

### Ejercicio:

Calcular el volumen de una tolva y sus dimensiones, para una finca que produce 3.000 arrobas de café pergamino seco al año.

Pico de cosecha: 3,2%

Relación de café cereza a seco: 4,5 a 1

Dos despulpadoras JOTA GALLO N° 3 (Ver el ejercicio para calcular el número de despulpadoras).

### Solución:

a. Calculamos el café recolectado en el día pico.

$$\begin{aligned} \frac{3.000 \times 3,2}{100} &= 96 \text{ arrobas pergamino seco} \\ &= 96 \times 4,5 = 432 \text{ arrobas café cereza.} \\ &= 432 \times 12,5 = 5.400 \text{ kilogramos café cereza.} \end{aligned}$$

b. Calculamos el volumen para la mitad del café del día pico:

$$\frac{5.400}{2} = 2.700 \text{ kilogramos}$$

$$\frac{2.700}{600} = 4,5 \text{ metros cúbicos}$$

Nota: En un metro cúbico caben 600 kilogramos de café cereza.

c. Consultamos las tablas sobre tolvas, para dos despulpadoras (N = 2) y buscamos el volumen que más se aproxime.

Para h = 1,20	X = 1,1	a = 2,4	L = 3,4	V = 4,473
	X = 1,2	a = 2,6	L = 3,6	V = 4,533
para h = 1,40	X = 0,8	a = 1,8	L = 2,8	V = 4,719

Seleccionamos de estas tolvas, la más conveniente de acuerdo al área disponible.

Tolva sifón - Tanque de recibo:

La Tolva sifón tiene estas ventajas: sirve para retener objetos diferentes al café, que pueden dañar las despulpadoras y separar los granos vanos para evitar que se mezclen con el resto del café, durante el despulpado. Como desventajas se pueden anotar: el gran consumo de agua y los altos costos de su construcción.

Para evitar la construcción de tolvas sifón demasiado grandes, se deben complementar con un tanque de recibo.

Las tolvas sifón y los tanques de recibo se construyen de ladrillo y concreto, esmaltando el revoque o cubriéndolo con enchapes de arcilla cocina (Mayólica, almagrés, etc.), para evitar su deterioro.

Tanques de recibo - Los tanques de recibo se deben construir, siquiera, con la capacidad para almacenar el café del día pico; construyéndolos a un nivel superior al de la tolva, para mover el café por gravedad.

En la zona cafetera de Chinchiná se encuentra un gran número de beneficiaderos que cuenta con tanque de recibo, cuyo funcionamiento en la mayoría de los casos es satisfactorio; se presentan en todos los casos pequeñas diferencias en su construcción. En base a las observaciones hechas en la zona, presentamos un modelo para su construcción. Ver la figura N° 9.

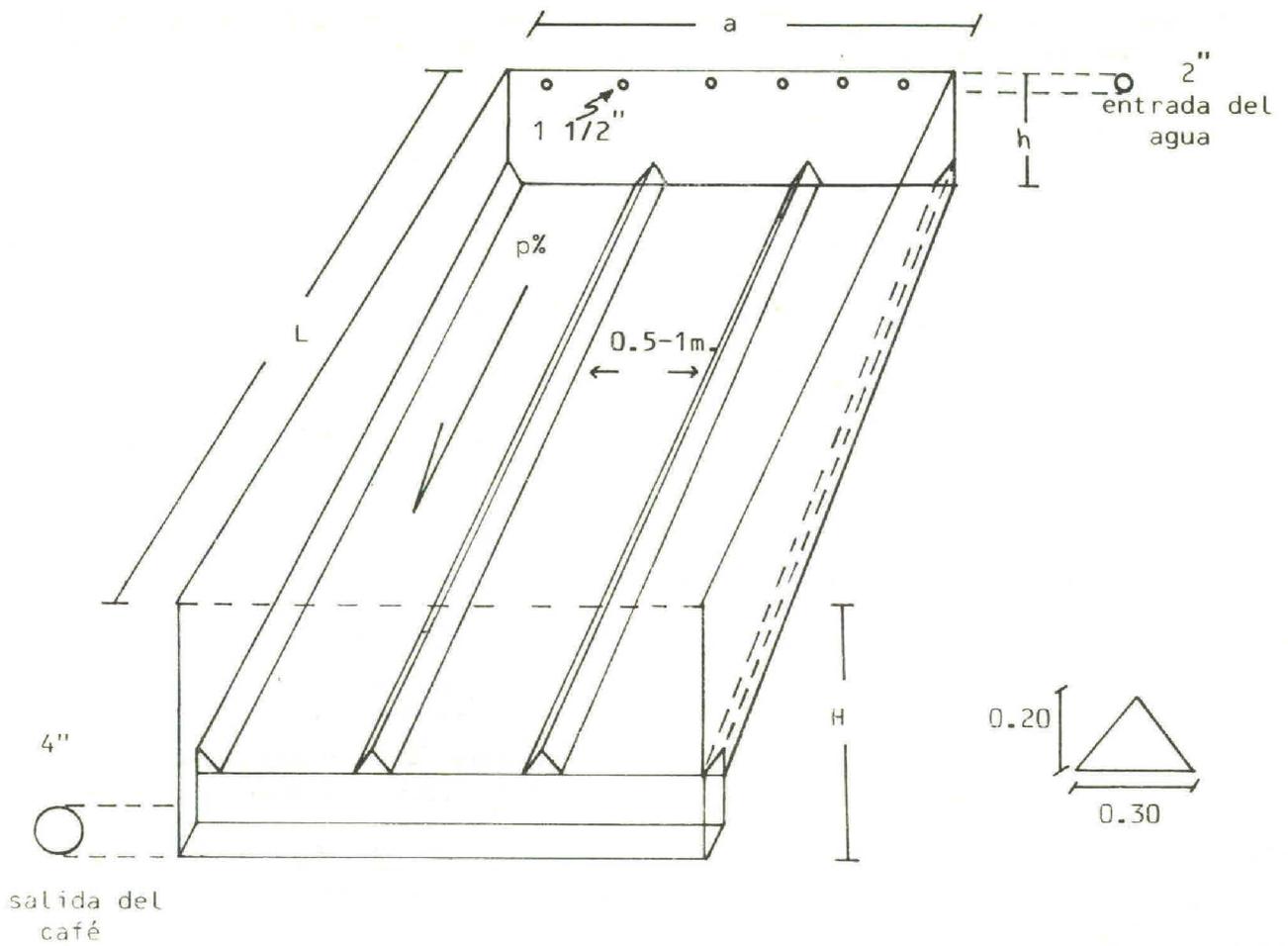


FIGURA N° 9

El abastecimiento de agua del tanque de recibo, debe estar de acuerdo con la tubería de la tolva sifón. En la mayoría de los beneficiaderos se tiene tubería de 2 pulgadas para el tanque de recibo, y tubería de 4 pulgadas para el sifón de la tolva.

El volumen (V) de un tanque de recibo de sección rectangular, se calcula con la siguiente fórmula:

$$V = \frac{h + H}{2} \times a \times L$$

..... donde

- V = Volumen
- h = altura en la parte menos profunda
- H = altura en la parte más profunda
- a = ancho
- L = largo

La pendiente (p) fluctúa entre el 2 y el 5%

En la construcción de los tanques de recibo, se pueden presentar dos situaciones:

- a. Conocemos el volumen (V) requerido (calculado), la altura (h), el ancho (a) y la pendiente (p) predeterminados; necesitamos calcular el largo (L) y la altura (H).  
Para tal efecto empleamos las siguientes fórmulas:

$$L = \frac{-h \pm \sqrt{h^2 + \frac{2 \times p \times v}{100 a}}}{\frac{p}{100}} \quad H = h + \frac{p \times L}{100}$$

Ejemplo:

Necesitamos un tanque de recibo para un beneficiadero que reúne las siguientes condiciones:

Producción de la finca .....	20.000 arrobas pergamino seco al año.
Día pico .....	3%
.....	$\frac{20.000 \times 3}{100} = 600$ arrobas pergamino seco
.....	$600 \times 4,5 = 2.700$ arrobas café cereza
.....	$2.700 \times 12,5 = 33.750$ kilogramos café cereza
Volumen requerido .....	$V = \frac{33.750}{600} = 56,25$ metros cúbicos

Ancho seleccionado .....	a = 4 metros
Altura menor seleccionada .....	h = 1,20 metros
Pendiente seleccionada .....	p = 3%

Aplicamos la fórmula para L;

$$L = \frac{-1,20 \pm \sqrt{1,2^2 + \frac{2 \times 3 \times 56,25}{100 \times 4}}}{\frac{3}{100}}$$

$$L = \frac{-1,20 \pm \sqrt{1,44 + 0,8436}}{0,03} = \frac{-1,20 \pm 1,51}{0,03}$$

$$L_1 = -\frac{1,20 + 1,51}{0,03} = 10,33 \text{ metros}$$

$$L_2 = -\frac{1,20 - 1,51}{0,03} = \text{Negativo}$$

Aplicamos la fórmula para H:

$$H = 1,20 + \frac{3 \times 10,33}{100} = 1,51$$

- B. Conocemos el volumen (V) requerido (calculado), el largo (L), el ancho (a) y la pendiente (p) predeterminados; necesitamos calcular la altura mayor (H) y la altura menor (h).  
Para el efecto empleemos las siguientes fórmulas:

$$h = \frac{V}{a \times L} - \frac{p \times L}{200}$$

$$H = h + \frac{p \times L}{100}$$

Ejemplo: tomemos las condiciones del ejemplo anterior:

Volumen requerido .....	V = 46,25 metros cúbicos
Ancho seleccionado	a = 4 metros
Largo seleccionado	L = 10,33 metros
Pendiente seleccionada	p = 3%

Aplicamos la fórmula para h

$$h = \frac{56,25}{4 \times 10,33} - \frac{3 \times 10,33}{200}$$

$$h = 1,36 - 0,154 = 1,20 \text{ metros}$$

Aplicamos la fórmula para H

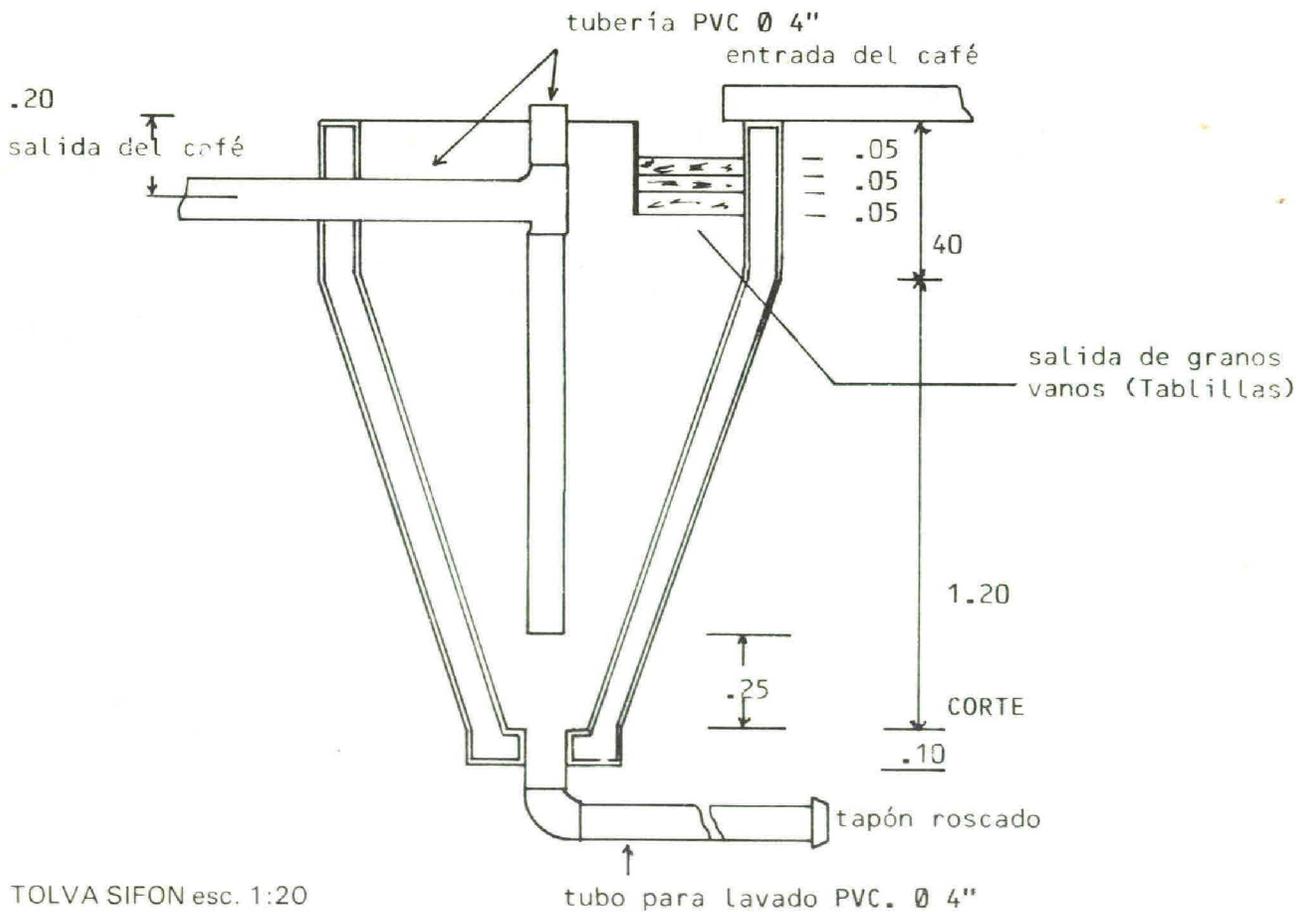
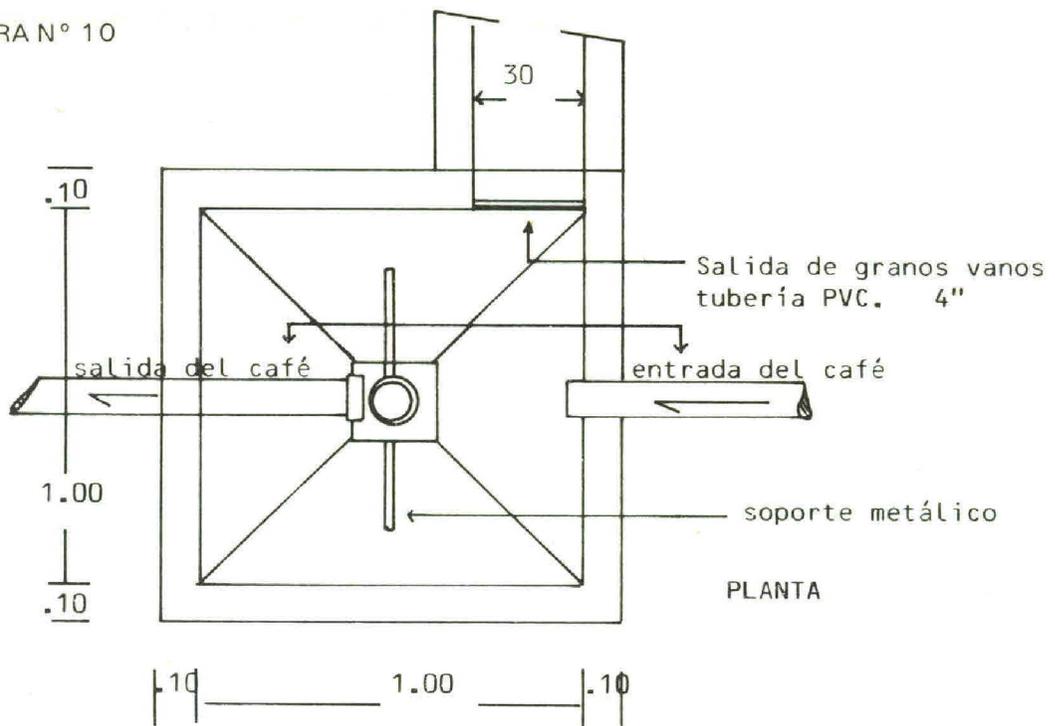
$$H = \frac{1,20 + 3 \times 10,33}{100} = 1,51 \text{ metros}$$

Para la construcción de la tolva sifón debemos tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- El volumen de la tolva no debe exceder de 2 metros cúbicos. Sus medidas pueden variar de 1,0 a 1,80 metros de lado (en la "boca"), y de 1,20 a 2,0 metros de altura; su forma de tronco de pirámide invertida.
- El tubo para el "sifón", en PVC, de 4 pulgadas, ha dado buenos resultados.
- Es aconsejable instalar una caja distribuidora del café, en su paso hacia las despulpadoras; ésta puede ir a la salida de la tolva encima de las despulpadoras directamente. Ver la figura N° 11.
- La salida del café se regula, controlando el agua del tanque de recibo y la altura del nivel del agua en la tolva.
- Es conveniente colocar, entre el tanque de recibo y la tolva sifón, trampas para piedras. Ver la figura N° 12.

En la figura N° 10 presentamos el plano, de una tolva sifón, elaborado por el Ingeniero Agrícola Jairo Alvarez H., adscrito a la sección de Ingeniería Agrícola de CENICAFE.

FIGURA N° 10



TOLVA SIFON esc. 1:20

FIGURA N° 11

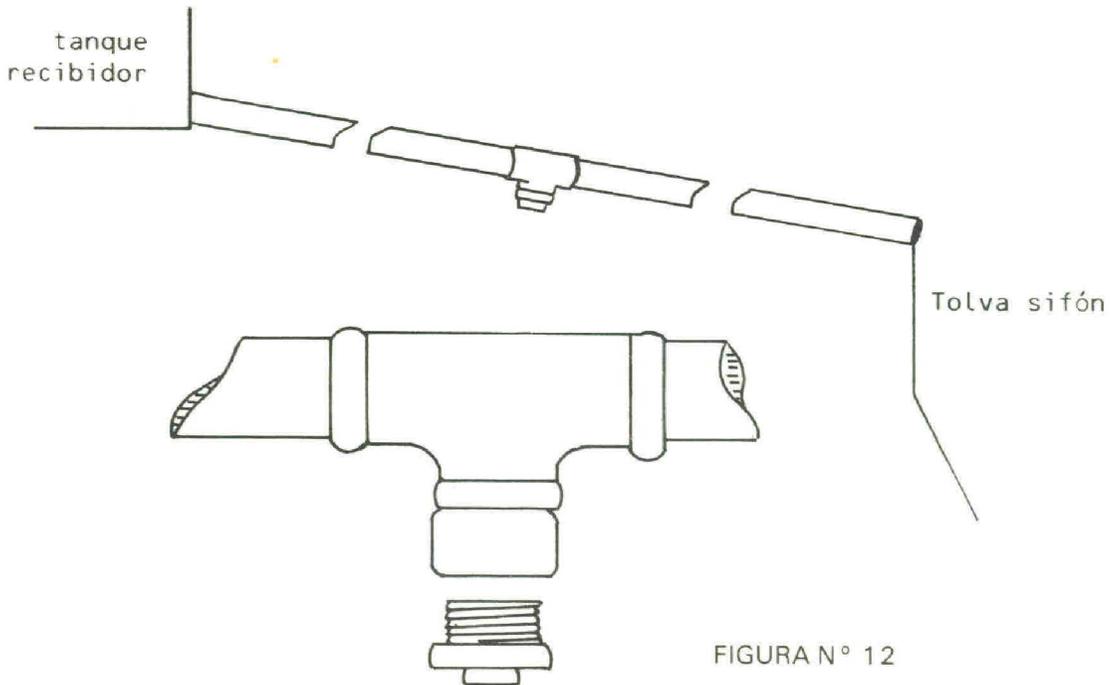
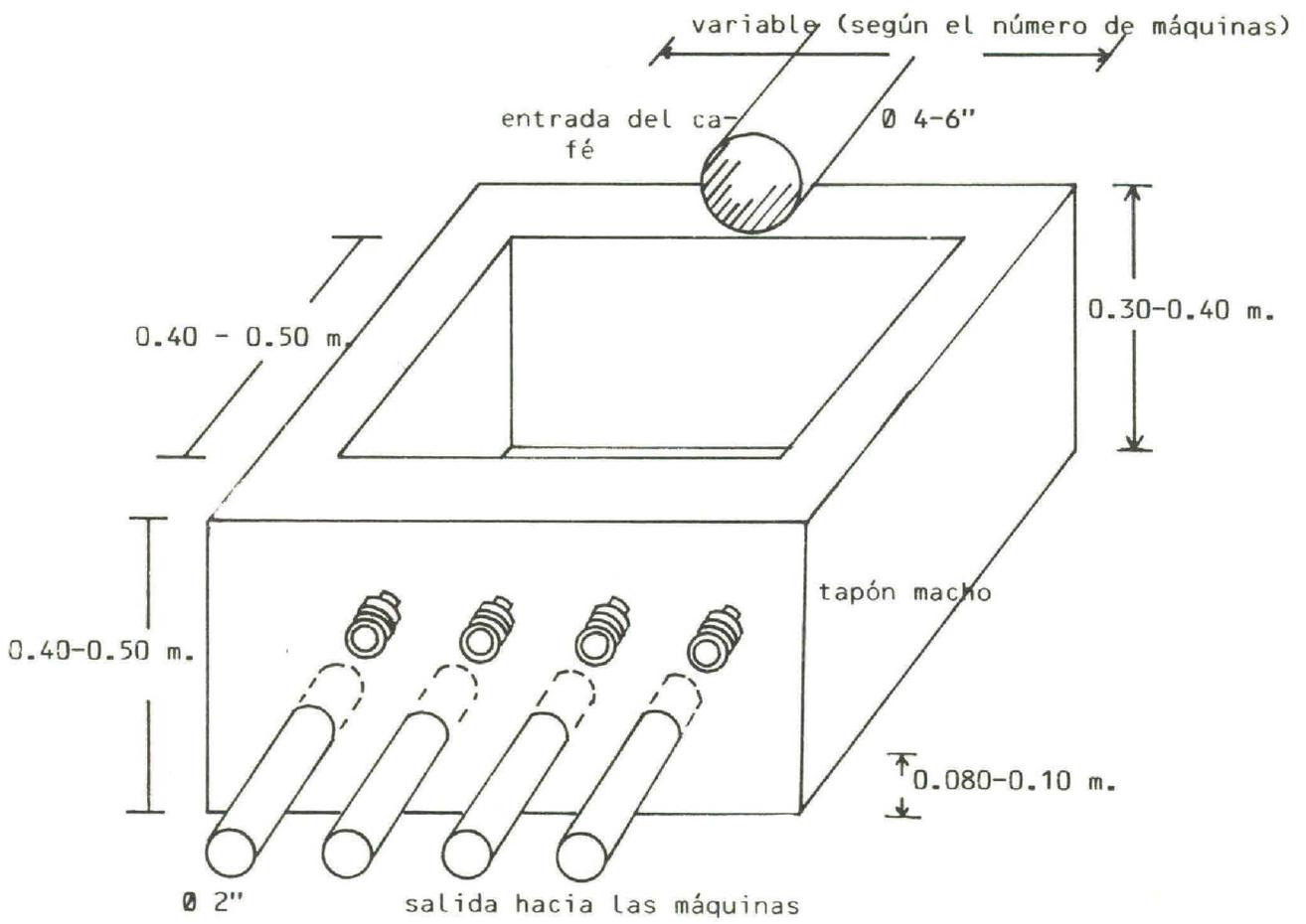


