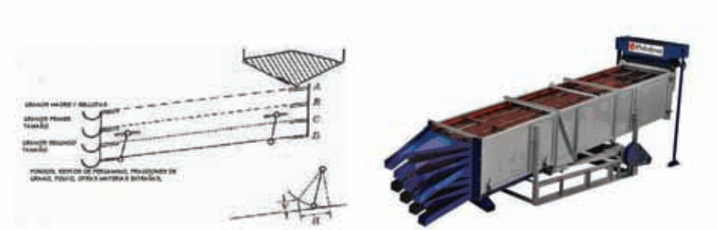
que nuestros compradores muestran preferencias diversas en aspectos de calidad. No siempre el mercado muestra exigencias definidas en cuanto al tamaño del grano, siempre que prevalezca uniformidad perceptible y que la calidad del tueste sea buena. Esto es lo que confunde en cuanto al concepto y la necesidad de efectuar clasificación por tamaño del grano de café." (Soto & Jiménez, 1995)

"Para poder tostar satisfactoriamente el café es esencial que el tamaño de los granos sea uniforme. Si se tuestan en una misma operación granos de diferentes tamaños, los granos más grandes están suficientemente tostados cuando los pequeños ya se habrán quemado". (Rochac, 1964)

- *El punto es: La meta de la preparación es obtener homogeneidad de tamaño y densidad (en función de lograr un tueste homogéneo).*

Maquinaria para clasificación por tamaño especializada para café oro.

En nuestra industria, el equipo de mayor aceptación, por su rendimiento, es la clasificadora de zarandas oscilantes. Esta máquina es originaria de la industria brasileña.

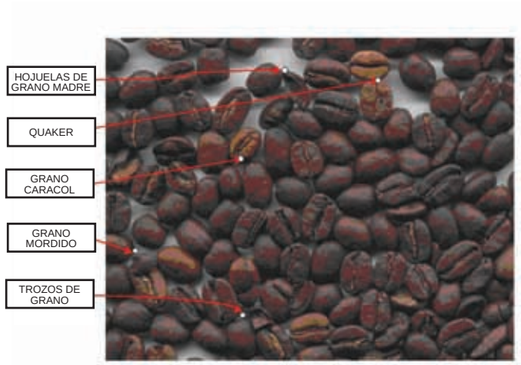


Clasificación por tamaño y remoción de granos defectuosos

La clasificación por tamaño es en si misma una operación que permite separar granos defectuosos, los granos triangulares y elipsoides (caracoles) y materia extraña, porque:

- Los granos muy pequeños, rotos los pedazos de grano, los granitos negros y aún los elipsoides (caracoles) califican como defectos en el café de calidad "gourmet".

Si pensamos en la calidad del tueste, resulta claro que, ésta es afectada por la presencia de granos pequeños. Aún más: "Cuando menos el 70% de los granos defectuosos son de tamaño menor al grano retenido sobre la zaranda 17/64". (Soto & Jiménez, 1995).



Por ello, resulta que la clasificación por tamaño se requiere por dos razones:

- Es necesaria para lograr una buena clasificación por densidad.
- Separa, por sí misma, la mayor parte de granos defectuosos y complementa la limpieza, por separación de materia extraña.

✓ Primero clasificación por tamaño y luego clasificación por densidad

- *"Para lograr una buena clasificación por densidad, es preciso que se haya efectuado previamente la clasificación por tamaño, de modo que los granos de café presenten homogeneidad de tamaño y forma cuando se va a practicar una clasificación basada en la diferencia de gravedad específica." (Wilbaux, 1964)*

PASO 1 — CLASIFICACIÓN POR TAMAÑO SUBDIVISIÓN DE CADA LOTE EN SEGMENTOS DE GRANO DE TAMAÑO Y FORMA SIMILARES

↓

PASO 2 — CLASIFICACIÓN POR DENSIDAD DEL GRANO DE CAFÉ ORO

A continuación se amplía sobre los fundamentos técnicos del concepto enunciado arriba.

- El nombre correcto del equipo para clasificación por densidad

En Latinoamérica la mayoría de los fabricantes de equipo han denominado "Densimétricas" o "Máquinas densimétricas" a los "Separadores gravitatorios" (Gravity separators).

- Función de los separadores gravitatorios

La función de estos equipos es la separación de partículas (similares en tamaño y forma) por su diferencia en gravedad específica (peso de la partícula)

- Gravedad Específica y densidad del grano de café

Los separadores gravitatorios operan por el mismo principio que las máquinas "catadoras". De allí que el café separado por la clasificación neumática es llamado "catadura", e incluso "re catadura", cuando se trata de un sub lote producto remanente de la clasificación.

La "catadora" le permite al operario regular la acción de la corriente de aire (y otros mecanismos de clasificación) para así separar los granos más densos de los más livianos, separando, a su vez, todo el material extraño (pergamino pulverizado, y otras partículas contaminantes).

- Principio operativo de los separadores gravitatorios

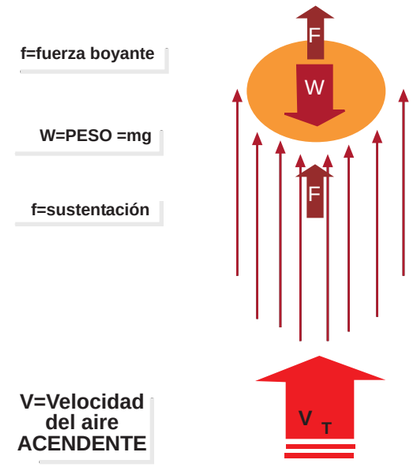
"Una partícula sometida a la acción de una corriente de aire (cuya dirección sea opuesta a la fuerza de gravedad) presentará una respuesta a esta combinación de fuerzas, la cual es directamente proporcional a su densidad y se denomina "gravedad específica". La gravedad específica es función del tamaño y forma de la partícula (grano de café oro).

LA FUERZA EJERCIDA SOBRE UNA PARTÍCULA POR EL AIRE EN MOVIMIENTO

$$F = \frac{CV2S\gamma}{2g}$$

Donde:

v = velocidad del aire (m/s)
g = aceleración de la gravedad (9,8m/s2)
γ = yeso específico del aire.
S=sección transversal mediana de la partícula.
C=coeficiente de arrastre (adimensional).



