

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA

ESTUDIO SOBRE EL ESTADO ACTUAL DE LAS  
HORNILLAS USADAS EN LA INDUSTRIA  
PANELERA Y DEL CONSUMO DE  
ENERGÉTICOS EN LAS MISMAS

INEA

1997

333.7966  
p949c

00/002334

INEA 0079  
Ej. 1

333.792.5  
P742e  
1997

INSTRUMENTOS DE POLÍTICA PARA LAS ENERGÍAS ALTERNATIVAS EN LA INDUSTRIA  
MADERERA Y DEL CONSUMO DE ENERGÉTICOS EN LAS MISMAS

Documento Elaborado por: NELSON PRETO FETECCA

INSTITUTO DE CIENCIAS NUCLEARES Y ENERGÍAS ALTERNATIVAS - INEA

DEPARTAMENTO DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS

GRUPO DE BIOMASA

Santa Fe de Bogotá, D.C.

1997

MTN 650

240

ESTUDIO SOBRE EL ESTADO ACTUAL DE LAS HORNILLAS USADAS EN LA INDUSTRIA  
 PANELERA Y DEL CONSUMO DE ENERGÉTICOS EN LAS MISMAS.

Pág

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. GENERALIDADES	1
1.2. OBJETIVOS	1
1.3. IMPORTANCIA DEL ESTUDIO	1
1.4. HORNILLAS CALIENTES - MUESTRAS DE CALIDAD DE LA INDUSTRIA	1
1.5. PRODUCCIÓN DE FAMILIA	1
1.6. Clasificación de la parrilla	6
1.6.1. Edad	6
1.6.2. Tamaño	6
1.6.3. Organización general de la parrilla	6
1.6.4. Requisitos de la parrilla	6
1.6.5. Requisitos de clasificación de la parrilla	10
1.6.6. Requisitos de clasificación de la parrilla	11
1.6.7. Requisitos de los fabricantes parrilleros	11
1.6.8. Toma de muestras y criterios de aceptación - método	12
1.6.9. Toma de muestras	12
1.6.10. Método de clasificación	12
2. ESTADO DE LAS DEL SECTOR PANELERO	14
2.1. AREA CUBIERTA CON CALMA	14

Documento Elaborado por: NELSON PRIETO FETECUA

INSTITUTO DE CIENCIAS NUCLEARES Y ENERGÍAS ALTERNATIVAS. - INEA -.

DEPARTAMENTO DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS

GRUPO DE BIOMASA

Santa Fé de Bogotá, D.C.

## CONTENIDO

	Pág
INTRODUCCIÓN	1
1. GENERALIDADES	3
1.1 RESEÑA HISTÓRICA	3
1.2 IMPORTANCIA DE LA PANELA	3
1.3 NORMAS DE CALIDAD Y MEDIDAS DE CARÁCTER SANITARIO EN LA PRODUCCIÓN DE PANELA	8
1.3.1 Clasificación de la panela.	8
1.3.1.1 Extra.	8
1.3.1.2 Corriente.	8
1.3.2 Condiciones generales de la panela.	8
1.3.3 Requisitos de la panela.	9
1.3.3.1 Requisitos Físicoquímicos.	9
1.3.3.2 Requisitos de clasificación de la panela.	10
1.3.3.3 Requisitos microbiológicos.	11
1.3.4 Requisitos de los trapiches paneleros.	11
1.3.5 Toma de muestras y criterios de aceptación o rechazo.	12
1.3.5.1 Toma de muestras.	12
1.3.5.2 Criterio de aceptación.	12
2. ESTADÍSTICAS DEL SECTOR PANELERO	14
2.1 AREA CULTIVADA CON CAÑA	14

2.2	PRODUCCIÓN DE PANELA	16
2.3	CONSUMO DE CAÑA	19
2.4	PRODUCCIÓN DE BAGAZO	22
3.	PROCESO DE ELABORACIÓN DE PANELA	25
3.1	ETAPAS	25
3.1.1	Alistamiento de caña.	25
3.1.2	Molienda.	25
3.1.3	Prelimpieza.	26
3.1.4	Deshidratación de los jugos.	27
3.1.4.1	Clarificación y limpieza.	27
3.1.4.2	Evaporación y concentración.	29
3.1.4.3	Punteado.	31
3.1.5	Batido y enfriamiento.	32
3.1.6	Moldeo.	32
3.1.7	Empaque.	32
3.1.8	Almacenamiento.	33
3.2	EL BAGAZO	33
4.	HORNILLAS PANELERAS	35
4.1	DEFINICIÓN	35
4.2	HORNILLAS TRADICIONALES	36
4.2.1	Partes. TIPO "STOKER"	38
4.2.1.1	Cámara de combustión.	38
4.2.1.2	Cenicero.	39
4.2.1.3	Ducto de humos.	39
4.2.1.4	Sección de transferencia de calor.	39

4.2.1.5 Chimenea.	40
4.2.2 Principales problemas (desde el punto de vista térmico).	41
4.2.3 Tipos de hornillas tradicionales.	44
4.2.3.1 Hornilla pequeña de cuatro vasijas.	45
4.2.3.2 Hornilla pequeña de cinco vasijas.	46
4.2.3.3 Hornilla pequeña con dos cámaras de combustión.	46
4.2.3.4 Hornilla pequeña de ocho y más vasijas de concentración.	46
4.2.3.5 Hornilla pequeña de sección transversal trapezoidal.	47
4.3 HORNILLAS MEJORADAS	48
4.3.1 Modificaciones al diseño tradicional.	48
4.3.1.1 Cámara de combustión.	48
4.3.1.1.1 Selección de cámaras.	53
4.3.1.1.2 Recomendaciones para una buena combustión.	55
4.3.1.2 Ducto de humos.	56
4.3.1.3 Sección de transferencia de calor.	56
4.3.1.4 Chimenea.	58
4.3.2 Clasificación de las hornillas mejoradas.	59
4.3.3 Eficiencia térmica.	62
4.4 SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE VAPOR	63
4.5 SISTEMA DE HORNILLAS CON ALIMENTADOR AUTOMÁTICO DE CARBÓN TIPO "STOKER"	65
5. CONSUMO DE ENERGÉTICOS	66
6. VIABILIDAD DE IMPLEMENTACIÓN DE TECNOLOGÍA	75
6.1 SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE VAPOR	75
6.1.1 Ventajas.	76

6.1.2 Desventajas.	76
6.2 SISTEMA DE HORNILLAS Y ALIMENTADOR AUTOMÁTICO DE CARBÓN	
TIPO "STOKER"	77
6.2.1 Ventajas.	77
6.2.2 Desventajas.	78
6.3 HORNILLAS MEJORADAS	78
6.3.1 Ventajas.	79
6.3.2 Desventajas.	79
7. CONCLUSIONES	80
GLOSARIO	83
BIBLIOGRAFÍA	90
ANEXOS	94
Figura 1. Índice de rendimiento en Kg de leche por litro de leche evaporada.	95
Figura 2. Producción promedio de leche por hectárea (1957)	95
Figura 3. Producción de leche por hectárea (1966)	95
Figura 4. Proceso de producción de leche.	20
Figura 5. Flujo de los gases en el proceso de evaporación.	20
Figura 6. Flujo de los gases en el proceso de evaporación.	20
Figura 7. Flujo de los gases en el proceso de evaporación.	21
Figura 8. Etapas de funcionamiento de una hornilla.	22
Figura 9. Hornilla tradicional.	37
Figura 10. Esquema de la cámara de combustión.	38
Figura 11. Hornillas mejoradas en las hornillas tradicionales.	40
Figura 12. Sistema energético en las hornillas mejoradas.	41
Figura 13. Tipos de hornillas tradicionales.	42



	Pág.
Figura 18. Zonas mullas en la producción de panela.	13
Figura 19. Hornilla mejorada.	14
Figura 20. Cámara mejorada.	21
Figura 21. Cámara tipo M.	24
Figura 22. Cámara tipo V.	24
Figura 23. Panela mejorada.	25
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	
Figura 1. Superficie sembrada con caña panelera. En toneladas, por departamentos. 1996.	57
Figura 2. Superficie sembrada con caña panelera. En porcentaje, por departamentos. 1996.	17
Figura 3. Producción de panela. En toneladas, por departamentos. 1996.	17
Figura 4. Producción de panela. En Porcentaje, por departamentos. 1996.	20
Figura 5. Índices de rendimiento en Kg de panela por Ha de caña sembrada.	20
Figura 6. Producción promedio de bagazo húmedo. 1996.	21
Figura 7. Producción de bagazo seco. 1996.	23
Figura 8. Proceso de producción de panela.	23
Figura 9. Flujo de los jugos en el proceso de clarificación.	28
Figura 10. Flujo de los jugos en el proceso de evaporación.	29
Figura 11. Flujo de los jugos en el proceso de concentración.	30
Figura 12. Esquema de funcionamiento de una hornilla.	31
Figura 13. Hornilla tradicional.	35
Figura 14. Esquema de la cámara de combustión.	37
Figura 15. Pailas utilizadas en las hornillas tradicionales.	38
Figura 16. Balance energético en las hornillas tradicionales.	40
Figura 17. Cámara de hornilla tradicional.	41
	42

Figura 18. Zonas muertas en las pailas semicilíndricas.	44
Figura 19. Hornilla mejorada.	49
Figura 20. Cámara mejorada tipo CIMPA.	51
Figura 21. Cámara tipo Ward.	54
Figura 22. Cámara Ward tipo CIMPA.	54
Figura 23. Paila aleteada.	57
Figura 24. Paila pirotubular.	57
Figura 25. Válvula mariposa de la chimenea.	59
Figura 26. Hornilla mejorada de flujo en paralelo.	60
Figura 27. Hornilla mejorada tipo en contraflujo.	60
Figura 28. Hornilla mejorada de flujo combinado.	61
Tabla 1. Consumo de energía eléctrica en el sector agropecuario, 1960.	7
Tabla 2. Consumo de energía eléctrica en el sector agropecuario, 1965.	7
Tabla 3. Consumo de energía eléctrica en el sector agropecuario, 1970.	7
Tabla 4. Consumo de energía eléctrica en el sector agropecuario, 1975.	7
Tabla 5. Esquemas y descripciones de la paila.	10
Tabla 6. Esquemas de construcción de la paila.	10
Tabla 7. Esquemas de construcción de la cámara.	11
Tabla 8. Punto de muestreo para la paila.	15
Tabla 9. Área sembrada con café por cultivo en hectáreas y porcentaje por departamento, 1995.	16
Tabla 10. Producción y rendimiento de paila por departamentos en 1996.	18
Tabla 11. Consumo de paneles y rendimiento mínimo en 1996 por departamentos.	22
Tabla 12. Producción promedio de bagazo húmedo y el correspondiente en bagazo seco, por departamentos, 1996.	24
Tabla 13. Temperatura de consuntivo en función del tipo de cámara y la cámara (el bagazo).	25
Tabla 14. Mapa de distribución del trabajo suministrado con otros combustibles.	27

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Producción mundial de panela. 1994.	4
Tabla 2. Valor de la producción de los principales cultivos y participación en PIB agrícola de 1994.	5
Tabla 3. Ponderación de 15 alimentos dentro de la canasta familiar. Total nacional, 1989.	6
Tabla 4. Ponderación de los principales productos dentro de la canasta de alimentos, según grupo de ingreso. Total nacional. 1989.	7
Tabla 5. Requisitos Físicoquímicos de la panela.	10
Tabla 6. Requisitos de clasificación de la panela.	10
Tabla 7. Requisitos microbiológicos de la panela.	11
Tabla 8. Plan de muestreo para la panela.	13
Tabla 9. Área sembrada con caña panelera en hectáreas y porcentaje, por departamentos. 1996.	16
Tabla 10. Producción y rendimiento de panela por departamentos en 1996.	19
Tabla 11. Consumo de caña y rendimiento mínimo en 1996, por departamentos.	22
Tabla 12. Producción promedio de bagazo húmedo y el correspondiente en bagazo seco, por departamentos. 1996.	24
Tabla 13. Temperatura de combustión en función del tipo de cámara y la humedad del bagazo.	55
Tabla 14. Valor calorífico neto del bagazo comparado con otros combustibles.	67



## LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Hornilla panelera tradicional.	94
Anexo B. Hornilla panelera pequeña de cuatro vasijas.	95
Anexo C. Hornilla panelera pequeña de cinco vasijas.	96
Anexo D. Hornilla panelera pequeña con dos cámaras de combustión.	97
Anexo E. Hornilla panelera pequeña de ocho y más vasijas.	98
Anexo F. Hornilla panelera pequeña de sección transversal trapezoidal.	99
Anexo G. Costos de producción de panela en la Hoya del Río Suárez.	100

## INTRODUCCIÓN

El presente escrito es un informe del resultado de un estudio a cerca del estado actual de la industria panelera en cuanto a generación de calor y consumo de energéticos se refiere. El objetivo del mismo es proporcionar una base sobre la cual se puede trabajar en la eliminación del consumo de leña y combustibles contaminantes para usar exclusivamente bagazo en la industria panelera, a través de mejoramiento de la tecnología existente.

En el documento aparece inicialmente una breve reseña histórica de la caña, posteriormente se dan a conocer las razones por las cuales el producto es de gran importancia en el país y seguidamente las normas de calidad que se deben seguir en la elaboración del producto.

En otro capítulo se presentan los datos estadísticos del sector en cuanto a superficie de caña panelera sembrada, producción de panela, consumo de caña y obtención de bagazo; todos ellos por departamentos en el año 1996.

En seguida aparece una descripción del proceso seguido para la elaboración de panela, desde la obtención de la caña hasta la producción de panela para posteriormente centrar el estudio en los elementos encargados de la transferencia de calor de los productos de la combustión hacia los jugos, es decir las hornillas, cuyas deficiencias son en gran parte las causantes del consumo de energéticos adicionales al bagazo.

El análisis de las hornillas se realiza de la siguiente manera:

Primero se presenta la clasificación de las hornillas y demás tecnologías utilizadas actualmente en dicha industria, mostrando sus características.

### 1.1 RESEÑA HISTÓRICA

Posteriormente se presenta un análisis de los consumos de combustibles en las hornillas, citando los inconvenientes que presentan.

Finalmente aparece un análisis de las alternativas existentes actualmente para la generación y transmisión de calor en la industria panelera, teniendo en cuenta que el objetivo es el uso adecuado del bagazo.

Para hacer más clara la presentación del escrito, en él aparecen figuras y tablas que permiten visualizar mejor la problemática en cuestión.

### 1.2 IMPORTANCIA DE LA PANELA

La panela es el producto obtenido de la extracción de los azúcares que posee la caña de azúcar mediante un molino a vapor. La evaporación del agua presente en ellos y concentración de los mismos dentro de una familia.

Colombia ocupa el segundo lugar a nivel mundial, después de India, entre los cerca de treinta productores de panela (Tabla 1) con un volumen que representa el 3% de la producción mundial registrada por la FAO (1994). En América es el tercer productor,

PAIS	PRODUCCION (Miles de t/a)	PARTICIPACION EN PRODUCCION (%)	CONSUMO PER CAPITA (kg/a)
1. India	6 107	72,8	10,7
2. Colombia	300	3,7	25,1
3. Cuba	100	1,2	3,8
4. China	100	1,2	0,4
5. Brasil	100	1,2	4,8
6. Tailandia	100	1,2	0,2
7. Brasil	100	1,2	1,2
1.1 RESEÑA HISTÓRICA	100	1,2	1,4
8. Filipinas	100	1,2	1,4
10. Haití	100	1,2	1,2
11. Guatemala	100	1,2	1,1
13. Otros países	281	3,4	1,1

## 1. GENERALIDADES

La caña de azúcar es originaria de India, fue descubierta hacia el año 327 A.C. Durante las expediciones realizadas por Alejandro Magno se descubrió la caña en Asia Menor.

Tabla 1. Producción mundial de caña de azúcar, 1994

Los Árabes la llevaron al Norte de Africa y zonas aledañas al mar Mediterráneo; más adelante tuvo importancia su cultivo en España (Islas Canarias) y en Portugal (Islas Madeira) en los siglos XV y XVI.

Además es el primer consumidor del producto en el mundo con 25 kilogramos por persona. Cristóbal Colón la introdujo a América aproximadamente en 1510 sembrándola en la Isla La Española, hoy República Dominicana. De allí fue traída a Colombia.

La producción de panela es una de las principales actividades agrícolas de la economía nacional, ya que su participación en el Producto Interno Bruto (PIB) agrícola en el año 1994 fue del 5,5% y ocupó el séptimo lugar en importancia dentro de las ranguras del sector.

## 1.2 IMPORTANCIA DE LA PANELA

La panela es el producto obtenido de la extracción de los jugos que posee la caña de azúcar mediante un molino o trapiche, evaporación del agua presente en estos y concentración de los mismos dentro de una hornilla.

(CINPA, 1992), 7

Colombia ocupa el segundo lugar a nivel mundial, después de India, entre los cerca de treinta productores de panela (Tabla 1), con un volumen que representa el 7% de la producción mundial registrada por la FAO (1994). En América es el mayor productor.



PAIS	PRODUCCIÓN (miles de ton.)	PARTICIPACIÓN EN LA PRODUCCIÓN (%)	CONSUMO PER CÁPITA (Kg/año)
1. India	9.487	72,0	10,3
2. Colombia	882	6,7	25,5
3. Pakistán	533	4,0	3,9
4. China	500	3,8	0,4
5. Bangladesh	470	3,6	4,0
6. Tailandia	348	2,6	6,0
7. Brasil	240	1,8	1,5
8. Myanmar	200	1,5	4,4
9. Filipinas	90	0,7	1,4
10. Haití	63	0,5	9,0
11. Guatemala	54	0,4	5,2
12. Ecuador	54	0,4	4,8
13. Otros países	265	2,0	
TOTAL MUNDIAL	13.196	100,0	

Tabla 1. Producción mundial de panela. 1994.

CULTIVOS	VALOR	PARTICIPACIÓN EN EL
	(Miles de millones de dólares)	PIB AGRÍCOLA (%)
1. Cacao	3.500	15,4
2. Café de azúcar	14.410	14,3
3. Flores	7.000	7,8
4. Cacao	2.512	7,4
5. Panela	2.891	6,8
6. Cacao	5.718	5,7
7. Caña panelera	5.531	5,5
8. Arroz	5.432	5,4
9. Maíz	5.327	5,4
10. Cacao	3.895	5,3
11. Otros cultivos	21.125	21,0
TOTAL AGRÍCOLA	106.898	100,0

FUENTE: Corpoica. Plan de ajuste y transferencia de tecnología panelera en Cundinamarca.

Además es el primer consumidor del producto en el mundo con 25 kilogramos por persona anualmente, en promedio.

La producción de panela es una de las principales actividades agrícolas de la economía nacional, ya que su participación en el Producto Interno Bruto (PIB) agrícola en el año 1994 fue del 5,5% y ocupó el séptimo lugar en importancia dentro de los renglones del sector.

Tabla 2. Valor de la producción de los principales cultivos y participación en el

En el país se estima que existen cerca de 70.000 unidades agrícolas que cultivan caña panelera y aproximadamente 15.000 trapiches en los que se elabora panela y miel de caña. (CIMPA, 1992). 7

En el año 1995, en el país, fueron cosechadas 447.527 hectáreas de caña, de las cuales 212.446 hectáreas fueron utilizadas para la producción de panela (47,58%), 226.149 hectáreas para la producción de azúcar (50,53%) y las 8.932 hectáreas restantes para miel (1,89%). Aproximadamente unos 250 municipios del país, pertenecientes a 21 departamentos son productores de panela.

En el año 1996, el área cultivada con caña panelera fue de 209.011 hectáreas, la producción de panela fue de 1'251.751 toneladas y se presentó un rendimiento de 5.989 kilogramos de panela por hectárea sembrada de caña. 22

GRUPO CULTIVOS SERVICIOS	PARTICIPACIÓN TOTAL	VALOR (Millones de \$ de 1975)	PARTICIPACIÓN EN EL GRUPO PIB AGRÍCOLA (%)
1. Café		15.504	15,4
2. Caña de azúcar		14.408	14,3
3. Flores		7.960	7,9
4. Papa		7.517	7,4
5. Plátano		6.891	6,8
6. Palma africana		5.716	5,7
7. Caña panelera		5.531	5,5
8. Arroz		5.432	5,4
9. Maíz		5.327	5,4
10. Frutales		4.990	4,9
11. Otros cultivos		21.722	21,5
TOTAL AGRICOLA		100.998	100,0
12. Pesca		0,77	2,21
13. Panela		0,76	2,16
14. Miel		0,71	2,07
15. Frijol seco		0,88	1,93

Tabla 2. Valor de la producción de los principales cultivos y participación en el PIB agrícola de 1994.

Tabla 3. Participación de 15 alimentos dentro de la canasta básica

FUENTE: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (1995). 1995

FUENTE: Oficina de Estudios Económicos y Estadísticos del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural

En materia de generación de empleo, se considera que el cultivo de la caña y la elaboración de panela son las actividades productivas que más utilizan unidades de trabajo por hectárea cosechada y beneficiada. Actualmente se emplean cerca de 25 millones de jornales y se vinculan a esta actividad unas 350.000 personas, es decir, el 12% de la población rural económicamente activa, siendo el segundo renglón generador de empleo después del café.

PRODUCTOS	INGRESOS FAMILIAR (Cupuros) (%)	INGRESOS MEDIOS (cupuros) (%)
2. Arroz	3,58	4,09
4. Pan	4,87	4,83
6. Papa	1,88	1,50
7. Huevo	1,42	3,38
6. Plátano	1,07	2,27

La panela constituye uno de los principales productos alimenticios de la canasta familiar de los colombianos, su consumo anual per cápita corresponde al 0,76% de la canasta familiar de toda la población y al 2,18% del gasto en alimentos.

GRUPOS, BIENES Y SERVICIOS	PARTICIPACIÓN EN EL TOTAL DE LA CANASTA (%)	PARTICIPACIÓN EN EL GRUPO DE ALIMENTOS (%)
Alimentos:	34,48	100,00
1. Carne de res	6,38	18,31
2. Leche	2,33	6,68
3. Arroz	1,80	5,17
4. pan	1,65	4,74
5. Aceite vegetal	1,54	4,42
6. Carne de pollo	1,25	3,59
7. Huevos	1,18	3,42
8. Papa	1,09	3,13
9. Bebidas gaseosas	1,02	2,92
10. Plátano	0,91	2,61
11. Azúcar	0,80	2,30
12. Pescado	0,77	2,21
13. Panela	0,76	2,18
14. Queso	0,70	2,01
15. Frijol seco	0,68	1,95

Tabla 3. Ponderación de 15 alimentos dentro de la canasta familiar.

Total nacional, 1989.

La panela está considerada dentro de los llamados bienes salario por su participación en el costo de sostenimiento de obreros y campesinos. En el ámbito urbano la panela representa el 2,94% del gasto en alimentos del grupo de habitantes de ingresos bajos y el 1,6% para el grupo de ingresos medios. 7

PRODUCTOS	INGRESOS BAJOS (obreros) (%)	INGRESOS MEDIOS (empleados) (%)
1. Carne de res	18,98	15,58
2. Arroz	6,56	4,09
3. Leche	6,24	7,02
4. Pan	4,87	4,63
5. Aceite vegetal	4,83	4,11
6. Papa	3,86	2,58
7. Huevos	3,42	3,39
8. Plátano	3,07	2,27
9. Carne de pollo	3,04	3,99
10. Panela	2,94	1,60
11. Bebidas gaseosas	2,73	3,07
12. Azúcar	2,49	2,16
13. Frijol seco	2,16	1,76
14. Pescado	2,14	2,24
15. Tomate	1,68	1,63
16. Yuca	1,63	1,00
17. Queso	1,53	2,35
18. Harina de maíz	1,48	1,00
19. Chocolate	1,36	1,14
20. Carne de cerdo	1,36	1,97
21. Resto de alimentos	23,63	32,42
TOTAL	100,00	100,00

Tabla 4. Ponderación de los principales productos dentro de la canasta de alimentos, según grupos de ingreso. Total nacional. 1989.