FIGURA N° 12

## 6.7 Zarandas: Generalidades, diseño y cálculo.

Todo beneficiadero debe tener una o varias zarandas para separar el café que no ha sido despulpado, cuyo diseño y tamaño dependen de la capacidad de despulpado de las máquinas y de las condiciones económicas del agricultor; así tenemos:

- a. Para beneficiaderos con capacidad de beneficio inferior a 500 arrobas de café pergamino seco al año, se puede utilizar una zaranda manual para zarandear el café en el secadero, después de lavado.
- b. Para beneficiaderos con capacidad de beneficio entre 500 y 2.000 arrobas de café pergamino seco al año, se puede instalar una zaranda plana de vaivén, o una zaranda circular.
- c. Para beneficiaderos con capacidad de beneficio superior a 2.000 arrobas de café pergamino seco al año, es aconsejable instalar una o más zarandas circulares de lámina, o semisumergidas de varillas.

Cuando se instale una zaranda plana o circular, ésta debe ir instalada a continuación de las despulpadoras para que el café despulpado pase por ella y sea conducido a los tanques fermentadores.

Las zarandas facilitan la clasificación y permiten obtener un café de mejor calidad.

Además de las zarandas para café despulpado, algunos emplean zarandas para clasificar el café por tamaño, antes de ser despulpado, y zarandas para café seco.

Materiales y características de las zarandas:

La lámina de las zarandas puede ser de cobre, aluminio o hierro galvanizado. Para zarandear café húmedo es preferible utilizar las de aluminio, por ser resistentes a la oxidación y más baratas que las de cobre; para zarandear café seco se utilizan las de hierro galvanizado por ser más baratas.

Las perforaciones de la lámina de las zarandas para café despulpado, generalmente se hacen de 7 a 8 milímetros de ancho y 25 milímetros de largo. Las zarandas se numeran de acuerdo al ancho de los orificios, así:

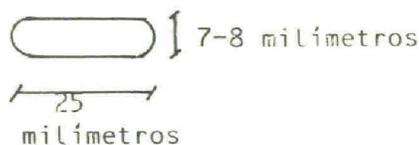
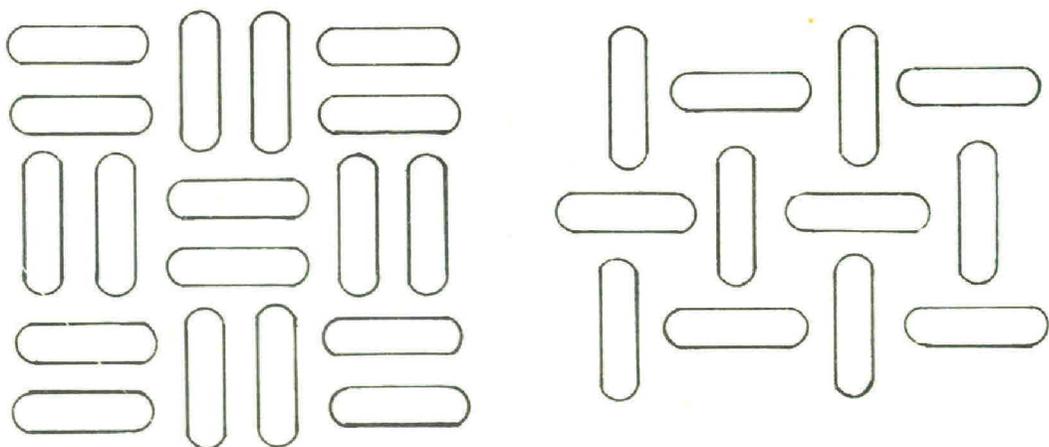


FIGURA N° 13

Una número 7 corresponde a una zaranda cuyas perforaciones tienen un ancho de 7 milímetros y una número 8 a una zaranda con perforaciones de 8 milímetros de ancho.

Las perforaciones de la zaranda deben ir trocadas como lo muestra la figura N° 13.

#### Zarandas manuales:

Las zarandas manuales se construyen de 90 centímetros de largo, 45 de ancho y 8 a 10 de alto, con manijas en uno o en los dos extremos según se usen amarradas o se manejen por dos personas. Ver la figura N° 14.

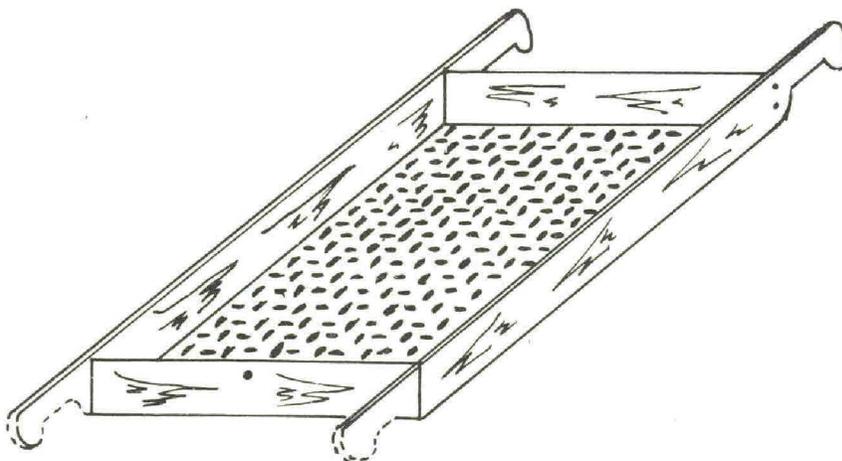


FIGURA N° 14

#### Zarandas planas de vaivén:

Las zarandas de vaivén puede ser accionadas directamente por el eje del cilindro de la despulpadora, por medio de poleas, excéntricas o por bielas. Cuando la zaranda tiene únicamente movimiento horizontal, debe quedar con una inclinación del 1%, y su vibración debe estar alrededor de 300 "golpes" por minuto. El café sin despulpar que sale de la zaranda puede ir:

- a. A una máquina repasadora
- b. A un canasto, para despulparlo mezclado con café recién recolectado
- c. A un tanque, para procesarlo como pasilla.

Ver la figura N° 15

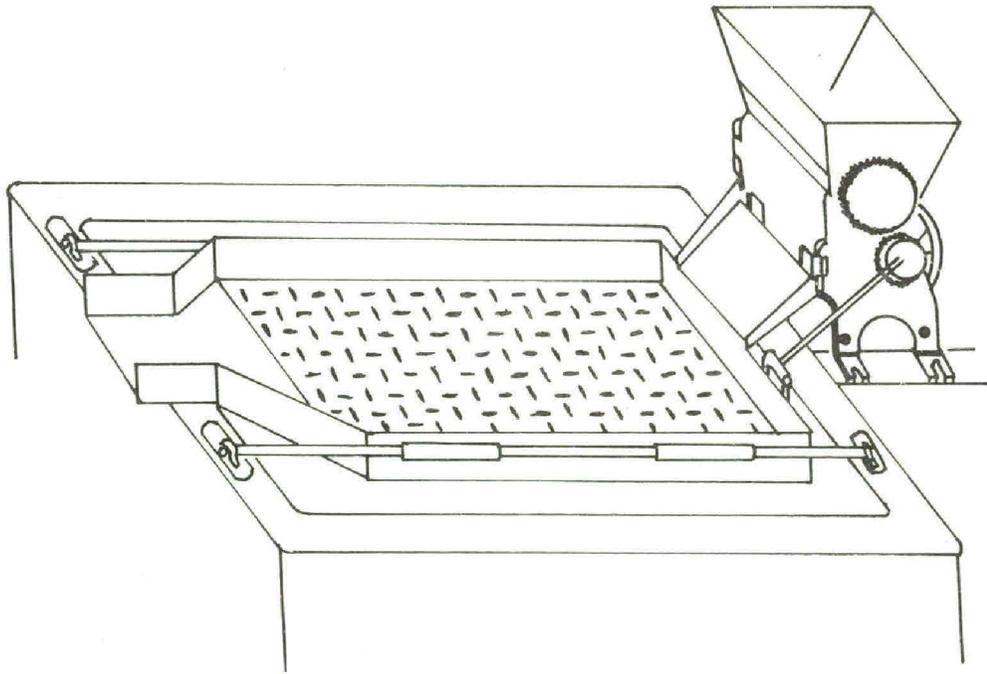


FIGURA N° 15



En las zarandas planas el rendimiento por metro cuadrado y por hora, es, aproximadamente el equivalente de 500 a 1.000 kilogramos de café cereza.

El tamaño de las zarandas depende, por lo tanto, de la capacidad de despulpado de las máquinas. Generalmente se instalan encima de los tanques fermentadores.

Zarandas circulares:

Las zarandas circulares pueden ser accionadas:

- a. Por medio del eje alimentador de la máquina despulpadora, utilizando piñones de cadena. Este sistema causa desgaste excesivo en la despulpadora.
- b. Por medio del contraeje que acciona las máquinas.
- c. Utilizando un motor aparte.

Las zarandas circulares deben estar montadas sobre chumaceras escualizables de balineras, con el fin de permitir pequeñas desalineaciones. Las zarandas circulares se pueden montar en forma horizontal o con una inclinación no mayor del 0.5%.

Una zaranda circular de 60 a 66 centímetros de diámetro y una longitud de 2 metros, tiene un rendimiento correspondiente a 4.000 kilogramos de café cereza por hora; siempre y cuando el café sea de buena calidad.

Cuando se instale una zaranda circular, ésta debe ir a continuación de las despulpadoras, para que el café despulpado pase por ella y sea conducido a los tanques fermentadores.

El cárcamo para la zaranda circular debe tener pendiente, en el mismo sentido del flujo del café, con el fin de aprovechar el agua que conduce el café de la máquina a la zaranda.

Para evitar que los orificios de la zaranda se tapen, es conveniente instalar una tubería perforada a todo lo largo de la zaranda. Ver la figura N° 16.

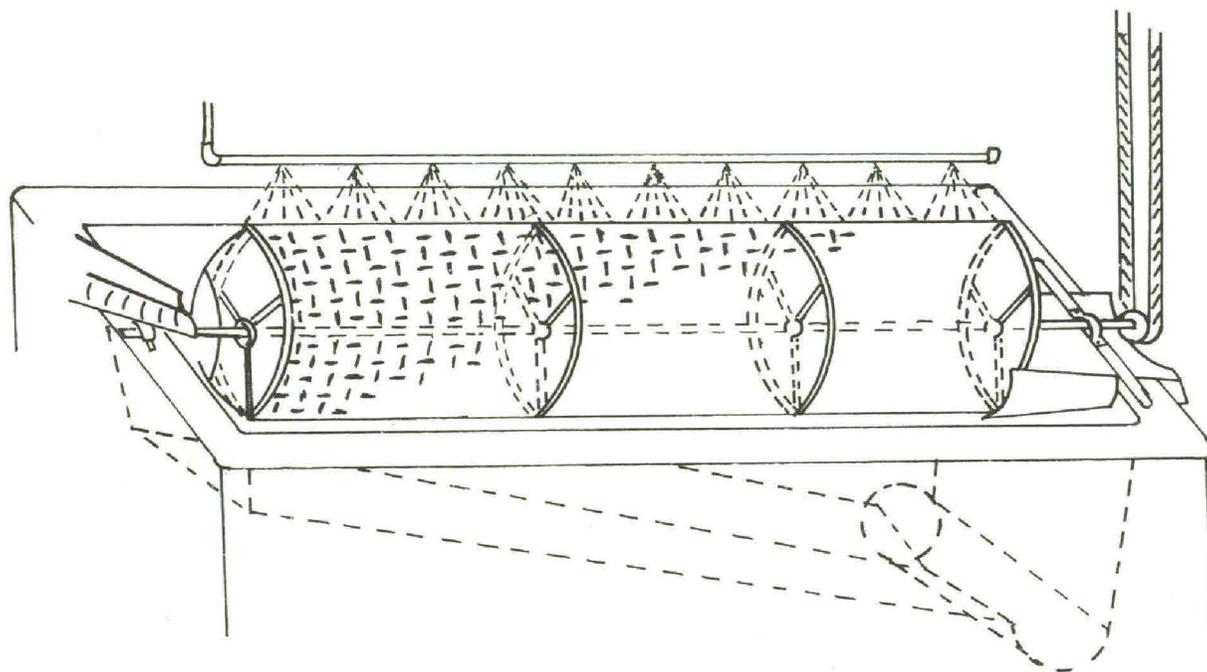


FIGURA N° 16

Las zarandas circulares deben tener una rotación de 15 a 30 vueltas por minuto.

## 6.8 Tanques de fermentación: Generalidades, diseño y cálculo

La fermentación es una etapa fundamental en el beneficio del café, de allí la importancia que tienen los tanques de fermentación con capacidad suficiente, y un buen diseño que facilite el trabajo.

Todo beneficiario debe tener como mínimo dos tanques de fermentación, cada uno de ellos con capacidad para almacenar el café del día pico; en caso de haber más de dos tanques, éstos deben tener una capacidad suficiente para almacenar el doble del café del día pico.

Para la construcción y mantenimiento de los tanques de fermentación, debemos tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- a. Los tanques de fermentación pueden ser de madera, bloque de cemento, ladrillo o asbesto-cemento.
- b. Cuando se usa madera, ésta debe ajustarse lo mejor posible, para tener una superficie interna lisa que permita la salida fácil del café y pueda retener agua por algún tiempo; es conveniente además colocarles esquineros. Ver la figura N° 17.

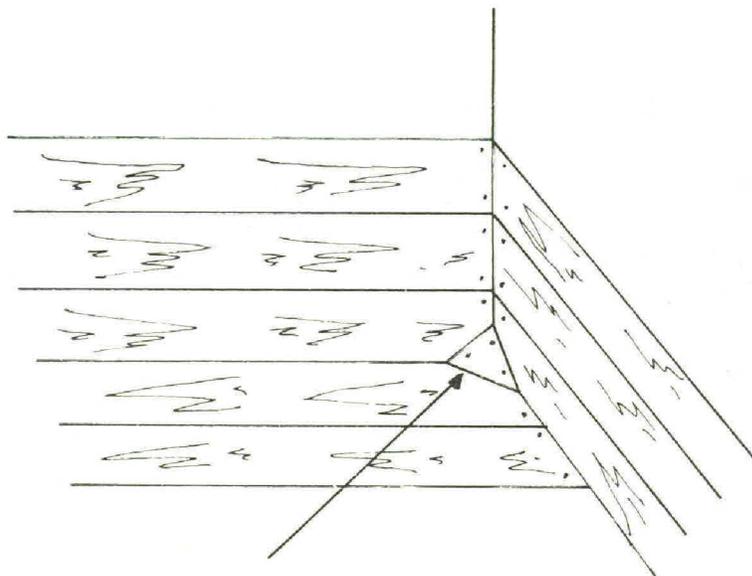


FIGURA N° 17

- c. Los tanques de ladrillo y bloque de cemento, se deben revocar y esmaltar con cemento, o recubrir con enchapes de arcilla cocida (alfagrés, mayólica, etc.); los de asbesto-cemento se deben pintar con alguna frecuencia.
- d. Los tanques de madera y asbesto-cemento se deben colocar con una inclinación cuya pendiente esté alrededor del 8%, los de cemento, construirlos con la misma pendiente. La pendiente del piso permite la salida rápida de las mieles durante la fermentación, y la salida fácil del café.
- e. Los tanques deben tener una salida independiente para las mieles, protegida por una rejilla horizontal en el fondo, o una vertical en el extremo más profundo, y otra salida para el café. Ambas salidas deben estar provistas de un tapón o de una compuerta removible. Ver la figura N° 18.

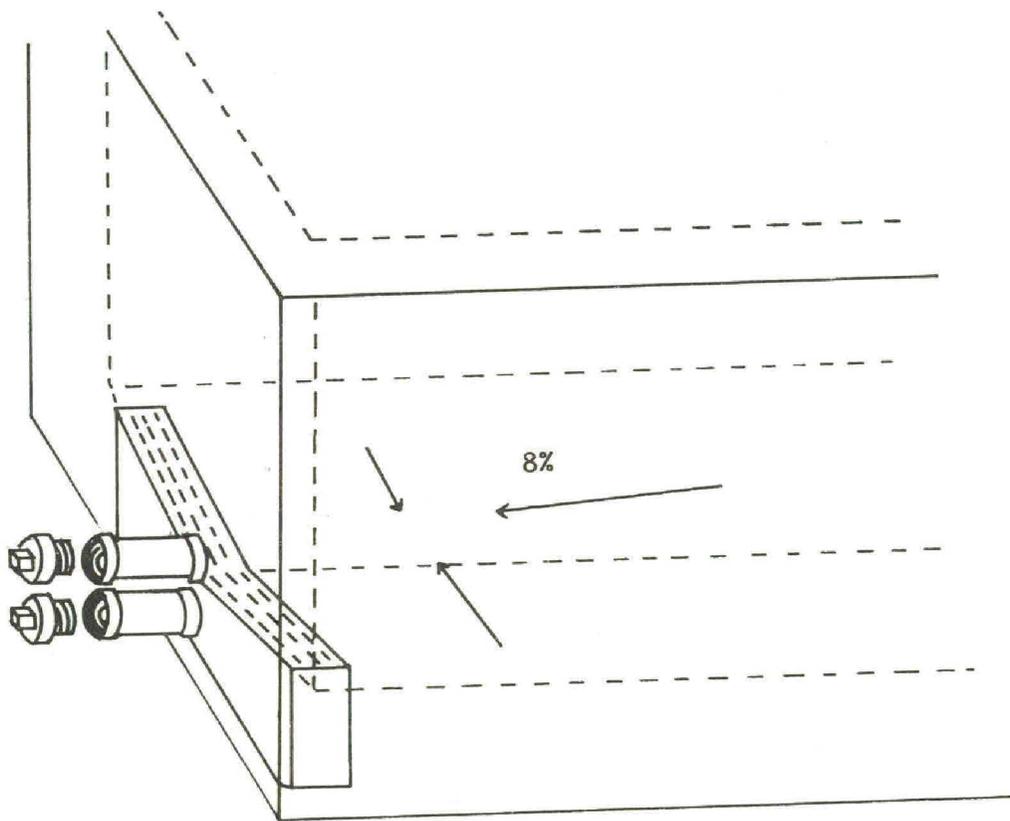


FIGURA N° 18 A

- f. Los tanques de cemento deben tener el piso acanalado, hacia la salida del café. Ver la figura N° 18.
- g. Los tanques de fermentación deben tener forma rectangular, y ser más altos que anchos, en proporción de uno y medio, a uno, como mínimo; no se deben construir con un ancho superior a 1,20 metros.
- h. Cuando se saca el café de los tanques, se deben lavar con agua limpia; terminada la cosecha, hacerles un buen aseo.
- i. En un metro cúbico de tanque, caben 800 kilogramos de café en baba, los cuales se obtienen de 1.333 kilogramos de café en cereza.

