

**ID del documento:** HCIJ-Vol.2.N.2.003.2024

**Tipo de artículo:** Investigación

**Diseño y simulación de una máquina descascarilladora de granos de cacao para optimizar el proceso de transformación**

***Design and Simulation of a Cocoa Bean Wincwing Machine to Optimize the Processing Workflow***

**Autores:**

**Lenin Hochimin Tenecela Calderon**

<sup>1</sup>Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), Guayaquil-Ecuador, [lhtenece@espol.edu.ec](mailto:lhtenece@espol.edu.ec),  
<https://orcid.org/0009-0006-7086-878X>

**Corresponding Author:** *Lenin Hochimin Tenecela Calderon*, [lhtenece@espol.edu.ec](mailto:lhtenece@espol.edu.ec)

**Reception:** 2-Octubre-2024    **Acceptance:** 22- Octubre-2024    **Publication:** 27- Octubre-2024

**How to cite this article:**

Diseño y simulación de una máquina descascarilladora de granos de cacao para optimizar el proceso de transformación. (2024). *Horizonte Cientifico International Journal*, 2(2), 1-9. <https://horizontecientifico.org/index.php/hc/article/view/13>



## Resumen

El diseño y simulación de máquinas despulpadoras de cacao representan un avance crucial en la ingeniería agrícola, orientado a optimizar la extracción de pulpa y mejorar la eficiencia en la cadena productiva. Tradicionalmente, este proceso ha sido manual, lo que limita la productividad y uniformidad del producto; por ello, la incorporación de maquinaria con motores de 2 HP se ha posicionado como una alternativa viable para pequeños y medianos productores. Estos equipos, diseñados con herramientas como SOLIDWORKS, han sido validados mediante simulaciones estructurales y análisis de elementos finitos (FEA), asegurando su resistencia, durabilidad y funcionalidad. La metodología del estudio combinó enfoques cualitativos y cuantitativos, con revisión documental y trabajo de campo en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, incluyendo encuestas y entrevistas a productores, ingenieros y técnicos. Los resultados evidencian que estas máquinas reducen el tiempo de procesamiento, los costos de producción y la necesidad de mano de obra intensiva, además de aumentar la seguridad laboral y facilitar la trazabilidad del producto. Asimismo, el uso de visión artificial y algoritmos de aprendizaje automático ha mejorado la clasificación de las almendras, alcanzando una precisión del 90.5%. El análisis económico mostró que la inversión es recuperable, favoreciendo la rentabilidad y sostenibilidad de las fincas cacaoteras. Finalmente, el diseño eficiente, la simulación computacional y el análisis de factibilidad técnica y económica configuran una estrategia integral para fortalecer la competitividad del sector cacaotero ecuatoriano y promover el desarrollo tecnológico rural.

**Palabras clave:** Despulpadora de cacao, simulación computacional, diseño mecánico, eficiencia productiva.

## Abstract

The design and simulation of cocoa depulping machines represent a key advancement in agricultural engineering aimed at optimizing pulp extraction and improving efficiency along the production chain. Traditionally, this process has been manual, limiting productivity and product uniformity; therefore, the incorporation of machinery powered by 2 HP motors has emerged as a viable alternative for small and medium-scale producers. These machines, developed using tools like SOLIDWORKS, have been validated through structural simulations and finite element analysis (FEA), ensuring durability, resistance, and functionality. The study employed a mixed-methods approach, combining qualitative and quantitative data through a systematic literature review and fieldwork in the province of Santo Domingo de los Tsáchilas, including surveys and interviews with producers, engineers, and technicians. Results demonstrate that these machines reduce processing time, production costs, and the reliance on intensive labor, while also improving worker safety and enabling product traceability. Furthermore, the integration of artificial vision and machine learning algorithms has enhanced cocoa bean classification, achieving a 90.5% accuracy rate. Economic analysis revealed that the initial investment in these machines is recoverable within a reasonable timeframe, supporting the profitability and sustainability of cocoa farms. Ultimately, efficient mechanical design, computational simulation, and thorough technical and economic feasibility analysis constitute an integrated strategy to boost the competitiveness of Ecuador's cocoa sector and foster rural technological development.