Esquema de fuerzas para partícula en túnel de catadora

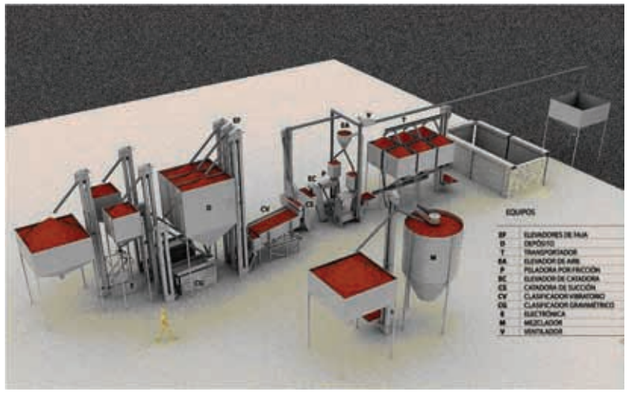
- *Dado que el tamaño, la forma y el peso de la semilla afectan directamente la separación, es imperativo que las semillas sean clasificadas conforme a su tamaño y forma antes de intentar hacer una separación basada en su peso" (Wilbaux, 1964)*

- Operación eficiente de mesas gravitatorias y la secuencia de clasificación

"Los separadores de gravedad no deberían usarse como una máquina limpiadora para remover polvo, suciedad, palos y otros materiales encontrados frecuentemente en cosechas agrícolas. Y la clasificación por densidad requiere, necesariamente, que el tamaño de los granos sea regularmente homogéneo".

- *Tampoco: "El separador por gravedad no debería usarse como una clasificadora de tamaño. Las máquinas cribadoras pueden hacer este trabajo más eficientemente".*

"En todas las situaciones de proceso, los mejores resultados se obtienen en la mesa gravitatoria cuando el producto ha sido cabalmente pre-limpiado y clasificado por tamaño, utilizando el equipo apropiado para estos propósitos. En estas condiciones, el separador gravitatorio será capaz de demostrar lo que realmente puede hacer". (Oliver Manufacturing Company Inc., 2000)



Secuencia de operaciones de clasificación de café oro

- *Todo lo escrito arriba para que el lector conozca la razón por la cual se define el orden de la secuencia de operaciones de clasificación.*

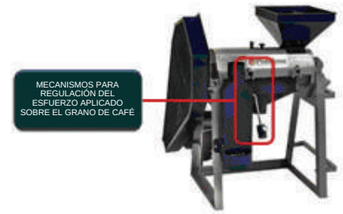
Se debe evitar el sobre calentamiento de café en el proceso de trillado.

Requerimientos Mínimos N∞88

Esfuerzo de fricción para remoción del pergamino

La trilladora remueve el pergamino sometiendo el grano a fuerzas de fricción, empujándolo por un eje estriado confinado en una carcasa cilíndrica. En estas máquinas la regulación de la presión aplicada al grano se efectúa por un mecanismo añadido a la compuerta de la boca de salida.

Mediante una palomilla se libera el elemento cilíndrico o "pesa", la cual se desplaza sobre la varilla. Dependiendo de su posición así será el "momento de torsión" aplicado sobre la base de la varilla y por tanto la fuerza que se aplique para mantener cerrada la compuerta de descarga del café oro recién trillado.



Si la pesa se desplaza hasta el extremo final de la varilla entonces hay mucha fuerza para mantener la compuerta cerrada y la presión sobre el grano es máxima. Si no hay fuerza sobre la compuerta la presión sobre el café es mínima. Pero esta regulación también tiene un efecto directo sobre la temperatura que alcance el grano de café durante el trillado. A mayor esfuerzo mayor será el calentamiento que sufre el grano ya que está siendo sometido a esfuerzo de friccionamiento.

La fricción puede ser tan grande que, de hecho, la máquina tipo "SQUIER" efectúa también la función de "pulir" el grano, removiendo restos de "película plateada", una delgada capa cuya presencia resta belleza al café oro, pero que cuando es excesivo deteriora el grano permanentemente.

- Consecuencias negativas para la calidad del café: Pérdida de apariencia del café oro

El sobrecalentamiento y elevación de la temperatura tienen como consecuencia el blanqueamiento del grano y la pérdida de su bella apariencia. El color del grano es un atributo muy importante para el café de calidad diferenciada.

El pulimiento del grano se intentó (en épocas pasadas) para remover capas blanqueadas del grano y con el propósito de enmascarar la pérdida del color. Pero el resultado del pulimiento es contraproducente y empeora la pérdida de color y agudiza el efecto del blanqueo, a tal grado que en muchos países ha sido prohibido, por acuerdos comerciales para protección de la calidad y el prestigio internacional de su café.

La maquinaria para clasificación debe hallarse limpia antes de introducir un lote de café en la línea de proceso.

- *Requerimientos Mínimos N∞89*

- Inconveniencia absoluta de presencia de granos rezagados en la maquinaria

Para ilustrar los problemas en la calidad de taza vale mencionar aquí que: Muchos autores han advertido que un solo grano fétido (o contaminado) puede provocar la aparición de graves defectos de sabores indeseables fácilmente perceptibles en las pruebas de catación.

En el caso de este tipo de contaminaciones, es típico que en una prueba de varias tazas normales, una de ellas aparezca repentinamente presentando un sabor muy desagradable. Este es el caso cuando hay granos fétidos presentes en pequeñas cantidades.

Cuando un lote presenta problemas de contaminación debidas a concentraciones bajas de granos fétidos se recurre a la selección manual (y/o electrónica) para intentar su remoción. Pero esta selección es costosa y no siempre se garantiza su efectividad.

Por esto es requerimiento absoluto que la maquinaria se halle completamente limpia, libre de granos rezagados, cada vez que un lote de café va a ser procesado en la línea (sistema y equipo) de clasificación. La limpieza debe ejecutarse preferentemente cada vez que se finaliza con el proceso de un lote de café. La limpieza de toda la maquinaria debe considerarse como una labor habitual y parte integrante de la rutina operativa del beneficio seco.

El personal que maneje la maquinaria y equipo debe estar debidamente entrenado y capacitado para la operación y ajuste del mismo.

