



Diseño y construcción de un sistema (clarificación, melado y moldeo) de producción de panela en la vereda altamira-orito putumayo

Andrés Villota Escobar Narly Yulyana Villota Villamarin Maria Alejandra Rosero Clavijo

Comentado [TMPM1]: Centrado, separado por comas, revisar según IEEE, como se nombran autores.

Corporación Universitaria Autónoma de Nariño
Pasto Nariño

maleja13racing@gmail.com, villotatecnologia@gmail.com, andresvillota182@hotmail.com

Resumen — con el desarrollo del artículo se quiere dar a conocer el trabajo investigativo que se realizó para diseñar y construir el sistema a escala para obtener panela. El proyecto pretende reducir significativamente el esfuerzo humano con el control de variables dependientes en el proceso a partir de elementos y mecanismos mecánicos y electrónicos que trabajan en conjunto en el prototipo para este fin. Los beneficios económicos tanto para el dueño del trapiche y la molienda son altas, pues se reduce el número de trabajadores, y mejora la inocuidad de la panela. Al tratarse de la actividad económica más importante de los productos derivados de la caña de azúcar en el país se desea incentivar la producción, distribución y venta del producto desde procesos seguros para todos desde quienes la hacen, quien la distribuye y finalmente el consumidor.

El proyecto finalizó el primer semestre del año 2019 en el corregimiento de Altamira Putumayo como lugar de muestra de la investigación y San Juan de Pasto para la construcción del prototipo.

Abstract— with the development of the article we want to make known the research work that was carried out to design and build the scale system to obtain panela. The project aims to significantly reduce human effort with the control of dependent variables in the process from mechanical and electronic elements and mechanisms that work together in the prototype for this purpose. The economic benefits for both the mill owner and milling are high, since the number of workers is reduced, and the safety of panela is improved, since it is the most important economic activity of sugarcane products in the region. The country wishes to encourage the production, distribution and sale of the product from safe processes for all from those who make it, who distributes it and finally the consumer.

The project ended the first semester of the year 2019 in the path of Altamira Putumayo as a sample site for the research and San Juan de Pasto for the construction of the prototype.

I. INTRODUCCIÓN

Con este proyecto se propone un prototipo del proceso para obtener panela en el municipio de Orito Putumayo, complementando el proceso de extracción de miel de panela. Se identificó un proceso ineficiente, pues la técnica yace de muchos años atrás sin ningún cambio o mejora tecnológica hasta la actualidad, además, se observa malas prácticas de manufactura en cuanto a higiene en el producto. El diseño y construcción se constituyen respecto a las etapas artesanales de transformación del jugo de caña hasta la panela como producto final, a partir del jugo de caña omitiendo la extracción del jugo que se obtiene al pasar la caña a través de las masas del trapiche.

La primera etapa del prototipo es limpiar el jugo de caña mediante un proceso de filtrado a través de cernidores metálicos en varias etapas del recorrido del jugo. Luego se realiza la clarificación, dice Barona “la cantidad de azúcar se eleva de 20 a 70 °C brix aproximadamente gracias a la evaporación del agua. El proceso de punteo determina la textura de la panela por ende se debe medir y determinar la homogeneidad y densidad de la mezcla, aquí los °brix incrementan entre 89-91 y la temperatura aproximadamente a 125 °C. Finalmente se bate la melaza para transportarla a los diferentes moldes de la producción y esperar su enfriamiento de forma natural.”¹

¹ BARONA, Alejandro. Proceso de elaboración de panela. Proceso de producción de panela. Popayán: blogspot, 2008. p.1



Durante la siembra, cosecha y transporte hasta el centro de acopio la caña de azúcar adquiere impurezas ya que no hay un procedimiento de limpieza previo a la extracción del jugo. Se implementará un proceso de limpieza previa a la extracción teniendo en cuenta las normas de manipulación de alimentos establecidas por el instituto nacional de vigilancia de medicamentos y alimentos como medida preventiva para disminuir los niveles de contaminación como levaduras y hongos en la panela.

II. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Un estudio realizado por Corpoica y Fedepanela en los trapiches del país encontraron niveles de aseptia muy bajos en el procedimiento panelero del país.” Siendo la caña el producto agrícola más importante desde el punto de vista de producción azucarera¹. La higiene es un factor clave para lograr un producto rico y saludable al paladar del consumidor, desafortunadamente en los trapiches se omite esta medida de prevención y se cometen muchas irregularidades respecto a este tema.