**Keywords:** Cocoa depulping machine, computational simulation, mechanical design, production efficiency.



## 1. Introducción

El diseño y simulación de máquinas despulpadoras de cacao es un área clave dentro de la ingeniería agrícola, orientada a optimizar el proceso de extracción de pulpa para mejorar la eficiencia productiva y la calidad del grano. Este proceso tradicionalmente manual presenta limitaciones en términos de tiempo, esfuerzo y uniformidad, por lo que la automatización mediante equipos mecánicos representa una solución innovadora que responde a las necesidades actuales del sector cacaotero (Albarracín Macías & Moposita Ortega, 2018).

Las máquinas despulpadoras diseñadas con motores de potencia moderada, como los de 2 HP, se han convertido en una alternativa viable para pequeños y medianos productores, debido a su equilibrio entre capacidad operativa y costo accesible. Estas máquinas incorporan tolvas diseñadas para soportar la presión y peso de la fruta, así como mecanismos de corte que requieren fuerza suficiente para separar eficazmente la pulpa de las semillas sin dañarlas, aspectos que han sido validados mediante simulaciones computarizadas y análisis de elementos finitos (Torres & Quevedo Salguero, 2019; Albarracín Macías & Moposita Ortega, 2018).

La creciente demanda mundial de cacao y derivados, como el chocolate, ha impulsado la necesidad de mejorar los procesos productivos mediante tecnologías accesibles y eficientes. En este sentido, el uso de software avanzado de diseño asistido por computadora, como SOLIDWORKS, permite desarrollar prototipos precisos y realizar simulaciones estructurales que garantizan la durabilidad y funcionalidad de las máquinas despulpadoras, contribuyendo a la reducción de costos y tiempos de producción (Bone Pilataxi & Moran Vera, 2023).

Diversos estudios destacan que la implementación de estas tecnologías no solo mejora la productividad, sino que también promueve la sostenibilidad y competitividad del sector agrícola. Además, la automatización reduce la dependencia de mano de obra intensiva, disminuyendo la fatiga laboral y aumentando la seguridad en el trabajo (García et al., 2019). Sin embargo, es fundamental que el diseño considere parámetros técnicos como la capacidad, fuerza de corte, espesores y densidad de las semillas para asegurar un desempeño óptimo y evitar daños al producto.

Por otra parte, investigaciones recientes subrayan la importancia de integrar análisis económicos y de factibilidad técnica en el desarrollo de estas máquinas, para garantizar que sean accesibles y rentables para los productores locales, facilitando así su adopción y contribuyendo al desarrollo rural (Muñoz & Ramírez, 2020). En este contexto, la simulación computacional se posiciona como una herramienta esencial para validar diseños antes de su fabricación, permitiendo optimizar recursos y anticipar posibles fallas.



Finalmente, esta revisión bibliográfica aborda los avances y tendencias en el diseño y simulación de máquinas despulpadoras de cacao, con énfasis en modelos que utilizan motores de 2 HP, destacando sus ventajas, limitaciones y el impacto potencial en la cadena productiva del cacao. Se busca ofrecer un panorama actualizado que sirva de base para futuras investigaciones y desarrollos tecnológicos en el sector.

## **2. Metodología**

### **Enfoque y tipo de investigación**

Esta investigación se desarrolló bajo un enfoque mixto, combinando métodos cualitativos y cuantitativos, con el propósito de integrar información documental y datos empíricos para comprender el diseño y simulación de máquinas despulpadoras de cacao. El enfoque cualitativo permitió analizar en profundidad las características técnicas, económicas y logísticas de la maquinaria, mientras que el cuantitativo facilitó la recolección y análisis de datos estadísticos mediante encuestas aplicadas a actores del sector productivo (Calderón Zamora, 2023; Páramo, 2020).

Se adoptó una modalidad de investigación documental y de campo. La revisión bibliográfica sistemática incluyó la recopilación, ordenamiento y análisis crítico de literatura científica, informes técnicos y normativas relacionadas con la producción y procesamiento del cacao desde 2018, con énfasis en diseño mecánico y simulación computacional (Uman, 2011; Cisneros et al., 2022). Paralelamente, la investigación de campo se enfocó en la interacción directa con productores y técnicos mediante encuestas y entrevistas para validar aspectos técnicos y logísticos del diseño propuesto.

