

Desarrollo de un prototipo desfibrador semiautomático de fique para la obtención de fibra en el municipio del Tambo, Nariño

Mario Andrés Rivera Solarte¹

Daniel Styven Suarez Burbano²

Richard Geovanni Moran Perafán³

Cítese como: Rivera-Solarte, M. A., Suarez-Burbano, D. S. y Moran-Perafán, R. G. (2023). Desarrollo de un prototipo desfibrador semiautomático de fique para la obtención de fibra en el municipio del Tambo, Nariño. En R. G. Moran-Perafán, F. C. Gómez-Meneses, T.M. Piamba-Mamian, F. A. Guasmayán-Guasmayán, A. L. Ibarra-Ordoñez y E. M. Moncayo-Torres (comps.), *Tecnología e Innovación: el camino a la transformación productiva* (pp. 27-42). Editorial UNIMAR. <https://doi.org/10.31948/editorialunimar.173.c261>

Resumen

En este escrito se presentan los resultados obtenidos del desarrollo de un prototipo desfibrador semiautomático de fique para la obtención de fibra en El Tambo, Nariño, debido a que, en la actualidad, la extracción de cabuya se realiza de una forma casi manual, es decir, los operadores introducen las hojas en máquinas rotatorias, que retiran la materia orgánica y separan la fibra. Infortunadamente, el proceso es peligroso y muchos operadores han sufrido lesiones o han perdido sus manos o dedos. Para mitigar este problema, se planteó desarrollar el prototipo anteriormente mencionado, que ofrece mejores las condiciones de seguridad para los operadores. En este sentido, para el desarrollo del prototipo, se utilizó la metodología clásica del diseño mecánico, la cual se puede resumir como definición del problema, investigación, síntesis y análisis. En la fase de síntesis, se desarrolló un prototipo a escala de madera para probar el concepto, se verificó que cumpla con las condiciones de funcionamiento. En el diseño detallado, se usaron herramientas teóricas como diseño de ejes, juntas atornilladas, selección de rodamientos y bandas. Para el diseño de la estructura, se usaron simulaciones con elementos finitos. Los dibujos tridimensionales y planos de fabricación fueron desarrollados en el software Solidwoks 2016, finalmente, para el control del prototipo, se escogió el módulo ESP32.

Palabras clave: fique, cabuya, fibras naturales, diseño mecánico.

Introducción

En Colombia, hay una gran riqueza en los cultivos de fique, por lo que la extracción de las fibras naturales y los estudios de nuevas aplicaciones industriales constituyen un amplio campo para el desarrollo del país. En este sentido, El Tambo, Nariño es uno de los principales productores de fique a nivel nacional, el municipio cuenta con características que benefician el cultivo de agave, como lo es el microclima de la región, el cual brinda condiciones óptimas

¹Correo electrónico: maririvera@umariana.edu.co

²Correo electrónico: dasuarez@umariana.edu.co

³Correo electrónico: rmoran@umariana.edu.co

para la producción agrícola. Por otro lado, las distribuciones de las tierras son entre 2 a 3 hectáreas, por lo que se puede decir que, la economía del sector agropecuario se sustenta, en un alto porcentaje, en los cultivos de fique.

De igual forma, es importante mencionar que las implementaciones de máquinas desfibradoras de fique no han tenido un estudio detallado, debido al insuficiente incentivo para la utilización de fibras naturales y las alternativas para cuidar el medioambiente, por ello, las máquinas que existen en Colombia y en el departamento de Nariño no son aptas para el proceso de desfibrado, ya que provocan un alto índice de accidentabilidad laboral. Por lo tanto, el presente proyecto nace de la necesidad de desarrollar un prototipo desfibrador semiautomático de fique para la obtención de fibra en el municipio de El Tambo, Nariño. Para ello, se debe estudiar los equipos desfibradores disponibles en el mercado nacional y determinar las necesidades, características y especificaciones de equipo a construir, enseguida, se debe plantear diferentes alternativas para que la maquina se adapte y desfibre las diferentes hojas de agave.

En el transcurso de esta investigación se halló información del diseño y construcción del prototipo desfibrador semiautomático de fique, que permite transformar la materia prima de una forma rápida y segura para los operadores.