El sistema actual de producción en el departamento del Putumayo específicamente en el municipio de Altamira se basa en un modelo artesanal que refleja el atraso tecnológico en la actividad. Al visitar un trapiche se observa además de la falta de higiene, la mala infraestructura, el proceso no sigue una ruta lineal continua y poca seguridad para los trabajadores. Los materiales de construcción de pisos y paredes no tienen las características que especifica la reglamentación del INVIMA en el decreto 3075 del año 1997, las tuberías están ubicados en sectores peatonales, con acoples de diferentes materiales al de la tubería para detener fugas y con tramos innecesarios. La planta física está mal distribuida ya que se mezclan las áreas de trabajo, incluso durante la molienda el jugo debe devolverse a un área anterior para su transformación.

JUSTIFICACIÓN

En el departamento de Nariño y Putumayo se realiza procesos empíricos similares para la obtención de panela, solo difieren en la utilización de cal hidratada tipo e (permitida por Fedepanela) en el municipio de Sandoná. Actualmente el proceso con el que se obtiene panela tiene vacíos teóricos importantes que impiden alcanzar el rendimiento y calidad deseada en el producto, se refiere a una técnica antigua, aunque represente la tradición de un país no satisfacen los requisitos de consumo. Estudios similares abordan el tema desde el punto de la ingeniería industrial e investigaciones que indagan sobre los componentes como el bagazo y la caña de azúcar y sus características físico-químicas, estas propuestas no trascienden a la construcción física y tangible de la idea.

se plantea un proyecto que identifica, corrige, diseña, y evalúa las falencias actuales de la industria panelera para diseñar y construir construcción un prototipo con la capacidad de desarrollar el proceso de un trapiche de manera eficiente disminuyendo el tiempo en cada ciclo de trabajo, reducir significativamente el número de trabajadores y mejorar la inocuidad del producto, estos tres factores representan ganancias económicas al propietario de la molienda y el crecimiento de esta actividad económica. Es necesario implementar un plan preventivo para mejorar la calidad del producto partiendo desde la limpieza del jugo de caña como factor importante para disminuir la contaminación en el producto final, se pretende extraer impurezas o cachaza con el uso de un filtro y un sistema de barrido en la superficie.

Los habitantes de la vereda Altamira son campesinos dedicados netamente a las labores del campo con el anhelo de extender sus predios, aumentar la variedad en sus cultivos y la venta en más puntos de distribución aledaños. La producción de miel de panela en este sector se realiza en las fincas san Carlos y la maria con una capacidad de 1000 y 1200 litros respectivamente. Como es el caso del señor Iván Gonzales propietario del primer trapiche quien desarrolla esta actividad desde hace más de 12 años. Cuenta con la zona de extracción y cocción del guarapo; la obtención de la miel es un procedimiento que se hace en menos tiempo, se utiliza una pailla y es menos complejo en comparación con la obtención de panela. Con la construcción del prototipo se inicia la etapa de pruebas, verificación y evaluación del proceso, identificación y adaptación de parámetros como medidas y capacidad de producción a una máquina que satisfaga las necesidades y cumpla las expectativas comerciales de nuestro patrocinador con una inversión inicial menor, que si se construyera un trapiche tradicional; la máquina generara múltiples ventajas en la agroindustria panelera del sector, la población rural aumentara la oferta y demanda con éxito gracias al inmenso número de consumidores, se cortarían las largas cadenas de comercialización para lograr la venta del producto, la expansión del mercado interno e incursionar en el mercado nacional e internacional, el resultado general serán ganancias extraordinarias para el productor y su familia.

La idea con el prototipo didáctico, es motivar a la población en general a conservar una de las tradiciones gastronómicas más saludables del país desde los niños y jóvenes en los planteles educativos e institutos afines, dando a conocer el proceso de forma lúdica y fácil de entender a la vista de los aprendices; Una labor en conjunto con las directivas, docentes y colaboradores del plantel. Fomentar el crecimiento económico y motivar a la creación de microempresas sin intermediarios para la venta indirecta del producto. La meta con el prototipo también es brindar información y orientación de beneficiarse con la propuesta planteada, una idea de mercado sostenible para los propietarios de trapiche o personas del agro

Comentado [TMPM2]: Centrado y agregar numeración como los demás títulos

¹ TRAPICHE PANELERO GUALANDAY. Gualanday. Estudio del mercado de la panela en Colombia y el mundo.p.4



interesadas en la actividad. Actualmente “La tasa de desempleo registró su máximo nivel en 10 meses quedando en 11,8%; es decir, que aumentó en 0,03% frente a la de enero de 2017”¹Cada vez más son los empleos informales donde se pone a prueba la creatividad y emprendimiento del colombiano.