FUENTE: Corpolca. Plan de ajuste y transferencia de tecnología en Cundinamarca.

### 1.3 LAS NORMAS DE CALIDAD Y MEDIDAS DE CARÁCTER SANITARIO EN LA PRODUCCIÓN DE PANELA.

En la elaboración de la panela se debe evitar el uso de cualquier tipo de colorante, conservante ni

#### 1.3.1 Clasificación de la panela.

##### 1.3.1.1 Extra.

Consiste en la panela que se obtiene de la caña de azúcar de cualquier tipo de variedad ni

La que está envasada individualmente o por unidades y bajo estas condiciones se expende al consumidor, rotulado conforme a lo establecido en la resolución 002284 del 27 de Junio de 1995 del Ministerio de salud y cumple con los requisitos descritos posteriormente.

En la elaboración de la panela extra se debe evitar el uso de cualquier tipo de colorante, conservante ni

##### 1.3.1.2 Corriente.

La que está en embalaje a granel pero se expende al consumidor sin envase y cumple con los requisitos de calidad posteriormente presentados.

#### 1.3.2 Condiciones generales de la panela.

- La panela se debe comercializar por peso en presentaciones de 125 g, 250 g, 500 g y múltiplo de 500 g, con una tolerancia de  $\pm 5\%$  en peso.

En la Tabla 5, aparecen los valores máximos y mínimos dentro de los cuales están

- La panela debe estar libre de materias, olores y sabores extraños, verdeamientos, ablandamiento excesivo y no puede estar fermentada ni presentar ataques de hongos o insectos.

	MÍNIMO	MÁXIMO
• La panela debe elaborarse en condiciones higiénicas.		
- Color en % T (950nm)	30	-
- Azúcares reductores, expresados en glucosa, en %	5.8	17
• En la elaboración de la panela no se permite el uso de hidrosulfuro de sodio, hiposulfito de sodio u otras sustancias químicas con propiedades blanqueadoras.	0.2	-
- Cloruros, en % (N x 6.25)	-	-
- Humedad, en %	-	68
- Plomo expresado como Pb en mg/kg	-	0.3
- Arsénico expresado como As en mg/kg	-	0.1
• En la elaboración de la panela no se permite el uso de ningún tipo de colorantes ni sustancias tóxicas.	NEGATIVO	NEGATIVO
- Colorantes		

- En la elaboración de la panela no se permite el uso de azúcar
- En la elaboración de la panela no se permite el uso de las mieles procedentes de sitios diferentes a trapiches paneleros.

1.3.3.2 Requisitos de clasificación de la panela.

- La panela debe ser elaborada en establecimientos que cumplan con las normas legales vigentes.

CALIDAD	MATERIAS EXTRAÑAS			
	Sólidos redimentables en gr/100g de panela (máximo)	Número de defectos/100g de panela (máximo)		
		De 0mm a 1 mm	De 1.1 mm a 3 mm	De 3.1 mm a 5 mm
EXTRA	0.1	2	1	0
CORRIENTE	1	5	3	3

1.3.3.1 Requisitos Físicoquímicos.

En la Tabla 5, aparecen los valores máximos y mínimos dentro de los cuales deben permanecer los parámetros físicoquímicos de la panela.

FUENTE: COMTEC. Normas técnicas para el azúcar NTC (31)



REQUISITOS	MÍNIMO	MÁXIMO
- Color en % T (550nm)	30	85
- Azúcares reductores, expresados en glucosa, en %	5,5	12
- Azúcares no reductores, expresados en sacarosa en %	73	83
- Proteínas, en % (N x 6,25)	0,2	-
- Cenizas, en %	0,8	-
- Humedad, en %	-	0,9
- Plomo expresado como Pb en mg/kg	-	0,2
- Arsénico expresado como As en mg/kg	-	0,1
- SO <sub>2</sub>	NEGATIVO	
- Colorantes	NEGATIVO	

Tabla 5. Requisitos Físicoquímicos de la panela

FUENTE: ICONTEC. Norma técnica colombiana: NTC 1311

Ministerio de Salud. Medidas sanitarias sobre la panela: Resolución 002284 del 27 de Junio de 1995.

### 1.3.3.2 Requisitos de clasificación de la panela.

CALIDAD	MATERIAS EXTRAÑAS			
	Sólidos sedimentables en gr/100g. de panela. (máximo)	Número de defectos/100g de panela (máximo)		
		De 0mm a 1 mm	De 1,1 mm a 3 mm	De 3,1 mm a 5 mm
EXTRA	0,1	2	1	0
CORRIENTE	1	6	3	3

Tabla 6. Requisitos de clasificación de la panela.

FUENTE: ICONTEC. Norma técnica colombiana: NTC 1311

Ministerio de Salud. Medidas sanitarias sobre la panela: Resolución 002284 del 27 de Junio de 1995.

### 1.3.3.3 Requisitos Microbiológicos.

REQUISITO	n	m	M	C
Recuento de hongos y levaduras/g	3	200	500	2

Tabla 7. Requisitos microbiológicos de la panela.

FUENTE: ICONTEC. Norma técnica colombiana: NTC 1311

Ministerio de Salud. Medidas sanitarias sobre la panela: Resolución 002284 del 27 de Junio de 1995.

Donde:

### 1.3.5 Toma de muestras y criterios de aceptación

n : número de muestras que se van a examinar.

m : parámetro normal.

#### 1.3.5.1 Toma de muestras

M : valor máximo permitido.

C : número de muestras aceptadas con M.

Se efectúa de acuerdo con lo indicado en la Tabla 8.

Este está dado por cargas (1 carga equivale a 100 kg) y el tamaño de muestra en unidades

### 1.3.4 Requisitos de los trapiches paneleros.

de panela.

- Estar ubicados en lugares aislados de cualquier foco de insalubridad; sus alrededores se

#### 1.3.5.2 Criterio de aceptación:

deben mantener limpios, libres de acumulación de basuras, de estancamientos de agua y

su funcionamiento no debe causar molestias a la comunidad.

El trapiche se aceptará cuando el número de unidades defectuosas sea menor o igual a lo

indicado en la columna A<sub>0</sub> de la Tabla 8 y se rechazará cuando el número de unidades

- Estar separados de cualquier tipo de vivienda y no debe usarse como dormitorio.

defectuosas sea superior al límite de aceptación establecido en la columna R<sub>0</sub> de la Tabla



- Disponer de agua de fácil higienización y con servicios sanitarios para los operarios.

EN CARGAS	EN UNIDADES	EN PANELA
2 a 25	1	1
26 a 70	2	2
71 a 200	3	3
201 a 500	4	4
501 a 1200	5	5
1201 y más	6	6

- No mantener sustancias peligrosas, tales como plaguicidas y tóxicos dentro del área de elaboración y almacenamiento de la panela.

- Disponer de un sistema de limpieza y filtración de los jugos de caña.

- Contar con un área de almacenamiento del producto terminado la cual debe presentar condiciones sanitarias y de ventilación óptimas y estibas para el almacenamiento de la panela.

### 1.3.5 Toma de muestras y criterios de aceptación o rechazo.

#### 1.3.5.1 Toma de muestras.

Se efectúa de acuerdo con lo indicado en la Tabla 8, teniendo en cuenta que el tamaño de lote está dado por cargas (1 carga equivale a 100 kg) y el tamaño de muestra en unidades de panela.

#### 1.3.5.2 Criterio de aceptación.

El lote se aceptará cuando el número de unidades defectuosas sea menor o igual a lo indicado en la columna Ac de la Tabla 8 y se rechazará cuando el número de unidades defectuosas sea superior al límite de aceptación establecido en la columna Re de la Tabla

TAMAÑO LOTE EN CARGAS	TAMAÑO MUESTRA EN UNIDADES DE PANELA	Ac	Re
2 a 25	3	0	1
26 a 90	13	1	2
91 a 150	20	2	3
151 a 280	32	3	4
281 a 500	50	5	6
501 a 1200	80	7	8
1201 y más	125	10	11

## 2.1 ÁREA CULTIVADA CON CAÑA

Tabla 8. Plan de muestreo para la panela.

La caña se cultiva en zonas de departamentos del país. Regiones con alturas entre el nivel del

FUENTE: ICONTEC. Norma técnica colombiana: NTC 1311. Sección 4. Se elige sobre el nivel del mar, se

puerco (disponible en partes en el país de la variedad (1995).

1ª zona: Entre el nivel del mar y 800 metros, temperaturas entre 27 y 29 °C, departamentos

cañero: Tolima, Huila, Meta

2ª zona: Entre 800 metros y 1.200 metros, temperaturas de 26 °C en promedio, Valle,

Antioquia, Risaralda

3ª zona: Regiones entre 1.200 y 2.100 metros, con temperatura aproximada de 23 °C, zona

de la Hoya del Río Suárez, Nariño, Boyacá, Santander, Cundinamarca.

En orden de mayor a menor productor, los departamentos de Valle, Cauca, Tolima,

Risaralda, Cesar y Norte de Santander producen caña para el procesamiento de azúcar. En

el año 1995 estos departamentos encabezaron por ventas produciendo 28.000.000 toneladas

de azúcar.

En la zona de mayor producción se encuentran involucrados los departamentos de Boyacá, Cesar, Antioquia y Quibdó (en orden de mayor a menor producción) entregaron un total de 21 500 toneladas en 1995.

## 2. ESTADÍSTICAS DEL SECTOR PANELERO

En los cultivos de caña se encuentran involucrados los siguientes departamentos:

### 2.1 ÁREA CULTIVADA CON CAÑA

Antioquia, Arauca, Bolívar, Boyacá, Caldas, Cauca, Cesar, Córdoba, Cundinamarca,

Huila, Meta, Nariño, Norte de Santander, Putumayo, Quindío, Risaralda, Santander, Sucre,

La caña se cultiva en varios departamentos del país. Regiones con alturas entre el nivel del Tolima y Valle. Estos departamentos se pueden clasificar en tres grupos de acuerdo a la mar y los 2.100 msnm, en forma general y con relación a la altura sobre el nivel del mar, se pueden distinguir en el año 95, de la siguiente manera:

pueden distinguir tres zonas en el país de la siguiente forma:

GRUPO 1, formado por los siguientes departamentos (ordenados iniciando con el de mayor

1ª zona: Entre el nivel del mar y 800 msnm; temperaturas entre 27 y 29 °C; departamentos (ordenados de mayor a menor producción): Cundinamarca, Antioquia, Santander, Nariño, Tolima, Norte de caribeños, Tolima, Huila, Meta.

Santander y Boyacá. Estos seis departamentos cubren el 75,78% del área total sembrada para producción de panela, es decir, 158 408 hectáreas.

2ª zona: Entre 800 msnm y 1.200 msnm; temperaturas de 26 °C en promedio; Valle,

Antioquia, Risaralda.

GRUPO 2, al cual pertenecen (ordenados iniciando por el de mayor área sembrada) Cauca,

Huila, Caldas, Valle y Risaralda, con un área sembrada correspondiente al 19,84% del área

3ª zona: Regiones entre 1.200 y 2.100 msnm; con temperatura aproximada de 23 °C; zona total sembrada para producción de panela, es decir, 39 506 hectáreas.

de la Hoya del Río Suárez, Nariño, Boyacá, Santanderes, Cundinamarca.

OTROS, formado por los demás departamentos. Ordenados iniciando por el de mayor área

En orden de mayor a menor productor, los departamentos de Valle, Cauca, Caldas,

Risaralda, Cesar y Norte de Santander proveen caña para el procesamiento de azúcar. En

el año 1995 estos departamentos encabezados por valle, produjeron 28'707.119 toneladas

de azúcar. (Figuras 1, 2)

En la producción de miel se encuentran involucrados los departamentos de Boyacá, Casanare, Antioquia y Guaviare (en orden de mayor a menor productor) entregando un total de 36.807 toneladas en 1.995.

En los cultivos de panela se encuentran involucrados los siguientes departamentos:

Antioquia, Arauca, Bolivar, Boyacá, Caldas, Caquetá, Cauca, Cesar, Chocó, Cundinamarca, Huila, Meta, Nariño, Norte de Santander, Putumayo, Quindío, Risaralda, Santander, Sucre, Tolima y Valle. Estos departamentos se pueden clasificar en tres grupos de acuerdo a la superficie sembrada en el año 96, de la siguiente manera:

GRUPO 1; formado por los siguientes departamentos (ordenados iniciando con el de mayor superficie sembrada): Cundinamarca, Antioquia, Santander, Nariño, Tolima, Norte de Santander y Boyacá. Estos seis departamentos cubrieron el 75,79% del área total sembrada para producción de panela, es decir, 158.469 hectáreas.

Tabla 9. Área sembrada con café panela en hectáreas y porcentaje

por departamentos, 1996

GRUPO 2; al cual pertenecen (ordenados iniciando por el de mayor área sembrada) Cauca, Huila, Caldas, Valle y Risaralda; con un área sembrada correspondiente al 18,88 % del área total sembrada para producción de panela, es decir, 39.506 hectáreas.

## 2.2 PRODUCCIÓN DE PANELA

OTROS: formado por los demás departamentos. Ordenados iniciando por el de mayor área sembrada se encuentran: Caquetá, Cesar, Chocó, Meta, Bolivar, Quindío, Putumayo, Arauca y Sucre; con una superficie de cultivo de 11.036 hectáreas, equivalente al 5,33 % del área total cultivada destinada a la producción de panela.

(ver Tabla 9. y Figuras 1, 2).

Nº	Departamento	Superficie (ha)	Porcentaje
1	C/marca	52.264	25,00
2	Antioquia	35.226	16,85
3	Santander	16.227	7,76
4	Nariño	15.552	7,44
5	Tolima	14.101	6,74
6	N. Santander	13.186	6,30
7	Boyacá	11.916	5,70
8	Cauca	10.957	5,24
9	Huila	8.771	4,19
10	Caldas	8.376	4,00
11	Valle	6.451	3,08
12	Risaralda	4.951	2,37
13	Caquetá	2.560	1,23
14	Cesar	2.345	1,13
15	Chocó	2.192	1,05
16	Meta	1.892	0,81
17	Bolívar	947	0,46
18	Quindío	485	0,24
19	Putumayo	315	0,16
20	Arauca	298	0,15
21	Sucre	203	0,10
	TOTAL NACIONAL	209.011	100,00

Tabla 9. Área sembrada con caña panelera en hectáreas y porcentaje, por departamentos. 1996.

FUENTE: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.

## 2.2 PRODUCCIÓN DE PANELA

De acuerdo a la producción del año 96, los departamentos anteriormente mencionados se pueden clasificar en tres grupos, los cuales están conformados de manera diferente, debido a que los rendimientos (toneladas por hectárea) tienen valores diferentes en cada zona.



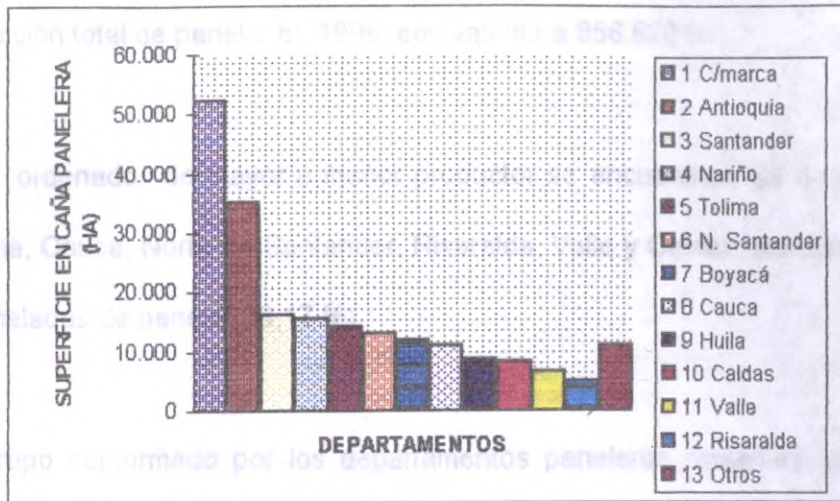


Figura 1. Superficie sembrada con caña panelera. En toneladas, por departamentos. 1996.

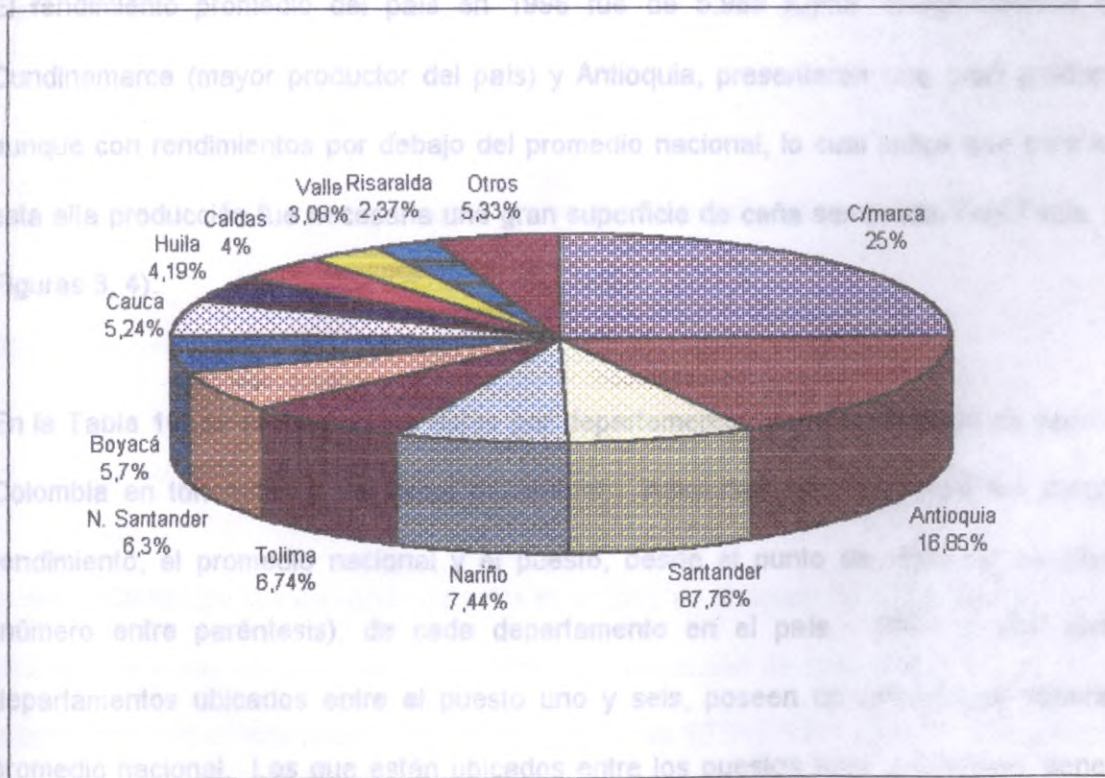


Figura 2. Superficie sembrada con caña panelera. en porcentaje, por departamentos. 1996.

GRUPO 1; ordenados de mayor a menor productor se encuentran; Cundinamarca, Santander, Boyacá, Antioquia y Nariño. Estos cinco departamentos produjeron el 68,4 % de la producción total de panela en 1996, equivalente a 856.620 ton.

GRUPO 2; ordenados de mayor a menor productor se encuentran los departamentos de Huila, Tolima, Cauca, Norte de Santander, Risaralda, Valle y Caldas, los cuales produjeron 352.812 toneladas de panela (28,17 %)

OTROS; grupo conformado por los departamentos paneleros restantes, el cual produjo 45.347 toneladas de panela (3,43 %).

El rendimiento promedio del país en 1996 fue de 5.989 Kg/ha. Departamentos como Cundinamarca (mayor productor del país) y Antioquia, presentaron una gran producción, aunque con rendimientos por debajo del promedio nacional, lo cual indica que para lograr esta alta producción fue necesaria una gran superficie de caña sembrada. (ver Tabla 10. y Figuras 3, 4).

En la Tabla 10. se presentan los datos por departamentos de la producción de panela en Colombia en toneladas y de forma porcentual. Adicionalmente aparecen los datos del rendimiento, el promedio nacional y el puesto, desde el punto de vista del rendimiento Por cada 100 kg de consumo de caña que entra al molino, se obtienen 90 Kg de panela, lo cual (número entre paréntesis), de cada departamento en el país. Cabe anotar que los departamentos ubicados entre el puesto uno y seis, poseen un rendimiento superior al consumo de caña a nivel nacional en el año 96 fue de 12'547 510 toneladas, es decir, un promedio nacional. Los que están ubicados entre los puestos siete y veintiuno, tienen un rendimiento inferior al promedio nacional.

Nº	Departamento	Producción (ton)	Producción (%)	Rendimiento (Kg/ha)
1	C/marca	220.756	17,63	4.224 (13)
2	Santander	200.524	16,01	12.357 (2)
3	Boyacá	174.947	13,97	14.682 (1)
4	Antioquia	138.271	11,04	3.926 (15)
5	Nariño	122.122	9,75	7.852 (5)
6	Huila	81.552	6,51	9.298 (4)
7	Tolima	66.045	5,28	4.684 (10)
8	Cauca	50.673	4,05	4.625 (11)
9	N. Santander	48.940	3,90	3.712 (17)
10	Risaralda	37.627	3,00	7.600 (6)
11	Valle	34.897	2,78	5.409 (8)
12	Caldas	33.078	2,65	3.949 (14)
13	Caquetá	14.545	1,18	5.682 (7)
14	Cesar	10.647	0,86	4.540 (12)
15	Bolívar	4.820	0,40	5.090 (9)
16	Quindío	4.761	0,38	9.813 (3)
17	Chocó	3.340	0,26	1.524 (20)
18	Meta	1.770	0,14	1.046 (21)
19	Putumayo	1.000	0,08	3.175 (18)
20	Sucre	776	0,07	3.834 (16)
21	Arauca	661	0,06	2.218 (19)
	<b>TOTAL NACIONAL</b>	<b>1'251.751</b>	<b>100,00</b>	<b>Promedio Nal. 5.989</b>

Tabla 10. Producción y rendimiento de panela por departamentos en 1996.

FUENTE: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.

### 2.3 CONSUMO DE CAÑA

Por cada 100 kilogramos de caña que entra al molino, se obtienen 10 Kg de panela, lo cual indica que el consumo de caña es 10 veces la producción de panela (ver Figura 8.) El consumo de caña a nivel nacional en el año 96 fue de 12'517.510 toneladas, es decir, que en promedio se debió obtener como mínimo 59,89 toneladas de caña por cada hectárea sembrada para generar la cantidad consumida (ver Tabla 11 y Figura 5).



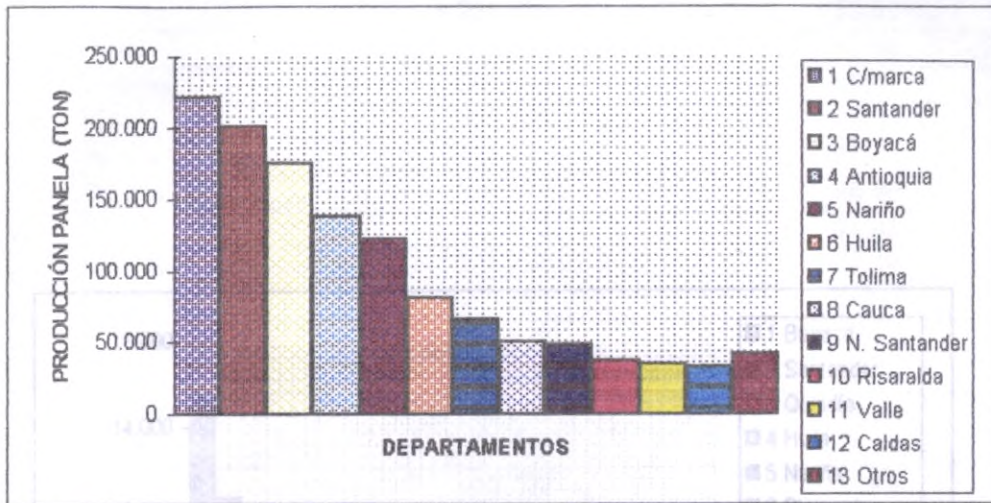


Figura 3. Producción de panela. En toneladas, por departamentos. 1996.

