

Dispositivo mecánico para el transporte de frutas y verduras

Mechanical device for fruits and vegetables transportation

Sergio González-Serrud¹, Edward Montes², Salvador Figueroa² y Nacarí Marin, Ph.D.³

¹Universidad Tecnológica de Panamá, Centro Regional Azuero, Licenciatura en Ingeniería Mecánica, Panamá y ³Universidad Tecnológica de Panamá, Centro Regional Azuero, Facultad de Ingeniería Mecánica, Panamá,

sergio.gonzalez5@utp.ac.pa, nacari.marin@utp.ac.pa

²Universidad Tecnológica de Panamá, Centro Regional Azuero, Licenciatura en Ingeniería Mecánica, Panamá, edward.montes@utp.ac.pa, salvador.figueroa@utp.ac.pa

Resumen– En Panamá, el proceso de transportar, almacenar las frutas y verduras se hace de manera rudimentaria, y en la mayoría de los casos se afecta la salud ocupacional de los trabajadores. Por lo tanto, se hace imperativo la construcción de un dispositivo que permita transportar, almacenar y proteger frutas y verduras en el campo de forma segura, que a su vez considera la salud ocupacional de quien lo opera. Para la realización de esta investigación, se procedió a recolectar información mediante cinco encuestas realizadas a personas que laboran en el área de la agricultura en la Península de Azuero, Panamá. Las encuestas fueron sobre el proceso de transporte y almacenaje de frutas y verduras, así como la experiencia de los agricultores realizando esta difícil labor. El objetivo principal de esta investigación es presentar un diseño y prototipo de un dispositivo mecánico para el transporte y almacenaje y, que a su vez brinde seguridad tanto a los frutos y verduras como a los agricultores. Los resultados de las encuestas muestran que los productos sufren daños en el transporte y en el lugar de almacenaje, producto del cansancio físico de los trabajadores y de la carencia de un aparato que cumpla con las funciones que necesita el agricultor. Los resultados de esta investigación mostraron que un dispositivo con estas características es importante en nuestros campos de cultivo a nivel nacional. Se deja abierta la línea de investigación para la construcción de más prototipos a beneficio del transporte de frutas y verduras.

Palabras claves– Dispositivo mecánico, cultivo, frutas, verduras, transportar.

Abstract– In Panama, the process of transportation and storage of fruits and vegetables is done in a rudimentary manner, and in most cases the occupational health of workers is affected. Therefore, it is imperative the construction of a device that allows to transport, store and protect the fruits and vegetables in the field in a safe way, which in turn considers the occupational health of those who operate it. In order to carry out this research, information was collected through five surveys of agriculture workers in the Azuero Peninsula, Panama. The surveys were about the process of transporting and storing fruits and vegetables, as well as the experience of the farmers in this difficult task. The main objective of this research is to present a design and prototype of a mechanical device for transport and storage, which in turn provides safety for the fruits, vegetables and

farmers. The results of the surveys show that the products suffer damage during transportation and storage, due to physical fatigue of workers and lack of a device that fulfills the functions required by the farmer. The results of this research showed that a device with these characteristics is important in our farmlands at a national level. The line of research is left opened for the construction of more prototypes for the benefit of fruits and vegetables transportation.

Keywords– Mechanical device, cultivation, fruits, vegetables, transportation.

