



Mitigación del consumo del agua utilizada en el lavado y transporte de la cereza dentro  
proceso de beneficio del café, en fincas pertenecientes a la vereda de San Vicente en el  
municipio de San Lorenzo, Nariño

Universidad de Nariño  
Facultad de Artes  
Diseño Industrial  
Diplomado en Desarrollo de Productos Sostenibles  
Pasto, Nariño  
2021



Mitigación del consumo del agua utilizada en el lavado y transporte de la cereza dentro  
proceso de beneficio del café, en fincas pertenecientes a la vereda de San Vicente en el  
municipio de San Lorenzo, Nariño

Juan Sebastian Duarte  
2111092198  
Jesús David Gómez Solarte  
2121092075

Universidad de Nariño  
Facultad de Artes  
Diseño Industrial  
Diplomado en Desarrollo de Productos Sostenibles  
Pasto, Nariño  
2021



## CONTEXTO

Colombia es un país con gran diversidad agrícola, en donde el sector cafetero juega un papel fundamental en el aspecto socioeconómico, el inicio del cultivo del café data desde principios del siglo XVIII y comercializado desde 1850, la especie del café Arábica es la de mayor importancia en la agricultura y representa el 4% del producto interno bruto (PIB) Más de 550.000 familias cultivan café en Colombia, por lo general en sistemas agropecuarios mixtos, variando cultivos y actividades ganaderas. Cerca del 96% de las fincas cafeteras están clasificadas como pequeños productores, que cultivan cinco o menos hectáreas de tierra (SICA, 2017).

A razón de buscar que el procesamiento y beneficio del café sea una actividad sustentable y responsable ambientalmente se requiere un buen uso de los recursos económicos ambientales, para lo cual la Federación Nacional de Cafeteros estableció una estrategia ambiental que prevé equilibrar el progreso económico, la calidad de vida del productor y los recursos ambientales. Esta estrategia de gestión ambiental se centra principalmente en:

1. Adaptación y mitigación del cambio climático y los riesgos climáticos
2. Gestión eficiente de los recursos ambientales

Respecto a esto, la investigación tiene como objetivo minimizar la contaminación del agua utilizada en el lavado y transporte de la cereza dentro del proceso de beneficio del café, en fincas pertenecientes a la vereda de San Vicente en el municipio de San Lorenzo, Nariño. Para el desarrollo del presente proyecto, se inició por el planteamiento del problema, formulación de la pregunta, justificación, marco teórico, objetivos general y específico, metodología. Para el desarrollo del proyecto se realizan diversas estructuraciones de ideas, planeación del producto para finalmente la estructuración y uso en campo del producto final para generar resultados y conclusiones del proyecto.



## **PROBLEMA**

¿Cómo mitigar el consumo del agua utilizada en el lavado y transporte de la cereza dentro del proceso de beneficio del café, en la vereda de San Vicente en el municipio de San Lorenzo, Nariño?

En el beneficio del café existen diversos puntos de análisis, entre los cuales, cabe destacar el empleo del agua dentro del proceso y la necesidad de disminuir el gasto de la misma, preservando así el recurso hídrico y evitando la contaminación y uso indiscriminado del mismo.

## **OBJETIVOS**

### Objetivo general

Minimizar el consumo del agua utilizada en el lavado y transporte de la cereza dentro del proceso de beneficio del café, en fincas pertenecientes a la vereda de San Vicente en el municipio de San Lorenzo, Nariño

### Objetivos específicos

1. Formular un modelo experimental aplicable, versátil y de fácil replicación para cafeteros minifundistas y latifundistas colombianos
2. Aminorar el impacto ambiental que genera el consumo de agua



## MARCO TEÓRICO

Existen dos especies principales de café en el mundo, Coffea Arábica que es la especie de café que se produce en Colombia y Coffea Canephora o Café Robusta que es producida principalmente por los países de Brasil y Vietnam quienes a su vez son los mayores productores de café del mundo. La mayoría de productores cafeteros son minifundistas, que realizan procesos manuales o artesanales de cosecha y representan el 36,63% de los costos totales de producción con el plus de obtener una mayor calidad en el producto. (Echeverria, 2017)

El café en Colombia es un producto agroindustrial y es el primer producto de este sector que durante la historia ha mantenido su estructura productiva enfocada a la exportación. En Colombia la historia del café data desde el año 1.870, en Colombia inició un desarrollo real de comercialización de café, Según el Estudio del Sector Cafetero en Colombia, realizado por el Banco Mundial. El café generó importantes ingresos al país llegando a representar hasta el 80% de sus exportaciones totales. Uno de los principales estudios se realizó en el año 2002 con la Misión de Ajuste Institucional de la Caficultura (Silva, et al., 2002), dando como resultado la recomendación de realizar varias reformas al sector cafetero, sin embargo, solo algunas se llevaron a cabo y el sector no tuvo mayor impacto en mitigar la crisis en la que se encontraba el sector.

Posterior a este estudio, el Gobierno expidió el documento CONPES 3763 DNP de marzo de 2013 que sugirió crear una nueva Misión de Expertos para realizar un análisis profundo e integral de diferentes aspectos del sector a nivel mundial y nacional, y a partir de ello, diseñar un conjunto de políticas públicas y estrategias que permitan enfrentar los problemas estructurales del sector en el ámbito de la producción, comercialización, innovación, generación de valor agregado, gestión de riesgos, aspectos sociales como la generación de empleo e ingresos y, por último, el marco institucional del sector. Lo anterior con el objetivo de contribuir al desarrollo sostenible y competitivo de la caficultura colombiana en el mediano y largo plazo.



En los sectores económicos colombianos la actividad cafetera juega un rol importante, por ser el café un producto de alta comercialización y reconocido por su alta calidad a nivel nacional e internacional. Debido a que el café es el sustento de muchas familias colombianas, se observa la necesidad de implementar sistemas de aprovechamiento y reducción de los impactos ambientales dentro del procesamiento del café.

El procesamiento del café se divide en cuatro etapas:

1. Cultivo del café
2. Procesamiento post cosecha
3. Trillado
4. Fabricación

#### *Cultivo de café:*

Incluye la producción y germinación de semillas, almácigo de plántulas de café, preparación del campo, manejo del campo, cosecha de las cerezas de café, uso de fertilizantes, pesticidas.

#### *Procesamiento post cosecha:*

Las cerezas de café cosechadas se procesan para obtener almendras de café verde (“café pergamino”) al eliminar la pulpa (despulpado) y el mucílago antes de lavar y secar los granos de café. Incluyendo todas las materias primas relevantes y la energía necesaria para producir el café verde, así como los procesos y emisiones relevantes en la planta de procesamiento post cosecha. Tipo, cantidad y contaminación de agua utilizada de cada recurso

#### *Trillado:*

Consiste en eliminar mecánicamente la cáscara del café pergamino seco y obtener granos de café verde seleccionadas por tamaño, densidad o peso específico, lo que elimina muchos tipos de impurezas.

## *Fabricación:*

Se pueden distinguir dos procesos de fabricación, para café molido y tostado, así como para el café instantáneo.

El proceso de post-cosecha es en el cual vamos a centrar la investigación y este comienza posterior a la cosecha de las cerezas. Cada grano tiene una piel exterior (exocarpio) que envuelve una sustancia dulce y pulposa (mesocarpio). El mucílago y el pergamino se encuentran debajo de la pulpa, y el grano está cubierto por una delicada y translúcida membrana (piel plateada) (Figura 1).

