



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

DISEÑO DEL PROCESO PARA UNA PLANTA PANELERA PILOTO.

AUTOR:

Leonardo Andrés Pita Hidrobo

DIRECTOR:

Ing. Jorge Granja

COMITÉ LECTOR:

Ing. Rosario Espín

Ing. Juan Pablo Aragón

Ing. Armando Manosalvas

IBARRA – ECUADOR

2016

HOJA DE VIDA DEL INVESTIGADOR

APELLIDOS: Pita Hidrobo

NOMBRES: Leonardo Andrés

C.I.: 100338069-6

CELULAR: 0997100583

TELÉFONO: 062 955 353

CORREO ELECTRÓNICO: leoandres18@live.com

DIRECCIÓN: Imbabura – Ibarra, calle Río Curaray y Río Santiago.

FORMATO DE REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

PITA HIDROBO LEONARDO ANDRÉS, Diseño del proceso para una planta panelera piloto/
TRABAJO DE GRADO. Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Agroindustrial. Ibarra,
01 de junio de 2016.

DIRECTOR: Granja, Jorge.

En el presente estudio se diseñó el proceso de producción para una planta piloto panelera, con el objetivo de mejorar el proceso de producción de la panela, se determinó la necesidad de implementar mejoras al sistema de producción mediante un estudio diagnóstico del sistema de producción actual, por lo cual se realizó una investigación bibliográfica de las alternativas de mejoras tecnológicas del sistema de producción panelera.

Ibarra, 01 de Julio de 2016

Ing. Jorge Granja
DIRECTOR DE TESIS

Leonardo Andrés Pita
Autor

RESUMEN. La presente investigación tiene como finalidad mejorar el proceso de producción de la panela a través del diseño del proceso para una planta piloto. En el estudio se realizó un diagnóstico del proceso productivo en seis plantas paneleras de la zona, que se encontraban activas durante el período del 01 de octubre al 30 de noviembre de 2014 en los cantones Ibarra y Urcuquí, de la provincia de Imbabura.

A partir de los resultados del diagnóstico, se concluyó la necesidad de implementar mejoras en el proceso productivo de la panela

Se procedió a realizar una investigación bibliográfica, en la cual se analizaron alternativas de mejoras tecnológicas para cada una de las etapas del proceso, desde la molienda hasta el almacenamiento.

Se propone el diseño del proceso de producción panelera bajo estándares de industrialización eficientes y buenas prácticas de manufactura.

La propuesta incluye los cálculos necesarios para el manejo de la materia prima, energía requerida y balance de materiales. Para mejor visualización, se realiza un modelado en una herramienta de software (Auto-CAD) con una animación 3D del proceso.

Finalmente, se comparan los procesos de producción actual y el diseño propuesto, evidenciando las mejoras en innovación tecnológica que se le han dado al proceso en cada una de sus fases y, por consiguiente, la eficiencia productiva del diseño actual.

Palabras Clave. Panela, diseño, planta piloto, proceso, producción.

ABSTRACT. This research aims to improve the quality in the production process of panela through the design of a pilot plant for Ibarra and Urcuquí cantons of the province of Imbabura. In the study, a diagnosis was made in six panela plants into the area, who were active during the period from October 1 to November 30, 2014.

From the diagnostic results, was concluded the need to implement technological improvements to the jaggery production process.

Proceeded to conduct a bibliography research, in wich anlyze technological improvements, for each process stage, from milling to storage.

It's proposed the design of the production process panela with standards of efficient industrialization and good handling practices is proposed.

The proposal includes the calculations necessary for handling the raw material required energy and material balance. For better visualization, modeling is performed on a software tool (Auto-CAD) with a 3D animation of the process.

Finally, current production processes and the proposed design are compared, showing improvements in technological innovation that has been given to the process in each of its phases and therefore the production efficiency of the current design.

1. INTRODUCCIÓN.

Según la Food and Agriculture Organization (FAO), Ecuador se suma a la lista de los 25 países productores de panela a nivel mundial. Liderado por la India, que elabora el 87% de los 13 millones de toneladas anuales, el mercado panelero se postula como un consumo alternativo a otros tipos de edulcorantes cada vez menos apreciados. Además de esto, la agroindustria panelera constituye a nivel mundial, una respuesta efectiva a la economía rural y al cultivo de la tierra.