Fundamentos para el desarrollo del proyecto

El fique (comúnmente conocido como cabuya en Colombia) es una planta de la familia *Agavaceae* y del género *Furcraea*. Esta planta ha sido usada ancestralmente en muchos países del mundo como material para elaborar cuerdas, cordeles, sacos, telas y tapetes. Las fibras de fique son fuertes y biodegradables, y su descomposición no tiene ningún impacto ambiental porque es material orgánico. Actualmente, se presentan como una alternativa sostenible para sustituir productos plásticos como los costales y bolsas sintéticas, las cuales contaminan el medioambiente, por lo general, son utilizadas una vez y desechadas.

No obstante, el fique en Colombia ha dejado de ser importante en varios aspectos, pero todavía es utilizada en labores campesinas colombianas. También facilita un gran servicio al sector cafetero, en la elaboración de costales para el almacenamiento del café. Estos costales son utilizados porque tienen la característica de mantener el café fresco. Asimismo, el fique es usado en el sector artesanal y constituye una fuente de ingresos para muchas familias colombianas, puesto que los artesanos producen una diversidad de elementos decorativos y objetos para el hogar a base de este material.

Así, el departamento de Nariño es considerado uno de los mayores productores de cabuya del país, con once mil toneladas de fibra anuales, según la Corporación de Fiqueros. Los artesanos del municipio de El Tambo realizan el proceso de desfibrado del fique con una máquina rotatoria, la cual alimentan manualmente con motor de gasolina para retirar la materia orgánica y extraer la fibra. Sin embargo, esta actividad constituye un peligro para las personas que operan estos equipos, ya que se han presentado varios accidentes que han ocasionado lesiones y amputaciones de dedos y manos, perdiendo la capacidad de realizar actividades de la vida diaria y ocupacional, además de causar traumas psicológicos, tal como lo manifiesta López y Estrada (2009), “la pérdida de dedos de la mano genera diferentes grados de minusvalía ocupacional según los dedos afectados” (p. 41). Una alternativa para

disminuir los riesgos es rediseñar estos equipos con sistemas de seguridad y alimentación semiautomática.

Por lo tanto, el proyecto se justifica porque pretende mejorar las condiciones laborales de los productores de fibras de fique en el departamento de Nariño, principalmente disminuir los riesgos de accidentes, puesto que, según una encuesta realizada a los fiqueros del departamento, el 30,3 % de 33 trabajadores que manipulan la máquina tiene accidentes en las manos y el 18,1 % presenta complicaciones en los miembros superiores (Instituto Departamental de Salud Nariño y Universidad de Nariño, 2011). Con respecto a los procesos de alimentación manual que actualmente se llevan a cabo, existe un 9,4 % que queda atrapado por la transmisión de fuerzas entre el motor y el cilindro desfibrador. También, se presentó el caso donde 3 personas tuvieron la amputación de alguno de sus miembros superiores.

Por lo anterior, se pretende solucionar esta problemática mediante la fabricación de una máquina que disminuya el riesgo laboral. La implementación de la máquina no afectará de ninguna manera el empleo del campesino, ya que seguirá dependiendo de un operario tanto para introducir la cabuya como para el momento de sacarla.

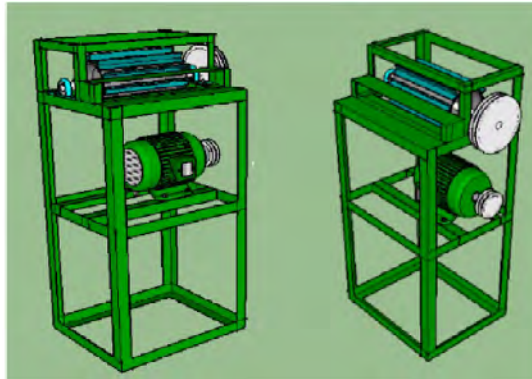
Por otro lado, el desarrollo de este proyecto es muy importante debido a que constituye un aporte tecnológico al sector rural de varios municipios de Nariño y de Colombia, además, mejorará las condiciones de la aplicación de la Ingeniería Mecatrónica al sector agroindustrial e impulsará el desarrollo del campo Nariñense.

Antecedentes

A continuación, se presenta una investigación preliminar sobre máquinas y prototipos relacionados con el proyecto, con el fin de identificar sistemas y especificaciones.