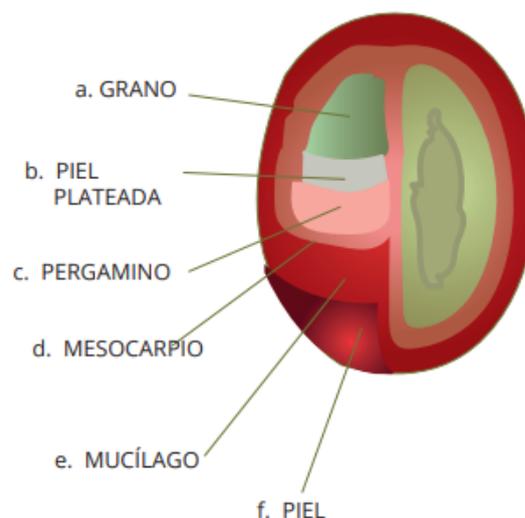


Figura 1. Composición de la cereza del café (Montilla, 2006)

Las actividades post cosecha se refieren a los procesos utilizados para separar el mesocarpio del endocarpio. A pesar de que a nivel mundial se usa el procesamiento de post cosecha en seco, las condiciones climáticas en Colombia y el sistema minifundista de la mayoría de productores cafeteros no permite el secado completo del cerezo. Por consiguiente, el procesamiento húmedo del café ocurre en casi todas las plantas. El procesamiento húmedo post-cosecha incluye la recepción de las cerezas, el despulpado, la eliminación del mucílago, el lavado, el secado y el almacenamiento de los granos de café (Figura 2).



Figura 2. Procesamiento post cosecha. Tomado de:

<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/24562/1/TRABAJO%20FINAL%20DE%20GRADO%20%281%29.pdf>

Para abarcar mayormente la temática, tenemos que una vez cosechado el café, debe ser despulpado el mismo día de la cosecha, idealmente dentro de las seis horas siguientes a la recolección. Asimismo, se aconseja inspeccionar y clasificar el café antes de su despulpado, y eliminar los frutos dañados, los flotantes (granos vanos), las impurezas y los frutos verdes. En Colombia se utilizan varios dispositivos para almacenar las cerezas de café hasta que se despulpan. Los dispositivos de almacenamiento comunes utilizados por los cultivadores de café, como tolvas de secado, tanques de sifón con y sin circulación de agua, y separadores hidráulicos de tolva y tornillo sinfín. En el despulpado se remueve del grano del café el mucílago y la pulpa, utilizando presión para separar la pulpa del grano de café. El despulpado puede hacerse de forma manual o mecánica usando un motor eléctrico, siendo este el proceso que predomina en Colombia (Roa et al., 1999).



Para la eliminación del mucílago se utiliza el proceso de remoción mecánica o por fermentación , la cual depende del tamaño de la producción cafetera. El proceso convencional consiste en que el mucílago descompuesto se disuelve naturalmente y se elimina con el lavado, proceso que dura de 12 a 18 horas, dependiendo de las condiciones climáticas. El mucílago fermentado se elimina con agua. Lavar los granos de café permite eliminar completamente el mucílago fermentado, pasando por cuatro tanques o canales de desagüe donde se enjuaga con agua dulce que no afecta el grano del café, también conocido como procesamiento húmedo post cosecha (Roa et al., 1999). Por otro lado, también se consideran otras técnicas para la limpieza del grano de café como las siguientes:

- Ecomill: Es una tecnología desarrollada por el Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé) que reduce considerablemente el consumo de agua y energía y elimina la contaminación de las aguas residuales durante las etapas de despulpado o procesamiento.
- Becolsub: Tecnología de café centrada en el manejo compacto de subproductos. Consiste en despulpar sin agua, remover el mucílago mecánicamente y mezclar subproductos (piel exterior de la fruta y mucílago) en un transportador de tornillo sinfín. Esta tecnología incluye un dispositivo hidromecánico que elimina las frutas flotantes y las impurezas ligeras, así como objetos pesados y duros, y una pantalla cilíndrica que elimina frutas cuyas pieles no se separaron en la máquina despulpadora. La eliminación del mucílago se realiza a través de un proceso de fermentación que toma de 14 a 18 horas hasta que el mucílago se degrada y puede ser eliminado fácilmente con agua.
- Extracción mecánica: Consiste en tres máquinas para la extracción de pulpa, extracción de mucílago y prensa de tornillo sinfín (Deslim). Este proceso también se conoce como procesamiento “seco” post-cosecha.



La pulpa de café se genera durante la etapa de despulpado del fruto y representa, sobre una base húmeda, alrededor del 43,6% del peso de la fruta fresca; es el principal subproducto del proceso de beneficiación. La pulpa se almacena normalmente en una planta de procesamiento durante unos meses.

Posteriormente el secado es la etapa que tiene como objetivo reducir la humedad del grano (hasta 11-12%). Se puede realizar el secado de forma natural utilizando el sol, por ejemplo, en patios de cemento, coches de secado, elbas, toldos o secadores parabólicos o utilizando un sistema mecánico como silos o guardiolas.

Para finalmente, almacenar los granos verdes en espacios limpios, secos, ventilados y frescos, libres de la contaminación causada por productos químicos, fertilizantes, concentrados o combustibles, y protegidos de insectos, roedores y otros animales. Los sacos se colocan en estibas de madera lejos de las paredes. El café pergamino seco (CPS) de buena calidad con una humedad del 10-12% se almacena hasta seis meses en ambientes con temperaturas inferiores a 20° C y una humedad relativa del 65-70%. A medida que el tiempo, la temperatura y la humedad relativa del ambiente de almacenamiento aumenta, la calidad se deteriora más rápidamente (Door, 2003). Por otro lado, el procesamiento del café produce grandes cantidades de subproductos como la pulpa y la cáscara del café. Los cuales, se pueden utilizar como fertilizante, alimento para el ganado, abono y combustible (Adams y Ghaly, 2007a).

Para comprender el uso del agua dentro del procesamiento del café, el proceso que se lleva a cabo se sintetiza en dos puntos principales:

- El consumo de agua: describe el agua que se extrae de la misma cuenca de drenaje, pero que no regresa a ella, como resultado de la evaporación, transpiración, integración en un producto o liberación en una cuenca diferente o en el mar.
- La liberación de agua: es el agua que se devuelve directamente al medio ambiente o a un sistema de tratamiento de aguas residuales, generalmente con una calidad diferente a la del agua extraída.



El origen del recurso hídrico de las fincas se divide en diferentes porcentaje:

- Agua de lluvia en docel 56%
- Agua de lluvia en superficie 44%
- Agua filtrada del suelo 38%
- Agua de escombria 6%

Se estima un valor promedio nacional de 15,3 litros de agua extraída por kg de CPS al aproximar un uso de tecnología del 35% de procesamiento ecológico por vía húmeda y 65% de tecnología convencional (FNC 2018). Estas cifras son estimaciones y pueden utilizarse si no se dispone de datos primarios. Las aguas residuales que se descargan una vez que se ha utilizado el agua son la salida principal. La suposición general es que el 22% de las aguas residuales se libera a un cuerpo de agua (sin tratar) y el 78% se libera al suelo - se supone que el 15% se evapora y el 85% presumiblemente se devuelve a la cuenca (infiltración al agua subterránea o liberación directa al agua superficial)(Calderón C y Rodríguez V, 2018).

Algunos autores refieren algunas medidas de contingencia frente al ahorro de agua como: reforestación y conservación de fuentes hídricas, sistemas de riego ajustados a la necesidad, cobertura del cultivo con fibras o polisobras que evitan el impacto del rayo de luz solar directo. (Blanco Peña, y otros, 2011) Algunos programas sociales patrocinados por los entes organizados respecto al café ayudan a la conservación del recurso natural y por esa línea crean diferentes programas incluyentes. Dentro de estos programas se encuentran los siguientes: Manos al Agua – Gestión Inteligente del Agua ayuda a la conservación de las cuencas hídricas, donde están involucradas y beneficiadas más de 11.000 familias en los departamentos de Antioquia, Caldas, Nariño y Valle del Cauca entre otros.