La tradición panelera en Ecuador tiene tanta historia como la propia conquista. Traída a América por Cristóbal Colón, la caña de azúcar ha sido una planta difundida por todas las zonas tropicales del continente, y

de ella derivan diversos productos entre los que se encuentra la panela, tanto en bloque como granulada. En el país la caña de azúcar se cultiva en las regiones de la sierra, costa y oriente y la producción nacional panelera tiene rendimientos del 10 al 15% (MAGAP, 2015).

Con una producción esencialmente artesanal, condiciones irrisorias de infraestructura, insuficiente investigación e innovación en el área y precarias prácticas de manufactura e higiene, la agroindustria panelera del país carece de estándares competitivos para el mercado mundial.

La provincia de Imbabura, contexto geográfico del presente trabajo investigativo, ofrece condiciones óptimas para el cultivo de la caña de azúcar en los cantones de Ibarra y Urcuquí, donde la elaboración de panela se realiza a través de una manufactura exenta de controles de calidad, recursos tecnológicos, procesos automatizados y condiciones mínimas de asepsia. Un caso prototípico de la problemática que se presenta a nivel nacional.

La presente investigación propone mejorar las condiciones de producción panelera a través del diseño del proceso en una planta piloto, que contemple los recursos tecnológicos y los estándares de calidad necesarios para que la agroindustria panelera de la provincia logre niveles

competitivos de producción en el ámbito nacional e internacional.

2. MATERIALES Y MÉTODOS.

2.1. Estudio y análisis de las alternativas.

Partiendo del diagnóstico realizado en las paneleras de la provincia de Imbabura, se realiza un estudio de las alternativas que podrían ser aplicadas para mejorar el proceso de elaboración de la panela, tomando en cuenta cada una de las etapas.

2.1.1. Alternativas para la etapa de molienda.

La preparación de la caña previa a la molienda aumenta la capacidad de extracción en un 10 %, este proceso rompe la solidez de la caña y disminuye la fricción que soportan los trapiches, el arrastre de sólidos y jugo se reduce por la dispersión de la fibra.

- Desfibradora.

Chen & Chuo (1993) describen a la desfibradora como el equipo que prepara la caña de azúcar antes del proceso de molienda, sin extraer el jugo, sino dejándola lista para su molienda, existen los modelos Maxwell, Searby y Gruendler.

La desfibradora es un equipo que se usa en la mayoría de ingenios azucareros del mundo, disminuye significativamente el esfuerzo de los molinos en la extracción del

jugo de caña. Se ubica luego de la alimentadora de caña y antes de la trituradora o de los molinos (Hugot, 1986). La desfibradora en un tándem de molienda es muy útil para la preparación de la caña de azúcar previo a la molienda, siendo más útil en tándems cortos que en tándems largos, esto debido a que un tándem corto necesita extraer los jugos con más rapidez que los tándems largos, un tándem largo tiene más molinos para extraer el jugo. Por lo tanto en las pérdidas de jugo de caña por arrastres en el bagazo de caña, luego de la molienda, en tándems cortos se reducirían en un 2 a 3% (Panda, 2011).

- Trituradora.

Este equipo es muy utilizado en la industria azucarera y fue implementado en los años 1900 con el llamado “tren de molienda o tándem de molienda” en los ingenios azucareros.

Hugot, E. (1986) señala que “incorporar al sistema una trituradora de caña aumenta entre un 5 y un 10 % la capacidad de extracción del trapiche” (pág. 51). La trituradora de caña consta de dos masas con un ajuste medio; está ubicada antes del primer molino, la trituradora no tiene el objetivo de extraer jugo sino de deformar la caña para disminuir la fricción y la presión que tendría que soportar el trapiche y sus motores al moler la caña sin ninguna

preparación. Payne (1996) sostiene que “una trituradora puede darle un 27 % más de extracción al primer molino” (pág. 24). Existen algunos modelos de trituradora; sin embargo, la más utilizada es el modelo Fulton ya que por el labrado que tienen sus masas ha sido comprobada su efectividad y el beneficio de emplearla en un trapiche por la disminución de la fuerza que tendría que realizar el primer molino y el aumento del porcentaje de extracción.