Fabricación y prueba del descortezador de fibra de abacá

El proyecto fue realizado por Villanueva (2018), el objetivo del autor fue desarrollar una máquina que extrajera fibra de abacá en Filipinas. La máquina fue diseñada con un rodillo de tambor al cual estaban adheridas unas barras angulares de 2 pies de largo. Las barras fueron distribuidas alrededor del cilindro y fueron sujetas con pernos roscados. También, contó con un motor eléctrico de 1.5 hp, con una velocidad de 1.740 rpm, suficiente para mover el cilindro por medio de un sistema de transmisión por polea y ejes giratorios. Las poleas tuvieron una relación de velocidad de 5:7 (poleas 5" y 7" de diámetro) y utilizó un eje de una pulgada de diámetro donde se fijaba el rodillo. El marco estructural fue resistente para evitar las vibraciones que generaba el motor. En las pruebas de funcionamiento de la máquina, el autor se dio cuenta que el mejor resultado fue cuando ajustaron el largo de las hojas de abacá a 1.5 metros de largo. Este proyecto arrojó como resultado 10 kilos de fibra al día.

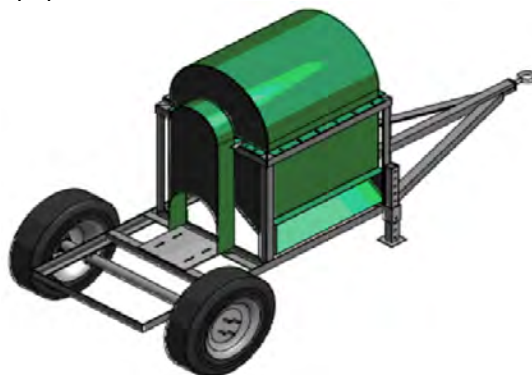
Figura 1*Descortezador de abacá eléctrico*

Fuente: Villanueva (2018).

Desarrollo de un decorticator de agave para pequeños agricultores

Este proyecto fue desarrollado por Matiru et al. (2011), en la universidad de Nairobi Kenia, con el objetivo de perfeccionar los diseños de decorticadores a pequeña escala. El proyecto contó con un cilindro compuesto de un tubo de acero dulce, con un diámetro externo de 457.2 mm, una longitud de 655 mm y un espesor de 5 mm. También, tuvo cuchillas con los bordes de ataque redondos, con el fin de no cortar las hojas. Las cuchillas fueron montadas alrededor del cilindro y aseguradas con soldadura.

Además, el eje del tambor tenía un diámetro de 35 mm y 975 mm de longitud de acero de bajo carbono. Los bujes fueron hechos de hierro fundido de diámetro externo 70 mm y un diámetro interno de 35 mm y con una longitud de 70 mm. El dispositivo contó con un motor de combustión interna de 5.5 hp, con una velocidad de 2.400 rpm. Los autores eligieron una transmisión por correas, ya que encontraron que el sistema por cadena tenía inconvenientes. La polea impulsora fue de 56.25 mm de diámetro, mientras que el de la polea impulsada fue de 135 mm, con una relación de trasmisión de 10:24. Asimismo, seleccionaron una correa de 173 pulgadas de longitud tipo trapezoidal.

Figura 2*Modelo de decorticator equipado con ruedas*

Fuente: Matiru et al. (2011).

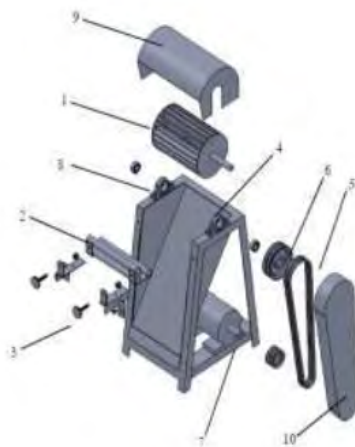
Diseño y construcción de una máquina extractora de fibra multipropósito

Este proyecto fue desarrollado por Lanjewar y Awate (2017), con el objetivo de diseñar y desarrollar una máquina de extracción de fibra multipropósito que pueda extraer cualquier clase de fibra. La máquina tuvo solo un rodillo que rueda sobre un soporte fijo, un motor de 1 hp, que proporcionó la potencia a los rodillos mediante una banda. Para triturar los tallos de la planta, en la entrada, la máquina tiene dos rodillos listos para suavizar los tallos de las hojas. Los tallos preferiblemente deben ser ingresados con una longitud de 100 a 2000 cm de largo.

En este proyecto, el rodillo fue la pieza más importante, ya que aplica fuerzas de apriete necesaria para separar el material pulposo y los pigmentos, de esta manera, deja solo la fibra. Al final del proyecto, se dieron cuenta que la calidad de la fibra no era buena, ya que el rodillo no era suficiente para separar los pigmentos de la fibra.