En el año 2013, la Comisión Europea lanzó la iniciativa “mercado único para productos verdes”. La iniciativa incluyó una fase de prueba donde realizaron estudios de huella ambiental de producto (HAP) para varias categorías de productos, incluyendo el café, analizando el ciclo de vida (ACV) para cuantificar impactos ambientales relevantes de los



productos (bienes o servicios). La FNC, a través de Cenicafé, estuvo representada en la secretaría técnica y apoyó el desarrollo de una metodología para medir la huella ambiental del café. El grupo de trabajo se reúne una vez al año para informar sobre el progreso local y las iniciativas relacionadas con la reducción de la huella ambiental, la lucha por la unificación y la armonización de un enfoque de cálculo, el desarrollo de capacidades para todos los miembros y la concepción de la posición de América Latina con respecto al cálculo, comparación y comunicación de la HAP del café. Entre los años 2018 y 2020, el Programa Global Agua de la Agencia Suiza para el Desarrollo (SDC), la Asociación Nacional de Empresarios de Colombia - ANDI, la FNC, Cenicafé, Buencafé Liofilizado de Colombia, Industrial Colombia de Café COLCAFÉ, Procafecol (Tiendas Juan Valdez), Almacafé, Quantis y el Centro Nacional de Producción más Limpia (CNPML) decidieron aplicar los principios de HAP a las cadenas de valor de café colombianas seleccionadas. Se recolectó información de 16 fincas cafeteras, de tres sitios donde se procesa café y de los principales centros de trillado de café. Sin embargo, calcular una huella ambiental no es tan sencillo ya que las iniciativas y estudios locales, nacionales, regionales y globales actuales difieren significativamente en términos de los objetivos y alcances, las metodologías propuestas y los datos utilizados para calcular la huella ambiental del café.

<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/24562/1/TRABAJO%20FINAL%20DE%20GRADO%20%281%29.pdf>

## METODOLOGÍA

### *Ubicación geográfica*



Figura 3. Ubicación geográfica del municipio de San Lorenzo, donde se encuentra ubicada la vereda San Vicente. Tomado de:

[https://es.wikipedia.org/wiki/San\\_Lorenzo\\_\(Nari%C3%B1o\)#/media/Archivo:Colombia - Nari%C3%B1o - San Lorenzo.svg](https://es.wikipedia.org/wiki/San_Lorenzo_(Nari%C3%B1o)#/media/Archivo:Colombia_-_Nari%C3%B1o_-_San_Lorenzo.svg)

El estudio se realizó en la finca de la familia Burbano, vereda San Vicente, del municipio San Lorenzo del departamento de Nariño, ubicado al suroccidente de Colombia, Se encuentra a una altitud de 2150 metros sobre el nivel del mar. La temperatura media es 17°C y la precipitación media anual es de 1740 milímetros. San Lorenzo se encuentra a 64 kilómetros aproximadamente al norte de la capital del Departamento, limitando por el norte con el Departamento del Cauca y La Unión, por el sur con Buesaco y Chachagüí, por el oriente con La Unión y Arboleda, por el occidente con Chachagüí y Taminango. La mayor parte del territorio es montañoso, sin embargo cuenta con algunas áreas planas y llanuras. La mayor actividad económica desarrollada en la vereda es la agricultura, esencialmente el cultivo y cosecha de café y plátano, seguida de la ganadería y minería, teniendo en cuenta que la mayoría de productores son minifundistas.

*Caso de estudio:*

Una vez localizada la finca, se realizó la visita a campo en donde se observó el proceso de cosecha y post cosecha del café , durante la visita se realizaron preguntas desarrolladas en un sistema de encuesta semiestructurada con preguntas cerradas y abiertas, con la finalidad de recolectar información, complementada con registro fotográfico.

La finca pertenece a la asociación colombiana de caficultores, en cifras obtiene 5 kg de grano seco por 10 kg de cereza cosechada durante un periodo, consumiendo de 20 a 30 litros por kilo de cereza para la fermentación y lavado del café, el cual se realiza 3 veces, necesitando 300 litros de agua en el proceso de postcosecha.

Durante el proceso de beneficio del café, se identificó el punto para intervenir y ser objeto de investigación se determinó la viabilidad del proyecto, el nivel de aceptación de los caficultores. El punto objetivo fue el uso de agua dentro del proceso, correlacionando el consumo de la misma proveniente del acueducto municipal y de dos nacimientos con la infraestructura, la maquinaria, la geografía, clima y recursos de la finca. De igual manera se tuvo en cuenta que la finca posee 3 hectáreas divididas por parcelas y son tierras propias , los recursos económicos de la finca son limitados y al momento de generar el producto debe ser de fácil uso y accesible en materiales y costos.



Figura 4. a. Arbusto de café especie *Arábica*. b. Maquinaria post cosecha perteneciente a la finca de la familia Burbano, vereda San Vicente.



### *Necesidades del proyecto:*

La necesidad del trabajo se la define como reducir el consumo de agua, debido que en el proceso de lavado del café se genera el mucílago, el cual es de consistencia viscosa y al poseer una alta cantidad de fructosa y sacarosa, es de fácil y rápida degradación, acelerando el proceso de putrefacción y más cuando se le desecha en la fuente hídrica, generando una alteración fisicoquímica, microbiológica y organoléptica del agua utilizada dentro del proceso, lo que genera que no se le pueda dar otro uso a la misma y llegue a generar consecuencias ambientales en su cauce como atracción de insectos o roedores y por tanto la degeneración de la fuente hídrica.

Por otro lado, en la cuestión económica se busca reducir la cantidad de agua utilizada en el proceso de post cosecha del café, con el cual se permita separar el mucílago del grano de café sin la necesidad de un alto uso del recurso hídrico y de ser posible reducir la mano de obra o esfuerzo laboral al momento de agitar el grano, generando un producto que sea de fácil uso y mantenimiento por parte del personal.

Finalmente, en el aspecto social, la necesidad recae en la importancia de la fuente hídrica como recurso no renovable y las consecuencias de su uso indiscriminado, por lo cual un producto que permita el ahorro de este recurso y que sea de bajo costo, fácil uso y replicación con materiales propios del lugar, se espera sea aceptado por los trabajadores. Todo esto en conjunto con capacitaciones que permitan generar mayor conocimiento y apropiación de la idea no solo de la población de San Vicente, sino a nivel departamental y nacional.

### *Stakeholders:*

La población a la cual va dirigido el proyecto se clasifica de la siguiente forma:



Figura 6. Stakeholders a los cuales el proyecto afecta directa e indirectamente.

Como podemos apreciar en la figura 6 los principales stakeholders involucrados en el proyecto los clasificamos en orden de importancia de la siguiente manera:

1. Pequeños y medianos productores, familias del sector, recolectores, centros de acopio rurales.
2. Federación Colombiana de Cafeteros, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, alcaldía municipal de San Lorenzo, Pastoral Social y cultivos comunitarios.

- *Pequeños y medianos productores, familias del sector:*

Los productores se benefician directamente del proyecto, debido a su participación activa dentro del desarrollo del producto, económicamente, se reduce la cantidad de agua utilizada en el proceso de beneficio del café, disminuyendo proporcionalmente el costo de la factura del acueducto, además el producto a realizar es práctico, con materiales de común uso, durable y eco amigable, por lo cual no se requieren mayores costos de maquinaria o mano de obra. Respecto a la parte ambiental tenemos que la disminución de la cantidad de agua utilizada en el proceso disminuye la cantidad de aguas a tratar en el acueducto y disminuye



la llegada de plagas como insectos o roedores que son atraídos por la alta capacidad de descomposición del mucílago vertido en los cauces. Este mucílago restante puede ser utilizado como fertilizante para las mismas plantas pertenecientes a la finca. Finalmente, la parte social la podemos abarcar mediante la generación de conocimiento y conciencia ambiental; practicidad del producto final que disminuye la cantidad de mano de obra y trabajo facilitando así el proceso de lavado.

- *Centros de acopio rurales:*

Referentes a los centros de acopio cafeteros ubicados en zonas veredales y pueblos cercanos, en el caso, la finca de la familia Guerrero lleva el grano cafetero al centro de acopio en la Unión, para quienes el proyecto involucra en la reducción de tiempo de realización de la postcosecha debido a la facilidad de lavado del grano. Sin embargo cuando la producción se realiza por pepeo, el grano es para consumo familiar.