- *Requerimientos Mínimos N∞90*

El lector habrá podido apreciar que los procesos de preparación de café oro involucran la participación de personal capacitado y experimentado en el gobierno del sistema de clasificación.

Algunos temas en los cuales se requiere capacitación son los siguientes:

- Cumplimiento de instrucciones especificadas en las órdenes de trabajo (OT's)

- Regulación de flujo entre operaciones: Tiempos y movimientos
- Operación de dispositivos de regulación del flujo
- Ajuste de mesas gravitatorias
- Selección y colocación de tamices para clasificación por tamaño
- Limpieza de las máquinas y sus accesorios
- Mantenimiento preventivo y correctivo, lubricación de mecanismos.
- Aspectos de seguridad laboral

▶ Ajustes operativos de los Separadores gravitatorios

A continuación se citan brevemente los ajustes de este equipo. El objetivo es ilustrar al lector para que cobre conciencia de su importancia como tema obligado para la capacitación del personal.

1. Flujo de alimentación (velocidad de alimentación) (Oliver Manufacturing Company Inc., 2000)

Para obtener la separación óptima en el separador el flujo de alimentación deberá ser tan bajo como sea posible hasta donde se mantenga cubierto todo el deck. El flujo máximo de alimentación es el flujo máximo al cual se obtiene la separación óptima.

Para el arranque del separador se utiliza siempre el flujo de alimentación mínimo y luego se incrementa paulatinamente la carga de alimentación.

2. Pendiente longitudinal (Oliver Manufacturing Company Inc., 2000)

La pendiente longitudinal es la diferencia de altura entre la orilla de alimentación y la orilla de descarga. Esta pendiente determina la razón de flujo desde la alimentación hasta la salida. A mayor pendiente mayor es la razón del flujo y menor será el tiempo de exposición de la semilla. Menor pendiente longitudinal significa una menor razón de flujo (flujo de grano) y mayor tiempo de exposición. La calidad de la separación puede relacionarse con el tiempo de exposición de la semilla. En general, si es mayor el tiempo de exposición mejor es la calidad de separación.

Pendiente longitudinal y flujo de alimentación son controles estrechamente relacionados. Si se aumenta el flujo de alimentación se deberá aumentar la pendiente longitudinal

3. Pendiente lateral (Oliver Manufacturing Company Inc., 2000)

La pendiente lateral es la diferencia de altura entre el lado alto y el lado bajo de la orilla de descarga del deck. El incremento de la pendiente lateral ocasionará que el material se dirija hacia el lado bajo del deck. Reducción de la pendiente lateral ocasiona que el material sea empujado en dirección del lado alto del deck.

Generalmente las mejores separaciones se obtienen cuando el lado alto está cerca de su mayor altura. La pendiente lateral es muy alta cuando el material no se dirige hacia el lado alto a pesar de efectuar aumento de la velocidad de la excéntrica (velocidad de la oscilación). La pendiente lateral es muy baja cuando todo el material se mueve hacia el lado alto a pesar de reducir la velocidad de la excéntrica.

4. Velocidad de la excéntrica (Oliver Manufacturing Company Inc., 2000)

Incremento de la velocidad de la excéntrica (velocidad de la oscilación) ocasiona que el material sea empujado hacia el lado alto del deck. Reducción de la velocidad del deck ocasiona que el material sea empujado hacia el lado bajo del deck. Generalmente incrementando la velocidad de la excéntrica (lo cual empuja el material hacia el lado alto) y aumentando la pendiente lateral (lo cual empuja el material hacia el lado bajo) puede obtenerse una separación más precisa. Se puede observar mucha velocidad de la excéntrica cuando todo el material es empujado hacia el lado alto del deck a pesar que se esté usando la máxima pendiente lateral. La velocidad de la excéntrica es ajustada moviendo la perilla localizada en el lado de la máquina.

Velocidad de la excéntrica y pendiente lateral son controles estrechamente relacionados.

5. Control del aire (Oliver Manufacturing Company Inc., 2000)

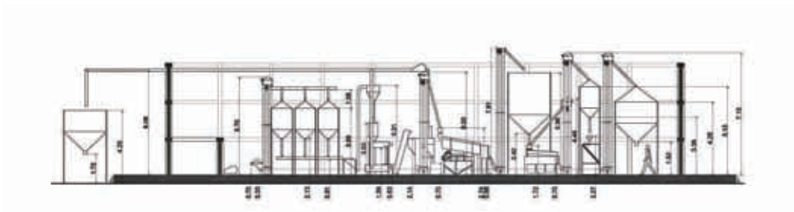
La regulación del aire es uno de los ajustes más importantes para el separador de gravedad. El error más común en el control de aire es el uso de mucho aire. La separación no es hecha soplando el material liviano desde el pesado, sino usando un flujo de aire controlado para crear capas estratificadas que son luego separadas por la oscilación del deck. Demasiado aire causa un efecto de "ebullición" o "burbujeo" levantando las partículas pesadas del deck y mezclándolas con el material liviano en las capas superiores. Muy poco aire ocasiona que el material parezca lento y se apile lado arriba en el lado alto del deck.

- Separadores gravitatorios (densimétricas en el argot de los proveedores)

  En el caso de los separadores gravitatorios: Este equipo precisa de un espacio frontal cómodo, cuando menos de 1 metro, para la apreciación del movimiento de la masa de café y para la toma de muestras. Además, se requieren espacios similares en los costados laterales y trasero. Estos espacios son necesarios para efectuar los ajustes operativos tales como regulación del flujo de aire, la velocidad de alimentación y las pendientes laterales y longitudinales de la mesa (“deck”).

- Espacio de altura (o elevación)

  El espacio en elevación es igualmente una especificación fundamental para la correcta instalación de la maquinaria. La altura de ingreso del café debe contemplar tolvas de abasto. Es muy importante en el caso de los elevadores verticales de cangilones, contemplar todos los espacios verticales considerando aquellos requeridos para mantenimiento.



- Espacios para servicio de mantenimiento y reparación

  Hay que considerar la reserva de espacio suficiente para que una persona pueda ejecutar labores de mantenimiento y/o reparación de los equipos.

