

[2022]



IBERO

De:
Planeta Formación y Universidades

Modelo para la estandarización de procesos de proceso de fabricación de panela en los trapiches satélites de alta productividad del municipio de Útica (Cundinamarca)

Iván Diego López Aguilar
Jefferson Rubiano Forero

Ingeniería Industrial
Facultad de Ingeniería.
Corporación Universitaria
Iberoamericana



Título

Modelo para la estandarización de procesos de proceso de fabricación de panela en los trapiches satélites de alta productividad del municipio de Útica (Cundinamarca)

Title

Model for the standardization of panela manufacturing processes in the high-productivity satellite mills of the municipality of Útica (Cundinamarca)

Nombre Autor/es

Iván Diego López Aguilar
Jefferson Rubiano Forero

Nombre Coautores

(en caso de representar instituciones distintas a la Iberoamericana, registrar la institución bajo el nombre del(os) coautor(es))

Nombre (Asistentes/colaboradores/compiladores)

(en caso de estudiantes, registrar el programa académico bajo el nombre)

Mes, Día y Año

(de entrega definitiva del informe final a Dirección de
Investigaciones o Facultad)

Agradecimientos

(Montserrat 12, alineación a la derecha)

Resumen

(Máximo 250 palabras, Monserrat 12, alineación justificada)

Palabras Clave:

Abstract

Key Words:

Tabla de Contenido

(Incluir números de página inicial)

Tabla de contenido

Introducción	11
Capítulo 1 - Fundamentación conceptual y teórica.....	12
Capítulo 2 - Aplicación y Desarrollo	15
2.1 Tipo y Diseño de Investigación	15
2.2 Población o entidades participantes	16
2.3 Definición de Variables o Categorías.....	16
2.4 Procedimiento e Instrumentos.....	16
2.5 Alcances y limitaciones.....	17
Capítulo 3 - Resultados.....	18
3.1 Caracterización de las etapas del proceso productivo de la panela en trapiches satélites.	18
3.2 Variables del proceso de fabricación de panela en los trapiches satélites del municipio de Útica-Cundinamarca, para la validación de los factores de mejora en el proceso.....	21
Identificación de variables	21
3.3 Estudio de tiempos al interior de los trapiches satélites, para la validación de niveles de estandarización en la optimización del proceso productivo.....	23
3.4 Modelo de estandarización de procesos de fabricación de panela en los trapiches satélites de alta productividad del municipio de Útica (Cundinamarca).....	32
Capítulo 4 - Discusión	36
Capítulo 5 - Conclusiones	42
5.1 Cumplimiento de objetivos y aportes a líneas de investigación de grupo.....	42
5.2 Producción asociada al proyecto.....	42
5.3 Líneas de trabajo futuras.....	42
Anexos	44
Referencias	45

Índice de Tablas

Tabla 1. Definición de variables del proceso	20
Tabla 2. Tiempos molienda	24
Tabla 3. Tiempos prelimpieza	26
Tabla 4. Tiempos clarificación	27
Tabla 5. Tiempos evaporación	28
Tabla 6. Tiempos concentración	29
Tabla 7. Tiempos Batido	29
Tabla 8. Tiempos Moldeo y desmoldeo	30
Tabla 9. Tiempos Empaque	31

Índice de Figuras

Figura 1. Esquema de proceso	17
Figura 2. Esquema de proceso, insumos y variables.	22
Figura 3. Esquema proceso panela	23
Figura 4. Componente 1 del modelo	32
Figura 5. Componente 2 del modelo	33
Figura 6. Componente 3 del modelo	34
Figura 7. Esquema general del modelo	35

Índice de Anexos

Introducción

Colombia es un país en el que su economía esta centra principalmente al sector agrícola, como es el caso del sector panelero y en donde la producción en los últimos años se ha ido incrementado al igual que el proceso de tecnificación, generando un incremento en los residuos agroindustriales de este sector y actualmente el manejo que se le da a estos residuos es la quema, generando gases de efecto invernadero y humos, por lo tanto, se deben explorar alternativas para el manejo de estos residuos, partiendo de una caracterización fisicoquímica (de corte mixto) para poder determinar su posible transformación y utilización como materia para la elaboración de material de empaque de panela.

A nivel nacional, regional y mundial, día a día se hace imperativo identificar y generar o crear está técnicas y procesos sostenibles a nivel industrial y a nivel de consumo. Y una de las oportunidades es el aprovechamiento de residuos orgánicos generados en los procesos agroindustriales, como es el caso para el sector panelero, un sector que cobija a productores y familias en las diferentes regiones de Colombia.

El uso de software que permita modelar y simular procesos productivos son cada día más utilizados dentro de la ingeniería. Mas sin embargo el modelado de procesos artesanales y agrícolas no son el común denominador, ya que debido a la variabilidad del proceso, debido a la alta influencia de la experticia del operario, la dependencia de los ciclos naturales de las cosechas, afectadas por el cambio climático, desgaste del suelo, clima en general y sus ciclos denominados como fenómeno de la niña y el niño, presentan limitantes para el desarrollo de modelos ingenieriles. Junto a lo anterior a la bajísima tecnificación del área agrícola, la poca inversión de los propietarios y gobierno en mejoras productivas y la falta de renovación tecnológica son limitantes para el desarrollo del sector.

Capítulo 1 – Fundamentación conceptual y teórica

Antecedentes:

En la exploración de antecedentes de la actual propuesta se identifican más de treinta(30) investigaciones, que se orientan a procesos de caracterización del sector productivo de la panela en Colombia y algunas de estas se articulan a estudio de mejora en procesos como la molienda, el apronte, la evaporación y la concentración de jugos de la caña, en todas estas propuestas de investigación, el común denominador son los procesos de caracterización y los alcances logrados por las mejoras propuestas, por consiguiente, es necesario destacar cuatro (4) investigaciones que se ajustan a la presente propuesta y de las cuales se señalan sus valiosos aportes a la investigación.

Una primera investigación realizada por Ordoñez Lugo, Martínez Santa y García Bernal, denominada “Desarrollo de un sistema de evaporación y concentración de jugos de múltiple efecto para mejorar la eficiencia térmica y la productividad y disminuir el impacto ambiental en la producción de panela”, realizada en el marco del programa de Investigaciones de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA) -Proceso agroindustrial de la producción de panela- expone como punto de partida el uso de los procesos de simulación y modelamiento como herramienta clave de control en los procesos de evaporación de la panela, los cuales, permiten regular la concentración de azúcar y el nivel de los efectos de la evaporación, allí, los investigadores exponen un conjunto de simulaciones en MATLAB, que permiten contrastar variables de flujo y presión, con el fin mejorar la eficiencia energética del proceso de evaporación, estos procesos de simulación dejan entre ver, la importancia de los procesos de tecnificación en la mejora de los niveles de concentración de azúcar a partir del control de variables como la densidad del fluido y la presión del sistema. Por consiguiente, las etapas de simulación y modelamiento son un aspecto clave de análisis en la consecución de propuestas de mejora a los procesos productivos de la panela y que para la actual investigación es un referente en el uso de simulaciones previas a la implementación de propuestas de automatización. (ORDOÑEZ LUGO, 2013)

Una segunda Investigación realizada por Melo Triana, denominada “Diseño de un sistema automatizado para el proceso de fabricación panelera en la finca terranova, como oportunidad de innovación en el sector productivo de la región”, desarrollo un estudio de identificación en cada una de las etapas de elaboración de la panela, con el fin de evaluar en estas, cuáles de ellas deberían ser automatizadas, allí se desarrolla el diseño conceptual y la simulación del proceso con el fin de obtener un modelo de planta específico para la finca Terranova ubicada en el municipio de Quebradanegra, Cundinamarca, investigación que evidencia la importancia de los momentos de identificación y caracterización del proceso productivo, con el único objetivo de determinar las variables de automatización. Por tanto, es clave rescatar de dicha propuesta el diseño de los diagramas de los procesos productivos y la caracterización de estos a partir de los equipos y componentes que aportan al proceso operativo, y de allí el uso del software de simulación como herramienta aliada en la interpretación de las mejoras implementadas y la validación de los tiempos óptimos. (Melo Triana, 2019)