Cálculo de los tanques de fermentación:

Para calcular el tamaño de los tanques de fermentación debemos tener en cuenta la producción del día pico y la relación de café cereza a café en baba, que es de 1 a 0,6.

Ejemplo:

Calcular los tanques de fermentación para una finca que produce 3.000 arrobas de café pergamino seco al año, con un pico de cosecha del 3.2% y una relación de café cereza a pergamino seco de 4,5 a 1.

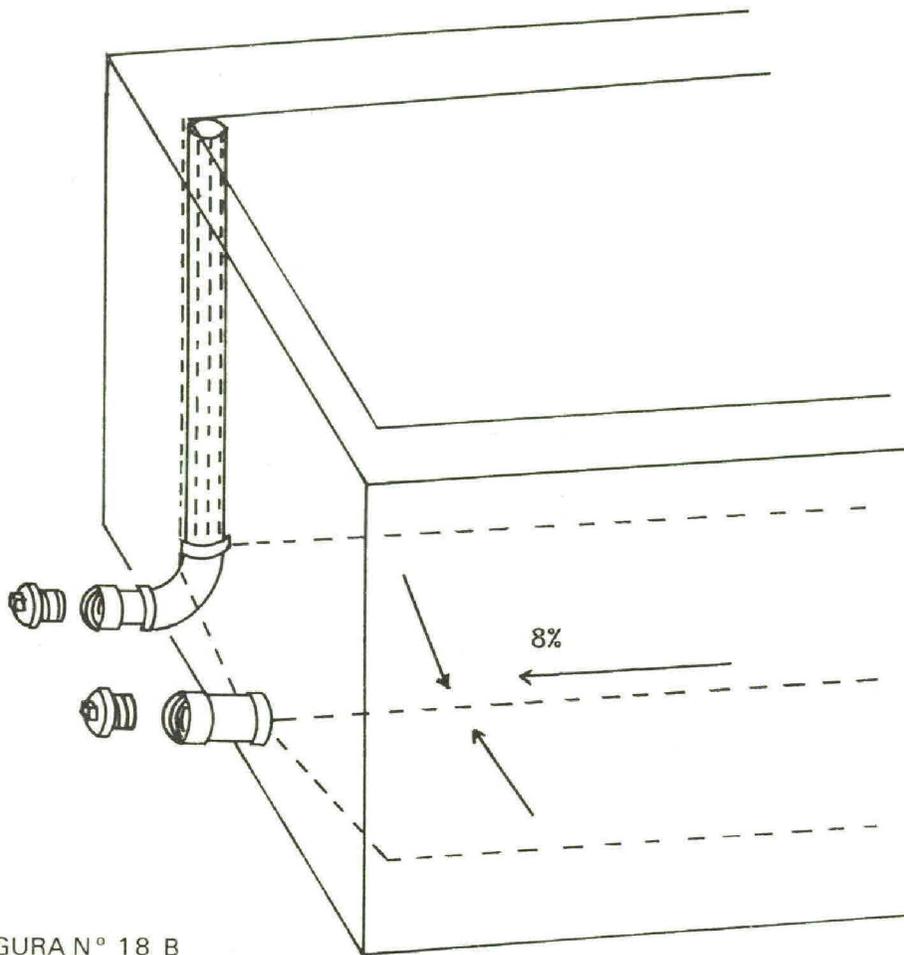


FIGURA N° 18 B

Producción anual 3.000 arrobas

$$\text{Pico de cosecha} = \frac{3.000 \times 3.2}{100} = 96 \text{ arrobas pergamino seco}$$

$$96 \times 4,5 = 432 \text{ arrobas café cereza}$$

$$432 \times 12,5 = 4.500 \text{ kilogramos café cereza}$$

$$4.500 \times 0,6 = 3.240 \text{ kilogramos café en baba}$$

$$\text{Capacidad de los tanques de fermentación} = \frac{3.240}{800} = 4 \text{ metros cúbicos para el día pico.}$$

$$\text{Capacidad de los tanques, recomendada.} = 4 \times 2 = 8 \text{ metros cúbicos.}$$

El diseño de los tanques dependerá del área disponible en el beneficiadero, y de su construcción. Para el ejemplo podemos diseñar un par de tanques, de 4 metros cúbicos cada uno, con las siguientes dimensiones:

Ancho = 1 metro

Alto = 1,50 metros (de acuerdo a la relación 1,5 a 1)

$$\text{Largo} = \frac{\text{Volumen}}{\text{ancho} \times \text{alto}} = \frac{4}{1 \times 1,5} = 2,6 \text{ metros}$$

## 6.9 Canalones de clasificación: Generalidades, diseño y cálculo.

Los canalones de clasificación o canales de correteo son estructuras que permiten lavar y clasificar el café, en beneficiaderos que cuenten con un buen suministro de agua.

Los canalones de clasificación deben construirse a un nivel inferior al de los tanques de fermentación; se hacen de ladrillo, bloque de cemento, asbesto-cemento o madera.

Las paredes y el fondo de los canalones de ladrillo y bloque, se deben esmaltar con cemento, o recubrir con enchapes de arcilla cocida (mayólica, alfagrés, etc.)

El ángulo que forma el piso y las paredes del canalón, debe ser recto.

Las dimensiones del canalón dependen de la capacidad del beneficiadero, que debe estar de acuerdo con la producción de la finca. La forma depende del área y distribución del beneficiadero.

El ancho y la profundidad del canalón varía entre 30 y 40 centímetros. La pendiente del fondo, puede ser del medio por ciento (1/2%).

La longitud del canalón puede ser la siguiente:

Producción anual	Longitud en metros
Hasta 2.000 arrobas	mínimo 10 metros
Hasta 3.500 arrobas	mínimo 15 metros
Hasta 4.500 arrobas	mínimo 20 metros
Mayor de 5.000 arrobas	mínimo 30 metros

En todos los casos la longitud no debe ser mayor de 60 metros.

Los canalones deben llevar una serie de compuertas: unas de listones de 3 centímetros de ancho y otras enteras, así:

Una compuerta de listones al final del sector de lavado

Dos compuertas de listones en el sector de clasificación; una al final del canalón y otra 2,5 metros antes.

Dos compuertas enteras para controlar el paso del café hacia los escurrideros.

Los canalones se pueden construir:

- Con curvas. Se les denomina también laberintos o serpientes. Ver la figura N° 19.
- Rectos. Son los más aconsejables por ser más fáciles de manejar, economizan agua y permiten una mejor clasificación. Ver la figura N° 20.

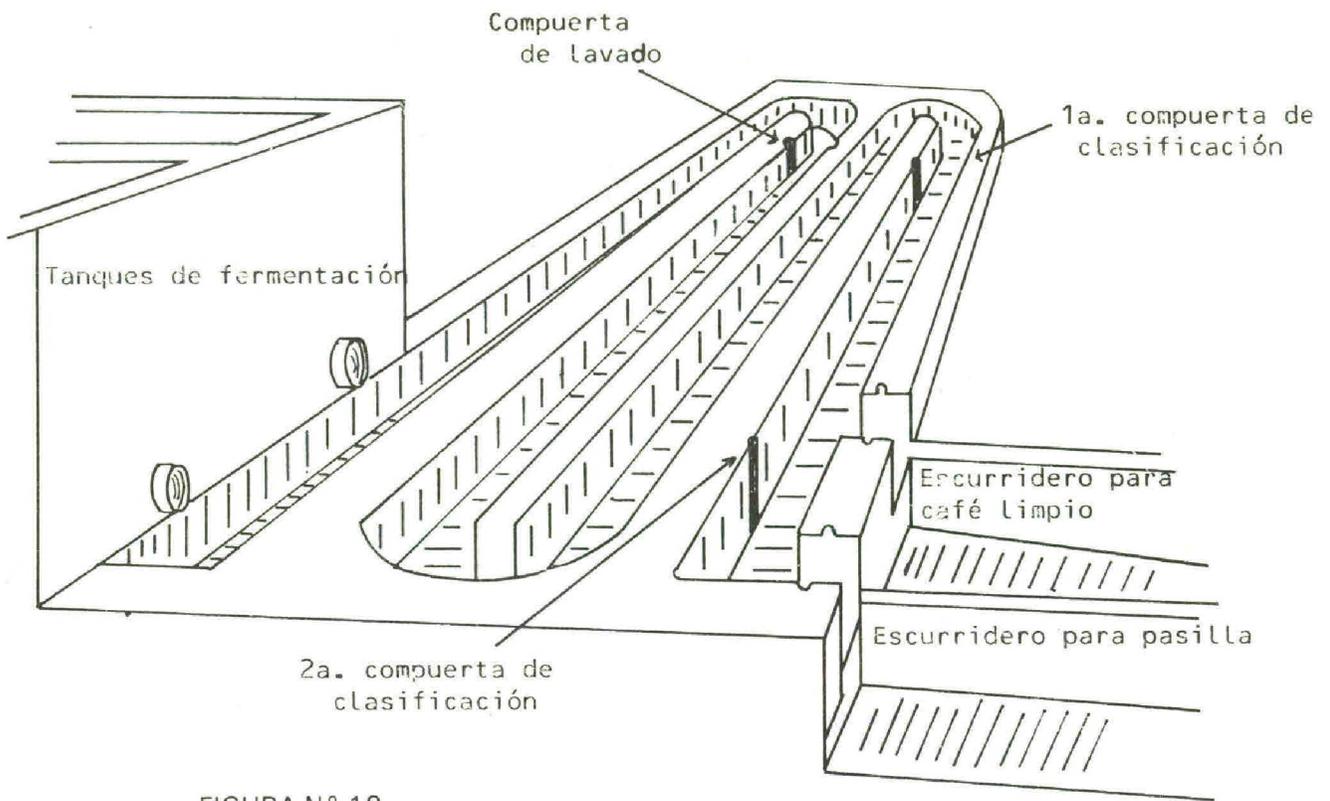


FIGURA N° 19

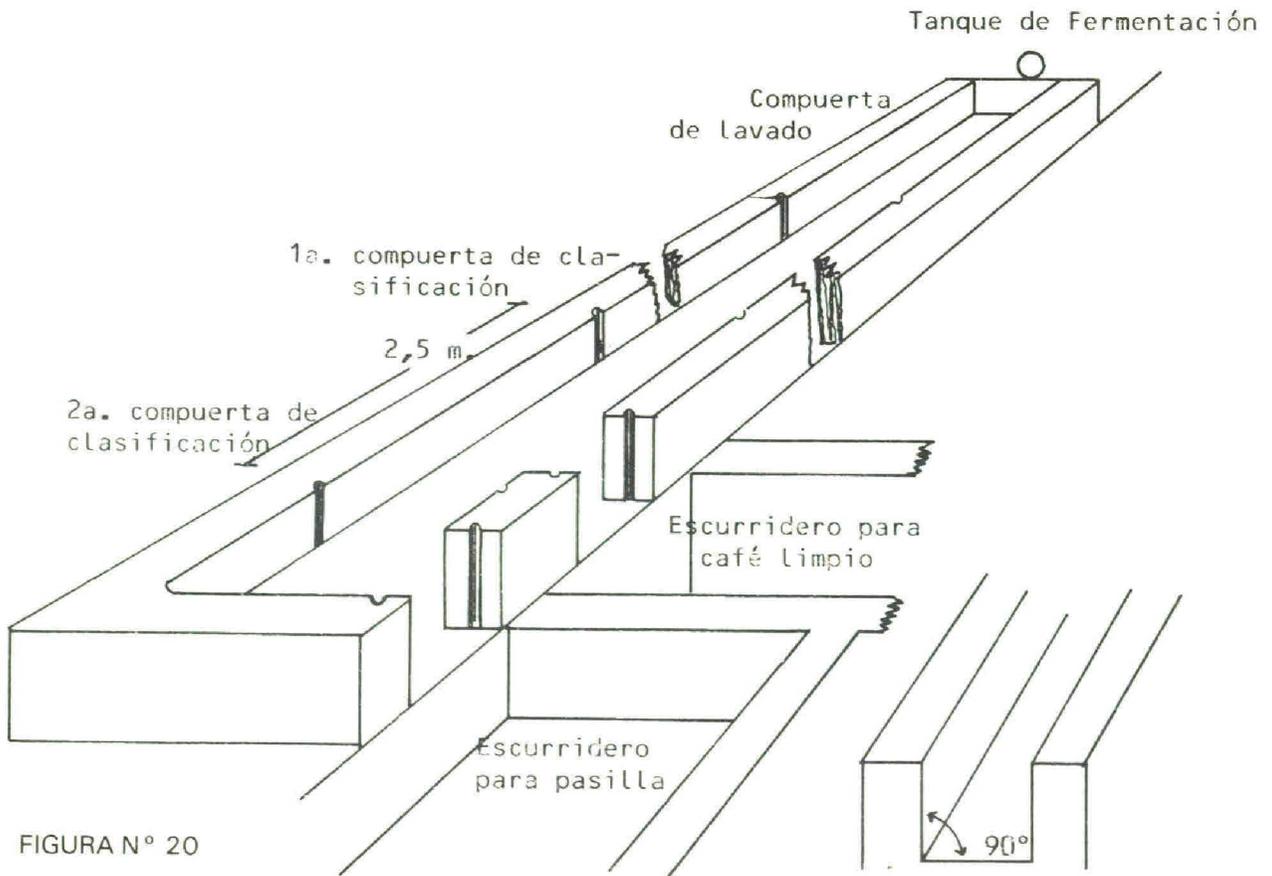


FIGURA N° 20

## 6.10 Escurrideros: Generalidades, diseño y cálculo.

Los escurrideros son tanques que permiten la salida del exceso de agua utilizada en la clasificación y almacenar café durante la misma.

Para la construcción de los escurrideros debemos tener en cuenta:

- a. Los escurrideros deben estar ubicados al final del canalón, separados de éste por compuertas enterizas.
- b. Deben construirse a un nivel inferior al del piso del canalón.
- c. La capacidad del escurridero para el café limpio, debe ser igual al volumen del café despulpado en el día pico; la capacidad del escurridero para la pasilla puede ser la mitad o un poco menor que el anterior.

El volumen y las dimensiones se establecen en forma idéntica a los tanques de recibo para café en cereza.

- d. La pendiente para el piso de los escurrideros debe ser del 10 al 15%.
- e. En la parte más profunda de los escurrideros debe haber una rejilla de cobre o aluminio, que permita la salida rápida del agua, como mínimo de 30 x 30 centímetros, y perforaciones preferiblemente alargadas de 3 milímetros de ancho; también se pueden usar rejillas verticales de PVC o aluminio.
- f. La tubería desalida debe ser como mínimo de 4 pulgadas de diámetro, evitando en lo posible los codos.
- g. Las paredes y piso deben esmaltarse con cemento, o cubrirse con enchapes de arcilla cocida (alfagrés, mayólica, etc.).
- h. La profundidad máxima de los escurrideros, en su parte menos profunda, debe ser de 60 centímetros.

En los beneficiaderos donde el café lavado se transporta con motobombas, los escurrideros se han reemplazado con tanques provistos de rejillas y tapones que permiten drenar o retener el agua.

En la figura N° 21 se ilustran algunos detalles de construcción de los escurrideros.

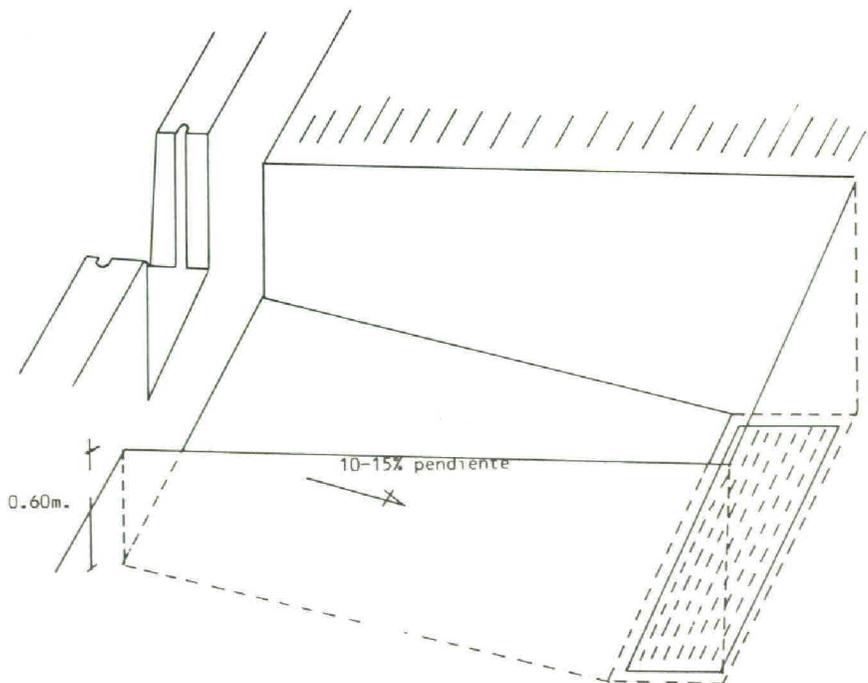


FIGURA N° 21

## 6.1.1 Secaderos al sol: Generalidades, diseño y cálculo.

El secado al sol mejora el grano, tanto en su aspecto externo (color del pergamino y almendra), como la calidad de la bebida.

Investigaciones de CENICAFE demostraron que los materiales recomendables para los pisos de los secaderos al sol, en orden descendente de eficiencia, son: Anjeo, esterilla de guadua, madera aserrada y cemento. Los pisos deben ser lo más parejos posible, para evitar que el café se trille demasiado.

El área de secaderos al sol requerida en una finca, está determinada por el clima de la región. En términos generales se puede asumir que una finca que cuenta únicamente con secado al sol, debe tener a 1 a 1,5 metros cuadrados de área para secado, por cada 5 arrobas de café pergamino seco producidas en el año.

Ejemplo.

Producción de la finca      700 arrobas

$$\text{Área de secado} = \frac{700}{5} = 140 \text{ metros cuadrados}$$

El secado al sol se puede efectuar:

- En paseras, llamadas también parihuelas o camillas. Se construyen generalmente de 1 a 1,20 metros de ancho, 2 metros de largo y 10 a 15 centímetros de alto; el piso puede ser de anjeo, esterilla de guadua o madera.

Conviene colocar las paseras, en andamios de madera, para evitar el exceso de humedad y facilitar el manejo del café. Ver la figura N° 22.

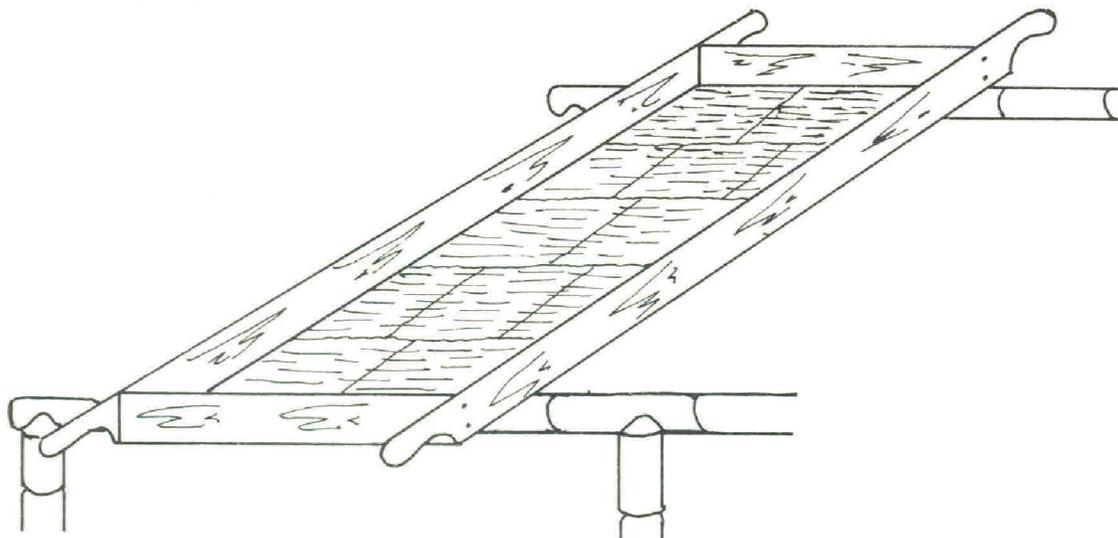


FIGURA N° 22

- En patios de cemento; éstos deben tener una pendiente del 1%, para evitar encharcamientos, y manera de proteger el café en caso de lluvia. Se pueden construir unas casetas para cubrir el café temporalmente, y "medialunas" de cemento en el piso, para evitar que el café se moje por escurrimiento. Ver la figura N° 23.