El abastecimiento de caña a la trituradora debe ser constante y tener una inclinación entre 45-56°, la velocidad debe ser entre un 30 -40 % más rápida que los molinos, la presión debe ser un 50 – 75 % más elevada que la de los molinos, la apertura para ingreso de la caña debe estar en el orden de 28- 63 mm (Hugot, 1986).

- Tándem de molinos

El tándem de molienda es una secuencia de molinos en los que el objetivo es extraer la mayor cantidad posible de sacarosa contenida en la caña de azúcar. En la actualidad el tándem está conformado por un sistema de dos a seis molinos, cuando la caña ha sido molida en el primer molino pasa al siguiente por medio de alimentadores o bandas transportadoras; remoler el bagazo de caña varias veces, luego de que en el primer molino se ha extraído más del 50% del jugo contenido en

la caña, no tendría mucho sentido volver a moler un bagazo seco, es por esto que a partir del segundo molino es necesario aplicar imbibición.

- Imbibición.

La imbibición es el método empleado en la molienda de caña de azúcar, cuyo objetivo es disolver los sólidos solubles que están en el bagazo. Para alcanzar este objetivo, se añade agua caliente a la masa de bagazo que sale de un trapiche, se debe imbibir el bagazo antes de que pase al siguiente trapiche. El agua de imbibición se obtiene de los condensados y del vapor natural de los evaporadores (Baikow, 1982)

Aplicando adecuadamente la imbibición en un proceso de molienda se aumenta la capacidad de extracción, disminuyen las pérdidas de sacarosa arrastrada en el bagazo, de facilita la extracción en los trapiches (Delden, 2013).

Hugot (1986), define los parámetros para el manejo de la imbibición:

- 1.- Control de la temperatura del agua de imbibición, que no puede superar los 60 °C, para evitar la extracción de gomas y ceras.
- 2.- La cantidad de agua de imbibición que se añade al bagazo debe estar entre el 6 y 16% del peso del bagazo, esta variable depende directamente de la cantidad de molinos con los que cuenta el tándem, el

momento y el método de imbibición a ser empleado.

Si el proceso de molienda se da en un tándem largo, se debe considerar que no es recomendable sobre pasar el 16% de agua de imbibición ya que el proceso de evaporación se volvería ineficiente, por el exceso de agua a evaporar.

2.1.2. Alternativas para la etapa de limpieza de jugos.

- Pre limpiadores.

El pre limpiador por decantación natural diseñado por el Centro de Investigación Panelera de Colombia es un sistema que retiene el jugo por un tiempo y por efecto de la gravedad hace que las partículas pesadas como lodos, tierra y arena se precipiten al fondo del recipiente, simultáneamente. Por flotación se separan las partículas livianas como hojas, bagacillos, insectos e impurezas que flotan. El prelimpiador debe ser construido en acero inoxidable y estar ubicado después de la molienda (Villalba, et al., 2000) (Osorio, 2007).

2.1.3. Alternativas para la etapa de clarificación.

El proceso de clarificación consta de dos fases que se realizan en dos tinas diferentes. El primer proceso de clarificación se realiza en la tina que recibe el jugo de caña filtrado o limpio, en la cual la temperatura se eleva

hasta los 80°C y se extrae la cachaza primera o cachaza negra. Luego de realizar esta limpieza el jugo pasa a la siguiente tina en la que eleva la temperatura hasta el punto de ebullición, momento en el cual se deben añadir los aglutinantes o clarificantes, que producen la formación de la segunda cachaza o cachaza blanca (García, Albarracín, & Toscano, Guía tecnológica para el manejo integral del sistema productivo de la caña panelera, 2007), (Osorio, 2007).

