



# UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA

TRABAJO DE GRADO

Docente

Ángela Patricia Bacca

Estudiante:

MARCO AURELIO PEREZ

Especialización en Gerencia Integral de Proyectos

BOGOTÁ D.C.

NOVIEMBRE DE 2014

## TABLA DE CONTENIDO

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. MARCO TEÓRICO .....</b>                                       | <b>4</b>  |
| <b>2. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>                                | <b>8</b>  |
| <b>3. ANÁLISIS Y RESULTADOS .....</b>                               | <b>9</b>  |
| <b>3.1. PROPUESTAS DE MEJORAMIENTO DEL PROCESO PRODUCTIVO .....</b> | <b>9</b>  |
| 3.1.1. El ‘Prelimpiador’ de jugos [9] .....                         | 9         |
| 3.1.2. La hornilla mejorada [10].....                               | 11        |
| 3.1.3. Modelamiento en Matlab [11].....                             | 12        |
| <b>3.2. APLICACIÓN DE LAS MEJORAS PEORPUESTAS .....</b>             | <b>14</b> |
| 3.2.1. El ‘Prelimpiador’ de jugos .....                             | 14        |
| 3.2.2. La hornilla mejorada .....                                   | 14        |
| 3.2.3. Modelamiento en Matlab.....                                  | 15        |
| <b>4. CONCLUSIONES.....</b>   | <b>16</b> |
| <b>5. BIBLIOGRAFÍA.....</b>   | <b>17</b> |

## ÍNDICE DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| Tabla 1 Producción mundial de panela –Fuente [2] (Anuario de producción de la FAO 1999).....                          | 7  |
| Tabla 2 Comparación de la eficiencia energética entre los trapiches tradicionales y el nuevo diseño. Fuente [10]..... | 12 |

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

|   |    |
|---|----|
| Proceso tecnológico producción de panela - Programa de procesos agroindustriales Fuente [5] ..... | 5  |
| Ubicación del prelimpiador. Fuente [9].....   | 10 |
| Funcionamiento del prelimpiador. Fuente [9].....  | 10 |
| Prelimpiador. Fuente [4] .....  | 11 |
| Diagrama de bloques en lazo cerrado [11].....   | 12 |

# PROCESOS DE FABRICACIÓN DE PANELA Y SU APLICACIÓN A PROYECTOS DE AUTOMATIZACIÓN PARA EL CASO COLOMBIANO

## PANELA'S MANUFACTURING PROCESSES AND THEIR APPLICATION TO AUTOMATION PROJECTS FOR THE COLOMBIAN CASE

Marco Aurelio Pérez Vargas  
Ing. Mecatrónico  
Especialista en Redes Eléctricas de Media Tensión  
Ingeniero de Programación,  
Geodesia por Satélite de Colombia Ltda.  
Bogotá, Colombia,  
[mapv79@hotmail.com](mailto:mapv79@hotmail.com)

### RESUMEN

La producción de panela es una actividad que ha estado presente en los hogares y en la dieta de los Colombianos desde hace muchos años tanto así que ya en épocas de la conquista, se comenzó a producir panela en pequeños trapiches artesanales con los cuales se marcó el primer acercamiento a los sistemas de producción pensados para la comercialización del producto más que para el consumo propio.

De esta manera, la producción de panela se ha convertido en una de las fuentes generadoras de empleo en las zonas donde la geografía colombiana permite el cultivo de la caña de azúcar, esta área se puede estimar en aproximadamente 260.000 hectáreas con una producción estimada de 3.8 ton/ha. Esto hace que la panela esté ubicada en un lugar importante para el producto interno bruto de la producción agroindustrial del país.

No obstante lo anterior, se debe reconocer que en general, los sistemas y procesos de producción no han sido actualizados de acuerdo al comportamiento del mercado y las necesidades de la industria en el entorno actual de la industria en otros países de las mismas latitudes de Colombia.

Palabras clave:

**Panela, Trapiche, Producción, Agroindustria.**



## ABSTRACT

Panela's production is an activity that has been present in homes and in the diet of Colombian people for many years as much so as in times of conquest, began to produce brown sugar in small artisanal trapiches with which marked the first approach to production systems designed for product marketing than for own consumption.

Thus, panela's production has become one of the generators of employment in areas where the Colombian geography permits the cultivation of sugarcane, this area can be estimated at approximately 260,000 hectares with an estimated production of 3.8 ton / ha. This makes the panela is located in an important gross domestic product of agribusiness production in the country instead.

Nevertheless, we must be recognized that in general, processes and production systems have not been updated according to the behavior of the market and the needs of industry in the current industry environment in other countries of the same latitudes of Colombia.

Keywords

**Panela, Panela's mills, Production, Agribusiness.**

## INTRODUCCIÓN

La elaboración de panela en Colombia está en una etapa de desarrollo dado que gran parte de su producción aún se realiza en pequeñas fábricas denominadas trapiches en los que la mano de obra de los trabajadores agrícolas y de los operarios es fundamental llegando a emplear de forma directa e indirecta a más de 350.000 personas en todo el territorio para las actividades relacionadas con el cultivo de la caña de azúcar, elaboración de la panela y su posterior comercialización en todo el mercado colombiano.