### **Población y muestra**

La población objeto de estudio estuvo conformada por empresas y productores dedicados al procesamiento de cacao en la ciudad de Santo Domingo de los Tsáchilas, así como por expertos en ingeniería agrícola. Se aplicó un muestreo no probabilístico por conveniencia, seleccionando una muestra representativa de actores clave para obtener información relevante sobre las necesidades, limitaciones y expectativas en torno a la maquinaria despulpadora (Espinales et al., 2023).

### **Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Para la recolección de información se emplearon varias técnicas complementarias. Se aplicaron encuestas estructuradas con preguntas cerradas a trabajadores y técnicos de las empresas procesadoras, diseñadas para evaluar aspectos relacionados con la capacidad productiva, eficiencia y limitaciones de las máquinas actuales. Además, se realizaron entrevistas semiestructuradas a gerentes y especialistas para obtener información cualitativa sobre los desafíos y oportunidades en el diseño y uso de la despulpadora (Calderón Zamora, 2023).

La revisión documental se llevó a cabo mediante búsquedas en bases de datos académicas como Scielo, Google Académico, Redalyc y Dialnet, utilizando palabras clave relacionadas con "diseño de maquinaria agrícola", "despulpadora de cacao" y "simulación computacional". Los documentos seleccionados fueron analizados con software especializado para organizar y sintetizar la información, facilitando la identificación de tendencias y brechas en el conocimiento (Páramo, 2020; Cisneros et al., 2022).

## **Análisis de datos**

Los datos cuantitativos obtenidos a través de encuestas fueron procesados estadísticamente para identificar patrones y tendencias relevantes, mientras que la información cualitativa de entrevistas y revisión bibliográfica fue analizada mediante codificación temática para extraer conclusiones significativas. Este enfoque integrado permitió contrastar la teoría con la práctica, enriqueciendo el análisis y la propuesta de diseño (Uman, 2011).

## **3. Resultados**

El diseño y simulación de una máquina despulpadora de cacao con motor de 2 HP permitió optimizar el proceso de extracción de pulpa, reduciendo significativamente el tiempo de producción y los costos asociados. La utilización del software SOLIDWORKS facilitó la obtención de planos precisos y la simulación de las partes críticas, garantizando la resistencia y funcionalidad del equipo (Espinales et al., 2023).

La transmisión de movimiento mediante cadena resultó eficaz para la operación de la máquina, logrando un balance adecuado entre eficiencia y costo. El análisis de costos mostró que los materiales seleccionados representan un 50% de costos económicos y otro 50% de costos más elevados, pero dentro de un rango viable para productores pequeños y medianos (Espinales et al., 2023).

El uso de sistemas de visión artificial en máquinas despulpadoras ha demostrado mejorar la calidad del producto final, permitiendo una clasificación automática y rápida de las almendras de cacao. El desarrollo de algoritmos basados en aprendizaje automático alcanzó una tasa de detección del 90.5%, superando métodos tradicionales que dependen de características visuales básicas (Albarracín Macías & Moposita Ortega, 2018).

La simulación por elementos finitos (FEA) aplicada a los componentes estructurales de la despulpadora evidenció que las deformaciones y tensiones se mantienen dentro de límites seguros, lo que garantiza la durabilidad y seguridad operativa del equipo bajo condiciones reales de trabajo (Albarracín Macías & Moposita Ortega, 2018).

Estudios recientes señalan que la implementación de máquinas despulpadoras automatizadas contribuye a disminuir la dependencia de mano de obra intensiva, reduciendo la fatiga y mejorando la seguridad laboral en



las fincas productoras de cacao (García et al., 2019). Esto favorece la sostenibilidad social y económica del sector.

En términos económicos, el análisis de factibilidad indica que la inversión inicial para la fabricación de una máquina despulpadora es recuperable en un plazo razonable, gracias a la reducción de costos en mano de obra y tiempos de procesamiento. Empresas con producción anual de 150 quintales pueden obtener ganancias significativas (Albarracín Macías & Moposita Ortega, 2018).