Una tercera propuesta identificada es la de los autores Vergara, Rodríguez y Alarcón, denominada “Estudio de caracterización de la actividad productiva del sector de la caña panelera en la Hoya del Río Suárez” desarrollaron un estudio de orden documental, en el que se exponen las condiciones actuales de producción de la panela en el municipio de San José de Pare, y se presentan cifras acerca de la explotación agrícola en la zona, sus métodos y el nivel de cosecha de la caña, se validan además las condiciones actuales de producción de caña en los municipios de la Hoya del río Suarez, y se concluye con la caracterización de actividad productiva, reconociendo las condiciones socio-económicas de los actores y la interacción de la población en el proceso productivo. Por consiguiente, la importancia de este antecedente a la propuesta es reconocer las condiciones de la actividad productiva de los municipios de la hoyo del río Suarez, y verificar la situación actual en términos de la siembra y cosecha de la caña panelera. (Rocío Vergara, 2018)

Finalmente, la identificación de estos antecedentes son el punto de partida en la interpretación del contexto investigativo vigente en el sector, pues reconocer la existencia de propuestas previas en caracterización de la actividad

productiva de la panela y el diseño de esquemas de automatización de los procesos productivos es una garantía, de que la ruta de trabajo de la presente investigación está articulada como una opción de automatización a los procesos, y que depende inicialmente del reconocimiento de las características del sector productivo y de los alcances de la propuesta la mejoramiento de la calidad y la eficiencia del proceso.

Capítulo 2 - Aplicación y Desarrollo

2.1 Tipo y Diseño de Investigación

2.1 Tipo y Diseño de Investigación

Metodología: La metodología deberá mostrar, en forma organizada y precisa, cómo será alcanzado cada uno de los objetivos específicos propuestos. Es propósito de esta sección evidenciar la coherencia metodológica de la propuesta. Deberá presentar la elección de un tipo de estudio y enfoque metodológico específico, así como la forma en que se van a obtener, analizar y presentar los resultados. Deben detallarse la población (si aplica), los procedimientos, técnicas, actividades y demás estrategias metodológicas requeridas. Así mismo, deberán ser presentadas las técnicas para el análisis de información obtenida.

Cuando se busca definir el tipo de metodología a emplear en la actual propuesta, es indispensable como primero, reconocer las características del planteamiento del problema y desde allí explorar los aspectos claves del diseño investigativo a emplear (Humberto Ñaupas Paitán, 2014). Por tanto, dichas características están condicionadas a aquellas microempresas paneleras que cuentan con un alto nivel de producción, y que se encuentran ubicadas en los municipios que conforman la provincia, dichas microempresas conocidas en el sector como “trapiches”, son el contexto para la puesta marcha de los objetivos trazados en la presente investigación y serán el cimiento a las indagaciones sobre las problemáticas o situaciones del sector, en donde se pueden llegar a generar cambios (Hernández, 2014), por tanto, para este tipo de investigaciones es clave emplear un diseño investigativo del orden investigación-acción, el cual proporciona información categórica sobre las causas y consecuencias de la problemática y sus posibles soluciones.

Por consiguiente, la ruta de trabajo para la presente investigación estará alineada a la investigación-acción, en cuatro etapas claves como: planificar, actuar, observar y reflexionar, dichas etapas están articuladas a los objetivos trazados y estarán estructuradas y ejecutadas de la siguiente forma: “Planificar” el proceso de investigación ira de la mano de los objetivos (1) y (2), en el cual se establecerán visitas de campo, con el fin de lograr la caracterización del proceso productivo panelero y para ello se empleará la técnica de diagnóstico Value Stream Mapping (Mapa de la Cadena de Valor), el cual garantizara la identificación de las fases productivas que tienen mayor o menor impacto en los resultados del proceso. A partir de esta técnica, se podrá entonces configurar cada uno de los métodos de trabajo a proponer de acuerdo a la realidad productiva y para ello será necesario implementar matrices que permitan valorar el ritmo del trabajo y luego establecer el estudio de tiempos que establezca los suplementos de descanso y los mismos tiempos estándar de operación, en un segundo momento la propuesta se encaminara a “Actuar”, y para ello, será necesario dar cumplimiento a los objetivos (3), (4) y (5) en los cuales se busca diseñar y simular un esquema de automatización del proceso productivo, para ello será necesario articular cada una de las variables diagnosticadas por mejorar, y establecer los componentes prioritarios del sistema a mejorar, por medio de matrices de observación y seguimiento que evidencien la continuidad de los tiempos estándar de operación. En esta segunda etapa será primordial llevar de la mano la formulación de la propuesta de mejoramiento y la articulación de esta por medio del diseño del plan de acción.

En lo que corresponde a la tercera etapa de “observación”, esta será transversal a cada uno de los objetivos de la investigación a desarrollar, puesto que, en cada una de las visitas de campo a realizar, en los procesos de valoración y medición de tiempos y en el contacto con cada uno de los actores implicados en el proceso de producción, la observación será la herramienta aliada, de la cual quedará evidencia en la matrices, formatos y resultados a entrevistas realizadas, y será la garantía entre la planeación de la propuesta y su articulación en el sector real. Por último, en la última etapa de la investigación, en la que se contempla “reflexionar”, la investigación buscará establecer el análisis a los resultados del proceso y definirá la relación costo-beneficio de la implementación de esta y se evaluará el impacto alcanzado por la propuesta.

Finalmente, la información obtenida en el proceso será recopilada por cada uno de las técnicas e instrumentos señalados anteriormente en las etapas indicadas y para su análisis e interpretación se emplearán herramientas como el software estadístico SPSS y para los procesos de simulación se contarán con software especializados, que garantizara el tratamiento de los datos y la formulación de modelos que aseguren la toma decisiones en la elaboración de la propuesta de mejora. En conclusión, la puesta en marcha de cada una de las etapas metodológicas, aseguran el cumplimiento de los objetivos trazados y la respuesta a la pregunta que orienta la investigación. Por tanto, la investigación-acción es la metodología, que permitirá involucrar a cada uno de los actores del sector productivo de la panela, en la formulación de la propuesta de mejora.

2.2 Población o entidades participantes

La población objeto de estudio se encuentra delimitada a los trapiches satélites de la zona del municipio de Útica departamento de Cundinamarca, adicionalmente como entidades participantes se tiene la Corporación Universitaria Iberoamericana, en su facultad de ingeniería programa de Ingeniería Industrial.

2.3 Definición de Variables o Categorías

Las variables a considerar dentro del estudio se encuentran relacionadas dentro del capítulo 3 del presente documento y están debidamente definidas y parametrizadas para el desarrollo del proyecto.

2.4 Procedimiento e Instrumentos

El procedimiento aplicado para el desarrollo del proyecto se desarrollo de la siguiente manera:

- 1- Fundamentación teórica del proceso panelero y caracterización de la zona objeto de estudio
- 2- Visita técnica a la zona de Útica Cundinamarca.
 - a. Levantamiento de la infomación concerniente al proceso y tiempos del mismo.
- 3- Análisis del proceso y consolidación de la información.
- 4- Desarrollo del modelo mediante simulación.
- 5- Validación del modelo
- 6- Presentación de resultados.

En el desarrollo del proyecto se utilizaron básicamente los siguientes instrumentos:

Teléfono Celular para documentar el proceso, toma de tiempos.

Computador con sistema operativo Office, software Flexsim. Ambos software debidamente licenciados por parte de la Corporación Universitaria Iberoamericana.

2.5 Alcances y limitaciones

De acuerdo al planteamiento inicial del proyecto se determina el alcance hasta el desarrollo de un modelo de simulación aplicado al proceso panelero en trapiches satélites del municipio de Útica Cundinamarca.

Como limitantes del proyecto se establecen los siguientes:

Tiempo de cosecha de la caña de azúcar.

Disponibilidad de trapiches activos durante la visita.

Capacidad y limitante en elementos del software.

