



LA FORMACIÓN DE INGENIEROS:  
UN COMPROMISO PARA EL  
DESARROLLO Y LA SOSTENIBILIDAD

15 al 18  
DE SEPTIEMBRE

20  
20

[www.acofi.edu.co/eiei2020](http://www.acofi.edu.co/eiei2020)

# DISEÑO INDUSTRIAL DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE MADERA AGLOMERADA CON BASE EN LOS RESIDUOS DE LA PRODUCCIÓN DE CAFÉ EN EL MUNICIPIO DE CAJIBÍO, CAUCA

**Kevin Alexis Gómez Burbano**

**Fundación Universitaria de Popayán  
Popayán, Colombia**

## **Resumen**

Dentro del proceso de investigación llevado a cabo entre la Fundación Universitaria de Popayán "FUP" y el Parque Tecnológico de Innovación del Café "Técnicafé", se ha generado un prototipo de aglomerado basado en el aprovechamiento industrial de residuos de la producción y procesamiento de café. Se ha iniciado el proceso de ruta de transferencia tecnológica el cual conduce a un escalamiento industrial de esta nueva tecnología: Consiste en la creación del diseño industrial del proceso de producción de madera aglomerada. Este proyecto contribuye en el aumento de la competitividad de la cadena productiva de la industria cafetera en el departamento de Cauca, beneficiando directamente a un gran porcentaje de las 95.000 familias que derivan su sustento de la producción del grano de café en esta región.

**Palabras clave:** diseño industrial; aprovechamiento; café

## **Abstract**

*As part of the research process carried out between the University Foundation of Popayán "FUP" and the Coffee Innovation Technology Park "Técnicafé", a prototype of agglomerate based on the industrial use of waste from coffee production and processing has been generated. The process of technological transfer route has begun which leads to an industrial scale of this new technology: It consists in the creation of the industrial design of the agglomerated wood production process. This project contributes to increasing the competitiveness of the production chain of the coffee industry*

*in the department of Cauca, directly benefiting a large percentage of the 95,000 families that derive their livelihood from the production of coffee beans in this region.*

**Keywords:** *industrial design; exploitation; coffee*

## 1. Introducción

Dentro del proceso de investigación llevado a cabo entre de la Fundación Universitaria de Popayán "FUP" y el Parque Tecnológico de Innovación del Café "Técnicafé", se ha generado un prototipo de aglomerado basado en el aprovechamiento industrial de residuos de la producción y procesamiento de café. (Arizala, J., & Lopez, J. (2019). El cuál, es la continuación de un proyecto de investigación previo, en el aprovechamiento de residuos del café. (Ruiz, B., & Calderón, E, 2018).

En el proceso de cultivo e industrialización del café, se estima que menos del 5% del peso del fruto se aprovecha en la elaboración de la bebida, el 95% queda en forma de residuos orgánicos. (Rodríguez, V, 2016). Arango H. Et Al., (2016) plantea que existen elementos que se convierten en desechos en la producción del grano de café tostado en TECNICAFFE. En alianza con la empresa Supracafé Colombia S.A.S se está desarrollando un clúster de innovación entorno al café único en el mundo; entre los procesos de desarrollo que se están realizando, se considera la viabilidad de dar un uso productivo a gran escala de los subproductos del café (pulpa, miel, y la cascarilla), y borra de café producida al someter el café tostado molido al agua a 70°C o 80°C.

Esta investigación se plantea a partir de la necesidad de desarrollar investigaciones que fortalezcan la competitividad de la cadena productiva del café. Se ha iniciado el proceso de ruta de transferencia tecnológica el cual conduce a un escalamiento industrial de esta nueva tecnología: Consiste en la creación del diseño industrial del proceso de producción de madera aglomerada, en base a los subproductos generados en la producción de café. Este proyecto contribuye en el aumento de la competitividad de la cadena productiva de la industria cafetera en el departamento de Cauca, beneficiando inicialmente a las familias cafeteras de los municipios de Cajibío y Piendamó, Cauca.