Como estudiantes de ingeniería mecánica se considera que el diseño y construcción del prototipo es la vía más significativa para alcanzar el título de ingeniero. se aplica de manera práctica los conocimientos teóricos aprendidos durante los semestres cursados, una preparación para enfrentar un mundo laboral nuevo con retos por descubrir y experiencias gratificantes por vivir.

III. OBJETIVOS

A. Objetivo General

Diseñar y construir un prototipo (clarificación, melado y moldeo) de producción de panela en la vereda Altamira-orito putumayo

B. Objetivos Específicos

- Recopilar y analizar datos sobre el procedimiento de obtención de panela en el municipio de orito putumayo.
- Diseñar, calcular y elaborar planos del prototipo de máquina con un modelo didáctico-funcional capaz de realizar de descachazar, clarificar, melado y moldeo de panela.
- Construir y ensamblar los diferentes sistemas, partes y mecanismos que constituyen el prototipo.
- Realizar pruebas del funcionamiento del prototipo
- Entrega del manual de funcionamiento del sistema de producción de panela.

IV. MARCO TEÓRICO

Antecedentes En la ciudad de Pasto se generan materiales de reciclaje como los alambres de cobre y aluminio que deben ser aprovechados y regenerados por medio de procesos industriales, el propósito de recuperar materiales en proceso de reciclamiento, está enfocado y dirigido a minimizar los efectos secundarios originados por estos elementos. El cable

recolectado, deberá ser clasificado en material de cobre y aluminio, este material suele ser sobrante de obras de instalaciones eléctricas, cables viejos o defectuosos, cabe resaltar, el reciclaje de cables que ya no son aptos para su respectivo trabajo, se les deberá ejercer una disposición correcta de reciclaje. La tarea de reciclaje es un deber de todas las comunidades, razón por la cual, se propone diseñar y construir un prototipo reciclador para cable de cobre y aluminio utilizado en depósitos de materiales reciclaje.

La acumulación de cables puede ser un mal necesario, pero con un proceso industrial bien establecido, se podría evitar una contaminación visual y ambiental que puede corregirse y afrontar nuevos cambios en el uso de estos materiales. El cobre es un elemento ubicado en la parte central del sistema periódico como elemento de transición, en el grupo 11 junto con la plata y el oro, es un metal de color rojizo, inerte y muy resistente a la corrosión, lo que explica que sea uno de los metales que puede tenerse en estado más puro.

V. MARCO CONCEPTUAL

El presente trabajo se enfatizó en estudiar y analizar el proceso de obtención de panela en el trapiche ubicado en la vereda Altamira Orito Pto. identificando las falencias en la producción de panela. Los siguientes términos son los más utilizados en la actividad por trabajadores y comunidad panelera .

Arrumar: agrupar la caña. Proceso previo al proceso de extracción de jugo, la caña se la ubica cerca al molino.

Bagazo: residuo leñoso que queda después de extraer su jugo. se utiliza para alimentar la caldera.

Cachaza: impurezas que están presentes en el jugo de caña, estos suben a la superficie en el momento de evaporar el agua y se deben retirar constantemente en este proceso.

Carola: espuma que se extrae del jugo de caña para alimentar algunos animales como gallinas y caballos.

Cuajar: proceso de solidificación de la panela.

Guácimo: corteza de árbol que se utiliza para limpiar el jugo de caña de las impurezas.

Guarapo: es el nombre que se le da también al jugo de caña. Cuando se deja fermentar lo se transforma en una bebida alcohólica.

Jecha: tiempo de maduración de la caña. Si la caña está bien jecha será más dulce el jugo de la caña y por ende la panela.

Melaza: jugo de caña puro sin agua. Esta se solidificada con calor.

¹ DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA (DANE). revista dinero. Bogotá: Economía. 2018. P.1



Molienda: proceso de extracción de jugo de caña para la fabricación de panela.