Las cachazas negra y blanca pasan a un filtro cachacero, en donde por sedimentación se separa el jugo de la torta de cachaza. El jugo regresa a la primera tina de clarificación y la torta puede ser empleada para otros fines (García, Albarracín, & Toscano, Guía tecnológica para el manejo integral del sistema productivo de la caña panelera, 2007).

2.1.4. Alternativas para la etapa de evaporación.

- Tinas abiertas calentadas con vapor.

Estos equipos se han comenzado a utilizar en muchas fábricas paneleras y funcionan alimentadas por vapor, se emplean los modelos:

- Tinas abiertas con serpentín:

Este tipo de tinas llevan en su interior un serpentín al que es alimentado con vapor, en la tina se llena con jugo de caña, la

transferencia de calor se realiza por el contacto del jugo de caña con el serpentín calentado por el vapor, los jugos deben ser agitados permanentemente.

- Tinas abiertas de doble camisa: En estas tinas el vapor se alimenta al espacio vacío existente en el recubrimiento de doble camisa, los jugos son llenados en las tinas, la transferencia de calor se da en toda el área de contacto de los jugos con la tina. Estas tinas se las ubica de dos maneras ya sea sobre el suelo como en la mayoría de industria alimenticias o dentro del suelo como se puede observar en las gráficas siguientes.

- Evaporadores cerrados al vacío.

Existen varios tipos de evaporadores que son escogidos de acuerdo a las necesidades y productos que se desea producir, en la industria azucarera se implementaron en los años 1900 por Rousselot en los ingenios azucareros de Queensland para luego ser mayormente investigados en Cuba, Francia y Australia.

El modelo de evaporadores que más se utiliza en la industria azucarera es el de tubos verticales cortos en los que el vapor caliente es alimentado a la calandria, mientras que el jugo de caña es alimentado al cuerpo del evaporador, la transferencia de calor se da dentro del evaporador en los tubos, la agitación de los jugos no es

necesaria ya que por la ebullición de los jugos dentro del evaporador los jugos suben y bajan por la calandria calentándose así todo el jugo uniformemente, los evaporadores funcionan al vacío por lo tanto las temperaturas de ebullición del jugo son menores y se conservan las propiedades nutricionales de los jugos, se evita el desdoblamiento de los azúcares y el producto es totalmente inocuo desde su ingreso hasta la salida de los evaporadores. Los modelos de un solo evaporador resultan útiles para flujos bajos o limitados de fluido por su costo y la eficiencia que este podría generar, la implementación de un sistema de dos evaporadores o más tiene algunas variables beneficiosas y otras no tan beneficiosas, por ejemplo: el vapor vegetal producido de la evaporación de los jugos es utilizado para alimentar la calandria del siguiente evaporador pero para que esto sea posible se debe emplear una bomba de vacío que ejerza la presión de succión del vapor, se debe tener un flujo constante de alimentación de jugo para que el segundo evaporador funcione correctamente, los costos de mantenimiento se elevan considerablemente.

2.1.5. Alternativas para la etapa de punteo o concentración.

Las tinas abiertas de doble camisa son una buena opción y resultan útiles para dar el

punto de concentración final a la panela, por los controles permanentes que se debe tener hasta que se logre la concentración final. Por otro lado, las tinas cerradas con una abertura de control asegurarían la inocuidad de la panela y se puede seguir controlando el producto, guardarían mejor el calor. En la parte superior se puede implementar un agitador de aspas que mantenga la masa en movimiento esto evitaría que la masa se quemara.

2.1.6. Alternativas para la etapa de batido y granulado.

El desgaste energético de los operarios y el riesgo de contaminación al batir y enfriar la masa de panela manualmente es elevado, la tecnificación del proceso con la implementación de un agitador de aspas horizontal disminuye la cantidad de personal que labora en la planta, acelera el proceso, y permite la estandarización del producto, facilitando el cálculo de tiempos de proceso.

El batido se realiza en tinas de acero inoxidable ya sea con un batidor automático o bien manualmente con palas de acero inoxidable.