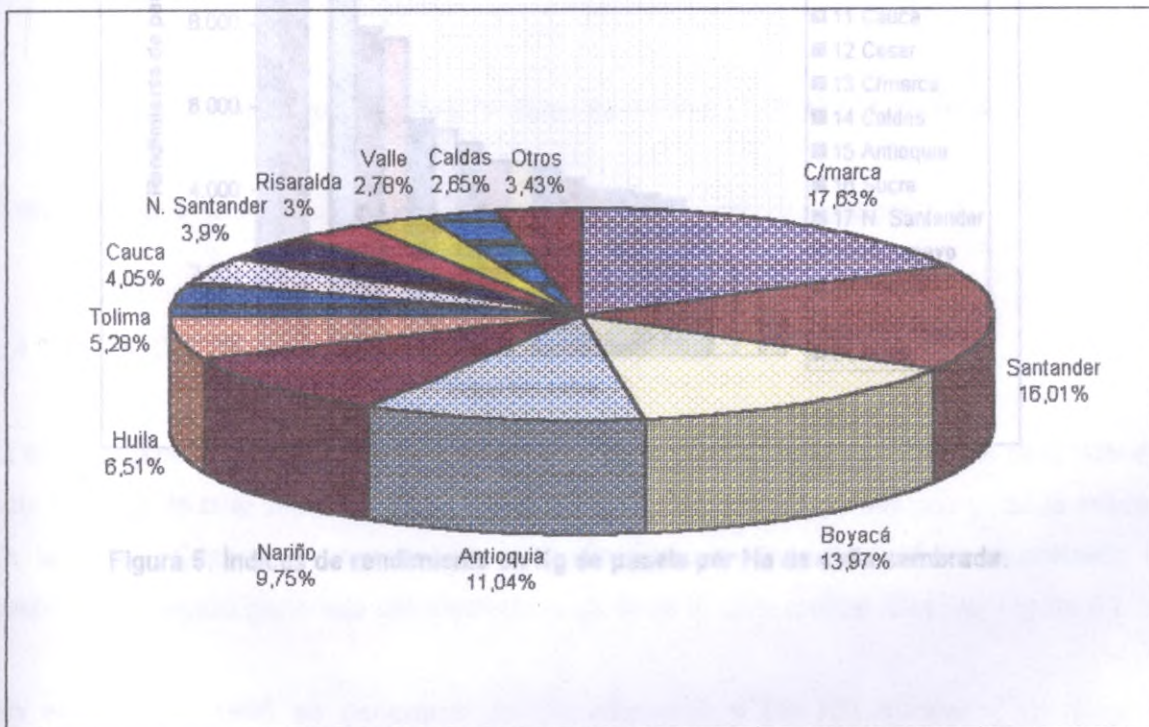


Figura 4. Producción de panela. En porcentaje, por departamentos. 1996.



Nº	Departamento	Superficie (Ha)	Rendimiento (Kg/Ha)
1	Boyacá	207.000	42,24
2	Santander	905.240	125,37
3	Boyacá	1.748.400	146,82
4	Antioquia	1.192.710	39,26
5	Nariño	1.221.210	75,52
6	Huila	818.520	92,98
7	Tolima	680.450	48,84
8	Cauca	508.730	46,25
9	N. Santander	488.470	37,17
10	Risaralda	378.270	76,00
11	Valle	348.970	54,04
12	Caldas	330.780	39,49
13	Caquetá	145.450	58,82
14	Bolívar	150.470	58,82
15	Quindío	113.130	113,13
16	Huila	15.240	15,24
17	Nariño	10.480	10,48
18	Risaralda	15.340	15,34
19	Valle	12.180	12,18
20	Bolívar	10.580	10,58
21	Tolima	10.580	10,58

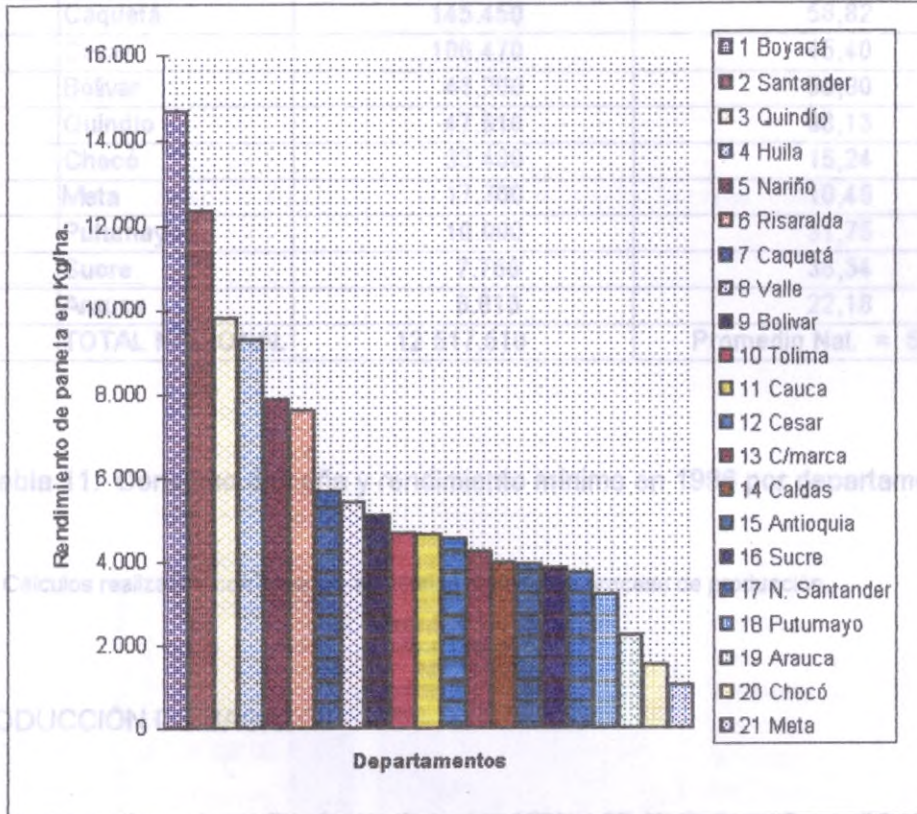


Figura 5. Índices de rendimiento en Kg de panela por Ha de caña sembrada.

El bagazo generado en la molienda, varía entre 40% y 60% de la caña molida total cuando esta húmeda, lo cual depende de la capacidad de extracción de los molinos y de la calidad de la caña. La cantidad de bagazo generado corresponde al 29% de la caña molida total (ver Figura 8).

En el país en 1996 se generaron aproximadamente 9'258'755 toneladas de bagazo estando húmedo, cifra que correspondió a 1'935'077,9 toneladas cuando se secó. (ver Tabla 12, y Figuras 6.7, 4, 10, 11, 12, 13)

Nº	Departamento	Consumo de caña (ton)	Rendimiento mínimo caña (Ton/ha)
1	C/marca	2'207.560	42,24
2	Santander	2'005.240	123,57
3	Boyacá	1'749.470	146,82
4	Antioquia	1'382.710	39,26
5	Nariño	1'221.220	78,52
6	Huila	815.520	92,98
7	Tolima	660.450	46,84
8	Cauca	506.730	46,25
9	N. Santander	489.400	37,12
10	Risaralda	376.270	76,00
11	Valle	348.970	54,04
12	Caldas	330.780	39,49
13	Caquetá	145.450	56,82
14	Cesar	106.470	45,40
15	Bolívar	48.200	50,90
16	Quindío	47.610	98,13
17	Chocó	33.400	15,24
18	Meta	17.700	10,46
19	Putumayo	10.000	31,75
20	Sucre	7.760	38,34
21	Arauca	6.810	22,18
	<b>TOTAL NACIONAL</b>	<b>12'517.510</b>	<b>Promedio Nal. = 59.89</b>

Tabla 11. Consumo de caña y rendimiento mínimo en 1996 por departamentos.

FUENTE: Cálculos realizados con base en el balance másico del proceso de producción.

#### 2.4 PRODUCCIÓN DE BAGAZO

El bagazo generado en la molienda, varía entre 40% y 60 % de la caña molida total cuando esta húmedo, lo cual depende de la capacidad de extracción de los molinos y de la calidad de la caña. Cuando el bagazo está relativamente seco (aprox 30 % de humedad), la cantidad de bagazo generado corresponde al 29 % de la caña molida total (ver Figura 8.).

En el país, en 1996 se generaron aproximadamente 6'258.755 toneladas de bagazo estando húmedo, cifra que corresponde a 3'630.077,9 toneladas cuando se secó. (ver Tabla 12. y Figuras 6,7.). 4, 10, 11, 16, 22.



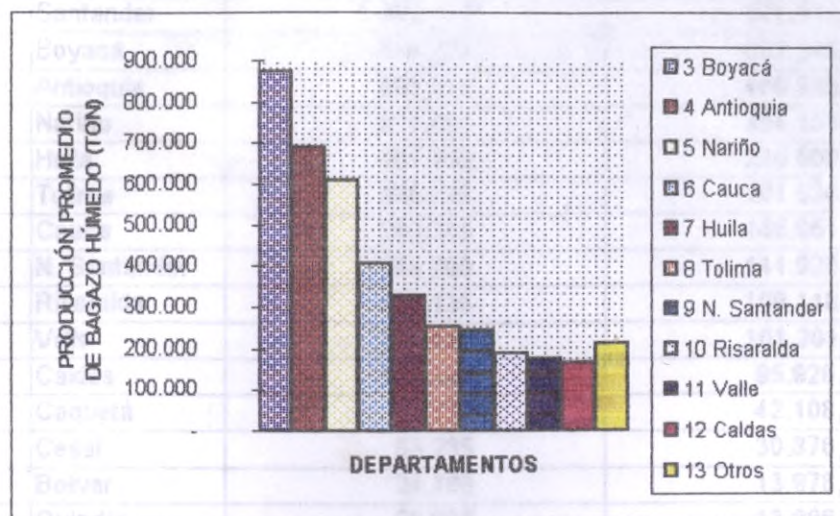


Figura 6. Producción promedio de bagazo húmedo. 1996.

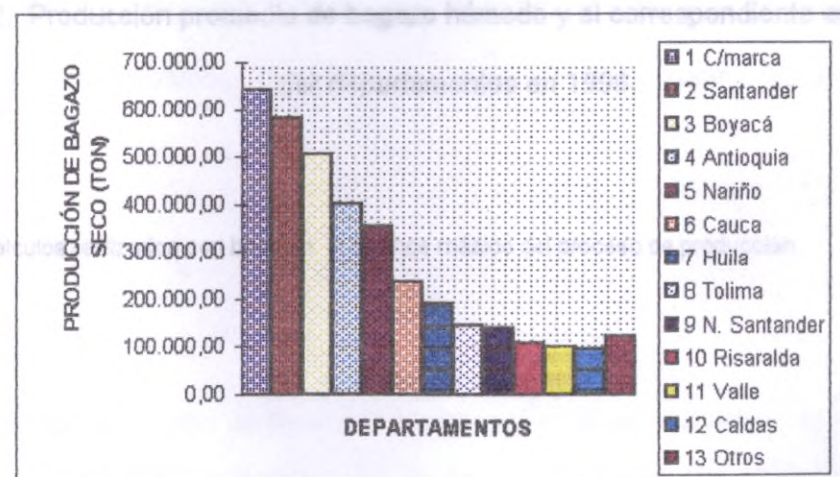


Figura 7. Producción de bagazo seco. 1996.

Nº	Departamento	Producción promedio de bagazo húmedo (ton)	Producción bagazo seco (ton)
1	C/marca	1'103.780	640.192,4
2	Santander	1'002.620	581.519,6
3	Boyacá	874.735	507.346,3
4	Antioquia	691.355	400.985,9
5	Nariño	610.610	354.153,8
6	Huila	407.760	236.500,8
7	Tolima	330.225	191.530,5
8	Cauca	253.365	146.951,7
9	N. Santander	244.700	141.926,0
10	Risaralda	188.135	109.118,3
11	Valle	174.485	101.201,3
12	Caldas	165.390	95.926,2
13	Caquetá	72.725	42.108,5
14	Cesar	53.235	30.876,3
15	Bolívar	24.100	13.978,0
16	Quindío	23.805	13.806,9
17	Chocó	16.700	9.686,0
18	Meta	8.850	5.133,0
19	Putumayo	5.000	2.900,0
20	Sucre	3.880	2.250,4
21	Arauca	3.305	1.916,9
	TOTAL NAL.	6'258.755	3'630.077,9

Tabla 12. Producción promedio de bagazo húmedo y el correspondiente en bagazo seco por departamentos en 1996.

FUENTE: Cálculos realizados con base en el balance másico del proceso de producción.

### 3.1.2. Molinillo

### 3. PROCESO DE ELABORACIÓN DE PANELA

#### 3.1 ETAPAS

La producción de panela se realiza en varias etapas posteriores al cultivo, corte y recolección de la caña (ver Figura 8.), estas etapas son:

##### 3.1.1 Alistamiento de caña.

Etapa consistente en el descargue de la caña en el trapiche por los alzadores y preparación de la misma por parte del descogollador para pasar a la siguiente etapa. La función del alzador consiste en transportar la caña cortada desde el cultivo hasta el molino. Posteriormente el descogollador se encarga de cortar la semilla de la caña (cogollo) y de apilar la caña ordenadamente. Esta etapa se realiza con dos o cuatro días de anterioridad a la molienda.

##### 3.1.2 Molienda.

Proceso realizado por medio de trapiches o molinos, en el cual se extrae el jugo de la caña que es la materia prima para la panela. Los "preneros" son los encargados de alimentar el trapiche con la caña. De esta operación resultan dos productos, el jugo de la caña el cual va a una pileta (cada vez que la pileta se llena con jugo, llamado "raya", se suelta un tapón para que el jugo baje a la primera vasija y de esta a través de una tubería a la paila de

clarificación). El otro producto es bagazo, el cual se recoge y se forma "bojote", labor realizada por un empleado del trapiche llamado "bojotero", quién se encarga además de transportarlo en una "camilla" hasta la "bagacera".

Los ajustes de las mazas del molino, en la entrada varían entre 7 y 20 mm con un promedio de 15 mm, mientras que la abertura de la salida varía entre 0,1 y 2 mm, con un valor promedio de 0,75 mm.

Los trapiches son acoplados al motor por medio de una correa plana que transmite el movimiento del mismo a un tren de engranajes del trapiche. Los motores pueden ser eléctricos o de combustión interna, normalmente diesel.

### 3.1.3 Prelimpieza:

En esta etapa se busca retirar mediante un medio físico un gran porcentaje de las impurezas presentes en el jugo crudo (guarapo), antes de entrar en la etapa siguiente.

En una gran parte de los trapiches del país existe un "pozuelo" para esta labor, pero debido a que este implemento retira una cantidad muy pequeña de impurezas dejando los jugos sucios de tal forma que demeritan la calidad de la panela, se ha diseñado un implemento que sustituye el pozuelo tradicional y brinda un porcentaje de retención de impurezas entre 70 y 90% llamado prelimpiador.



### 3.1.4 Deshidratación de los jugos.

Proceso que se realiza en hornos u hornillas que utilizan como combustible; bagazo, caucho, carbón, guadua y cisco de café (en zonas cafeteras). En esta etapa se presentan tres procesos los cuales se realizan dentro de la hornilla, clarificación y limpieza, evaporación y concentración y finalmente punteado.

#### 3.1.4.1 Clarificación y limpieza.

Consiste en la limpieza del jugo de la caña. En este proceso se deben eliminar las sustancias coloidales, los colorantes presentes en el jugo y sólidos en suspensión. Esta limpieza se realiza con la ayuda de sustancias mucilaginosas obtenidas de árboles como el balso, cadillo y guásimo. También se puede adicionar cal con el fin de disminuir la acidez del jugo y aumentar la dureza del producto terminado. Todas estas sustancias ayudan a formar en el jugo un producto aglutinado llamado cachaza que consiste en una capa de impurezas que proceden de la caña, el cual gracias a su menor densidad flota y puede ser extraído manualmente con el "cazo".

En la clarificación la temperatura de los jugos aumenta desde la temperatura ambiente hasta la de ebullición. El calor sensible requerido para llevar los jugos hasta dichas condiciones está dado por la siguiente ecuación:

$$Q_{cl} = \frac{m_j C_{pj} (T_e - T_a)}{3600}$$

Figure 5. Proceso de clarificación de jugos.

$$C_{pj} = 4,18 (1 - 0,006 B_j)$$



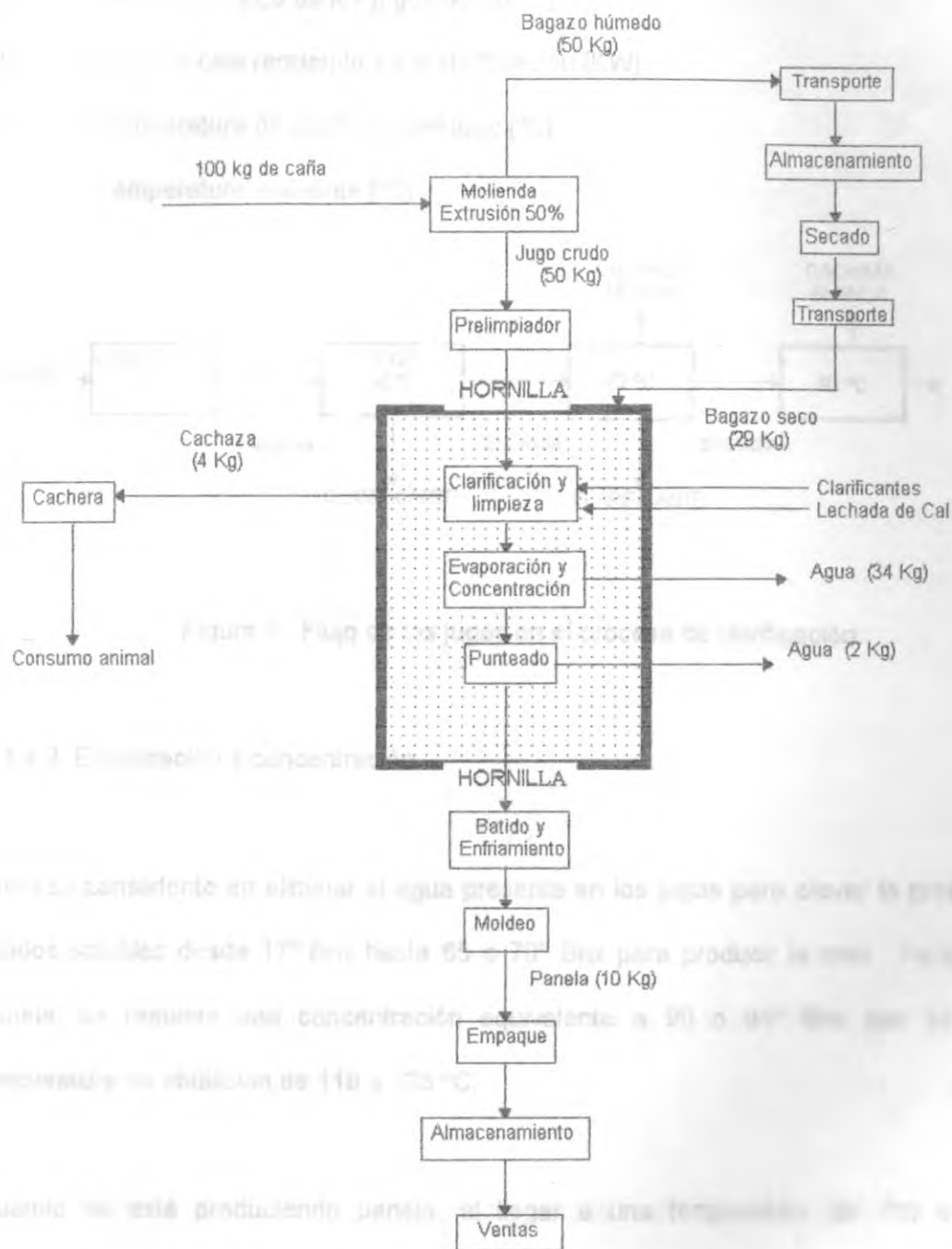


Figura 8. Proceso de producción de panela.

Donde:

$C_{pj}$  = Calor específico de los jugos [ $\text{kJ} / \text{kg}^\circ\text{C}$ ]

$Q_{cl}$  = Flujo de calor requerido en la clarificación [ $\text{KW}$ ]

$T_e$  = Temperatura de ebullición del jugo [ $^\circ\text{C}$ ]

$T_a$  = Temperatura ambiente [ $^\circ\text{C}$ ]

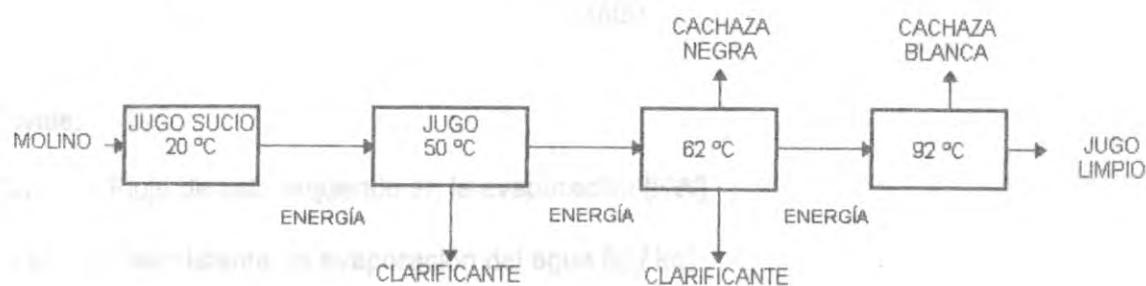


Figura 9. Flujo de los jugos en el proceso de clarificación.

#### 3.1.4.2 Evaporación y concentración.

Proceso consistente en eliminar el agua presente en los jugos para elevar la presencia de sólidos solubles desde 17° Brix hasta 65 o 70° Brix para producir la miel. Para producir panela, se requiere una concentración equivalente a 90 o 94° Brix que se logra a temperatura de ebullición de 118 a 125 °C.

Cuando se está produciendo panela, al llegar a una temperatura de 100 o 102 °C (concentración de 70° Brix), se suministra un antiadherente y antiespumante como aceite de higuierilla, cera de laurel o cebo de res.

El calor latente de evaporación depende de la cantidad de agua que se necesita evaporar para llevar los jugos hasta una concentración de 65 °Brix y está dado por las ecuaciones siguientes:

$$Q_{ev} = \frac{\Delta H_v (m_{cl} - m_{ev})}{3600}$$

$$m_{ev} = \frac{m_{cl} B_i}{3600}$$

Donde:

$Q_{ev}$  = Flujo de calor requerido en la evaporación [KW]

$\Delta H_v$  = Calor latente de evaporación del agua [kj / kg]

$m_{cl}$  = Masa de jugo clarificado [kg/h]

$m_{ev}$  = Masa de jugo a la salida de la etapa de clarificación [kg/h]

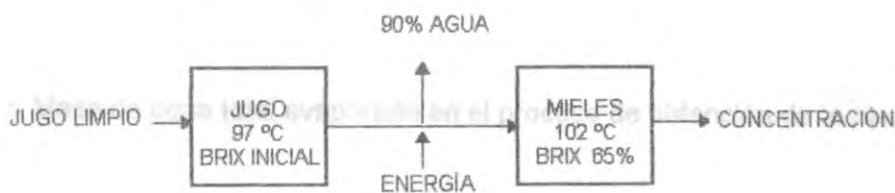


Figura 10. Flujo de los jugos en el proceso de evaporación.