## 2. Metodología

La usabilidad, es un concepto relacionado que define la calidad de la interacción entre personas y sistemas. (Jasper van Kuijk, Et al, 2015). Es una metodología para ajustar nuevos productos hacia el mercado, estableciendo la utilidad que tendrá. La usabilidad para la madera desarrollada de café ya se ha pre-establecido, es un producto sustituto en el mercado, con usos como tableros de madera aglomerada. (Mobiliario de interiores, carpintería, manualidades, aislamientos, construcción, etc.). De acuerdo a las características y proceso de fabricación de este aglomerado, se determina que es un producto sustituto de los tableros de partículas y tableros de fibra. Tableros en presentación crudo sin recubrimiento de láminas. Monterroso, B. (2013) define los conceptos de estos tipos de aglomerado:

- Tablero de partículas: Los tableros de partículas, son los comúnmente conocidos como aglomerados. Estos tableros están fabricados por la unión de partículas de aserrín, virutas y otros materiales de desecho y resinas encolantes.
- Tablero de fibra: Los tableros de fibras difieren de los tableros de partículas en la configuración física del material. Los tableros de fibras están conformados por fibras completamente separadas entre sí y mucho más finas.

El sector del mueble en Colombia ha crecido desde la aparición del aglomerado; los carpinteros se han convertido en armadores de muebles de laminados de madera. Las ventas anuales en el sector constructor son del 30%, de los cuales el caso de muebles son el 64% según Camacol Colombia, porque hay una gran demanda de obras arquitectónicas que requieren la construcción. (Reyes, A, 2018). Las importaciones colombianas de aglomerado-MDF alcanzaron USD 103.3 millones en 2018, lo que representó un aumento significativo de 23.6% en comparación con 2017 (USD 83.6 millones). (Notifix, 2019). Las aplicaciones actuales de aglomerados a partir de biomasa incluyen:

La empresa filial M.A Arquitec aprovecha la madera de café en la fabricación de muebles como puertas, clósets, gabinetes para cocina; otros como vigas y machambros utilizados para abastecer los proyectos de vivienda. Dotación de interiores, camas, bibliotecas, comedores, mesas y escritorios, etc. (Ruiz Rojas, P. A, 2007). Reyes, J. (2016) establece que la cascarilla de arroz utilizada para la fabricación de los tableros de aglomerado, servirá para la elaboración de productos como: muebles para dormitorios, cocina, mobiliario, marcos de puertas, también servirá para la utilización automotriz, etc. Los aglomerados desarrollados en la universidad de Costa Rica, en base de desechos agrícolas y tetra brick, son usados para la fabricación de muebles, cajas para embalaje y forro para paredes. (Moya, R, 2013). Por otro lado, Reyes, A. (2018) establece que, el aglomerado residual desarrollado por la empresa Madecentro Colombia S.A.S es empleado en un reproceso de fabricación de aglomerado, con las mismas utilidades.

De acuerdo a lo anterior, se puede concluir que el mercado de artículos para mueblería y construcción tienen una representación significativa en el comercio, lo cual podría ser una opción beneficiosa si este material se direcciona en la fabricación de artículos de este tipo.

## **2.1 Análisis de características del aglomerado en base de residuos de café**

El aglomerado de residuos de café (imagen 1), es un tipo de aglomerado de nueva tecnología, fabricado a partir de los residuos generados en el procesamiento del café.

Imagen 1. Aglomerado de residuos de café.



Fuente: Arizala, J., & López, J. (2019).