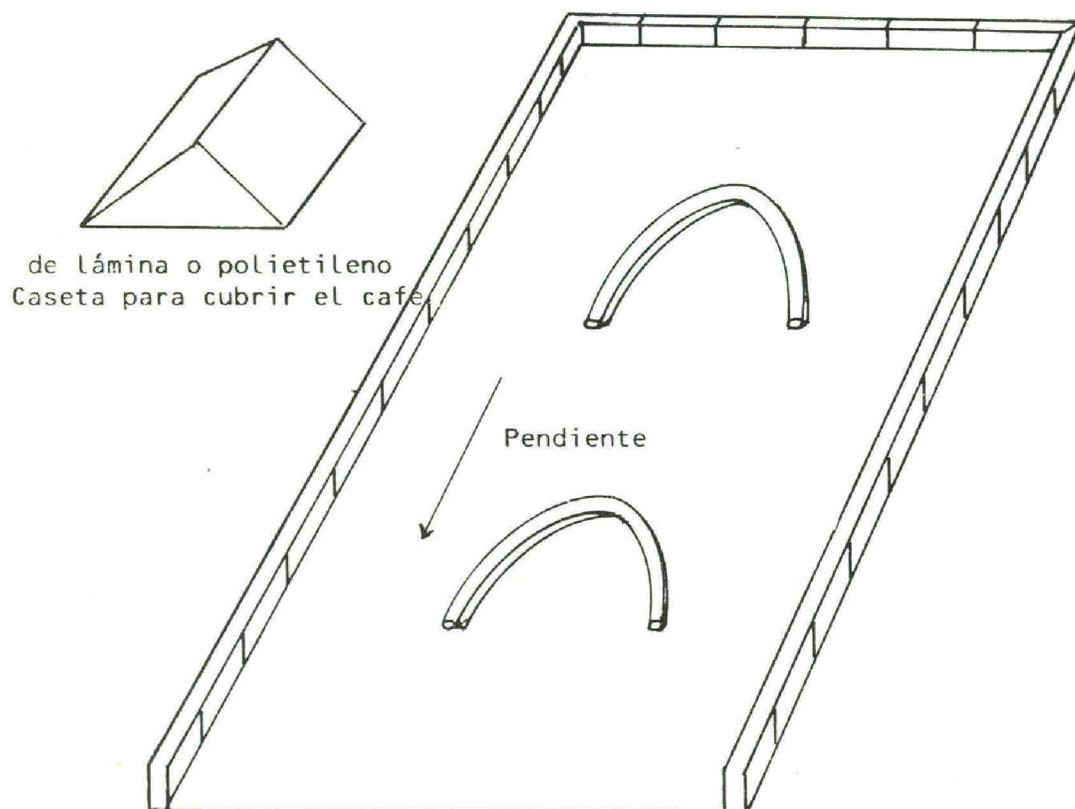


FIGURA N° 23

c. En marquesinas. Patios cubiertos con vidrios, teja de plástico o polietileno; generalmente con piso de cemento. Ver la figura N° 24.

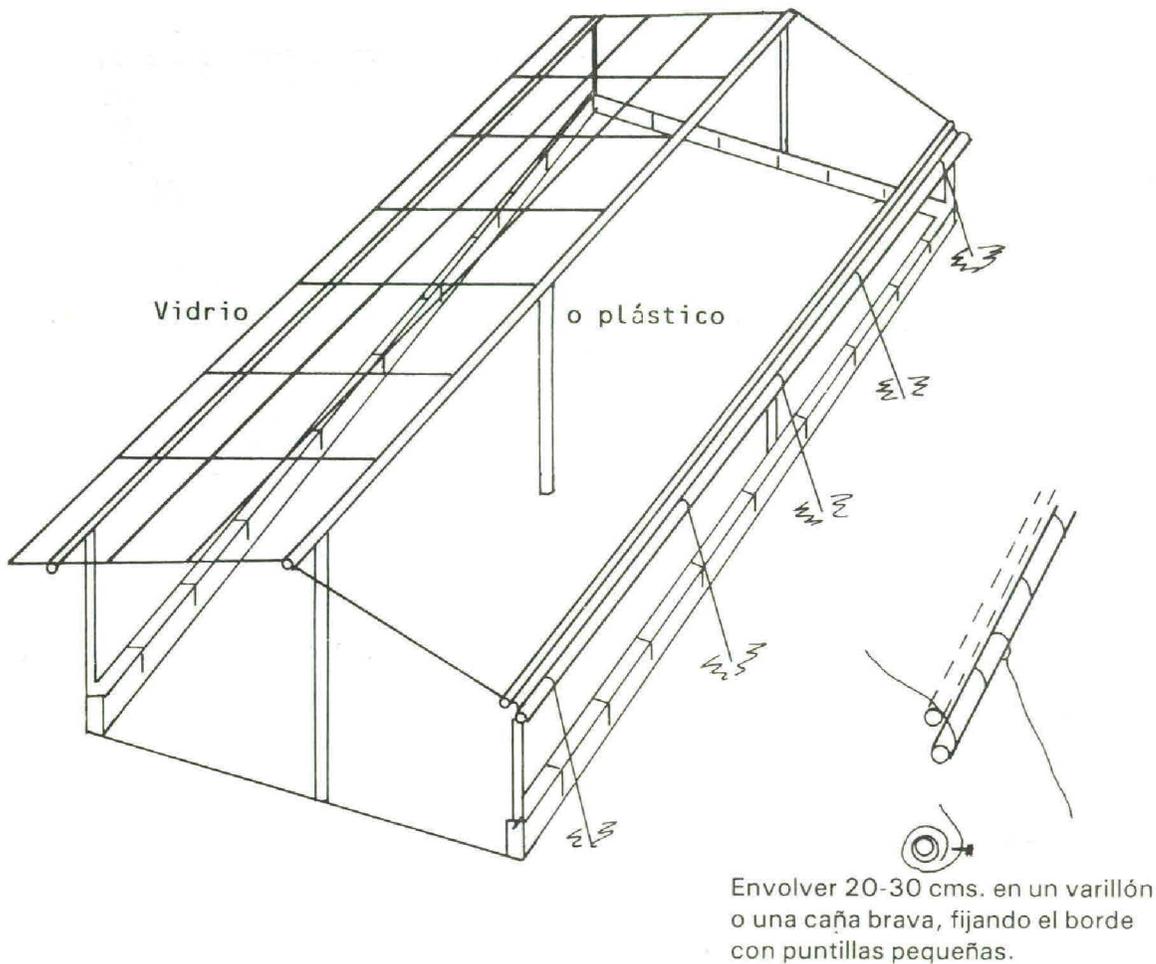


FIGURA N° 24

d. En carros. Son especie de gavetas montadas en una estructura de madera o hierro, pisos de anejo, madera o esterilla, y techo de zinc.

Los carros se construyen generalmente de 2 a 3 metros de lado y de 15 a 20 centímetros de alto. Ver la figura N° 25

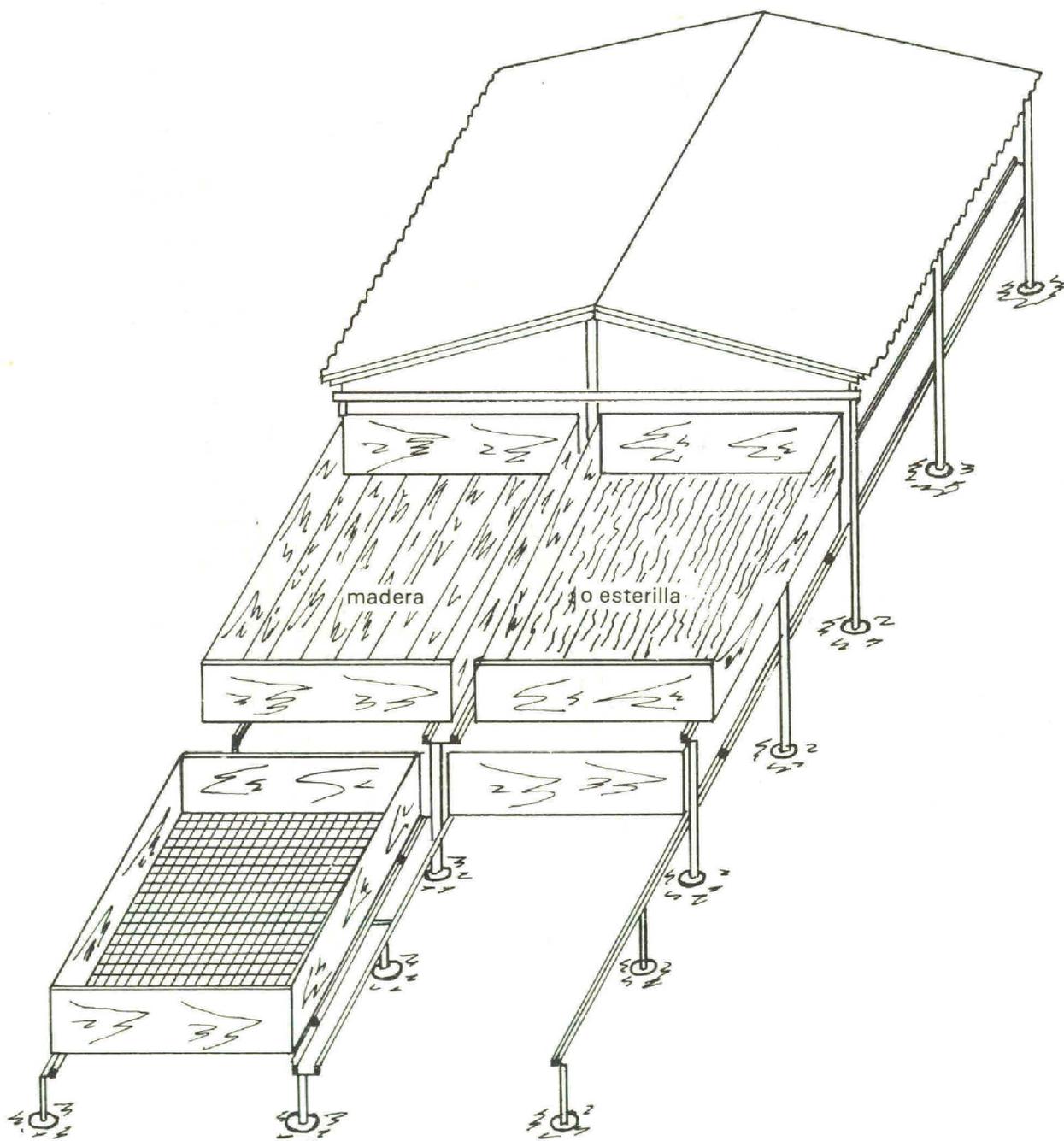


FIGURA N° 25

e. En elbas. Son secaderos con piso de madera o cemento y techo de hojas de zinc enbisagradas; se pueden construir de una o dos alas. Ver la figura N° 26

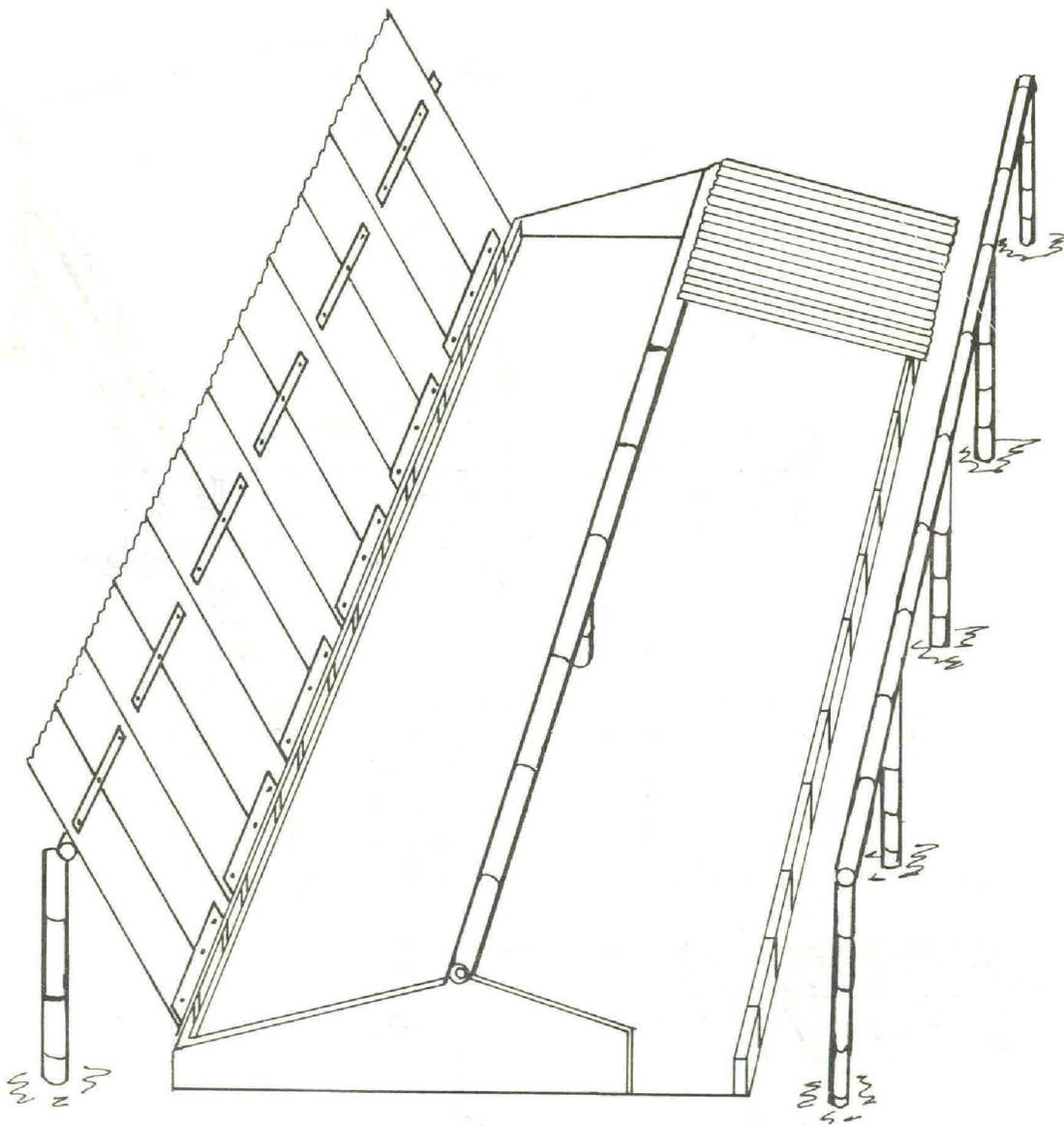


FIGURA N° 26

- f. En casa elbas. Son elbas construidas sobre cualquier edificación (casas, garajes, beneficiaderos, etc.).
- g. En casillas y casa - casillas. Son secaderos similares a las elbas y casa - elbas, con la diferencia que los techos son de hojas fijas, colocados sobre rieles para su desplazamiento.
- h. En pisos altos. Se pueden construir de esterilla de guadua, an jeo o malla de gallinero, con cubierta de costales (Beneficiadero económico tipo CENICAFE).  
El café se protege de la lluvia con tela de polietileno. Ver la figura N° 27.

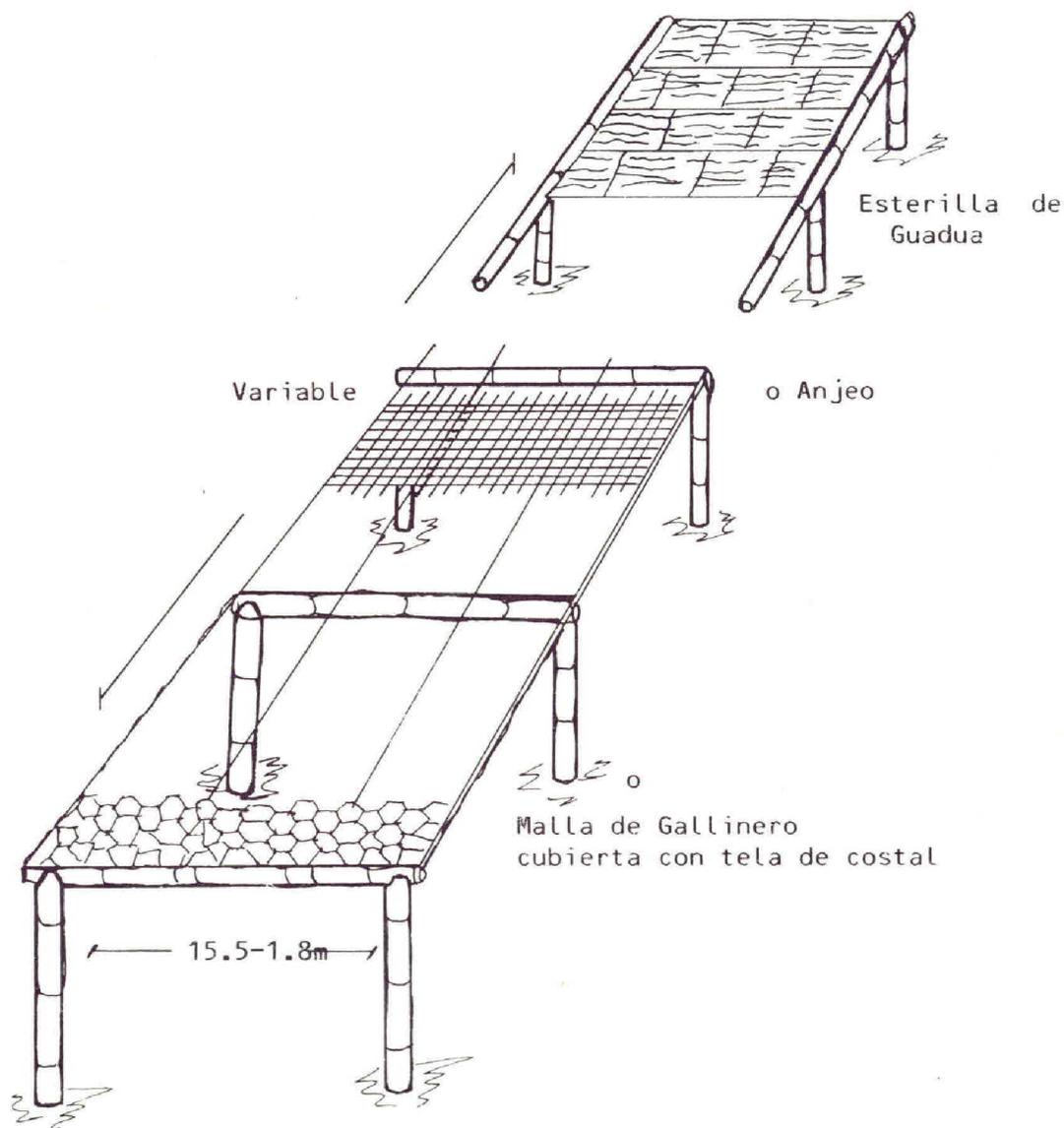


FIGURA N° 27

- i. En zarzos, palcos u oreadores. Son edificaciones techadas, con uno o varios pisos, donde se echa el café seco de agua, para secarlo posteriormente.

Precauciones en el secado al sol.

- a. En zonas de sol ardiente, no conviene extender el café cuando los pisos están muy calientes, ya que se puede abrir el pergamino ("arrebatar"), blanquear la almendra y perder calidad el café.
- b. Extender el café, en capas no mayores de 3,5 centímetros de espesor (1 arroba de café por metro cuadrado).
- c. Revolver el café con cuidado, para no trillarlo, especialmente cuando está próximo el punto de trilla.
- d. Evitar que el café se moje, después de iniciado el secado.
- e. No mezclar cafés de distinto grado de humedad.
- f. El café que se trilla para determinar el grado de humedad, no se debe mezclar con el resto del café.
- g. Dejar reposar el café durante 12 horas, antes de sacarlo al mercado, y volver a revisar el punto de secado.
- h. La relación de café mojado a seco de trilla es:

En teoría 1,86 arrobas de mojado .....	1 arroba de café seco
En la práctica 1,90 arrobas de mojado .....	1 arroba de café seco
Para negocio 2,00 arrobas de mojado .....	1 arroba de café seco

## 7 SECADO MECANICO DEL CAFE

### 7.1 Secado mecánico - Generalidades:

Con el secado se lleva el café desde un contenido de humedad del 52% hasta una humedad del 10 al 12%. El secado juega papel importante en la calidad final del café.

