

DESIGN OF A CONVEYOR SYSTEM OF TUNAS TO SUPPLY A CLEANING SYSTEM

Velásquez-Carvajal, Rodrigo¹; Merizalde-Salas, Alex¹;
Caminos-Vargas, Javier²; Orozco- Cazco, Cristina

Recibido: 11/07/2021 · Aceptado: 20/08/2021

RESUMEN

En la comunidad de Chingazo Alto se presentó la necesidad de transportar 2000 tunas por cada hora, con esta investigación se busca diseñar un sistema de transportación de rodillos que sirve para abastecer al sistema de limpieza de la máquina desespina. La investigación usa la metodología de diseño y desarrollo concurrente de producto, en el diseño conceptual se estable las especificaciones iniciales requeridas, parámetros de funcionamiento del sistema de transportación y las alternativas de diseño en función al producto cosechado (tunas) para la elaboración del sistema. Una consideración fue la de evitar el daño de la superficie y el desprendimiento inadecuado de las espinas para evitar la descomposición prematura de la tuna. Como resultado se obtuvo una velocidad lineal de 0.8 m/s y un motor de 3/4Hp para satisfacer al sistema de transportación. En base al transporte del producto la distancia entre centros de los rodillos fue de 24,5 mm, con este valor se evita que las tunas previamente seleccionadas se filtren entre los espacios de los rodillos, ya que debido al muestreo obtenido el mínimo diámetro de las tunas producidas en la comunidad es de 32mm, en las pruebas se estimó una inclinación de 15° para el sistema de transportación con lo que se evitó el daño de las tunas desde la cuba de alimentación hacia el sistema de limpieza evitando el desprendimiento inadecuado de las espinas, se logró el objetivo de transportar las tunas además de que el producto llegó sin daños o laceraciones hacia la cámara desespina.

Palabras clave: Tunas, Rodillos, Transportación, Sistema, Cosecha.

ABSTRACT

In the community of Chingazo Alto there was a need to transport 2000 prickly pears per hour. This research seeks to design a roller conveyor system that serves to supply the cleaning system of the de-spinning machine. The research uses the concurrent product design and development methodology. The conceptual design establishes the initial specifications required, the operating parameters of the conveying system and the design alternatives based on the harvested product (prickly pears) for the development of the system. One consideration was to avoid damage to the surface and the inadequate detachment of the thorns to prevent premature decomposition of the prickles. As a result, a linear speed of 0.8 m/s and a 3/4Hp motor were obtained to satisfy the transportation system. Based on the transport of the product, the distance between the centers of the rollers was 24.5 mm, with this value it is avoided that the prickles previously selected are filtered between the spaces of the rollers, since due to the sampling obtained the minimum diameter of the prickles produced in the community is 32mm, In the tests, an inclination of 15° was estimated for the transportation system, thus avoiding damage to the prickles from the feeding tank to the cleaning system and preventing the inadequate detachment of the spines.

Keywords: Tunas, rollers, transportation, system, harvest

¹ Instituto Superior Tecnológico Carlos Cisneros
alex.merizalde@istcarloscisneros.edu.ec

1. INTRODUCCIÓN

La industria en los países desarrollados y más aún en países en vías de desarrollo en su afán por mejorar los procesos han identificado que parte de su desarrollo se ha logrado por la tecnificación de los procesos productivos y en Ecuador el 19% del territorio nacional es de uso Agropecuario (ESPAC, 2016) y el manejo, cultivo y producción se lo realiza en su mayoría de forma manual.

La provincia de Chimborazo pertenece a las provincias de menor superficie de labor agrícola dentro del Ecuador con una superficie de 239 mil hectáreas y su porcentaje de aporte a nivel nacional es de 5,78% de uso agrícola y 9.85% de uso agropecuario mixto (de Castro Pardo et al., 2020), de este porcentaje de territorio su mayoría es terreno árido y semiáridos que favorece a la producción de manera natural como la tuna (M. E. F. Torres, 2017).