El proceso mecánico implica la implementación de maquinaria específica para este fin, en la cual la masa de panela al salir de la tina de punteo pasa directamente al equipo en el que se bate y se granula

automáticamente, luego se tamiza y se empaca la panela, este proceso disminuye en gran medida la producción de material de reproceso.

La etapa de granulado implica gran esfuerzo físico para los operarios. El grano resulta irregular y se genera mucho material para reproceso, los tiempos de procesamiento resultan bastante elevados y la panela está expuesta a la contaminación.

El granulador, estandariza el grano de la panela, disminuye los tiempos de procesamiento, disminuye el personal requerido para esta operación, la panela está poco expuesta a la contaminación, se disminuye la cantidad de material de reproceso.

El granulador de panela es una máquina batidora horizontal provista de 14 paletas pegadas al eje, en forma de peine que giran barriendo el interior de la carcasa; diseñadas para la reducción de partículas de los aglomerados del material. Sus paletas tienen un ángulo de inclinación adecuada para producir el desplazamiento de partículas de los aglomerados del material dentro de la carcasa horizontal. Para capacidades de 60 a 70 kg/h procesamiento se emplea un motor de 2HP a 120 RPM, 110V.

Para la elaboración de panela granulada el proceso puede ser manual o mecánico, el proceso manual se da en tinas de acero

inoxidable donde la masa de panela es batida y aplastada hasta lograr un grano lo más fino posible, luego de esto se tamiza la panela y se obtiene el grano requerido. Los restos que sobran en el tamiz son reprocesados.

El proceso mecánico implica la implementación de maquinaria específica para este fin, en la cual la masa de panela al salir de la tina de punteo pasa directamente al equipo en el que se bate y se granula automáticamente, luego se tamiza y se empaqueta la panela, este proceso disminuye en gran medida la producción de material de reproceso.

2.1.7. Alternativas para la etapa de moldeo.

El moldeo para la panela sólida se debe realizar obligatoriamente en madera por su propiedad de secado y compresión lo que evita que la panela se pegue a la superficie, se debe tener especial cuidado con el agua de lavado de los moldes y desinfectar los moldes frecuentemente.

2.1.8. Alternativas para la etapa de empaque.

El empaque de la panela se debe realizar de acuerdo a las normas existentes, teniendo especial cuidado con el personal y con la manipulación que se le da al producto, la calidad del material de empaque y el

mercado de destino. El empaque se define de acuerdo al tipo de panela que se va a producir, las presentaciones deseadas y el mercado al que se va a dirigir el producto.

En caso de ser panela granulada los empaques deben ser fundas de polipropileno en las presentaciones requeridas.

Para el empaque de panela sólida, se debe empaquetar en fundas de polipropileno y posteriormente en cartón

2.1.9. Alternativas para la etapa de almacenamiento.

El almacenamiento de este producto se debe hacer de acuerdo a las normas existentes, controlando la humedad del ambiente, las plagas, el tiempo y la temperatura de almacenamiento.

2.1.10. Alternativas para la generación de calor.

- Hornilla panelera plana (tradicional)

Este tipo de hornilla es la que comúnmente se emplea con una antigüedad de más de 100 años, construida empíricamente con la experiencia del constructor. El flujo del jugo es en contra corriente, el esquema de producción es el siguiente, en el que se puede identificar las áreas de la hornilla (Mendieta et al. 2011).

Como lo señala Chejne, Agudelo, & Velásquez (2004), la hornilla panelera tradicional presenta algunas desventajas y

bajas eficiencias energéticas en su proceso con eficiencia energética de 37 %. Pérdidas de calor por chimenea del 44 % de la energía suministrada al sistema, y pérdidas de calor por las paredes del 18%, estos desperdicios de energía resultan ser muy elevados y generan cuantiosas pérdidas en los trapiches paneleros.

- Hornilla panelera plana - CIMPA (tradicional mejorada)

Este es un diseño mejorado de la hornilla panelera tradicional donde, el bagazo se quema a una distancia prudente de la primera paila alcanzando temperaturas mayores a los 900 °C; el bagazo suministrado a este tipo de cámara se caracteriza por presentar un bajo contenido de humedad (Soler & Gómez, 2004).

