

## Extracción de jugos

El sistema empleado en las industrias azucarera y panelera en Colombia es el de compresión, sistema muy antiguo, las máquinas son similares a las empleadas en la trituración de rocas.

La caña se somete a compresión en los rodillos o mazas del molino, lo cual propicia la salida del contenido del líquido de los tallos. Se consideran satisfactorias aquellas extracciones, entre 58 a 63%; es decir, cuando se obtienen de 580 a 630 kilogramos de jugo por tonelada de caña.

Los productos finales de esta fase son el "jugo crudo" y el "bagazo"; el primero, es la materia prima que se destina a la producción de panela, mientras el segundo se emplea como material combustible para la hornilla después de secado.

*Bagazo.* En el proceso de molienda, además del jugo, también se obtiene un residuo sólido llamado "bagazo verde" cuya humedad depende del grado de extracción del jugo, que fluctúa entre 50% y 60%. Este bagazo es llevado y almacenado en cobertizos llamados bagaceras hasta que alcance una humedad inferior al 30%, para ser utilizado en las hornillas como combustible. Para alcanzar este porcentaje de humedad, se debe almacenar en pilas altas dejando un espacio entre montón y montón para que circule el aire y seque el bagazo. Además, se recomienda poner un tubo de PVC o una caneca en el centro de la pila o montón, para que se facilite el secado.



**Figura 62.** Almacenamiento del bagazo

La cantidad de panela varía según el porcentaje de extracción del molino y la concentración de los sólidos solubles (grados Brix), así: a mayor porcentaje de extracción y a mayor grados Brix, mayor cantidad de panela por tonelada de caña. En los molinos paneleros la extracción fluctúa, normalmente, entre 40 y 65% y la concentración de los sólidos solubles en el jugo crudo entre 16 y 22° Brix (tabla 22).

**Una extracción satisfactoria del jugo crudo de la caña se encuentra entre el 58 y 63%.**

La transformación del jugo en panela alcanza de 90 a 92° B y, del total de jugo procesado, entre un 2 y 3% se convierte en cachaza, la cual, al deshidratarse se transforma en una masa gelatinosa llamada melote, importante en la alimentación animal.

**Tabla 22.** Cantidad de panela obtenida con diferente porcentaje de extracción y diferentes grados brix por tonelada de caña.

Brix jugo crudo	Extracción en peso (porcentaje)					
	40	45	50	55	60	65
Cantidad de panela por tonelada de caña						
16	64	72	82	91	100	108
17	68	77	87	96	106	115
18	72	82	92	102	112	122
19	76	86	97	108	117	129
20	80	91	102	113	124	136
21	84	96	107	119	131	142
22	88	100	112	124	137	149

## Limpeza de jugos

En esta etapa se retiran impurezas gruesas de carácter no nutricional por medios físicos (decantación y flotación en el prelimpiador), térmicos (en las primeras pailas) y bioquímicos (con los aglutinantes). Comprende tres operaciones: prelimpieza, clarificación y encalado.

### Prelimpieza

El jugo crudo (guarapo) y sin clarificar se limpia en frío utilizando un sistema de decantación natural, por efecto de la gravedad, desarrollado por el CIMPA y que se ha denominado Prelimpiador. Este dispositivo retiene por precipitación una importante proporción de los sólidos contenidos en el jugo de la caña, como son partículas de tierra, lodo y arena; simultáneamente, por flotación, el prelimpiador separa partículas livianas como bagacillo, hojas, insectos, etc.

Las impurezas flotantes se deben retirar varias veces durante la molienda; también se deben retirar periódicamente los tapones de los orificios inferiores para evacuar los lodos acumulados en el fondo del prelimpiador; otra labor es asear como mínimo 2 o 3 veces durante la molienda. Todas las anteriores labores constituyen una BPM en el manejo de este equipo.

El jugo sale del prelimpiador por la parte intermedia y se dirige hacia la paila recibidora de la hornilla panelera a través de una tubería. La prelimpieza elimina precursores que dañan el color de la panela, tierra, bagacillo y muchas impurezas, y contribuye a reducir el consumo de bagazo y mantener la calidad del jugo sin que se fermente o avinagre.