La *Opuntia ficus-indica* conocida coloquialmente como tuna es una fruta “nativa de América y propia de las regiones áridas y semiáridas del mundo y se reconocen alrededor de 23 variedades de tunas comestibles, agrupando a las tunas blancas, purpuras, rojas, anaranjadas y amarillas” (Martínez et al., 2010)

“En Ecuador se cultiva cuatro variedades de tuna: la tuna amarilla sin espina, la amarilla con espina, la blanca y la silvestre, principalmente” (Ministerio, s.f.) y al ser un fruto de zonas áridas y semiáridas se “adapta a crecer en zonas desérticas con poca agua” (Franck, 2010) lo que ha permitido que en varias zonas de la provincia de Chimborazo como Chingazo Alto este fruto se presente de forma natural y a su vez la comunidad la cultiva para aumentar su producción y venderla a nivel provincial, actualmente este fruto se vende “25 dólares las cajas de 50 libras de tunas gruesas y 10 dólares las de rechazo” (Ministerio, s.f.)

En la comunidad Chingazo Alto la variedad de tuna que se cultiva y cosecha es la blanca figura 1 y representa un parte de la actividad económica de este sector, la recolección transporte y limpieza de las tunas se realiza de forma manual lo que trae ciertos inconvenientes a los trabajadores por las espinas al momento de manipular la tuna (Altamiran & Pilco, 2017).

Por este motivo se necesita en la comunidad una desespinadora que limpie 2000 tunas por hora y en esta investigación se abordará el análisis del sistema transportador para abastecer a la desespinadora.

El problema principal del sistema transportador es evitar que durante el transporte de las tunas hacia la desespinadoras estas sufran golpes que puedan dañar su integridad, “las tunas son frutas altamente perecederas debido principalmente a daños físicos en la epidermis y en la zona peduncular durante la cosecha y postcosecha” (Corrales García et al., 2005).

El objetivo es determinar los parámetros constructivos del sistema de transportación de tunas para evitar golpes o laceraciones en la tuna, además lograr abastecer a la desespinadora con 2000 tunas por cada hora por lo que se buscará el sistema que mejor se acople a las necesidades de la comunidad para lo que se considerarán características como: “la distancia a cubrir, adaptación al terreno, tipo de material a transportar” (Hernandez & Marin, n.d.), además de “el tipo de mantenimiento, la marcha suave y silenciosa, posibilidad de efectuar la descarga en cualquier punto de su trazado” (Semrad et al., 2020)



Figura 1. Sembrío de Tunas en la comunidad de Chingazo Alto

Las espinas son una importante característica que nos permite conocer la madurez de la tuna, “los frutos cuando no son maduros tienen espinas de 0.3mm y cuando alcanzan la madurez disminuyen en un 40%” (Cuacés & Villarreal, 2013), este dato es importante para la selección de la banda transportadora evitando así que las tunas queden atoradas en la banda o durante el transporte se eliminen las espinas de forma inadecuada provocando un proceso de envejecimiento prematuro.

“Un transportador es una máquina que se utiliza para trasladar un objeto de un lugar a otro” (Lopez, 2016) y se clasifican:

- Transportador horizontal.
- Transportador vertical.
- Transportador inclinado.

Para poder desarrollar o diseñar un producto existen modelos como: “Modelo de ciclo básico de diseño que incluye las actividades básicas que se dan en todas las etapas o fases del proceso de diseño” (Molina & Riba, 2006), “Modelos de etapas son tanto para el diseño (clásicos) como para el diseño mismo y otras etapas de desarrollo (modelos actuales)” (Molina & Riba, 2006).

La velocidad lineal de la correa se calcula con la ecuación (1), con este dato ingresamos a tablas para obtener la potencia teórica transmitida. “La ecuación está en función del diámetro primitivo de alguna de las dos poleas y de la velocidad de la polea elegida para el respectivo cálculo”(Gomez & Gonzalo, 2016).

$$v_{lc} = \frac{d_p \cdot \Pi \cdot N_1}{60\,000} \quad (1)$$

“La velocidad de la polea conductora se calcula con la ecuación (2) y está definida en función del diámetro primitivo”(Gomez & Gonzalo, 2016) (Budynas & Nisbeth, 2008)

$$N_1 = \frac{D_p \cdot N_2}{d_p} \quad (2)$$

Donde:

- N_1 = Velocidad de la polea pequeña.
- D_p = Diámetro primitivo de la polea grande.
- N_2 = Velocidad de la polea grande.
- d_p = Diámetro primitivo de la polea menor