I. INTRODUCCIÓN

Las personas que transportan verduras y frutas del campo de cultivo hacia un camión de carga o hacia un lugar de almacenamiento lo hace de una manera poco efectiva, afectando en muchos casos su salud. No existe un dispositivo que posea los requisitos necesarios para el transporte de frutas y verduras, del campo de cosecha hacia al punto de almacenamiento. Esto causa que el producto se vea afectado en el transporte de un punto al otro. Además, causa un desgaste físico de los empleados [1], [2]; representando una ineficiencia de trabajo que se traduce a un mayor gasto para los agricultores que pagan a sus colaboradores [3], [4]. Estudios realizados por la Universidad Catalana [5] indican que el dolor de espalda es una dolencia de alta incidencia en las sociedades occidentales. Devo y Weinstein [6] han escrito que alrededor de dos terceras partes de las personas adultas se ven afectadas por dolores de espalda alguna vez. Esta frecuencia se observa también en las consultas a los médicos, donde el dolor de espalda ocupa la segunda posición tras las enfermedades de las vías respiratorias superiores. Dentro de la salud pública el dolor de espalda representa un problema considerable por su importante repercusión socioeconómica, ya que genera numerosas consultas a especialistas, una elevada utilización de los servicios sanitarios y una considerable pérdida de días laborales [7], por lo tanto, el costo económico total de esta situación es muy elevado. Frymoyer [8] señaló que en los EE. UU. podían suponer entre 50 y 100 000 millones de dólares. En España, González y Condón [9] han calculado que el dolor lumbar

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).

ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).

DO NOT REMOVE

supone un 11,4% de todas las incapacidades temporales, con un coste total sólo por este concepto de 75 millones de euros.

Esta investigación se realizó en la Península de Azuero (constituye a la provincia de Herrera y Los Santos) por ser la única región en producción de tomate industrial (6500 toneladas de tomate recolectados en el ciclo agrícola 2018-2019 y 6068 toneladas recolectadas en el ciclo 2020-2021, según La Asociación de Productores de Tomate Industrial) y la número uno en la producción de zapallo (con un 42.02% a nivel nacional), sandía (con un 62.02%), y melón (con un 51.64%), según datos del Ministerio de Desarrollo Agropecuario, cierre agrícola 2020-2021 [10], además de ser productora en menor escala de otras hortalizas, tubérculos y frutas (otoe, ñame, pepino, cebolla, yuca, papaya, limón y naranja), por lo tanto la Región de Azuero es una zona agrícola de alto impacto a nivel nacional, por lo que nos permitió hacer las investigaciones pertinentes para realizar los estudios de prototipado de nuestro dispositivo mecánico.

El objetivo de este artículo es presentar un estudio sobre la creación de un dispositivo mecánico con la capacidad de transportar frutas o verduras de manera segura, que a su vez considera la salud ocupacional de quien lo opera. Este dispositivo se basa en resolver una dificultad que los agricultores de subsistencia y de mercado han tenido desde los inicios de la humanidad [11], [12]. El dispositivo generado a partir de este trabajo tiene el número de solicitud de patente: 93641-01 del 20 de septiembre de 2021.

II. ANTECEDENTES

El problema identificado involucra el peso de cada cesta de frutas o verduras (promedio de 40 libras). Este peso causa fatiga física y lesiones que se pueden producir de forma inmediata, acumulación de pequeños traumatismos, aparentemente sin importancia, hasta producir lesiones crónicas [13]. El desgaste físico afecta directamente al trabajador primero físicamente y luego económicamente (compra de medicamentos, citas con doctores, etc.) Igualmente, el empleador se ve afectado por ineficiencia o cansancio del empleado por motivos ya mencionadas en este escrito.



Fig. 1. La explotación detrás de las frutas y verduras.

III. METODOLOGÍA

A. Encuestas

Antes de realizar una propuesta de este tipo, se procedió a crear una encuesta que fue compartida de manera online a agricultores de la región de Azuero (Provincia de Herrera y Los Santos), esta primera encuesta se le preguntaba al agricultor si se encontraba con la facilidad de llenar periódicamente unas series de encuesta para un proyecto de la Universidad Tecnológica de Panamá, específicamente para la creación de un dispositivo mecánico para el transporte de frutas y verduras.

Diecisiete agricultores de treinta y dos contestaron que si contaban con la facilidad para llenar las encuestas periódicamente de manera online. Por lo tanto, el tamaño de la muestra es de 17, el tamaño de población según el censo del Instituto Nacional de Estadística y Censo del 2012 es de 1255 agricultores en la provincia de Herrera y 1260 agricultores en la provincia de Los Santos, para un total de 2515 agricultores en la península de Azuero, por lo tanto, el nivel de confianza colocado fue de un 80%, y el margen de error resultó ser según la ecuación (1) [14] de un 15%.

$$\text{Margen de error} = z * \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (1)$$

En donde n es el tamaño de la muestra, σ , la desviación estándar de la población y z , la puntuación.

