

Fabricación de prototipo de máquina empacadora y selladora de granos en la empresa productos empaquetados el grano ubicado en la ciudad de Pasto.

Herrera. José Fernando, Moreno. Ricardo Adolfo.
Josehb.jh85@gmail.com.
ricaradolmo@gmail.com.

*Ingeniería Mecánica. Corporación Universitaria Autónoma De Nariño.
Pasto-Nariño 2022*

Resumen – En el siguiente informe se dará a conocer todos los pasos necesarios para el diseño y la construcción de un prototipo de máquina empacadora y selladora de granos, con el cual se pretende desde el área de la ingeniería mecánica dar una solución a una problemática que nace en una empresa que lleva por nombre “productos empaquetados el grano”. Dentro de los mencionados procesos se resaltarán las diferentes etapas como son la investigación previa, cálculos de ingeniería, diseño 3d, construcción, y pruebas de funcionamiento.

Abstract – In the following report, all the necessary steps for the design and construction of a prototype of a grain packing and sealing machine will be disclosed, with which it is intended from the area of mechanical engineering to provide a solution to a problem that was born in a company that goes by the name "packaged grain products". Within the aforementioned processes, the different stages will be highlighted, such as preliminary investigation, engineering calculations, 3D design, construction, and functional tests.

I. OBJETIVOS.

A. Objetivo general.

Fabricar un prototipo de máquina empacadora y selladora de granos (arroz, frijol y lenteja) en la empresa "productos empaquetados el grano".

B. Objetivos específicos.

- Recopilar información de procesos y máquinas de dosificado, empaque y sellado de grano, con el fin de plantear requerimientos de funcionamiento iniciales.
- Realizar cálculos de ingeniería con el fin de seleccionar materiales correctos que se adecuen a la implementación del prototipo

- Definir parámetros de diseño mediante el uso de software CAD, para la identificación de los componentes que hacen parte del prototipo.
- Construir un prototipo de máquina empacadora, dosificadora y selladora de granos y realizar sus respectivas pruebas de funcionamiento.
- Elaborar manual de operación y mantenimiento que faciliten al usuario el uso, funcionamiento y cuidado adecuado del prototipo.

II. INTRODUCCIÓN.

Nariño es uno de los departamentos de Colombia, sus principales actividades económicas se basan en la producción agrícola, donde se puede encontrar la producción y comercialización de alimentos como el arroz, el frijol, las lentejas, el maní, entre otras, que hacen parte de los productos de la canasta familiar con mayor demanda en el departamento de Nariño, esto se debe a la gran cantidad de consumo debido a las costumbres y la gran oferta de estos productos dentro de la región, en la ciudad de Pasto se puede encontrar una gran cantidad de comercios que se dedican específicamente a la comercialización de estos productos, luchando cada día con lograr satisfacer la demanda de consumo, para cumplir con este objetivo los procesos de empaque juegan un papel importante al momento de reducir costos y tiempo. Hoy en día podemos encontrar variedad de maquinaria enfocada e estos procesos pero debido a que su construcción no son locales muchas veces la adquisición de una de ellas suele resultar muy costoso para la comerciantes, es por eso que muchos de ellos optan por realizar estos procesos manualmente ,los cuales resultan, poco eficientes debido a la gran cantidad de tiempo y personas empleadas para realizar esta actividad, teniendo como consecuencia incrementos económicos para los empresarios así como también, en los empleados grandes jornadas de trabajo que pueden ser origen de riesgos labores

que pueden comprometer la salud de los empleados; en el mejor de los casos algunos de los comercios cuentan con maquinaria rudimentaria que no satisface la necesidad de la demanda.

Tomando como referencia la información anterior, se plantea desarrollar un proyecto en la empresa “productos empaquetados el grano”, ubicada en la ciudad de pasto, donde a partir del área de la ingeniería mecánica y con los conocimientos adquiridos en áreas técnicas ,tecnológicas, mecánicas, de automatización industrial, entre otros, los cuales se han logrado aprender a lo largo de la carrera cursada, se pretende dar una solución a la problemática presentada anteriormente, dicha solución será enfocada en la implementación de un prototipo de maquina empacadora y selladora de granos, en donde se evidenciara todos los procesos requeridos para lograr materializar dicho proyecto, como lo son : diseño, cálculos, pruebas hasta finalmente la construcción de dicho prototipo de máquina, la cual pueda satisfacer las necesidades de esta empresa, logrando más eficiencia al momento de empaclar los productos puesto que se unificaran los procesos de dosificado, empaquetado y sellado en una sola máquina, obteniendo como resultado mayor eficiencia de producción, con el fin que la empresa sea más competitiva comercialmente y tenga mayores beneficios tanto económicos a nivel de la empresa, de igual forma beneficios laborales para sus empleados.