Panela: producto obtenido de la extracción y evaporación de los jugos de la caña de azúcar. Producto final del prototipo.

Puesta a punto: densidad necesaria de la melaza para enfriarla y aumentar su volumen. se introduce una porción de melaza en agua para comprobar si está a punto.

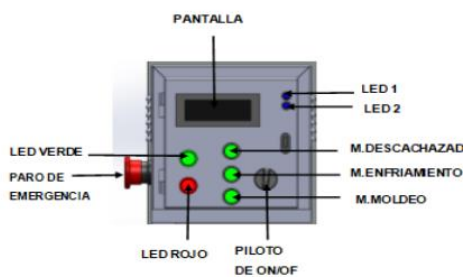
Trapiche: Es un molino conformado por tres masas o rodillos utilizado para la extracción de jugo de caña.

Arduino mega 25-60: tarjeta electrónica para programar las variables desde el panel de control.

Sensor de co₂: elemento que detecta fugas de gas

Puente h: fuente de 4v para los motores

VI. MARCO TECNOLÓGICO



El incremento de las necesidades en la población nos obliga a estar en mejora continua y actualizarse en el campo tecnológico y a buscar nuevos procedimientos, con el fin de mejorar la eficiencia y calidad de los productos y servicios para mitigar y solucionar estas problemáticas. Por tal razón se ha querido aportar en la economía agroindustrial con este prototipo. En la Corporación Universitaria Autónoma de Nariño, el programa de Ingeniería Mecánica tiene como misión formar ingenieros capaces de diseñar y construir componentes, sistemas, máquinas, dispositivos mecánicos y electrónicos a partir de metodologías y herramientas vistas durante la carrera como lo son programas de diseño.

El proceso de tecnificación se inició con la selección de las etapas dentro de la industria panelera que se desea mejorar en cuanto a tiempo, producción y calidad, para así posteriormente diseñar y construir el prototipo. Este proceso permite observar detalladamente los pasos del proceso para evaluar y controlar factores que garanticen un trabajo con excelentes prácticas de manufactura y por ende un producto apto para el consumo humano.

El prototipo a construir será semi-automático donde se implementarán dispositivos electrónicos con la función de medir y/o controlar variables en las diferentes etapas de la producción de panela, se nombran a continuación

Termocuplas: controlar la Temperatura del jugo de caña en cada proceso

Reloj: Tiempos del jugo de caña y de la miel en cada proceso

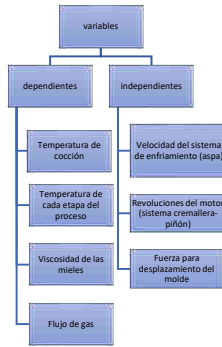
Pantalla led para visualizar las temperaturas.

Manómetro: medir la presión del gas

- Cada relé activa a través de los pulsadores en el panel de control los tres motores del sistema de descachazado, enfriamiento y moldeo, la bobina de encendido que energiza los los chisqueros ubicados en los quemadores, las electroválvulas que controlan el paso del gas y los leds de color verde y rojo que indican el inicio o detención del sistema.
- El arduino está configurado con la temperatura máxima que debe alcanzar el jugo de caña y melaza en cada etapa del proceso
- Los recorridos de derecha a izquierda del bastidor limpiador de cachaza se accionan con dos finales de carrera ubicados en el recipiente de clarificación, los cuales se accionan desde el panel de control la cantidad de veces que el operador considere necesario para limpiar el jugo.
- En el área de moldeo también se instalan dos finales de carrera para controlar el avance del bastidor que esparce la melaza en cada orificio del molde.
- Las revoluciones de los motores de descachazado, enfriamiento y moldeo son estándar, 30 rpm.
- El paro de emergencia es una medida preventiva en caso que se presente una situación de riesgo para el operario y/o para el funcionamiento normal del operario
- Se utiliza un módulo de sensor MQ-09 y una electroválvula de 1/2" que permite determinar fugas de gas durante el proceso
- Una bobina energiza los chisqueros al mismo tiempo que fluye el gas entre ellos para generar la llama, está conectada al arduino y a la fuente del panel de control.
- El control de la temperatura está compuesto por dos termocuplas ubicadas en el exterior del recipiente de descachazar y el recipiente de clarificación, estos se conectan al arduino ubicado en el panel de control y a la bobina de encendido, este fue programado para cortar el paso de gas en los quemadores cuando se llegue a la temperatura máxima del jugo de caña, para esto fue necesario pruebas para determinar la relación entre la temperatura del recipiente y la temperatura del líquido. Además el tiempo de cocción permite agilizar el proceso de cocción.