- Luminosidad adecuada

  La clasificación se ejecuta para obtener uniformidad de tamaño, densidad y remoción de granos defectuosos. Para supervisar la efectividad de las operaciones es imprescindible que los operadores trabajen en un ambiente con suficiente iluminación. Lo mismo es válido para la seguridad laboral, en ambientes industriales las actividades de mantenimiento y limpieza provocan la presencia temporal de herramientas, sacos, y diversidad de objetos y obstáculos que deben ser muy visibles.

“Finalmente anotamos que el uso de separadores gravitatorios está muy extendido en la industria cafetalera centroamericana. Del mismo modo prevalece desconocimiento sobre el ajuste acertado así como del requerimiento de clasificar por tamaño antes de la clasificación por densidad (realizada en separadores gravitatorios (“Densimétricas”))” (Soto & Jiménez, 1995)

Instalación de equipos en conformidad con los requerimientos y especificaciones dictados por su fabricante.

- *Requerimientos Mínimos N∞91*

- Espacio Físico

  El espacio físico considera el área plana y la altura o área en elevación requeridas para la correcta operación y mantenimiento de cada equipo o máquina.

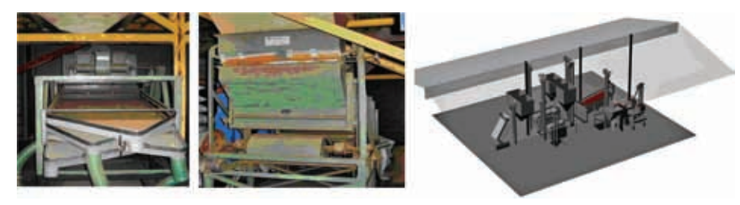
- El área plana debe considerar espacios especiales y espacios de circulación.

  Los espacios de circulación son imprescindibles para varias actividades: Supervisión, mantenimiento, limpieza, reparaciones, etc.

  Los espacios especiales se ejemplifican muy bien en los equipos principales de clasificación: Clasificadores de tamaño y clasificadores por densidad.

- Clasificadores de zarandas planas de oscilación rápida

  El caso de la máquina clasificadora de tamaños: Para esta máquina debe reservarse detrás de la máquina un área mayor al área que ocupa la máquina misma. Este es el espacio requerido para sacar los tamices de clasificación, labor necesaria para su limpieza diaria, (a cada turno y para cada lote de café procesado)



- Fundaciones construidas en concreto armado para soporte de maquinarias

La mayoría de los equipos de beneficio seco requieren pisos especialmente firmes para su soporte. Esto es debido a que se trata de maquinas con mecanismos de oscilaciones rápidas y fuertes. Y al peso del café contenido en tolvas de abasto y/o deposito temporal de café.

En el caso de la clasificadora de zarandas oscilantes: Esta máquina requiere una fundación especial que opera como placa aislada, la cual consiste en una viga horizontal cuadrangular. Para este caso particular deben solicitarse sus especificaciones al proveedor de este equipo.

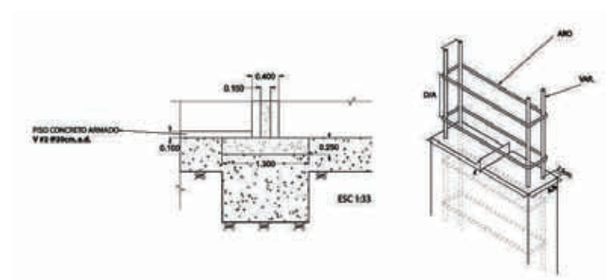
En el caso de los clasificadores gravitatorios, éstos requieren cuando menos de un piso construido en losa armada con estructura en malla de acero. Para este caso particular deben solicitarse sus especificaciones al proveedor de este equipo.

- Las especificaciones de las fundaciones comprenden concreto y estructura:

- Especificaciones del concreto:

Su resistencia a la presión proviene de la composición porcentual de arena, piedra y cemento. La resistencia mínima del concreto para todo el piso del beneficio seco debe ser de 210 kg/cm2. Pero puede requerirse que sea aún mayor.

- Calibre del acero y configuración de la armadura.



El calibre del acero comprende dos aspectos:
Calibre de las varillas y
Calibre de los aros.

En cada caso el proveedor de la maquinaria debe brindar las especificaciones de las fundaciones y del piso, considerando las especificaciones del concreto y las especificaciones de las armaduras (si las hubiere)

Los seleccionadores electrónicos deben instalarse dentro de casetas para protección del polvo y el calor.

Requerimientos Mínimos N°92

Una deficiencia común es la colocación de los equipos electrónicos en ambientes abiertos, en áreas comunes dentro del plantel de beneficio seco. Pero estos equipos requieren necesariamente de ser instalados en cuartos herméticos.

Como todo equipo electrónico estos aparatos no pueden tolerar ni polvo, ni calor como tampoco la humedad. Esto es debido a su característica propia de instrumento electrónico, así como porque su elemento principal es una cámara óptica cuyos lentes deben estar limpios, sin polvo ni humedad.

El cuarto donde se instalen los equipos de escogido debe ser hermético para protección del polvo, así como dotado de aire acondicionado para mantenimiento de la temperatura adecuada a las especificaciones dictadas por el proveedor.

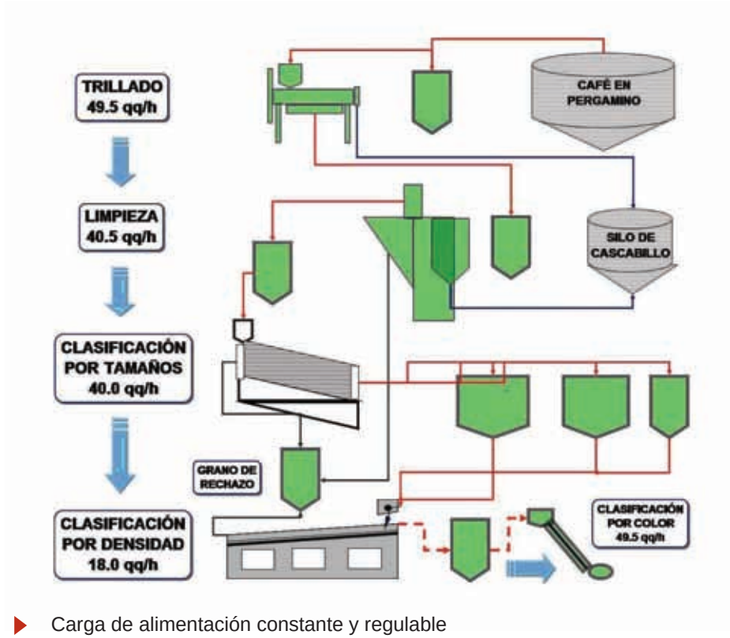
Todo equipo de clasificación debe contar con una tolva de abasto para garantizar su correcta operación.