Figura 3

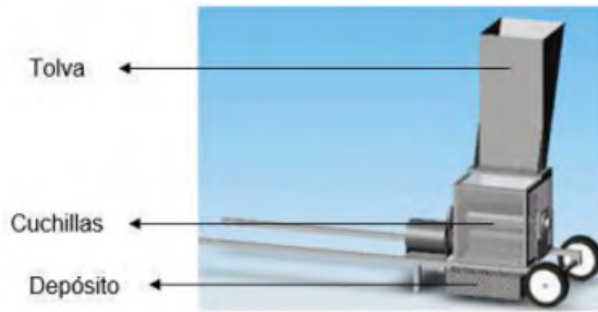
Modelado 3D máquina extractora



Fuente: Lanjewar y Awate (2017).

Equipo descortezador con tolva vertical

Este prototipo desfibrador de agave fue propuesto por el Departamento de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad de Nairobi, Kenia. Este diseño es muy interesante, ya que la mayoría de máquinas diseñadas no contienen una tolva vertical (Snyder et al., 2006). El diseño contó con un motor eléctrico de 1 hp con una velocidad de 1700 rpm, suficiente para mover el eje donde estaban ubicadas 6 cuchillas desfibradoras. Las cuchillas tuvieron una longitud de 30.5 cm. Para su funcionamiento, fue necesario activar el prototipo e introducir las hojas de forma lenta a través de la tolva. Una vez las cuchillas raspaban las hojas y el proceso estaba terminado, la fibra o el producto se colocaba en el depósito. El rendimiento de este prototipo fue de 140 kg de fibra por día.

Figura 4*Descortezadora con tolva vertical*

Fuente: Snyder et al. (2006).

Máquina descortezadora Cardoma

El diseño de la descortezadora Cardoma (Mayorga, 2004) cambia el método de desfibrado convencional, ya que el raspado de las hojas se realiza por medio de clavos periféricos ubicados en el tambor (ver Figura 5), tiene un motor eléctrico de 4 hp, con una velocidad de 1.720 rpm, una transmisión por medio de bandas encargada del giro del tambor, con un diámetro de 220 mm. La estructura de la máquina es de forma rectangular, con 1.210 mm de alto, 550 mm de ancho y 500 mm de largo. En cuanto a la introducción de la materia prima se realiza a través de una abertura pequeña.

Figura 5*Descortezadora tipo Cardona*

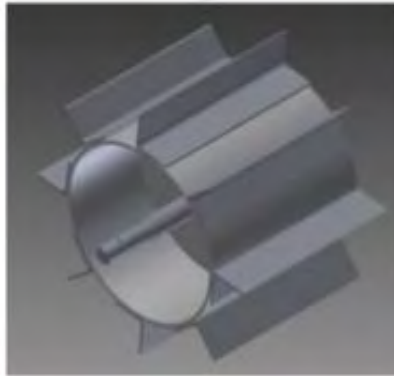
Fuente: Mayorga (2004).

Descortezadora tipo Searby

Se caracteriza por poseer cuchillas o paletas alrededor del rodillo (ver Figura 6). Las ventajas que tiene este sistema son las siguientes: presenta un buen desbridado, lo cual deja una fibra de buena calidad; no es difícil de fabricar y su mantenimiento no trae complicaciones.

Figura 6

Cilindro descortezador tipo Searby



Fuente: Espín y Tello (2015).

Diseño del prototipo

A continuación, se realiza una descripción metodológica, empleada para el desarrollo del prototipo de investigación, en la que se define las siguientes etapas: especificaciones de desempeño, soluciones del problema de estudio, bocetos y descripción del prototipo, definición final de sistemas y, finalmente, cálculos.

Especificaciones de desempeño

En esta fase, se identificó las funciones del prototipo y con base en ello se definió las especificaciones de desempeño, que son los requisitos mínimos que se espera cumplir con el prototipo.

- El prototipo construido debe costar menos de COP \$5'000.000.
- El prototipo debe de desfibrar hojas de agave hasta 1.5 metros de largo y de 3 cm máximo de espesor.
- La vida útil del prototipo debe durar mínimo 2 años.
- El prototipo tendrá una capacidad de desfibrado de 2 kilos de fibra por hora.
- El prototipo debe tener un sistema de alimentación segura de agave que no comprometa la integridad del operador

Soluciones al problema de estudio

Para definir la solución de diseño del proyecto, se realizó combinaciones con algunas especificaciones importantes (ver Tabla 1). Al realizar la investigación preliminar, se determinó que existen dos clases de motores que pueden ser implementados en el prototipo, a saber: motor de combustión interna y motor eléctrico AC. Por otro lado, se obtuvo que, para la transmisión de potencia, existen bandas y poleas, cadenas y engranajes.