VII. VARIABLES

Ilustración 1 variables dependiente e independientes



Fuente: la presente investigación

Electroválvula para gas	3	120.000	360.000
llantas	4	20.000	80.000

ángulos	1	48.000	48.000
Colador	1	10.000	10.000
olla	1	35.000	35.000
moldes	2	30.000	40.000
		10.000	
TOTAL			2.290.000

Fuente: la presente investigación

VIII. ELEMENTOS DE ALIMENTACIÓN Y CONTROL

A. Recursos Financieros

El proyecto será financiado por el grupo investigativo a cargo de los estudiantes, Narly Villota, Alejandra Rosero y Andres Villota.

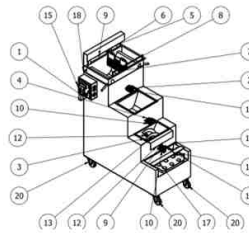
B. Presupuesto

ELEMENTO	Nº	V.UNITARIO	
Sistema eleva vidrios	2	60.000	
Motor reductor	3	230.000	
Tornillo sinfin	2	150.000	
corona	2	50.000	
filtros	2	50.000	
Aspa sigma	1	40.000	
Láminas de acero inoxidable	3	60.000	
Fibra de vidrio	2 metros	35.000	70.000
yumbolom	2 metros	15.000	30.000
Manguera	5	4000	20.000
Panel de control	1	300.000	300.000
tubería	3	50.000	150.000

IX. BOCETO Y DESCRIPCIÓN DE LA MÁQUINA

Ilustración 2 Diseño del prototipo final

LISTA DE PIEZAS		
ELEMENTO	CANTIDAD	NOMBRE DE PIEZA
1	1	estructura angulo
2	1	descañador
3	1	enfriamiento
4	1	gancho
5	1	base cromallera
6	1	cromallera
7	1	bañidor
8	1	pesador bañidor
9	2	motor elevadores
10	3	válvula 1.5
11	2	quemador
12	2	chambrera
13	1	respiral
14	1	carcasa
15	1	panel de control
16	1	cromallera y base
17	1	molde
18	1	cubierta motor
19	1	moldeador
20	4	ruedas
21	2	válvulas



Fuente: la presente investigación

X. EVALUACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LOS REQUERIMIENTOS DEL DISEÑO.

Para evaluar el cumplimiento de los requerimientos de diseño se dispuso de la siguiente tabla donde se evalúa la apreciación de los mismos.



Tabla 1 requerimientos de diseño

Requerimiento	comparación		observaciones
	prototipo	proceso empírico	
monitoreo	si	no	Panel de control para observar y control de temperaturas y accionamiento de los motores.
Seguridad	si	no	Sensor de fugas de gas, paro de emergencia y aislamiento de calor
limpieza	si	si	sistema de descachazado en el jugo de caña
materiales	si	no	acero inoxidable para la fabricación de recipientes y elementos en contacto con el producto el cual es aceptado por el INVIMA
Sabor, color y textura	si	Si	Las características físicas y químicas son similares al de la panela con el proceso tradicional
portátil	si	no	estructura con llantas
inocuidad	si	no	proceso higiénico a partir del jugo de caña
insumos	si	Si	se utiliza cera de laurel, balso y yahusa para la solidificación de la panela
moldes	si	Si	Los moldes de madera permiten enfriar rápidamente la panela, además se desmolda fácilmente.