La ley 40 de 1990 regula la producción de panela en Colombia, en ella se dictan normas de protección y desarrollo de esta industria, además se establece la cuota de fomento panelero, que es una cuenta especial de carácter parafiscal cuyos recursos deben invertirse en planes y proyectos que benefician el sub-sector panelero.

Adicionalmente, la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria CORPOICA ha encaminado acciones para desarrollar el sector panelero colaborando con un marcado desarrollo que se ha visto en los últimos 40 años. Para ello se ha contado con la participación de todas las partes interesadas tales como lo son los agricultores, los dueños de centros de producción y otros sectores entre los que se pueden mencionar los fabricantes de equipos y maquinaria, las empresas que ofrecen servicios para el sector de la panela

Con esta misma idea, se creó el Convenio ICA-Holanda que creó el centro CIMPA, (Centro de Investigación para el Mejoramiento de la Panela) ubicado en Barbosa Santander y fue enfocado al incremento de la eficiencia de los recursos físicos, ambientales y humanos.

Los resultados se han visto en la implementación de nuevas tecnologías que han permitido mejorar la eficiencia de hornillas reduciendo la cantidad de material combustible que debe ser usado en el proceso de evaporación y concentración, esto a su vez ha permitido que el impacto ambiental sea menor dado que se generan menores cantidades de material volátil por efectos de la combustión. También se han visto resultados en la comercialización del producto pues ahora se cuenta con nuevas presentaciones del producto y se ha llegado a más consumidores, adicionalmente las campañas de consumo de panela han impactado positivamente en los niveles de consumo.

En el campo se ha visto buena acogida por parte de los agricultores pues se ha demostrado que el cultivo de la panela requiere de un menor uso de productos agroquímicos

## 1. MARCO TEÓRICO

El cultivo de la caña de azúcar, fuente de empleo directa e indirecta para cientos de miles de colombianos en las regiones de cálidas del país (entre los 0 msnm y los 1500 msnm) ha tenido unos adelantos tecnológicos poco significativos en el correr del último siglo [1]. Tanto las materias primas utilizadas para la elaboración de la panela así como la infraestructura y las metodologías de producción son en buena medida iguales a las utilizadas a comienzos del siglo XX. En esta sección del documento se verá cual es la materia prima, infraestructura y proceso productivo utilizados hasta la fecha en la mayoría de los trapiches colombianos.

Sin perjuicio de que los adelantos han sido mínimos en el último siglo, sí se han presentado estudios que buscan ayudar a los productores a que mejoren gradualmente la forma en la que adelantan sus labores. Adelante se encontraran algunas de estas experiencias y sus resultados.

El –IICA– indica que para el 2001 tan solo el 5% de la producción panelera en Colombia se desarrolla en proporciones de gran escala [2], mientras que el 95% restante se deriva de cultivos minifundistas de los cuales nos ocuparemos en este documento.

El proceso productivo de la Panela se remonta a las labores mismas del desarrollo del cultivo de la caña panelera de donde se extrae la materia prima básica para la obtención del producto final objeto de estudio del presente artículo. Las labores relacionadas con el proceso, que se desarrollan en el molino destinado a extraer los jugos de la caña de azúcar conocido como trapiche se denominan beneficio de la caña panelera y hacen referencia a darle valor agregado a el jugo de la caña para convertirlo en panela, estas labores son las siguientes [1]:

**1.1. Apronte:** Corresponde a las acciones de Corte, Alce y Transporte –CAT– y almacenamiento de la caña. Los productores almacenan la caña en un espacio dentro del trapiche el cual se recomienda que cuente con algunas características determinadas como son tener suelo de cemento u hormigón y estar en la parte alta del trapiche para que el transporte de la caña hacia el molino sea más sencillo, a estos espacios se les conoce como área de apronte. Los paneleros cuentan con un área de apronte para tener materia prima en cada oportunidad que se requiera toda vez que se busca que la producción tenga la mayor continuidad posible [3]. En el ingreso al área de apronte se suele pesar la caña para establecer cuál es el aporte de cada productor y su respectivo pago.

**1.2. Molienda (Extracción de jugos):** “La caña se somete a compresión en los rodillos o mazas del molino, lo cual propicia la salida del contenido del líquido de los tallos. Se consideran satisfactorias aquellas extracciones,

entre 58 a 63%; es decir, cuando se obtienen de 580 a 630 kilogramos de jugo por tonelada de caña.

Los productos finales de esta fase son el ‘jugo crudo’ y el ‘bagazo’; el primero, es la materia prima que se destina a la producción de panela, mientras el segundo se emplea como material combustible para la hornilla después de secado” [4].