Los resultados obtenidos con el secado al sol son muy satisfactorios desde el punto de vista de la calidad y presentación del grano, sin embargo, en los beneficiaderos medianos y grandes, este sistema no resulta práctico debido no solamente a la cantidad del grano para secar sino también a la variación de la radiación solar, la cual no es la más adecuada en las épocas de cosecha, que generalmente coinciden con períodos de lluvias.

Considerando estos aspectos se justifica la instalación de equipos mecánicos que permiten efectuar el secado de cantidades apreciables de café, en un tiempo relativamente corto; pero este requiere de un buen diseño, montaje y operación, para obtener un resultado aceptable en cuanto a la calidad del café y a la uniformidad del secado.

Para adoptar un sistema mecánico de secado es muy importante analizar el consumo de energía eléctrica, la disponibilidad de ella en la zona y la posibilidad de tener un transformador propio.

Si bien las instalaciones mecánicas requieren mayor costo inicial que los secaderos al sol, las ventajas de espacio, capacidad de secado, cierta independencia de las condiciones ambientales y operación día y noche, las justifican ampliamente.

Es lógico que en cada caso se requiere un análisis económico para determinar el sistema de secado más adecuado de acuerdo al tamaño del beneficiadero y a las condiciones de la finca.

El secado mecánico se realiza al hacer pasar una corriente de aire a través de la masa de café, para remover parcialmente la humedad del grano. El agua contenida en los granos se evapora y se mezcla con la humedad del aire que atraviesa la capa de granos de café; este trabajo se realiza en la mayoría de los equipos, por la acción de un ventilador.

El aire puede estar a la temperatura ambiente pero requiere mucho tiempo para el secado. El tiempo se puede reducir aumentando la temperatura del aire, ya que se disminuye la humedad relativa al elevar el punto de saturación.

El aire se puede calentar por medio de estufas, quemadores, intercambiadores de calor, etc., que funcionan a base de ACPM., carbón mineral, coque, energía eléctrica, etc.. El aceite quemado no se debe usar.

Al entrar en contacto la presión de vapor de agua del grano que tiende a salir y pasar al aire, y el vapor de agua del aire que trata de penetrar en el grano, se inicia un proceso que puede dar como resultado:

- a. Hay secamiento si el vapor de agua del grano ejerce mayor presión que el vapor de agua del aire.
- b. Se establece un punto de equilibrio si las presiones son iguales.
- c. Se humedece el grano si el vapor de agua del aire ejerce mayor presión que el vapor de agua del grano.

Esto nos indica que en condiciones de alta humedad ambiental, puede ser más aconsejable no poner a funcionar los equipos de secado. El sitio donde funcionan los secadores debe ser bien aireado.

Los factores que intervienen en el proceso de secado son la humedad y la temperatura del grano, contra la humedad y la temperatura del aire; estos factores se pueden cuantificar con los siguientes equipos:

Termómetro: Para medir la temperatura del aire y de la masa de café.

Higrómetro: Para medir la humedad relativa del medio ambiente, del aire secante y del aire exausto.

Determinadores de humedad: Para medir la humedad del grano.

El tiempo de secado, aún con el mismo equipo, no se puede generalizar, ya que éste depende de:

- Tamaño del grano
- Limpieza del pergamino
- Contenido de humedad inicial del grano
- Humedad relativa del aire ambiental
- Humedad relativa del aire desecante
- Forma como penetra el aire a la masa de café
- Cantidad de aire suministrado
- Velocidad del aire
- Espesor de la capa de café.

En los silos, el secado demora normalmente entre 25 y 30 horas.

Recomendaciones generales para el secado mecánico del café:

Si queremos conservar las características tradicionales del café suave colombiano, manteniendo sus condiciones físicas y químicas, debemos acoger las siguientes recomendaciones:

1. Iniciar el secado lo más rápido posible, después de haberle hecho un buen lavado.
2. Escurrir el café antes de echarlo a los secadores mecánicos estáticos.  
En los secadores mecánicos rotativos, el café se debe echar seco de agua.
3. Iniciar el secado con una temperatura no mayor de 40 grados centígrados en la masa de café (esto se logra con una temperatura no mayor de 50 °C a la salida del ventilador); de lo contrario el café tiende a cocinarse y toma: un color ámbar, con vetas gris oscuro.
4. Si al iniciar el secado la humedad relativa del aire es menor que la del grano, se puede secar parcialmente sin calentar.
5. Durante el secado se debe controlar la temperatura para que no pase de 50 grados centígrados en la masa de café. (Esto se logra manteniendo una temperatura entre los 50 °C y los 60 °C a la salida del ventilador).
6. Es recomendable evitar los altibajos de temperatura en los quemadores de chispa y de olla, regulando el paso del ACPM.
7. El café, durante el secado se debe dejar reposar. Una guía puede ser la siguiente:

Humedad del grano	Tiempo de reposo
Cuando pasa de 52% a 18%	12 horas
18% a 14%	12 horas
14% a 11-12%.	

Una manera práctica de dejar reposar el café, es apagar el secador durante la noche, dejando abiertas las compuertas para evitar condensación, ya que generalmente se presenta baja temperatura y alta humedad relativa. Esto permite ahorrar energía, combustible y costos en la mano de obra.

Si no se deja reposar el grano, la calidad se altera porque las moléculas toman formas triangulares, dejando poros por donde sale el vapor, tornándose quebradizo. El reposo permite la cohesión de las moléculas, quedando igual de seco tanto por dentro como por fuera, no se "devuelve" y no se presentan manchas en la almendra.

8. En días lluviosos, de baja temperatura, es conveniente apagar el secador.  
Las fuentes de agua pueden aumentar la humedad ambiental y retardar el secado.
9. Se deben usar intercambiadores de calor, para secadores que utilizan ACPM, carbón mineral y coque.  
La combustión directa no se recomienda porque los gases de combustión contaminan el grano y desmejoran la calidad final del producto, tanto en la presentación del grano, como en el sabor de la bebida.  
Los gases de la combustión deben salir del recinto por una chimenea y el aire que sale del secador debe tener una evacuación fácil.
10. El aire para el secado debe estar libre de olores provenientes de los tanques de fermentación, fosas y productores químicos que pueden contaminar el grano.
11. Evitar que la humedad del grano baje del 10%.
12. No se debe empacar el café caliente, debemos dejarlo reposar.
13. El café sobresecado no se debe tratar de "devolver" con agua, ya que el café se blanquea y los granos mojados del centro del arrume o del bulto se fermentan.
14. El café se debe almacenar empacado, sobre plataformas de madera y separado de las paredes.
15. Nunca se debe almacenar café cerca de productos contaminantes.
16. El café secado correctamente, en forma artificial, presenta almendra de color verde uniforme, la cual cuando se golpea con un martillo no se rompe en fragmentos, sino que se aplasta.

\* \* \*

Entre los secadores mecánicos para café se encuentran:

- Secadores mecánicos rotativos o guardiolas.
- Pacios quindianos
- Pacios quindianos modificados
- Secadores mecánicos de torre
- Cuartos secadores o SILOS.

## 7.2 Secadores mecánicos rotativos o Guardiolas:

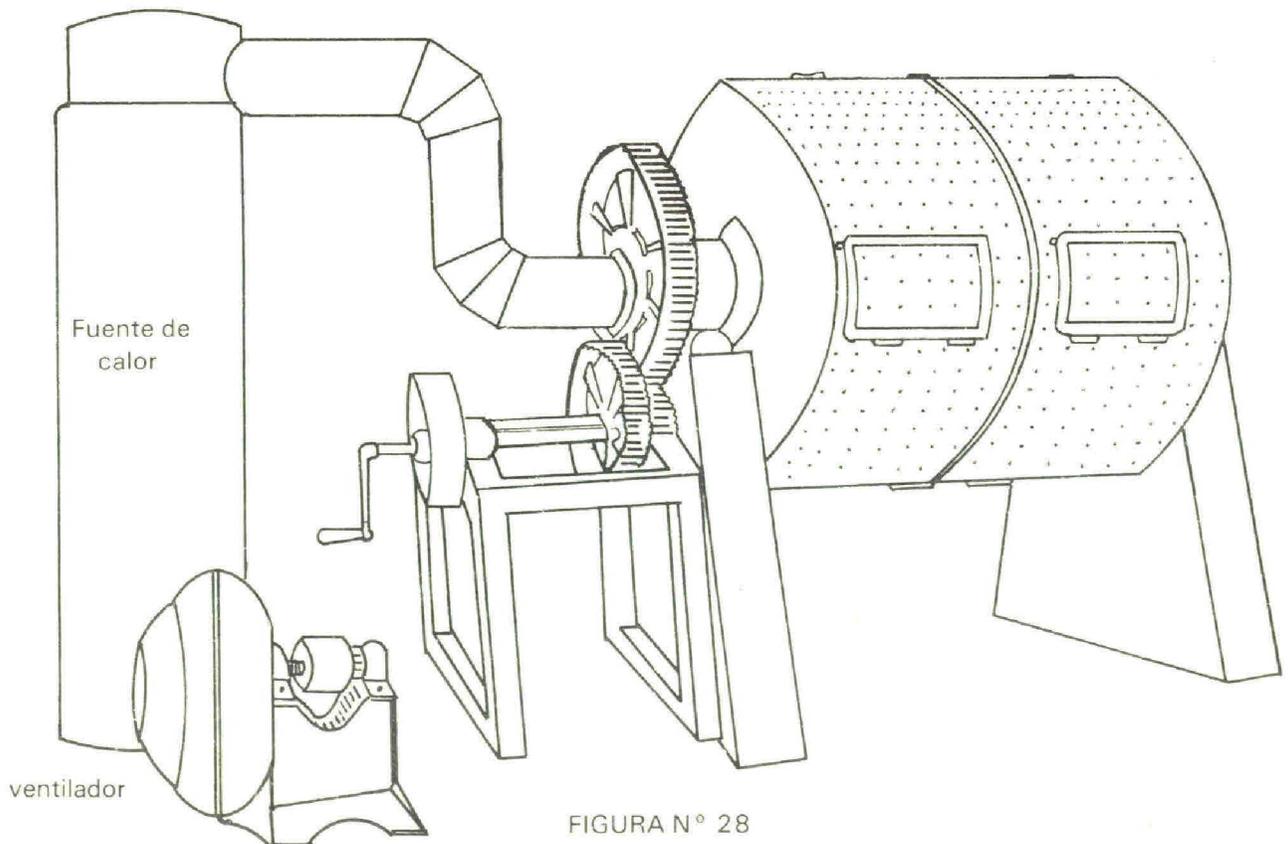


FIGURA N° 28

La guardiola es un tambor cilíndrico, de 1 o 4 compartimentos, montado sobre un eje hueco por donde circula el aire caliente que pasa al interior del tambor por tubos radiales perforados sale al exterior por las perforaciones de la lámina del tambor. En los modelos pequeños, el aire entra por un extremo del eje y en las grandes por ambos.

En la parte central del tambor se distribuye aire muy caliente (aproximadamente 100 grados centígrados); este aire caliente proviene de un intercambiador de tipo superficie, que puede utilizar como medio de calentamiento gases de combustión de ACPM, carbón mineral o coque, o bien de un calentador de resistencias eléctricas.

Para crear la corriente de aire se requiere un ventilador.  
Las guardiolas deben girar entre 3 y 6 revoluciones por minuto.

Al llenar los compartimentos de las guardiolas debe quedar un espacio que permita voltear el café (unos 20 centímetros aproximadamente).

Entre los secadores derivados de las guardiolas se encuentran la Okrassa (de dos compartimentos), la Mason (de tres compartimentos) y otras.

Como ventaja de las guardiolas se anota el secado parejo del grano.  
Como desventajas de las guardiolas, se pueden anotar:

- a. Como la temperatura de secado es muy alta (por encima de 70°C), se puede correr el peligro de dañar la calidad del café.
- b. Se trilla un poco el café.
- c. En las guardiolas de varios compartimentos hay que echar el café bien repartido, para lograr un buen funcionamiento del equipo; en las de un solo compartimento el café debe tapar el tubo central.
- d. Se les debe echar el café seco de agua.
- e. El costo del equipo, la instalación y el mantenimiento son muy altos, comparados con otros secadores de igual capacidad.
- f. El secado es más demorado que en otros secadores.

### 7.3 Patios quindianos:

Son secadores mecánicos consistentes en un tanque rectangular, con un piso de malla o lámina perforada colocada a 50 o 60 centímetros de altura sobre el nivel del fondo, quemador de fuego directo y un ventilador. Ver la figura N° 29.

El espesor de la capa de café varía entre 20 y 25 centímetros.

Para hacer un secado parejo se debe revolver el café a lo largo y ancho; esta operación se debe hacer a intervalos de tiempo cortos (cada 10-20 minutos), de lo contrario se tuesta el café.

Como ventajas del patio quindiano se anota la disminución del tiempo de secado y el bajo consumo de combustible, comparado con otros equipos de igual capacidad.

Como desventaja se anotan:

- a. A la capa de café llegan los gases de la combustión, los cuales ahuman el café y deterioran la calidad de la bebida. El café ahumado y con olor a ACPM es rechazado por la Federación Nacional de Cafeteros.

- b. Requieren mucha mano de obra, con el agravante de que el operador está expuesto a los gases de la combustión, a la humedad del café y de las altas temperaturas.
- c. Ocupan mucho espacio.
- d. El secado no es parejo en toda la longitud del patio.

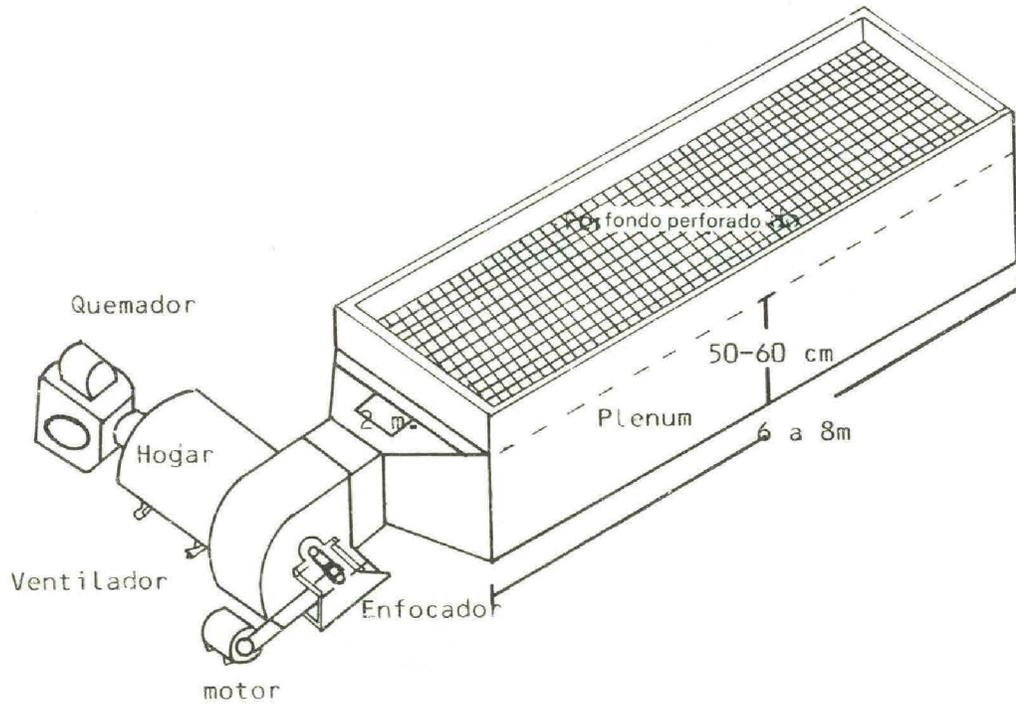


FIGURA N° 29.

#### 7.4 Patios quindianos modificados:

Estos secadores presentan con respecto a los patios quindianos tradicionales, las siguientes modificaciones:

- a. El hogar se ha reemplazado por un intercambiador de tipo superficie, provisto de chimenea.
- b. Para revolver el café se les ha colocado un revolvedor mecánico de 6 aspas, el cual corre sobre cremalleras o rieles. El motor eléctrico del revolvedor, al llegar a un extremo, acciona un interruptor que invierte la dirección de giro. Ver la figura N° 30.
- c. A los patios demasiado largos se les puede colocar un quemador, con su respectivo intercambiador en cada uno de los extremos.

#### 7.5 Secadores verticales (de torre):

El secado se realiza al hacer pasar un flujo de aire caliente por entre una "cascada" de café, para luego sufrir un reposo corto; este movimiento es continuo.

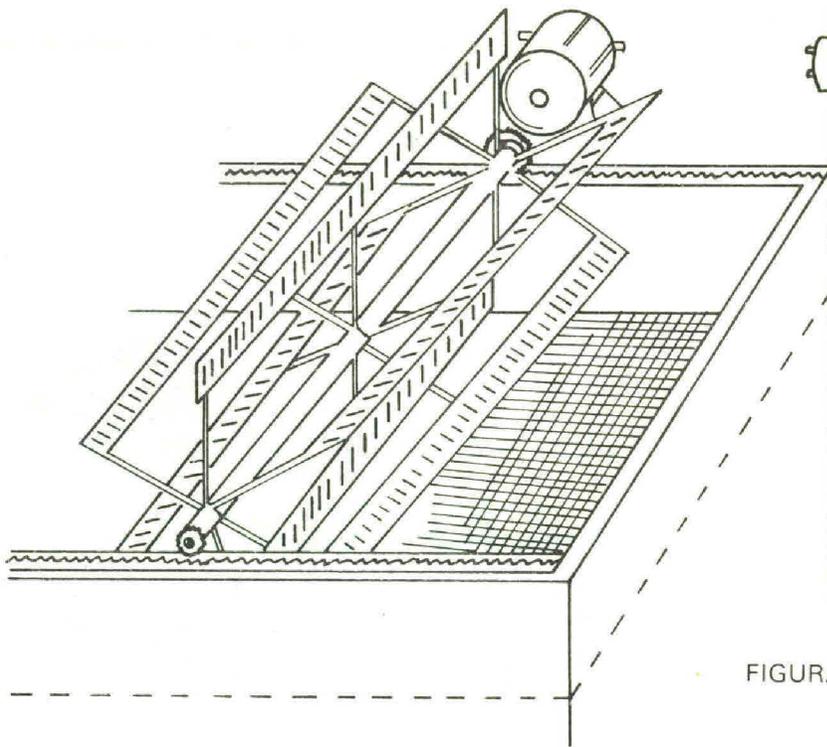


FIGURA N° 30

Las desventajas principales de este tipo de secadores son: la gran cantidad de café que trillan y el alto costo, comparado con otros secadores estáticos. Ver la figura N° 31.