- Federación Colombiana de Cafeteros

Siendo una finca asociada a la Federación Nacional de Cafeteros (FNC), se puede hacer la presentación del proyecto con dos finalidades, desarrollar y replicar el modelo en varias fincas minifundistas asociadas y realización de capacitaciones con temática del agua como recurso no renovable y la responsabilidad de buscar un ahorro en su uso en el proceso de post cosecha.

- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y alcaldía municipal de San Lorenzo

Esperamos desarrollar un producto que beneficie a las fincas rurales en la reducción del consumo de agua en el proceso de lavado del grano, producto el cual va a ser de fácil



replicación y ecoamigable, por tanto, se puede contemplar la opción de involucrar el proyecto en el sistema nacional de regalías del sector rural, algunos de estos proyectos a cargo del MADR y otros a cargo de la alcaldía municipal Sanlorenceña y gobernación Nariñense.

- Pastoral Social y cultivos comunitarios

Son comunidades de la vereda San Vicente conformadas por mujeres mayormente, quienes buscan brindar su ayuda a la comunidad, en cuestión de iniciativas y generación de proyectos, con la colaboración de estas comunidades el proyecto puede tener un mayor alcance a diversos productores minifundistas, a quienes se puede transmitir los alcances del proyecto.

La relación de los stakeholders se basa en contribuir con los aportes de innovación desde el diseño industrial, incluyendo en el proyecto metodología y producto que genere facilidades económicas en el consumo de agua para la postcosecha del café, generando un producto que brinde un funcionamiento sencillo y que optimice el proceso de lavado del grano, siendo un proyecto eco amigable y sostenible, que no afecta el café en sus condiciones organolépticas.

## *Segmento del cliente*

### *Clientes*



Figura 7. Productor perteneciente a la finca de la familia Guerrero, San Vicente, municipio de San Lorenzo.

Nuestro proyecto abarca a los productores de café minoristas como clientes directos, como comunidad trabajadora y ambientalmente responsable, pertenecientes a asociaciones caficultoras que brindan ayudas económicas y de comercialización de sus productos, su economía se basa en la producción y venta del café (figura 7).

### *Usuarios*



Figura 8. a. arbusto de café arábigo. b. proceso de cosecha realizado manualmente por pepeo en la finca de la familia Guerrero, San Vicente, municipio de San Lorenzo.

Referente a los cafetales pertenecientes a la finca de la familia Guerrero, las fuentes hídricas que constan en nacimientos y agua de acueducto municipal, en las visitas realizadas se pudieron caracterizar las condiciones de la finca y los diferentes puntos a analizar, necesarios para el sustento de la finca y generan una producción cafetera de alta calidad recolectada manualmente por pepeo, con el proyecto buscamos que la cantidad de agua utilizada en el lavado de los granos se reduzca para ahorrar en este recurso, disminuyendo los gastos económicos en este recurso y reducir la contaminación del mismo (Figura 8).



### *Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)*

El 25 de septiembre de 2015, los líderes mundiales adoptaron un conjunto de objetivos globales para erradicar la pobreza, proteger el planeta y asegurar la prosperidad para todos como parte de una nueva agenda de desarrollo sostenible. Cada objetivo tiene metas específicas que deben alcanzarse en los próximos 15 años. Nuestro proyecto se incluye dentro de:



6. Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos.

El acceso a agua, saneamiento e higiene es un derecho humano, y sin embargo, miles de millones de personas siguen enfrentándose a diario a enormes dificultades para acceder a los servicios más elementales. Las enfermedades relacionadas con el agua y el saneamiento siguen estando entre las principales causas de fallecimiento de niños menores de 5 años; más de 800 niños mueren cada día por enfermedades diarreicas asociadas a la falta de higiene. La prestación de servicios adecuados de agua y saneamiento es esencial para lograr los Objetivos de Desarrollo Sostenible, incluidos los relativos a la salud y a la igualdad de género. Mediante la gestión sostenible de nuestros recursos hídricos, podemos también gestionar mejor nuestra producción de alimentos y energía y contribuir al trabajo decente y al crecimiento económico. Además, podemos preservar nuestros ecosistemas hídricos y su diversidad biológica, y adoptar medidas para combatir el cambio climático. (ONU,2016)

Lo cual se relaciona con nuestro producto abarcando el ámbito de manejo de aguas residuales producidas en el proceso de postcosecha del café, más específicamente en el lavado del grano de café para separarlo del mucílago y productos restantes, con nuestro



producto lo que se espera es reducir la cantidad de agua utilizada en el proceso para evitar la contaminación de la fuentes hídricas con los residuos y estos no terminen contaminando los cauces de agua o más importante aún los nacimientos a los cuales la finca tiene acceso, y de igual manera capacitar a la comunidad caficultora para evitar la contaminación de fuentes hídricas e informar otros posibles usos de los residuos de mucílago para no terminar contaminando el agua.

### *Tendencias*

#### Tendencia ecobiológica:

Los hábitos de consumo han evolucionado en los últimos años, y esta tendencia ha sumado importancia en el sector agropecuario y en general en el consumo del diario vivir, a través de propuestas de reciclaje, reducción y reutilización de materiales que tienen la finalidad de ayudar al medio ambiente y cuidado de los recursos no renovables del planeta enfocándonos en el uso consciente del agua, con medidas sostenibles enfocadas a la reutilización de material biológico para devolver a la tierra lo que nos ofrece en la geografía presente del sector, la tendencia se enfoca en trabajar conjuntamente de la mano con la naturaleza, aportando productos eco amigables que sean de fácil uso y mantenimiento, creados a partir de material presente en la finca, disminuyendo la mano de obra y aportando a la facilidad en el lavado del grano y que los residuos no afecten el cauce del agua y los productos como mucílago y cáscara sean utilizados como fertilizantes o usos diversos que no afecten el agua.

#### Tendencia del productor consciente:

Es referente a todos los proyectos que generan procesos amigables con el medio ambiente, siendo una tendencia de unión de ideas para una mayor fortaleza, desde diversos puntos de



vista para la generación de un producto que se adecue a las características geográficas, de infraestructura y materiales que sean de fácil introducción a la finca. En el caso de nuestro producto la tendencia se basó en atribuirle a la ideación las sugerencias de los productores de la finca y recorrer la finca en busca de materiales reutilizables, de carácter no dañino ante las características organolépticas del café y que cumpla la función requerida, de la mano de la ideación y conocimientos rurales, disminuyendo la inversión económica en el producto.

### *Estrategias:*

#### Social Económico:

Buscar que el proyecto avance a un punto de replicación en varias fincas minifundistas a nivel departamental, nacional e internacional, ensayando el producto, en donde se observan beneficios de ambas partes por la fácil replicación del sistema productivo en donde se utilizan materiales propios de la finca y que no afecten la integridad organoléptica del café, haciendo de este un producto sostenible, reutilizable y de fácil mantenimiento por la factibilidad del producto en proceso de lavado del grano del café.

#### Ambiental tecnológico:

Buscar que el proyecto sea replicable tanto para fincas minifundistas como latifundistas, en donde también se va a abarcar diversos sistemas de capacitaciones para el ahorro en el uso de fuentes hídricas, brindando un menor uso de este recurso ambiental. Se busca también que este producto se pueda adecuar a la despulpadora, para mecanizar el producto reduciendo así la mano de obra.



## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN:**

### **IDEACIÓN**

#### *Referentes*

como referentes de funcionamiento, inicialmente se tuvo en cuenta realizar un diseño a partir de las motobombas hidroeléctricas en donde por fuerza del motor se absorbe el agua y la impulsa para generar el movimiento y transporte de la misma, de igual forma el tambor rotatorio de la despulpadora que se observó en la finca. Como referentes de diseño se tiene en cuenta los filtros de agua, de forma cilíndrica y hexagonal, observados en las siguientes figuras:

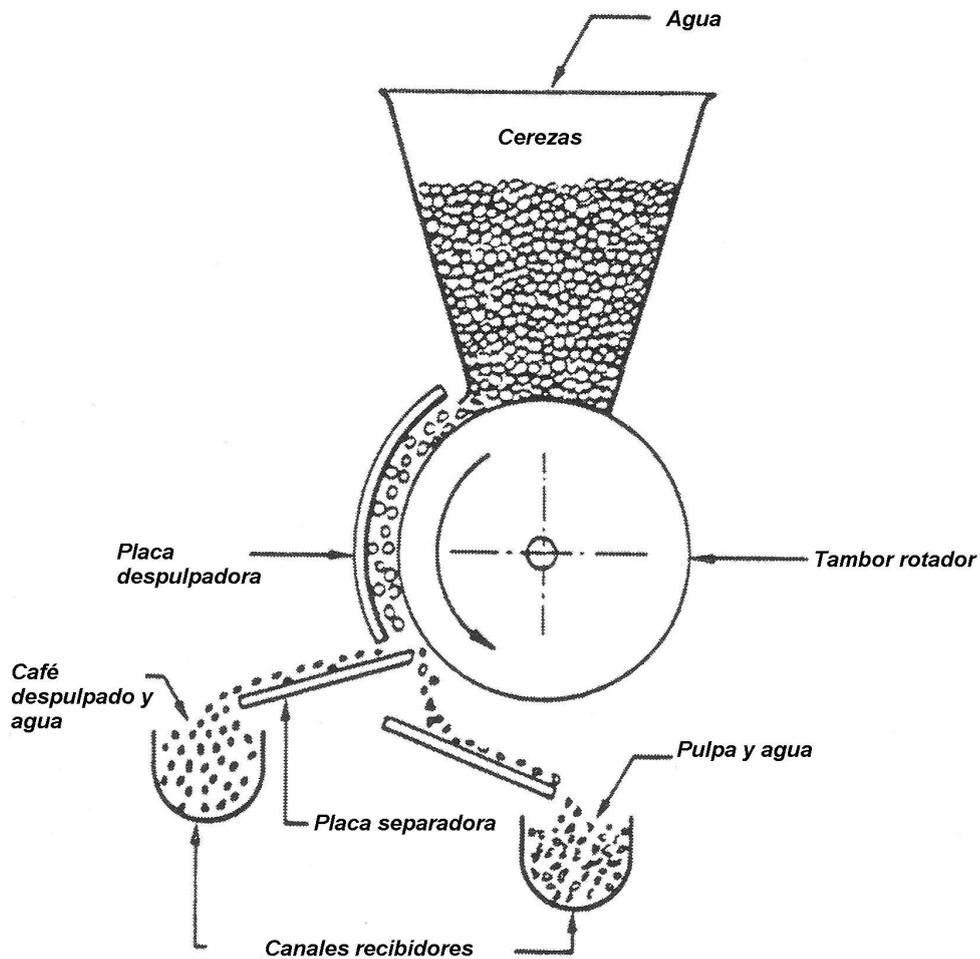


Figura 9. Despulpador de tambor, separa las capas de la cereza del café separando así el café de la pulpa mediante presión rotatoria. Tomado de: <https://escoopsol.wordpress.com/seccion-1-en-la-finca/1-2-el-beneficio-humedo/1-2-2-tecnicas-y-sistemas-de-despulpado/>



Figura 10. Bomba hidráulica, cuya función es generar movimiento de agua desde una fuente para hacerla cumplir la función requerida mediante impulso. Tomado de: <https://como-funciona.co/una-bomba-hidraulica/>

## Creación de bocetos:

Una vez se establece un objetivo y planeación de la idea se procedió a realizar el diseño del producto con los posibles diseños y funciones (Figura 11).

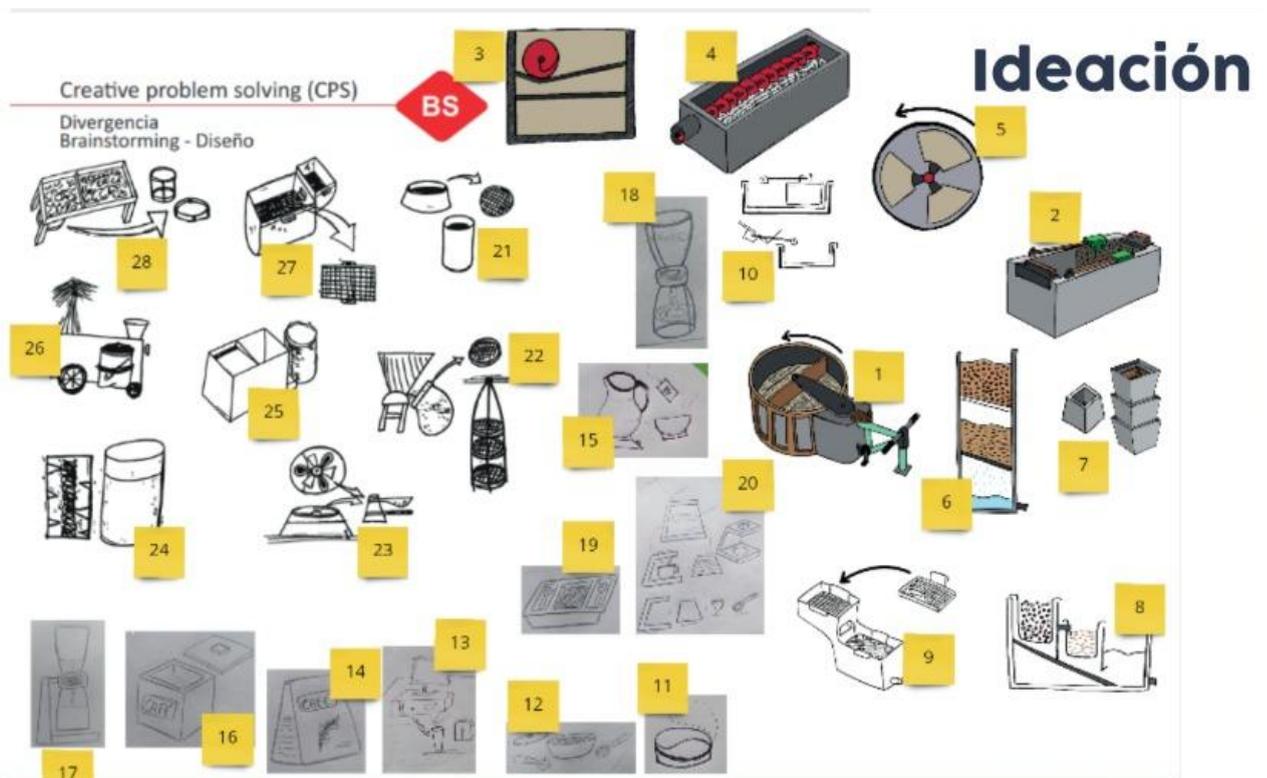


Figura 11: Lluvia de ideas realizada para la ideación del producto



Figura 12. Ideación y bocetación con mayores detalles para valoración de funcionalidad, siendo el primer acercamiento a la idea.