Los cilindros encargados de desfibrar las hojas de agave son los siguientes: descortezadora tipo Maxwell, descortezadora tipo Searby, descortezadora de dos discos. Para la introducción de la materia prima, se realizó por medio de un sistema de rodillos; finalmente, la extracción de la materia prima se realizó de forma manual.

Tabla 1

Combinaciones de diseño

Diseño	Tipo de motor	Transmisión de potencia	Cilindro desfibrador	Introducción materia prima	Extracción de materia prima
Diseño 1	Motor de combustión	Bandas y poleas	Maxwell	Rodillos	Manual
Diseño 2	Motor de combustión	Bandas y poleas	Searby	Rodillos	Manual
Diseño 3	Motor de combustión	Bandas y poleas	Searby	Rodillos	Manual
Diseño 4	Motor de combustión	Cadenas y engranajes	Maxwell	Rodillos	Manual
Diseño 5	Motor de combustión	Cadenas y engranajes	Searby	Rodillos	Manual
Diseño 6	Motor de combustión	Cadenas y engranajes	Discos	Rodillos	Manual
Diseño 7	Motor eléctrico	Bandas y poleas	Maxwell	Rodillos	Manual
Diseño 8	Motor eléctrico	Bandas y poleas	Searby	Rodillos	Manual
Diseño 9	Motor eléctrico	Bandas y poleas	Discos	Rodillos	Manual
Diseño 10	Motor eléctrico	Cadenas y engranajes	Maxwell	Rodillos	Manual
Diseño 11	Motor eléctrico	Cadenas y engranajes	Searby	Rodillos	Manual
Diseño 12	Motor eléctrico	Cadenas y engranajes	Discos	Rodillos	Manual

Después de obtener los diseños, se pasó a evaluar cuál diseño es el más óptimo para el desarrollo del prototipo, teniendo en cuenta los siguientes criterios: costos, fiabilidad o calidad de desfibrado y consumo.

Tabla 2

Costos individuales de cada elemento

Componentes	Precio
Motor de combustión	1.100.000,00
Motor eléctrico Ac	800.000,00
Bandas y poleas	300.000,00
Cadenas y engranajes	350.000,00
Maxwell	700.000,00
Searby	500.000,00
Discos	650.000,00
Rodillos	180.000,00

Tabla 3

Evaluación calidad de desfibrado

Cilindros	Calificación 1-5
Maxwell	3,5
Searby	5
Discos	4,5

Tabla 4

Valoración consumo semanal

Motor	Consumo \$ COP
Motor de combustión	150.000,00
Motor eléctrico Ac	50.000,00

Posteriormente, se realizará una evaluación para cada diseño, teniendo en cuenta los criterios anteriormente mencionados.

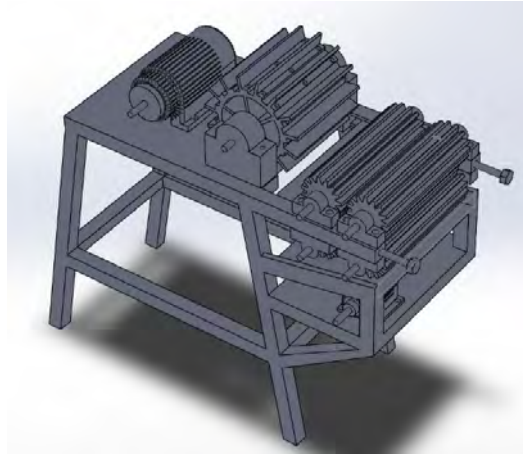
Tabla 5*Evaluación final de diseños*

	Fiabilidad (30%)	Costo (40%)	Consumo(30%)	Calificación final
Diseño 1	0,35	0,31	0,03	0,70
Diseño 2	0,5	0,34	0,03	0,88
Diseño 3	0,45	0,32	0,03	0,80
Diseño 4	0,35	0,31	0,03	0,69
Diseño 5	0,5	0,33	0,03	0,87
Diseño 6	0,45	0,31	0,03	0,80
Diseño 7	0,35	0,36	0,10	0,81
Diseño 8	0,5	0,40	0,10	1,00
Diseño 9	0,45	0,37	0,10	0,92
Diseño 10	0,35	0,35	0,10	0,80
Diseño 11	0,5	0,39	0,10	0,99
Diseño 12	0,45	0,36	0,10	0,91

Como se puede observar en la Tabla 5, el diseño 8 es el que tiene mayor porcentaje, gracias a esto se llegó a la conclusión que este diseño es el más adecuado para la realización del prototipo.