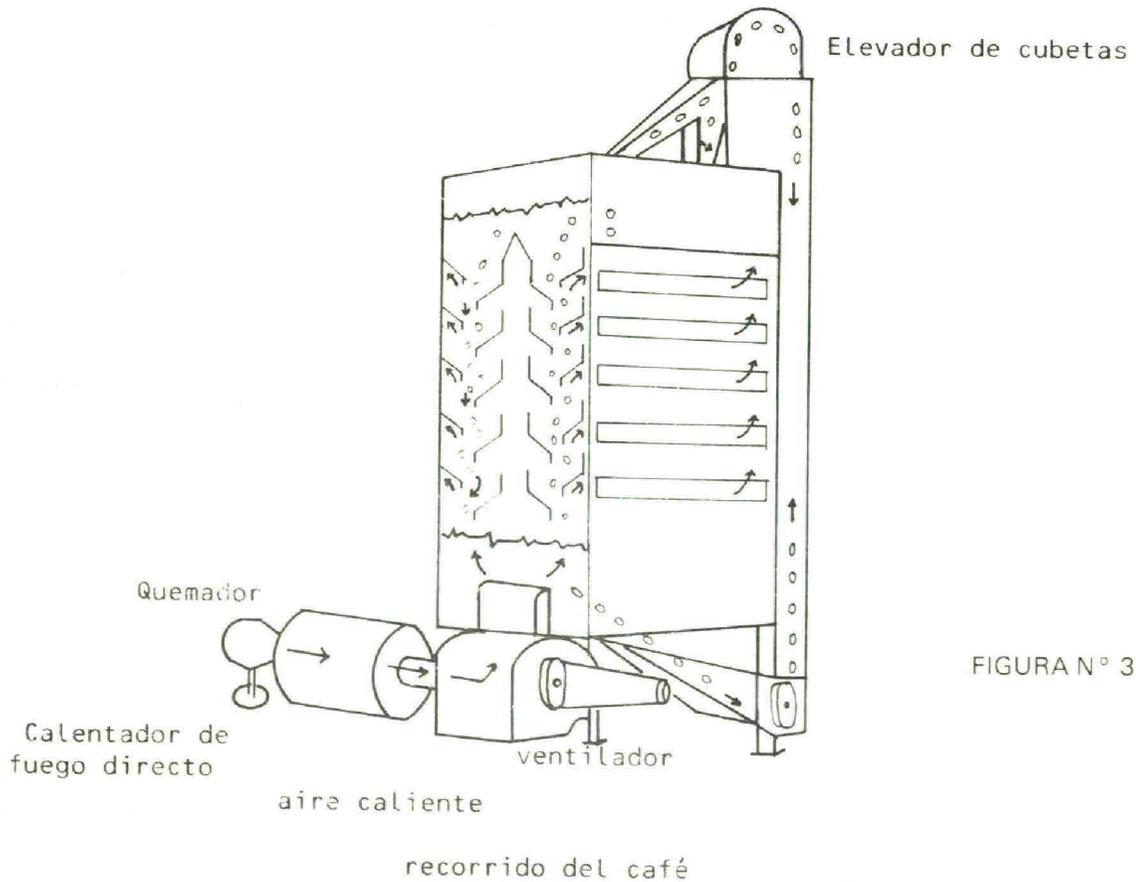


FIGURA N° 31

## 7.6 Cuartos secadores o silos:

En la actualidad son los secadores más usados para café.

En los silos se presentan grandes variaciones en cuanto a su fabricación y diseño, así:

- a. En cuanto al número de compartimentos
  - De un compartimento
  - De dos compartimentos
- b. En cuanto al flujo del aire:
  - Flujo en una sola dirección; con presecado y sin él.
  - Doble flujo; con presecado y sin él.

El presecado no es recomendado por algunos técnicos, porque los gases y residuos del secado pueden contaminar el café del presecado.

- c. En cuanto al calentamiento del aire:
  - De fuego directo
  - Con intercambiador de calor; horizontal y vertical.
- d. En cuanto a la fuente de calor:
  - De energía eléctrica
  - Con quemador de A.C.P.M.: De chispa y de olla
  - Con quemadores de aceite: De olla. No se debe utilizar.
  - Con hornillas para coque y carbón mineral.

Entre las ventajas de los silos se pueden anotar:

- El café se puede depositar húmedo en ellos.
- No requieren movimiento del grano
- El manejo de los equipos es relativamente fácil
- El precio comparativo con otros secadores es más bajo

### 7.6.1 Elementos componentes de los silos:

Un silo tradicional tipo CENICAFE, está integrado por los siguientes componentes:

- A. Cuartos o compartimentos
- B. Fuente de calor
- C. Intercambiador de calor y chimenea
- D. Ventilador
- E. Ductos o túneles, para la distribución del aire
- F. Puertas para cargue y descargue
- G. Compuertas para el control de la entrada y salida del aire
- H. Puerta del túnel
- I. Cámara plénum (2)
- J. Piso o fondo perforado
- K. Espesor del lecho de café.

#### A. Cuartos o compartimentos:

El material más adecuado para su construcción es el ladrillo de barro cocido, revestido (revocado) con mezcla de arena y cemento. Además del ladrillo se puede utilizar madera, lámina metálica o placas de asbesto-cemento.

Las paredes de los cuartos, lo mismo que las del túnel, deben ser lisas e impermeables.

Cuando los silos se cargan con motobomba, usando agua como vehículo, se deben construir tanques escurridores, encima de ellos. Figura N° 32.

Tanque escurridor con capacidad igual a la del compartimento

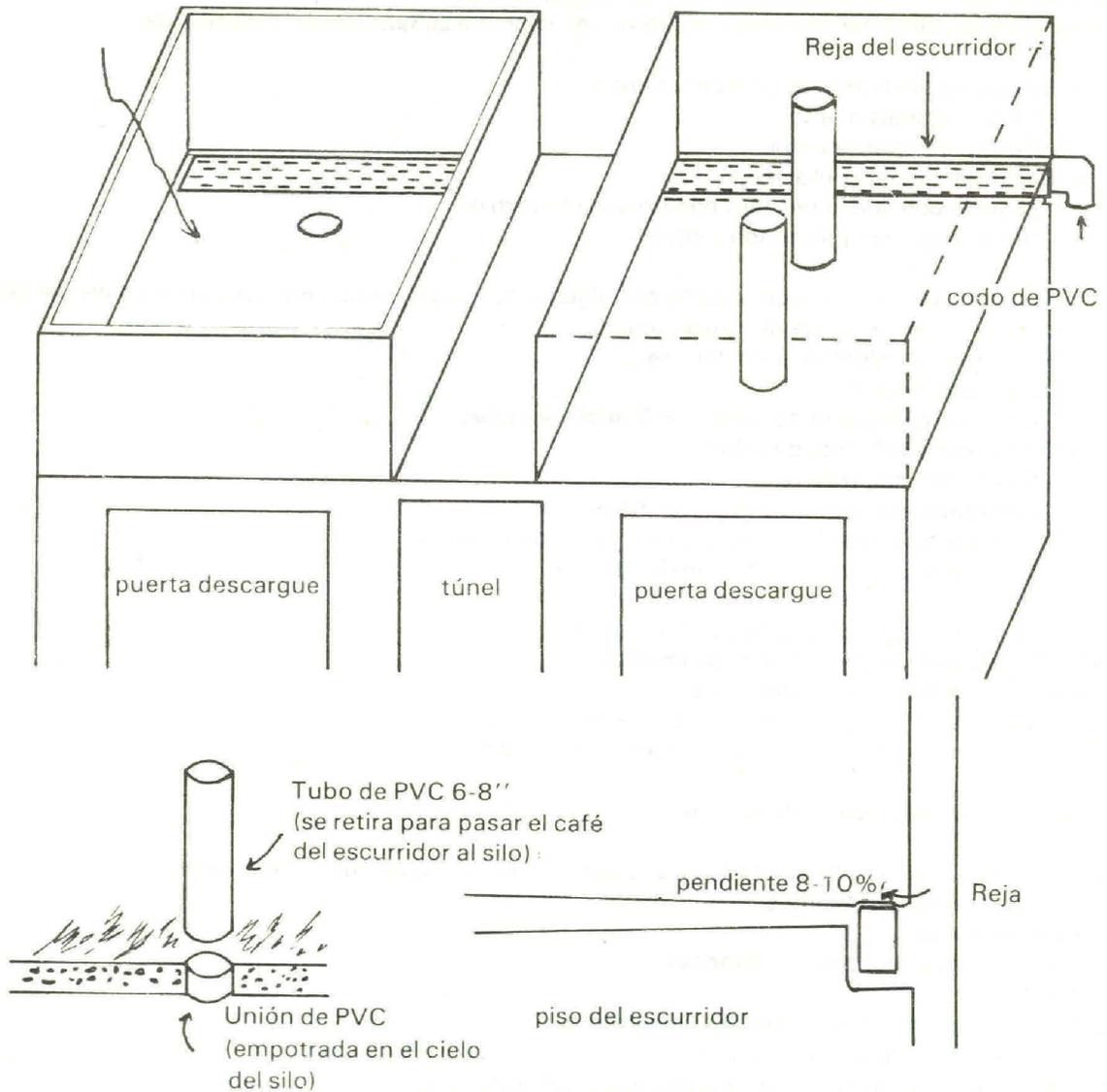


FIGURA N° 32 Tanques escurridores

B. Fuentes de calor:

Serán estudiadas en forma separada.

La temperatura se puede determinar con un termómetro y controlar con un termostato en los quemadores de chispa, y en los demás quemadores regulando el combustible y el paso de aire.

C. Intercambiadores de calor:

Se requieren para el calentamiento del aire y la eliminación de los gases de la combustión.

El aire de secamiento no debe estar en contacto con el medio calentador; los quemadores de combustión directa afectan la calidad de la bebida.

Las resistencias eléctricas no presentan peligros de contaminación, por lo tanto, no requieren de intercambiador.

Se encuentran dos tipos de intercambiadores: Horizontales y verticales.

Los intercambiadores están conformados por dos cilindros concéntricos.

En el cilindro central se inyectan los gases de combustión provenientes del quemador; el aire de secado pasa a través del espacio comprendido entre el cilindro externo y el cilindro interno o cámara de combustión.

Para mejorar la transferencia de calor se colocan láminas metálicas entre los dos cilindros.

El cilindro externo tiene un diámetro aproximadamente igual al de la boca del ventilador. Para aumentar la eficiencia se puede construir el cilindro externo de doble pared y cubrir externamente con lana de vidrio.

Los gases de combustión salen al exterior por una chimenea, sin ponerse en contacto con el aire de secamiento. Mientras sea posible, la chimenea se debe construir recta y vertical; es necesario limpiarla con alguna frecuencia. Ver la figura N° 33.

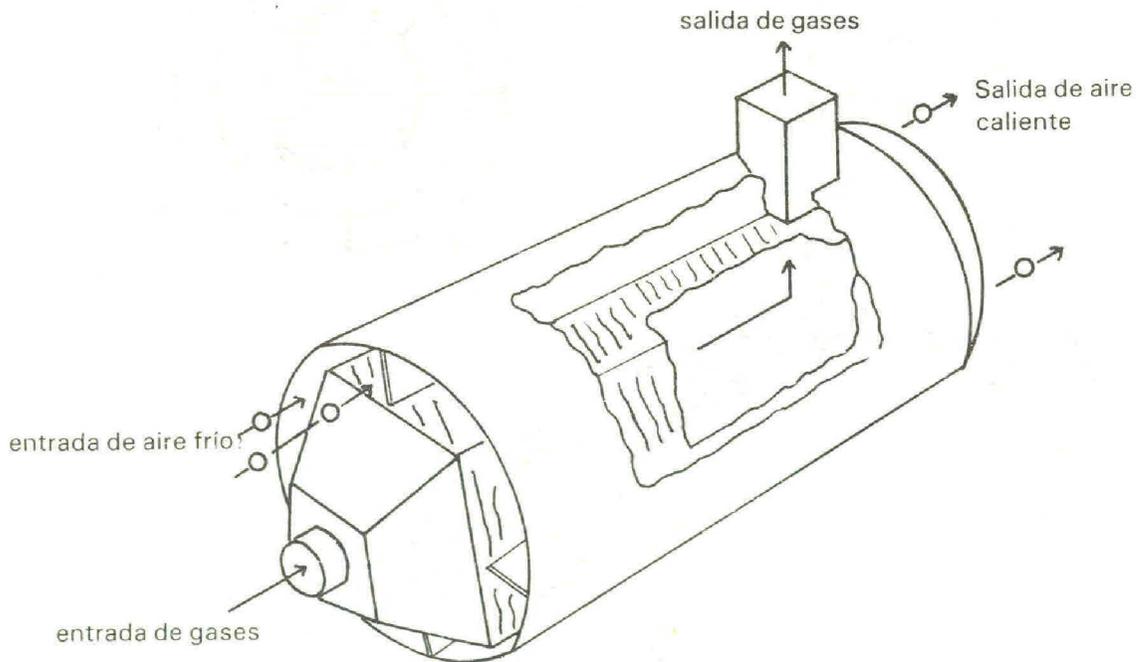


FIGURA N° 33 Intercambiador tradicional.

**Intercambiador reformado:**

Se construye con tres cilindros concéntricos, haciendo ángulo recto. La entrada de los gases se localiza cerca al ventilador.

Al aumentar el recorrido del aire y la superficie de calentamiento, se aumenta la eficiencia. Ver la figura N°. 34.

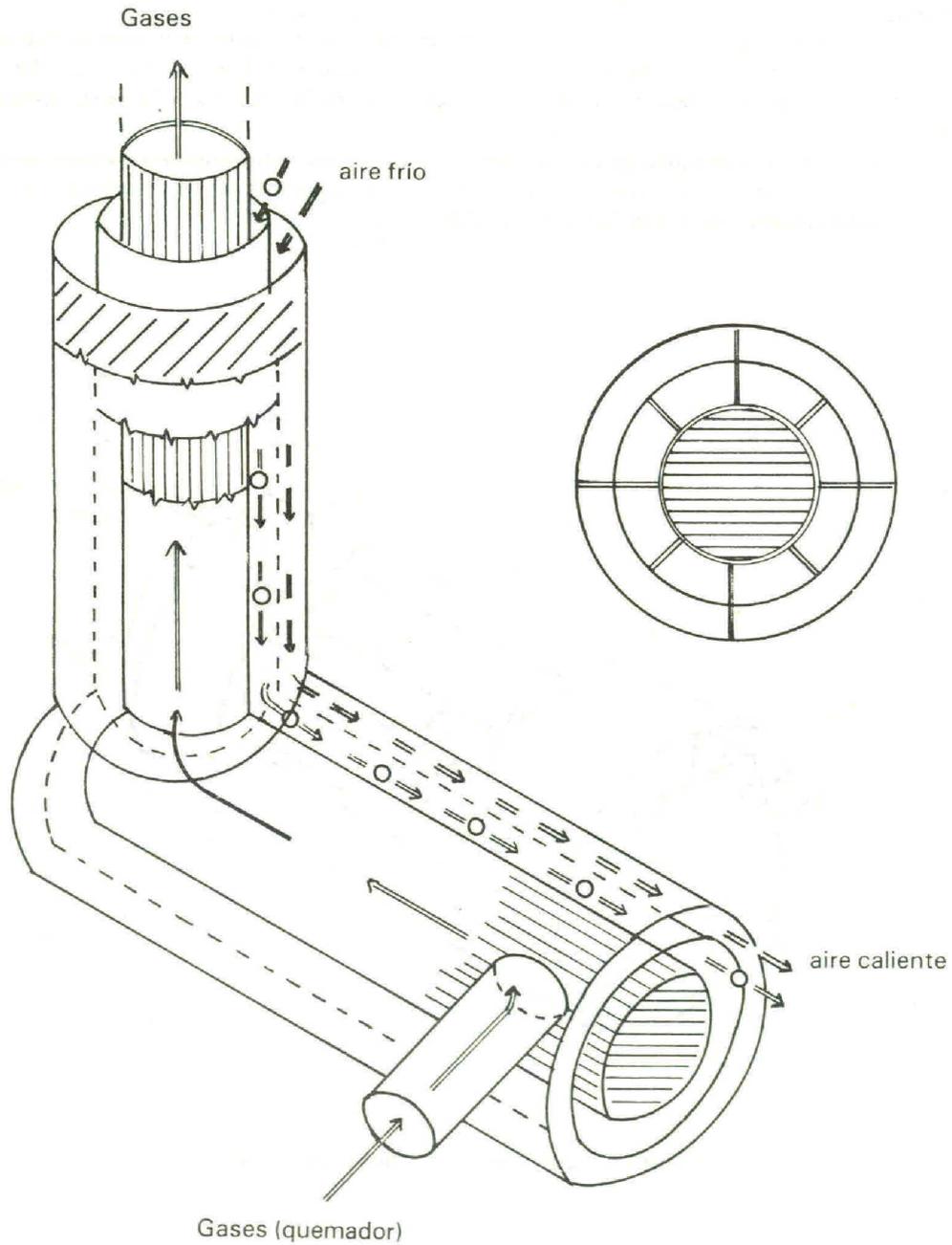
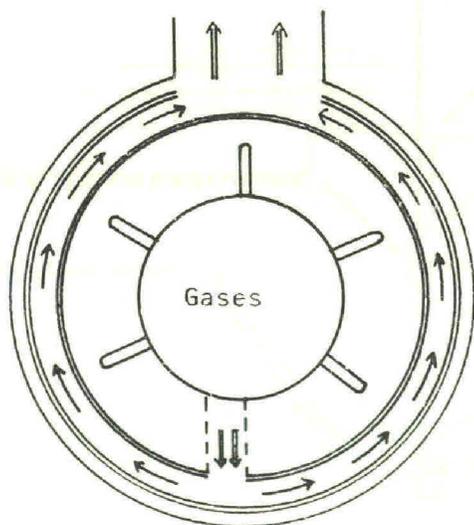
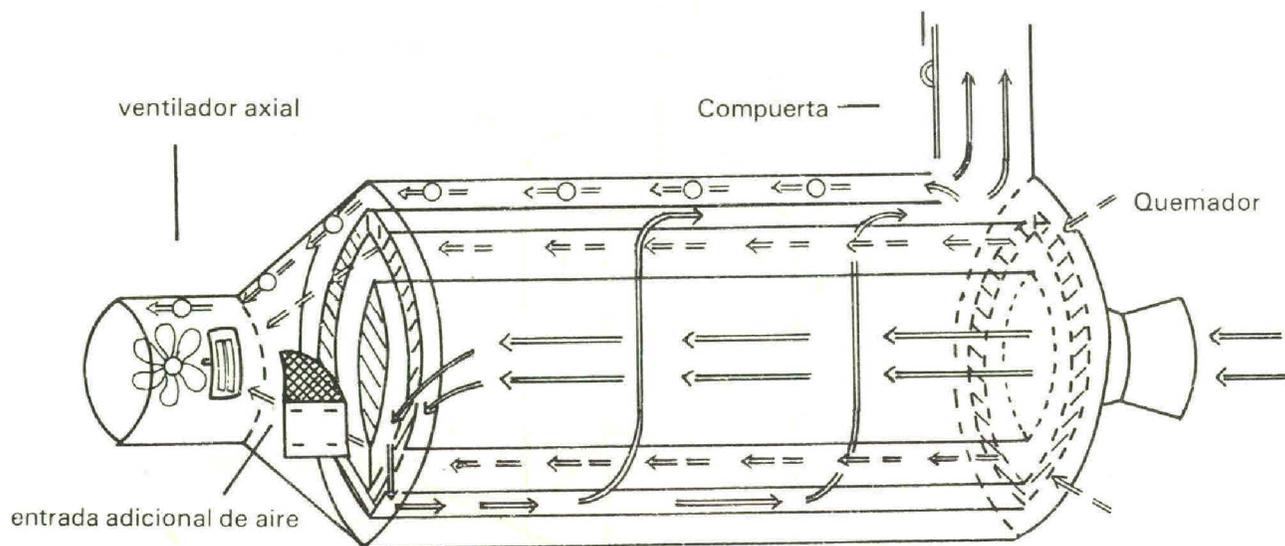
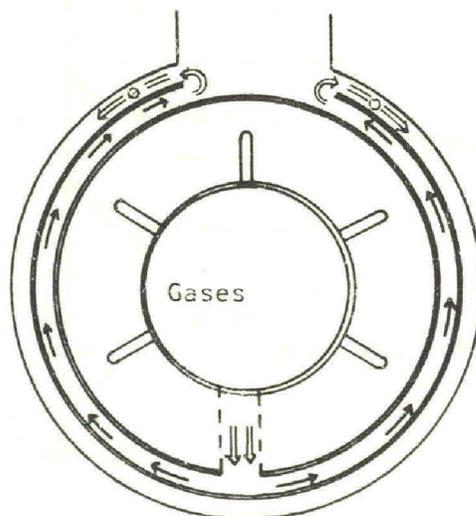


FIGURA N° 34. Intercambiador reformado

Intercambiador SBIC:



compuerta cerrda



compuerta abierta

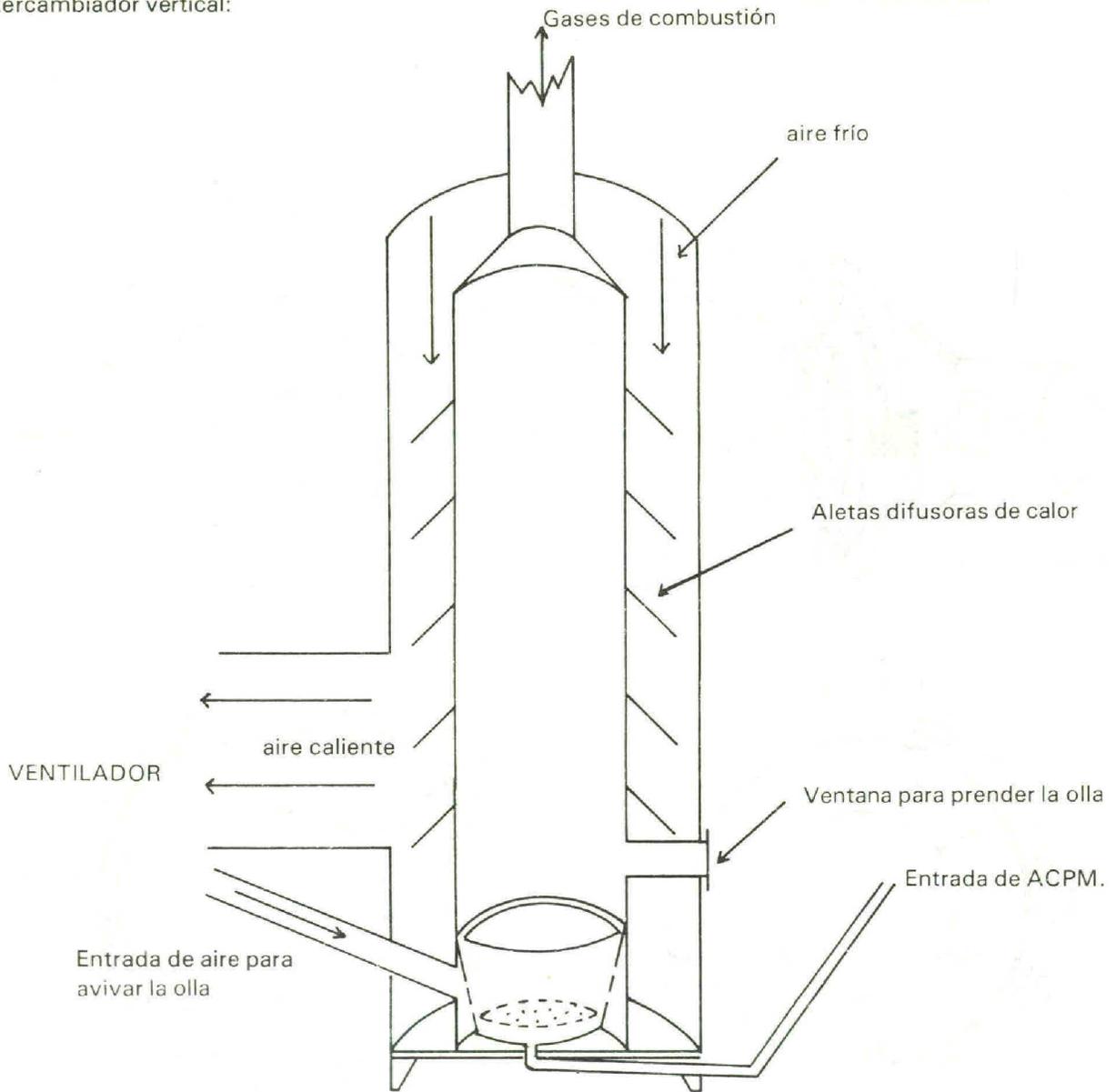
————> Gases de combustión (salen cuando la compuerta está cerrada)

==○=> Gases de combustión que penetran al café, cuando la compuerta de la chimenea está abierta.