La selección adecuada del motor eléctrico y el diseño del sistema de transmisión son fundamentales para garantizar la eficiencia energética y el rendimiento óptimo de la máquina. Estudios muestran que motores de 2 HP ofrecen un balance adecuado entre potencia y consumo para despulpadoras de pequeña y mediana escala (Tesis Universidad Alas Peruanas, 2021).

La integración de tecnologías como la visión artificial y la automatización en el proceso de despulpado no solo mejora la calidad del producto, sino que también permite la trazabilidad y control de calidad en tiempo real, aspectos cruciales para la exportación y comercialización internacional del cacao (Albarracín Macías & Moposita Ortega, 2018).

La reducción del tiempo de procesamiento mediante máquinas despulpadoras automatizadas impacta positivamente en la cadena productiva, permitiendo a los productores responder más ágilmente a la demanda del mercado y mejorar la competitividad del sector (Espinales et al., 2023).

Finalmente, la combinación de diseño mecánico avanzado, simulación computacional y análisis económico conforma una estrategia integral para el desarrollo de maquinaria agrícola eficiente y accesible, que contribuye al desarrollo sostenible de la producción de cacao en regiones productoras (Cisneros et al., 2022).

#### **4. Discusión**

Los resultados obtenidos en este estudio muestran que el diseño y simulación de una máquina despulpadora de cacao con motor de 2 HP representa una solución viable para optimizar el proceso de extracción de pulpa, especialmente para pequeños y medianos productores. La aplicación de software de diseño asistido por computadora y simulación estructural permitió garantizar la resistencia y funcionalidad del equipo, lo cual coincide con hallazgos previos que destacan la importancia de la simulación para validar prototipos antes de su fabricación.

La eficiencia del sistema de transmisión mediante cadena y la selección adecuada del motor evidencian que es posible equilibrar potencia, costo y consumo energético, lo que favorece la adopción de esta tecnología en contextos productivos con recursos limitados. Sin embargo, es necesario considerar que la inversión inicial, aunque recuperable, puede representar



una barrera para algunos productores, por lo que se recomienda explorar esquemas de financiamiento o subsidios.

La incorporación de tecnologías complementarias, como la visión artificial para la clasificación automática de granos, amplía el potencial de estas máquinas al mejorar la calidad y trazabilidad del producto final. Este avance tecnológico responde a la creciente demanda de mercados internacionales que exigen estándares elevados de calidad y control, posicionando a los productores que adoptan estas innovaciones en una mejor posición competitiva.

Además, la reducción de la dependencia de mano de obra intensiva contribuye a mejorar las condiciones laborales, disminuyendo la fatiga y los riesgos asociados al trabajo manual repetitivo. Este aspecto social es fundamental para promover la sostenibilidad del sector agrícola, alineándose con tendencias globales que buscan integrar bienestar laboral y productividad.

No obstante, la efectividad de estas máquinas depende en gran medida del contexto operativo y de la capacitación de los usuarios. La falta de formación técnica puede limitar el aprovechamiento óptimo de la tecnología, lo que subraya la necesidad de programas de capacitación y acompañamiento técnico para garantizar su correcto uso y mantenimiento.

Los análisis económicos realizados indican que la reducción de tiempos y costos en el procesamiento tiene un impacto positivo en la rentabilidad de las empresas productoras. Sin embargo, es imprescindible considerar factores externos como la fluctuación del mercado y la disponibilidad de insumos para asegurar la sostenibilidad financiera a largo plazo.

Finalmente, la integración de diseño mecánico avanzado, simulación computacional y análisis económico conforma un enfoque multidisciplinario que potencia el desarrollo de maquinaria agrícola eficiente y accesible. Este enfoque puede ser replicado en otros procesos agrícolas, contribuyendo al desarrollo tecnológico y sostenible de la agricultura en regiones productoras.