El prelimpiador debe estar situado entre la salida del molino y el pozuelo o paila recibidora, aprovechando la gravedad para la conducción de los jugos. Cuando el volumen de molienda es de, mínimo, una tonelada de caña por hora, con extracciones de jugo mayores al 55%, es recomendable ubicar un segundo prelimpiador a continuación del primero, para asegurar una limpieza completa de los jugos.

Los prelimpiadores se deben construir en acero inoxidable, y las dimensiones varían de acuerdo con el volumen de molienda de cada trapiche, como se ve a continuación:

- Capacidad de molienda 1 t/hora de caña: un prelimpiador (N.º 1) de 0,80 m de largo, 0,35 m de alto y 0,15 m de ancho.
- Molinos con capacidad de 0,5 – 1,0 t/hora de caña: un prelimpiador (N.º 1), 1 m de largo, 0,5 m de alto y ancho de 0,3 m.
- Molinos con capacidad de 1 – 2 t/hora de caña: un prelimpiador (N.º 2) de 1,75 m de largo, 0,30 m de alto y 0,30 m de ancho.
- Para trapiches con capacidad mayor a 2 t/hora, aumentar el ancho del prelimpiador (N.º 1) en 10 cm por cada 500 kg de caña adicionales.



**Figura 63.** Prelimpiador

El bagazo se debe almacenar en pilas altas, dejando un espacio entre arrume y arrume para que circule el aire.

## Clarificación

Esta fase tiene lugar en la paila recibidora o descachazadora, y consiste en la eliminación de las cachazas que son sólidos en suspensión, tales como bagacillos, hojas, arenas, tierra, sustancias coloidales y sólidos solubles presentes en el jugo de la caña. La limpieza de los jugos ocurre gracias a la acción combinada del calentamiento suministrado por la hornilla y la acción aglutinante de ciertos compuestos naturales permitidos dentro de las BPM como los cadillos, el balso, el guásimo, juan blanco, san joaquín, entre otros.

Al macerar las cortezas de algunos árboles y arbustos, como el balso, el guásimo y el cadillo, se obtiene un mucílago que contiene polímeros celulósicos con propiedades aglutinantes. Los sólidos en suspensión se agregan entre sí y forman una masa homogénea que se conoce como cachaza, la cual flota sobre el jugo y permite extraerla manualmente. La cachaza es de dos clases:

### *Cachaza negra*

Es la capa inicial de impurezas, se retira a la cachacera para separar el jugo extraído con la cachaza.

### *Cachaza blanca*

Es la segunda capa que se forma, es más liviana y se debe retirar con prontitud, antes de que los jugos alcancen la temperatura de ebullición, para poder remover las impurezas.

### *Utilización del balso*

Su corteza desprende una sustancia babosa que luego de ser macerada y mezclada con agua cambia de color y viscosidad; se denomina mucílago, y se adiciona al jugo de caña para clarificar los jugos (figura 64).

La sustancia clarificante se sumerge directamente en el jugo cuando se alcanzan temperaturas entre 60° y 70° C; la primera cachaza que se retira es la negra, antes de ebullición; luego se agrega más sustancia clarificante para retirar la cachaza blanca, a 92° C aproximadamente.

Una buena clarificación determina, en gran parte, la calidad final de la panela, lo que incluye su color. La cachaza es llevada a la paila melotera donde se concentra hasta 45 – 50° Brix, es llamada melote, y se emplea en la alimentación animal; se puede almacenar por un período prolongado.



Figura 64. Preparación de balso

## Encalado

En la última parte de la limpieza se adiciona cal, preparando una lechada, con el objeto de regular la acidez de los jugos a un valor de pH de 5,8, para prevenir la formación de azúcares reductores (panela seruda o melcochuda) y ayudar a la clarificación de los jugos. Para cumplir con una BPM, la cal usada debe ser de tipo alimenticio para no contaminar la panela y obtener un producto inocuo.

Se ha observado que se requiere mayor inclusión de cal cuando la caña proviene de suelos recién desmontados o ricos en materia orgánica; también cuando proviene de cortes inmaduros o sobremaduros, de primer corte, con cuatro o más días de apronte, o la caña de tallos muy afectados por barrenadores.