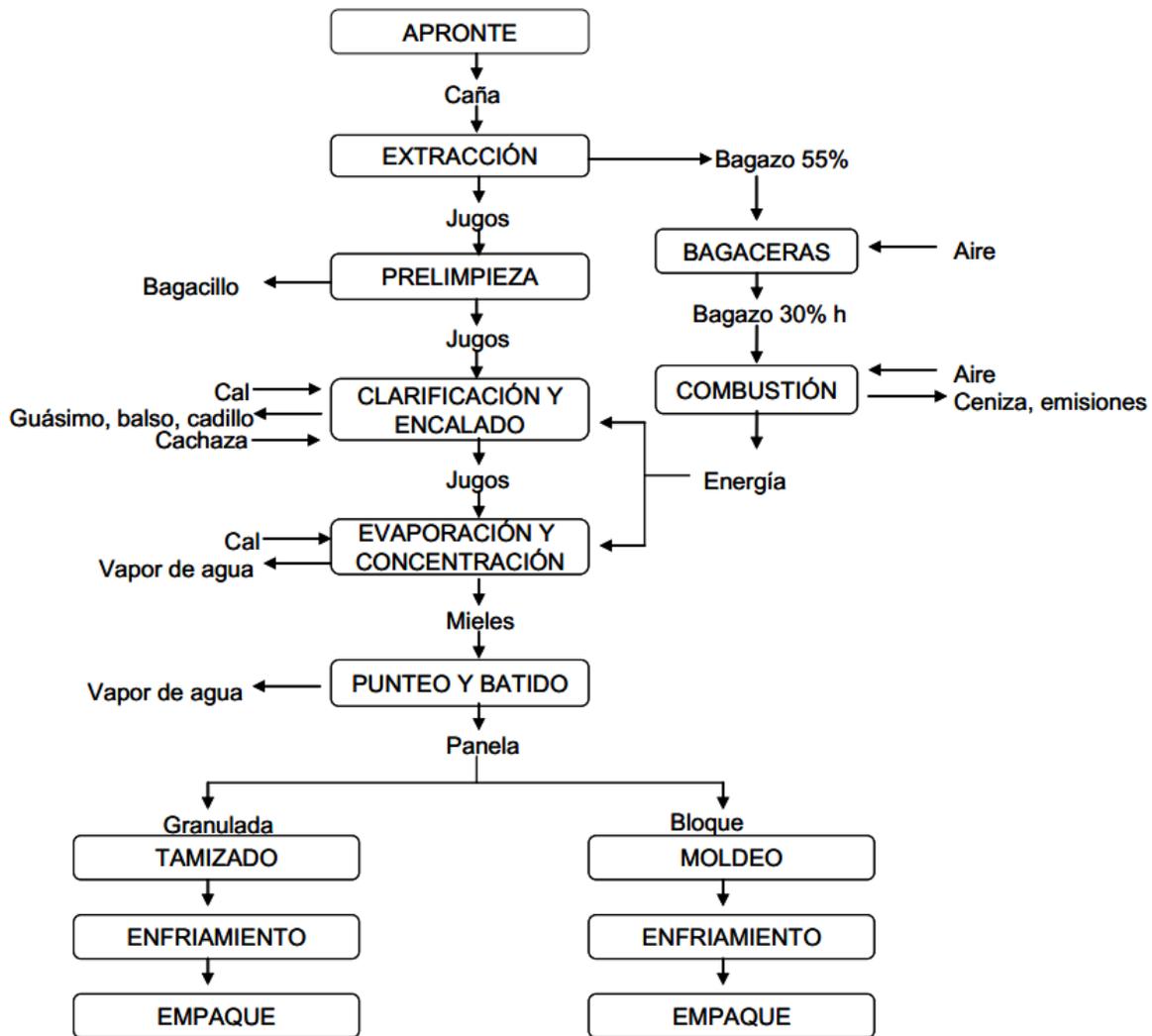


Ilustración 1 Proceso tecnológico producción de panela - Programa de procesos agroindustriales Fuente [5]

**1.3. Limpieza de los jugos:** Por medios físicos y a temperatura ambiente se retira el material grueso con el que sale el jugo de caña del molino, principalmente la cachaza y las partículas de bagazo, su separación es manual debido a que estos residuos se decantan (posteriormente estos residuos del proceso productivo se utilizan para hacer abono orgánico) [6]. El Centro de Investigaciones para el Mejoramiento de la Panela –CIMPA– diseñó unos ‘prelimpiadores’ que retienen las impurezas del jugo de la

caña que facilitan este paso en el proceso productivo; sin perjuicio de lo anterior es laborioso su mantenimiento por requerir limpieza cada 12 horas [1].

**1.4. Clarificación:** Una vez el jugo se ha prelimpiado es pasado a las pailas recibidora y clarificadora; se inicia cuando los jugos llegan a las pailas a temperatura ambiente y termina cuando estos alcanzan el punto de ebullición. Para la clarificación se agregan agentes floclantes que permiten la aglutinación de impurezas en la superficie. Estas impurezas (Espuma) se retira y se acumula para la producción de melaza, alimento nutritivo para animales [3].

**1.5. Evaporación y Concentración:** “Terminada la clarificación, se inicia la evaporación del agua aumentando de esta manera la concentración de azúcares en los jugos.

La eficiencia térmica de la hornilla, y su efecto sobre los jugos, se cuentan dentro del conjunto de factores que influyen en la calidad de la panela. Cuando los jugos alcanzan un contenido de sólidos solubles cercano a 70° Brix adquieren el nombre de mieles, y se inicia la concentración. La evaporación del agua contenida en los jugos por calentamiento a 96° C permite alcanzar la concentración de sólidos apropiada para la consolidación y el moldeo de la panela entre 120 y 125° C. La eficiencia térmica de la hornilla tiene su repercusión en la calidad final del producto” [4].