Requerimientos Mínimos N°93

El proceso preparación ha de visualizarse como un flujo de grano que es fraccionado. El flujo se divide producto de las mismas operaciones de clasificación.

Es un proceso de división de un lote en diferentes sub lotes, cuya participación depende de las características del café y de los propósitos de cada orden de trabajo.

Todo lo mencionado es para explicar el porque el flujo hacia cada máquina individual es variable. El siguiente diagrama ejemplifica este concepto:



- Carga de alimentación constante y regulable

Pero la carga de alimentación a cada máquina debe ser constante, y conforme con el ajuste que se le haya dado a la máquina. En el caso de las mesas gravitatorias, el ajuste de la carga de alimentación es fundamental para obtener el resultado propuesto de la clasificación.

- Control de la carga de alimentación de separadores gravitatorios

El control del flujo de alimentación está localizado en la tolva de alimentación y gobierna la cantidad de material alimentada sobre el deck. Los equipos cuentan con una pequeña tolva dotada de un mecanismo que permite la regulación precisa de la carga de alimentación hacia el equipo en cuestión. El aditamento para controlar este flujo es esencial. El flujo debe ser uniforme, rápido o lento y "sin picos". Los "picos" en la entrada de alimentación se reflejarán en una pobre calidad de separación.

La tolva de abasto es más grande y se coloca sobre la tolva de regulación.

El uso de silos de compensación (tolvas de abasto) sobre la tolva (que tiene mecanismo de regulación) es altamente recomendado.

- Dimensionamiento de la tolva de abasto

Como puede verse en el diagrama, hay varios factores que se deben considerar para estimar el volumen que requiere cada tolva de abasto. Debe considerarse los siguientes aspectos:

- El flujo total de grano en el proceso de clasificación
- Los porcentajes de partición del flujo debidos a la clasificación
- Los posibles flujos de retorno que se puedan presentar entre operaciones
- La densidad a granel del café oro que es de 710 kg/m3
- Considerar un período de operación "libre" de una hora
- Esto es que la máquina opere con grano procedente de la tolva de abasto llena, sin que haya flujo de grano proveniente del resto del sistema de clasificación

Debe realizarse programas de mantenimiento preventivo y correctivo para los equipos y maquinaria del sistema de preparación de café oro.

Requerimientos Mínimos N∞94

Durante el trillado (pelado, remoción del pergamino) del café ocurre que partículas de pergamino finamente pulverizado se desprenden. Este material se presenta como una fina ceniza, que es muy adhesiva hacia cualquier superficie. Por ello este material se acumula en todas partes de las máquinas y de los edificios. Así que el mantenimiento contempla primero la limpieza, para remover la ceniza (proveniente del pergamino pulverizado)

Algunas partes de los equipos que deben recibir atención frecuente son:

a. Transmisiones: Ajuste de fajas y aseguramiento de poleas.
b. Aseguramiento de cobertores para evitar accidentes.
c. Lubricación: En todos los rodamientos y abasto de lubricación (si los hubiese).
d. Sistema eléctrico: Protección contra polvo y agua, del conjunto de cables, elementos de conexiones y motores.
e. Motores: Elementos de los rodamientos, roles y retenedores

- Motores Eléctricos:

Estos aparatos deben ser el foco de atención en el beneficio seco. Si el motor fue instalado correctamente, contando con interruptores para su protección adecuada, *entonces el daño al motor se produce por falla en los rodamientos*.

La ceniza del pergamino se acumula en los roles y en las muñoneras, provocando la inutilización de las grasas y aceites lubricantes.

Si no hubiera falla de lubricación no habría falla del motor.

Es una situación inevitable la acumulación de ceniza del pergamino. En los beneficios de café se incurre en grandes pérdidas por reparación de motores. Esto se debe a fallas en el mantenimiento, fallas en la inspección frecuente, fallas en el uso de registros.

- Limpieza de separadores gravitatorios

La mesa (deck) de los separadores debe removerse y limpiarse por separado, posterior (o previo) al proceso de cada lote de café. Para su limpieza deben utilizarse sopladores aplicando corrientes de aire comprimido para remover el polvo. Para sacudir el polvo *nunca debe golpearse su superficie.*

Para producir la clasificación del café el deck es atravesado por corrientes de aire cuidadosamente regulado, por lo que nunca puede estar deformado y/o obstruido.

- Limpieza de clasificadores de tamaños

Las zarandas deben removerse y limpiarse por separado, posterior (o previo) al proceso de cada lote de café. Es normal que los granos de café se atoren en las aberturas del cuerpo de la zaranda. Esto sucede porque el mecanismo que los remueve no es completamente efectivo. (Dentro de la máquina, debajo de la plancha hay otra con bolitas, que golpean constantemente las zarandas para expulsar los granos atorados)

Teniendo la zaranda fuera de la máquina, los granos atorados se remueven con una paletilla plástica. *Nunca debe golpearse la zaranda*, porque esta plancha debe ser plana y nunca presentar abolladuras o deformaciones, ya que ello provocaría una clasificación deficiente.

- Ventiladores.

Debe prestarse especial atención a la limpieza de todos los ventiladores y sus rodamientos, lo cual obedece a los principios ya enunciados para los separadores gravitatorios.

Utilización de medios de transporte adecuados para café oro y aplicación de registros para trazabilidad.

Requerimientos Mínimos N°95

El café oro catalogado como producto alimenticio

En el marco de los mercados globalizados el café ha sido catalogado dentro del grupo de productos alimenticios. Ello impone su manejo en condiciones estrictas de limpieza y la toma de previsiones para prevenir potenciales contaminaciones.