## Evaporación y concentración

Terminada la clarificación, se inicia la evaporación del agua aumentando de esta manera la concentración de azúcares en los jugos.

La eficiencia térmica de la hornilla, y su efecto sobre los jugos, se cuentan dentro del conjunto de factores que influyen en la calidad de la panela. Cuando los jugos alcanzan un contenido de sólidos solubles cercano a 70° Brix adquieren el nombre de mieles, y se inicia la concentración. La evaporación del agua contenida en los jugos por calentamiento a 96° C permite alcanzar la concentración de sólidos apropiada para la consolidación y el moldeo de la panela entre 120 y 125° C (figura 65). La eficiencia térmica de la hornilla tiene su repercusión en la calidad final del producto.

Cuando los jugos se han recogido en el fondo de la paila puntera, se agrega un agente antiadherente y antiespumante (cera de laurel, aceite de coco, aceite vegetal) para homogenizar la miel y evitar que se queme la panela.

Estas operaciones se llevan a cabo en pailas o fondos dispuestos en línea, que reciben diferentes denominaciones técnicas y regionales. Las investigaciones realizadas por el Centro de Investigación para el Mejoramiento de la Panela -CIMPA- permitieron la fabricación de pailas eficientes y de mejor aprovechamiento del calor disponible. Dicho proceso condujo a la reducción de los tiempos de residencia, a la optimización de las características físicas del producto (color y consistencia), al aumento de los volúmenes de producción y al incremento del ingreso de los cañicultores.

La notable eficiencia térmica de la hornilla va aparejada con su bajo impacto sobre el medio ambiente, objetivo que se logró al reemplazar los combustibles adicionales, como la leña, por el uso del bagazo, únicamente. Además, por el establecimiento de huertos leñeros, con especies arbóreas de rápido crecimiento, alta productividad y alto valor calórico en combustión (Ver Anexo Huertos leñeros). Este beneficio ambiental propicia la conservación del recurso bosque y la reducción de emanaciones de gases de invernadero a la atmósfera, al tiempo que se disminuyen los costos de producción, la evaporación y concentración.

**La selección de los molinos se hace teniendo en cuenta la capacidad de la planta, la producción de caña y la programación de moliendas.**

## Hornilla panelera

Lugar donde se lleva a cabo el proceso de conversión de jugo a panela. Es el implemento del trapiche encargado de transformar la energía del combustible en energía calórica, para evaporar el agua contenida en los jugos extraídos de la caña (figura 65).

La forma y el tamaño de una hornilla panelera varían mucho entre una región panelera y otra, pero, en general, puede decirse que la hornilla está formada por la cámara de combustión, el área de evaporación (pailas), el ducto de humos y la chimenea (figura 66).