Enseguida se desarrollaron varias ideas en las cuales nuestro producto se adecue a los tanques de lavado y sea un producto de fácil utilización para los productores obteniendo los siguientes resultados de modelos a escala y prototipos:

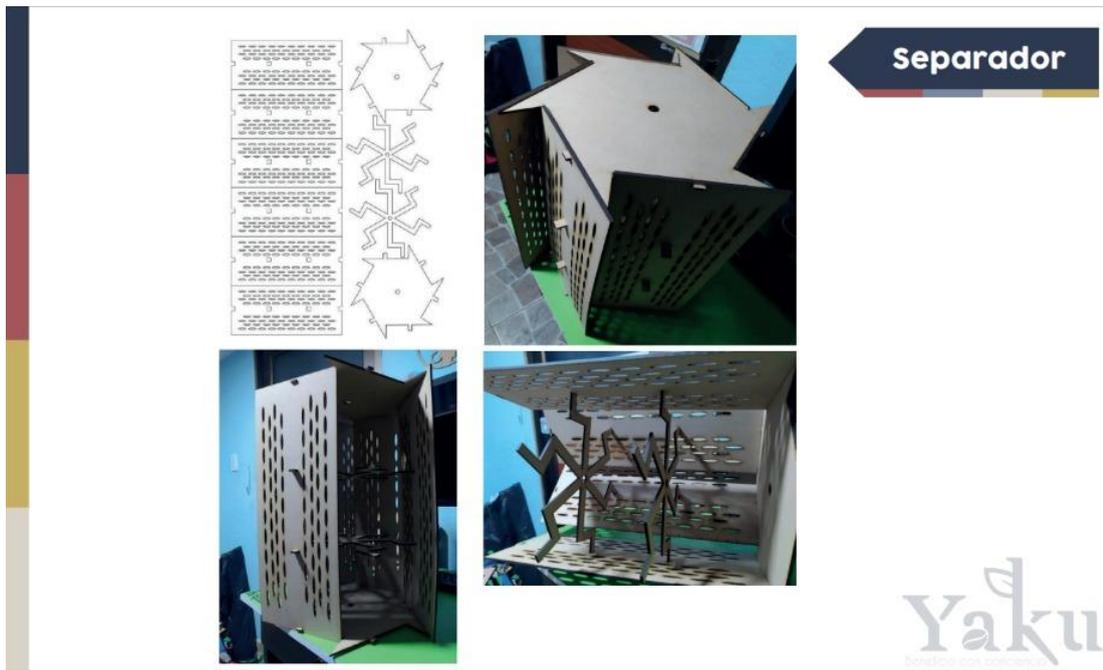


**Separador**



**Primeros Prototipos**

**Deshidratador**



**Separador**

Figura 13. Modelo a escala del primer prototipo de Yaku basado en la ideación, en material MDF.

El primer prototipo estipulado no tuvo mucha practicidad debido a la dificultad de creación y ensamblaje que requería, además de los elevados costos y es un material que se desvirtúa

en contacto con el agua y si no se le realiza un proceso de impermeabilización con químicos no se considera un producto durable y resistente, al adicionarle los químicos, estos pueden alterar las condiciones organolépticas del café, desvirtuando las características de este. Durante la visita a la finca se realizó la tendencia del productor consciente, en donde junto a los caficultores se creó un producto con materiales reutilizables propios de la finca y se desarrolló el segundo prototipo.



Figura 14. Materiales utilizados para el diseño de Yaku.

Los materiales que se utilizaron fueron madera de pino, paja toquilla, estopas, costales trenzados, mica, clavos y visagras, los cuales fueron ensamblados y se procedió a utilizarlo en la limpieza de los granos de café para observar la practicidad. (Figura 14).

El filtro fue probado en el tanque de agua en donde cae el café despulpado para realizar el posterior lavado y separación del mucílago donde normalmente se realiza con palay por tres o más lavados si es requerido para apartar la baba y que el grano quede limpio y listo para el secado (figura 15). Con el producto se pudo reducir la cantidad de lavados en dos lavados total pero el diseño hexagonal no permite un fácil uso y queda pesado para su uso e incómodo para los productores, además es un producto de baja duración por el uso de la paja toquilla y las estopas, por lo que se pensó en rediseñar el prototipo y tener en cuenta los requerimientos enfocados en el diseño del producto.

# Yaku

Beneficio con conciencia





Figura 15. a. Tanque de lavado del grano de café , junto a la despulpadora. b. Pala y grano de café listo para ser lavado. c. Segundo prototipo de Yaku realizado manualmente con materiales pertenecientes a la finca. d. producto Yaku instalado en el tanque de lavado. e. Producto Yaku con el grano de café en su interior del tanque, realizando el lavado y separación del mucílago.

### ***Requerimientos en el diseño del producto***

Para que el objeto pueda cumplir con los objetivos del proyecto debe cumplir con unos requisitos para su buen funcionamiento e interacción con el usuario al que va dirigido, por ende, se realizó el siguiente listado que debe cumplir el objeto final:

#### **1. *Requerimientos de uso:***

- a) **Practicidad:** el desarrollo de su función sea lo más sencillo posible con el usuario y que su aprovechamiento sea el mejor.



- b) Seguridad: el producto no debe generar ningún riesgo para la persona que lo esté usando, ni ocasionar daño a lo que podría estar a su alrededor.
- c) Mantenimiento: su mantenimiento debe ser fácil hasta para una persona que no posea capacitación para hacerlo, además de ser mínimo el mantenimiento que se le haga y por lapsos de tiempo largos.
- d) Manipulación: debe ser un objeto fácil de manejar, sin complicación en su función que no genere estrés, ni fatiga a la persona que lo esté usando.
- e) Ergonomía: adaptabilidad a las condiciones físicas y psicológicas de la persona que lo ha de utilizar.

## 2. *Requerimientos de función:*

- a) Mecanismos: el producto está pensado para ser manejado manual y/o mecánicamente, debe contar con mecanismos que funcionen correctamente pero no complejos y fáciles de conseguir y reemplazar.
- b) Confiabilidad: el objeto debe generar confianza y seguridad para la persona al momento de realizar su función.
- c) Versatilidad: el objeto estará diseñado para que funcione en distintas etapas del beneficio del café.
- d) Resistencia: debe resistir el trabajo pesado del campo, resistir al agua y tratos bruscos en el proceso.
- e) Acabado: al ser un producto dirigido para el trabajo en el campo tendrá un terminado, semi mate generado por productos naturales que no interrumpa en el sabor ni olor del café.



- f) Uniones: estará construido y ensamblado por medio del mismo material del que todas las piezas son, que en este caso sería madera de pino y guadua, y/o materiales que puedan conseguir fácil o tengan a su alcance.
- g) Centro de gravedad: el elemento contará con una estructura que soporta el peso de todo el elemento y que además deberá mantenerlo en el interior del contenedor que se utiliza en el beneficio del café, y además deberá soportar el trabajo del cilindro mientras esté limpia la pepa de café.
- h) Estructuralidad: contará con tres elementos que se complementan, primero la base o chasis, cigüeñal o eje central, cilindro rotativo.

### 3. *Requerimientos técnico-productivos:*

- a) Bienes de capital: al ser dirigido a una comunidad rural de pequeños agricultores, se debe trabajar en lo posible con herramientas que ellos posean, para que ellos puedan replicar, mantener y/o reparar el producto entregado.
- b) Mano de obra: debe hacerse por un personal capacitado y con experiencia en trabajo con materiales tales como la madera, pero debe expresarse de manera fácil para el usuario para que este también pueda interactuar, mantener, replicar y/o reparar cuando sea necesario y no tenga al alcance una persona con el nivel de capacitación indicada.
- c) Modo de producción: la producción de este elemento debe ser manufacturada, con intervención de máquinas eléctricas de carpintería y que su diseño permita en el momento de este replicarse a mayor escala de producción; ser elaborado con máquinas industriales como la CNC.



- d) Normalización: debe tener en su diseño formas que permitan el mejor aprovechamiento del producto para reducir desperdicios de material y aprovechar la mayor cantidad de este.
- e) Estandarización: el diseño debe generar formas y dimensiones tales que puedan replicarse de manera industrial y a grandes cantidades.
- f) Prefabricación: debe tener el diseño y la capacidad de formar cadenas de montaje y/o ensamble.
- g) Línea de producción: debe construirse de manera ordenada y en línea para poder aprovechar el tiempo en relación al costo, de esta manera; preparado del material, corte de piezas, lijado, armado de piezas, sellado.
- h) Materias primas: se debe trabajar con materiales que puedan estar al alcance de los agricultores o que ellos mismos produzcan como la madera de pino, ya que es una madera resistente fácil de conseguir y al ser una madera que no pertenece al ecosistema nativo no tiene muchos depredadores que afecten a sus propiedades y es una madera que se puede conseguir en aserraderos con certificado ambiental; madera de guadua, porque es una madera que muchos en el sector la producen y además cuenta con propiedades fisicoquímicas muy buenas como resistencia al agua, elasticidad, durabilidad, es una madera muy económica, fácil de reproducir y mantener; y como unión de algunas piezas clavos, porque son resistentes y además es un producto muy cotidiano entre los agricultores de zona; su acabado será con sellador natural para que no produzca impacto ambiental fuerte y que al terminar con su vida útil pueda servir para otro elemento, este será de miel de abeja mezclada con cera de abeja y aceites esenciales.
- i) Tolerancia: el elemento tendrá que resistir el agua y el mucílago al que será expuesto en el proceso del beneficio del café, también tendrá que



resistir a los tratos bruscos del operario y/o máquina que pueda intervenir en su función.