Para el cálculo de la potencia del motor se recomienda “que la unidad motora no funcione cerca de la carga de trabajo al 100% ya que se debe tener en cuenta la eficiencia de engranes y motor” por lo que utilizaremos la ecuación (3)(Gomez & Gonzalo, 2016) (Mott, 2006)

$$P_M = F's \cdot b_o \frac{v}{60} \quad (3)$$

Donde:

- P_M = Potencia motor.
- $F's$ = Fuerza de tensión ajustada.
- b_o = Ancho de banda.
- v = Velocidad de la banda

2. MATERIALES Y MÉTODOS

“La ingeniería concurrente, la cual es la filosofía orientada a integrar sistemáticamente y en forma simultánea el diseño de productos y procesos, es la guía en cada una de las fases en el diseño, como lo son el diseño conceptual y funcional”(Profile, 2009).

“Nueva forma de concebir la ingeniería de diseño y desarrollo de productos y servicios de forma global e integrada donde concurren las siguientes perspectivas: 1. Desde el punto de vista del producto, se toman en consideración tanto la gama que se fabrica como los requerimientos de las distintas etapas del ciclo de vida y los costes o recursos asociados 2. Desde el punto de vista de los recursos humanos, 3. Y, desde el punto de vista de los recursos materiales, concurren nuevas herramientas basadas en tecnologías de la información y la comunicación sobre una base de datos y de conocimientos cada vez más integrada.(Riba Romeva, 2002)

“Para designar este nuevo concepto, además del término ingeniería concurrente, en la literatura especializada aparecen otras denominaciones como ingeniería simultánea, diseño total o diseño integrado”(Riba Romeva, 2002) con orientaciones encaminadas en Ingeniería concurrente orientada la producto e ingeniería concurrente orientada al entorno.

Con lo mencionada se establece las necesidades que se están presentado en la comunidad de Chingazo Alto, perteneciente al cantón Guano de la provincia de Chimborazo en donde se cultiva y obtiene de manera natural la tuna blanca, esta fruta es la que se quiere transportar hacia la desespinaadora para su limpieza y posterior empaquetamiento.

Con visitas y entrevistas realizadas a las personas de la comunidad se determinó que la producción diaria se estimaba en 400 tunas, al final de la semana cerca 2500 tunas en un proceso netamente manual lo que al final del mes representaba en pérdidas por los costos de producción, limpieza y cosecha. La producción para ser rentable establecía una cantidad de 10000 tunas al día, con esta información y en función a observaciones, entrevistas realizadas, volúmenes de cosecha y horas de trabajo de los comuneros que el sistema transportador debe abastecer de 2000 tunas/hora al sistema de limpieza, considerando también que, la fruta no debe ser maltratada durante el proceso de transporte, la banda transportadora no sea demasiado grande y su mantenimiento sea sencillo.

Para empezar con el diseño en la tabla 1 “se muestra un bosquejo de solo dos de los conceptos de la máquina en un formato diseñado por el DR. Charles Riba” (Molina & Riba, 2006) que nos permitió establecer de mejor manera el procedimiento a seguir para obtener el sistema de transportación acorde a la necesidad

Tabla 1. Especificaciones para el diseño C: Cliente; I: Ingeniero; R: Requerido; D: Deseado

ESPECIFICACIONES INICIALES			
CONCEPTO	C/R	R/D	DESCRIPCIÓN
FUNCIÓN	I	R	Facilidad de transportar el equipo, no estar emplazado en un solo lugar y no maltrate el producto
	I	D	No ser demasiado pesado, no sobre pasar las revoluciones necesarias para el transporte del producto y abastecer al sistema de limpieza del producto
OPERACIONES NECESARIAS	I	R	Transportar 2000 tunas por cada
	I	R	No dañar al producto durante el proceso de transporte
	I	D	Seleccionar posición de la banda transportadora, su velocidad lineal y abastecer al sistema de limpieza del producto de forma adecuada
PRECISIÓN	I	R	La primera inspección se realiza después de que las tunas pasen por el sistema de limpieza

“Ya establecidas las especificaciones iniciales y apoyándose en la metodología de diseño de Palh y Beitz se pasa a definir la estructura funcional del producto para cumplir con las especificaciones dadas” (Vermaas, 2017). En la figura dos se sistematizó las funciones generales del diseño para enfocarnos de mejor manera en la solución de la necesidad presentada en la comunidad.