**1.6. Batido:** Una vez las mieles han alcanzado el punto de panela y se han retirado de la hornilla son agitadas intensamente durante 10 min a 15 min para cambiar su textura y de esta manera disminuir su capacidad de adherencia. Con este proceso el producto se aclara y se seca [1].

**1.7. Moldeo y Enfriamiento:** En este paso del proceso productivo se da forma final a la panela de acuerdo al molde en el que se depositen las mieles. Una vez la panela se ha enfriado y ha adquirido su forma definitiva se retira de los moldes [3].

**1.8. Empaque:** La panela es un producto higroscópico por lo tanto “los materiales plásticos termoencogibles y las láminas de aluminio plastificado son ideales para almacenar la panela durante largos periodos, sin que se modifiquen sus características organolépticas.

La panela en bloque se puede empacar en costales, cartón y plástico termoencogible. El más recomendado es el cartón, por cumplir su misión de aislar el producto evitando que absorba humedad y, además, es reciclable. La panela pulverizada se recomienda empacarla en bolsas de polipropileno biorientado” [7].

Colombia es el segundo productor de panela en la esfera mundial y el principal consumidor de este producto [2]. De conformidad con lo expuesto, se generan 350000 empleos relacionados con la producción de panela en buena parte del territorio nacional [1].

En la medida en que un proceso tecnológico se desarrolla tecnológicamente la productividad es más alta. Estos desarrollos tecnológicos si bien pueden ser generados desde el sector productivo, dadas las características de los productores de panela es difícil que se gesten proyectos de investigación desde este sector de la economía. En consecuencia la mayor responsabilidad recae sobre la academia y el estado, por lo tanto es válida y justificable una revisión de literatura que acopie proyectos gestados en instituciones que vinculan estos dos últimos sectores, la entidad de mayor renombre en la esfera nacional es Corpoica sin perjuicio de ello el CIMPA también trabaja constantemente en el estudio del proceso productivo de la panela. A la luz de lo antes mencionado, hay entidades que efectivamente estudian la manera de mejorar el proceso de producción de la panela, sin embargo en la literatura encontrada no hay un documento que compile estos estudios y los muestre como un frente de búsqueda de oportunidades ante el retraso tecnológico del sector panelero.

El estudio se limitara al estudio de tres tecnologías que buscan mejorar las condiciones de producción de la panela en trapiches que se abastecen de productores en pequeñas extensiones de terreno, se escogieron estos últimos porque son ellos quienes tienen el 95% de la producción nacional.

| País               | Producción (miles de toneladas) | Participación en la producción (%) | Consumos per cápita (Kg/año) |
|--------------------|---------------------------------|------------------------------------|------------------------------|
| 1. India           | 9.857                           | 71.3                               | 10.0                         |
| <b>2. Colombia</b> | <b>1.276</b>                    | <b>9.2</b>                         | <b>31.2</b>                  |
| 3. Pakistán        | 743                             | 5.4                                | 5.0                          |
| 4. China           | 458                             | 3.3                                | 0.4                          |
| 5. Bangladesh      | 440                             | 3.2                                | 3.5                          |
| 6. Myanmar         | 354                             | 2.6                                | 8.0                          |
| 7. Brasil          | 240                             | 1.7                                | 1.4                          |
| 8. Filipinas       | 108                             | 0.8                                | 1.5                          |
| 9. Guatemala       | 56                              | 0.4                                | 5.2                          |
| 10. México         | 51                              | 0.4                                | 0.5                          |
| 11. Indonesia      | 39                              | 0.3                                | 0.2                          |
| 12. Honduras       | 27                              | 0.2                                | 4.4                          |
| Otros países       | 172                             | 1.2                                |                              |
| Total Mundial      | 13.821                          | 100.0                              |                              |

Tabla 1 Producción mundial de panela –Fuente [2] (Anuario de producción de la FAO 1999)



## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se apoyará en una investigación con enfoque cualitativo; si bien el tema bajo consideración admitiría una investigación desde una perspectiva cuantitativa, la cual permitiría ver de forma más sustentada, precisa y clara los resultados que busca entregar este documento, los recursos con los que se cuenta (Humanos, físicos, temporales, etc.) no permiten que esta investigación tenga ese alcance. A la luz de lo antes expuesto se determina que se realizará una revisión bibliográfica que permita establecer un marco de referencia bajo el cual conceptuar para alcanzar finalmente el objetivo general propuesto para la presente pesquisa [8].

Tomando en consideración lo antes expuesto, este estudio tendrá una condición de estudio explicativo ya que se buscará determinar las razones por las cuales no se avanza tecnológicamente en el desarrollo del proceso productivo de la panela y las condiciones con en las que se encuentran los productores para que se presenten estas razones.

La recolección de información se limitará a una consulta bibliográfica de documentos físicos obtenidos especialmente de Fedepanela y Corpoica, además se realizarán consultas de publicaciones virtuales de entidades reconocidas especialmente la FAO y el IICA y finalmente entrevistas a profesionales del sector agroindustrial.

En función de que se ha establecido que el presente estudio se realizará de forma cualitativa se excluye la posibilidad de emplear un método probabilístico para el análisis de los datos.