Las cuatro encuestas restantes se realizaron con el objetivo de identificar los problemas que tenía el agricultor al momento de transportar las frutas y verduras y su posterior almacenaje, además se les preguntó qué tipo de agricultura se encontraban trabajando. Los principales tipos de agricultura se clasifican según [15]:

- Su dependencia del agua.
- La magnitud de la producción y su relación con el mercado.
- Objetivos de rendimiento y la utilización de medios de producción.
- El método y objetivos.

B. Análisis y optimización del proyecto

Se identificaron los usuarios potenciales del dispositivo y los requisitos principales que debe tener el dispositivo mecánico; se dispuso a crear la casa de la calidad [16], [17] y hacer los bosquejos de posibles dispositivos que se presenten como alternativa de solución del problema encontrado. Mediante una matriz de decisión se escogió el bosquejo que se apejó más a los requisitos ingenieriles y de los usuarios potenciales. Se construyó el modelo, se llevaron a cabo pruebas de funcionamiento, se reflexionó sobre posibles mejoras para incluirlas al prototipo, se construyó el prototipo y se realizaron diferentes ensayos para comprobar el funcionamiento del dispositivo mecánico [18]-[20].

C. Pruebas para validar el prototipo

A continuación, se presentan los resultados de la etapa de prototipado. El dispositivo mecánico fue puesto a prueba varias veces en un campo con muchos obstáculos (piedras, huecos,

ramas, lodo) para así poder evaluar el desempeño del diseño y del prototipo. Se dividieron las pruebas en tres casos:

-Primer caso. El dispositivo mecánico con carga máxima de frutas o verduras: El dispositivo mecánico en esta condición era más pesado, pero el sistema de suspensión funcionaba de una mejor forma ya que cuando el dispositivo mecánico pasaba un obstáculo el amortiguador se contraía con mayor facilidad [21]-[23]. Además, la conducción se hacía más estable, ya que, al estar con la carga máxima, los productos dentro de cada gaveta no se podían mover. El cajón o gavetero, a pesar de estar en su capacidad máxima de carga, siempre se mantuvo en la posición colocada dentro de la carretilla.

-Segundo caso. El dispositivo mecánico con una carga $\frac{3}{4}$ de su capacidad máxima: El dispositivo mecánico en esta condición era más liviano, por lo tanto, se podía mover aportando menos fuerza al dispositivo en comparación a la primera prueba. El amortiguador se contraía menos, pero igualmente hacía la función requerida. La conducción era menos estable que la primera prueba, ya que como las gavetas no estaban a su máxima capacidad provocaban una reacción en cadena; los productos se movían dentro de los gaveteros y los gaveteros movían al dispositivo.

-Tercer caso. Se vuelca el dispositivo mecánico para observar si el dispositivo o los productos recibían algún tipo de daño. Se examinó y no se encontró ningún daño ni en el dispositivo mecánico ni en los productos.

IV. DISEÑO DE CONCEPTOS

A. Generación de concepto

Se crearon y dibujaron doce conceptos a mano alzada. Se llevó a cabo una evaluación y selección de conceptos. Luego, a partir utilizamos el software Inventor Profesional 2021 se realizaron los planos de las piezas del modelo.

B. Descripción del concepto principal

El concepto principal contó con una carretilla en la cual se le añadió un sistema de suspensión para la protección del usuario y de las frutas o verduras. También se agregó unas gavetas para poder transportar y almacenar los productos de manera segura.

C. Modelado

El modelo fue hecho en su mayoría de madera de cedro. Esta guarda una proporción de 3: 1 con el prototipo.