El calor requerido para la concentración puede calcularse a partir de la siguiente ecuación:

$$Q_{con} = \frac{\Delta H_v (m_{ev} - m_p)}{3600}$$

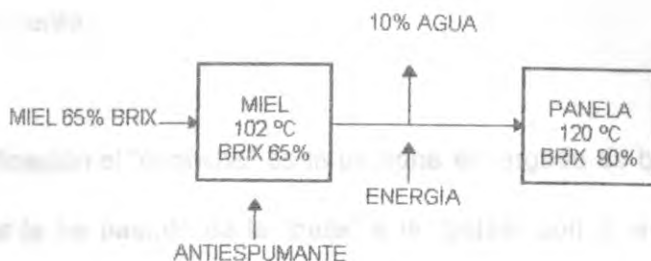


Figura 11. Flujo de los jugos en el proceso de concentración.

El calor total requerido ( $Q_r$ ) en el proceso de obtención de panela equivale a la suma de los calores de clarificación, evaporación y concentración, como sigue:

$$Q_r = Q_{cl} + Q_{ev} + Q_{con}$$

$$Q_r = \frac{m_i C_{pi} (T_e - T_a) + m_{H_2O} \Delta H_v}{3600}$$

$m_{H_2O}$  = Masa de agua total evaporada en el proceso de obtención de la panela [Kg/h]

### 3.1.4.3 Punteado.

Se realiza en una paila llamada "punteadora" porque es allí donde se la halla el punto a la miel. El punto es el estado en el cual la miel se espesa y dentro de ella se encuentran cristales de sacarosa suspendidos. En esta etapa se suministra clarol que aclara la panela y anilina para dar color. Actualmente se produce panela biológica la cual no contiene sustancias de este tipo.

### 3.1.5 Batido y enfriamiento.

En la etapa de solidificación el "corinche" es la persona encargada de batir la meladura una vez que el punteador la ha pasado de la "paila" a la "batea" con la ayuda del "cazo". El "corinche" bate la meladura con el "remo" hasta obtener una masa homogénea en cuanto a textura y color.

### 3.1.6 Moldeo.

En el proceso de moldeo se utilizan los moldes, los cuales se utilizan para producir la masa. Con la ayuda del "concho", la masa obtenida en el proceso anterior es depositada en los "moldes" que forman las "gaveras" al ser armadas, y se esparce la meladura con la ayuda de los machetes de madera.

Una vez la panela se endurece, el "corinche" retira las gaveras y coloca en posición vertical la panela para que se enfríe más rápidamente.

### 3.1.7 Empaque.

Este proceso se realiza en cajas de cartón, costales de fique o bolsas de papel, actualmente se usa también el plástico y se pueden obtener en el mercado máquinas para empacar la panela en este material.

### 3.1.8 Almacenamiento.

La panela es llevada por el empacador desde la mesa de moldeo al sitio de empaque, una vez se ha llevado a cabo esta operación, la panela es almacenada en un lugar fresco y con buena ventilación para evitar que se degrade.

## 3.2 EL BAGAZO

En el proceso de producción de la panela, se obtienen algunos subproductos de la caña, dentro de los cuales el más importante es el bagazo, producto remanente de la molienda de la caña, luego que se ha extraído el jugo.

Entre los principales usos que se dan al bagazo se encuentran los siguientes:

- Como combustible en las hornillas paneleras.
- Como abono para aumentar el contenido de materia orgánica en los suelos.
- Como materia prima para papel.
- Como materia prima para la elaboración de tableros aglomerados.
- Para la producción de alfa-celulosa que sirve de base para la fabricación de rayón, explosivos, etc.

- Como elemento sacarificable para la producción de alcohol etílico.
- Para la producción de varios plásticos a partir de la lignina que posee el bagazo.
- Como cama para la producción de champiñones.
- Para la producción de carbones activados, de amonio, metanol-formaldehído, etc.
- Como elemento celulósico en la alimentación animal.
- Biogas (gashol).
- Para lombricultura y esta puede apoyar otras explotaciones como la piscicultura y la avicultura.
- Biodigestores.

De los anteriores, el uso como combustible es el que más interesa, por lo cual se estudiará en un capítulo posterior. 1, 6, 7, 15, 16, 17

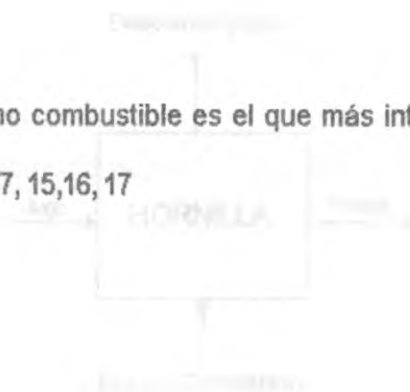


Figura 12. Esquema de funcionamiento de una hornilla.

## 4. HORNILLAS PANELERAS

### 4.1 DEFINICIÓN

La hornilla es el implemento del trapiche encargado de transformar la energía de un combustible en energía calórica, para evaporar el agua contenida en los jugos extraídos de la caña hasta lograr el producto final, panela.

La evaporación es abierta porque se realiza en vasijas expuestas a la atmósfera llamadas "calderas", "pailas" o "fondos". El calentamiento es a fuego directo ya que las pailas se exponen directamente a los gases de la combustión, siendo más calientes las zonas cercanas a la cámara de combustión y más frías las cercanas a la chimenea.

### 4.2 HORNILLAS TRADICIONALES

Este tipo de hornillas han sido usadas tradicionalmente en pequeñas fincas o trapiches y actualmente son el tipo de hornilla más usada. Su eficiencia térmica es muy baja, 10% en promedio. En la Figura 12 se muestra un ejemplo del modelo físico de estas hornillas y en el Anexo A se muestra un diagrama de flujo de energía que se describe en la sección 4.2.3, son dispositivos sencillos y económicos, pero sus eficiencias térmicas son bajas.



Figura 12. Esquema de funcionamiento de una hornilla.



En forma general las hornillas se clasifican de acuerdo a la dirección de los jugos con relación a la dirección del flujo de los gases de la combustión dentro de las mismas, en:

- Paralelo.

La dirección de los jugos lleva la misma dirección que los gases de combustión.

- Contraflujo.

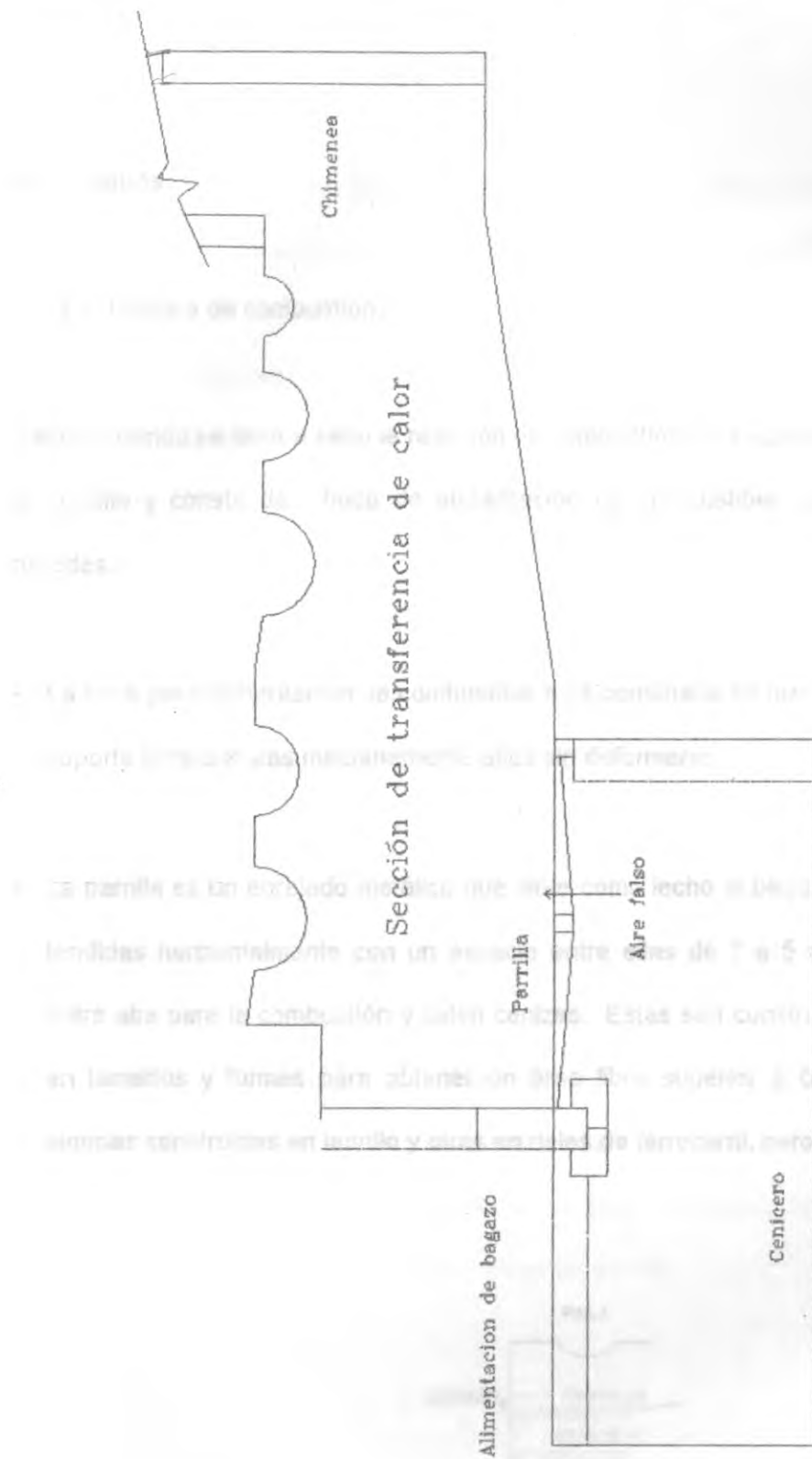
La dirección de los jugos lleva una dirección contraria a la de los gases de combustión.

- Flujo combinado.

Inicialmente los jugos siguen la dirección opuesta a los gases de combustión y luego se desplazan en el mismo sentido de estos. 7,15

## 4.2 HORNILLAS TRADICIONALES

Este tipo de hornillas han sido usadas tradicionalmente en pequeñas fincas o trapiches y actualmente aún se usan de la misma manera, su eficiencia térmica es muy baja, 15% en promedio. En la Figura 13 aparece esquematizado el modelo típico de estas hornillas y en el Anexo A se observa su estructura. Las hornillas que aparecen en la sección 4.2.3, son más pequeñas (modelos anteriores), pero sus eficiencias térmicas son similares.



Hornilla tradicional

Figura 13. Hornilla tradicional

4.2.1 Partes.

4.2.1.1 Cámara de combustión.

Cavidad donde se lleva a cabo la reacción de combustión del bagazo, en la parte anterior de la hornilla y consta de: boca de alimentación de combustible, parrilla o emparrillado y paredes.

- La boca para alimentación de combustible está construida en hierro fundido, material que soporta temperaturas medianamente altas sin deformarse.
- La parrilla es un enrejado metálico que sirve como lecho al bagazo, formada por varillas tendidas horizontalmente con un espacio entre ellas de 2 a 5 cm por debajo del cual entra aire para la combustión y salen cenizas. Estas son construidas en hierro fundido, en tamaños y formas para obtener un área libre superior a 50%. También existen algunas construidas en ladrillo y otras en rieles de ferrocarril, pero poco eficientes.



Figura 14. Esquema de cámara de combustión.

El área de parrilla es muy grande, lo que produce entrada de aire falso que enfría los gases, causando una temperatura de combustión bastante baja (850 °C) con bagazo de 30% de humedad. Además el contacto directo de la superficie relativamente fría de las pailas sobre la cámara ocasionará una combustión incompleta con lo cual se alcanzan porcentajes elevados de gas carbónico (6 al 7%).

Una respuesta a los gases que se encuentran en la otra sección denominada horno.

#### 4.2.1.2 Cenicero.

Un compartimiento en ladrillo, ubicado debajo de la parrilla. Sus principales

funciones son: almacenar cenizas producidas por la combustión del bagazo, canalizar y precalentar el aire necesario para la combustión.



#### 4.2.1.3 Ducto de humos.

Canal ubicado a continuación de la cámara de combustión mediante el cual se dirigen los productos de la combustión por debajo de las pailas hasta la chimenea. Los más antiguos son una excavación realizada directamente en el sitio de construcción de la hornilla y las pailas se colocan soportadas por muros y arcos de adobe.

#### 4.2.1.4 Sección de transferencia de calor.

Llamada también "batería de concentración", es el conjunto de "pailas o fondos" ubicadas sobre el ducto de humos, mediante las cuales se transfiere calor de los productos de combustión hacia los jugos y mieles. El tamaño y forma de las pailas varía de región a región y aún dentro de una misma zona panelera.

Los tipos más usados de pailas son: semiesférica, plana y semicilíndrica. Los materiales más usados en estos elementos son: bronce (cobre + estaño), latón (cobre + zinc), hierro y aluminio.

Estas pailas están conformadas por dos zonas; una expuesta a los gases, es la que transfiere el calor hacia los jugos que se encuentran en la otra sección denominada falca.

En estas hornillas el jugo pasa del molino a la hornilla mediante vasijas, piletas o pozuelos y de una paila a otra por medio de grandes cucharas llamadas cazos.

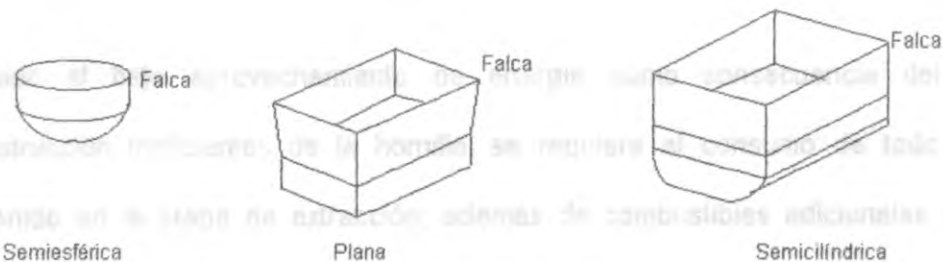


Figura 15. Pailas utilizadas en las hornillas tradicionales.

#### 4.2.1.5 Chimenea.

Conducto vertical construido en ladrillo al final del ducto de humos, cuya función es extraer de la hornilla los gases de la combustión hacia la atmósfera. Las formas más comúnmente encontradas son: cilíndrica, cuadrada y trapezoidal.

#### 4.2.2 Principales problemas (desde el punto de vista térmico).

- Balance energético: En las hornillas tradicionales, la energía suministrada por el combustible se utiliza de la siguiente forma:

33% se aprovecha.

29% se pierde por la temperatura relativamente alta que tienen los gases en el momento de entrar a la base de la chimenea.

8% se pierde por disipación a través de las paredes en una hornilla continua.

30% se pierde por combustión incompleta.

Debido al bajo aprovechamiento de energía como consecuencia del diseño y construcción ineficientes de la hornilla; se requiere el consumo de todo el bagazo obtenido en la etapa de extracción, además de combustibles adicionales como leña, carbón, caucho y ACPM. Lo anterior aumenta los costos de operación y causa problemas ecológicos y contaminación ambiental.



Figura 16. Balance energético en las hornillas tradicionales.

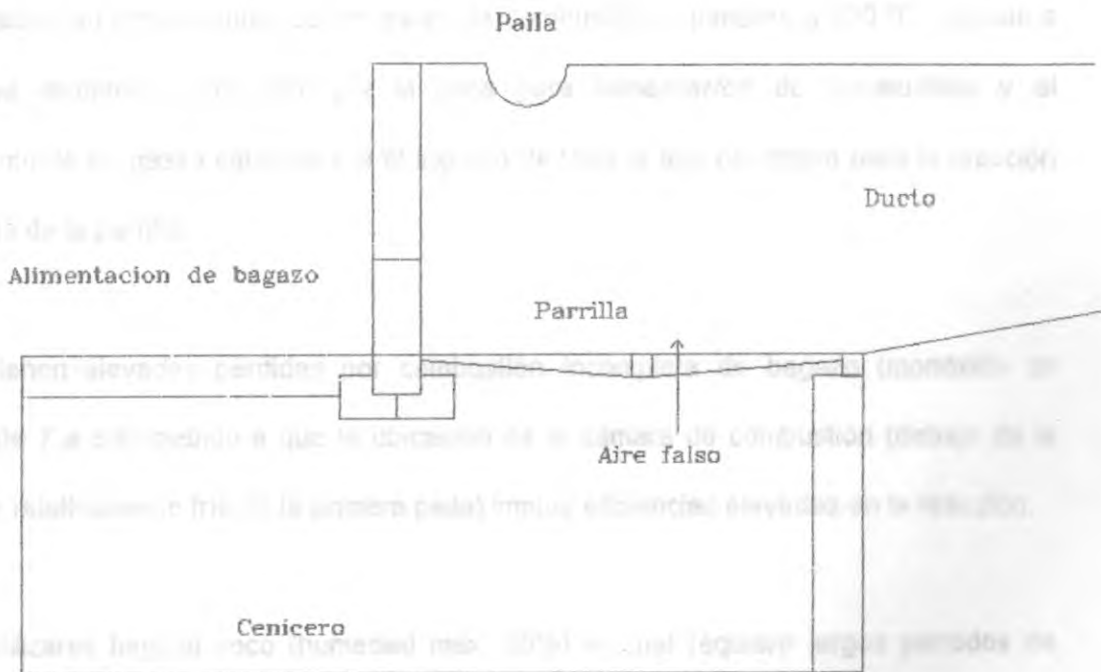


Figura 17. Cámara de hornilla tradicional.



- **Combustión:** La cámara de combustión de las hornillas tradicionales (Figura 17), presenta los siguientes inconvenientes:

- El área de la parrilla es demasiado grande, lo cual permite la entrada de aire falso que enfría los gases, causando temperaturas de combustión bajas (850 °C con bagazo de 30% de humedad).

- No se alcanzan temperaturas de los gases de combustión superiores a 900 °C , debido a la entrada incontrolada de aire por la boca para alimentación de combustible y al enfriamiento de los gases causado por el ingreso de todo el aire necesario para la reacción por debajo de la parrilla.

- Se obtienen elevadas pérdidas por combustión incompleta de bagazo (monóxido de carbono de 7 a 8%) debido a que la ubicación de la cámara de combustión (debajo de la superficie relativamente fría de la primera paila) impide eficiencias elevadas en la reacción.

- Debe utilizarse bagazo seco (humedad máx. 30%) el cual requiere largos periodos de secado en las bagaceras y quema inconvenientemente impidiendo la combustión completa de los componentes volátiles.

- **Sección de transferencia de calor:** La batería de concentración generalmente consta de pailas semiesféricas cuya geometría y disposición en el ducto impide a los gases alcanzar la superficie completa de exposición originando "áreas muertas", en consecuencia, el aprovechamiento de la energía de los gases de combustión es mínimo, especialmente cerca a la chimenea, hecho que se comprueba por la alta temperatura de



los gases a la salida del ducto. Por otra parte, en estas pailas la relación entre el área de transferencia de calor y el volumen de jugo contenido es muy pequeña, lo cual genera un alto tiempo de residencia de los jugos y una inversión apreciable de sacarosa.

Además por la forma de las pailas, el operario encargado de la distribución de los jugos a lo largo de la batería de concentración, debe realizar un gran esfuerzo para transportar los jugos de un paila a otra.

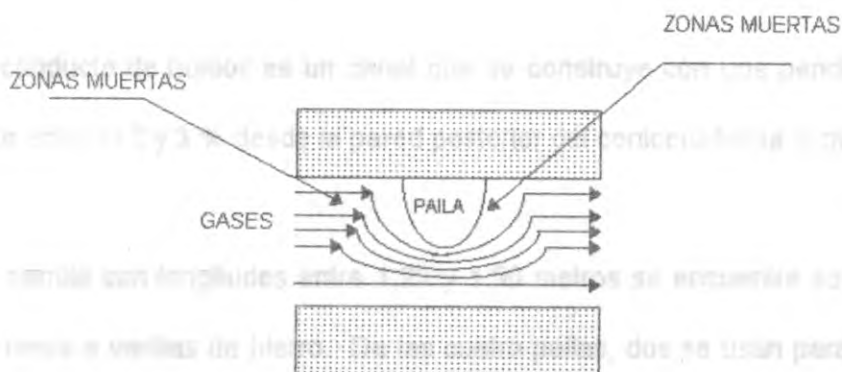


Figura 18. Zonas muertas en las pailas semicilíndricas.

La operación de concentración de los jugos se realiza en flujo continuo, es decir,

- Chimenea: Generalmente es muy baja ocasionando un tiro insuficiente, baja velocidad del flujo de los gases y disminución en la eficiencia del proceso de transferencia de calor.

#### 4.2.3 Tipos de hornillas tradicionales.

A continuación aparecen una serie de hornillas diseñadas antiguamente, pero que aún son usadas en algunas regiones del país, anteriores al modelo general presentado en la Figura 13 y Anexo A.

#### 4.2.3.1 Hornilla pequeña de cuatro vasijas.

Es la de construcción más sencilla dentro de las tradicionales (ver figura Anexo B), típica de la región de Rionegro en Cundinamarca. Tiene una longitud total de 10 metros, la chimenea es característicamente baja (2 a 5 metros) y las vasijas donde se concentran los jugos son cuatro pailas circulares con fondo de fundición de cobre o aluminio y falca en lámina de aluminio o hierro.

El conducto de humos es un canal que se construye con una pendiente ascendente en el piso entre el 2 y 3 % desde la pared posterior del cenicero hasta el pie de la chimenea.

La parrilla con longitudes entre 1,20 y 1,50 metros se encuentra constituida por secciones de rieles o varillas de hierro. De las cuatro pailas, dos se usan para la evaporación de los jugos frescos y en las otras dos se realiza la saturación de las mieles obtenidas en las primeros.

La operación de concentración de los jugos se realiza en flujo combinado, es decir, que la clarificación y la evaporación se inician en la paila ubicada cerca de la chimenea y a medida que avanza la concentración, las mieles se trasvasan sucesivamente a las otras pailas hasta llegar a la localizada sobre la parrilla. De esta última paila, la meladura se devuelve a la tercera paila donde se concentra hasta obtener el punto de la panela.

#### 4.2.3.2 Hornilla pequeña de cinco vasijas.

Típica de las zonas paneleras de los departamentos del centro y el oriente del país (ver Figura Anexo C), sus dimensiones son similares a las del tipo anterior. La variación de este tipo respecto al anterior consiste en una vasija semicilíndrica por dos pailas rectangulares de fondo plano o cóncavo. El procedimiento de operación es también, con relación a la dirección de los gases de combustión, de flujo combinado.

#### 4.2.3.3 Hornilla pequeña con dos cámaras de combustión.

Típicas de la zona panelera del norte del departamento de Cundinamarca (ver figura Anexo D). Su conformación se basa en la hornilla anterior, a la cual le es acondicionada una sexta paila en la parte anterior, paralela al sistema principal. Esta cámara adicional está montada sobre una cámara de combustión propia que se comunica con el ducto de humos de la hornilla para recibir el tiraje de la chimenea.

La dirección del flujo de los jugos en concentración es totalmente en contraflujo, es decir, contraria a la dirección de los productos de la combustión hacia la chimenea.

#### 4.2.3.4 Hornilla pequeña de ocho y más vasijas de concentración.

Típica del sur del departamento de Caldas y de los departamentos de Quindío y Risaralda (ver figura Anexo E). Se compone de cuatro pailas grandes y cuatro pequeñas, fabricadas con casquetes esféricos fundidos en cobre a los que les es soldada una pequeña falca en

lámina del mismo material. La longitud total de la hornilla es de 14 a 20 metros y su ancho es de 1,50 a 2 metros.