Esta investigación tiene como objetivo general identificar los motivos por los cuales el proceso productivo de la panela no ha mostrado adelantos tecnológicos significativos en el último siglo.

Con motivo de poder realizar el anterior objetivo, se ha planteado realizar la siguiente secuencia de actividades así:

- Caracterizar el proceso productivo de la panela en Colombia.
- Identificar proyectos de investigación que aporten ideas de mejoramiento al proceso productivo de la panela en Colombia.
- Identificar las variables que han influido para que los aportes de las investigaciones bajo consideración no hayan sido adoptados por los productores de panela en Colombia.
- Analizar la información obtenida de los diferentes recursos bibliográficos consultados.

### **3. ANÁLISIS Y RESULTADOS**

Atendiendo lo establecido en los objetivos específicos propuestos para alcanzar el objetivo general del documento se realizará un estudio de diferentes propuestas para incentivar el desarrollo tecnológico del sector panelero. El presente estudio surge de la hipótesis de que se han generado investigaciones y en consecuencia propuestas de mejoramiento para el proceso productivo de la panela pero sus aportes no han sido adoptados por los productores de panela nacionales. La revisión documental permitirá si se descarta o se aprueba la hipótesis, para luego proceder a identificar las razones por las cuales se llega a esta determinación.

#### **3.1. PROPUESTAS DE MEJORAMIENTO DEL PROCESO PRODUCTIVO**

Como ya fue mencionado, la mayor parte de los avances tecnológicos en el proceso productivo de la panela se han circunscrito en el último siglo, más adelante se verán algunas de las propuestas de mejoramiento en el proceso productivo.

##### **3.1.1. El ‘Prelimpiador’ de jugos [9].**

Previo a la entrada de los jugos de la caña a la hornilla se hace una prelimpieza de éstos. Dicha prelimpieza se hace a través de medios físicos y a temperatura ambiente. Se busca que el jugo contenga la menor cantidad de impurezas para el momento en que va a llegar a la etapa de calentamiento y clarificación en donde se realizará su limpieza definitiva [6].

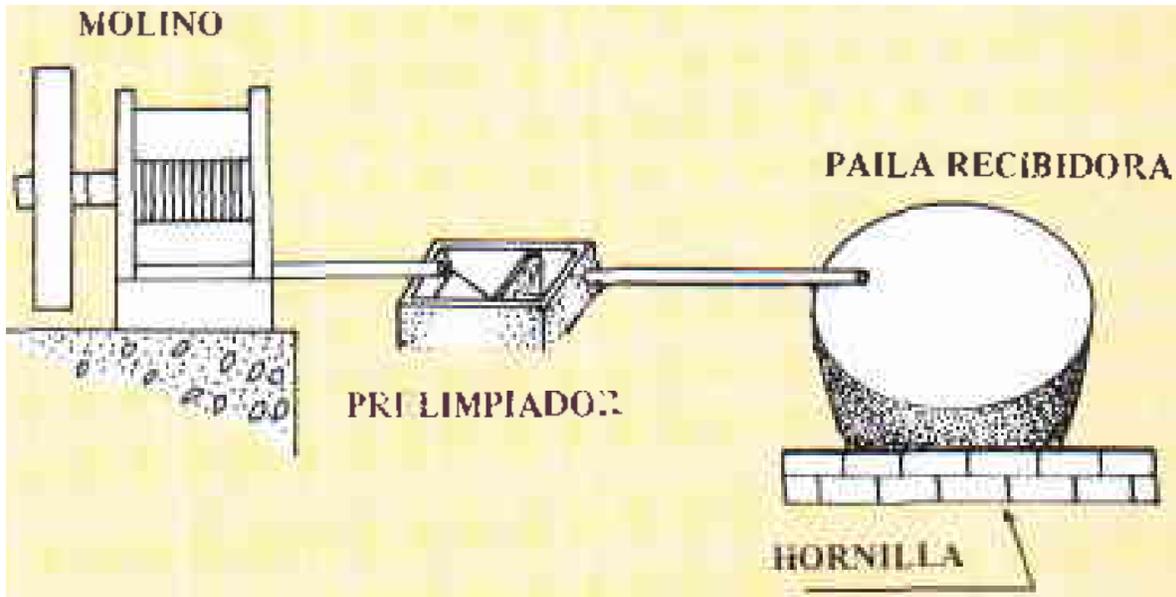


Ilustración 2 Ubicación del prelimpiador. Fuente [9]

Antes del desarrollo del prelimpiador se utilizaba un dispositivo denominado pozuelo, cual buscaba alcanzar el objetivo antes descrito sin embargo su eficiencia era baja al retener pocas impurezas. El prelimpiador por el contrario retiene el 97% de las impurezas y tiene un costo similar al del pozuelo [9].