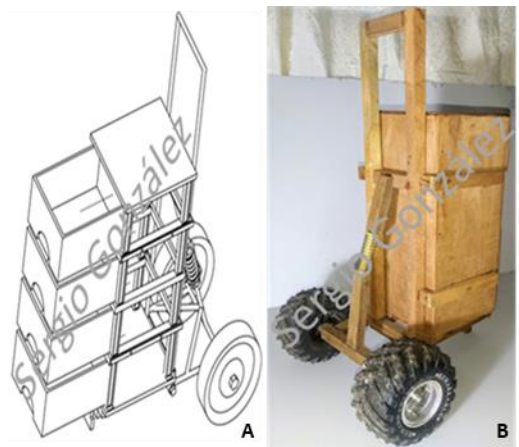


Fig. 3. Vista isométrica del concepto a desarrollar. B. Modelado finalizado.

V. CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO

Se utilizó una carretilla antigua como base estructural del nuevo dispositivo. Al armar el esqueleto, se confeccionó la suspensión del dispositivo. Primero, soldando los pernos en la estructura donde va a pivotar el eje de las llantas. Se armaron los bujes con dos tubos y se montaron balineras de cada lado. Luego, los dos tubos que están conectados con el eje pivoteador, se soldaron al tubo de $\frac{3}{4}$ de pulgada. En la mitad del eje de las ruedas se soldó un tubo de $\frac{3}{4}$ pulgadas el cual se le colocó un amortiguador que a su vez también se soldó con la estructura de la carretilla. Se fabricaron las barandas de seguridad, se le hizo tres agujeros a cada baranda con una broca $\frac{3}{16}$ ". Se pintó la estructura de la carretilla y se fijó el gavetero a la carretilla con remaches.



Fig. 4. A. Finalización de la colocación del amortiguador en el dispositivo. B. Prototipo finalizado.

VI. RESULTADOS

A. Resultados de las encuestas

Los principales resultados de la encuesta aplicada a los agricultores de la Península de Azuero fueron los siguientes:

- ¿Cómo transportan las frutas y verduras del campo de cultivo al lugar de almacenaje?

El 58.3% respondió que utiliza las cestas, el 33.3% respondió que utiliza bolsas, el 8.3% respondió que utiliza las manos y brazos para transportar los productos.

- ¿Con qué frecuencia resulta afectadas las frutas o verduras al ser transportadas y luego almacenadas?

Un 36.4% respondió que casi siempre, otro 36.4% respondió que algunas veces, un 18.2% respondió que pocas veces y el 9.1% respondió que siempre sus productos se ven afectados por el almacenaje y transporte inadecuado.

- ¿Cómo se siente con el sistema para trasladar las frutas y verduras del campo al lugar de almacenaje?

El 50% respondió que mal, mientras que el 25% respondió que más o menos, un 16.7% respondió que bien y un 8.3% respondió que se siente excelente con el sistema de transporte de sus productos.

- ¿Después de una jornada de transportar las frutas y verduras resulta afectado con dolores de espalda, o cuello?

Los 17 agricultores encuestados respondieron que sí a esta pregunta.

VII. DISCUSIÓN

A. Análisis de las encuestas

Los agricultores comentaron que les agrada más utilizar las cestas de plástico para transportar los productos, ya que son resistentes y también se puede poner una cesta sobre la otra y así optimizar el espacio de almacenaje de la mercancía. Lamentablemente estas cestas, son de plástico y al transcurrir se van degradando y además los empleados, máximo pueden cargar tres cestas promedio a la vez.

- Los agricultores nos comentaron que los daños que presentaban sus productos se debían a:

- Los agentes externos que se introducían al lugar de almacenaje.
- Cuando transportaban los productos del campo de cultivo hacia el lugar de almacenaje.

- Un 50% de los agricultores dijo que se sentía mal con el sistema de transporte de los productos. Los agricultores argumentaron que el trabajo de transportar los productos es muy pesado y además tienen que caminar con los productos por unos minutos hasta llegar al lugar de almacenaje.

- Los diecisiete agricultores dijeron que sí presentaban dolores de espalda o cuello después de las jornadas laborales. Una

explicación posible es que el peso máximo que se recomienda no sobrepasar es de 55 libras [24], [25] y estos agricultores mínimos están cargando continuamente 100 libras promedio por ocho horas al día.