4.2.3.3. Hornilla para el procesamiento

A diferencia de los modelos anteriores, en estas hornillas se rellenan con cemento los espacios entre las vasijas de tal manera que estas quedan empotradas en la bóveda que cubre el conducto de humos, por lo cual todas las pailas son fijas. Para estas hornillas las chimeneas se usan de 5 a 8 metros.

La dirección del flujo de los jugos es en paralelo, es decir, en la misma dirección de los gases de combustión. Las operaciones de clarificación y evaporación se inician en la paila ubicada sobre la parrilla y a medida que avanza el proceso se pasan las mieles sucesivamente de vasija en vasija hasta llegar a la última, del lado de la chimenea, donde se logra el punto para la panela.

4.3 Modificaciones al diseño tradicional.

#### 4.2.3.5 Hornilla pequeña de sección transversal trapezoidal.

Para lograr las pailas de eficiencia insuccionales, se realizan las siguientes modificaciones:

Típica del norte del departamento de Caldas y en el sur de Antioquia (ver figura Anexo F).

La principal característica de esta hornilla es que la sección transversal de ducto de humos se va reduciendo progresivamente desde la cámara de combustión hasta la base de la chimenea. Las paredes laterales de la hornilla son construidas en secciones circulares y rectas sucesivas, buscando que haya un espacio circundante entre la pared y el fondo de las vasijas de tal manera que este sea envuelto en su totalidad por los gases de combustión. 7, 15, 20

El material con el que se construye es una mezcla de cemento y arena.

El uso de esta hornilla que se puede observar en:

### 4.3 HORNILLAS MEJORADAS.

En investigaciones realizadas por el CIMPA (Convenio ICA - Holanda para el mejoramiento de la panela, el cual operó hasta el año 1995) se encontró que por medio de un diseño adecuado, logrado a través de la corrección e implementación de algunos elementos de las hornillas paneleras tradicionales, se eleva su eficiencia térmica (relación entre el flujo de calor aprovechado y el suministrado) y se disminuyen sus requerimientos de combustible.

Para una eficiencia de 38% la hornilla es autosuficiente (no requiere combustible adicional al bagazo) y con eficiencias mayores, se obtienen excedentes de bagazo para cualquier humedad. En la Figura 19 aparece el esquema general de una hornilla mejorada, de acuerdo a las variaciones citadas a continuación.

#### 4.3.1 Modificaciones al diseño tradicional.

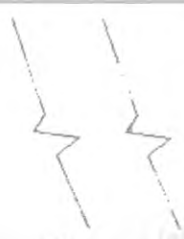
Para lograr los niveles de eficiencia mencionados, se realizan las siguientes modificaciones al diseño original.

##### 4.3.1.1 Cámara de combustión.

Es un espacio confinado que se encuentra igualmente ubicado en la parte anterior de la hornilla, donde se realiza la combustión; consta de cenicero y parrilla (en fundición de hierro gris) iguales a los descritos en las hornillas tradicionales, además de puerta de alimentación (fabricada en hierro gris) que en realidad es una boca ya que en la mayoría de los casos no tiene una hoja que se pueda abrir o cerrar.

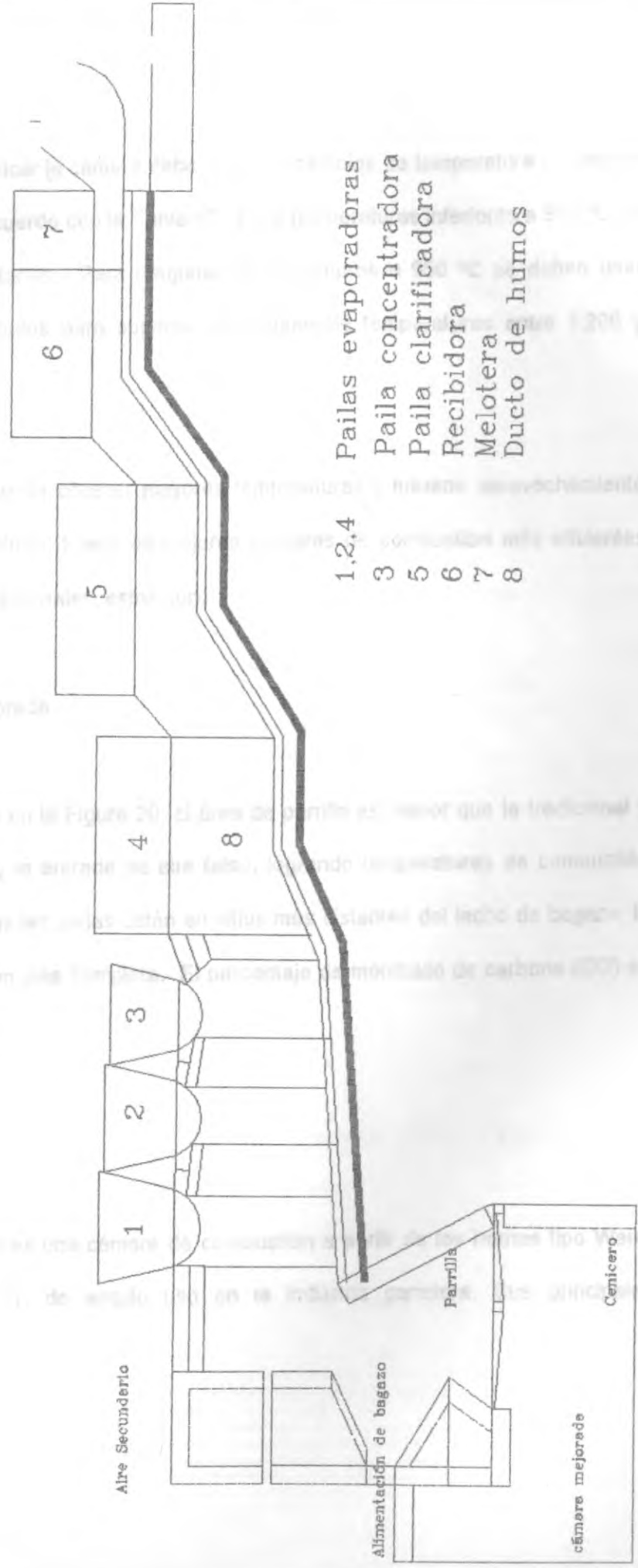


Canecas



Chimenea

Zona de transferencia de calor



- 1,2,4 Pailas evaporadoras
- 3 Paila concentradora
- 5 Paila clarificadora
- 6 Recibidora
- 7 Melotera
- 8 Ducto de humos

Figura 19. Hornilla mejorada.



El ladrillo utilizado para fabricar la cámara debe soportar cambios de temperatura en rangos entre 700 y 1.200 °C, de acuerdo con la Tabla 13. Para temperaturas inferiores a 950 °C se utilizan ladrillos semirefractarios. Para temperaturas superiores a 950 °C se deben usar ladrillos refractarios, diseñados para soportar eficientemente temperaturas entre 1.200 y 1.800 °C.

Una buena combustión permite obtener mayores temperaturas y máximo aprovechamiento de bagazo. Esto ha llevado al diseño de mejores cámaras de combustión más eficientes que las de las hornillas tradicionales, estas son:

- Cámara tradicional mejorada.

En esta cámara, mostrada en la Figura 20, el área de parrilla es menor que la tradicional y evita temperaturas bajas y la entrada de aire falso, logrando temperaturas de combustión mayores a 950 °C. Además las pailas están en sitios más distantes del lecho de bagazo, lo que origina una combustión más completa. El porcentaje de monóxido de carbono (CO) es de 5% aproximadamente.

- Cámara tipo Ward.

Como su nombre lo indica es una cámara de combustión a partir de los hornos tipo Ward, mostrada en la Figura 21, de amplio uso en la industria panelera. Sus principales características son:



La temperatura de combustión mayor, 1100 °C con un grado de 30% de humedad, el combustible es más eficiente y en todo el aire entra por debajo de la cámara de combustión, esto hace que la combustión sea más eficiente y el consumo de combustible sea menor.

En el caso de que la combustión es más eficiente el consumo de combustible se reduce por un 30%.

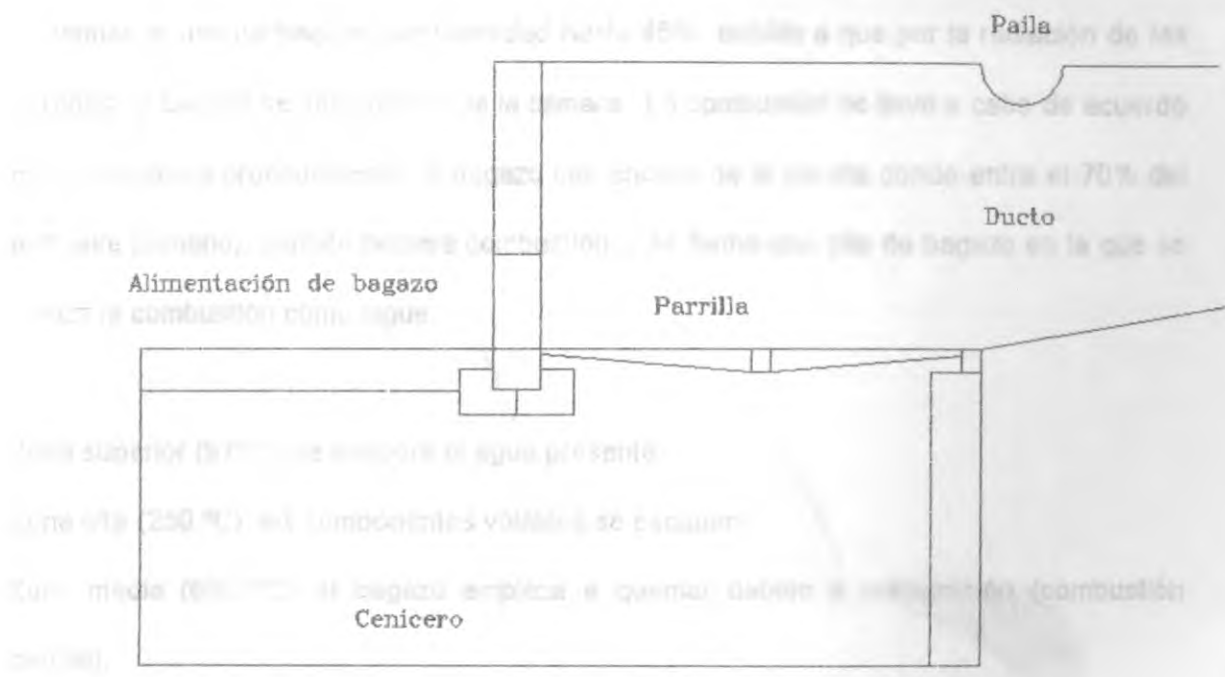


Figura 20. Cámara mejorada tipo CIMPA.

El tipo de combustible es combustible de los gases que abundan en el país, de bagazo como el maíz de carbón, volúmenes, térmico y carbón (aire) y en el punto de la parrilla de la cámara con el 30% restante de aire (humedad) que ingresa a través de válvulas de admisión en una cámara situada en la parte superior de la cámara de combustión. En el punto de la parrilla y la cámara (aire) húmedo ingresa a la cámara de combustión se produce la combustión.

- Temperatura de combustión mayor, 1100 °C con bagazo de 30% de humedad, debido a que la reacción de combustión es más eficiente y no todo el aire entra por debajo de la parrilla.

- Debido a que la combustión es más completa, el contenido de monóxido de carbono se reduce a 3-4 %.

- Permite el uso de bagazo con humedad hasta 45% debido a que por la radiación de las paredes, el bagazo se seca dentro de la cámara. La combustión se lleva a cabo de acuerdo con el siguiente procedimiento: el bagazo cae encima de la parrilla donde entra el 70% del aire (aire primario), permite primera combustión, y se forma una pila de bagazo en la que se realiza la combustión como sigue:

#### Humedad y tamaño del bagazo

Zona superior (97°C): se evapora el agua presente.

Zona alta (250 °C): los componentes volátiles se escapan.

Zona media (600 °C): el bagazo empieza a quemar debido a autoignición (combustión parcial).

Zona baja (1300 °C): se alcanza la combustión total.

#### Aspectos tecnológicos regionales.

Luego, los componentes combustibles de los gases que abandonan la pila de bagazo como monóxido de carbono, volátiles, hidrógeno y carbón suben y en el punto de la garganta se mezclan con el 30 % restante de aire (secundario) que ingresa a través de válvulas ubicadas en una cavidad situada en la parte superior de la cámara de combustión. En el espacio entre la garganta y la primera pila llamado segunda cámara de combustión se completa la combustión.

- Cámara Ward tipo CIMPA.

A este modelo se le adiciona una subcámara de presecado de bagazo, Figura 22. En esta se puede introducir bagazo con mayor humedad que en el tipo anterior. La temperatura de combustión depende de la humedad del bagazo, con 50 % de humedad se obtiene una temperatura de 950 °C, y se llega a obtener hasta 1200 °C con humedades algo menores.

#### 4.3.1.1.1 Selección de cámaras.

Para seleccionar el tipo de cámara adecuado para montar en una hornilla es conveniente tener en cuenta los siguientes parámetros:

- Humedad y tamaño del bagazo.
- Temperaturas requeridas.
- Capacidad de la hornilla.
- Aspectos socioculturales regionales.
- Aspectos socioeconómicos.

En la Tabla 13 es posible observar las temperaturas que pueden alcanzar cada una de las cámaras de combustión presentadas anteriormente, de acuerdo con el porcentaje de humedad del bagazo.

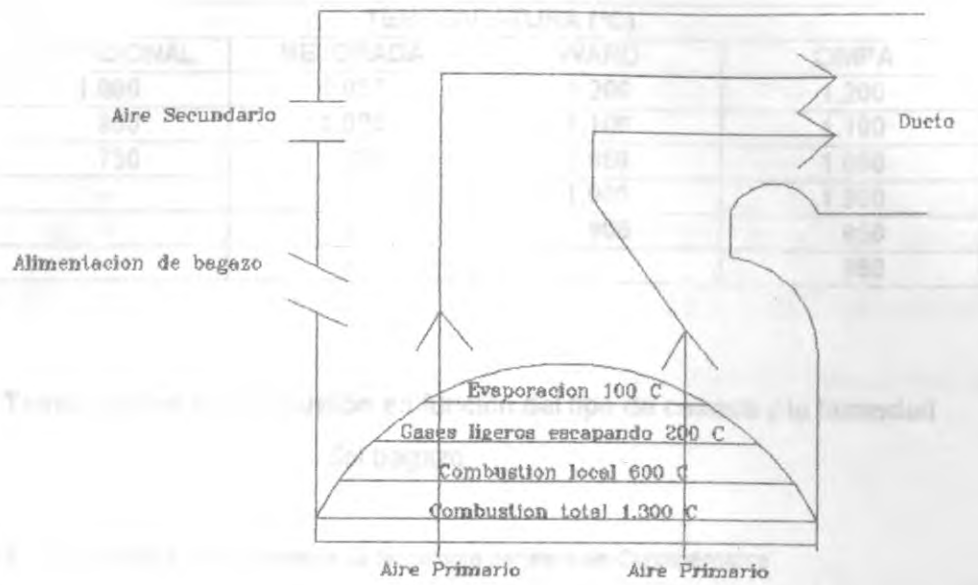


Figura 21. Cámara tipo Ward.

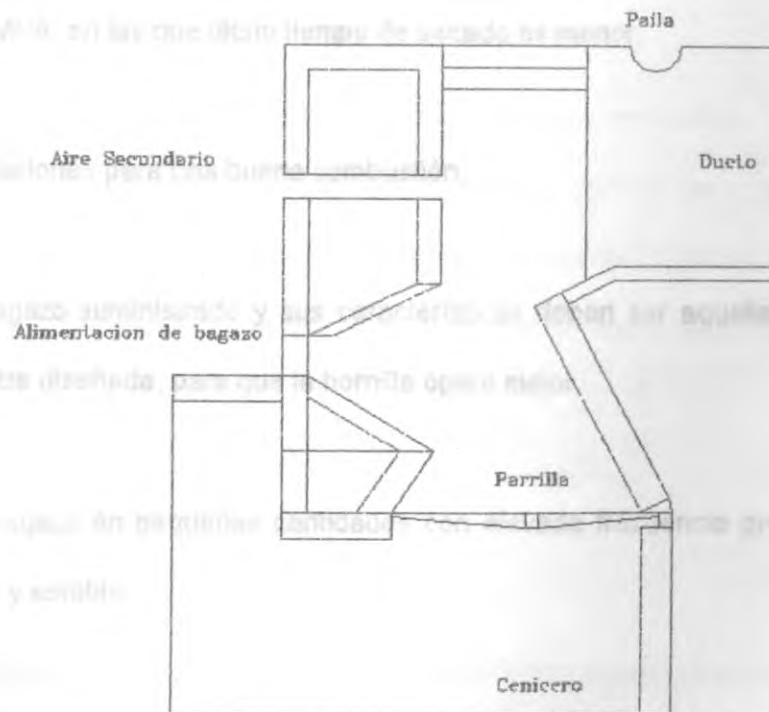


Figura 22. Cámara Ward tipo CIMPA.

HB (%)	TEMPERATURA (°C)			
	TRADICIONAL	MEJORADA	WARD	CIMPA
15	1.000	1.050	1.200	1.200
30	900	1.000	1.100	1.100
40	750	800	1.050	1.050
45	-	-	1.000	1.000
50	-	-	900	950
55	-	-	-	850

relación entre la cantidad de aire actual y la cantidad de aire mínima para la combustión.

El cual debe estar entre 1,4 y 1,8, debido a que los gases se oxidan demasiado con un

**Tabla 13. Temperaturas de combustión en función del tipo de cámara y la humedad del bagazo.**

FUENTE: Corpoica. Plan de ajuste y transferencia de tecnología panelera en Cundinamarca.

Para obtener temperaturas superiores a 1.000 °C en las cámaras tradicionales, se requiere un tiempo largo de secado del bagazo antes de ser utilizado, a diferencia de las cámaras Ward y Ward tipo CIMPA, en las que dicho tiempo de secado es menor.

#### 4.3.1.1.2 Recomendaciones para una buena combustión.

- La cantidad de bagazo suministrado y sus características deben ser aquellas para las cuales la hornilla fue diseñada, para que la hornilla opere mejor.
- El suministro de bagazo en pequeñas cantidades con elevada frecuencia produce una combustión buena y estable.
- Cuando el bagazo fresco cae encima, el montón de bagazo tiene la posibilidad de secarse antes de quemar.

- Es imprescindible una adecuada limpieza de la parrilla para garantizar una entrada de aire en forma regular.
- Para obtener una correcta combustión es necesario el suministro de aire en exceso, relación entre la cantidad de aire actual y la cantidad de aire mínimo para la combustión, el cual debe estar entre 1,4 y 1,6, debido a que los gases se enfrían demasiado con un exceso de aire superior.
- Se deben evitar las áreas frías sobre la cámara de combustión. El proceso de transferencia de calor se debe empezar cuando se haya completado la combustión.

#### 4.3.1.2 Ducto de humos.

También recibe el nombre de conducto de gases, camino o buque, entre otros. Las partes que constituyen el ducto son las paredes y muros de soporte, piso, arcos y pailas. Los ductos de las hornillas mejoradas se construyen en ladrillo refractario. El cálculo de su área es un factor determinante en la eficiencia del proceso de transferencia de calor hacia las pailas.

#### 4.3.1.3 Sección de transferencia de calor.

La disminución del tiempo de residencia de los jugos y eliminación de las "áreas muertas" se ha logrado mediante la utilización de pailas planas con aletas en el lado expuesto a los gases.

Figura 24. Paila protuberante.



En CIMPA se han evaluado pailas planas con aletas fundidas en aluminio que dieron buenos resultados desde el punto de vista de transferencia de calor, sin embargo estas pailas presentaron problemas de construcción, por lo cual fueron reemplazadas temporalmente por pailas de hierro con fondo plano y aletas soldadas, las cuales se colocan en el lado de los gases y aunque mejoran la eficiencia de las pailas semiesféricas, no alcanza la de las fundidas.

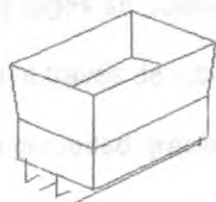


Figura 23. Paila aleteada.

Actualmente se están construyendo pailas planas pirotubulares, las cuales consisten en una serie de tubos o "huecos" que atraviesan la sección de las mismas expuesta a los gases de combustión.

La idea es hacer que los gases circulen por los tubos y de esta forma mejorar la transferencia de calor de los gases a la paila en su paso hacia la chimenea.

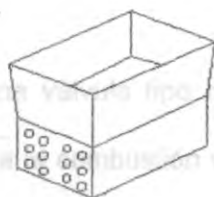


Figura 24. Paila pirotubular.

A las pailas aleteadas y pirotubulares se les ha denominado calderas y se utilizan para el proceso de clarificación, el cual se realiza en la paila más cercana a la chimenea (con excepción de la melotera que no forma parte del proceso de la panela) cuando se opera en flujo combinado. Por lo general esta paila se encuentra enterrada en el piso. La paila melotera es utilizada para producir meladura, la cual se utiliza como alimento para animales.

En las hornillas mejoradas los jugos se pueden transportar del molino a la paila recibidora por medio de una motobomba, a través de tubos. Para pasar los jugos de una paila a otra se usa tubería, aprovechando la gravedad gracias a que estas hornillas están construidas con cierta inclinación.

#### 4.3.1.4 Chimenea.

Básicamente es un conducto construido en ladrillo o en lámina de hierro, ubicado al final de la hornilla y empalmado directamente con el ducto de humos. Su forma puede ser cilíndrica, trapezoidal o cónica y sus dimensiones dependen de su forma y del tamaño de la hornilla.

Su función es crear una diferencia de presión, "tiro", que garantice el suministro del aire necesario para la combustión y el transporte de los gases a través del ducto.

En estas se ha colocado una válvula tipo mariposa para regular el tiro hasta un nivel adecuado, ya que el aire para la combustión varía de acuerdo con la humedad del bagazo. Adicionalmente se ha aumentado su altura con canecas metálicas con el fin de disminuir peso que se ganaría si se aumentara la altura con ladrillo.

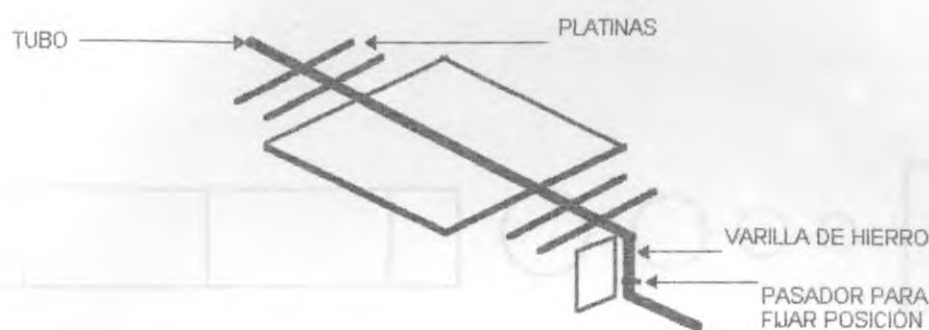


Figura 25. Válvula mariposa de la chimenea.

#### 4.3.2 Clasificación de las hornillas mejoradas.

Las hornillas mejoradas se clasifican de la forma presentada en la sección 4.1, es decir, en paralelo, en contraflujo y de flujo combinado.

El tipo de hornillas en paralelo mejorada aparece en la figura 26, estas hornillas predominan en los departamentos de Nariño, Antioquia, Caldas y Risaralda.

Las hornillas mejoradas de tipo en contraflujo son propias de los departamentos de Santander y Cundinamarca. Su forma de operación se esquematiza en la figura 27.