- Protección interna con forro de las paredes internas de los contenedores

Debe prestarse especial atención para la protección del café oro, cuando es transportado en contenedores, éstos deben prepararse internamente para que los sacos de café no tengan contacto con las paredes, tal como se muestra en la fotografía.

Y *con el ánimo de evitar prácticas altamente inconvenientes* se presenta la fotografía que muestra el manejo inadecuado del café, porque cuando se han vaciado los sacos con café en alguna etapa del transporte:

Pueden producirse mezcla de lotes, pérdida de control para trazabilidad y posibles contaminaciones con piedras, polvo, etc.

Disposición adecuada de subproductos del proceso de trillado y preparación de café oro.

Requerimientos Mínimos N°96

Disposición de un silo para almacenaje de pergamino

Requisito imprescindible para todo beneficio seco es contar con un silo para depósito y almacenaje del pergamino pulverizado.

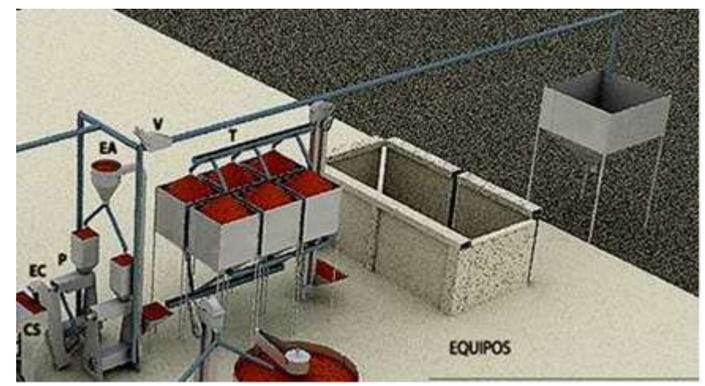
El pergamino pulverizado es un material contaminante del medio ambiente y también del propio beneficio seco.

Pero es un subproducto de gran utilidad. Ya sea como combustible para secamiento de café o para ser incorporado al suelo para elaboración preparaciones útiles en comercio de plantas ornamentales.

- Ubicación del silo para depósito de pergamino pulverizado

La distancia entre el silo y las trilladoras es limitada. Dependiendo del fabricante se dispone de 15 a 20 metros como máximo. En caso de limitaciones y que la distancia deba ser mayor, puede recurrirse a un abanico extra instalado convenientemente con su silo tipo ciclón, para evitar contaminación.

La imagen ilustra la posición de las trilladoras, la tolva para depósito de pergamino pulverizado y la tubería para trasiego de este material.



- Disposición de desperdicios de pulpa, y pedazos de café deteriorado

Producto del trillado y preparación, puede generarse pulpa seca y/o partículas de granos de café de muy mala calidad. Estos materiales constituyen sustrato idóneo para crecimiento de hongos productores de *ocratoxinas*. Demás está mencionar que por ello son inaceptables para consumo humano. Pero la realidad de nuestra industria es que este tipo de materias se ha utilizado para elaborar producto que se ofrece como café tostado y molido.

Por ello es deber de la administración aplicar los mecanismos para control de la disposición de este tipo de subproductos de modo que no se posibilite su comercio.

Bibliografía

Álvarez G, J. 1991. Despulpado de café sin agua. Avances Técnicos 0164. Revista CENICAFÉ. CENICAFÉ. Chinchiná, Caldas, Colombia

Arias Ciro. Oficial Regional de Servicios Agrícolas. 1993. Manual de manejo pos cosecha de granos a nivel rural. Oficina regional de la FAO para América Latina y El Caribe. Santiago, Chile.

Brando Carlos. 2004. Nuevas tecnologías para el proceso de cafés especiales. Boletín PROMECAFE. IICA/PROMECAFE. Guatemala.

Brooker, D.B., Bakker-Arkema, F.W. and Hall, C.W. 1974. Drying cereal grains. The AVI Publishing Company. 265 p.

Calle Vélez Hernán. 1977. Subproductos del Café. Centro Nacional de Investigaciones en Café. CENICAFÉ. Federación Nacional de cafeteros. Chinchiná, Caldas, Colombia

Christensen, C.M., Kaufmann, H.H. 1974. Storage of Cereal Grains and Their Products. 2a. ed. St. Paul, Minnesota, U.S.A. 549 p. American Association of Cereal Chemist.

Cleves S. Rodrigo, 1995. Tecnología en Beneficiado de café. San José, Costa Rica.

Hagler Bailly Inc... 2001. Guía de prevención de la contaminación para el beneficiado de café en El Salvador. Agencia Para el Desarrollo Internacional de los Estados Unidos (USAID)

Hidalgo Ugalde Gerardo, Vásquez Morera Rolando. 1993. Influencia del desmucilaginado mecánico y de diferentes períodos de espera al secado sobre la calidad. Centro de Investigaciones en Café. Instituto del café de Costa Rica.

Jiménez Ronald, Valverde Rigoberto. 2000. Relaciones de humedad de equilibrio para café (Coffea arábica) de primera calidad en Costa Rica. Tecnología en marcha, Vol. 13 no. 2

Kosalos, Jim; Stephen, Rob; Díaz Steven; Songer, Paul; Alves, Mane. 2004. Manual de defectos. SCAA Comité técnico, Subcomité café verde. Specialty Coffee Association of America.

López, M. 1952. Equilibrio de humedad en el café pergamino. Revista CENICAFÉ. 3(29):21-26. Chinchiná, Caldas, Colombia

Marín, Sandra; Arcila, Jaime; Montoya, Ester; Oliveros, Carlos. 2003. Cambios físicos y químicos durante la maduración del fruto de café (Coffea arabica L.var.Colombia). Revista CENICAFÉ. 54(3):208-225. Chinchiná, Caldas, Colombia

Martines López, Enrique. 2006. Evaluación de un medidor de contenido de humedad en granos basado en el principio de capacitancia eléctrica. Simposio de Metrología 25 al 27 de Octubre de 2006. Centro Nacional de Metrología, División de Termometría. México.

Menchú J Francisco. 1985. Manual de Beneficiado de café. ANACAFE. Guatemala.