B. Análisis del desempeño del prototipo.

Los resultados de las pruebas realizadas para validar el dispositivo mecánico fueron muy satisfactorios, según el diseño del prototipo el comportamiento fue el que esperábamos. En este trabajo se puede comentar como limitación la reducida estabilidad del prototipo cuando el usuario está corriendo y manejando a la capacidad media de carga del dispositivo mecánico. Una posible solución es crear un sistema en el gavetero en donde no permita que los productos se muevan cuando las gavetas no están totalmente llenas, con esta modificación se mejorará la estabilidad del dispositivo cuando se utiliza a media capacidad de carga y el usuario está corriendo.

VIII. CONCLUSIONES

En este trabajo se presentó un estudio sobre la creación de un dispositivo mecánico con la capacidad de transportar frutas o verduras de manera segura, que a su vez considera la salud ocupacional de quien lo opera. Un dispositivo mecánico con estas características es de importancia en nuestros campos de cultivo a nivel nacional, y más en estos tiempos de pandemia, ya que como sabemos la economía a nivel nacional está en decadencia y que decir de la economía de los agricultores que viene en declive desde ya varios lustros atrás.

Las ventajas que ofrece este dispositivo mecánico respecto a sus competidores son muy variadas entre ellas están: mayor capacidad de almacenaje, capacidad para transitar lugares de difícil acceso, agilidad para maniobrar en el camino, almacenamiento seguro para las frutas y verduras, disminuye el trabajo del usuario, protege a los productos de posibles intromisiones de agentes externos, protege al usuario de usar una excesiva fuerza para transportar los productos.

El dolor de espalda constituye una situación clínica de elevada frecuencia en la población de trabajadores manuales convirtiéndose en un motivo muy importante de utilización de atención médica y de limitación de la actividad personal y profesional.

REFERENCIAS

- [1] A. Traeger, A. Qaseem and J. McAuley, "Low Back Pain," JAMA, vol. 326, no. 3, pp. 286-291, 2021, doi: 10.1001/jama.2020.19715.
- [2] Portal de los Riesgos Laborales de los trabajadores de la Enseñanza, "Riesgos generados en la manipulación de cargas", 2015. [Online], Available: <https://riesgoslaborales.saludlaboral.org/portal-preventivo/riesgos-laborales/riesgos-relacionados-con-la-seguridad-en-el-trabajo/manipulacion-manual-de-cargas/>. [Accessed: Apr. 6, 2021].
- [3] A. Traeger et al., "Care for low back pain: can health systems deliver?," Bulletin of the World Health Organization, vol. 97, no. 6, pp. 423-433, 2019, doi: 10.2471/BLT.18.226050.