- j) Comprobar su funcionalidad: debe ser testeado por los agricultores a los que va hacer dirigido para que estos determinen si su funcionamiento es el correcto y si resiste al trabajo en la zona.
- k) Embalaje: debe ser fácil de transportar en cajas de cartón que pueden ser recicladas de otro producto para disminuir en el proceso de elaboración de esta y el impacto ambiental o también en guacales de madera que pueden ser también reciclados.

#### 4. *Requerimientos formales:*

- a) Estilo: al ser elaborado con materiales naturales tales como la madera este debe tener un acabado rústico, pero con acabados lisos que no permitan la filtración del agua después del sellado.
- b) Unidad: debe ser un elemento que además de cumplir con su función pueda generar en el usuario confianza, que todas sus piezas se mantengan en equilibrio y que se relacionen entre sí, formando simplicidad y armonía.
- c) Interés: debe causar a las personas curiosidad en su forma y función, que este se sienta atraído por su diseño y quiera utilizarlo.
- d) Equilibrio: su diseño debe mantenerse trabajando sin perder ritmo y sufrir un daño por el uso al que está predispuesto.
- e) Superficie: su diseño debe atraer a la persona por sus acabados y resaltar entre todas sus herramientas, sus acabados deben ser de calidad



demostrando que la madera es un buen material para utilizar en este tipo de acciones.

La técnica Wabi-Sabi de origen japonés que consiste en una visión estética basada en la belleza de la imperfección, resaltando elementos y materiales de origen natural y rústico unido a la tendencia de reutilizar materiales presentes en la finca, fue una base para adelantar la creación de Yaku.

Obteniendo con todas las características antes mencionadas el siguiente producto realizado con materiales totalmente propios de la finca como: guaduas, madera de pino. Materiales llevados al taller de trabajo en la ciudad de pasto donde según las medidas se realizó el producto y se ensamblaron las piezas con clavos y cola adhesiva, el distanciamiento entre palos de guadua es de gran importancia con un tamaño de 4 mm aproximadamente, esto par evitar que se salga del sistema Yaku el grano de café. Al momento de sellar la madera del prototipo se utilizó un producto natural a base de cera de miel de abeja, miel y aceite esencial de linaza, se aplicó y se dejó secar por un día. El sistema consiste en un tambor que gira sobre su propio eje que junto con un rotor interno y palos de guadua causan fricción y desprendimiento del mucílago del grano de café, sin la necesidad de utilizar gran cantidad de agua (Figura 16, 17,18).

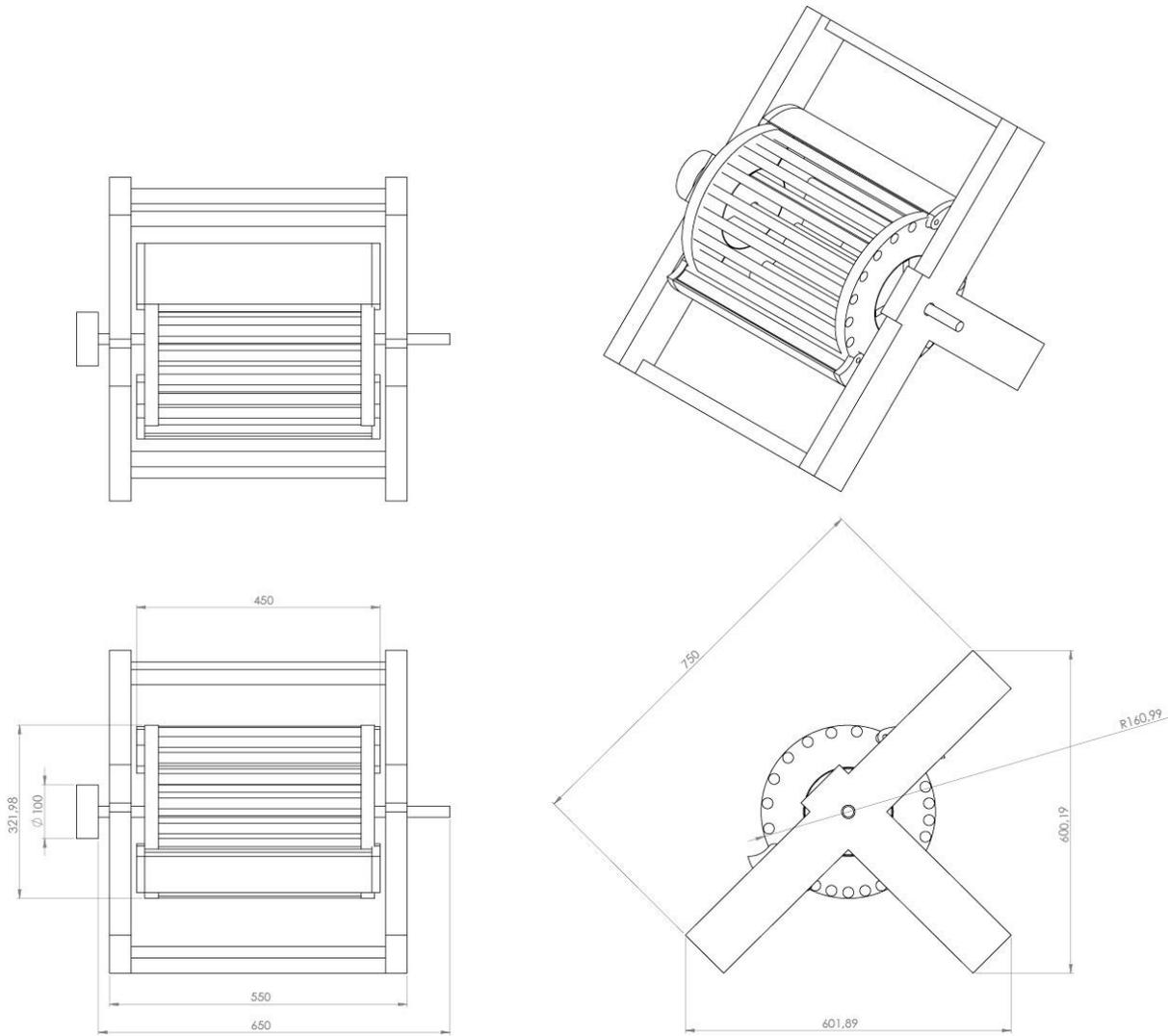


Figura 16. Planos técnicos y medidas de Yaku.

# Yaku

Beneficio con conciencia



Figura 17. Renders del producto Yaku.