Oliveros T., Roa M. 1995. Desmucilaginado mecánico del café. Avances técnicos N∞216. Revista CENICAFÉ. CENICAFÉ. Chinchiná, Caldas, Colombia.

Orozco Carmen, Cantarero Víctor, Rodríguez Juan Francisco. 1998. Manual Didáctico de Tratamiento de Residuos del café. PEICCE / PROMECAFE /IICA/ICAFE

Pineda, José Arnold. 2006. Lombricultura. Instituto Hondureño del Café. Tegucigalpa, Honduras.

Puerta Quintero, Gloria Inés. 2000. Influencia de los granos de café cosechados verdes, en la calidad física y organoléptica de la bebida. Revista CENICAFÉ. 51(2):136-150.2000. CENICAFÉ. Chinchiná, Caldas, Colombia

Puerta Q, G.I. 2003. Prevenga la Ochratoxina A y mantenga la inocuidad y la calidad del café. Avances técnicos N∞0316. Revista CENICAFÉ. Chinchiná, Caldas, Colombia.

Puerta Q, G.I. 2003. Especificaciones de origen y buena calidad del café de Colombia. Avances técnicos N∞0317. Revista CENICAFÉ. Chinchiná, Caldas, Colombia

Puerta Q, G.I. 2006. La humedad controlada del grano preserva la calidad del café. Avances técnicos N∞0352. Revista CENICAFÉ. Chinchiná, Caldas, Colombia.

Puerta Q, G.I. 2007. Registro de la trazabilidad del café en la finca. Avances técnicos N∞0355. Revista CENICAFÉ. Chinchiná, Caldas, Colombia.

Rivera Sánchez Bernardo. 2000. Impacto ambiental, económico y social de la implementación del desmucilaginado mecánico en el beneficio del café en el Departamento de Caldas. Universidad de Caldas. Caldas, Colombia

Rodríguez, Albino; Solís Dina. 2004. Mohos y mico toxinas: No permita que contaminen su café. Laboratorio Químico. ICAFE

Rochac Alfonso. 1964. Diccionario del café. Oficina Panamericana del café. Nueva York, E.E.U.U.

Sivetz; Michael & Foote, H.G. Elliott. 1963. Coffee Processing Technology Volume One: Fruit - Green, Roast and Soluble Coffee. The AVI Publishing Company.

Soto Carlos Ml., Jiménez Ronald. 1995. Secuencia de operaciones en la preparación café oro y su influencia en el desempeño de los clasificadores ópticos. Revista Agronomía Costarricense. 19(1): 7:13:1995. Universidad de Costa Rica.

Stirling H.G. M.I.Agr. E. 1974. Los efectos de la temperatura y el contenido de humedad en la calidad del café pergamino arábiga durante un ensayo de 12 meses de almacenamiento sellado Kenya Coffee. Apoyado desde el Centro de productos tropicales almacenados (Instituto de Productos Tropicales de Inglaterra).

Valerín Berrocal Karla. 2002. Evaluación físico-química y microbiológica del sistema de tratamiento de aguas residuales en la planta santa maría del Beneficio F.J. Orlich ubicado en Orosi. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica.

Vásquez, Rolando. 1997. El manejo de efluentes en el beneficiado del café en Costa Rica. Revista Agronomía Costarricense 21(1): 69-76.

Wilbaux Rene, 1964. El Beneficio Húmedo del café. Subdirección de ingeniería rural.
Dirección de fomento de tierras y aguas. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación Roma, Italia. Colección de estudios agropecuarios FAO.

Wintgens J. 1994. Influencia del beneficiado sobre la calidad del café. Nestle S.A. U.S.A.
Manual de procesamiento y manejo de semillas. 1970. Laboratorio de tecnología de semillas. Universidad del estado de Mississippi. Colegio estatal, Mississippi, Estados Unidos. Traducción al español.

Manual operativo: Instrucciones para separador gravitatorio. 2000. Oliver Manufacturing Company Inc. Box 512, Rocky Ford, Colorado.

Consejo Internacional del Café. 2002. ICC Resolución No. 407/02. Organización Internacional del Café. Londres, Inglaterra

ISO/TC34, Technical Committee. 1982. Green Coffee in bags - Sampling I.S.O. 4072- 1982-12-15. International Organization for Standardization. Switzerland.

ISO/TC34, Technical Committee. 1991. Green Coffee – Size Analysis – Manual Sieving (Routine Method). I.S.O. 4150-1991-07-01. International Organization for Standardization. Switzerland.

ISO/TC34, Technical Committee. 1995. Green and roasted coffee – Determination of free bulk density of whole beans. (Routine Method). I.S.O. 6669 - 1995-08-01. International Organization for Standardization. Switzerland.

ISO/TC34, Technical Committee. 2003. Green Coffee Determination of loss in mass at 105°C. (Routine Method). I.S.O. 6669 – 2003-08-22. International Organization for Standardization. Switzerland.

CENICAFÉ. (1995). Desmucilaginado mecánico y calidad de la taza. Boletín técnico 216. *Boletines técnicos* .

Alvarez G, J. (1991). Despulpado de café sin agua. Avances Técnicos 0164. *Revista CENICAFÉ. CENICAFÉ. Chinchiná, Caldas, Colombia* .

Arias, C. (1993). *Manual de manejo pos cosecha de granos a nivel rural .* Santiago, Chile.: Oficina regional de la FAO para América Latina y El Caribe .

Brando, C. (2004). Nuevas tecnologías para el proceso de cafés especiales. *Boletín PROMECAFE* , 17-22.

Brooker, Bakker-Arkema, & Hall. (1974). *Drying cereal grains.* Westport, Connecticut: The AVI Publishing Company.

Calle Vélez, H. (1977). *Subproductos del café.* Chinchiná, Caldas, Colombia: CENICAFÉ. Centro Nacional de Investigaciones en Café. Federación Nacional de Cafeteros.

Christensen, & Kaufmann. (1974). *Storage of Cereal Grains and Their Products.* St. Paul, Minnesota, U.S.A.: American Association of Cereal Chemist.

Cleves S., R. (1995). *Tecnología en Beneficiado de café.* San José, Costa Rica.

Consejo Internacional del Café . (2002). *Resolucion 407 - ICC 407.* Londres, Inglaterra: Organización Internacional del Café.