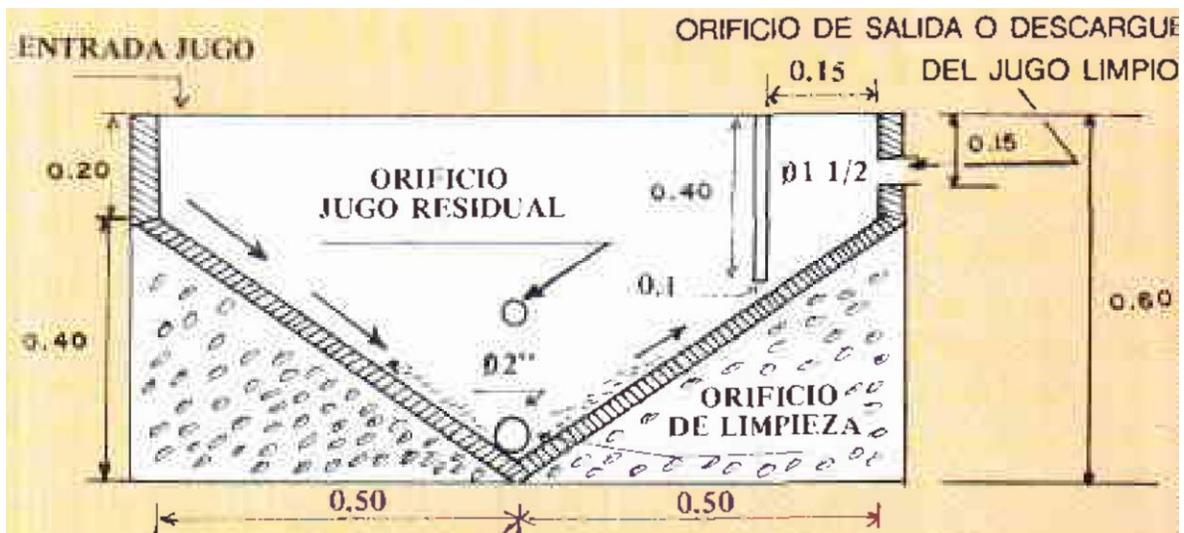


Ilustración 3 Funcionamiento del prelimpiador. Fuente [9]

“El jugo pasa del molino al prelimpiador y las impurezas más pesadas, como arena, barro y lodo se van al fondo; el bagacillo y otros residuos livianos flotan formando un colchón. El jugo limpio circula por la mitad de estas dos capas y pasa por debajo de la tabla retenedora de impurezas hasta alcanzar el orificio de salida” [9].



Ilustración 4 Prelimpiador. Fuente [4]

### 3.1.2. La hornilla mejorada [10].

“En un trapiche tradicional, la panela se produce en hornillas. Una hornilla consta de dos partes: la cámara de combustión y la zona de evaporación del jugo de caña [...]. En la cámara de combustión el bagazo reacciona con aire para obtener energía térmica, produciendo gases calientes y cenizas. Los gases calientes contribuyen a la evaporación del jugo de caña. La evaporación [...] se realiza en pailas expuestas a la presión atmosférica y el calentamiento es a fuego directo, porque los fondos de las pailas se exponen directamente a los gases de combustión. Durante el proceso de evaporación, los sólidos en suspensión aún presentes en el jugo se aglomeran y flotan, lo que permite separarlos manualmente” [10].

“En una hornilla con un diseño adecuado, el bagazo de la molienda utilizado como combustible debería ser suficiente para que el agua del jugo de caña se evapore y pueda producirse la panela. Sin embargo, la forma rudimentaria como se fabrica la panela en Colombia es muy ineficiente en términos energéticos, y en la mayoría de los trapiches tradicionales es necesario utilizar también otros combustibles por la baja eficiencia térmica de las hornillas. Los combustibles más usados son: madera, guadua, carbón y caucho de llantas usadas, lo que tiene serias consecuencias negativas para el medio ambiente y la salud humana” [10].

| Parámetro                | Unidad       | Trapiche            |                      |              |
|--------------------------|--------------|---------------------|----------------------|--------------|
|                          |              | Tradicional antiguo | Tradicional reciente | Nuevo diseño |
| Caña de azúcar procesada | (kg/h)       | 982                 | 1.364                | 2.360        |
| Panela producida         | (kg/h)       | 108                 | 150                  | 260          |
| Bagazo sobrante          | (porcentaje) | -4,1                | 19,3                 | 33           |
| Eficiencia energética    | (porcentaje) | 39,4                | 42,7                 | 62,3         |
| Pérdidas por chimenea    | (porcentaje) | 48,5                | 43,4                 | 27,5         |
| Rendimiento global       | (kg bagazo/  | 1,8                 | 1,5                  | 1,1          |

### 3.1.3. Modelamiento en Matlab [11]

El modelamiento en Matlab sirve para simular procesos usando la interfaz de software que permite incluir todas las variables que pueden llegar a intervenir en dicho proceso. De esta manera se obtienen resultados muy cercanos de cómo podría llegar a comportarse en la realidad (un montaje físico real) un proceso, no obstante de esta manera se obtienen gran número de ventajas dado que podemos modificar las variables de entrada y plantear todas las situaciones que podrían presentarse en el mundo real.

Sin embargo, para realizar este tipo de simulaciones se requiere de un amplio conocimiento en ingeniería de control y para el caso particular del proceso de la panela, adicionalmente se requerían conocimientos en termodinámica, química y el proceso de fabricación de la panela.