Hornilla panelera tipo Ward – Cimpa Soler y Gómez (2004, pág. 15) sostienen que

La hornilla tipo Ward CIMPA posee un diseño especial que aumenta la eficiencia de la combustión y del proceso, puesto que en ella se obtiene una mayor estabilidad en términos de temperatura y potencia con relación al tiempo. Una cámara de este tipo puede alcanzar temperaturas cercanas a los 1200°C con un producción promedio de monóxido de carbono, 3% en volumen y de dióxido de carbono de 14 % en volumen, cuando se le suministra un exceso de aire al

60 % y una humedad promedio del bagazo del 40 % .

- Generador de vapor

Un generador de vapor tiene por objetivo producir vapor de agua a una presión mayor a la atmosférica, con el fin de aprovechar la energía que posee en tales condiciones y cubrir las necesidades de la fábrica.

La implementación de un caldero tiene algunas ventajas para la industria alimenticia, como por ejemplo la facilidad de manejo del equipo misma que puede ser automatizada lo que se reflejaría en la disminución de personal.

La eficiencia energética de un caldero por lo general está sobre el 50 % y principalmente depende del manejo y la instalación del mismo, presenta facilidad para el manejo del vapor ya que puede llegar a los lugares deseados y se puede diseñar el proceso y la planta de acuerdo a la facilidad de manejo de los materiales. Se dimensiona el caldero de acuerdo los requerimientos energéticos del proceso por lo que no se tendrá una sobre producción de energía y las pérdidas se disminuyen.

3. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Se seleccionan las siguientes alternativas para la propuesta del sistema de producción de panela:

Para la molienda se considera la implementación de un sistema de

preparación de la caña de azúcar y el mejor sistema es el de desfibrado, por lo tanto se instará una desfibradora.

Luego del desfibrado, la caña pasará al primer trapiche en el que se tendrá la mayor extracción de jugo, se modificará el labrado de las masas del trapiche al labrado Fulton. El bagazo resultado de la primera molienda seguirá por una banda de transportación, durante esta etapa se imbibirá el bagazo con el sistema de aspersión, el bagazo imbibido pasará una segunda desfibradora, y posteriormente al segundo trapiche, del cual se obtendrán, por un lado el bagazo seco que pasará directamente al generador de vapor y por otro el jugo de caña mixto.

El jugo de caña extraído en el primer trapiche y el del segundo se mezclarán en la intersección de la tubería y seguirá su trayecto hasta el pre limpiador.

El jugo, habiendo pasado la prelimpieza pasará a la primera tina abierta de doble camisa en la que se pre calentará el jugo de caña hasta un temperatura entre los 70 y 80°C en la que se formará la cachaza negra o primera cachaza, misma que se extraerá como residuo.

Tras el primer descachazado en la primera tina el jugo pasará por medio de una bomba a una segunda tina, en esta tina el jugo llegará a temperatura de ebullición, que considerando la altura de la zona de producción evaluada y la concentración de

solidos totales será entre los 93 y 95 °C; en este momento se deberá añadir el fluido clarificante para que se lleve a cabo la clarificación de los jugos, el efecto del clarificante provocará la formación de la cachaza blanca, la cachaza se extraerá con un colador especial, y se colocará en el filtro de cachaza, en el que se separa la torta de cachaza del jugo de caña, el jugo de caña obtenido en el filtro regresará a la tina primera y el jugo clarificado continuará su proceso; además, en esta tina se deberá elevar la concentración del jugo de caña hasta los 25°Bx antes de su paso al evaporador.

El jugo clarificado, pasará a un evaporador de tubos cortos verticales con circulación natural, sistema de un solo efecto; la concentración de salida que debe alcanzar el jugo de caña deberán ser de 70°Bx cuando el jugo se haya convertido en miel; el vapor vegetal obtenido de esta operación servirá para la imbibición del bagazo en el proceso de molienda.