== => Aire caliente.

FIGURA N° 35

## Intercambiador vertical:



## D. Ventiladores:

El ventilador es uno de los elementos que más influye en el diseño y funcionamiento del silo. La función del ventilador es hacer pasar, a través de todo el sistema, un caudal de aire determinado, venciendo la resistencia opuesta por los componentes (ductos, lecho de café y compuertas). Para el secado del café se fabrican dos tipos de ventiladores con sus variaciones: axiales y centrífugos.

### a. Ventiladores axiales tubulares:

El aire fluye paralelo al eje del ventilador.

El ventilador tiene 4, 5 o 12 álabes o paletas. El rotor puede ser acoplado directamente al motor o acoplado indirectamente por medio de bandas y poleas.

La trayectoria del aire es helicoidal y puede rectificarse por medio de las aletas dispuestas adecuadamente (bancaxiales), lo que aumenta la capacidad de trabajo. Ver la figura N° 37  
Como ventajas se anotan: el tamaño compacto, el poco peso y el bajo costo.

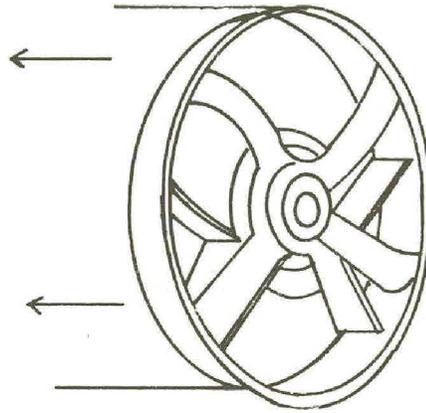


Figura N° 37

b. Ventiladores centrífugos:

El flujo es perpendicular a la entrada, lo que hace que el aire tenga que dar un giro de 90 grados. Ver la figura N° 38.

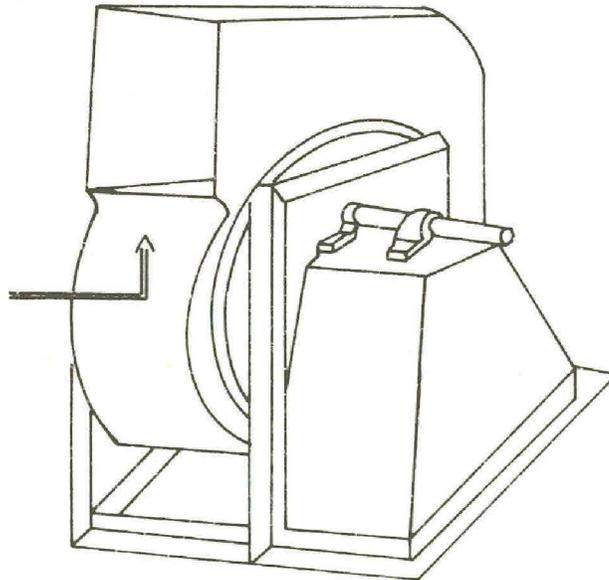


Figura N° 38

b.

Se encuentran tres tipos diferentes de ventiladores centrífugos:  
Ventiladores centrífugos de paletas múltiples curvadas hacia adelante:

Son apropiados para mover grandes caudales de aire, contra presiones bajas, con un nivel de ruido sumamente bajo. Es el diseño que trabaja a menor número de revoluciones, pero que tiene el inconveniente que se puede sobrecargar. Se puede usar en silos para café. Ver fig. N° 39.

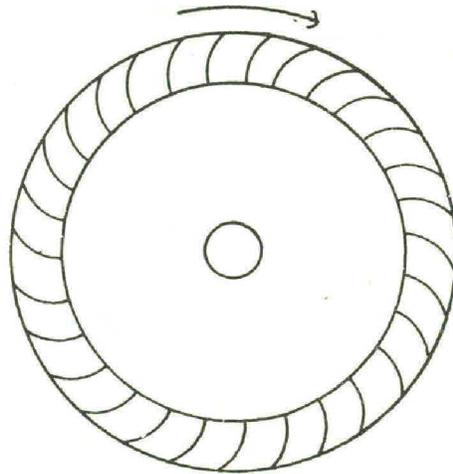


FIGURA N° 39

Ventiladores centrífugos de paletas rectas:  
Se utilizan muy poco.

Ventiladores centrífugos de paletas inclinadas hacia atrás:

Estos ventiladores pueden desarrollar presiones estáticas más elevadas que los de paletas hacia adelante, pero mueven caudales de aire menores.

Debido a su construcción pueden girar a velocidades relativamente grandes. Tienen la característica de no sobrecargarse, aún quitando todas las restricciones al flujo del aire; algunos se construyen con aletas aerodinámicas, lo que los hace más eficientes y silenciosos.

Son los más recomendables en silos para café. Ver las figuras N°s 40 y 41.

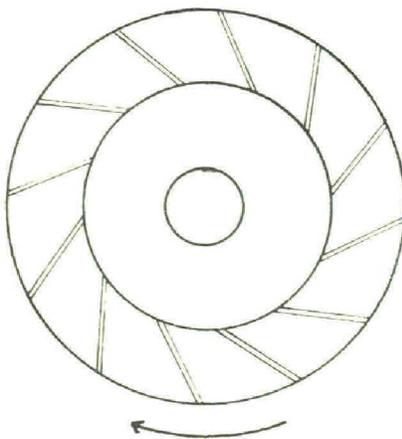
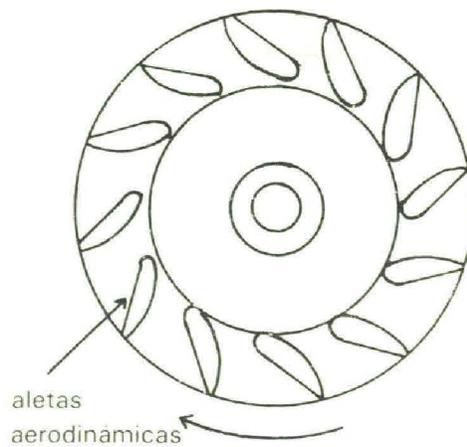


FIGURA N° 40



FIGURAS N° 41

Es recomendable que el ventilador que se adquiriera haya sido fabricado por una firma responsable, que suministre toda la información necesaria acerca del funcionamiento y características de éste.

En los ventiladores axiales tubulares el máximo de eficiencia es del 60%, con paletas rectificadoras se puede aumentar la eficiencia a un 76%.

En los ventiladores centrífugos de paletas hacia adelante, el máximo de eficiencia está entre el 60 y el 68%.

En los ventiladores centrífugos de paletas hacia atrás, el máximo de eficiencia es del 80%, con las paletas aerodinámicas la eficiencia se aumenta hasta el 86% y se reduce el ruido.

El termómetro y/o el termostato deben instalarse en la salida del aire del ventilador, pero sin hacer contacto con la lámina, o en la entrada del aire al túnel o al plénum del silo.

En general los medidores de calor y humedad, los quemadores eléctricos, los motores, las válvulas eléctricas y los ventiladores, deben ser adquiridos en casas distribuidoras especializadas y reconocidas en el mercado.

**E. Ductos o túneles:**

Son los que distribuyen el aire desde el ventilador hasta el plénum del silo.

El criterio para su construcción debe ser el de distribuir en forma pareja el caudal de aire, sin crear restricciones bruscas.

Los ductos deben ser lo más lisos posibles, herméticos e impermeables.

Ancho del túnel: 0.80 a 1 m. Largo: según el ancho del cuarto.

Alto: la altura del cuarto.

**F. Puertas para cargue y descargue:**

Las puertas de cargue del silo pueden ser de 0.30 × 0.30 m., las de descargue deben ser mínimo de 1.0 × 1.0 m., con el fin de que se faciliten las labores de manejo del café.

**G. Compuertas para la entrada y salida del aire:**

Estas compuertas deben tener un ancho de 0.30 m.. El largo depende del tamaño del cuarto. Mientras sea posible cada una de las compuertas de salida debe tener un área igual o mayor que la salida del ventilador.

Todas las compuertas del silo deberán ser del mismo tamaño y sus empaquetaduras hay que mantenerlas en buen estado. Deben colocarse en la parte superior e inferior de cada cuarto y quedar distribuidas uniformemente. Los tapones de PVC no son recomendables.

**H. Puerta del túnel:**

Esta puerta se coloca según la posición del túnel (central o lateral) y sus dimensiones son: ancho: 0.60 m. y alto: igual a la altura del cuarto.

**I. Cámara o plenum:**

La cámara superior debe tener una altura de 0.50 a 1.0 m., comprendida entre el cieloraso y el nivel superior de la masa de café (1.0 a 1.5 m. de la malla al cieloraso). La altura debe permitir la circulación del aire y el manejo del café dentro del cuarto.

La cámara inferior debe tener una altura mínima, entre el piso y la malla, de 50 centímetros, y debe tener una puerta de acceso o el piso removible, para efectuar limpiezas periódicas.

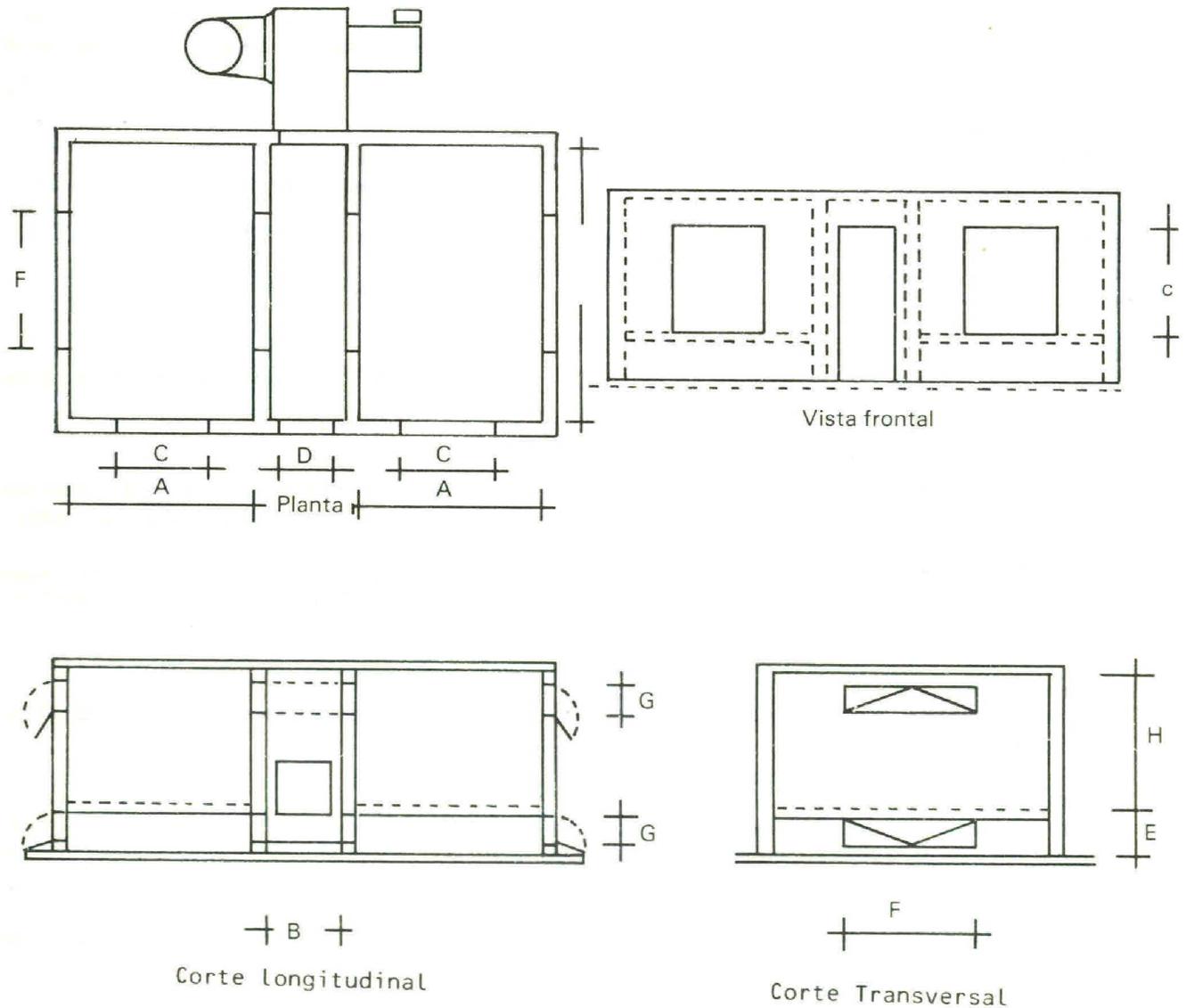
**J. Fondo perforado:**

Se puede fabricar de malla de alambre galvanizado o lámina perforada. El fondo debe tener por lo menos el 50% del área libre y con refuerzos para soportar el peso del café y los operarios.

K. Espesor del lecho:

El espesor de la capa de café dentro del silo debe tener mínimo 10 centímetros y máximo 40 centímetros. Algunos equipos operan con capas de café mayores, según la capacidad del ventilador. En todos los casos debemos acatar las recomendaciones del fabricante del silo.

SECADOR DE CAFE "CENICAFE"



	160 a	120 a	80 a	60 a
A	2.00	2.00	1.50	1.00
B	0.80	0.80	0.80	0.80
C	1.00	1.00	1.00	1.00
D	0.60	0.60	0.60	0.60
E	0.50	0.50	0.50	0.50
F	1.50	1.00	0.75	0.50
G	0.30	0.30	0.30	0.30
H	1.20	1.20	1.20	1.20
I	3.00	2.00	2.00	2.00
Q	6.000 CFM	4.000 CFM	3.000 CFM	2.000 CFM

B: Ancho Túnel  
 C: Altura puerta de descargue  
 D: Ancho puerta entrada Túnel  
 E: Altura Cámara Plenum  
 G: Ancho compuerta  
 H: Altura de la malla al cielo.

Cuadro de dimensiones para las diferentes partes del secador, de acuerdo a su capacidad.  
 Presión estática: 2" columna de agua.

Figura N° 42: Plano simplificado de un Silo Tipo CENICAFE

### 7.7 Calentadores para secadores mecánicos:

#### 7.7.1 Quemadores eléctricos de chispa:

Estos quemadores son los más usados actualmente debido a su fácil manejo; sin embargo, tienen un alto costo, comparados con los de olla y presentan alguna dificultad para su correcto mantenimiento, cuando no se cuenta con una persona capacitada.

Instalación del quemador:

1. El quemador debe quedar más alto que la caneca o depósito de combustible, para evitar fugas de ACPM cuando el regulador de presión está desajustado o hay fugas en la tubería. Ver la figura N° 43.

Nota: La caneca debe estar cubierta o bajo techo, para evitar la entrada de agua.

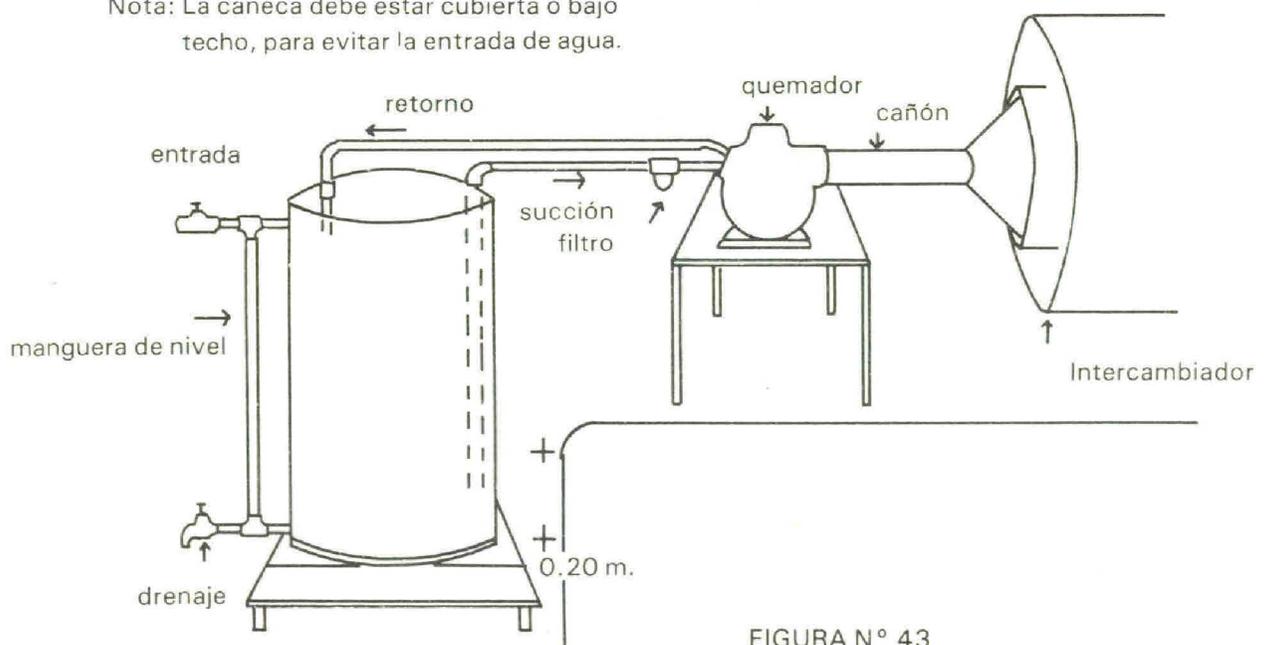


FIGURA N° 43

2. La succión del ACPM no se debe hacer desde el fondo del depósito sino a unos 20 centímetros, para evitar el arrastre de agua y sedimentos; además, se debe colocar un filtro a la entrada de la bomba del quemador.
3. El quemador se debe colocar sobre una base firme y nivelada. El cañón debe quedar 3 centímetros dentro del intercambiador.
4. Las mangueras de succión y retorno del ACPM deben ser de 1/4 de pulgada y transparentes, para poder observar el flujo del combustible.
5. A la caneca se le debe colocar una manguera transparente que permita ver con facilidad el nivel del combustible, y en el fondo, instalar una llave para drenar el agua y sedimentos.
6. El ACPM debe filtrarse antes de echarlo a la caneca.
7. El voltaje de las líneas eléctricas debe conocerse perfectamente.
8. El quemador debe quedar conectado correctamente con el termostato y el motor del ventilador del silo. Ver la figura N° 44.