Nota: En la prueba de fabricación de aglomerado de residuos de café, se obtuvo un tablero aglomerado de 35.8 cm largo, 7.5 ancho y 1.5 cm espesor, con un peso total de 1560 gr. Calderón, E., & Ruiz, B. (2017) establecen la comparación entre el aglomerado en base de residuos de café y un tablero comercial tradicional. Ver tabla 1. Se determinó que este aglomerado se enmarca en el mercado de los tableros de madera aglomerada, es considerado como un tablero de densidad alta, debido a resultados de pruebas físico-mecánicas mayores, a los exigidos por (NTC 2261).

Tabla 1. Comparación del producto de café vs productos comerciales, (propiedades físico-mecánicas).

	PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS	
	AGLOMERADOS EN BASE A LOS SUBPRODUCTO DEL CAFÉ.	AGLOMERADOS TABLEMAC.
ESPELOR NOMINAL (mm)	15	15
DENSIDAD PROMEDIO +/- 5%. (Kg/m <sup>3</sup> )	1214,2	600
MODULO DE RUPTURA (MOR). (N/mm <sup>2</sup> )	13.07	19.6
MODULO DE ELASTICIDAD (MOE). (N/mm <sup>2</sup> )	238.95	215.6

Fuente: Calderón, E., & Ruiz, B. (2017).

Este proyecto está enmarcado en el contexto de innovación social. Por lo tanto, si se requiere dar valor agregado a la cadena productiva del café, es primordial beneficiar a la población que derivan su sustento de la producción del grano de café del municipio de Cajibío, Cauca. Según Henry Madrid, solo por hectárea zoqueada de madera de café se pagaría de 3 a 10 millones de pesos, lo que representa ingresos importantes para las comunidades que viven del café. (Ruiz Rojas, P. A., 2007). Además, generaría al menos 200 mil empleos; una alternativa que puede ganar un lugar fuerte en el mercado.

Identificación de la necesidad: La baja calidad del grano de café (Minten, B., Et al. (2018), la reducción y baja rentabilidad de la producción cafetera en Colombia (OIC, 2015), son factores que afectan esta industria, debido a la escasa transferencia tecnológica en la producción del café y la poca diversificación de productos en la industria cafetera (Janissen, B. y Huynh, T. (2018); generan la fijación de precios determinada por terceros (Gelaw, F., Speelman, S., & Van Huylenbroeck, G, 2016), perdiendo el valor del grano para los productores, reflejándose en pagos

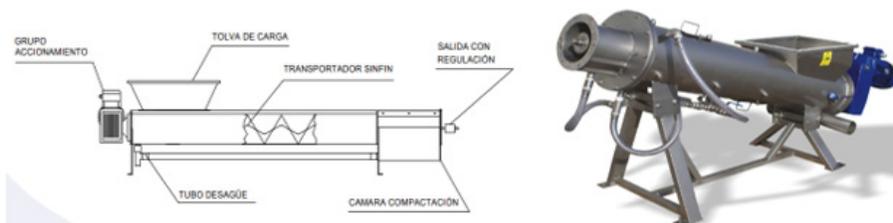
mal remunerados (Eakin, H., Tucker, C., & Castellanos, E, 2006)., reduciendo la competitividad de la cadena productiva de la industria cafetera en el departamento de Cauca.

## 2.2 Trabajo de campo-diseño industrial

Uno de los subproductos más críticos, por su alto y rápido grado de descomposición es la pulpa de café. La pulpa es un subproducto solido voluminoso, representa el 56% del volumen del fruto y el 40% del volumen del peso. (Calderón, E., & Ruiz, B, 2018). Por esta razón, dentro de los procesos que se realizan en el Semillero de Investigación en Emprendimiento Empresarial "SIE2" de la "FUP" Daza, A., Omen, P, (2020) realizaron pruebas para analizar su proceso de oxidación. De acuerdo a ese laboratorio se obtuvo las siguientes conclusiones: 1. Calor, como variable fundamental en el proceso de oxidación de la pulpa. El calor transferido por el suelo acelera el proceso de oxidación. 2. En grandes cantidades el proceso se oxidación de la pulpa se acelera, debido a su almacenamiento en húmedo, acelerando el proceso de oxidación desde el interior de la pulpa almacenada hasta el exterior. 3. El tiempo de oxidación-descomposición de la pulpa es de 3 días.