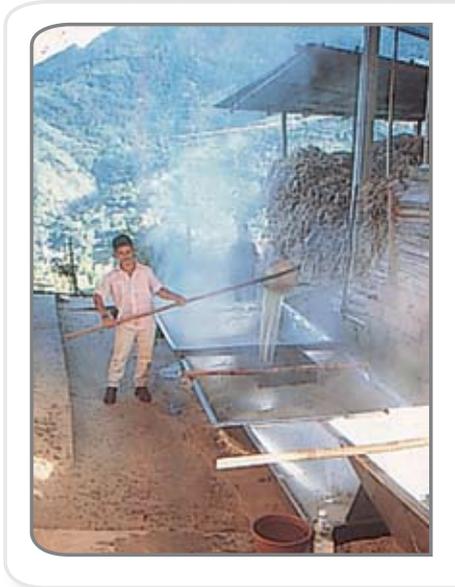


Figura 65. Proceso de evaporación y concentración



Figura 66. Hornilla panelera

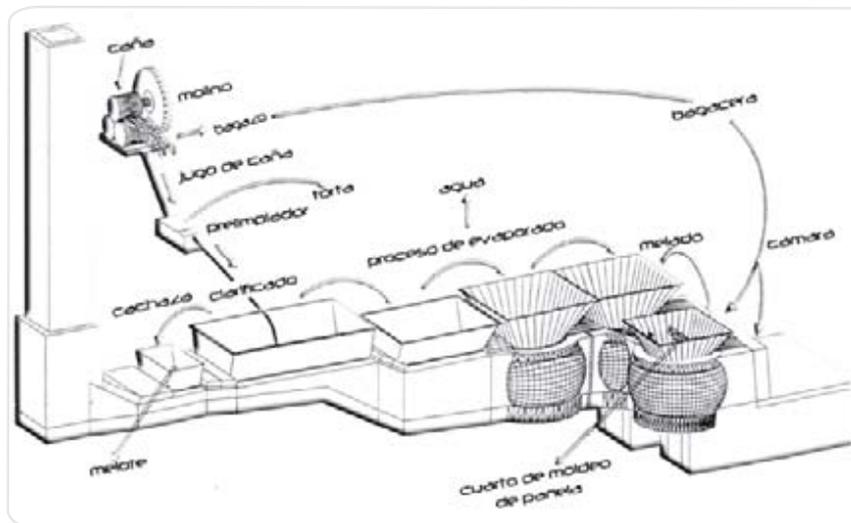


Figura 67. Hornilla tipo cundinamarca

## Cámara de combustión

Allí se lleva a cabo el proceso de ignición (quema) entre el bagazo y el aire. Es una cavidad donde se queman el bagazo y demás combustibles empleados en la fabricación de panela. Consta de boca para alimentación de combustible, parrilla o emparrillado y cenicero.

### *La boca para alimentación de combustible*

Es una abertura por donde el operario introduce el bagazo a la cámara de combustión. Puede construirse en diversos materiales y formas; lo más común, son puertas de forma cuadrada o rectangular construidas en hierro fundido (figura 68).



**Figura 68.** Boca y parrilla del horno

El molino panelero se debe instalar en la parte más alta del terreno donde se construye el trapiche para facilitar el desplazamiento de los jugos por gravedad.

### La parrilla

Es un enrejado formado por un conjunto de barrotes tendidos horizontalmente. Su función es servir de lecho al bagazo, permitiendo la entrada de aire necesario para la combustión y el paso de las cenizas hacia el cenicero. La parrilla se construye en ladrillo común, rieles de ferrocarril, barrotes en hierro fundido y otros.

El cenicero es un compartimiento construido en ladrillo, ductos formados por excavaciones directas en la tierra; los más recientes son construidos en ladrillos refractarios que resisten altas temperaturas. Cámara combustión.

### Pailas

También denominada "batería de concentración". Conjunto de pailas o fondos metálicos a través de los cuales se realiza la transferencia de calor entre los gases de combustión y los jugos o mieles para llevar a cabo las etapas de clarificación y evaporación del agua en el proceso de elaboración de la panela.

El tamaño, la forma y el material de fabricación de las pailas varían de acuerdo con las necesidades propias de cada trapiche y el desarrollo tecnológico de cada región. Las pailas más utilizadas son de forma semiesférica, aunque también se utilizan planas y semicilíndricas; la parte en contacto con los gases de combustión es de sección transversal cuadrada o rectangular (figura 69). Generalmente, se fabrican en cobre, aluminio, acero inoxidable o hierro.