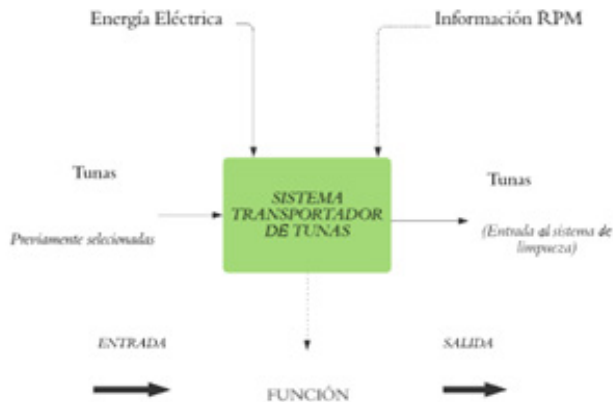


Figura 2. Se muestra el funcionamiento general del sistema transportador de tunas

A partir de esta necesidad se dan las especificaciones requeridas y deseadas por los comuneros (E. Torres et al., 2014), por lo que tomando en cuenta las características solicitadas por la comunidad durante la etapa de recolección de la tuna se procedió a tomar una muestra para estimar algunas características como el tamaño, espinas y peso que tienen estas frutas al momento de cosechar, estas características permitirán hacer ciertas consideraciones al momento de diseñar el sistema transportador.

Considerando que “El tamaño de la tuna depende ampliamente del cultivo, número de semillas, carga frutal, manejo del huerto” (Celi Soto & Alcívar Hidrovo, 2018) en relación con el peso, se procederá a tomar valores de estas características para determinar rangos para considerar a la tuna en rangos de pequeña, mediana o grande figura 3.



Figura 3. Muestra tomada durante la cosecha de las tunas para determinar sus rangos de tamaño

El peso de fruto se determinó a través de una balanza mecánica y una balanza electrónica en donde los resultados se obtuvieron en gramos.

Para determinar la forma del fruto se utilizará una fórmula mencionada en (Celi Soto & Alcívar Hidrovo, 2018) que indica que:

$$\text{Relación longitud / diámetro} = \text{longitud} \quad (4)$$

Para realizar el dimensionamiento y separación de los rodillos del sistema de transportación se utilizará la ecuación (5):

$$d1 = d_{\min} + d_r - 5\text{mm} \quad (5)$$

Donde:

- d1 = Distancia entre centros de rodillos.
- d_{min} = Diámetro mínimo del fruto.
- d_r = Diámetro del rodillo

Para determinar los valores del diámetro de la tuna y su longitud se utilizó un calibrador. Obtenidos el peso y la longitud de las tunas se determinó un rango de tamaños que varía entre pequeño, mediano y grande de una muestra de 400 tunas.

El método utilizado para la obtención del sistema transportador es el de ciclo básico de diseño (Molina & Riba, 2006) en la que se aplica de forma iterativa la resolución de problemas orientado a la solución del diseño.

Para los rodillos de la banda transportadora se realizaron ensayos de prueba y error para determinar el diámetro de los rodillos y la distancia entre ellos, esto se lo realizó por medio de modelos fabricados en madera colocando tunas grandes, medianas y pequeñas.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El primer resultado que se obtuvo durante la investigación es la relación entre el tamaño y el diámetro de una muestra de 60 tunas que se cosecharon en el sector y se muestra en la figura 4. En tunas grandes se obtuvieron valores máximos de 57mm de diámetro, altura máxima de 100mm y una base o inicio de fruto en la mata de 37 mm.

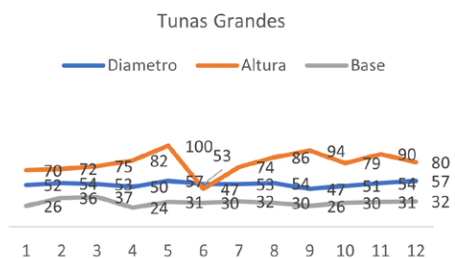


Figura 4. Relación entre el diámetro, la altura y el ancho de una tuna del tipo grande.