- [4] G. Ehrlich, "Back Pain," *The Journal of Rheumatology*, vol. 67, no. 1, pp. 67, pp. 26-31, 2003. Available: <https://www.jrheum.org/content/67/26>.
- [5] A. Bassols, F. Bosch, M. Campillo and J. Campillo, "El dolor de espalda en la población catalana. Prevalencia, características y conducta terapéutica," *Gaceta Sanitaria*, vol. 17, no. 2, pp. 97-107, 2003. Available: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0213-91112003000200003.
- [6] R. Deyo and J. Weinstein, "Low back pain," *Medline*, vol. 70, pp. 344-363, 2001, doi: 10.1056/NEJM200102013440508.
- [7] S. Linton and M. Ryberg, "Do epidemiological results replicate? The prevalence and health-economic consequences of neck and back pain in the general population," *European Journal of Pain*, vol. 4, no 4, pp. 347-354, 2000, doi: 10.1053/eujp.2000.0190.
- [8] J. Frymoyer and W. Cats-Baril, "An overview of the incidence and costs of low back pain," *Orthopedic Clinics of North America*, vol. 22, no 2, pp. 263-271, 1991, doi: 10.1016/S0030-5898(20)31652-7.
- [9] M. González-Viejo and M. Condón-Huerta, "Incapacidad por dolor lumbar en España," *Medicina Clínica*, vol. 114, no. 13, pp. 491-492, 2000, doi: 10.1016/S0025-7753(00)71342-X.
- [10] Ministerio de Desarrollo Agropecuario de Panamá, "Cierre 2020-2021," 2021. [Online], Available: <https://mida.gob.pa/wp-content/uploads/2021/10/CIERREAGRICOLA2020-2021-modificado.pdf>. [Accessed Jan. 12, 2022].
- [11] D. Zizumbo-Villarreal and P. Colunga-GarcíaMarín, "Origin of agriculture and plant domestication in West Mesoamerica," *Genetic Resources and Crop Evolution*, vol. 57, no. 6, pp. 813-825, 2010, doi: 0.1007/s10722-009-9521-4.
- [12] V. Salemi, "Heraldo," 2016. [Online], Available: <https://www.heraldo.es/noticias/sociedad/2016/07/14/donde-como-origino-agricultura-966623-310.html>. [Accessed: Apr. 6, 2021].
- [13] J. Machado, "Equilibrio funcional," 2018. [Online], Available: <https://jesusmachado.com/lesiones-cronicas/>. [Accessed: Jun. 2, 2021].
- [14] R. Walpole, R. Myers, S. Myers and K. Ye, *Probability & Statistics for Engineers & Scientists*, Boston, MA: Pearson, 2012.
- [15] M. Larrazabal, "Agro marketing bialar," 2019. [Online], Available: <https://www.bialarblog.com/tipos-de-agricultura-cuales-como-clasifican/>. [Accessed: Jun. 2, 2021].
- [16] R. Angulo, "Click balance," 2018. [Online], Available: <https://clickbalance.com/blog/mercadotecniaeventas/prospeccion-como-identificar-clientes/>. [Accessed Feb. 18, 2021].
- [17] Digital Guide Ionos, "La casa de la calidad (House of Quality) en el desarrollo de productos" 2020. [Online], Available: <https://www.ionos.es/digitalguide/online-marketing/analisis-web/house-of-quality/>. [Accessed Feb. 18, 2021].
- [18] R. Budynas and J. Keith, Shigley's, *Mechanical Engineering Design*, New York, NY: McGraw-Hill, 2011.
- [19] J. Shigley and J. Uicker, *Theory of Machines and Mechanisms*, Colorado, CO: McGraw-Hill, 1988.
- [20] C. Jensen and J. Helsel, D. Short, *Engineering Drawing and Design*, New York, NY: McGraw-Hill, 2008.
- [21] L. Hernández, "Cómo trabajan los amortiguadores y resortes de la suspensión," 2018. [Online], Available: <https://noticias.autocosmos.com.mx/2018/05/03/como-trabajan-los-amortiguadores-y-resortes-de-la-suspension>. [Accessed Feb. 18, 2021].
- [22] W. Shivaraj-Singh and N. Srilatha, "Design and Analysis of Shock Absorber: A Review," *Materials Today: Proceedings*, vol. 5, no. 2, pp. 4832-4837, 2018, doi: 10.1016/J.MATPR.2017.12.058.
- [23] R. Zhang, X. Wang and J. Sabu, "A comprehensive review of the techniques on regenerative shock absorber systems," *Energies*, vol. 11, no. 5, pp.1167, 2018, doi: 10.3390/en11051167.
- [24] Segurmania Zurekin, "Manipulación manual de cargas, ¿cuáles son los pesos máximos recomendados?," 2019. [Online], Available: <http://www.segurmaniazurekin.eus/lecciones-seguridad/manipulacion-manual-de-cargas-cuales-son-los-pesos-maximos-recomendados/>. [Accessed Feb. 18, 2021].
- [25] S. Snook, and C. Irvine, "Maximum Acceptable Weight of Lift," *American Industrial Hygiene Association Journal*, vol. 28, no. 4, pp. 322-329, 1967, doi: 10.1080/00028896709342530.