Hagler Bailly Inc. (2001). *Guía de prevención de la contaminación para el beneficiado de café en El Salvador.* San Salvador: USAID.

Hidalgo, G., & Vásquez, R. (1993). *Influencia del desmucilaginado mecánico y de diferentes períodos de espera al secado sobre la calidad.* San José. Costa Rica: CICAFE. Instituto del café de Costa Rica.

ISO/TC34, Technical Committee . (1995). *Green and roasted coffee – Determination of free bulk density of whole beans. (Routine Method). I.S.O. 6669 - 1995-08-01.* Switzerland.: International Organization for Standardization.

ISO/TC34, Technical Committee. (1991). *Green Coffee – Size Analysis – Manual Sieving (Routine Method). I.S.O. 4150-1991-07-01.* Switzerland: International Organization for Standardization.

ISO/TC34, Technical Committee. (2003). *Green Coffee Determination of loss in mass at 105∞C. (Routine Method). I.S.O. 6669 – 2003-08-22.* Switzerland: International Organization for Standardization.

ISO/TC34, Technical Committee. (1982). *Green Coffee in bags - Sampling I.S.O. 4072 - 1982-12-15.* Switzerland: International Organization for Standardization.

Jiménez, R., & Valverde, R. (2000). Relaciones de humedad de equilibrio para café (Coffea arabica) de primera calidad en Costa Rica. *Tecnología en marcha* , Vol. 13 no. 2.

Kosalos, J., Stephen, R., Steven, D., Songer, P., & Alves, M. (Abril de 2004). Manual de defectos. *SCAA Comité técnico, Subcomite café verde.* . Long Beach, California, E.E.U.U.: Specialty Coffee Association of America.

Laboratorio de tecnología de semillas. Colegio estatal. (1970). *Manual de procesamiento y manejo de semillas.* Mississippi, Estados Unidos: Universidad del estado de Mississippi.

López, M. (1952). Equilibrio de humedad en el café pergamino. *Revista CENICAFÉ. Chinchiná, Caldas, Colombia* , 3(29):21-26.

Marín, S., Arcila, J., Montoya, E., & Oliveros, C. (2003). Cambios físicos y químicos durante la maduración del fruto de café (Coffea arabica L.var.Colombia). *Revista CENICAFÉ. Chinchiná, Caldas, Colombia* , 54(3):208-225.

Martines López, E. (25 de Octubre de 2006). Evaluación de un medidor de contenido de humedad en granos basado en el principio de capacitancia eléctrica. *Simposio de Metrología 25 al 27 de Octubre de 2006.* México, Centro Nacional de Metrología, División de Termometría., México: CENAM.

Menchú, J. (1985). *Manual de Beneficiado de café.* Guatemala: ANACAFE.

Oliver Manufacturing Company Inc. (2000). *Manual operativo: Instrucciones para separador gravitatorio* . Rocky Ford, Colorado, U.S.A.: Oliver Manufacturing Company Inc.

Oliveros, & Roa. (1995). Desmucilaginado mecánico del café. Avances técnicos N∞216. *Revista CENICAFE* , 1-3.

Orozco, Cantarero, & Rodríguez. (1998). *Manual Didáctico de Tratamiento de Residuos del café.* San José, Costa Rica: PEICCE / PROMECAFE /IICA/ICAFE.

Pineda, J. A. (2006). *Lombricultura.* Tegucigalpa, Honduras: Instituto Hondureño del Café.

Puerta Q, G. (2007). Registro de la trazabilidad del café en la finca. *Revista CENICAFÉ. Chinchiná, Caldas, Colombia.* , Avances técnicos N∞ 0355.

Puerta Q, G. (2003). Especificaciones de origen y buena calidad del café de Colombia. *Revista CENICAFÉ* , Avances técnicos N∞0316.

Puerta Q, G. (2000). Influencia de los granos de café cosechados verdes, en la calidad física y organoléptica de la bebida. *Revista CENICAFÉ* , 51(2):136-150.

Puerta Q, G. (2006). La humedad controlada del grano preserva la calidad del café. *Revista CENICAFÉ.* , Avances técnicos N∞0352.

Puerta Q, G. (2003). Prevenga la Ochratoxina A y mantenga la inocuidad y la calidad del café. *Revista CENICAFÉ* , Avances técnicos N∞ 0316.

Rivera S., B. (2000). *RIMISP.* Recuperado el 26 de Noviembre de 2008, de Impacto ambiental de la implementación del desmucilaginado mecánico en el Departamento de Caldas: http://www.rimisp.cl/webpage.php?webid=434

Rochac, A. (1964). *Diccionario del café.* Nueva York. E.E.U.U.: Oficina Panamericana del Café.

Rodríguez, A., & Solís, D. (2004). Mohos y micotoxinas: No permita que contaminen su café. Laboratorio Químico. ICAFE.

Sivetz, & Michael & Foote, H. E. (1963). *Coffee Processing Technology Volume One: Fruit - Green, Roast and Soluble Coffee.* Westport, Connecticut. E.E.U.U.: The AVI Publishing Company.

Soto, C., & Jiménez, R. (1995). Secuencia de operaciones en la preparación café oro y su influencia en el desempeño de los clasificadores ópticos. *Revista Agronomía Costarricense* , 19(1): 7:13:1995.

Stirling, H. (1974). Los efectos de la temperatura y el contenido de humedad en la calidad del café pergamino arábiga durante un ensayo de 12 meses de almacenamiento sellado. *Kenya Coffee* , 73-78.

Valerín, K. (2002). *Evaluación físico-química y microbiológica del sistema de tratamiento de aguas residuales en la planta santa maría del Beneficio F.J. Orlich ubicado en Orosi.* Cartago, Costa Rica.: Instituto Tecnológico de Costa Rica. .

Vásquez, R. (1997). Manejo de efluentes del beneficiado de café en Costa Rica. *Agronomia Costarricense* , 21(1): 69-76.

Wilbaux, R. (1964). *El Beneficio Húmedo del café.* Roma, Italia: Estudios Agropecuarios de la FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. .

Wintgens, J. (1994). *Influencia del beneficiado sobre la calidad del café.* U.S.A.: Nestle S.A.