En la figura 5. En tunas medianas se obtuvieron valores máximos de 49mm de diámetro, altura máxima de 94mm y una base o inicio de fruto en la mata de 27 mm.

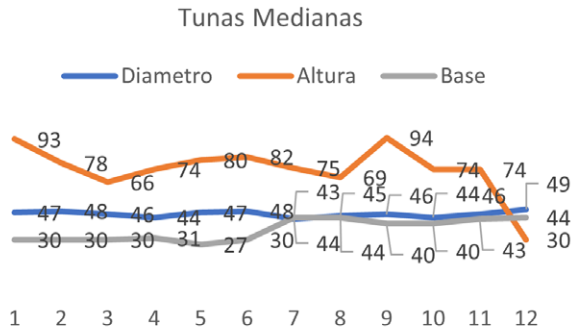


Figura 5. Relación entre el diámetro y la altura y el ancho de una tuna del tipo mediano.

En base a las tunas consideradas dentro del rango de pequeñas, tomamos los valores mínimos para poder dimensionar el diámetro de los rodillos y la distancia que debe existir entre ellos, en la figura 6 se muestra el valor mínimo de 32mm de diámetro, altura máxima de 52 mm y una base o inicio de fruto en la mata de 23 mm.

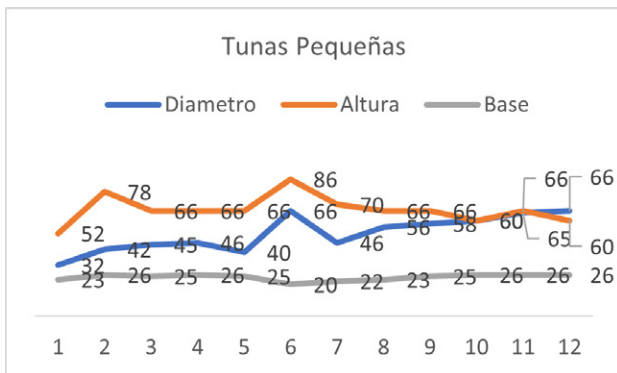


Figura 6. Relación entre el diámetro y la altura y el ancho de una tuna del tipo pequeña.

Al obtener los valores máximos y mínimos de las tres categorías de las tunas vamos a calcular la distancia que debe existir entre los centros de los rodillos, para lo que aplicamos la ecuación 5.

$$d1 = 25.4\text{mm}$$

La distancia calculada para la separación entre centro de los rodillos es de 59mm, se calculó la velocidad lineal del sistema de transportación considerando la condición de 2000 tuna por cada hora o 34 tunas por minuto obteniendo un valor de 0.8 m/s.

Para la velocidad angular se consideró el diámetro de la catalina de 176.61mm y la velocidad lineal previamente calculada obteniendo como resultado 86,9 rpm.

Se utilizo una muestra de 10 tunas de cada uno de los lotes pequeños, medianos o grandes para obtener un peso promedio que la banda debe transportar y se presenta en la figura 7 y la figura 8

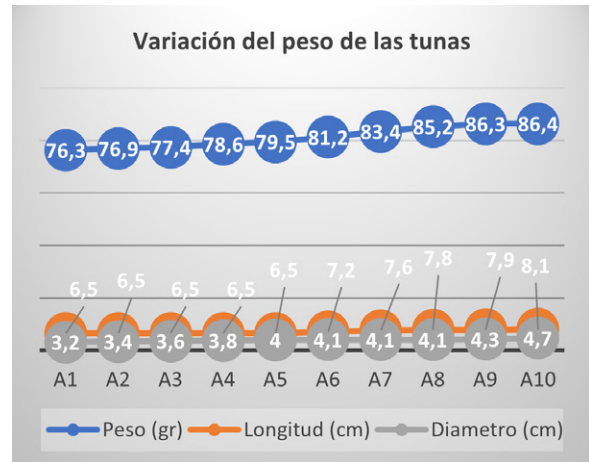


Figura 7. Relación del peso en función a la longitud de la tuna y su diámetro.