Bocetos y descripción del prototipo

El boceto del prototipo que se presenta en la Figura 7 evidencia los cuatro sistemas, el primero, el sistema para transmitir potencia desde un motor eléctrico a las poleas que mueven el cilindro desfibrador. El segundo, el sistema formado por el cilindro desfibrador que está soportado por dos chumaceras y que es movido por la polea impulsada por el motor. El tercero, el sistema que comprende dos rodillos para la alimentación de la hoja de agave, sin intervención manual que comprometa la integridad del personal. El cuarto, el sistema que comprende los elementos que forman parte de la estructura y soportes.

Figura 7*Boceto del prototipo desfibrador***Arquitectura mecánica**

Para la realización de cálculos, se tuvo en cuenta el libro de Budynas; de igual manera, las tablas para selección de poleas, bandas, cálculos de eje y rodamientos.

En primer lugar, se definió la capacidad del motor eléctrico, para ello, se concretó un motor de 5 caballos de potencia, con una velocidad de 1.800 rpm, lo cual brinda un torque de 19.78 Nm.

De acuerdo con las investigaciones, se evidenció que la velocidad del cilindro desfibrador debe ser de 1.250 rpm, ya que con esa velocidad se puede realizar de manera eficiente el desfibrado de la hoja de agave.

Como el cilindro rotatorio se lo definió a una velocidad de 1.250 rpm y el motor escogido gira a 1.800 rpm, se redujo la velocidad. Una vez encontrada la relación, se pasó a definir las poleas. Se encontró un par de poleas comerciales que se aproximan a la relación, siendo la polea del motor de 7 inch y la polea del cilindro 10.2 inch.

Para las bandas, se propuso usar una transmisión de banda en V de sección tipo B, ya que es suficiente y con la combinación de ellas se puede manejar potencias entre 1 a 25 hp. Por lo tanto, la referencia de la banda es B53

Después, se pasó a realizar el análisis del eje por rigidez para obtener la deformación total, de esta manera, fue necesario realizar la simulación en el software de elementos finitos ANSYS, donde se consideró los siguientes datos:

- Material: acero 1020
- Módulo de Young o E 200000 Mpa
- Coeficiente de Poisson: 0.3
- Límite elástico del material o Sy: 280 MPA
- Esfuerzo último a la tensión o Sut: 350 MPA

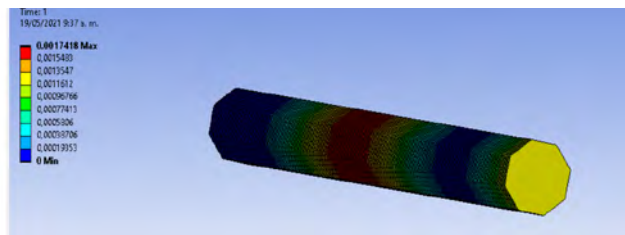
- Alargamiento a la rotura: 15
- Módulo tangente o Et: 471.06 Mpa

También, fue necesario conocer todas las fuerzas y reacciones que se lograron obtener gracias al estudio de tensiones en las bandas.

- Reacción chumacera By: 164.93 N
- Reacción chumacera Dy: 180.65 N
- Reacción chumacera Bz: 67.34 N
- Reacción chumacera Dz: -505.06 N
- Fuerza neta Cy: -320.96 N
- Fuerza polea: Ez= 437.72 N

Figura 8

Análisis del eje por rigidez

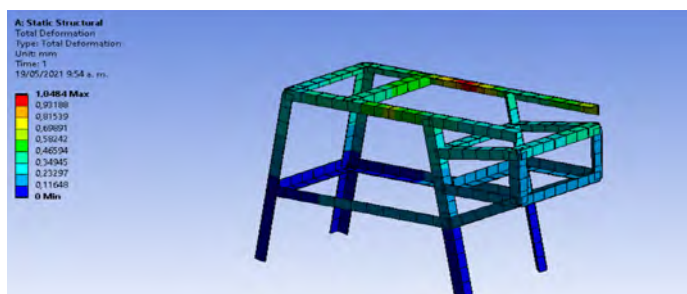


En el análisis de eje, se obtuvo que este se deforma 0.0017 mm, lo cual es favorable para el proyecto. Después, se procedió a realizar el análisis de la estructura del prototipo, para ello, se consideró las especificaciones y datos anteriormente indicados: Módulo de Young o E 200000 Mpa, Coeficiente de Poisson: 0.3, Modulo tangente o Et: 471.06 Mpa. Por otro lado, las fuerzas fueron las siguientes:

- Reacción chumacera By: 164.93 N
- Reacción chumacera Dy: 180.65 N
- Reacción chumacera Bz: 67.34 N
- Reacción chumacera Dz: -505.06 N
- Peso motor eléctrico y: -294 N(30kg)

Figura 9

Deflexión máxima en la estructura



Después de hacer la simulación, se obtuvo un factor de seguridad de 8.5. Para la estructura, se consiguió una deflexión máxima de 1 mm, con unos perfiles en ángulo de 50 X 50 mm, con un espesor de 2.5 mm.

Arquitectura electrónica

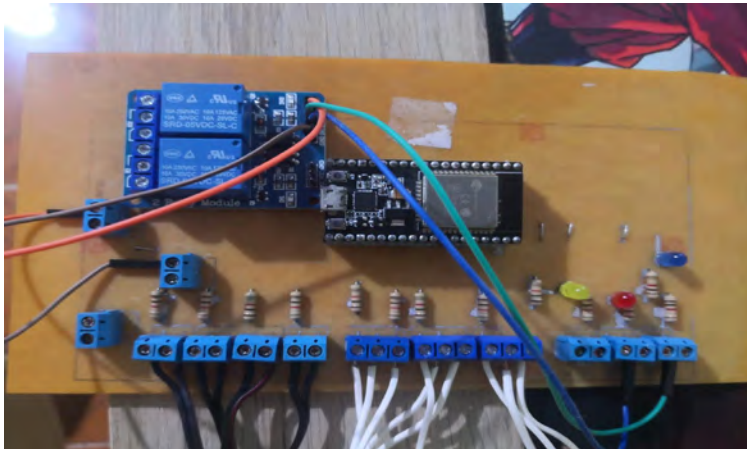
El circuito desarrollado tiene la implementación de tres finales de carrera, que sirven como sensores para garantizar la seguridad del operario; también se incluyen los pulsadores de inicio y encendido de los motores implementados, con interruptores de dos estados (estado ON y OFF). Además, se implementó un botón de paro de emergencia para apagar todo el sistema eléctrico del prototipo. Para el control, se implementó un módulo ESP32.

Figura 10

Lógica de programación



Para realizar el esquemático, primero, se hizo una prueba en protoboard, con el fin de garantizar el funcionamiento del circuito. Los PCB se construyeron en el programa Eagle, primero, se construyó el esquemático, donde se hizo la conexión de los pines de control de la placa ESP32 a los componentes que forman parte del circuito.

Figura 11*Circuito de control***Construcción del prototipo**

Una vez se haya finalizado las operaciones necesarias para un correcto acople de los elementos, se procede al montaje, el cual se hace de forma secuencial para lograr un óptimo ensamble de los diferentes elementos y garantizar su correcto funcionamiento, por ello, es necesario tener en cuenta los planos de fabricación.

Resultados

La máquina cuenta con cinco sistemas: el sistema eléctrico de control, que está conformado por 5 interruptores y tres finales de carrera para dar arranque y paro a los motores; el sistema de potencia, que incluye dos motores y sus bandas para dar movimiento al cilindro rotatorio y a los cilindros de alimentación; el sistema de desfibrado, donde se estima la calibración del pechero y el movimiento del cilindro rotatorio para el desfibrado de la hoja; sistema de alimentación, aquí se encuentran los 4 rodillos donde se introducirá la hoja de agavácea; sistema de soporte, que contiene la estructura y la localización de cada elemento que conforma la máquina.

La primera prueba realizada fue el sistema de control, donde se verificó que los interruptores encendieran y apagaran los motores. Posteriormente, se comprobó la activación y desactivación de los finales de carrera, finalmente, se colocó a funcionar los motores y se verificó que el paro de emergencia funcionara.

Después, se ensayó el sistema de potencia, donde se observó que las bandas y las poleas instaladas tanto en el motor de desfibrado como en el motor de alimentación funcionaban correctamente, ya que se dejó la máquina encendida por un tiempo de 15 minutos, antes de proceder a realizar la primera prueba con la hoja de agave.