III. DESARROLLO DEL TRABAJO.

A. Maquinas empacadoras manuales.

Este tipo de máquinas son las más básicas para realizar este tipo de procesos, estas sirven para empaclar productos con fundas que ya se encuentran fabricadas, Para este proceso se utilizaban selladores manuales, de las primeras lanzadas en el mercado, con un sistema básico de calentamiento por resistencia, y transferencia de calor, obteniendo resultados moderados en producción, pero muy económicos.



figura 1.empacadora manual.
fuente : (Iza & Medina, 2013)



B. Maquinas empacadoras semiautomáticas.

Como su nombre lo indica este tipo de maquinaria cuentan con parte automatizada mediante elementos que combinan lo eléctrico y lo mecánico y otra parte de esta funciona de forma manual, como lo mencionan Iza y Medina en el “interviene el trabajo humano en cooperación con el funcionamiento electromecánico de la empacadora, tratando de obtener una línea de producción efectiva y barata.” (Iza & Medina, 2013).



figura 2.empacadora semiautomática.
Fuente (Rrego, 2020).

C. Maquinas empacadoras automáticas.

Este tipo de maquinaria son las más eficientes que existen en el mercado puesto que combinan una serie de sistemas para su funcionamiento como pueden ser mecánicos, neumáticos, eléctricos, electrónicos y sensores, los cuales son controlados por sistemas de control avanzado que pueden ser microcontroladores o Plc, mediante una programación adecuada y con la ayuda de los sensores los cuales se sincronizan con todos los mecanismos de la máquina haciendo una perfecta combinación para realizar los procesos de dosificado, empaquetado y sellado con el fin de obtener la mayor producción por ende son preferidas y son las más utilizadas por los sectores donde se requiere una cantidad muy elevada de empaquetados en cortos plazos de tiempo.



figura 3.empacadora automática.
Fuente (empaque, 2021).



D. Mecanismos de empaquetadoras.

Procesos	A.	B.	C
Sistema de alimentación de materia prima	Alimentación manual. 	Alimentación por tolva 	Alimentación por banda.
Sistema de dosificación	Volumétrica. 	Por vibración. 	Por pistón.
Sistemas de sellado y corte	Temperatura constante. 	Por impulsos. 	Por alambre caliente.
Sistema de formado de bolsas	Redondo. 	Cuadrado. 	
Sistema de arrastre de bolsa.	mordaza. 	rodillos. 	

Tabla 1. mecanismos empaquetadores.

E. Selección de alternativa.

Después de analizar y estudiar las diferentes alternativas que se pueden adoptar para este proyecto, las cuales permiten plantar la solución más adecuada y que más se ajuste a este proyecto se procede a realizar la selección de los mecanismos que conformaran el prototipo de maquina empacadora y selladora de granos.

FUNCIÓN	ALTERNATIVA			
	A	B	C	D
Alimentación				
Accionamiento				
Alimentación de materia prima				
Sistema de dosificación				
Sistema de sellado				
Sistema formador de bolsas				
Sistema de guiado y arrastre				
Sistema de control				

figura 4.matriz morfológica. Fuente(esta investigación 2022)

F. Diseño 3d.

Una vez se esté claro cuáles son los mecanismos que van a conformar el prototipo de maquina empacadora y selladora de granos, se procede a realizar el modelado 3d, la cual es una herramienta de gran ayuda para los proyectos de ingeniería puesto que con ella se podrá visualizar previamente el diseño que se ha escogido, así como también con la generación de planos se podrá reducir errores de al momento de fabricar las piezas y ya materializar el prototipo, el diseño 3d se lo realiza con ayuda del software SOLIDWORKS.