Capítulo 3 - Resultados

El presente capítulo se estructura de acuerdo a los objetivos planteados y presenta los resultados obtenidos de acuerdo a la estructura de los mismos.

De igual manera hace parte constitutivo el modelo de simulación desarrollado y los resultados obtenidos del mismo.

3.1 Caracterización de las etapas del proceso productivo de la panela en trapiches satélites.

Como resultado de las visitas realizadas al municipio de Útica Cundinamarca y a los principales trapiches dentro de la zona rural correspondiente al municipio, durante el año 2020 se pudo determinar de manera efectiva el proceso de producción de la panela, tomando como referentes los trapiches de mayor tamaño y los de menor tamaño, determinando que el proceso es similar, cambiando en esencia su capacidad, lo que determina a ciencia cierta su tamaño, si bien es cierto en algunos de los mayores se encuentran factores tecnológicos que no son preponderantes en el proceso en general.

Dentro del contexto estudiado se ha determinado el siguiente esquema general que aplica a los procesos productivos de la panela en la zona objeto de estudio.

Figura 1. Esquema de proceso



Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo al objeto de estudio de este documento se han determinado algunas variables que se consideran críticas para desarrollar la simulación de tal manera que refleje la realidad de los trapiches de zona.

Las actividades correspondientes a la recolección, transporte al trapiche y su almacenamiento durante el tiempo previo al comienzo del proceso productivo como tal se denomina Apronte; es de destacar que para este tipo de cultivo el tiempo que ha de permanecer la caña después del corte en el cultivo y su apilado, debe ser mínimo ya que la caña de azúcar sufre una deshidratación, disminuyendo el rendimiento y calidad de la panela.

La Extracción de jugos se realiza mediante rodillos en el molino, los cuales por compresión a la vara de la caña permite que los jugos de la misma salgan y sean la materia prima primordial para la producción de la panela, mientras que el bagazo se utiliza como combustible para los hornos, este bagazo debe ser secado al aire libre. Dentro de la zona de Útica no se le da un uso diferente al bagazo, mientras que otras zonas del país es utilizado para la producción de papel.

Los jugos resultantes son sometidos a los procesos de limpieza, clarificación y encalado, estos procesos se asocian en un gran proceso denominado limpieza. El jugo obtenido crudo y sin sufrir modificación es sujeto al proceso de enfriado y clarificado mediante decantación por gravedad, adicionalmente se le adicionan productos bioquímicos y se somete la mezcla a calor con el fin de obtener los mejores resultados de calidad del jugo de caña.

El proceso de limpieza se compone principalmente de tres grandes subprocesos, de tal manera que se logre el mejor producto terminado en esta parte del proceso, Prelimpieza, clarificación, encalado.

La prelimpieza mediante la decantación sin incluir ningún medio adicional, busca por medio de la gravedad retener los sólidos que contiene el jugo de la caña, así como otros elementos que naturalmente se pueden encontrar en el jugo, arena, tierra entre otros, por otro lado los elementos de menor densidad flotarán en el jugo, los cuales fácilmente son separados.

El proceso de separación se denomina clarificación se desarrolla en elemento denominado descachazadora, artefacto similar a una paila, su función principal es. mediante la acción de la cal y el calor, lograr la coagulación de los elementos de menor densidad, estas impurezas se retiran y ubican en la cachacera, estos elementos son denominados habitualmente como cachaza negra; de igual forma el jugo resultante es retirado e inmediatamente con el fin de evitar que estos alcancen temperaturas que permitan que ebullean, ya que si esto ocurre la panela se puede ver sujeta a hongos, levaduras y su tiempo de almacenamiento será inferior al esperado.

Como último subproceso importante se encuentra el encalado, en este subproceso se adiciona cal, (carbonato de calcio (CaO)), adición que pretende evitar la formación de azúcares y busca la flotación de partículas orgánicas, es de anotar que la cal utilizada debe ser apta para el consumo humano y el diámetro de sus granos debe ser fino. El control de la temperatura, busca evitar el que los jugos tomen un color oscuro ya que estos generan una panela de un color de baja aceptación en el mercado.

El proceso siguiente denominado evaporación busca controlar los factores resultantes de la eficiencia térmica del quemador y su efecto sobre los jugos ya que afectan la calidad de la panela. La evaporación del agua contenida en los jugos, por calentamiento a 96°C, busca que la concentración de sólidos sea la adecuada para la solidificación y formación de losas. Estas operaciones se realizan en pailas o fondos dispuestos en línea, que reciben diferentes nombres técnicos en las distintas regiones donde se produce la panela. Los jugos se mueven entre estos recipientes mediante paleo manual y se denominan miel al final de su transporte. El diseño y materiales de construcción de estas cubetas, el tiempo de residencia de los jugos depositados en ellas y la intensidad del calor que reciben son factores determinantes en los procesos de evaporación y concentración.

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. La evaporación del agua contenida en los jugos por calentamiento a 96 °C permite alcanzar la concentración de sólidos apropiada para la consolidación y moldeo de la panela.

Estas operaciones se llevan a cabo en pailas o fondos dispuestos en línea, los jugos se desplazan entre estos recipientes por paleo manual y al finalizar su tránsito, se obtienen las mieles. El diseño y materiales de construcción de estas pailas, el tiempo de residencia de los jugos allí depositados y la intensidad de calor que reciben, son índices determinantes en las operaciones de evaporación y concentración.

La siguiente fase del proceso denominada punteo y batido momento en el que la panela obtiene su punto ideal, se lleva a cabo en la paila punteadora, incorporando aire a las mieles obtenidas en el proceso anterior hasta obtener el punto ideal de la panela, este punto es resultado de la experticia de los operarios del trapiche.

Posterior al proceso anterior se desarrolla el moldeado el cuál se desarrolla en mesas de acero inoxidable mediante moldes de madera, donde se vierte la miel preparada y lista, se espera a que la panela tome forma y su consistencia permita realizar el desmoldeo, el contenido de los moldes lo determina cada trapiche de acuerdo a su capacidad.

El empaque y almacenamiento del producto terminado se realiza en cajas de cartón que aíslan el producto del medio ambiente y no permite que sea afectado por microorganismos que podrían deteriorar el producto, las cajas de cartón son dispuestas en lugares protegidos de la humedad y la inclemencia del medio ambiente, antes de ser transportados al punto de acopio determinado.

3.2 Variables del proceso de fabricación de panela en los trapiches satélites del municipio de Útica- Cundinamarca, para la validación de los factores de mejora en el proceso.

Identificación de variables

Acorde al proceso en general se pueden identificar las variables que afectan el proceso productivo de la panela en cada etapa del proceso productivo, de tal manera que se puedan establecer como factores preponderantes para el análisis y simulación del proceso productivo.

Para el efecto se proponen las variables expuestas en la tabla 1. correspondientes a cada uno de los componentes del proceso productivo de la panela, con su objetivo y la definición de la variable de acuerdo a sus componentes.