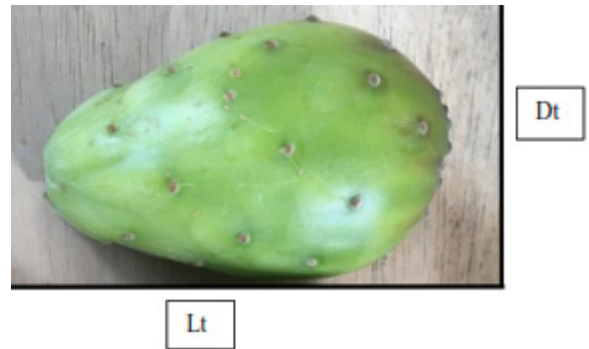


Figura 8. Configuración de las medidas tomadas para la valoración de la tuna.

Con un peso promedio entre 76,4 a 86,4 gramos y la velocidad angular de 86,9 rpm se obtuvo que la potencia del motor es de ¼ HP.

La selección de la cadena se la realizo mediante catálogos considerando los valores de potencia del motor y la velocidad angular.

El bastidor (figura 9) fue elaborado en tubo cuadrado de acero ASTM A36 y tendrá las siguientes dimensiones 40*40*2mm

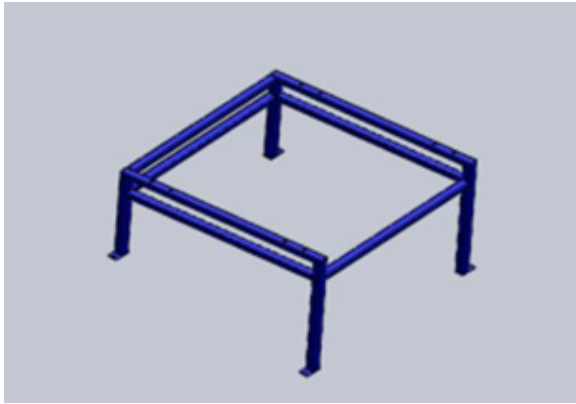


Figura 9. Bastidor

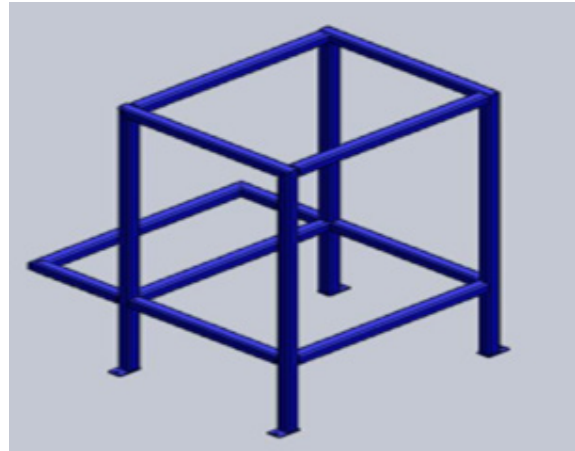


Figura 11. Mesa de la cuba

La cuba de alimentación debe contener 2000 tunas y para su elaboración se utilizó la tuna de mayor diámetro (6cm), al ser un elemento en contacto con alimentos se utilizó acero inoxidable 316L. En la figura 10 se muestra el diseño de la cuba de alimentación

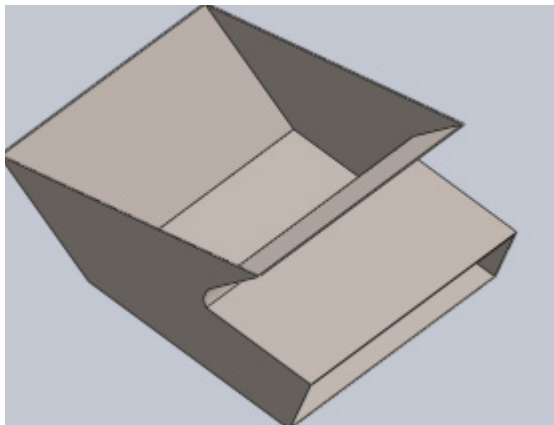


Figura 10. Cuba de alimentación

Para el diseño del soporte de la cuba se consideraron adicionalmente que, este elemento va a servir de apoyo y que tenga un espacio para ubicar las gavetas. El diseño de este se presenta en la figura 11.