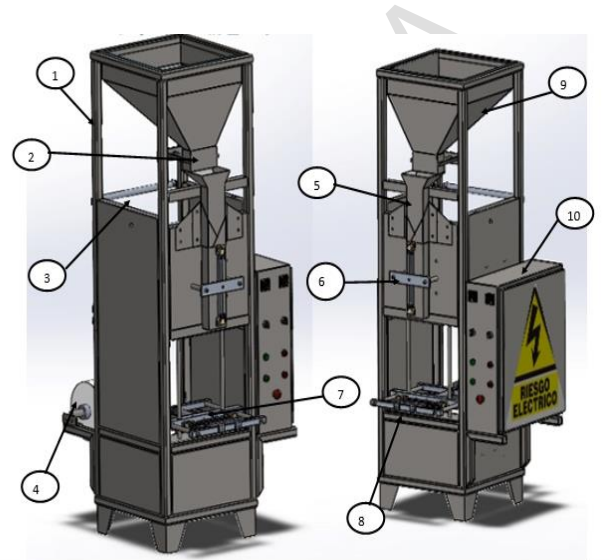


figura 5.diseño 3d. fuente (esta investigación 2022)

a continuación, se elabora una tabla describiendo cada uno de los componentes que conformar el prototipo de maquina empacadora y selladora de granos.

Ítem	Descripción
1	Estructura del prototipo.
2	Sistema de dosificación por pistón
3	Rodillos guías
4	Bobina de bolsas plásticas
5	Cuello formador de bolsas
6	Sellador vertical
7	Sistema de arrastre de bolsa
8	Sellador horizontal
9	Tolva de almacenamiento
10	Caja eléctrica y de control

Tabla 2.partes de prototipo de maquina empacadora y selladora de granos. Fuente (esta investigación 2022).

IV. RESULTADOS.

A. Análisis de cálculos de resistencias de materiales.

Con el fin de garantizar el correcto funcionamiento de los componentes del prototipo de maquina empacadora y sellador de granos, se realizaron cálculos con el fin de dimensionar cada uno de los diferentes componentes, así como también para garantizar que los materiales con los cuales va estar construido, puedan ser capaces de soportar las diferentes cargas o esfuerzos durante su trabajo, a continuación se muestra algunos de los análisis que se realizaron a los componentes.

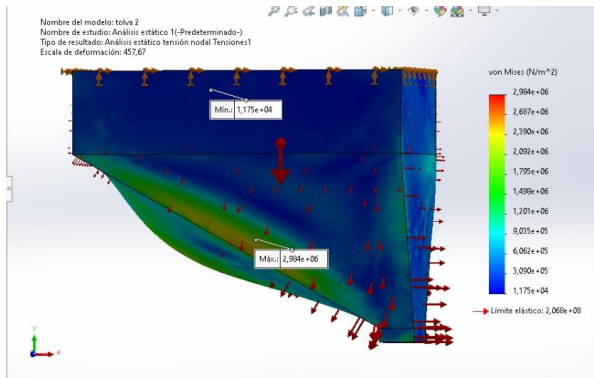


figura 6.analisis esfuerzo de von misses tolva.
Fuente(esta investigación 2022).

En la anterior figura se puede observar que las zonas de color rojo, amarillo y verde son las zonas en donde se presentar mayor esfuerzo, pero al no superar las propiedades del material que se escogió se puede asegurar que esta no presentara falla.

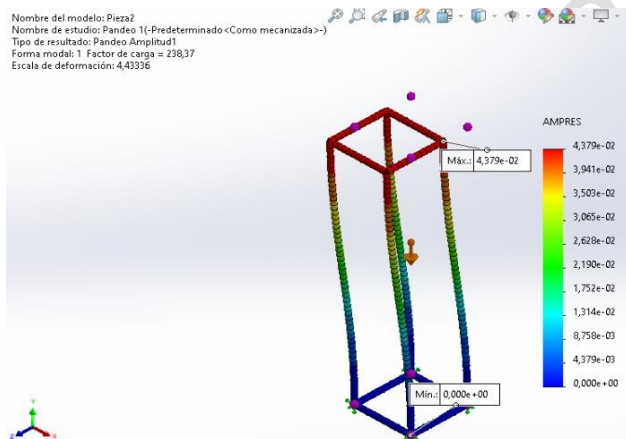
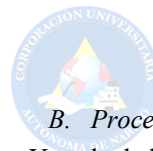


figura 7.analisis de pandeo estructura.
Fuente (esta investigación 2022).