Tabla 1. Definición de variables del proceso

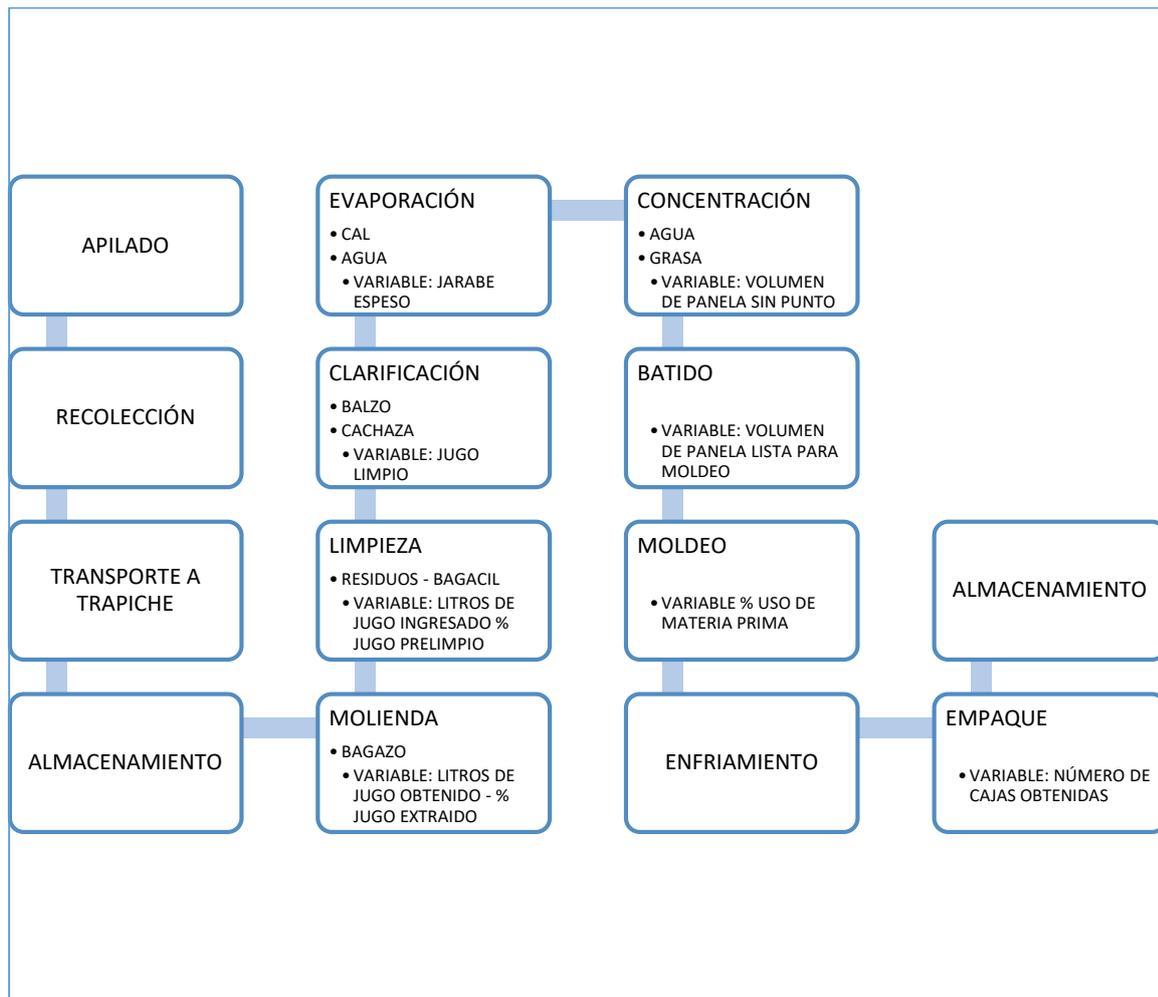
PROCESO	OBJETIVO	VARIABLE	DEFINICIÓN DE LA VARIABLE
MOLIENDA	Recibir, triturar, moler y obtención del guarapo de la caña de azúcar, para posteriormente ser limpiado	LITROS DE JUGO OBTENIDO	VOLUMEN DE JUGO OBTENIDO
		% JUGO EXTRAIDO	PORCENTAJE DE JUGO OBTENIDO A PARTIR DE X Kg DE CAÑA
PRELIMPIEZA	Limpiar todos los materiales gruesos que trae consigo el jugo de caña (bagazo, tierra, lodo, caña) por medio de la decantación de los prelimpiadores	LITROS DE JUGO INGRESADO	TEÓRICAMENTE MISMO VOLUMEN DE JUGO PROVENIENTE DE LA MOLIENDA
		% JUGO PRELIMPIO	PORCENTAJE DE JUGO OBTENIDO PRELIMPIO A PARTIR DE X

			LITROS DE JUGO DE CAÑA
CLARIFICACIÓN	Limpiar el jugo de caña por medio de la elevación de temperaturas y de floculantes naturales	JUGO LIMPIO	PORCENTAJE DE JUGO OBTENIDO LIMPIO A PARTIR DE X LITROS DE JUGO DE CAÑA PRELIMPIO
EVAPORACIÓN	Lograr la evaporación del 90 % de agua obteniendo un jarabe espeso (Melao)	JARABE ESPESO	CANTIDAD DE JARABE ESPESO
CONCENTRACIÓN	Obtención del punto de la panela	VOLUMEN DE PANELA SIN PUNTO	VOLUMEN DE PANELA SIN PUNTO
BATIDO	Dar textura, porosidad y eliminar la adherencia de las mieles	VOLUMEN DE PANELA LISTA PARA MOLDEO	VOLUMEN DE PANELA EN PUNTO
MOLDEO	Darle forma a la panela (Redonda, Cuadrada, Pastilla)	% USO DE MATERIA PRIMA	NÚMERO DE UNIDADES OBTENIDAS POR VOLUMEN DE MATERIA PRIMA
		NÚMERO DE UNIDADES	NUMERO DE UNIDADES
EMPAQUE	Empaque de producto finalizado en cajas	NUMERO DE CAJAS OBTENIDAS	NUMERO DE CAJAS

Fuente: Elaboración propia.

Las variables críticas identificadas a partir del anterior punto del proceso de producción de panela en cada una de las etapas agrupadas y que serán objeto de análisis y desarrollo en el presente documento, no obstante, al ser un proceso netamente artesanal se debe considerar un alto nivel de dispersión de los datos ya que en los procesos es componente fundamental la experticia de los operarios.

Figura 2. Esquema de proceso, insumos y variables.



Fuente: Elaboración propia

Con el fin de cuantificar de la mejor manera posible se realizará un estudio de tiempos, de igual manera se identificará en el modelo de estandarización utilizando un software con el fin de simular el proceso y proponer opciones de mejora del mismo.

3.3 Estudio de tiempos al interior de los trapiches satélites, para la validación de niveles de estandarización en la optimización del proceso productivo.

Los trapiches de la zona de Útica, adolecen de sofisticación dentro de sus procesos productivos, como se ha determinado en los apartes anteriores son diversos factores los que influyen dentro del desarrollo del modelo de producción para de la panela, esto aunado al principal factor influyente dentro de la asignación de la carga productiva de cada trapiche y este es la mano de obra, cualificada por la experticia de cada operario, pero afectada por factores diversos como son la remuneración diaria, (jornal), la cantidad de caña a tratar en el proceso y el nivel de afinidad del operario con el dueño, capataz o encargado del trapiche.

Con el fin de desarrollar un estudio de tiempos para los trapiches ubicados en la zona se determinaron unos pasos principales los cuales se esquematizan en la siguiente gráfica.

Figura 3. Esquema proceso panela



Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a los pasos principales observados en el estudio se determinaron los tiempos utilizados en la realización del proceso, los cuales son la base para la estandarización y con ellos se realizará la simulación.

Molienda.

SUBPROCESO	MOLIENDA
OBJETIVO	Recibir, triturar, moler y obtención del guarapo de la caña de azúcar, para posteriormente ser limpiado
ALCANCE	Desde el descargue de la caña de azucar hasta la extracción del jugo de la caña
ACTIVIDADES	Prender el trapiche
	Pasar la caña de azucar a través del trapiche

	Trituración de la caña de azúcar y extracción del jugo
	Obtención del bagazo
	Recoger el bagazo y llevarlo al almacenamiento
	El bagazo se deja secar para luego ser fuente primaria de combustible para la hornilla
INDICADORES	Indicador de la extracción del jugo, por ejemplo se emplearon 120 kg de caña y se obtiene 72 litros de jugo, entonces el porcentaje de extracción sería $P.E = (72/120) * 100\% = 57\%$. $P.E = (Cantidad\ de\ jugo\ obtenida) / (Cantidad\ de\ caña\ molida) * 100\%$ - $P.E = (Cantidad\ de\ caña\ molida) - (Cantidad\ de\ bagazo\ obtenido) / (Cantidad\ de\ caña\ molida) * 100\%$
TIEMPO MÁXIMO (minutos)	35
TIEMPO MÍNIMO (minutos)	21
RANGO (minutos)	14
PROMEDIO (minutos)	28

Los tiempos observados en el proceso de molienda se presentan a continuación:

Tabla 2. Tiempos molienda

SUBPROCESO	MOLIENDA						
TIEMPOS OBSERVADOS EN LA OPERACIÓN (MINUTOS)							
33	23	22	31	30	27	32	29
26	28	27	31	35	29	23	29
26	29	21	28	30	35	29	32
26	22	33	26	22			
MEDIA	28,0689655						
DESVIACIÓN ESTANDAR	3,94544072						
RANGO	14						

PRELIMPIEZA

SUBPROCESO	PRELIMPIEZA
OBJETIVO	Limpiar todos los materiales gruesos que trae consigo el jugo de caña (bagazo, tierra, lodo, caña) por medio de la decantación de los prelimpiadores
ALCANCE	Desde la extracción del jugo de la caña que sale del trapiche hasta el prelimpiado del jugo de caña
ACTIVIDADES	Pasar el jugo de la caña al pozuelo o al prelimpiador

	En primer lugar las impurezas de mayor tamaño son las primeras en separarse debido a su densidad
	Luego pasa a un prelimpiador 2 en donde se remueven las impurezas que tengan una densidad más cercana al jugo, como algunas partículas pequeñas
INDICADORES	Porcentaje de jugo de caña prelimpio = Cantidad de litros de jugo de caña ingresado/cantidad de litros de jugo de caña prelimpiado x 100%
TIEMPO MÁXIMO (minutos)	35
TIEMPO MÍNIMO (minutos)	21
RANGO (minutos)	14
PROMEDIO (minutos)	28

Tabla 3. Tiempos prelimpieza

SUBPROCESO	PRELIMPIEZA						
TIEMPOS OBSERVADOS EN LA OPERACIÓN (MINUTOS)							
21	21	29	31	25	32	30	35
34	21	24	28	28	27	26	32
24	23	32	34	33	28	25	28
30	33	30	33	22	24		
MEDIA		28,1					
DESVIACIÓN ESTANDAR		4,33390801					
RANGO		14					

Clarificación

SUBPROCESO	CLARIFICACIÓN
OBJETIVO	Limpiar el jugo de caña por medio de la elevación de temperaturas y de floculantes naturales
ALCANCE	Desde el prelimpiador hasta la limpieza total del jugo de caña
ACTIVIDADES	Realizar limpieza o el protocolo de asepsia a los calderos y utensilios
	Prender la hornilla por medio del bagazo
	Verter el jugo de caña de azúcar al primer caldero (caldero de clarificación)
	Esperar llegar a una temperatura de 55°C - 60°C
	Agregar floculantes naturales (Balso, Cadillo, Guacimo) al caldero

	Remoción de impurezas (Cachaza) que flotan en la superficie del jugo por medio de un remellón
	La cachaza se deposita en los tanques (Cachazeras), para luego crear una solución con sal para alimentar a los animales (Ganado)
INDICADORES	Para la adecuada preparación de los flocculantes " se aconseja utilizar un solución entre 15 y 30 litros por cada 500 litros de jugo de caña "
TIEMPO MÁXIMO (minutos)	60
TIEMPO MÍNIMO (minutos)	50
RANGO (minutos)	10
PROMEDIO (minutos)	55

Tabla 4. Tiempos clarificación

SUBPROCESO	CLARIFICACIÓN							
TIEMPOS OBSERVADOS EN LA OPERACIÓN (MINUTOS)								
60	59	56	52	51	56	57	56	
50	60	59	55	54	57	58	58	
54	52	55	59	60	57	55	56	
58	56	56	57	50	50			
MEDIA	55,7666667							
DESVIACIÓN ESTANDAR	3,02499169							
RANGO	10							

Evaporación

SUBPROCESO	EVAPORACIÓN
OBJETIVO	Lograr la evaporación del 90 % de agua obteniendo un jarabe espeso (Melao)
ALCANCE	Desde el subproceso de clarificación hasta la obtención de los grados brix adecuados para el melado
ACTIVIDADES	Transportar el jugo de caña al caldero de evaporación
	Elevar temperatura a 120 °c
	Ir batiendo el melao para evitar la pega del mismo
INDICADORES	En este subproceso se debe tener entre los 16 y 21 grados brix
TIEMPO MÁXIMO (minutos)	60
TIEMPO MÍNIMO (minutos)	45
RANGO (minutos)	15

PROMEDIO (minutos)	52,5
--------------------	------

Tabla 5. Tiempos evaporación

SUBPROCESO	EVAPORACIÓN						
TIEMPOS OBSERVADOS EN LA OPERACIÓN (MINUTOS)							
50	50	49	60	53	48	50	49
47	50	57	46	56	57	58	54
47	48	58	59	50	54	57	55
56	54	57	45	59	50		
MEDIA	52,7666667						
DESVIACIÓN ESTANDAR	4,4696936						
RANGO	15						

Concentración

SUBPROCESO	CONCENTRACIÓN
OBJETIVO	Obtención del punto de la panela
ALCANCE	Desde el subproceso de evaporación hasta la obtención del punto de la panela
ACTIVIDADES	Transportar el melao al caldero de concentración
	Mantener la temperatura en 120 °c
	Agregar antiespumantes (Aceites) para evitar el riegue o la quema del mismo
	Cocción de las mieles
	Batir hasta obtener el punto de la panela
INDICADORES	En este subproceso se debe tener entre los 88 y 94 grados brix y temperaturas entre los 118°c y los 125 °c
TIEMPO MÁXIMO (minutos)	50
TIEMPO MÍNIMO (minutos)	40
RANGO (minutos)	10
PROMEDIO (minutos)	45

Tabla 6. Tiempos concentración

SUBPROCESO	CONCENTRACIÓN							
TIEMPOS OBSERVADOS EN LA OPERACIÓN (MINUTOS)								
50	49	46	50	46	50	41	48	
41	50	49	42	40	50	47	43	
47	49	48	45	45	50	40	47	
46	41	47	42	50	41			
MEDIA		46						
DESVIACIÓN ESTANDAR		3,552561						
RANGO		10						

Batido

SUBPROCESO	BATIDO
OBJETIVO	Dar textura, porosidad y eliminar la adherencia de las mieles
ALCANCE	Desde el subproceso de concentración hasta la porosidad de las mieles
ACTIVIDADES	Limpiar los utensilios y el personal debe estar libre de contaminación , debido a que los microorganismos en este proceso suelen disminuir la vida útil de la panela
	Llevar la concentración o las mieles a la batea
	Batir las mieles hasta que se obtenga la consistencia deseada (Densidad)
INDICADORES	En este subproceso se debe tener en cuenta la densidad y la limpieza de los elementos a utilizar para evitar la propagación de microorganismos en la panela
TIEMPO MÁXIMO (minutos)	12
TIEMPO MÍNIMO (minutos)	8,5
RANGO (minutos)	3,5
PROMEDIO (minutos)	10,25

Tabla 7. Tiempos Batido

SUBPROCESO	BATIDO							
TIEMPOS OBSERVADOS EN LA OPERACIÓN (MINUTOS)								
12	19	15	17	12	14	16	15	
15	13	21	16	24	15	13	20	
24	20	13	12	21	21	17	12	
23	17	21	17	25	20			
MEDIA		17,3333333						
DESVIACIÓN ESTANDAR		4,00287253						
RANGO		13						

Moldeo y desmoldeo

SUBPROCESO	MOLDEO Y DESMOLDEO
OBJETIVO	Darle forma a la panela (Redonda, Cuadrada, Pastilla)
ALCANCE	Desde el subproceso de batido hasta el desmoldeo de la panela
ACTIVIDADES	Escoger el tipo de gavera a utilizar para darle forma a la panela
	Llevar la concentración a la gavera
	Esparcir la concentración por toda la gavera hasta completar todos los espacios
	Dejar enfriar la panela en la gavera
	Desmoldar la panela de la gavera una vez este compacta (Solida)
INDICADORES	Cantidad de materia prima consumida/Cantidad de producto terminado x 100%
TIEMPO MÁXIMO (minutos)	25
TIEMPO MÍNIMO (minutos)	12
RANGO (minutos)	13
PROMEDIO (minutos)	18,5