Con los datos calculados para el sistema de transportación se diseñó el eje transportador formado por un tubo externo de acero inoxidable AISI 304 y eje interior de acero AISI 1018 que se presenta en la figura 12. Además, el eje motriz y el eje de arrastre se construyeron de acero AISI 1018

En la figura 13 se presenta la vista explosionada de los elementos que forman parte del sistema de transportación que alimentará a la máquina desespinaadora de tunas

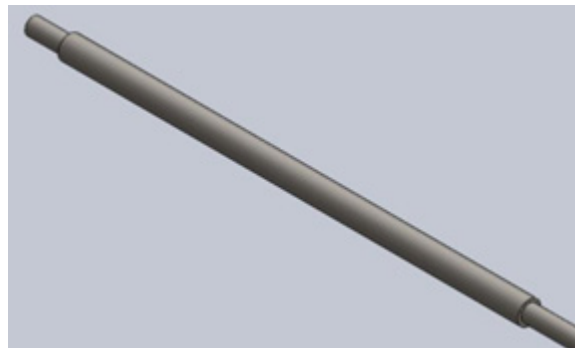


Figura 12. Eje principal y secundario

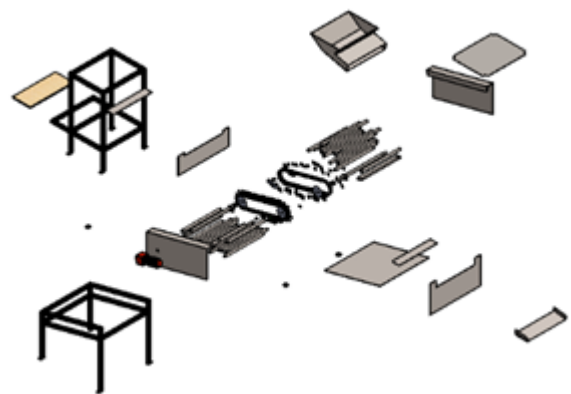


Figura 13. Sistema de transportación de tunas vista explosionada.

Los resultados del presente estudio a través de la comparación de tres diferentes tamaños de tunas nos permitieron diseñar un sistema de transporte para este producto, mediante esta comparación se determina que el diámetro óptimo de la tuna es de 49mm. valor obtenido a través de la mediana.

Una vez desarrollado el estudio podemos decir que el método planteado por Charles Riba” (Molina & Riba, 2006) fue el adecuado para el cumplimiento de los objetivos propuestos en este trabajo. El mismo que permitirá cubrir las necesidades de la comunidad de Chingazo Alto al mejorar la postcosecha.

Durante la elaboración del sistema de transportación una dificultad que se presentó fue la de mantener intacta la superficie y las espinas de la tuna ya que cuando se desprendieron de manera inadecuada la fruta se descomponía rápidamente en relación con las tunas que no sufrían daños.

Los resultados obtenidos garantizan un diseño óptimo del sistema de transportación, el cual es un aporte a la ciencia y a los productores de las tunas ya que garantizan una mayor producción.

4. CONCLUSIONES

El uso de la ingeniería concurrente se constituyó en una herramienta muy útil que permitió construir el sistema de trasportación en función a las necesidades de la comunidad y las aportaciones por parte del diseñador, permitiéndonos así cumplir con el transporte hasta la sección de limpieza de 2000 tunas.

El uso de softwares de dibujo asistido por computadora se convirtió en un aporte importante en la fase de diseño porque permitió realizar los ajustes al modelo previo a su construcción.

Un futuro aporte a esta investigación será el análisis de la eficiencia del equipo y beneficios logrados en la comunidad en función a la comercialización de las tunas una vez que el sistema de transportación este emplazado en la comunidad.