El principal proceso para la elaboración de la madera aglomerada, es la preparación de la materia prima (MP), se debe realizar un proceso de pre secado de MP. Para retirar el agua en grandes cantidades de la pulpa proveniente de un beneficio en húmedo; se plantea a escala industrial el uso de un tornillo compactador. Se tuvo en cuenta criterios de selección para los conceptos: Facilidad en el montaje, mantenimiento, fácil manejo, accesibilidad, entradas y salida del producto, eficiencia de sistema, y que los equipos utilizados sean para ambiente industrial. En la Figura 1 se puede observar el esquema del concepto seleccionado.

Figura 1. Concepto seleccionado: Transportador, compactador sinfín.



Fuente: C/ Industria, 7 (P.I. La Rosa)

El tornillo compactador, es un equipo especialmente diseñado para transporte, compactación, escurrido y reducción de volumen de los residuos sólidos húmedos, procedentes de un desbaste de aguas residuales (Rejas y Tamices). con una pérdida de peso en torno a 75% y pérdida de humedad de 50% dependiendo de la curva de consistencia y porosidad de cada material. Componentes: Tolva descarga, cámara de compactación, transportador sinfín, grupo accionamiento, tubo desagüe. Con base en el diseño industrial de la planta de Supracafé Colombia se estableció el proceso de fabricación de la madera ilustrado en el cuadro 1 y en la figura 2.

### 3. Resultados

Los proveedores de estos residuos serán: Supracafé, Caficultores de Cajibío y Piendamó, Cauca. Se puede estimar que serán miles de toneladas las cuales se recibirán durante las dos cosechas en el año (mayo-junio y octubre-noviembre). Como principales resultados del desarrollo de este proyecto se obtuvo la creación de los siguientes diagramas:

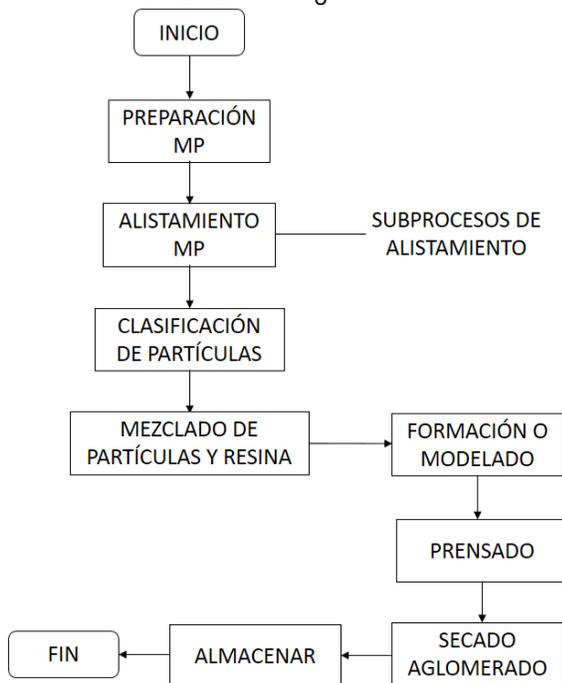
Cuadro 1. Descripción del proceso de elaboración de aglomerado de residuos de café.