B. Proceso de construcción.

Ya calculado y seleccionado el material más adecuado para el prototipo de máquina, en este caso acero inoxidable AISI 304 calibre 18, se procede a la construcción de cada de sus componentes.



figura 8.estructura.
fuente (esta investigación 2022).



figura 9.tolva.
fuente(esta investigación 2022).



figura 10. selladores.
fuente (esta investigación 2022).



figura 11.dosificador.
fuente (esta investigación 2022).



figura 12. cuello formador.
fuente(esta investigación 2022).



figura 13.sistema de control y electricidad.
fuente (esta investigación 2022).



figura 14. ensamble general prototipo.
fuente (esta investigación 2022).

C. Pruebas de funcionamiento.

Las pruebas de funcionamiento se realizan con el fin de sincronizar correctamente el prototipo de maquina y asegurar el correcto funcionamiento de la misma, dentro de las pruebas que se realizaron, se tiene las pruebas de sellado, las pruebas de pesaje y las pruebas de eficiencia, las cuales se mostraran en las siguientes tablas.

# de prueba	Temperatura (°C)	resultado
1	70	Ausencia de calor
2	75	Ausencia de calor
3	80	Calor mínimo en el plástico
4	85	Calor mínimo en el plástico
5	90	Calor mínimo en el plástico
6	95	Sellado incompleto (solo bordes)
7	100	Sellado incompleto (solo bordes)
8	105	Sellado incompleto (bordes y porción)
9	115	Sellado deforme solo en los bordes
10	120	Sellado deforme solo en los bordes

Tabla 3. prueba de sellado 2 segundos



# de prueba	Temperatura (°C)	resultado
1	70	Sellado parcial, no existe corte de bolsa
2	75	
3	80	Sellado semicontinuo, corte parcial
4	85	Sellado completo, corte parcial
5	90	Sellado completo, corte parcial
6	95	Sellado completo, corte por segmentos
7	100	Sellado adecuado, corte total
8	105	Sellado adecuado, corte total
9	115	Sellado deforme, leve daño de bolsa
10	130	Quema la bolsa

Tabla 4. prueba de sellado 2.5 segundos.

# de prueba	Temperatura (°C)	resultado
1	70	Solo calienta la bolsa
2	75	Solo calienta la bolsa
3	80	Sellado solo en bordes
4	85	Sellador parcial
5	90	Sellado completo, sin corte
6	95	Sellado adecuado, corte adecuado
7	100	Sellado con bolsa deformada
8	105	Bolsa quemada parcialmente
9	115	Bolsa derretida en mordaza
10	130	Bolsa derretida en mordaza

Tabla 5. prueba de sellado 3 segundos.

De las tablas 3,4 y 5 se puede observar que el tiempo y la temperatura adecuada para el correcto sellado es a una temperatura entre 100 y 105 °C y un tiempo de contacto de 2.5 segundos.

Numero de prueba	Tiempo (segundos)	Resultado (pesaje en gramos)
1	1	350
2	1.3	450
3	1.5	480
4	1.8	500
5	2	560

Tabla 6. prueba de pesaje para arroz.

Numero de prueba	Tiempo (segundos)	Resultado (pesaje en gramos)
1	1	350
2	1.4	450
3	1.5	480
4	1.9	500
5	2	560

Tabla 7. prueba de pesaje para frijol.

En las tablas 6 y 7 se realiza las pruebas de pesaje de 450 gramos, para el arroz y el frijol por separado puesto que sus propiedades como la densidad, la forma, el tamaño son diferentes puede variar la cantidad de pesaje requerida.

Por ultimo una vez ya sincronizada correctamente el prototipo de maquina se procede a realizar la prueba de eficiencia es decir cuantos empaques es capaz de empaquetar el prototipo de maquina por un rango de tiempo de 1 minutos.