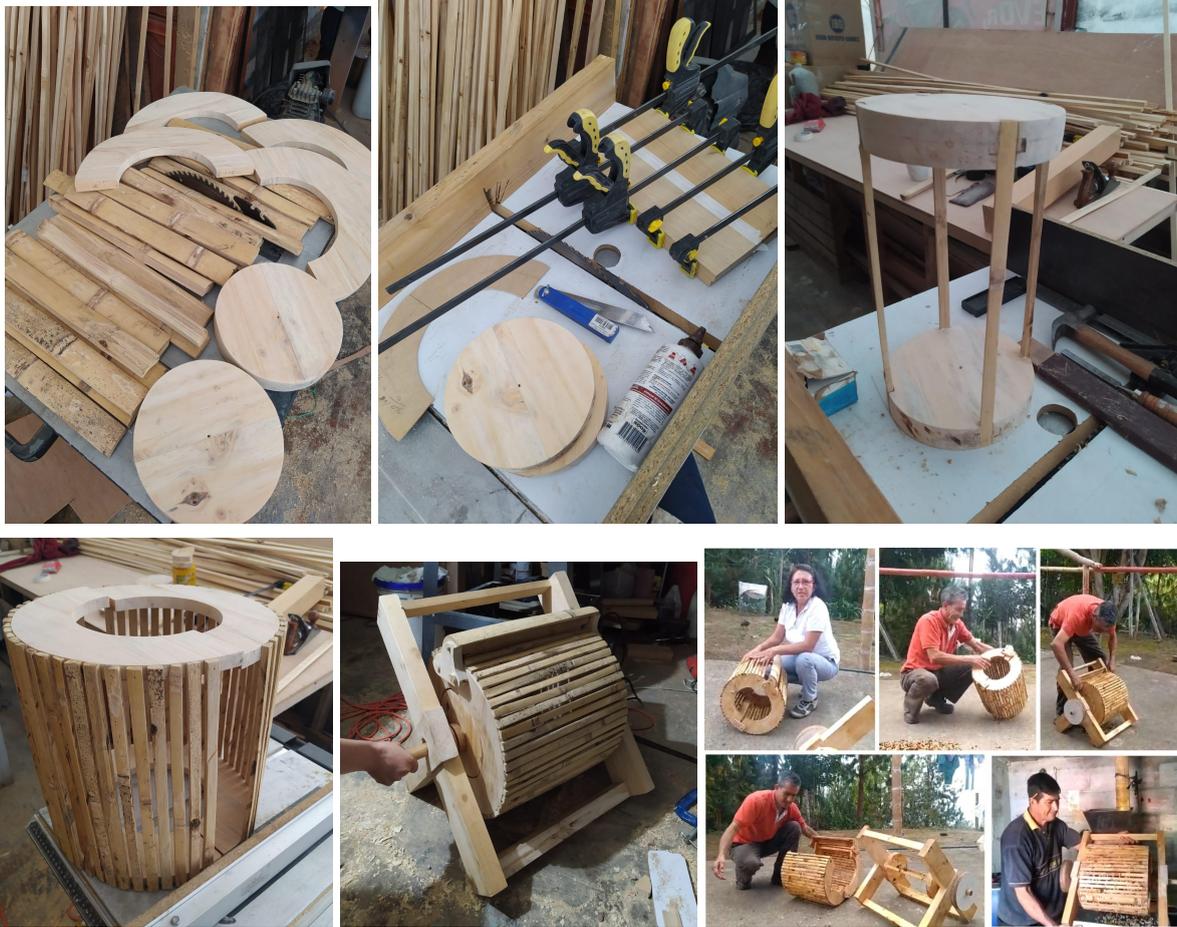


Figura 18. a. Materiales pertenecientes a la finca de la familia Guerrero. b. materiales en el taller listos para la fabricación. c. Rotor interno, eje inicial. d. Filtro y tambor giratorio donde se va a poner los granos de café despulpado. e. Yaku ensamblado. f. Productores haciendo uso de Yaku.

El resultado final del producto fue favorable y se utilizaron materiales como madera de pino, guadua, clavos de media pulgada, mezcla de cera y miel de abejas con aceite esencial. Para el ensamblaje y creación se utilizaron herramientas como: sin fin de mesa, caladora de mano, brocas, taladros, lijas, serrucho, segueta, martillo y elementos de seguridad. El tiempo requerido para la elaboración del producto es de aproximadamente tres días en los cuales se va a recolectar el material y cortar, ensamblar las piezas y aplicar el sellador y un día de secado.

En uso Yaku es de fácil uso, liviano y practico para usar dentro del tanque, una vez se introducen los granos de café en el filtro se empieza a ser el giro mecánico en la poceta con una cantidad de aproximadamente de 60 litros de agua, se realiza el giro por 5 a 7



minutos, viendo que el grano se haya desprendido del mucílago, el café quedo sin rastro de mucílago una vez pasó el tiempo estipulado ya no hubo necesidad de requerir más cantidad de agua, ahorrando en un la cantidad de agua ya que de 300 litros de agua utilizada en el proceso del lavado del grano en el proceso de post cosecha se utilizaron solo 60 litros de agua, equivalente a 2 litros de agua por kilo de grano, lo que nos dice que Yaku cumple la función para el cual fue diseñado y se tiene presente que su capacidad de peso es de 6 kg y se requiere de mantenimiento en 2 años con un buen almacenamiento y secado de la misma.

## CONCLUSIONES

Yaku cumple con la función para la cual fue creado, la cual es reducir el consumo de agua en el proceso de lavado del grano de café para la separación del mucílago, requiriendo tan solo 60 litros de agua por 15 kg de grano provenientes de 30 kg de cereza, reduciendo la cantidad de agua en más de un 80%, ya que en el lavado se utilizarían 2 litros de agua por kilogramo de café. En el procedimiento de lavado por pala se utilizan 20 a 30 litros de agua por kilogramo de grano de café y si se lavan 15 kg de café se requieren 300 litros de agua para los tres lavados aproximadamente durante el proceso de post cosecha.

La vida útil del producto es amplia debido a los materiales que se utilizaron para su elaboración, como es el caso del pino, que es una madera fácil de moldear, y perfecta para el diseño de productos curvos, por otro lado la guadua es durable por unos pares de años. Las dos maderas son resistentes al agua y tienen baja absorción y con el sellador natural (cera y miel de abejas junto con aceite esencial de linaza) quedan en estado de hidrofobia.

Cuando la vida útil de Yaku termine se lo puede reutilizar en otras actividades al ser un producto de madera que no causa daño ambiental, tal como contenedor o deshidratador a calor una vez culmine el proceso de lavado del grano o material para la leña.

Es un producto fácil de utilizar, liviano para uso de una sola persona, replicable y ajustable a diversas pocetas con la adición de sistemas de anclaje, reduce el tiempo de lavado del grano del café , debido a que se reduce de 3 lavados a uno.



## RECOMENDACIONES

Las dimensiones de Yaku deben ser mayores en casos donde se tenga una mayor cantidad de grano cosechado o dependiendo de las dimensiones del tanque añadir un segundo producto para lograr así la separación del mucílago con un ahorro significativo del consumo del agua.

Al requerir la separación de una mayor cantidad de grano, existe la necesidad de tecnificar el proceso manual por uno mecánico, debido a que la madera no resiste la fuerza de un motor y es necesario adicionar piezas en acero inoxidable.

## BIBLIOGRAFÍA

<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/24562/1/TRABAJO%20FINAL%20DE%20GRADO%20%281%29.pdf>

<https://www.urosario.edu.co/Mision-Cafetera/Archivos/Evolucion-de-la-caficultura-a-Colombiana-Diego-Escob.pdf>

[https://www.sica.int/noticias/paises-miembros-del-sica-instruyen-la-elaboracion-de-un-plan-estrategico-para-el-desarrollo-de-la-caficultura\\_1\\_120717.html](https://www.sica.int/noticias/paises-miembros-del-sica-instruyen-la-elaboracion-de-un-plan-estrategico-para-el-desarrollo-de-la-caficultura_1_120717.html)

<https://federaciondecafeteros.org/static/files/Cardenas%20-%20Industria%20del%20cafe%20en%20Colombia.pdf>

[https://federaciondecafeteros.org/app/uploads/2019/10/Informe\\_de\\_la\\_Industria\\_Cafetera\\_20182.pdf](https://federaciondecafeteros.org/app/uploads/2019/10/Informe_de_la_Industria_Cafetera_20182.pdf)

[https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/15236/Mateo\\_Travez\\_Camillo\\_Velasquez\\_2019.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/15236/Mateo_Travez_Camillo_Velasquez_2019.pdf?sequence=2&isAllowed=y)

<https://federaciondecafeteros.org/static/files/8Capitulo6.pdf>



<http://www.andi.com.co/Uploads/HUELLA%20AMBIENTAL%20%20DEL%20CAF%C3%89%20EN%20COLOMBIA.pdf>

<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>