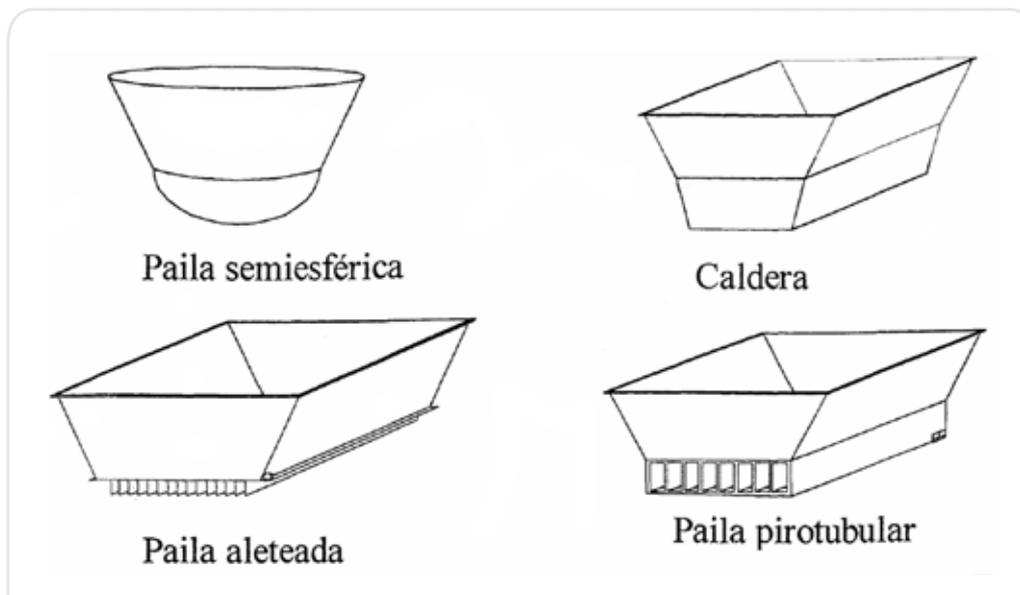


Figura 69. Diferentes formas de las pailas

Para aumentar en las hornillas la transferencia de calor (eficiencia térmica), el CIMPA desarrolló las pailas aleteadas y, posteriormente, Corpoica diseñó una paila pirotubular. Éstas aumentan el área de contacto de los gases con la paila para ganar mayor cantidad de energía (figura 70).



**Figura 70.** Paila pirotubular

Para controlar la espuma de los jugos en ebullición y evitar su desbordamiento, se incrementa el volumen de las pailas mediante paredes de cemento, madera o lámina metálica, denominadas falcas.

#### *Cachaceras*

Recipientes donde se depositan las impurezas retiradas en forma manual en el proceso de clarificación.



**Figura 71.** Cachacera

La operación del molino se debe hacer de tal forma que no trabaje ni sufra desgastes innecesarios.

## Ducto de humos

Es un canal ubicado a continuación de la cámara de combustión, cuya función es dirigir los gases de la combustión hacia la chimenea, permitiendo el calentamiento de los jugos a través de las pailas.

Se encuentran ductos formados por excavaciones directas en la tierra; otros, hechos en ladrillo común de albañilería y, más recientemente, en ladrillos refractarios que resisten altas temperaturas, diferenciando piso, paredes y muros.

### *Chimenea*

Conducto vertical que empalma con la hornilla al final del ducto, cuya función es la de producir la succión de aire necesaria para quemar el combustible y generar el tiro requerido para transportar los gases a través de la hornilla. Se encuentran de forma cilíndrica, tronco de pirámide o de cono construido en ladrillo común o lámina de hierro.

## Punteo, moldeo y batido

Esta fase de la fabricación de la panela persigue la obtención del "punto". Mediante paleo manual se incorpora aire a las mieles en presencia de calor, operación que se lleva a cabo en la paila punteadora.

El éxito en los procesos de producción de panela depende de la experiencia en el oficio; los trabajadores encargados de la hornilla cumplen un papel muy importante por su destreza para alimentar la hornilla con combustible y palear para obtener el punto.



Figura 72. Bateas

La miel proveniente de la hornilla se deposita en una batea y, por acción del batido intensivo e intermitente, se enfría, pierde capacidad de adherencia y adquiere la textura para el moldeo (figura 73).



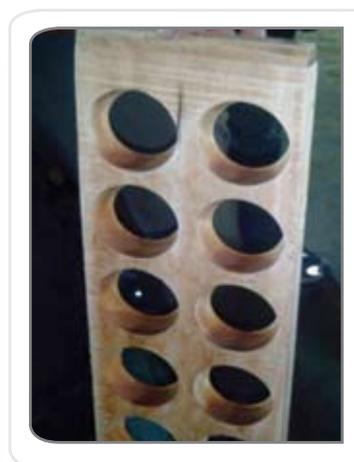
**Figura 73.** Batido

#### *Moldeo*

Una vez la miel ha sido batida y se aprecia la cristalización y presenta una nueva textura (panela), se dispone en moldes o gaveras, adquiere su forma definitiva y se solidifica.