Numero de prueba	Tiempo (minutos)	Resultado (empaques)
1	1	11
2	1	12
3	1	13
4	1	14
5	1	15
6	1	15
7	1	13
8	1	15
9	1	15
10	1	14
	Promedio	13.7

De la tabla 36 se puede observar que el resultado promedio del número de empaques de arroz por minuto es aproximadamente 14 empaques, el cual haciendo un cálculo podemos estimar el número de empaques por hora.

$$14 \frac{\text{empaques}}{\text{minuto}} * \frac{60 \text{ minutos}}{1 \text{ hora}} = 840 \frac{\text{empaques}}{\text{hora}}$$

$$1 \text{ empaque} = 450 \text{ gramos}$$

$$840 \text{ empaques} * 450 = 378000 \text{ gramos} * \frac{1 \text{ kilo}}{1000 \text{ gramos}} = 378 \text{ kilos}$$

V. CONCLUSIONES.

- Se determinó que el material en el cual va ser fabricado la mayoría de las partes del prototipo de máquina, será en acero inoxidable AISI 304 calibre 18, cumpliendo con la normativa colombiana, puesto que, al tratarse de la industria alimentaria, se debe garantizar la higiene en la manipulación de alimentos, dicho material por sus propiedades mecánicas, físicas y químicas ofrece y cumple con todos los requisitos tanto de higiene como durabilidad.

- El prototipo de maquina está destinada a trabajar con productos como el arroz, el frijol y la lenteja más sin embargo puede adaptarse a trabajar con otros tipos de granos, los cuales tengan características similares a los productos anteriormente nombrados.

- El prototipo de maquina empacará productos con un pesaje que se encuentra en un rango de 400 a 500 gramos, debido a que esa fue la medida solicitada por el cliente, dicho peso se realiza mediante un mecanismo de compuerta que se abrirá durante un determinado tiempo, para así poder asegurar

la medida dependiendo de las densidades y el volumen ocupado por cada uno de los productos.

- El diseño mecánico realizado previamente a todos los componentes del prototipo de máquina, mediante el uso del software SOLIDWORKS, resulto de gran ayuda en el momento de ensamble y construcción de las piezas aportando en la reducción de errores de medidas.

- Debido a que la tolva debe almacenar por lo menos 50 kg de los productos a empacar, la forma geométrica juega un papel importante, por tal motivo se ha elegido combinar dos secciones prismáticas y una sección en forma de pirámide truncada, por la razón que esta geometría es capaz de almacenar más volumen con menos dimensiones y con ello se puede cumplir con el requerimiento especificados.

- Mediante la metodología de prueba y error se logró encontrar las variables (temperatura y tiempo) adecuadas para la correcta sincronización en los procesos de sellado y dosificación del prototipo de maquina

- Se determino que todo el funcionamiento y accionamiento de los distintos mecanismos que componen el prototipo de máquina, sea de manera electroneumática, con el fin de poder reducir costos y facilitar la programación y automatización.

- Mediante el estudio financiero realizado se puede concluir que la implementación del prototipo de maquina tiene una viabilidad alta puesto que lograría retornar el valor de la inversión en un corto periodo de trabajo.

- Con la implementación del prototipo de maquina la empresa podría aumentar su producción de empaques de granos, puesto que el prototipo de máquina cumplió y es capaz de sobrepasar con las metas que se estaban trabajando con procesos manuales, lo que significaría mayores ingresos económicos para la empresa.

- Se logro con la construcción del prototipo de máquina, siguiendo todos los requerimientos de diseño planteados tanto en el estudio como los requerimientos del cliente.

- El prototipo de máquina dará un crecimiento empresarial a nivel regional, debido a su eficacia al momento de empacar productos lo que dará como resultado una mayor competencia de ventas para el empresario.

- La implementación del prototipo de máquina crea un ambiente laboral más óptimo para los empleados, puesto que se reducirá esfuerzos durante la jornada de trabajo, que se presentaban cuando estos realizaban los procesos manualmente.

- En la terminación de este proyecto se emplearon todos los conocimientos teóricos y prácticos que fueron adquiridos a lo largo de la carrera de ingeniería mecánica, así como también valores y principios que fueron adoptados de la corporación universitaria autónoma de Nariño con el fin de formar profesionales íntegros en todos sus sentidos

VI. REFERENCIAS. .

REFERENCES

- [1] Andrade, J., & Serrano, C. (noviembre de 2016). bibdigital.epn.edu.ec. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/16873/1/CD-7452.pdf>.