5. AGRADECIMIENTOS

Presentamos nuestro agradecimiento al Instituto Superior Tecnológico “Carlos Cisneros” por permitirnos el uso de los recursos de la Institución para el desarrollo de este trabajo, además se agradece a los instructores del curso de capacitación docentes de la Facultad de Ciencias Pecuarias - ESPOCH, quienes nos compartieron sus conocimientos los mismos que se ven plasmados en este artículo.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Altamiran, J., & Pilco, M. (2017). Trabajo de titulación. ESPOCH.
- Celi Soto, A., & Alcívar Hidrovo, J. (2018). Manejo del tamaño de fruto y la calidad de la tuna (opuntia ficus-indica, m) mediante regulación de carga frutal. *La Técnica: Revista de Las Agrocencias*. ISSN 2477-8982, 20(20), 19. https://doi.org/10.33936/la_tecnica.v0i20.1152
- Corrales García, J., Luis, J., & Silva, H. (2005). Cambios En La Calidad Postcosecha De Variedades De Tuna Con Y Sin Semilla Postharvest Quality Changes of Seedless and Seeded Cactus Pear Varieties. *Artículo Científico Rev. Fitotec. Mex*, 28(1), 9.
- Cuacés, M., & Villarreal, C. (2013). Máquina desespinaadora de tunas. In *Universidad Técnica del Norte. Técnica del Norte*.
- de Castro Pardo, M., Pérez, A. M. V., de la Fuente Cabrero, C., Martín, J. M. M., & del Pilar Laguna Sánchez, M. (2020). Resumen Ejecutivo. *Emprendimiento Universitario En La Universidad Rey Juan Carlos En Madrid*, 15-15. <https://doi.org/10.2307/j.ctv17hm8pq.4>
- ESPA. (2016). Módulo Ambiental de la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua ESPA 2016. *Inec*, 1, 1-12. http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Informacion_ambiental_en_la_agricultura/2016/informe_ejecutivo_ESPA_2016.pdf
- Franck, N. (2010). Informativo INIA Ururi No. 21 - Perspectivas de la tecnificación del cultivo de la tuna. *Informativo INIA URURI*, 1-4.
- Gomez, J., & Gonzalo, D. (2016). Diseño de una máquinas lavadora y una transportador de alimentación para una línea de procesamiento de croquetas de yuca (Issue June). *Universidad Distrital Francisco José de Caldas*.
- Hernandez, A., & Marin, E. (n.d.). BANDAS TRANSPORTADORAS. In *Servicio Nacional de Aprendizaje (Servicio N)*.
- Lopez, C. (2016). Diseño de una transportador continuo de gavetas para industria alimentica (Issue Trabajo de grado). *Escuela Superior Politécnica del Litoral*.
- Martínez, M. T. S., Diéguez, T. S., Cansino, N. D. S. C., García, E. A., & Sampedro, J. G. (2010). Innovation of high added value products using Mexican prickly pears. *Quinta Epoca*, 27, 435-441. http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/93913/2/12.ArticuloTuna_Mex_HGO-Corregido.pdf
- Molina, A., & Riba, C. (2006). Ingeniería Concurrente: Una metodología integradora. *Ingeniería Concurrente : Una Metodología Integradora*, 21-36.
- Profile, S. E. E. (2009). Metodología para el diseño y construcción de una máquina para medición del desgaste abrasivo basado en la norma ASTM G-65. *Prospectiva*, 7(1), 53-58.

- Riba Romeva, C. (2002). *Diseño concurrente*. In Ediciones UPC, España.
- Semrád, K., Draganová, K., Koščák, P., & Čerňan, J. (2020). Statistical prediction models of impact damage of airport conveyor belts. *Transportation Research Procedia*, 51, 11–19. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.11.003>
- Torres, E., Sanz, V., Guerrero, C., & Juárez, D. (2014). Ingeniería concurrente aplicada al modelo de diseño de producto. *3C Tecnología*, 3(2), 87–99. <http://ojs.3ciencias.com/index.php/3c-tecnologia/article/view/180>
- Torres, M. E. F. (2017). *Estudio Comparativo De Indicadores Físicos Y Químicos De La Calidad Del Suelo Y De La Biodiversidad De La Mesofauna Edáfica En Dos Usos De Suelo De La Microcuenca Del Río Pomacocho, Parroquia Achupallas, Cantón Alausí, Provincia De Chimborazo*. Universidad Nacional de Chimborazo, 112. <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/1381/1/UNACH-EC-AGR-2016-0002.pdf>
- Vermaas, P. E. (2017). *Engineering design. Spaces for the Future: A Companion to Philosophy of Technology*, August 1996, 196–207. <https://doi.org/10.4324/9780203735657>