La mayor parte de las hornillas del país funcionan bajo el sistema de flujo combinado, aunque se encuentran principalmente en la hoya del río Suárez. El sentido de los jugos y/o mieles se puede observar en la figura 28.

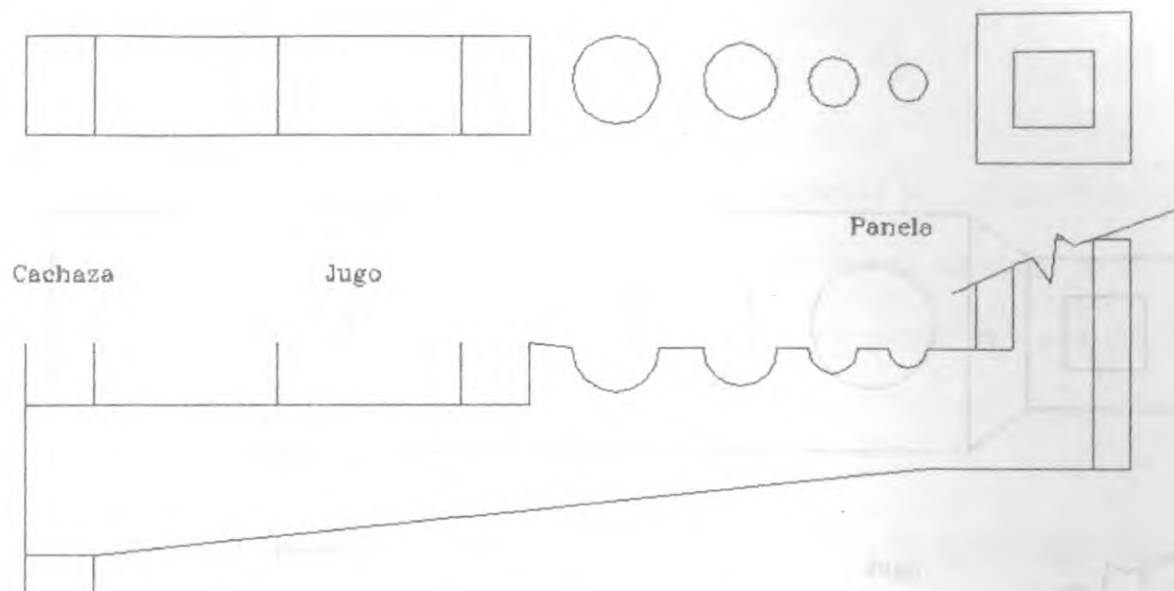


Figura 26. Hornilla mejorada de flujo en paralelo

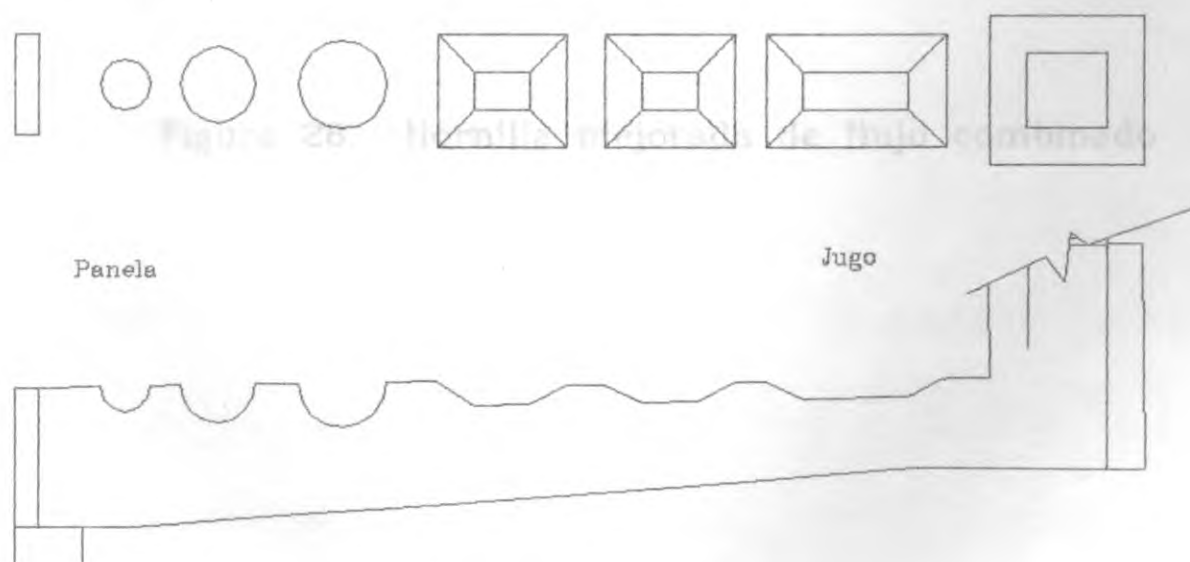


Figura 27. Hornilla mejorada tipo en contraflujo

En cuanto a calidad, se presenta una ventaja de las hornillas en contraflujo y de flujo combinado sobre las de paralelo, debido a que la clarificación se realiza en el sector de menor temperatura de la hornilla, lo cual garantiza un mayor tiempo para la acción de los clarificantes en el proceso de reducción de impurezas.

Adicionalmente, la evaporación del agua y la concentración de las mieles se efectúan en los puntos de mayor temperatura, logrando reducir el tiempo de residencia de las mieles en la hornilla, con lo cual se evita la formación de azúcares reductores y la coloración oscura de la panela.

En las hornillas en paralelo la clarificación es realizada en los puntos de mayor temperatura, obligando a manejar grandes volúmenes de jugo para lograr un proceso adecuado. Como la concentración se realiza en el sector de más baja temperatura, estas hornillas requieren un mayor número de pailas para esta parte final del proceso.

#### 4.3.3 Eficiencia térmica.

El balance térmico en una hornilla puede expresarse como:

$$Q_{sum} = Q_{apro} + Q_{per} = Q_{req} + Q_{per}.$$

Donde:

$Q_{sum}$  = Calor suministrado [KW].

$Q_{apro}$  = Calor aprovechado en la producción de panela [KW].

$Q_{per}$  = Calor total perdido [KW].  
 $Q_{req}$  = Calor requerido [KW].

La eficiencia es, la relación que existe entre el calor aprovechado para la producción de panela y el calor suministrado por el bagazo, es decir:

$$\eta = \frac{Q_{apro}}{Q_{sum.}} \times 100\%$$

Donde :

$\eta$  = Eficiencia térmica [%].

La eficiencia térmica determina la cantidad de energía aprovechada en la hornilla, al igual que la autosuficiencia energética del trapiche. La autosuficiencia se consigue cuando el bagazo producido por el molino es igual o mayor al consumido por la hornilla. 1,6,7, 8,15, 16, 24, 26

#### 4.4 SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE VAPOR

La tecnología del vapor permite que los procesos de producción de panela sean más efectivos, las temperaturas de trabajo en cada etapa son fáciles de controlar manteniendo constantes las presiones; transporta grandes cantidades de energía con poca masa. Utiliza como combustible carbón.



En general el sistema de vapor, para calentar los jugos y concentrarlos hasta el punto de panela, es efectivo por los grandes volúmenes de producción que se pueden manejar y por la gran calidad de la panela que se obtiene con este tipo de proceso.

En la actualidad en el país se encuentran en operación varios centros que manejan este tipo de tecnología con una buena producción, entre los cuales se encuentran:

- Centro de Maquinaria Agrícola para capacitación y producción de panela San Lorenzo, ubicado en Río Sucio, departamento de Caldas.
- Panela Los Gavilanes, ubicado en Pereira en el departamento de Risaralda.
- Los paneleros de la vereda Santa Bárbara del municipio de Manzanares en el departamento de Caldas, los cuales montaron una tecnología de vapor de 100 caballos para procesar panela industrialmente. Este montaje, llamado Santa Bárbara Alta, tuvo un costo de 85 millones de pesos.

En este proceso, el jugo entra a unos tanques de sedimentación y filtración de impurezas, para luego ser conducido por una motobomba hasta el primer tanque de almacenamiento para 1800 litros. Allí se agrega el balso, como agente coagulante y retenedor de impurezas para el descachazado y se calienta el jugo con el vapor generado con una caldera alimentada con el bagazo de la caña regulando la temperatura sin afectar el producto final.

Posteriormente el jugo pasa por dos recipientes más, hasta llegar a los tanques concentradores lugar en el cual se logra el punto de panela. Este centro ubicado en el departamento de Caldas a diferencia de los dos anteriormente citados consume sólo bagazo con el fin de evitar la deforestación ya que por lo menos 3.244 paneleros de ese departamento utilizan leña en el trabajo de los trapiches. Hasta ahora cada hornilla requiere 1 kilogramo de leña por kilogramo de panela. 2

en bagazo,

#### 4.5 SISTEMA DE HORNILLAS Y ALIMENTADOR AUTOMÁTICO DE CARBÓN TIPO "STOKER".

Este sistema consiste en la implementación de un alimentador automático de carbón, en el modelo de hornillas con cámara de combustión y pailas para procesar la panela.

Actualmente se utilizan alimentadores automáticos tipo "stoker" en las hornillas de las ladrilleras con mucha efectividad. En la industria panelera se utilizan en la localidad de candelaria, departamento del Valle, en Panela El Triángulo.

La diferencia entre la industria ladrillera y la panelera es que en la industria panelera se tiene la opción de utilizar el bagazo como combustible (sin costo), en cambio la industria ladrillera no presenta esa ventaja. 13

Donde:

WCFI = Valor calorífico neto del bagazo (MJ/kg)

W = Humedad del bagazo (%)

## 5. CONSUMO DE ENERGÉTICOS.

La energía utilizada en la evaporación del agua presente en los jugos y concentración de los mermos dentro de la hornilla, proviene de varios combustibles, de los cuales el principal es el bagazo.

Pero como es ya claro, se utilizan combustibles adicionales a este como lo son leña, guadua, cisco de café, cascarilla de arroz, carbón mineral, caucho (llantas usadas), ACPM y en algunas zonas aceite quemado.

La energía obtenida de un combustible depende de la cantidad utilizada y de su poder calorífico, que es la energía interna de un material, por unidad de masa que es liberada en el momento de la combustión. En el caso de los combustibles sólidos, está en función de la composición química elemental y del contenido de humedad.

El valor del poder calorífico neto del bagazo, en función de la humedad, se puede expresar de la forma siguiente:

$$VCN = 17,765 - 20,27 \times (HB/100)$$

Donde:

VCN = Valor calorífico neto del bagazo [MJ/kg]

HB = Humedad del bagazo [%]

El bagazo cuando se encuentra seco se compone de :

Carbón (47%).

Oxígeno (44%).

Hidrógeno (6,5%).

Cenizas (2,5%).

Su densidad es 86,49 Kg/m<sup>3</sup> y su valor calorífico neto comparado con el de otros combustibles es bajo, como se puede observar en la Tabla 14.

COMBUSTIBLE	VALOR CALORIFICO NETO (MJ/Kg)
Bagazo (30% humedad)	11,7
Leña (20 % humedad)	14,6
Carbón semibituminoso	25,8
Carbón bituminoso	30,2

Tabla 14. Valor calorífico neto del bagazo comparado con otros combustibles.

FUENTE : Corpoica. Manual de hornillas.

La humedad del bagazo cuando sale del molino varía inversamente proporcional con el nivel de extracción, el cual a su vez está en función del contenido de fibra de la caña. Lo anterior

se puede observar en la Tabla 15.

FIBRA DE CAÑA (%)	EXTRACCIÓN (%)	HUMEDAD (%)
11	50	65
	55	63
	60	60
14	50	60
	55	57
	60	54
17	50	55
	55	52
	60	48

Tabla 15. Humedad del bagazo relacionado con la extracción y el porcentaje de fibra.

FUENTE: Corpolca. Manual de hornillas.

El bagazo nunca se encuentra totalmente seco y su contenido de humedad también depende del tiempo de secado, el cual se realiza en unos cobertizos denominados bagaceras, y de las condiciones ambientales de la zona.

La fibra de la caña está compuesta de la siguiente manera:

Celulosa (52%).

Hemicelulosa (29%).

Lignina (19%).

En la combustión del carbono (C) que posee el bagazo se pueden presentar dos reacciones: una en la cual la combustión es incompleta y el producto final es monóxido de carbono (CO) y otra en donde la combustión es completa y se obtiene dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), como se observa a continuación:





DEPARTAMENTO	1996	1997	1998	1999	2000
ANTIOQUIA	1'148.441	1'163.874	1'179.490	1'195.293	1'211.283
ATLÁNTICO	286.987	292.582	298.281	304.084	309.995
BOGOTÁ D.C	6.025	6.127	6.231	6.336	6.444
BOLIVAR	696.063	707.941	720.007	732.264	744.714
BOYACÁ	765.708	772.376	779.087	785.840	792.636
CALDAS	263.201	264.275	265.347	266.419	267.490
CAQUETA	206.794	211.456	216.219	221.086	226.057
CAUCA	671.509	679.976	688.536	697.188	705.936
CESAR	364.374	371.637	379.037	386.576	394.258
CORDOBA	727.021	737.086	747.276	757.592	768.035
CUND/MARCA	727.451	742.500	757.843	773.489	789.442
CHOCÓ	277.283	281.750	286.283	290.884	295.553
HUILA	397.287	403.753	410.317	416.980	423.742
GUAJIRA	105.992	108.137	110.325	112.554	114.826
MAGDALENA	514.198	521.273	528.436	535.686	543.025
META	161.509	165.257	169.089	173.005	177.010
NARIÑO	703.010	711.268	719.608	728.032	736.540
N. SANTANDER	570.165	578.568	587.082	595.711	604.454
QUINDÍO	71.105	71.619	72.135	72.653	73.174
RISARALDA	172.661	175.473	178.327	181.223	184.163
SANTANDER	602.241	609.850	617.541	625.318	633.180
SUCRE	415.352	420.575	425.855	431.193	436.589
TOLIMA	487.431	490.576	493.730	496.895	500.070
VALLE	514.277	521.484	528.781	536.170	543.651
EX. TERRIT. NALES.	346.228	355.489	365.041	374.889	385.047
<b>TOTAL</b>	<b>11'202.315</b>	<b>11'364.901</b>	<b>11'529.904</b>	<b>11'697.361</b>	<b>11'867.313</b>

Tabla 16. Consumo de leña. Toneladas anuales. Total departamental.

FUENTE : Ecocarbon. Perspectivas de sustitución de leña por carbón mineral.

El consumo de leña en la industria panelera presenta diversas causas:

Una de las razones por las cuales se sigue consumiendo leña y otros combustibles que afectan el medio ambiente, es la existencia en operación de hornillas tradicionales, las cuales por su baja eficiencia térmica no son autosuficientes y sus dueños deben recurrir a combustibles adicionales.

En la Tabla 17 se presenta el consumo, en hornillas paneleras, de leña y caucho, combustibles más usados en esta agroindustria junto con el bagazo, en la cual se observa claramente que el consumo de leña es bastante alto en la mayoría de los departamentos del país.

DEPARTAMENTO.	LEÑA	CAUCHO
ANTIOQUIA	269.796,01	6.237,53
BOYACÁ	177.457,28	50.484,56
CALDAS	87.016,49	0,00
NARIÑO	304.555,31	55.262,05
CUND/MARCA	359.717,29	0,00
CAUCA	95.231,61	2.349,10
HUILA	0,00	0,00
RISARALDA	23.260,02	455,10
N. SANTANDER	51.281,97	2.209,64
TOLIMA	98.573,06	13.516,28
QUINDÍO	5.662,15	2.356,19
CHOCÓ	0,00	0,00
CAQUETÁ	0,00	0,00
VALLA	0,00	0,00
SANTANDER	287.359,28	11.687,97
PUTUMAYO	0,00	0,00
TOTAL	1'759.910,46	144.558,42

Tabla 17. Consumo de dos de los combustibles complementarios al bagazo, en trapiches paneleros. 1993.

FUENTE: Ecocarbon. Perspectivas de sustitución de leña por carbón mineral.

Desde otro punto, el problema radica parcialmente, en que se han diseñado hornillas para consumir exclusivamente bagazo, pero como los combustibles adicionales al bagazo tienen poder calorífico superior a este (Tabla 14.), producen eficiencias mayores al ser utilizados en dichas hornillas.

Cuando los dueños de los trapiches necesitan producir panela rápidamente, siendo este un problema de programación incorrecta de la producción, recurren a los combustibles adicionales y observan que dan mayor eficiencia (si son eficientes con bagazo, lo son aún más con combustibles de mayor poder calorífico), lo que ocasiona el uso permanente de combustibles alternos.

El problema podría plantearse entonces, como una consecuencia de la falta de consciencia de los productores de panela encaminada a la protección de los árboles y del medio ambiente. Utilizan lo que creen les es más favorable y no les importa producir daños.

Por otra parte, el inconveniente de las hornillas mejoradas podría ser, que fueron calculadas para operar en una región determinada (Santander, donde se encuentra las instalaciones del CIMPA), y allí funcionan bien, pero si se montan en otras regiones, presentan problemas de operación y por esta razón los productores utilizan combustibles adicionales.

Las empresas productoras de carbón, quienes encaminan sus opiniones y estudios hacia el uso del carbón en las hornillas, consideran que las hornillas mejoradas no son tan buenas: "Aunque el CIMPA considera que hoy aproximadamente un 10% de los trapiches existentes en la hoya del río Suárez son autosuficientes, la visita de campo realizada durante este estudio indica que esta cifra es demasiado optimista, pues hasta hornillas que tienen instalada su tecnología han comenzado a acudir a caucho o lecha como combustible complementario"<sup>1</sup>

<sup>1</sup> TORRES RESTREPO, José Eddy. Perspectiva de sustitución de leña por Carbón mineral. Informe de Avance de consultoría. Ecocarbón. Santafé de Bogotá. D.C. 1995.

DEPTO.	PRODUCCIÓN TOTAL (Ton)	PRODUCCIÓN DE PANELA POR MEZCLA DE COMBUSTIBLES (Ton)				
		BAGAZO	BGZ-LÑ	BGZ-GUADUA	BGZ- CAUCHO	BGZ- CARBÓN
ANTIOQUIA	139.579,50	10.580,13	109.597,82	13.036,73	6.364,83	
BOYACÁ	150.892,50	105,62	88.287,20	0	60.824,77	1.674,91
CALDAS	39.908,50	3.192,68	17.160,66	19.555,17	0	
NARIÑO	142.796,00	1.713,55	98.243,65	0	42.838,80	
CUND/MARCA	179.666,40	21.200,64	158.465,76	0	0	
CAUCA	45.175,00	316,23	39.754,00	3.930,23	1.174,55	
HUILA	24.808,40	223,28	14.612,15	1.488,50	8.484,47	
RISARALDA	13.653,00	1475,89	11.265,09	542,02	370,00	
N. SANTANDER	29.523,30	224,38	26.570,97	0	2.792,95	
TOLIMA	66.786,00	8982,72	41.300,46	2123,79	14.379,03	
QUINDÍO	3.653,00	0	608,96	1217,54	1.826,50	
CHOCÓ	4.571,80	0	0	0	0	
CAQUETÁ	11.380,00	0	0	0	0	
VALLA	78.354,80	0	0	0	0	
SANTANDER	169.126,20	473,50	153.668,07	0	14.984,58	
PUTUMAYO	900,00	0	0	0	0	

Tabla 18. Producción de panela según mezcla de combustibles. 1993.

FUENTE: Ecocarbón. Perspectivas de sustitución de leña por carbón mineral.

Lo cierto es que en la Hoya del río Suárez, región importante por su tecnología y nivel de producción, así como algunas otras regiones del país de las cuales se anexan formularios de costos de producción facilitados por el MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL (Anexo G), es claro el consumo de leña en la industria panelera.

En la Tabla 18, se observa la cantidad de panela producida exclusivamente con bagazo y con las mezclas de bagazo y cada uno de los más comunes combustibles adicionales en los departamentos productores.



## 6. VIABILIDAD DE IMPLEMENTACIÓN DE TECNOLOGÍA

Las alternativas presentadas para implementar el uso exclusivo de bagazo de caña como combustible en las hornillas paneleras, mediante aumento de la eficiencia térmica de las mismas, permiten evitar la deforestación y contaminación ambiental.

Las soluciones conocidas y usadas actualmente son las siguientes:

### 6.1 SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE VAPOR

Este sistema presentado en la sección 4.4, presenta el inconveniente de no permitir la modificación de las hornillas tradicionales para su implementación, lo cual representa costos elevados de montaje y pérdida de las instalaciones para transferencia de calor existentes.

Por la anterior característica, este sistema es más conveniente para trapiches nuevos y que estén proyectados a una gran producción lo cual permite la recuperación a corto plazo de la inversión.

El costo aproximado de estos equipos es de \$ 85'000.000.00, incluyendo el molino cuyo valor es de \$ 20'000.000.00 aproximadamente, inversión que puede obviarse en caso de implementar esta tecnología en un trapiche existente. 2



### 6.1.1 Ventajas.

- Los equipos pueden ser modulares y de fácil manejo.
- Mayor eficiencia térmica frente a las hornillas comunes (eficiencia térmica 72%)
- Consumo de bagazo como combustible adicional (el principal es carbón), lo cual reduce costos de producción.
- Fácil control operativo y de la calidad del producto final.

### 6.1.2 Desventajas.

- Los costos inicial y de mantenimiento son altos.
- El proceso de tratamiento del agua de alimentación de la caldera que produce el vapor es costoso pero esencial.
- No aprovecha al máximo el gran volumen de bagazo producido en la extracción de los jugos (con excepción del centro Santa Bárbara Alta en el departamento de Caldas, ver sección 4.3).

## 6.2 SISTEMA DE HORNILLAS Y ALIMENTADOR AUTOMÁTICO DE CARBÓN TIPO "STOKER".

El sistema de alimentador de carbón o "stoker", se puede adaptar a una hornilla tradicional, ya que su función es alimentar la cámara de combustión con carbón, de una manera automática lo cual permite exactitud en la proporción suministrada y por consiguiente obtener una combustión adecuada.

El costo aproximado del alimentador de carbón es de \$ 7'500.000.00, valor que no incluye el costo de infraestructura y hornilla ni del molino. Si la hornilla es tradicional, es necesario invertir adicionalmente en el mejoramiento de la misma para obtener mayores beneficios con el alimentador automático.

### 6.2.1 Ventajas.

- Aceleración del proceso de evaporación debido al alto poder calorífico del carbón, sumado a la alta eficiencia del "stoker" y aumento de la capacidad de producción de panela.
- Con el calor suministrado por el carbón no es necesario utilizar combustibles adicionales (al carbón, el bagazo aprovechado es mínimo).
- El "stoker" presenta la ventaja de ser regulable y puede suministrar de 0 a 400 Kg de carbón / hora.

### 6.2.2 Desventajas.

- Costo elevado.
- Mínimo aprovechamiento del bagazo, en cambio se utiliza carbón, el cual se debe comprar y su consecución puede ser difícil en determinadas zonas del país. 13

### 6.3 HORNILLAS MEJORADAS

Estas hornillas presentadas en detalle en la sección 4.3, son probablemente la tecnología más importante, si el objetivo es implementar el uso exclusivo de bagazo en la industria panelera, a diferencia de las anteriores que presentan al bagazo como combustible suplementario.

En las instalaciones de CORPOICA en Tibaitatá, en la dependencia de Maquinaria Agrícola y Post-cosecha, están trabajando permanentemente en el mejoramiento de estas hornillas, brindándole al productor la tecnología necesaria de acuerdo a las necesidades o características de cada uno de ellos.

Lo más importante es que esta tecnología está siempre encaminada a evitar el consumo de leña y la contaminación ambiental.