Tabla 8. Tiempos Moldeo y desmoldeo

SUBPROCESO	MOLDEO Y DESMOLDEO						
TIEMPOS OBSERVADOS EN LA OPERACIÓN (MINUTOS)							
12	19	15	17	12	14	16	15
15	13	21	16	24	15	13	20
24	20	13	12	21	21	17	12
23	17	21	17	25	20		
MEDIA	17,3333333						
DESVIACIÓN ESTANDAR	4,00287253						
RANGO	13						

Empaque

SUBPROCESO	EMPAQUE
OBJETIVO	Realizar inspección a la panela identificando la calidad de la misma para que proceda a ser empacada
ALCANCE	Desde el subproceso del desmoldeo hasta el sellado de la caja
ACTIVIDADES	Verificación del estado de la panela (Color, Peso, Quebradas)

	El trabajador toma la decisión de si la panela es apta o por el contrario no lo es y puede ser utilizada por ellos mismos
	Se empacan en cajas de carton, para el caso de la panela redonda se empacan 38 unidades en la caja, para la panela de pastilla 64 unidades, para la panela cuadrada 40 unidades
	Sellar las cajas de panela
	Llevar registros (Cantidad de cajas, Formas de la panela)
INDICADORES	Número de panelas empacadas al día / Número de panelas presupuestadas al día x100%
TIEMPO MÁXIMO (minutos)	2,2
TIEMPO MÍNIMO (minutos)	1,31
RANGO (minutos)	0,89
PROMEDIO (minutos)	1,76

Tabla 9. Tiempos Empaque

SUBPROCESO	EMPAQUE							
TIEMPOS OBSERVADOS EN LA OPERACIÓN (MINUTOS)								
2,2	1,78	1,94	1,36	1,63	1,34	1,36	1,55	
1,8	2,11	2,23	2,2	1,53	1,38	2,03	1,86	
2,01	1,87	1,47	1,94	1,73	2,2	1,88	1,37	
1,31	1,79	2,3	1,36	1,61	1,41			
MEDIA		17,3333333						
DESVIACIÓN ESTANDAR		4,00287253						
RANGO		13						

Almacenamiento y Distribución

SUBPROCESO	ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN
OBJETIVO	Almacenar, Despachar y Distribución de la panela
ALCANCE	Desde el subproceso de empaque hasta la distribución de la panela, llegando al consumidor final
ACTIVIDADES	Llevar cajas de panela a la bodega
	Ubicar las cajas de panela por formas
	Se recibe pedido de un cliente (Minorista)
	Despacho del producto, selección de las cajas a llevar
	Cargue del camión o vehículo

	Transporte de las cajas de panela desde la finca hasta el pueblo
	Las cajas de panela llegan al Minorista
	El minorista empaca las panelas en bolsas por kilos y/o por libras para posteriormente venderlas
	El consumidor final adquiere las bolsas que le vende el minorista
INDICADORES	Cantidad de cajas de panela producidos al mes / Cantidad de ventas por mes x 100%
TIEMPO MÁXIMO (minutos)	25
TIEMPO MÍNIMO (minutos)	20
RANGO (minutos)	5
PROMEDIO (minutos)	22,50
NOTA	El tiempo del almacenamiento es de 22,5, el tiempo de distribución va a depender del cliente y del pedido. Se puede hacer a solicitud del cliente

Ahora bien con los datos obtenidos para cada una de las etapas del proceso es posible desarrollar un modelo que permita verificar si la estandarización es posible basándose en un volumen de información obtenida de manera práctica mediante la observación directa.

3.4 Modelo de estandarización de procesos de fabricación de panela en los trapiches satélites de alta productividad del municipio de Útica (Cundinamarca).

Con el fin de desarrollar un modelo de estandarización del proceso de fabricación de la panela en los trapiches satélites que se encuentran en el municipio de Útica.

Para el desarrollo del modelo se utilizó un software especializado que permite parametrizar las diferentes variables que afectan en mayor o menor medida el desempeño del trapiche. El modelo como tal fue desarrollado en Flexsim versión 2022, debidamente licenciado, escogido este por su flexibilidad, capacidad de generar simulaciones mediante el cambio de parámetros de cada uno de sus elementos,

1- Componentes del modelo

El modelo de estandarización contiene todos los procesos intervinientes en el proceso productivo, mano de obra y presenta de la mejor manera posible

El modelo desarrollado contiene todos los elementos principales que componen el proceso productivo de la panela.

Para el efecto de presentación el modelo se puede dividir en varios componentes principales:

Componente 1. En esta sección del proceso se representan y modelan los siguientes elementos.

Figura 4. Componente 1 del modelo



Llegada de caña procedente del cultivo de caña, la cual es previamente cortada

Apronte o recepción de la caña dentro del trapiche. De su recepción se genera el bagaso, el cual se almacena y deja secar.

Molienda. Primer paso del proceso productivo.

Prelimpieza. Primer paso para obtención de panela de alta calidad.

El segundo gran grupo de componentes del proceso productivo son:

Figura 5. Componente 2 del modelo



Clarificación. Genera adicionalmente cachaza

Evaporación

Punteo.

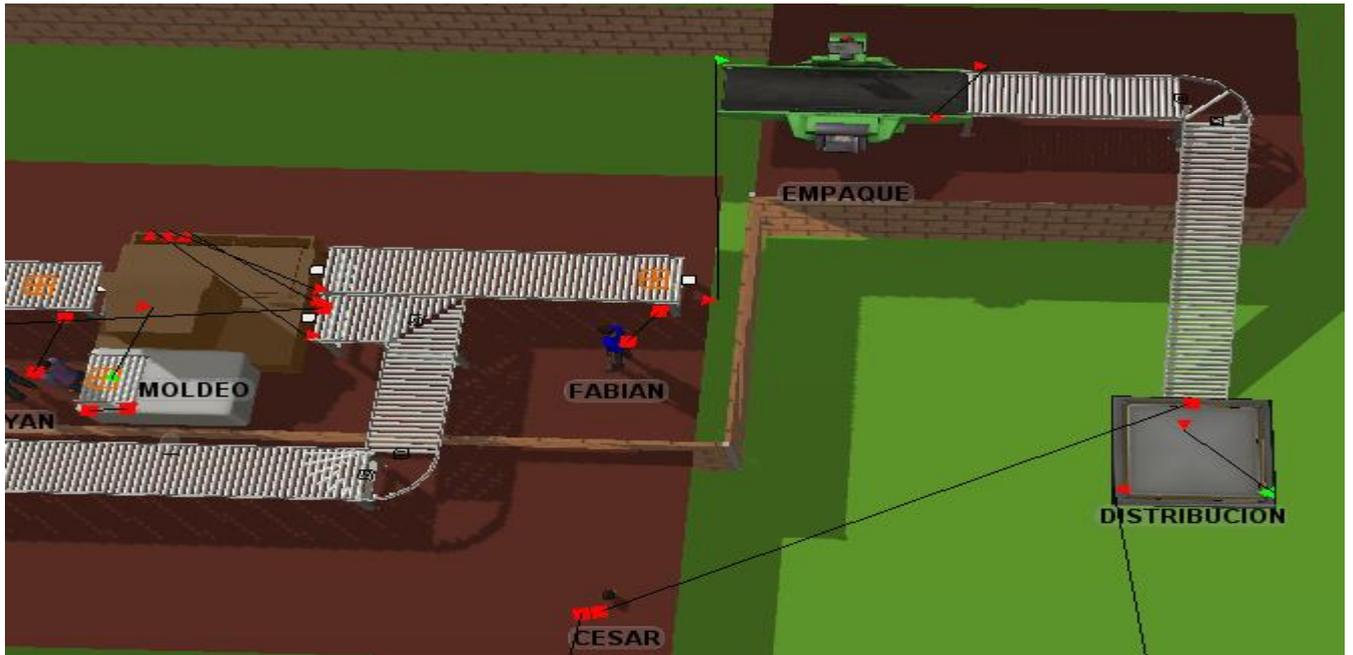
Horno. Componente vital para la generación del proceso.