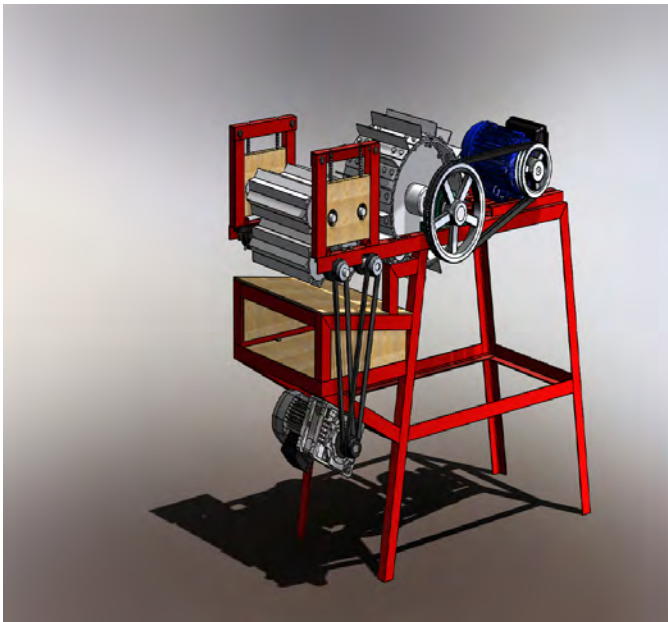
Finalmente, se verificó el sistema de desfibrado, para ello, primero, se calibró la distancia entre el pechero y la cuchilla desfibradora del cilindro, para que estuviera a una distancia de 2 mm, luego, se prendió la máquina y se introdujo varias hojas de agave. Lo anterior evidenció que el desfibrado es óptimo y de muy buena calidad.

Figura 12

Hoja de agave desfibrada

**Figura 13**

Prototipo final desfibradora de fique



Para finalizar, se evidenció que el operario no ejerce ninguna fuerza para realizar el proceso de desfibrado, ya que el mecanismo de alimentación se encarga de este proceso, por la tanto, la seguridad e integridad del operario está garantizada en este prototipo.

Referencias

- Espín, L. y Tello, J. (2015). *Diseño y construcción de una desfibradora de hojas y pseudotallos para obtener material lignocelulósico a utilizar como refuerzo de polímeros* [Tesis de pregrado, Escuela Politécnica Nacional]. Bibdigital. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/9221>
- Instituto Departamental de Salud de Nariño y Universidad de Nariño. (2011). Caracterización de las condiciones de salud y laborales de trabajadores del sector informal del departamento de Nariño. http://idsn.gov.co/site/images/publicaciones/riesgos_laborales/NARI%C3%91O/INFORME%20FINAL%20CARACTERIZACION%20NARI%C3%91O.pdf
- Lanjewar, P., & Awate, N. (2017). Review paper on design and modeling of multipurpose fiber extracting machine. *International Journal of Engineering Sciences & Research Technology*, 6(4), 328-334. <https://doi.org/10.5281/zenodo.556240>
- López, L. y Estrada, R. (2009). Repercusión ocupacional de las amputaciones traumáticas en dedos de la mano por accidente de trabajo. *Medicina y Seguridad del Trabajo*, 55(217), 41-48. <https://scielo.isciii.es/pdf/mesetra/v55n217/original4.pdf>
- Matiru, K., Osore, A., & Kamande, J. (2011). *Development of a sisal decorticator for small holder* [Tesis de pregrado, University of Nairobi]. Archivo digital. <https://mechanical.uonbi.ac.ke/sites/default/files/cae/engineering/mechanical/DEVELOPMENT%20OF%20A%20SISAL%20DECORTICATOR%20FOR%20SMALL%20HOLDER%20FARMERS-TRADERS.pdf>
- Mayorga, E. (2004). *Evaluación funcional y modificaciones a una maquina desfibradora de lechuguilla (Agave lecheguilla Tott.)* [Tesis de maestría, Colegio de Postgraduados]. DSpace JSPUI. <http://hdl.handle.net/10521/1845>
- Snyder, B., Bussard, J., Dolak, J., & Weiser, T. (2006). A Portable Sisal Decorticator for Kenyan Farmers. *International Journal for Service Learning in Engineering*, 2(1), 92-116. <https://doi.org/10.24908/ijlsle.v1i2.2087>
- Villanueva, J. (2018). Fabrication and Testing of Abaca Fiber Decorticator [Memoria]. *Proceedings of International Conference on Technological and Social Innovation*. http://www.e-jikei.org/Conf/ICTSI2018/proceedings/materials/proc_files/GS_papers/GS_A003/CameraReadyICTSI2018_GS_A003.pdf