**Figura 74.** Moldeo de la panela



**Figura 75.** Gavera

Este proceso se lleva a cabo en un cuarto destinado exclusivamente para esta actividad, con piso en cemento y suministro de agua (de buena calidad) permanente para asear los diferentes elementos empleados en el moldeo de la panela.

El cuarto de moldeo debe estar lejos de las bagaceras y rodeado de malla polisombra. Las gaveras se encuentran ubicadas sobre mesas de madera, cemento o metálicas; con la ayuda de palas de madera, el pesador distribuye la panela en los moldes (gaveras).

**En el proceso de molienda la alimentación de la máquina se debe hacer de forma continua.**

Ventajas del cuarto de moldeo

- Mejora las condiciones higiénico-sanitarias de la panela.
- Evita la entrada de animales, insectos y personas extrañas al sitio de elaboración, con lo cual se disminuyen las posibilidades de contaminación y pérdida del producto.
- Mejora las condiciones de trabajo.
- Eleva la calidad de la panela.
- Los costos de construcción por kilogramo de panela son mínimos comparados con las ventajas que se pueden obtener.
- Requiere para su construcción una tecnología fácilmente disponible para cualquier constructor (Durán, 1992).



Figura 76. Cuarto de moldeo rodeado de malla polisombra

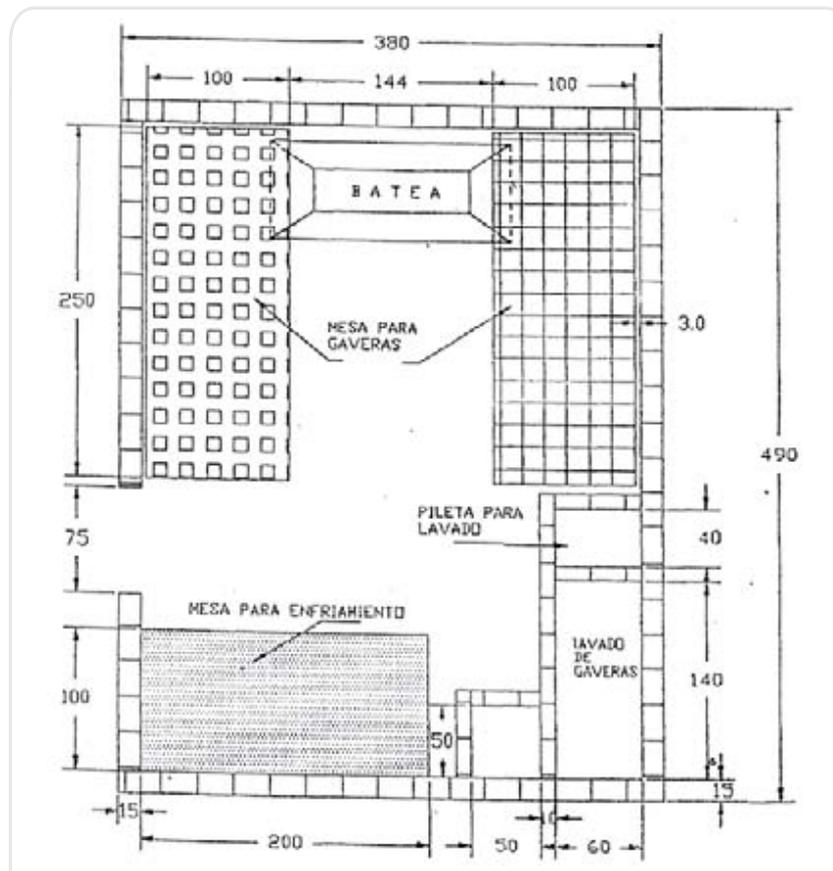


Figura 77. Vista en planta del cuarto de batido y moldeo para la elaboración de panela  
Fuente: Durán et al., 1992.