Concentración

Batido

Como tercer gran componente del proceso productivo se encuentra:

Figura 6. Componente 3 del modelo



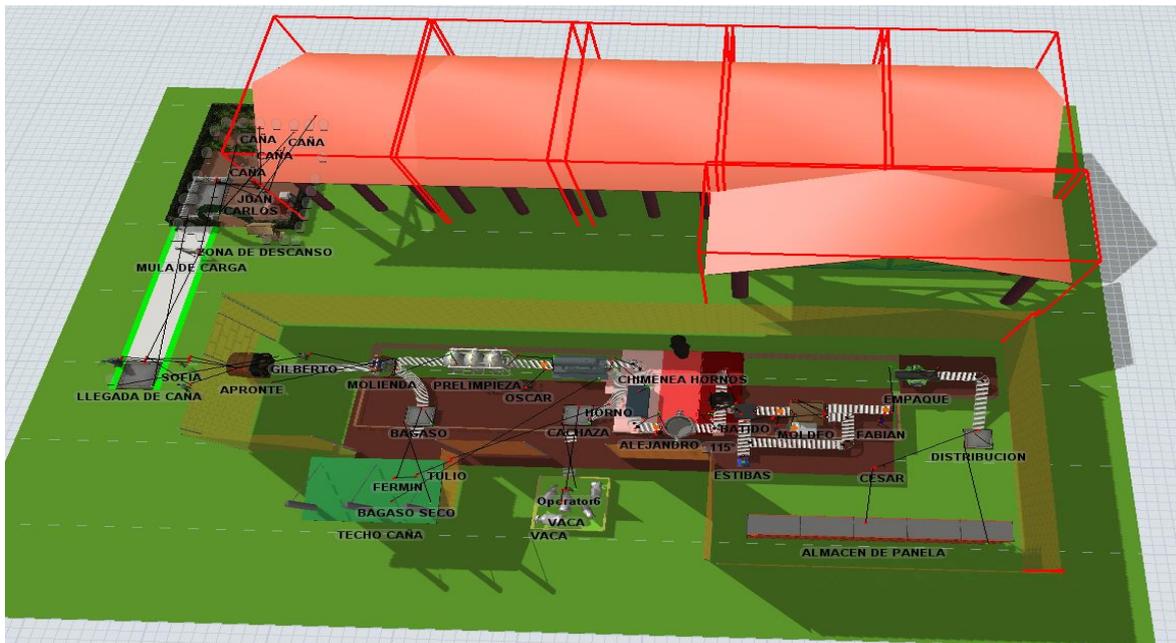
Moldeo y desmoldeo

Empaque

Distribución

El esquema general del modelo desarrollado se presenta en la siguiente imagen:

Figura 7. Esquema general del modelo



Para la parametrización del modelo se tomaron los datos obtenidos en el estudio de tiempos, teniendo en cuenta así mismo que el modelo incluye elementos como son: operarios, espacio de distribución a terceros, componentes de la finca como es animales de granja, entre otros.

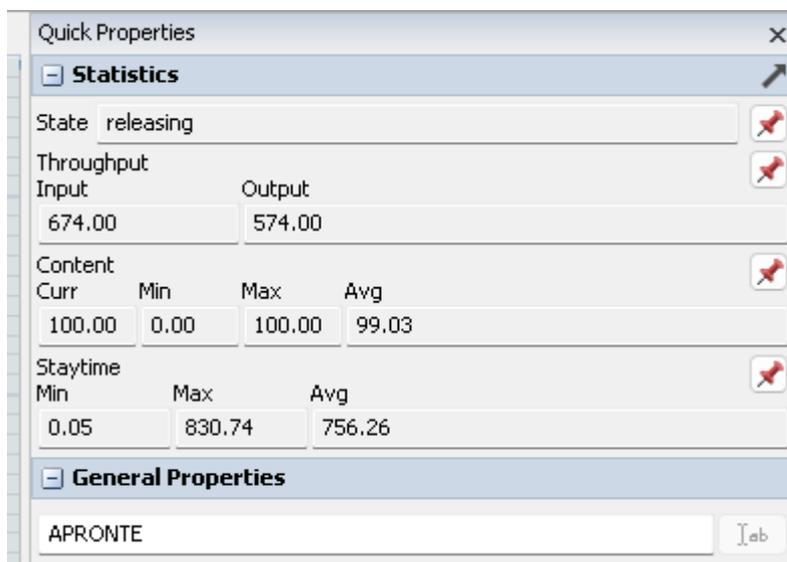
En el desarrollo del modelo no se tiene en cuenta el tiempo de siembra, crecimiento y recolección de la caña de azúcar, así como el tiempo de transporte al trapiche, el cual se hace mediante mulas de carga.

El modelo posterior a su desarrollo y pruebas preliminares, se corre durante un período simulado de 8 horas, teniendo en cuenta que dentro del contexto de los trabajadores campesinos su jornal corresponde a 8 horas, las cuales se pueden ampliar dependiendo de la cantidad requerida de producción o la cantidad de caña que se desea procesar. Los resultados obtenidos se presentan en el capítulo 4. Discusión.

Capítulo 4 - Discusión

Después de realizar la corrida del modelo de acuerdo a los tiempos establecidos se encontraron los siguientes datos para cada uno de los componentes vitales del proceso:

Apronte:



Quick Properties			
Statistics			
State	releasing		
Throughput			
Input	Output		
674.00	574.00		
Content			
Curr	Min	Max	Avg
100.00	0.00	100.00	99.03
Staytime			
Min	Max	Avg	
0.05	830.74	756.26	
General Properties			
APRONTE			Iab

Son relevantes en este paso el nivel de entrada de 674 kg, siendo despachados al proceso un total de 574 kg. Con permanencia mínima de 0.05 segundos y máxima de 830.74 segundos.

Molienda

Throughput			
Input		Output	
574.00		748.00	
Content			
Curr	Min	Max	Avg
1.00	0.00	1.00	0.96
Staytime			
Min	Max	Avg	
0.04	8.04	6.17	
General Properties			
MOLIENDA			Tab

Muestra un ingreso de 574 unidades y genera como salida 748 unidades, valga decir que la salida está compuesta de material denominado bagaso, el cual es un subproducto de desecho que se usa como combustible y el jugo de caña que continua su proceso normal, el tiempo promedio obtenido en la simulación es de 6.17 minutos por unidad.

Bagaso

State collecting			
Throughput			
Input		Output	
572.00		500.00	
Content			
Curr	Min	Max	Avg
72.00	0.00	100.00	47.95
Staytime			
Min	Max	Avg	
12.14	822.66	417.30	
General Properties			

Muestra una permanencia promedio de 147 unidades de tiempo, lo que indica que su uso es continuo, resaltando que el horno se calienta en cada jornada de trabajo con el bagaso que queda del día anterior, en la simulación se muestra que quedan 72 unidades en espera de ser usadas.

Prelimpieza

Throughput			
Input		Output	
175.00		175.00	
Content			
Curr	Min	Max	Avg
0.00	0.00	1.00	0.18
Staytime			
Min	Max	Avg	
5.00	5.00	5.00	
General Properties			
PRELIMPIEZA			Iab

Se resalta en este proceso que el tiempo es de 5 minutos y se procesan 175 unidades volumétricas, sin quedar material en proceso.

Clarificación

State idle			
Throughput			
Input		Output	
175.00		218.00	
Content			
Curr	Min	Max	Avg
0.00	0.00	1.00	0.26
Staytime			
Min	Max	Avg	
0.00	7.00	5.62	
General Properties			
CLARIFICACION			Iab

Se procesa todo el material durante un tiempo de 7 minutos como máximo, adicionandole componentes que hace que el volumen aumente a 218 unidades volumétricas.

Evaporación

Statistics			
State processing			
Throughput			
Input		Output	
217.00		214.00	
Content			
Curr	Min	Max	Avg
3.00	0.00	4.00	0.99
Staytime			
Min	Max	Avg	
22.00	22.00	22.00	
General Properties			
EVAPORACION			Iab

Como es de esperar en este proceso se pierde volumen disminuyéndose a 214 unidades volumétricas, con un tiempo de permanencia en este subproceso de 22 minutos.