Cuando la miel ha alcanzado las condiciones requeridas deberá pasar al sistema de concentración hasta que alcance las condiciones para convertirse en panela, para este fin se implementará una tina de doble camisa, con un agitador de aspas de 10 rpm, la tina deberá ser cerrada con una abertura de control, para el paso a la siguiente operación se contará con válvulas

de control y la salida de la panel será por gravedad.

Para la elaboración de panela sólida se empleara un sistema de batido mecánico con un tornillo sin fin que enfríe y bata la miel hasta el estado requerido (90°C), luego de enfriada la masa de panela pasará a los moldes, los moldes llenos se colocarán en una mesa donde podrá enfriarse la panela.

Para la elaboración de panela granulada se implementará un granulador en el que se producirá directamente el grano de panela, luego de este proceso pasará a un tamiz para la estandarización del producto, la panela granulada pasará a mesas de enfriamiento.

El empaque de la panela se realizara en mesas de acero inoxidable, según las normas de empaque de alimentos y con los controles necesarios que aseguran la inocuidad del producto.

Para el almacenamiento de la panela se ha destinado un espacio apartado de la zona de procesamiento, deberá contar con controles de la humedad ambiental, control de temperatura, control de ingreso y salida, y controles de plagas.

4. CONCLUSIONES:

- 1- El diseño del proceso propuesto no modifica la secuencia de las fases del proceso, se proponen optimizaciones, disminución de pérdidas y riesgos.

- 2- La productividad, en cuanto a la capacidad de extracción de sólidos solubles, del proceso planteado alcanzará el 72%, mientras que el proceso actual tiene menos del 50% de productividad.
- 3- La implementación de una planta panelera piloto basada en el diseño del proceso propuesto permitirá desarrollar investigaciones para mejorar el sistema productivo de la panela.

5. RECOMENDACIONES

- 1- Es necesario establecer los controles técnicos de producción y manuales de procesamiento, para poder llevar un manejo adecuado de la producción panelera y conocer permanentemente el estado del proceso.
- 2- Realizar una investigación específica en los aglutinantes y floculantes que se emplean para la limpieza del jugo de caña, es un proceso que requiere ser optimizado en cuanto a las concentraciones del agente mucilaginoso y dosificaciones.
- 3- Realizar el dimensionamiento para capacidades industriales de procesamiento.

6. REFERENCIAS

- Baikow, E. (1982). *Manufacture and Refining of Raw Cane Sugar*. Amsterdam: Elsevier.
- Chejne, F., Agudelo, A., & Velásquez, H. (2004). Diagnóstico energético de los procesos productivos de panela en Colombia.
- Chen, J., & Chuo, C. C. (1993). *Cane Sugar Handbook- Manual for Cane Sugar Manufacturers and their chemists*. New York: Jhon Wiley & sons inc.
- Delden, E. (2013). *Standard Fabrication Practices for Cane Sugar Mills*. Amsterdam, Holanda: Elsevier.
- García, H., Albarracín, L., & Toscano, A. (2007). *Guía tecnológica para el manejo integral del sistema productivo de la caña panelera* (primera ed.). (H. García, Ed.) Tibaitatá, Cundimamarca, Colombia: Publimedios.
- Hugot, E. (1986). *Handbook of cane sugar engineering* (Tercera ed.). Amsterdam, The Netherlands: Elsevier.
- MAGAP. (30 de octubre de 2015). *Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca*. Obtenido de <http://www.agricultura.gob.ec/>
- Osorio, G. (2007). *Buenas prácticas agrícolas y buenas prácticas de manufactura en la producción de caña y panela* (primera ed.). Medellin, Valle del Cauca, Colombia: CTP Print Ltda.
- Panda, H. (2011). *The Complete Book on Sugarcane Processing and By-Products of Molasses*. Delhi: Asia Pacific Business Press.
- Payne, J. (1996). *Unit Operations in Cane Sugar Production*. Amsterdam: Elsevier.
- Soler, J., & Gómez, F. (2004). Determinación de los parámetros de

diseño y operación de las cámaras
de combustión tipo Ward-CIMPA y
Plana - CIMPA en hornillas
paneleras. *Tesis de maestría.*
Bucaramanga, Colombia:
Universidad Industrial de
Santander.