## Consideraciones sobre la incidencia de la higiene en el cuarto de batido y moldeo

- El cuarto de moldeo se ubica en un lugar aislado de cualquier foco de insalubridad, distante de las instalaciones sanitarias, separado de la vivienda y comunicado con la bodega.
- El área del cuarto de moldeo depende de la capacidad de producción, la forma de presentación, el tiempo de enfriamiento, el empaque y el retiro del producto final.
- En las instalaciones, las superficies son lisas y libres de grietas. Los materiales de los implementos son en aluminio y en acero inoxidable.
- El piso debe ser una superficie plana, sin escaleras y estructuras complementarias, con una inclinación de 3° para evitar el empozamiento del agua.
- Los pisos deben recubrirse con antideslizantes y anticorrosivos, y que no generen sustancias o contaminantes tóxicos.
- Las aguas utilizadas en la limpieza deben tener un tratamiento adecuado antes de arrojarse al ambiente.
- Hacer canaletas alrededor de las mesas.
- En el techo se sugiere colocar un cielo raso en teja plástica, con una inclinación de 5° y que permita el paso de la luz.
- La pintura epóxica en colores claros presenta mayor vida útil y resistencia.
- Las paredes se unen al techo para impedir el paso del vapor del área de proceso.
- Las ventanas que comunican al área de proceso se aíslan con un vidrio para evitar el paso del vapor.
- Las demás se protegen con una malla para impedir el paso de los insectos.
- Las puertas auto-cerrables mantienen el cuarto aislado de personal no autorizado.
- La iluminación, tanto natural como artificial, debe ser uniforme y que no altere los colores naturales.
- Los equipos y utensilios fabricados ergonómicamente disminuyen el esfuerzo físico del operario. Se construyen en materiales como el acero inoxidable o el teflón (no absorbentes).
- El tanque de lavado tiene la conexión para aguas negras para verter directamente al alcantarillado (Prada, s. f.).

Antes de poner en funcionamiento el molino se debe verificar que todas las tuercas y tornillos estén ajustados.



Figura 78. Cuarto de moldeo.

## Empaque y almacenamiento

La panela es un producto con cualidades higroscópicas, lo cual significa que absorbe o pierde humedad por su exposición al ambiente; ello depende de las condiciones climáticas del medio y de la composición del producto.



Figura 79. Empaque y almacenamiento de panela

La panela es propensa a sufrir alteraciones cuando presenta concentraciones de azúcares reductores altas, bajos contenidos de sacarosa y alta humedad. A medida que aumenta su absorción de humedad, la panela se ablanda, cambia de color, aumenta los azúcares reductores y disminuye la sacarosa; en estas

condiciones es propensa a la contaminación por microorganismos. Si la panela elaborada posee entre 7 y 10% de humedad, es necesario transportarla, distribuirla y consumirla con rapidez, ya que un almacenamiento prolongado deteriora su calidad. A partir del 10% de humedad, la superficie se muestra brillante por la aparición de goticas de melaza; en estas condiciones, es imposible almacenarla por el riesgo de invasión microbiológica y de alteración fisicoquímica.

Los materiales plásticos termoencogibles y las láminas de aluminio plastificado son ideales para almacenar la panela durante largos periodos, sin que se modifiquen sus características organolépticas (Corpoica – Sena, 1998).

La panela en bloque se puede empacar en costales, cartón y plástico termoencogible. El más recomendado es el cartón, por cumplir su misión de aislar el producto evitando que absorba humedad y, además, es reciclable. La panela pulverizada se recomienda empacarla en bolsas de polipropileno biorientado.

*Materiales de empaque que garanticen la vida útil e inocuidad en la panela*

- Usar un empaque que identifique el producto.
- Utilizar un material resistente como el polipropileno biorientado o laminado.
- Imprimir el logotipo directamente en la bolsa.
- Especificar la cantidad: una libra, un kilo, etc.
- El empaque debe llevar la siguiente información (García et al., 2003):
  - Marca o logo.
  - Contenido (peso).
  - Registro sanitario de Invima.
  - Código de barras.
  - Valor nutricional.
  - Fecha de vencimiento.
  - Lugar de producción.



**Figura 80.** Presentaciones de panela

En la lubricación del motor, temperatura ambiente de 25°C, debe usarse aceite de viscosidad SAE 20/20 W.