PROCESO	DESCRIPCIÓN
Preparación de materia prima	Posterior a la recolección de la materia prima (subproductos de café). El procedimiento comienza con la recepción de la materia prima para su posterior alistamiento hasta el almacenaje de producto terminado.
Alistamiento de materia prima	Consiste en el secado y pre-secado en el caso de la pulpa, reducción del tamaño de los residuos, y preparación de la materia prima pre-fabricación del aglomerado.
Clasificación de partículas	Las partículas se tamizan para remover el polvo y separar las partículas por tamaño. Esto con el fin de determinar el tamaño de partícula de la materia prima y obtener forma y tamaño uniforme. Además, la separación de los polvos disminuye la absorción de una gran cantidad de resina. (Monterroso, B, 2013).
Mezclado de partículas y resina	El mezclado es la dispersión de resina en la materia prima alistada.
Formación o moldeado	Dispersar la mezcla en el molde para su posterior prensado.
Prensado	El prensado consiste en compactar y modelar la mezcla en el molde ejerciendo presión.
Secado del aglomerado	El proceso consiste en el acondicionamiento del contenido de humedad de los tableros o paneles, con el propósito de disminuir el contenido de humedad en el interior y aumentar la eficiencia del aglomerante.

Fuente: Elaboración propia.

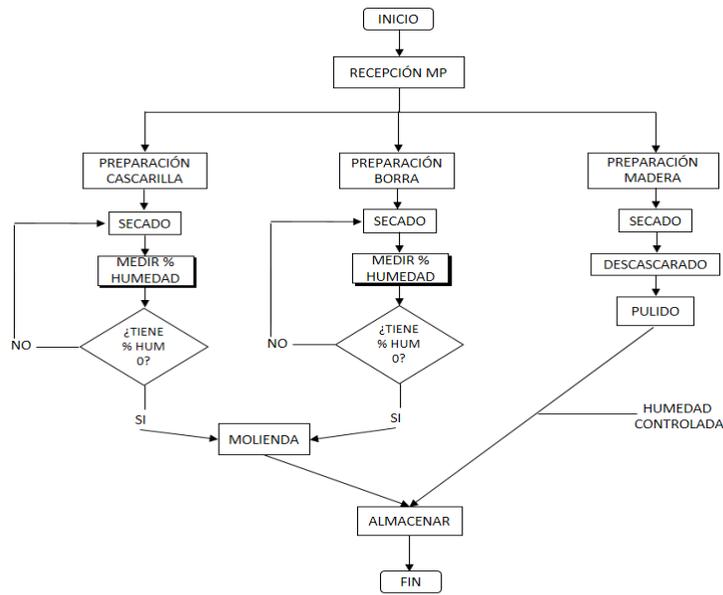
Nota: En un sistema por lotes se emplea un molde y en un sistema continuo la mezcla se dispersa en una o varias capas o sobre una cinta en movimiento. (Monterroso, B, 2013).

Figura 2. Proceso de fabricación de madera aglomerada de residuos de café.



Fuente: elaboración propia

Figura 3. Proceso de alistamiento de Cascarilla, borra y madera.



Fuente: elaboración propia

Para el proceso de alistamiento de la MP, se estableció unos criterios de medición de humedad, puesto que el proceso más importante en la fabricación del aglomerado es tener la MP totalmente seca, debido a que influye en las propiedades del producto final.

En el caso de la pulpa, se estableció dos procesos para la preparación de este residuo. Por esta razón, se determinó que la pulpa debe pasar por un proceso de pre-secado y secado. Ver figura 4. De acuerdo a esto, surge la necesidad de implementar y diseñar un sistema para el pre-secado de la pulpa.

Figura 4. Proceso de alistamiento de pre-secado y secado de la pulpa.



Fuente: Elaboración propia.

#### 4. Conclusiones

- El mercado de artículos para mueblería y construcción tienen una representación significativa en el comercio, con ganancias que superan USD 100.000 millones anuales. De acuerdo a esto, es una opción de mercado beneficiosa si este material se direcciona en la fabricación de artículos de este tipo.
- Se logró determinar y establecer el proceso de fabricación de manera aglomerada de café; se construyeron los diagramas de flujo del proceso de alistamiento de la materia prima.
- Uno de los subproductos más críticos, por su alto y rápido grado de descomposición es la pulpa, representa el 56% del volumen del fruto y el 40% del volumen del peso. De acuerdo a esto, se determinó que esta materia prima debe pasar por dos procesos de alistamiento: pre-secado y secado.
- Se logró identificar una sub-necesidad. Lo cual conllevó a diseñar e implementar un sistema para el pre-secado y secado de la pulpa, con el fin de retirar la humedad de este subproducto. El concepto seleccionado es el sistema de tornillo compactador.