Para la simulación de este proceso, hay dos factores de suma importancia que van a ser los ejes sobre los cuales se realizará la simulación de las posibles condiciones y comportamiento del sistema; estas variables son el control de concentración de azúcar en la mezcla y los efectos del evaporador. Para ello se parte de un modelo matemático donde se van a tener en cuenta las variables que intervienen en el proceso, luego se diseña un modelo que permita monitorear el comportamiento de las dos variables a controlar, luego se realizan los modelamientos en lazo abierto y lazo cerrado, se obtienen los diagramas de bloque que representan el sistema y se empiezan a plantear las posibles situaciones, en esta etapa se hacen ajustes tales como aumentar o disminuir la cantidad de calor y se registran los cambios presentados en las variables controladas

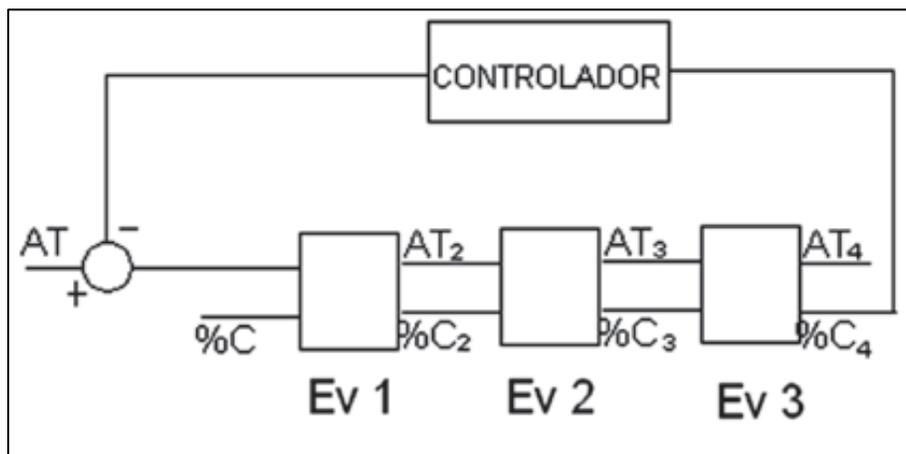


Ilustración 5 Diagrama de bloques en lazo cerrado [11]

Finalmente se realiza una evaluación e interpretación de los resultados obtenidos con la simulación. Estos resultados permitirán tomar mejores decisiones para el momento en que se realice la construcción física y real de los sistemas modelados.

“El sistema de concentración de azúcar se modeló bajo un ambiente ideal donde no fueron consideradas las pérdidas del propio sistema como lo son desgaste de tubos por el tiempo, pérdidas calóricas con el ambiente, diferencia de concentración en los jugos de entradas y un sin número de características que se presenta en el sistema real. Es necesario realizar una tecnificación en todas las industrias paneleras en Colombia puesto que hoy en día no se ha realizado ningún avance tecnológico en el 90% de los trapiches ubicados alrededor del territorio colombiano” [11].

## **3.2. APLICACIÓN DE LAS MEJORAS PEORPUESTAS**

### **3.2.1. El ‘Prelimpiador’ de jugos**

Esta propuesta de mejoramiento ha sido ampliamente acogida en todos los niveles de producción y de tecnificación de procesos de fabricación de panela se aplica desde los trapiches más básicos hasta en las industrias medianas y pequeñas en las cuales, se ha mejorado aún más permitiendo mayores eficiencias en el proceso de limpieza de los jugos y permitiendo a su vez la reducción de controles en los procesos posteriores.

Las razones para que esta propuesta de mejora haya tenido tal acogida se debe principalmente a las ventajas que representa en el proceso así como el bajo costo que conlleva su implementación. Sin embargo su aplicación requiere de una limpieza constante de sus elementos para obtener mejores resultados.

### **3.2.2. La hornilla mejorada**

Esta propuesta de mejora ha mostrado ser muy eficiente, sin embargo su aplicación no ha tenido el mismo impacto que el prelimpiador de jugos; por lo tanto podemos decir que su aplicación se ha visto materializada solo en medianas y grandes industrias donde se requieren mayores controles en los procesos.

Este sistema de hornilla permite reducir notablemente los impactos negativos sobre el medio ambiente dado que las emisiones de sólidos al medio ambiente son mucho menores. Esta condición hace que las entidades estatales estén promoviendo la implementación de esta mejora en todos los centros de fabricación de panela, para ello se han desarrollado planes de financiación para pequeños empresarios que se benefician doblemente al tener un mejoramiento de sus sistemas de producción y porque esas mejoras han sido posibles con menores costos de financiación. Debemos anotar que hace falta mucha inversión para que sean cada vez más las personas y las empresas que pueden acceder a este tipo de ayudas del gobierno.

Ahora bien, el cultivo de la caña de azúcar para la producción de panela en un departamento como Cundinamarca, está centrado en minifundios donde la capacidad de producción no supera la tonelada de panela semanal. Además, este ingreso constituye la base de sustento para miles de familias que no tienen otra opción que prender las hornillas y producir las pocas cargas de panela para aprovisionarse de víveres para la semana aunque los precios no sean favorables.

Ante ese panorama el pequeño productor de panela, no verá reflejado en su economía las bondades de la hornilla porque su capacidad de producción no dará para realizar más de una molienda semanal y seguramente el rendimiento de la hornilla hará que la duración de la molienda se reduzca, sin embargo, los costos

de mano de obra no se fijan en horas sino en días y por lo tanto dará lo mismo utilizarlo medio día o todo el día pues el costo del jornal será el mismo.