Punteo

Statistics				
State		idle		
Throughput				
Input		Output		
213.00		213.00		
Content				
Curr	Min	Max	Avg	
0.00	0.00	1.00	0.04	
Staytime				
Min	Max		Avg	
1.00	1.00		1.00	

Muestra una duración de 1 minuto, con una entrada y salida volumétrica similar.

Concentración

State		idle		
Throughput				
Input		Output		
213.00		213.00		
Content				
Curr	Min	Max	Avg	
0.00	0.00	2.00	0.89	
Staytime				
Min	Max		Avg	
20.00	20.00		20.00	
General Properties				
CONCENTRACION				

De resaltar que el tiempo promedio es de 20 minutos, entrando y saliendo el mismo volumen de material.

Batido

State collecting			
Throughput			
Input		Output	
240.00		239.00	
Content			
Curr	Min	Max	Avg
1.00	0.00	2.00	1.00
Staytime			
Min	Max	Avg	
0.00	348.78	19.43	
General Properties			
BATIDO			Iab

Muestra la mayor variabilidad de tiempo, mostrando una dispersión alta en los resultados objeto de la difícil estandarización del tiempo debido a la aleatoriedad que se presenta al ser un proceso dependiente de factores externos no controlables como es la experticia del operario.

Moldeo

State idle			
Throughput			
Input		Output	
234.00		234.00	
Content			
Curr	Min	Max	Avg
0.00	0.00	9.00	0.26
Staytime			
Min	Max	Avg	
0.00	33.50	5.28	
General Properties			

Su comportamiento en terminos generales al igual que el batido depende de la experiencia y tiempo de espera para que la panela tome forma y conformación, incluye en este paso el desmoldeo manual de la panela.

Empaque

Quick Properties				
Statistics				
State: idle				
Throughput				
Input		Output		
208.00		208.00		
Content				
Curr	Min	Max	Avg	
0.00	0.00	1.00	0.26	
Staytime				
Min		Max	Avg	
6.00		6.00	6.00	
General Properties				

Tiempo de 6 minutos correspondiente a el transporte al sitio de empaque, cierre y rotulado de la caja.

Almacenamiento

State: idle				
Throughput				
Input		Output		
208.00		0.00		
Content				
Curr	Min	Max	Avg	
208.00	0.00	208.00	107.30	
Staytime				
Min		Max	Avg	
0.00		0.00	0.00	
General Properties				
ALMACEN DE PANELA				

Muestra la producción total del día, para un total de 208 cajas de panela.

La aplicación de software en el modelamiento de un proceso productivo totalmente artesanal es posible y representa de la manera mas cercana al comportamiento del mismo. De tal modo que las variaciones que se incluyan en el modelo puedan ser ajustadas y representen el comportamiento posible de la realidad del proceso artesanal.

Capítulo 5 - Conclusiones

5.1 Cumplimiento de objetivos y aportes a líneas de investigación de grupo

El desarrollo y cumplimiento de los objetivos se llevó a cabo de manera objetiva y ajustada a la situación real,

Los objetivos planteados, así como el planteamiento y formulación del problema propuestos para el proyecto se desarrollaron acorde a las situaciones coyunturales de la producción de la panela en la zona, los trapiches que se encontraban en funcionamiento en los momentos que se realizó la visita.

La caracterización de las etapas del proceso productivo se llevó a cabo de manera completa, se generó el diagrama general del proceso sobre el cual se desarrolla el estudio de tiempos.

Se identificaron y caracterizaron las variables influyentes en el proceso de fabricación de la panela, así mismo se determinaron productos adicionales que se generan en el modelo productivo, como son elementos para alimentar el fuego del horno y alimento para animales de granja.

El estudio de tiempos se adelantó tomando como base los tiempos obtenidos durante la visita realizada y las filmaciones del caso.

El modelo estandarizado del proceso se llevó a cabo totalmente, se genera un modelo en flexsim, el cual queda a disposición de la comunidad académica y productiva-.

5.2 Producción asociada al proyecto

Se espera a partir del presente estudio la publicación de los resultados y la posible presentación de la simulación y su proceso de construcción en eventos y/o revistas científicas.

5.3 Líneas de trabajo futuras

Se pueden aprovechar los elementos presentados como herramienta propia de la universidad para el estudio no solo investigativo si no como fundamento para la investigación formativa en pregrado y posgrado en el área de producción.

Se abre la posibilidad de generar estudios de analítica de datos en producción agroindustrial o agropecuaria.

Adicionalmente se puede formular un proyecto institucional para el apoyo al agro en aplicación de la ingeniería industrial desde el currículo y desde las líneas de investigación existente en la facultad.

Anexos

- 1- Registro fílmico
- 2- Aplicativo de simulación.

Referencias

Aguilar-Rivera, N. (2011). Efecto del almacenamiento de bagazo de caña en las propiedades físicas de celulosa grado papel. *Ingeniería, investigación y tecnología*, 12(2), 189-197.

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-77432011000200008&lng=es&tlng=es.

Arteaga, Omar y Tapia, Francisco (2015) *Plan de mejoramiento para el sector productivo de la panela en el Municipio de Samaniego-Nariño, año 2014-2015*. Informe final de Trabajo de Grado. Universidad de Nariño, Pasto, Colombia.

<https://sired.udenar.edu.co/1171/>

Cáceres, K., Bello, F. (2016) Alternativa productiva para el aprovechamiento del residuo cachaza. Repositorio Universidad del Rosario.

<https://repository.urosario.edu.co/bitstream/handle/10336/11972/BelloPineda-Fabian-2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Fedepanela, (2002) Guía ambiental para el subsector Panelero.

https://www.fedepanela.org.co/publicaciones/cartillas/guia_ambiental_panelera.pdf

González García, Yolanda, & González Reynoso, Orfil, & Nungaray Arellano, Jesús (2005). Potencial del bagazo de Agave tequilero para la producción de biopolímeros y carbohidrasas por bacterias celulolíticas y para la obtención de compuestos fenólicos. *e-Gnosis*, (3),0.[fecha de Consulta 11 de Noviembre de 2021]. ISSN: . Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=73000314>

López, N., Moreno, F., Castro, L., Zarate, M. (2019). Evaluación de los aspectos ambientales en la cadena de suministro de la panela en el sector de la hoya del río Suárez, en Colombia. *Revista chilena de economía y sociedad*. Volumen 13, N° 1. <https://rches.utem.cl/articulos/evaluacion-de-los-aspectos-ambientales-en-la-cadena-de-suministro-de-la-panela-en-el-sector-de-la-hoya-del-rio-suarez-en-colombia/>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. (2019). Estrategia nacional de economía circular: Cierre de ciclos de materiales, innovación tecnológica, colaboración y nuevos modelos de negocio.

http://www.andi.com.co/Uploads/Estrategia%20Nacional%20de%20EconA%CC%83%C2%B3mia%20Circular-2019%20Final.pdf_637176135049017259.pdf

Osorio, G. (2007). Manual: Buenas Prácticas Agrícolas -BPA- y Buenas Prácticas de Manufactura -BPM-en la Producción de Caña y Panela. <https://www.fao.org/3/a1525s/a1525s00.pdf>

Ramírez Durán, J. I. (2014). Comportamiento agroindustrial de diez variedades de caña de azúcar para producción de panela en Santander, Colombia. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 15(2), 183-195. Recuperado de: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-87062014000200005&lng=en&tlng=es

Serna Rincón, N., & Chaparro Rojas, E. J. (2020). La agroindustria panelera en Cundinamarca un enfoque a la productividad del sector a partir de las políticas públicas del sector agrario para el periodo 2008 2018. Retrieved from <https://ciencia.lasalle.edu.co/economia/1669>

Universidad del Rosario. (2019). Planes de competitividad y desarrollo económico incluyente en cinco (5) Planes de competitividad y desarrollo económico provincias de Cundinamarca: Bajo Magdalena, Magdalena Centro, Gualivá, Rionegro y Medina. Cundinamarca: FONDECUN.