El costo de esta tecnología consiste en las mejoras señaladas en la sección 4.3.1 y depende de si el sistema es para mejorar una hornilla existente o si se va instalar en un trapiche nuevo, también influye el tipo de cámara de combustión implementada, la cantidad de producción proyectada, los materiales usados y otros parámetros.

### 6.3.1 Ventajas.

- Es la tecnología que mejor aprovecha el bagazo para generar la energía y su diseño está encaminado a tal acción.

- Esta alternativa busca evitar la contaminación generada por el proceso de transferencia de calor.

- Conserva el esquema de las hornillas tradicionales y permite una adaptación de las mismas.

- Su costo no es tan elevado como el de otras alternativas.

### 6.3.2 Desventajas.

- Cuando no es utilizado exclusivamente bagazo, los paneleros recurren a combustibles adicionales contaminantes y leña.

## 7. CONCLUSIONES

La industria panelera, no obstante ser una de las más antiguas en el país y además de su demostrada importancia, evoluciona con demasiada lentitud. Su dispersión por todo el territorio nacional, los sistemas aún tradicionales empleados en su elaboración y el criterio artesanal manejados en algunas regiones han retrasado el proceso de industrialización.

La etapa más importante en la fabricación de la panela es la clarificación, en lo que se refiere a su color, característica determinante de la calidad. En cuanto a la textura o grano, otra de sus características de calidad, las etapas importantes de la fabricación de la panela son la concentración y la punteada.

El producto sufre, a menudo, deterioros durante el almacenamiento, como son los cambios de color, el ablandamiento de la superficie y el desarrollo o crecimiento de hongos.

Estos deterioros dependen de las condiciones climáticas de temperatura y humedad ambiente; de la higroscopicidad de la panela, es decir, de la propiedad que tiene para absorber humedad, según las circunstancias del medio, y del tipo de empaque empleado en la protección del producto.

A pesar del desarrollo lento de la industria, algunas de las hornillas que hay actualmente en Colombia para procesar panela, han sufrido variaciones importantes últimamente, todas ellas con el fin de mejorar sus eficiencias térmicas.

Los cambios más importantes realizados en las hornillas, se encuentran en el diseño de cámaras de combustión más eficientes, ya que al tener niveles bajos de temperatura en las mismas, se consume combustible en grandes cantidades pero la generación de calor es baja.

Además, se ha mejorado la sección de transferencia de calor de los gases de combustión a las pailas donde se encuentra el jugo de caña, materia prima de la panela. Los cambios han sido encaminados a aumentar el área de transferencia de calor y mantener la temperatura de los gases.

Es importante el aprovechamiento de los gases dentro de la hornilla mientras están calientes, ya que en algunas, los gases se expulsan a la atmósfera muy calientes, es decir, no se aprovechan y además se crean problemas ambientales.

En la sección de extracción de los gases al exterior de la hornilla, es importante el mejoramiento de la chimenea, encargada de extraer los gases y enviarlos al exterior.

El objetivo final de estos cambios es usar como combustible, exclusivamente bagazo de caña, para evitar el consumo de leña y otros combustibles que producen efectos negativos tales como deforestación y contaminación. También es importante el aumento del rendimiento en la producción y la calidad de la panela logrados con estas variaciones.

En cuanto al rendimiento (toneladas de panela por hectárea de caña sembrada) es importante señalar que en algunas regiones es bastante bajo, por causas variadas como: cantidad de jugo en la caña, porcentaje de extracción, etc.



Lo anterior hace que algunos departamentos del país, a pesar de tener una gran extensión de caña sembrada, su producción no es la esperada.

El problema del consumo de combustibles adicionales al bagazo en la industria panelera, en gran parte se debe al bajo valor del poder calorífico del bagazo frente a los otros combustibles, hecho que lo pone en desventaja.

La idiosincracia del panelero, juega un papel importante en este proceso de implementación de uso exclusivo de bagazo, ya que finalmente son ellos quienes alimentan los equipos con combustible y deciden cual de ellos utilizar.

Otro aspecto importante en relación a este tema es, hasta cierto punto, los intereses de las personas que investigan en este campo. Como ejemplo se encuentra el de las industrias de carbón, cuyo objetivo es implementar el uso del carbón en la industria panelera dejando un poco de lado la opción del uso del bagazo que es un recurso renovable y los paneleros no tienen que pagar por él a diferencia de los combustibles adicionales.

## GLOSARIO

**ALZADOR:** Persona encargada de transportar la caña desde el cultivo hasta el molino.

**BAGAZO:** Producto remanente de la molienda de la caña luego que se ha extraído el jugo que posee la misma.

**BAGACERA:** Bodega donde se almacena y se seca el bagazo.

**BATEA:** Recipiente de tamaño relativamente grande utilizado para almacenar momentáneamente la meladura una vez sale de la paila punteadora y antes de ser batida y moldeada.

**BATERÍA DE CONCENTRACIÓN:** Es el conjunto de pailas ubicadas sobre el ducto de humos, mediante las cuales se transfiere calor de los productos de combustión hacia los jugos y mieles.

**BATIDO:** Proceso que se realiza a la meladura con el fin de obtener una masa homogénea en cuanto a textura y color, que posteriormente se vierte en los moldes.

**BOJOTE:** Fardo de bagazo.

**BOJOTERO** : Encargado de formar el bojote de bagazo y de transportarlo por medio de una camilla hasta la bagacera.

**CACHAZA**: Producto aglutinado formado por la mezcla de los agentes clarificantes con los sólidos en suspensión y demás impurezas del jugo, el cual al flotar puede ser retirado fácilmente.

**CAJAS O POZUELOS** : Recipientes de madera o metálicos donde se recoge el jugo después de extraído.

**CALDEROS**: Pailas de gran tamaño en las cuales se realiza el proceso inicial para la evaporación del agua contenida en los jugos de la caña.

**CAMILLA**: Instrumento del trapiche por medio del cual se puede transportar el bagazo, el cual se asemeja a una camilla médica y de allí su nombre.

**CAZO**: Elemento similar a una cuchara de gran tamaño, con el cual se pueden retirar impurezas del jugo tales como la cachaza, y para pasar los jugos de una paila a otra o de la paila punteadora a la batea.

**COGOLLO**: Ramas o semillas que posee la caña y deben ser retiradas antes de la molienda.

**CONCHO**: recipiente que sirve para depositar la meladura, previamente batida, en los moldes o gaveras que dan forma a la panela.

**DESCOGOLLADOR:** Trabajador del trapiche encargado de cortar el cogollo de la caña y de apilar la misma ordenadamente.

**ENRAMADA:** Nombre dado a los cobertizos construidos con el fin de proteger el molino o algún otro elemento del trapiche.

**ENVASE:** Embalaje destinado a contener y proteger los productos individuales hasta su consumo final.

**EMBALAJE:** Objeto destinado a contener temporalmente un producto o conjunto de productos durante su manipulación, su transporte, su almacenamiento o su presentación a la venta, a fin de protegerlos, identificarlos y facilitar dichas operaciones.

**HELADURA:** O mol, se llama a los jugos de caña que se hacen al grado de concentración tal que

**EMPACADOR:** Empleado encargado de empacar la panela adecuadamente y seleccionándola.

**NUMERO DE DEFECTOS:** Cantidad en unidades de raíces de vegetales, montos, huecos

**EXTRACCIÓN:** Proceso mediante el cual se obtienen los jugos que posee la caña de azúcar mediante un implemento llamado molino o trapiche.

**PALAS O FONDOS:** Recipientes en los cuales se deposita el jarrope para realizar jugos

**FALCA:** Parte de las pailas en la cual se encuentra depositado el jugo.

**GAVERAS:** Moldes en los cuales se da la forma de panela a los jugos cuando están a punto.

**CAJELA:** Producto sólido obtenido por evaporación de los jugos de la caña de azúcar.

**CAJELA:** Producto sólido obtenido por evaporación de los jugos de la caña de azúcar.

**GRANO** : Grado de concentración de los jugos de la caña en el cual aparecen cristales de sacarosa. Textura final de la panela.

**GUARAPO**: Es llamado de esta forma al jugo de la caña antes de la evaporación del agua presente en ellos.

**HORNILLERO** : En la industria panelera es el encargado de mantener limpia y bajo correcto funcionamiento las hornillas.

**MATERIA EXTRAÑAS** : Son los restos de vegetales, insectos, huevos de insectos, larvas, pelos de roedores, arena, tierra u otro tipo de impurezas presentes en la panela.

**MELADURA**: O miel, se llama a los jugos cuando tienen el grado de concentración tal que se pueden pasar al proceso de batido.

**NÚMERO DE DEFECTOS** : Cantidad en unidades de resto de vegetales, insectos, huevos de insectos, pelos y larvas.

**PAILAS O FONDOS**: Recipientes en los cuales se deposita el guarapo para realizar todos los procesos de transferencia de calor de los productos de la combustión hacia el jugo.

**PAILA PUNTEADORA**: Es la paila en la cual se le haya el punto de panela a la miel.

**PANELA** : Producto sólido obtenido por evaporación de los jugos de la caña de azúcar, elaborado en los establecimientos denominados trapiches paneleros.

**PANELA ADULTERADA :** Aquella a la cual se le han adicionado productos no permitidos o se la han sustituido parte de sus elementos constitutivos naturales.

**PANELA ALTERADA :** Aquella que ha sufrido cambios en su color, textura y apariencia debido a ataques de insectos, roedores, ablandamiento o fermentaciones, generalmente ocasionadas por deficiencias en la fabricación y/o en el almacenamiento.

**PANELA CUADRADA Y RECTANGULAR :** Aquella que tiene forma geométrica de un paralelepípedo.

**PANELA DESPORTILLADA O PARTIDA :** Aquella panela que por golpes o manipulación inadecuada ha sufrido roturas, quedando fragmentos o trozos de una panela.

**PANELA EN FORMAS :** Aquella que por el sistema de moldeo se obtiene en diferentes formas.

**PANELA EN POLVO O GRANULADA :** Aquella que por procesos de deshidratación o de molienda se obtiene en forma de polvo o granulada.

**PANELA REDONDA :** Aquella cuya forma se puede comparar con una semiesfera regular, bien sea achatada o aplanada.

**PANELERO :** Persona encargada de mantener un bateo constante a los jugos hasta obtener el punto de panela, posteriormente debe depositar dichos jugos sobre la gavera.



**PRENSERO** : Trabajador encargado de recibir la caña cortada y posteriormente alimentar el molino.

**PROCESADOR DE PANELA** : Quién sin ser cultivador de caña la adquiere, le extrae el jugo, lo evapora y elabora panela o miel sin exceder su capacidad de molienda de 10 toneladas por hora.

**PUNTEADOR O TEMPLADOR**: Persona encargada de retirar las impurezas, tales como cachaza, además de realizar el proceso de concentración de los jugos.

**PUNTO**: Es el estado en el cual la miel se espesa y dentro de ella se encuentran cristales de sacarosa suspendidos.

**RAYA**: Se denomina así al instante en el cual el pozuelo se llena con el jugo que sale del molino.

**RELIMPIADOR** : Empleado del trapiche encargado de quitar cisco, natas y bagacillo presentes en el jugo. También debe retirar la cachaza del jugo en los fondos.

**REMO**: Instrumento que se utiliza para batir la meladura hasta obtener una masa homogénea en cuanto a textura y color.

**SÓLIDOS SEDIMENTABLES** : Cantidad de materia extraña (arena, tierra y otros) que se determina por sedimentación.

**TEXTURA :** Característica de la panela debida a la relación de azúcares reductores y sacarosa, que determina su consistencia o dureza.

**TOLINCHERO :** Trabajador del trapiche encargado de distribuir el melado en la gavera para dar la forma final a la panela.

**TRAPICHE PANELERO :** Establecimiento donde se extrae el jugo de la caña de azúcar y se elabora la panela cumpliendo con las disposiciones legales vigentes.

3. CASTAÑEDA, Carlos. El cultivo panelero en la zona del Eje Sur del Valle del Cauca y sus implicaciones sociales en la comunidad. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Sociales, Bogotá, D.C., noviembre de 1997.

4. CENTRO DE ESTUDIOS GANADEROS Y ZOOTECNICOS. Estadísticas del sector agropecuario. En: Anuario Demográfico de la América de Bogotá, D.C., septiembre de 1998, pp. 51, pag 215.

5. CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE LA CAÑA DE AZÚCAR. Oficina Institucional de tecnología para el cultivo y procesamiento de caña panelera en Colombia. Nariño de Bogotá, D.C., 1993.

6. COLABORACIÓN. HERRERAS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA PANELA. Avances en el cultivo de la caña y elaboración de panela en el Valle del Cauca. Cali, diciembre de 1997.

## BIBLIOGRAFÍA

- 1 BEDAUX W, Michael. An Investigation on the Improvement of the evaporation Installations as used in the traditional cane sugar industry in Colombia. CIMPA. Barbosa, 1989.
- 2 CABRERA, Winston. La panela se vuelve ecológica y moderna en: EL TIEMPO. Santa Fé de Bogotá. D.C. Abril 26 de 1997. páginas 1B y 3B.
- 3 CASTAÑEDA, Luis A. El ingenio panelero en la hoya del Río Suárez y sus repercusiones sociales en la comunidad. Universidad de La Sabana, Ciencias sociales. Santafé de Bogotá, D.C., noviembre de 1984.
- 4 CENTRO DE ESTUDIOS GANADEROS Y AGROPECUARIOS. Estadísticas del sector agropecuario. En: Coyuntura Colombiana. CEGA. Santafé de Bogotá, D.C. Septiembre de 1996. N° 51. pág 218.
- 5 CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE LA CAÑA DE AZÚCAR. Oferta institucional de tecnología para el cultivo y procesamiento de caña panelera en Colombia. Santafé de Bogotá, D.C., 1983.
- 6 CONVENIO ICA - HOLANDA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA PANELA. Avances en el cultivo de caña y elaboración de la panela. CIMPA. Barbosa, Santander, diciembre de 1987.

- 7 CORPORACIÓN COLOMBIANA DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA. Plan de ajuste y transferencia de tecnología panelera en Cundinamarca. Tibaitatá, Junio de 1996.
- 8 -----, Corpoica entrega: tecnología para zonas paneleras de Cundinamarca. En: noticias corpoica. Tibaitatá, 1996. V3.
- 9 CORPORACIÓN COLOMBIA INTERNACIONAL. Servicio de certificación y control de calidad: guía para la certificación de panela biológica. CCI. Santafé de Bogotá, D.C., 1994.
- 10 CORPORACIÓN PARA LA DIVERSIFICACIÓN DEL INGRESO CAFETERO. Áreas cultivadas en productos de diversificación. 1991 - 1995. CORDICAFÉ. Santafé de Bogotá, D.C. Marzo de 1996.
- 11 CUNDINAMARCA. Buscan mejorar la utilización de la caña panelera. En: Cundinamarca. Santafé de Bogotá, Sábado 29 de marzo de 1997. N° 61, pág 6.
- 12 -----, La panela sin cuota, se amarga. En: Cundinamarca. Santafé de Bogotá, Sábado 3 de mayo de 1997. N° 66, pág. 4.
- 13 FEDEPANELA. Ventajas, desventajas y presupuesto de las alternativas para la industria panelera.
- 14 GEPLACEA. Uso alternativo de la caña de azúcar para energía y alimento. Colección Geplacea. Serie diversificación. 1991.

- 15 GORDILLO, Gerardo; GARCÍA, Hugo. Manual para el diseño y operación de Hornillas paneleras. CIMPA. Barbosa, 1993.
- 16 HENAO R., Carlos A.; MORENO, Rocío del Pilar; OLARTE, Gilberto. La Panela, agroindustria que se consolida. Fondo de fomento panelero. Santafé de Bogotá, D.C. Agosto 1993.
- 17 INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO.; FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS. Producción de caña y elaboración de panela. ICA, Regional 4. Santafé de Bogotá, D.C., Diciembre de 1986. Compendio N° 45.
- 18 INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Norma Técnica Colombiana: Productos agrícolas, panela. Santafé de Bogotá, D.C. ICONTEC., 1991. NTC 1311.
- 19 ----- Normas Colombianas para la presentación de tesis de grado. Santafé de Bogotá, D.C. ICONTEC., 1996. NTC 1307.
- 20 INSTITUTO DE INVESTIGACIONES TECNOLÓGICAS, IIT. Diagnóstico sobre la situación actual de las hornillas paneleras colombianas y evaluación de las pérdidas producidas por su ineficiencia. Colciencias. Bogotá, 1980.
- 21 ----- La industria panelera en Colombia, estudio sobre su mejoramiento. Bogotá, 1964.

22 MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. Anuario Estadístico del sector agropecuario y pesquero. 1995. Miniagricultura. Santafé de Bogotá, D.C. Agosto. 1996.

23 MINISTERIO DE SALUD. Medidas sanitarias sobre la panela: resolución 002284 del 27 de Junio de 1995. Minsalud. Santafé de Bogotá, 1996.

24 PERILLA, Cesar; SIERRA, Rocío. Modelo de transferencia de calor para pailas en la industria panelera. Proyecto de grado de Ingeniería Química, Universidad de América. Santafé de Bogotá, 1992.

25 TORRES RESTREPO, José Eddy. Perspectiva de sustitución de leña por Carbón mineral. Informe de Avance de consultoría. Ecocarbón. Santafé de Bogotá. D.C.1995.

26 VALLEJO, Juan Gonzalo; GUARNICA, Nestor. Optimización de la producción en el trapiche panelero. Santafé de Bogotá, noviembre de 1987.



FIGURA Nº 2  
HORNILLA PANELERA COLOMBIANA

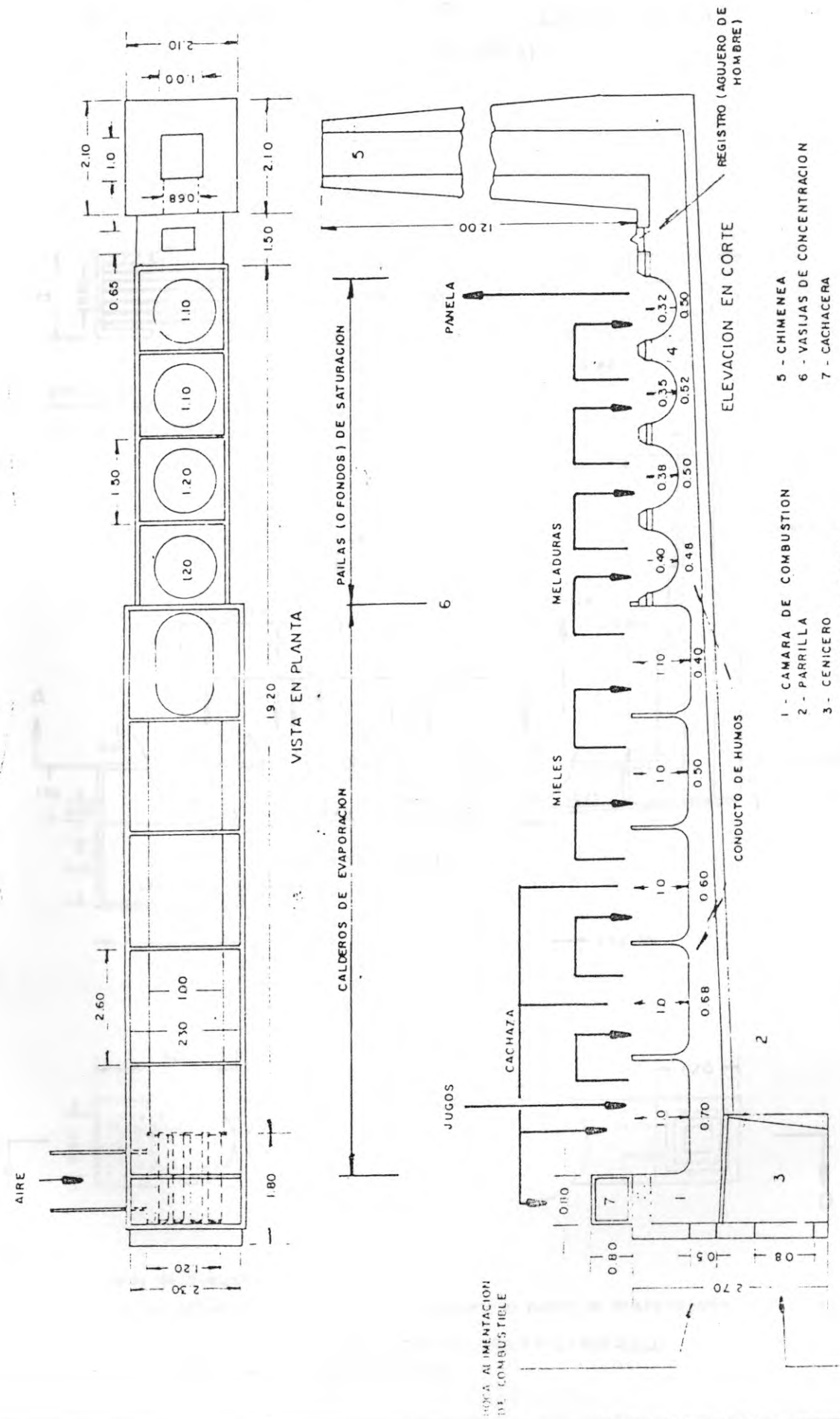
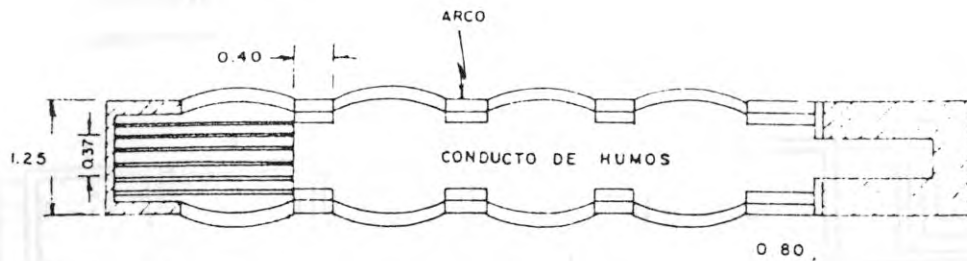


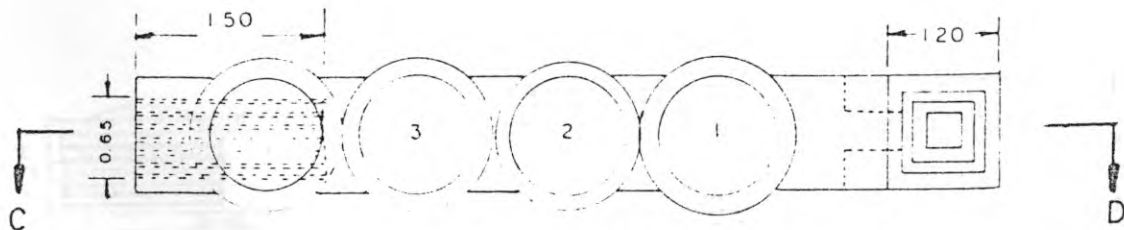
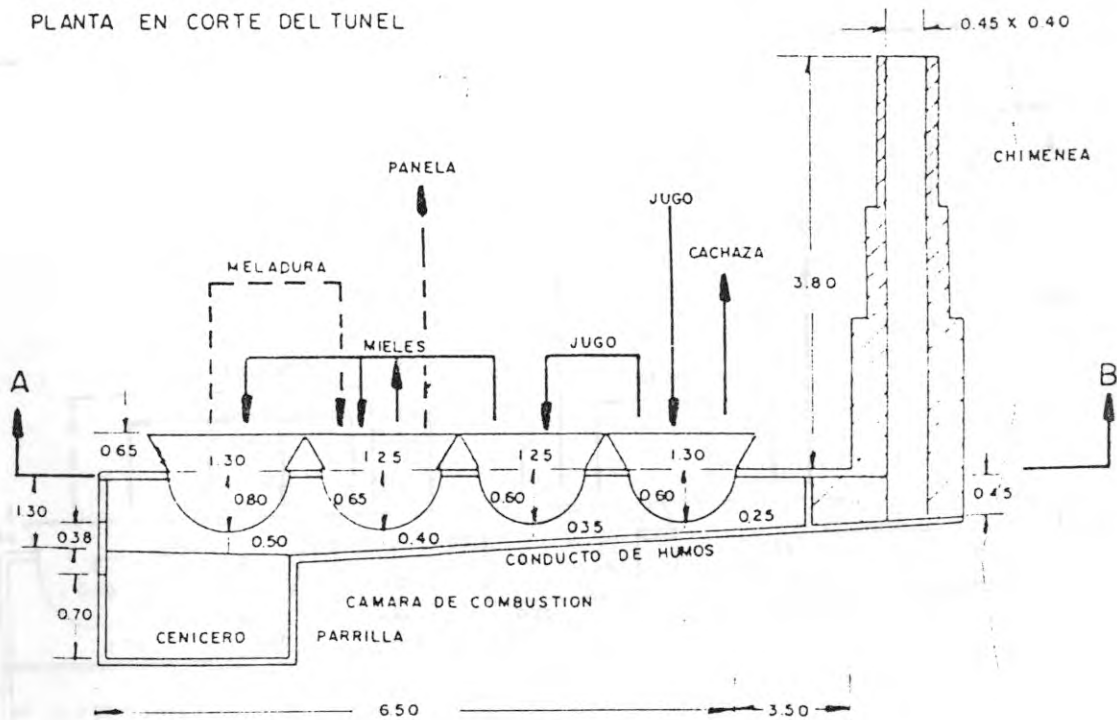
FIGURA Nº 3  
 HORNILLA PANELERA PEQUEÑA DE CUATRO VASIJAS  
 (CUNDINAMARCA)

MODELO Nº 1



CORTE A-B

PLANTA EN CORTE DEL TUNEL



ELEMENTOS

1 y 2 : Calderos de Evaporación

3 y 4 : Pailas de concentración, En la Nº 3 se obtiene el punto de cristalización.