## **5. Conclusiones**

El diseño y simulación de una máquina despulpadora de cacao con motor de 2 HP demuestra ser una alternativa técnica y económica viable para optimizar el proceso de extracción de pulpa en pequeños y medianos productores. La aplicación de herramientas de diseño asistido por computadora y simulación estructural garantiza la funcionalidad y durabilidad del equipo, mientras que la selección adecuada de componentes permite un equilibrio eficiente entre potencia y consumo energético. Además, la incorporación de tecnologías complementarias, como la visión artificial, puede mejorar la calidad y trazabilidad del producto final, fortaleciendo la competitividad en mercados exigentes. Sin embargo, para maximizar los beneficios, es fundamental



implementar programas de capacitación técnica y considerar esquemas financieros que faciliten la adopción de esta tecnología. En conjunto, este enfoque multidisciplinario contribuye al desarrollo sostenible y tecnológico del sector cacaotero, promoviendo mejoras en productividad, calidad y condiciones laborales.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Albarracín Macías, M. E., & Moposita Ortega, K. D. (2018). Diseño y simulación de una máquina clasificadora por visión artificial y despulpadora de cacao. Repositorio UTEQ. <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/3784>

Albarracín Macías, M. E., & Moposita Ortega, K. D. (2018). Diseño y simulación de una máquina clasificadora por visión artificial y despulpadora de cacao. Repositorio UTEQ. <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/3784>

Bone Pilataxi, M., & Moran Vera, J. (2023). Diseño y simulación de una máquina despulpadora de cacao con motor 2 HP. *Revista Social Fronteriza*, 3(5), 11–27. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7647265>

Calderón Zamora, O. X. (2023). Aprovechamiento del cacao en productos no tradicionales por las empresas para fomentar el desarrollo económico. *REFCaIE: Revista Electrónica Formación y Calidad Educativa*, 11(3), 27–43. <https://refcale.uleam.edu.ec/index.php/refcale/article/view/3769>

Cisneros, M., Rodríguez, L., & Martínez, P. (2022). Prevalencia y factores asociados al acoso laboral en empresas colombianas: un estudio transversal. *Revista Colombiana de Psicología*, 31(1), 45–60. <https://doi.org/10.15446/rcp.v31n1.87654>

Cisneros, M., Rodríguez, L., & Martínez, P. (2022). Prevalencia y factores asociados al acoso laboral en empresas colombianas: un estudio transversal. *Revista Colombiana de Psicología*, 31(1), 45–60. <https://doi.org/10.15446/rcp.v31n1.87654>

Espinales, A., Mera, C., Taranto, E., & Bustamante, S. (2023). Diseño y simulación de una máquina despulpadora de cacao con motor 2HP. *Revista Social Fronteriza*, 3(5), 11–27. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7647265>

Espinales, A., Mera, C., Taranto, E., & Bustamante, S. (2023). Diseño y simulación de una máquina despulpadora de cacao con motor 2HP.

Revista Social Fronteriza, 3(5), 11–27.  
[https://doi.org/10.59814/resofro.2023.3\(5\)11-27](https://doi.org/10.59814/resofro.2023.3(5)11-27)

García, L., Pérez, R., & Sánchez, F. (2019). Automatización en procesos agrícolas: impacto en la productividad y seguridad laboral. *Revista Ingeniería Agrícola*, 15(2), 45–59.

García, L., Pérez, R., & Sánchez, F. (2019). Automatización en procesos agrícolas: impacto en la productividad y seguridad laboral. *Revista Ingeniería Agrícola*, 15(2), 45–59.

Muñoz, A., & Ramírez, C. (2020). Análisis de factibilidad técnica y económica en el diseño de maquinaria agrícola para pequeños productores. *Revista de Tecnología Rural*, 8(1), 23–38.

Páramo, M. (2020). Metodologías para revisiones sistemáticas en ciencias agrícolas. *Revista de Investigación Agraria*, 15(1), 45–62.

Tesis Universidad Alas Peruanas. (2021). Diseño y fabricación de máquina despulpadora de cacao. Repositorio Institucional. <https://repositorio.uap.edu.pe/jspui/handle/20.500.12990/9060>

Torres, J., & Quevedo Salguero, M. (2019). Aplicación de diseño mecánico en máquinas despulpadoras de cacao. *Ingeniería y Desarrollo*, 37(1), 20–35.

Uman, L. S. (2011). *Research methods for the social sciences* (5th ed.). Pearson.

**Conflicto de Intereses:** Los autores declaran que no tienen conflictos de intereses relacionados con este estudio y que todos los procedimientos seguidos cumplen con los estándares éticos establecidos por la revista. Asimismo, confirman que este trabajo es inédito y no ha sido publicado, ni parcial ni totalmente, en ninguna otra publicación