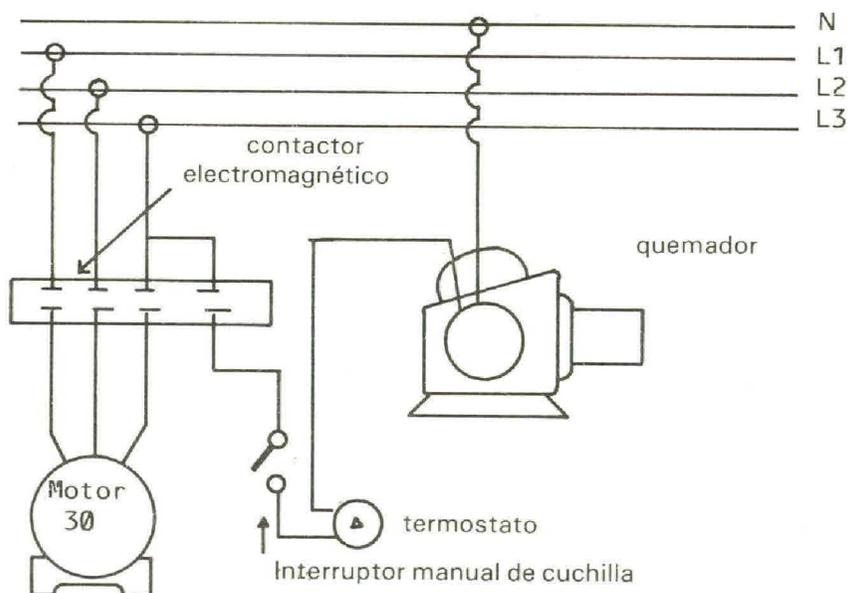


FIGURA N° 44

Operación correcta del quemador de chispa:

Siga estos pasos:

1. Gradúe el termostato entre 45 y 55 grados centígrados.
2. Revise el nivel del combustible en la caneca. Si hay necesidad de echarle ACPM, hágalo con el quemador apagado, filtrándolo previamente. Evite los regueros de ACPM y en caso de que se presenten, séquelos bien.
3. Revise los conductos del ACPM y las conexiones eléctricas.
4. Prenda el ventilador del equipo de secado.
5. Prenda el quemador. **NUNCA PRENDA EL QUEMADOR SIN COMBUSTIBLE.**
6. Efectúe una vigilancia permanente para verificar el funcionamiento del equipo y la humedad del grano.

Mantenimiento de las partes de un quemador eléctrico de chispa:

Un quemador eléctrico de chispa consta de las siguientes partes: Motor eléctrico, transformador, cañón, electrodos, bomba, boquilla y ventilador. Ver la figura N° 45.

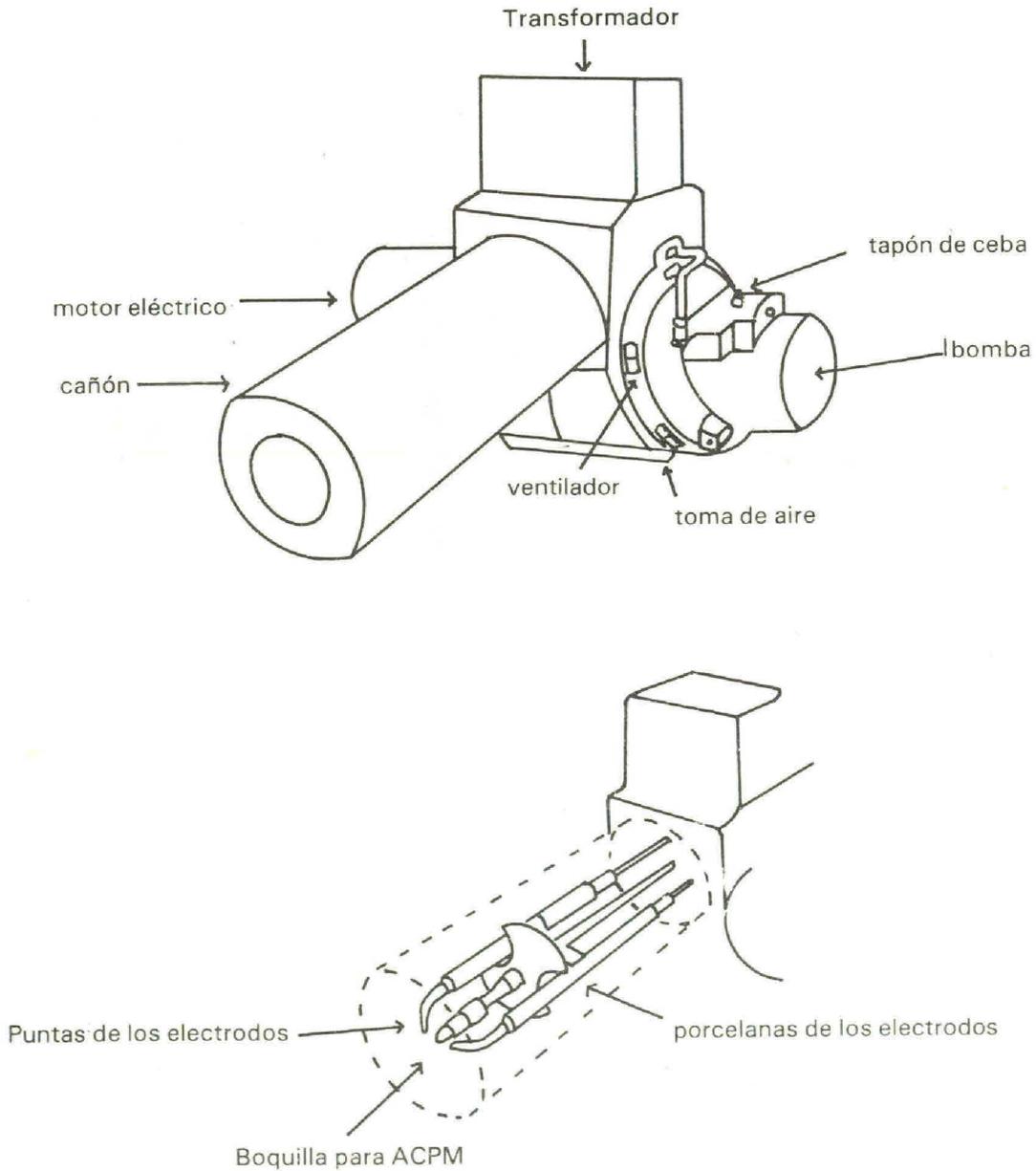


FIGURA N° 45

### Recomendaciones sobre el motor:

1. Antes de instalar el quemador tenga en cuenta las recomendaciones (especificaciones) dadas por el fabricante; éstas se encuentran anotadas en la placa del motor.  
-La mayoría de los motores para quemador utilizados en el país, están fabricados para trabajar con corriente alterna monofásica de 110 a 115 voltios.
2. El motor de movimiento al ventilador y a la bomba. Este se debe lubricar colocándole 3 gotas de aceite limpio por cada uno de los orificios de lubricación removiendo los tapones protectores y colocándolos de nuevo terminada la labor. Esto debe hacerse cada 15 días en períodos de trabajo. Ver la figura N° 46.

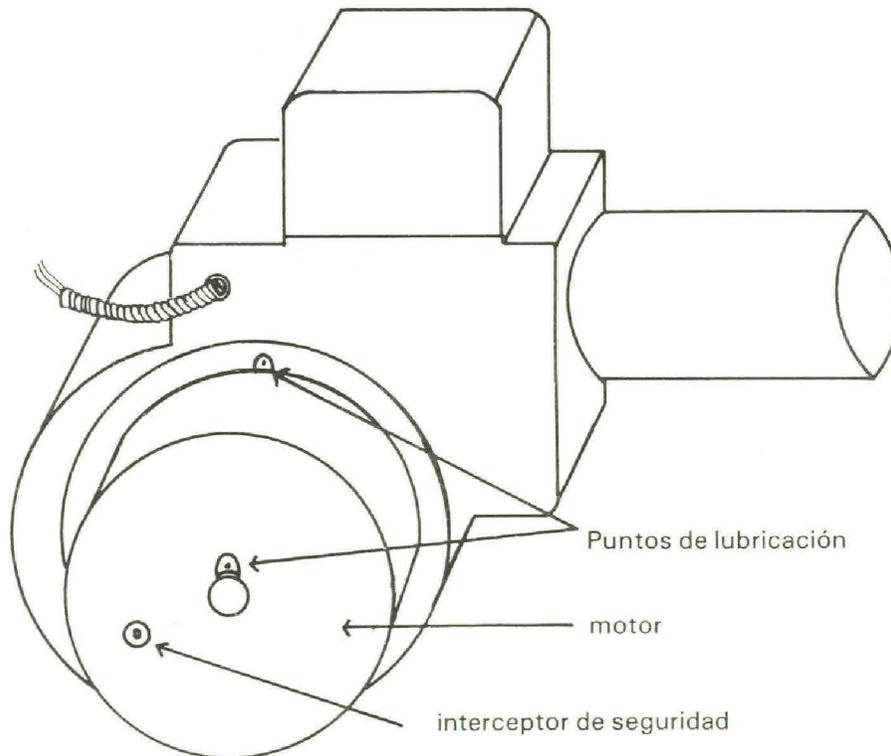


FIGURA N° 46

3. El motor tiene un interruptor de seguridad que se dispara al presentarse fallas eléctricas. Si se ha disparado se dejan transcurrir 10 minutos para arrancar de nuevo el motor; si no arranca o se dispara de nuevo, se debe revisar y buscar la causa de la anomalía.

### Recomendaciones sobre el transformador:

1. El transformador eleva el voltaje de 110 a 10.000 voltios, requeridos para producir entre los electrodos la chispa que enciende el ACPM.  
Por lo tanto, no debe existir hollín en los terminales de alta tensión; de presentarse se deben limpiar con ACPM y lija de agua N° 400 Ver figura N° 47.

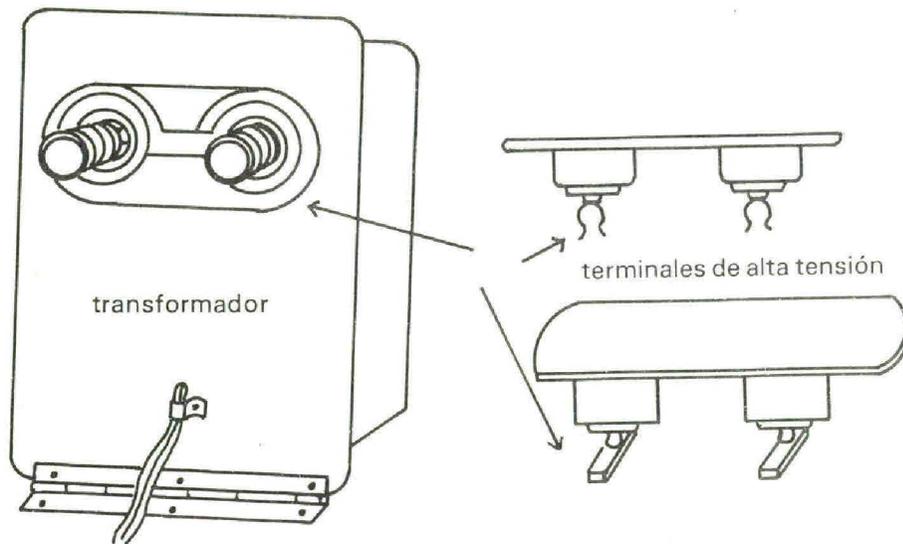


FIGURA N° 47

2. Se debe verificar con frecuencia el buen estado de las conexiones eléctricas.
3. Al revisar los terminales de alta tensión tenga mucho cuidado; si hay necesidad de tocarlos cerciorarse de que el quemador esté desconectado puesto que una descarga de 10.000 voltios puede causar la muerte.

#### Recomendaciones sobre el cañón:

Las características del cañón, su buen estado y el mantenimiento que se le de, son importantes para el buen funcionamiento del quemador.

La longitud del cañón depende del flujo de la boquilla y de la longitud del intercambiador; un intercambiador largo y/o una boquilla de alta descarga requieren un cañón largo, y un intercambiador corto y/o una boquilla de baja descarga, requieren uno corto.

El cañón en su parte interna tiene unas aletas deflectoras, que originan una turbulencia del aire ayudando a la mejor combustión del ACPM; por lo tanto, no podemos quitarlas ni causarles deterioro.

El mantenimiento del cañón se reduce a hacerle aseo, cada que se le de mantenimiento al quemador.

#### Recomendaciones sobre los electrodos:

Los electrodos conducen la corriente desde el transformador y producen la chispa para la combustión del ACPM.

En épocas de trabajo se les debe hacer el siguiente mantenimiento, por lo menos cada mes:

1. Quite el cañón y limpie las puntas de los electrodos, sin quitarlos de su base, con ACPM y lija de agua N° 400.
2. Verifique su calibración; Esta depende de la marca y modelo del quemador.  
Se debe calibrar:  
La distancia entre las puntas de los electrodos. Letra A de la figura N° 48<sup>a</sup> (En la mayoría de los quemadores para secadores de café varía entre 1/8 y 3/16 de pulgada, o sea entre 3.17 y 4.76 milímetros).

La distancia horizontal entre la punta de la boquilla y las puntas de los electrodos. Letra B de la figura N° 48B (En la mayoría de los quemadores es de 1/8 de pulgada, o sea 3.17 milímetros).

La distancia vertical entre la proyección del orificio de la boquilla y la punta de los electrodos. Letra C de la figura N° 48B (en la mayoría de los quemadores varía entre 5/16 y 1/2 pulgada, o sea 7.94 milímetros y 12.7 milímetros).

NOTA: Esta medida varía de acuerdo con el ángulo del cono de las boquillas, siendo la de 7,94 milímetros para ángulos de 45° (grados) y de 12.7 milímetros para ángulos de 80° (grados).

- Use boquillas de 45° (grados) para consumo entre 0.65 y 2.5 galones por hora.
- Puede usar boquillas de 60° para consumos entre 0.65 a 1.35 galones por hora.
- Puede usar boquillas de 80° para consumos entre 0.65 a 1.00 galón por hora.
- Las boquillas de 30° pueden sustituirse.

Las recomendaciones del fabricante deben seguirse fielmente.

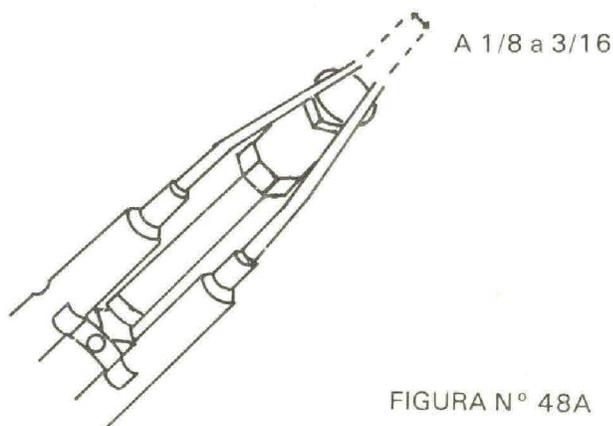


FIGURA N° 48A

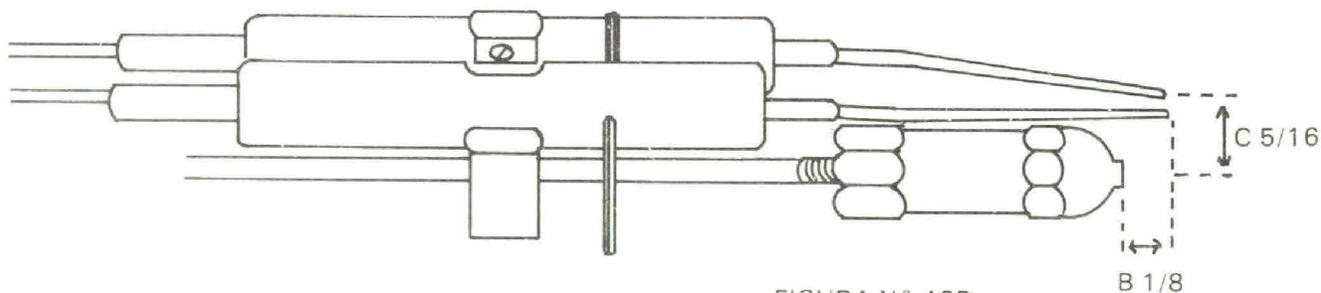


FIGURA N° 48B

Recomendaciones sobre la bomba:

1. El filtro de la bomba se debe limpiar una vez al mes con ACPM y un cepillo suave. Es muy importante no dañar el empaque de la tapa de la bomba y apretar los tornillos en forma cruzada. La presión de la bomba debe estar en 100 libras por pulgada cuadrada. Antes de entrar el ACPM a la bomba, se le debe hacer pasar por un filtro. El filtro para el ACPM evita el desgaste de la bomba del quemador y la obstrucción de las boquillas. Como norma se deben cambiar, o reponer el elemento filtrante, siquiera cada cosecha.

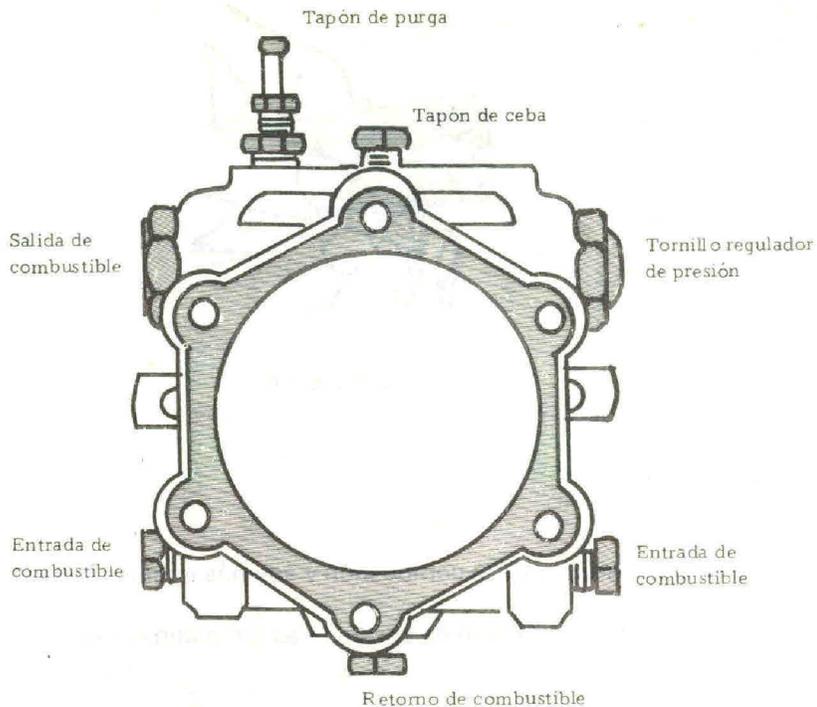


FIGURA N° 49

Recomendaciones sobre la boquilla:

La boquilla es el elemento que descarga el ACPM en forma atomizada, por la presión que le suministra la bomba. Las características de la boquilla deben estar de acuerdo al equipo de secado; para secadores de café la descarga normal esta entre 1 y 2 galones por hora, y el ángulo del cono entre 60 y 90 grados. Las boquillas están conformadas por tres partes: Cuerpo, rotor y filtro. Ver la figura N° 50.

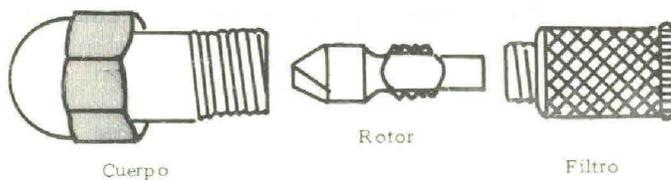


FIGURA N° 50

a las boquillas se les debe hacer el siguiente mantenimiento:  
Cada 8 días se deben limpiar sus partes con ACPM.

- Al rotor se le limpian suavemente los canales, con una cuchilla de afeitar. Ver la figura N° 51
- El filtro se lava con ACPM limpio y se sopla con la boca.
- Antes de cada cosecha se deben calibrar, lo mismo que las boquillas de las aspersoras, y si el flujo es superior al original se deben cambiar.