Se han creado agremiaciones que sirven de canal para recibir y administrar los recursos que asigna el gobierno para los programas de mejoramiento de la industria panelera, así mismo, la entrada en operación de la ley 40 de 1990 ha permitido que se mantenga el presupuesto destinado para estos programas.

### **3.2.3. Modelamiento en Matlab**

Como se mencionó anteriormente, el uso de este tipo de tecnología requiere de un alto grado de formación en varias ramas de la ingeniería, la química y los procesos, dadas estas condiciones debemos decir que es muy baja la probabilidad de que este tipo de tecnología se use de forma masiva en todos los grados de industrialización para la producción de panela.

Loa avances que se puedan obtener este tipo de simulaciones debería ser compartido con las agremiaciones y con el gobierno para que estos conocimientos sean socializados con todas las personas interesadas y su aplicación se pueda realizar en todas los niveles de productivos.

Los centros de educación superior también pueden fungir como centros de investigación en los cuales se enfoquen en realizar simulaciones de este tipo para dar solución a la problemática de falta de recursos e inversión que tienen los pequeños productores.

En la actualidad este tipo de simulaciones se hacen solo en las grandes empresas o son contratadas con firmas especializadas. En otros países cercanos se ha invertido en investigación de este tipo obteniendo resultados muy favorables que se ven reflejados en mayores niveles de eficiencia para el aprovechamiento de recursos.

#### 4. CONCLUSIONES

El gobierno nacional debe incrementar sus esfuerzos en la creación y sostenimiento de programas que impulsan la investigación, esto con miras a mejorar los sistemas de producción de la agroindustria en Colombia. De esta manera tendríamos sistemas más ajustados a nuestro entorno, a nuestra geografía y a nuestra cultura.

Las propuestas de mejora presentadas en este documento son solo una pequeña muestra de las modificaciones que se han realizado, que se están haciendo y que se pueden hacer para mejorar los procesos de fabricación de panela desde los más básicos hasta algunos de considerable inversión y sofisticación. No obstante para obtener resultados a un nivel más generalizado, es necesario empezar por las modificaciones que son más fáciles de incorporar a los sistemas más básicos de producción.

Como resultado de la investigación y de las entrevistas realizadas se pudo concluir que el desarrollo de la industria panelera y de otras muchas industrias en el país depende de factores tales como el mejoramiento de la infraestructura de transporte que representa un incremento en los costos de logísticos de transporte de carga desde las zonas más apartadas del país que es donde básicamente están ubicadas los pequeños trapiches. Por este motivo, los pequeños productores tienen costos de operación mucho mayores lo que implica una desviación de recursos que se podrían usar en el mejoramiento de los sistemas de producción.

El proceso de tecnificación de la agroindustria colombiana ha tenido una curva de crecimiento menor al mercado, esta condición es de vital importancia dado que es mucho más fácil ir realizando tecnificación de las industrias de forma paralela con los cambios del mercado y no esperar a recuperar el tiempo perdido ya que se requieren mayores recursos y esfuerzos.

## 5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] CORPOICA; ASCPAZSUR; PRONATTA, La tecnología del cultivo de la caña panelera, Florencia: CORPOICA, 1999.
- [2] Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura -IICA-, BASES PARA UN ACUERDO DE DESARROLLO DE LA CADENA AGROINDUSTRIAL DE LA PANELA, Bogotá: IICA, 2001.
- [3] Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria -CORPOICA-, Guía tecnológica para el manejo integral del sistema productivo de la caña panelera, Bogota D.C.: Produmedios, 2007.
- [4] Corpoica, Manual Técnico: Buenas Prácticas Agrícolas -BPA- y Buenas Prácticas de Manufactura -BPM-en la Producción de Caña y Panela, Medellín: CTP Print Ltda, 2007.
- [5] H. García, Programa de Procesos Agroindustriales, Mosquera: Corpoica, 2006.
- [6] E. F. Castillo, «perfil tecnológico ambiental de la industria de la panela en colombia,» de *Memorias III curso internacional de la agroindustria de la panela*, Barbosa (Santander), 1998.
- [7] Corpoica; SENA, Manual de caña de azúcar para la producción de panela, Bucaramanga: Corpoica, 1998.
- [8] R. Hernández Sampieri, METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN, Bogotá: Panamericana Formas e Impresos S.A., 1997.
- [9] H. Reinel García y M. Medina, El prelimpiador, Barbosa: CIMPA, 1989.
- [10] H. I. Velásquez Arredondo, A. F. Agudelo Santamaría y J. I. Álvarez González, «Mejorando la producción de panela en Colombia,» *LEISA Revista de agroecología*, pp. 32-35, 2005.
- [11] R. A. Ordoñez Lugo, F. Martínez Santa y H. R. García Bernal, «Proceso agroindustrial de la producción de panela,» *Tecnura*, vol. 17, nº 35, pp. 47 - 54, 2013.
- [12] P. Ing. M.sc. Pérez Vargas, Interviewee, *Aproximación al proceso productivo: 'Panela'*. [Entrevista]. 16 Noviembre 2014.