- [2] Budynas, R. G., & J., N. (2008). esfuerzos normales para vigas en flexión. En diseño de ingeniería mecánica de shigley (págs. 85-90). México: interamericana editores.
- [3] Budynas.Richard, & Nisbett, J. k. (2008). diseño en ingeniería mecánica de shigley. En Budynas.Richard, & J. k. Nisbett, diseño en ingeniería mecánica de shigley (págs. 215-216).
- [4] Creus, A. (2007). neumática e hidráulica. En A. Creus, neumática e hidráulica (págs. 28-30). Cataluña: 3Q editorial.
- [5] Creus, A. (2007). neumática e hidráulica. En A. Creus, neumática e hidráulica (págs. 36-39). Cataluña: 3Q editorial..
- [6] empaque, c. d. (2021). empackadora automática de tornillo sin fin et-02. Obtenido de <https://www.catalogodeempaque.com/ficha-producto/Empacadora-automática-de-impalpables.-ET-02+100777>
- [7] euskadi.eus. (s.f.). presión hidrostática. Obtenido de <https://www.hiru.eus/es/fisica/presion-hidrostatica-el-principio-de-arquimedes>
- [8] gobernación de Nariño. (2019). plan departamental de extensión agropecuaria del departamento de Nariño. Obtenido de <https://www.minagricultura.gov.co/ministerio/direcciones/Documents/PDEA%27s%20Aprobados/PDEA%20Nari%C3%B1o.pdf>
- [9] herrera, e., & lumbrez, r. (2018). repositorio.uss.edu.pe. Obtenido de <http://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/uss/4414/Herrera%20Bellasdas%20-%20Lumbres%20Alvarez.pdf?sequence=1>
- [10] inoxidable. (s.f.). plásticos distintas propiedades. Obtenido de <https://inoxidable.com/propiedades1.htm>
- [11] iza, m., & medina, a. (2013). "DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA DOSIFICADORA Y EMPACADORA CONTROLADA POR PLC PARA LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE SNACKS DE LA EMPRESA ECUAMEX. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/6534/1/AC-MEC-ESPE-047102.pd>
- [12] José Rrego. (02 de 10 de 2013). EMPACADORA MANUAL TOLVA BAJA - JOSERREGO SAS. Obtenido de archivo de video : recuperado de https://www.youtube.com/watch?v=Nzj8yUyeItQ&ab_channel=JOSERREGO.A.S
- [13] maquitec :S. (s.f.). selladora de impulso. Recuperado el 11 de 09 de 2021, de [catalogodeempaque.com: https://www.catalogodeempaque.com/ficha-producto/Selladora-de-impulso+108174](https://www.catalogodeempaque.com/ficha-producto/Selladora-de-impulso+108174)
- [14] min agricultura. (abril de 2019). Fríjol, Dirección de Cadenas Agrícolas y Forestales. Obtenido de <https://sioc.minagricultura.gov.co/Alimentos/Balanceados/Documents/2019-03-30%20Cifras%20Sectoriales%20Fr%C3%ADjol.pdf>
- [15] Moreno, E. (01 de 2010). diseño de una maquina empackadora, dosificadora y selladora de funda para arroz. Recuperado el 10 de 09 de 2021, de escuela politécnica nacional: <file:///D:/UNIVERSIDAD/seminari%20de%20grado%202/tesis%20biblio/CD-2667>
- [16] Mott, & L, r. (2006). mecánica de fluidos. En Mott, & r. L, mecánica de fluidos (págs. 52-53). México: pearson educación.
- [17] Mott, R. L. (2006). diseño de elementos de máquinas. En R. L. Mott, diseño de elementos de máquinas (págs. 231-257). México: Pearson educación.
- [18] Mott, r. L. (2006). diseño de elementos de máquinas. En r. L. Mott, diseño de elementos de máquinas (págs. 185-186). México: Pearson educación.
- [19] oproin.es. (s.f.). Envasadora vertical automática. Recuperado el 09 de 09 de 2021, de recuperado de <https://www.oproin.es/nuestras-maquinas/ensavadora-vertical-automatica/>