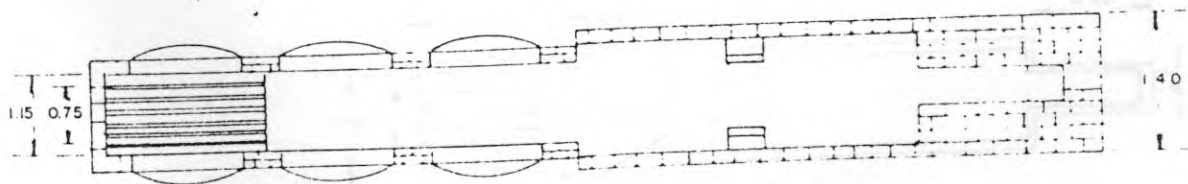
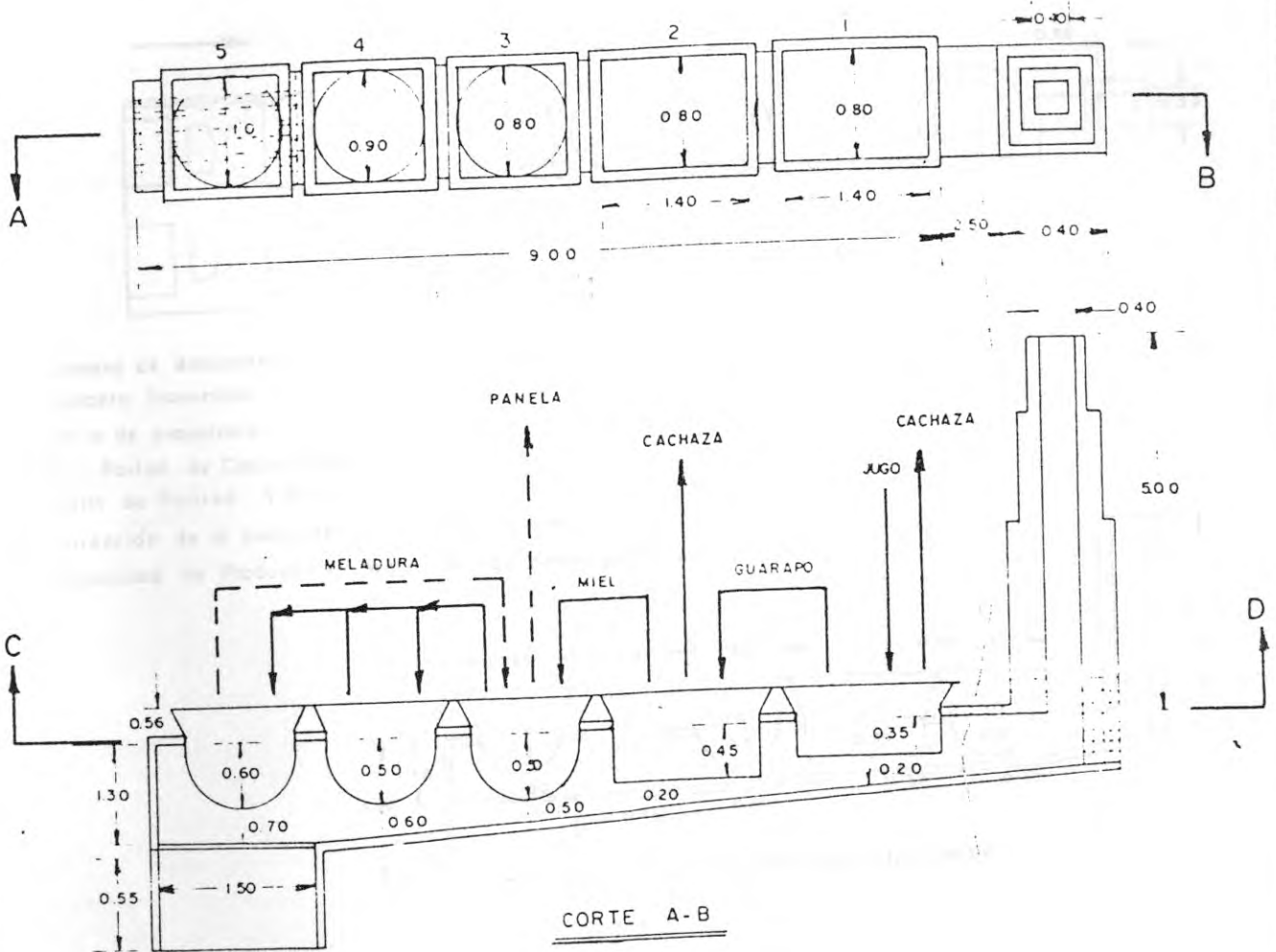
DIRECCION DE FLUJO DE LA CONCENTRACION: CONTRACORRIENTE-PARALELO

CAPACIDAD DE PRODUCCION: Wp= 50 Kgr panela/Hora

FIGURA Nº 4  
**HORNILLA PANELERA TÍPICA DE TRAPICHES PEQUEÑOS**  
**(5 VASIJAS)**  
 (ZONAS PANELEROS DE LOS DEPARTAMENTOS  
 CENTRO-ORIENTALES)  
 MODELO Nº 2

ELEMENTOS

- 1 y 2 Calderos Evaporadores  
 3, 4 y 5 Pailas de concentración, se obtiene punto en la paila Nº 3



CORTE C-D  
 VISTA EN PLANTA DEL TUNEL

Dirección del flujo de la concentración: contra corriente - paralelo  
 Capacidad de producción:  $W_p = 90 \text{ Kgr. panela / Hora}$

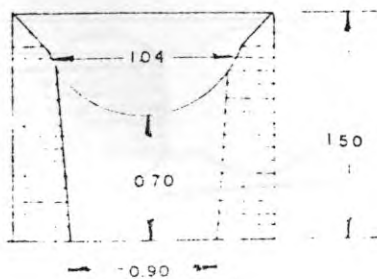
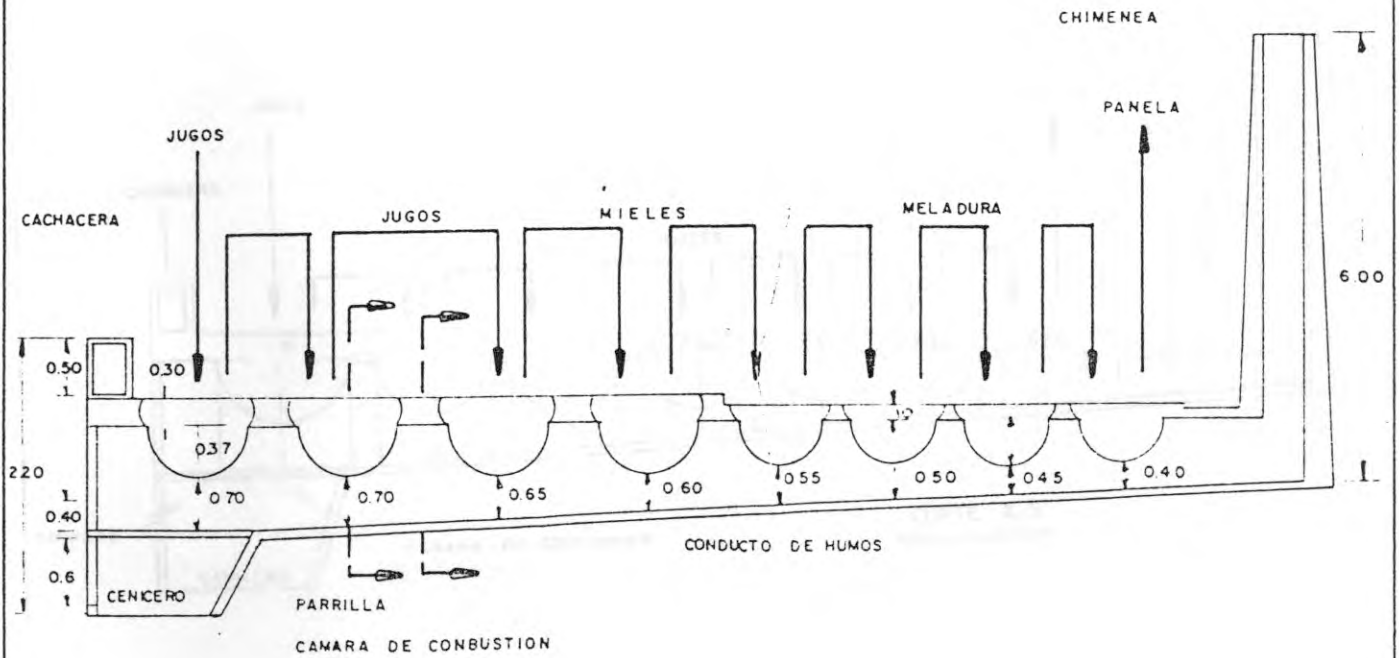
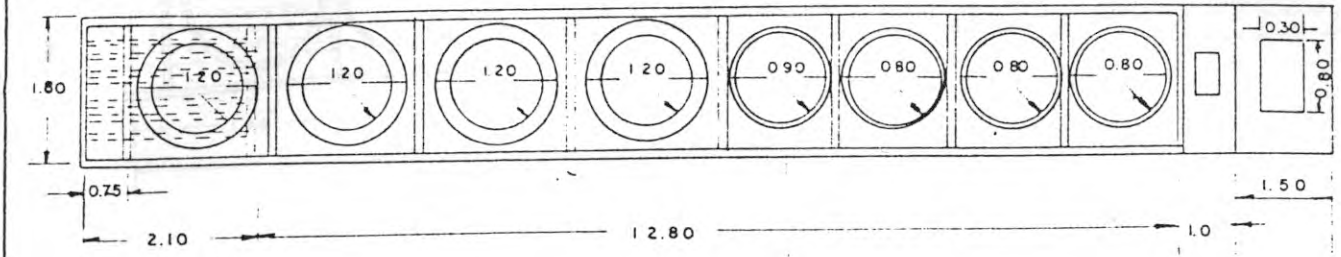


FIGURA Nº 6

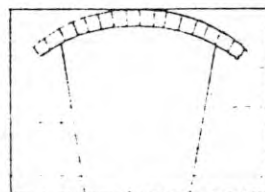
HORNILLA PANELERA PEQUEÑA (8 YMAS VASIJAS)

( CALDAS , QUINDIO , RISARALDA )

MODELO Nº 4



CORTE A-B

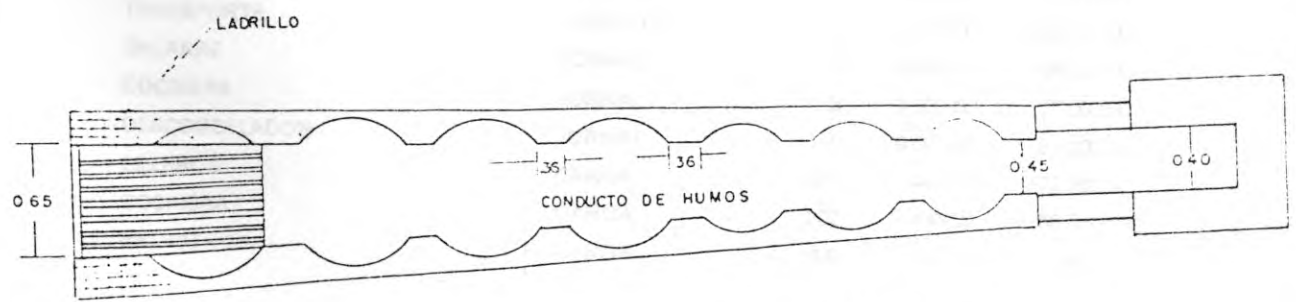
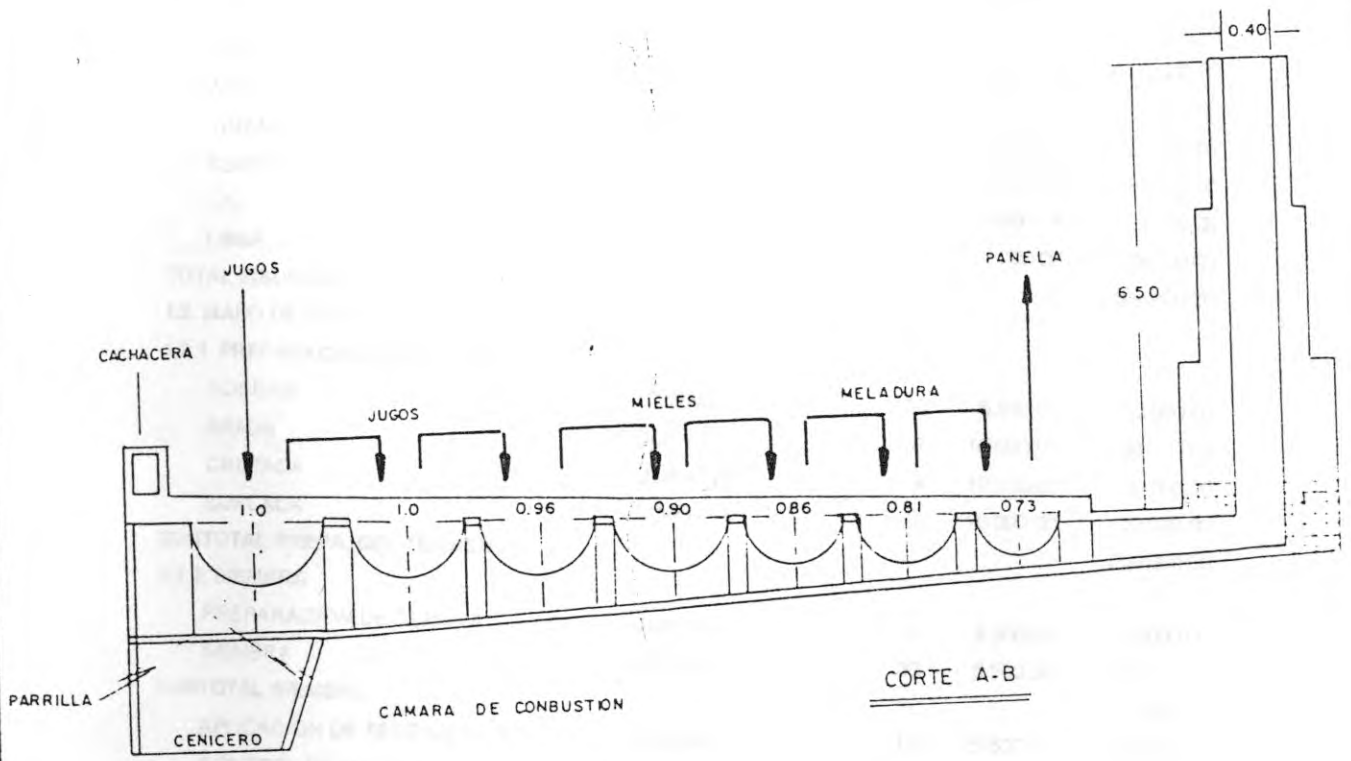
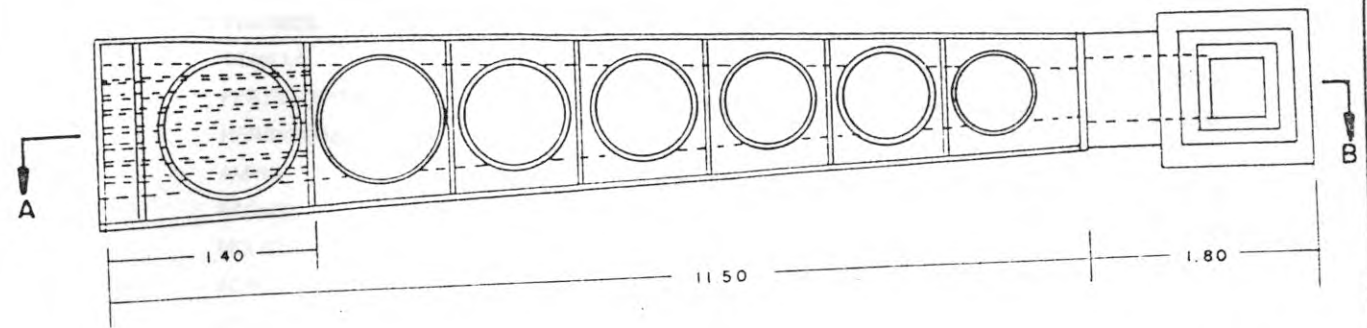


CORTE C-D

Dirección de la concentración: Paralelo

Capacidad de Producción: Wp=150 Kgr panela/Hora.

FIGURA Nº 7  
**HORNILLA PANELERA PEQUEÑA DE SECCION TRANSVERSAL  
 TRAPEZOIDAL**  
 ( NORTE DE CALDAS Y ANTIOQUIA )  
 MODELO Nº 5



VISTA EN PLANTA DEL INTERIOR DEL TUNEL

Dirección de la concentración: Paralelo  
 Capacidad de producción: Wp=90 Kgr panela/Hr



## COSTOS DE PRODUCCION HOYA DEL RIO SUAREZ

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
<b>1. COSTOS DIRECTOS</b>				
<b>1.1. INSUMOS</b>				
SEMILLA	CARGA	50	3.000,00	150.000,00
FERTILIZANTE	BULTO	12	11.800,00	141.600,00
HERBICIDAS				
AMINA	GALON	4	11.000,00	44.000,00
KARMEX	KILO	8	8.100,00	64.800,00
MOLIENDA				
ACPM	GALON	51	1.000,00	51.000,00
VALVULINA	GALON	2,5	2.600,00	6.500,00
ACEITE	GALON	2,5	6.000,00	15.000,00
LEÑA	CARGA	10	3.500,00	35.000,00
ACEITE DE HIGUE	GALON	1,5	11.000,00	16.500,00
TINTA	CAJA	2	13.000,00	26.000,00
CLAROL	KILO	10	2.500,00	25.000,00
CAL	BULTO	2	2.000,00	4.000,00
FIBRA	ROLLO	5	3.000,00	15.000,00
<b>TOTAL INSUMOS</b>				<b>594.400,00</b>
<b>1.2. MANO DE OBRA</b>				
<b>1.2.1. PREPARACION DEL TERRENO</b>				
ROSERIA	JORNAL	20	5.500,00	110.000,00
ARADA	JOR+FLET	8	10.000,00	80.000,00
CRUZADA	JOR+FLET	4	10.000,00	40.000,00
SURCADA	JOR+FLET	2	10.000,00	20.000,00
<b>SUBTOTAL PREPA. DEL TERRENO</b>				<b>250.000,00</b>
<b>1.2.2. SIEMBRA</b>				
PREPARACION DE SEMILLA	JORNAL	4	5.500,00	22.000,00
SIEMBRA	JORNAL	30	5.500,00	165.000,00
<b>SUBTOTAL SIEMBRA</b>				<b>187.000,00</b>
APLICACION DE FERTILIZANTES	JORNAL	12	5.500,00	66.000,00
CONTROL DE MALEZAS	JORNAL	66	5.500,00	363.000,00
<b>1.2.3. PROCESO</b>				
CORTE	JORNAL	35	9.000,00	315.000,00
TRANSPORTE	JOR+FLET	45	12.000,00	540.000,00
ENCARRE	JORNAL	6	9.000,00	54.000,00
COCINERA	JORNAL	3	9.000,00	27.000,00
DESCOGOLLADOR	JORNAL	9	9.000,00	81.000,00
SILLEROS	CARGA	404	440,00	177.760,00
COCINERA	CARGA	202	440,00	88.880,00
PRENSEROS	CARGA	606	440,00	266.640,00

## COSTOS DE PRODUCCION HOYA DEL RIO SUAREZ

BOJOTERO	CARGA	202	460,00	92.920,00
COLINCHERO	CARGA	202	460,00	92.920,00
HORNILLERO	CARGA	202	460,00	92.920,00
DISPONIBLE	CARGA	202	460,00	92.920,00
EMPACADOR	CARGA	202	470,00	94.940,00
RELIMPIADOR	CARGA	202	470,00	94.940,00
ASISTENTE	CARGA	202	440,00	88.880,00
<b>TOTAL PROCESO</b>				<b>2.200.720,00</b>
<b>SUBTOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>3.066.720,00</b>
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS</b>				<b>3.661.120,00</b>
<b>2. COSTOS INDIRECTOS</b>				
2.1. ARRENDAMIENTO 18 MESES	HECTAREA	1	150.000,00	150.000,00
2.2. ADMINISTRACION 10% CD				366.112,00
2.3. INTERESES 29.5%				492.895,82
2.4. BODEGA SACAPANELA	CARGA	202	550,00	111.100,00
2.5. MAQUILA	CARGA	202	3.000,00	606.000,00
<b>SUBTOTAL COSTOS INDIRECTOS</b>				<b>1.726.107,82</b>
<b>3. COSTOS TOTALES</b>				<b>5.387.227,82</b>
<b>4. PRODUCCION ESTIMADA</b>				
4.1. RENDIMIENTO PROMEDIO	CARGA	202		
4.2. PRECIO	CARGA		25.000,00	
<b>5. RENTABILIDAD</b>				
<b>5.1. INGRESOS TOTALES</b>				<b>5.050.000,00</b>
5.1.1. INGRESO POR KG DE PANELA	KILO	13.877	5.050.000,00	363,90
<b>5.2. COSTOS TOTALES</b>				<b>5.387.227,82</b>
5.2.1. COSTO POR KG DE PANELA		13.877	5.387.227,82	388,20
<b>5.3. UTILIDAD</b>				<b>(337.227,82)</b>
5.3.1. UTILIDAD %				-6,26%
5.3.2. UTILIDAD % MES	MES	18		-0,35%
5.3.2. UTILIDAD POR KG DE PANELA				(24,30)

Estudio sobre el estado actual de las hornillas  
usadas en la industria panelera y del consumo  
de energéticos en las mismas Nelson Prieto  
Fetecua

333.7966 P949e v.1 Ej.1

CATALOGADO POR: HELP FILE LTDA

FECHA RECIBO	PRESTADO A	FECHA
-----------------	------------	-------