#### 5. Referencias

- Arizala, J., & López, J. (2019). Diseño de un compuesto aglomerado con base en la pulpa, cascarilla, borra de café y madera. Popayán: Fundación Universitaria de Popayán.
- Calderón, E., & Ruiz, B. (2017). Diseño de un compuesto aglomerado en base a la pulpa, miel, cascarilla y borra de café. Popayán: Fundación Universitaria de Popayán.
- Eakin, H., Tucker, C., & Castellanos, E. (2006). Responding to the coffee crisis: A pilot study of farmers' adaptations in Mexico, Guatemala and Honduras. *Geographical Journal*, 172(2), 156–171. <https://doi.org/10.1111/j.1475-4959.2006.00195>.
- Janissen, B., & Huynh, T. (2018). Chemical composition and value-adding applications of coffee industry by-products: A review. *Resources, Conservation and Recycling*, 128(July 2017), 110–117. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.10.001>
- Minten, B., Dereje, M., Engida, E., & Tamru, S. (2018). Tracking the Quality Premium of Certified Coffee: Evidence from Ethiopia. *World Development*, 101, 119–132. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2017.08.010>
- Monterroso, B. (2013). Universidad De San Carlos De Guatemala Facultad De Ingeniería. *Emecanica.Ingenieria.Usac.Edu.Gt*, 1–75. Retrieved from <http://emecanica.ingenieria.usac.edu.gt/sitio/wp-content/subidas/6ARTÍCULO-III-INDESA-SIE.pdf>
- OIC. (2016). Evaluación de la sostenibilidad económica de la producción de café. Retrieved from <http://www.ico.org/documents/cy2015-16/icc-117-6c-economic-sustainability.pdf>
- Reyes, A. (2018). Propuesta de proceso para la transformación con fines de reciclaje, del principal residuo aglomerado distribuido y procesado por la empresa Madecentro Colombia S.A.S. Universidad Santo Tomás. <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/16119/2018aurareyes.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Reyes, J. (2016). "Elaboración de un Proyecto de Factibilidad para la Implementación de una Empresa Productora y Comercializadora de Tableros de Aglomerado, a Base de cascarilla de arroz, en la Ciudad de Loja". <http://dspace.unl.edu.ec:9001/jspui/bitstream/123456789/17462/1/Jovany%20Gabriel%20Reyes%20S%C3%A1nchez.pdf>
- Rodríguez v. N.; Zambrano f., Ramírez g., C. (2016). Manejo y disposición de los subproductos y de las aguas residuales del beneficio del café. Tomado de la internet de: [http://www.cenicafe.org/es/index.php/cultivemos\\_cafe/manejo\\_de\\_subproductos/](http://www.cenicafe.org/es/index.php/cultivemos_cafe/manejo_de_subproductos/)
- Ruiz Rojaz, P. A. (2007). Madera de Café: Ingenio con Aroma Propio. *Revista M&M, Edición 55, 48–53*. Retrieved from <http://www.infobosques.com/descargas/biblioteca/108.pdf>
- Van Kuijk, J., van Driel, L., & van Eijk, D. (2015). Usability in product development practice; an exploratory case study comparing four markets. *Applied Ergonomics, 47, 308–323*. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2014.10.007>

## Sobre los autores

- **Kevin Alexis Gómez Burbano:** Ingeniero Industrial. Joven Investigador en Ingeniería Industrial de la Fundación Universitaria de Popayán. [joven.investigador.industrial@fup.edu.co](mailto:joven.investigador.industrial@fup.edu.co)

---

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2020 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)