Fuente: la presente investigación

XI. CONCLUSIONES

- A partir del panel de control el operario tiene la posibilidad de verificar y controlar variables y mecanismos del prototipo simultáneamente, sin el contacto directo con altas temperaturas del proceso. El tiempo y temperatura de cocción en cada proceso están determinadas y se deben mantener para obtener un producto comerciable en el sector a distribuir y posteriormente venta.
- Después de realizar pruebas del funcionamiento de cada una de las partes del prototipo, se hicieron pruebas con el objetivo de hacer panelas en forma de panelin; los resultados fueron buenos en cuanto a las características del producto final como sabor, color, textura y olor.
- El consumo de kw/h es bajo ya que los motores utilizados son pequeños y por ende la potencia de los mismos se refleja en costos de producción. Por cada ciclo de trabajo que tarda 3 horas aproximadamente el prototipo consume \$800 pesos. es un precio razonable y viable para la implementación de los sistemas en un trapiche convencional.
- Con el prototipo es posible reducir el tiempo empleado en la obtención de una cantidad máxima de 35 panelas teniendo como fuente de calor la caldera, se disminuyen los riesgos para los trabajadores, los factores contaminantes se controlan y suben los niveles aseptia en el producto
- La panela que se obtiene con el prototipo es un producto apto para el consumo humano, el proceso es higiénico a partir de los materiales y requerimientos de la manipulación de alimentos, lo cual garantiza la inocuidad del producto

REFERENCIAS

ALVAREZ, José. Diseño De La Arquitectura De Automatización Industrial Para El Mejoramiento De La cadena de producción de panela. Documento de grado Universidad de los andes. Medellín: universidad de los andes, 2015. p.12. (s.f.).

BANCO DE LA REPUBLICA. Diseño de la arquitectura de automatización industrial para el mejoramiento de la cadena de producción de panela. [libro en línea] Disponible desde Internet en]: <https://Documentodegrado.Uniandes.Edu.Co/Documentos/10015.Pdf>. (s.f.).

BARONA, Alejandro. Proceso de elaboración de panela. Proceso de producción de panela. Popayan: blogspot, 2008. p.1. (s.f.).



DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA (DANE). revista dinero. Bogotá: Economía. 2018. P.1. (s.f.).

FEDEERACION NACIONAL DE PRODUCTORES DE PANELA. Historia de la panela colombiana, su elaboración y propiedades. Citado por RESTREPO, Ceciilia. Historia de la panela. Antioquia: panela monitor,2007.p.1. (s.f.).

GARCIA, Hugo; TOSCANO, Adriana; SANTANA, Natalia; ULBONA Jairo. Guía tecnológica para el manejo integral del sistema productivo de la caña panelera. Ministerio de agricultura y desarrollo rural. Bogota: Corpoica. 2007. p.15. (s.f.).

Gobernación Putumayo. Geografía. Nuestro municipio.[citado el 21 de septiembre de 2017]; [en línea]: http://www.orito-putumayo.gov.co/informacion_general.shtml#geografia. (s.f.).

GUANA, Raúl Andrés. Arquitectura de automatización industrial para el mejoramiento en la producción de panela en la población Vergara Cundinamarca. Bogotá D.C: Universidad de los andes. Programa de Ingeniería Industrial, Febrero 2016. Disponible desde Int. (s.f.).

MINISTERIO DE PROTECCION SOCIAL, El ministerio de protección social, [en línea]. [Bogotá DC]: 2004[citado 07 abril ,2018]. Disponible en https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/RESOLUCION%202546%20DE%202004.pdf. (s.f.).

MOTH, Roberth. mecánica de fluidos Ecuación de Bernoulli. (s.f.).

MOTH, Roberth. mecánica de fluidos. Conservación de la energía. (s.f.).

MOTH, Roberth. mecánica de fluidos. Teorema de Torricelli. (s.f.).

MOTH, Roberth. mecánica de fluidos. Tipos de flujo. (s.f.).

PALOMINO, Gonzalo. Medicina tradicional. el nuevo día, el periódico de los tolimenses. [citado el 21 de septiembre de 2017]; [libro en línea] Disponible desde Internet en: <http://www.elnuevodia.com.co/nuevodia/especiales/ecologica/206410-medicina-tradici>. (s.f.).

SARMIENTO, Claudia. Propuesta para el mejoramiento del proceso de producción de la panela en la hacienda la capilla por medio de herramientas de ingeniería industrial, [Bogotá DC]: 2011 [citado 07 abril, 2018]. [libro en línea] Disponible desde Internet e. (s.f.).

TRAPICHE PANELERO GUALANDAY. Gualanday. Estudio del mercado de la panela en Colombia y el mundo.p.4. (s.f.).

Wikipedia. Putumayo (Colombia). [citado 20 de septiembre 2017]; disponible en internet: [https://es.wikipedia.org/wiki/Putumayo_\(Colombia\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Putumayo_(Colombia)). (s.f.).