

03-030

DESIGN OF A MECHANIZED SYSTEM FOR THE SOLID FOOD SUPPLY TO CALVES BASED ON A FERTILIZER SPREADER MODIFICATION

Malón Litago, Hugo ⁽¹⁾; Ayudán Ibarz, Carlos ⁽²⁾; Vidal Cortés, Mariano ⁽¹⁾; Vigo Morancho, Alba ⁽¹⁾; Valladares Hernando, David ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Universidad De Zaragoza, ⁽²⁾ Máster En Ingeniería Agronómica

The agrarian mechanization has made possible to increase the efficiency of agricultural and livestock farms. Specifically, its implementation has managed to increase production capacity and to eliminated tedious jobs at the same time. In this sense, the present study shows the design of a new mechanized system for the supply of solid food to calves, that allows carrying out the task of feeding calves with a single worker, guaranteeing comfort and well-being, without affecting the productivity of the farm. Concretely, the mechanized system design is based on the modification of a suspended fertilizer spreader that exist on the farm. The original fertilizer spreader has an octagonal hopper and double disc, and it is attached to a tractor using the rear three-point linkage. On the other hand, the design obtained of the mechanized system for the supply of solid food to calves has allowed to value an existing implement on the farm, which was considered as scrap previously to the study. For all these reasons, the work carried out is aligned with the United Nations Sustainable Development Goals by applying resilient livestock practices that increase productivity and production, as well as encourage innovation

Keywords: design; mechanized system; solid food; fertilizer spreader

DISEÑO DE UN SISTEMA MECANIZADO PARA EL SUMINISTRO DE ALIMENTO SOLIDO A TERNEROS BASADO EN LA MODIFICACIÓN DE UNA ABONADORA

La implantación de la mecanización agraria ha permitido incrementar la eficiencia de las explotaciones agrarias y ganaderas. Concretamente, su implantación ha conseguido aumentar la capacidad productiva, al mismo tiempo que se eliminan los trabajos tediosos. En esta lineal, el presente estudio muestra el trabajo realizado en relación al diseño de un nuevo sistema mecanizado para el suministro de alimento solido a terneros, que permite realizar la tarea de alimentar terneros con un único trabajador, garantizando un confort y bienestar, sin repercutir en la productividad de la explotación. Concretamente el diseño se fundamenta en la modificación de una de una abonadora suspendida (existente en la explotación), de tolva con planta octagonal y doble disco, la cual se engancha al tractor mediante el enganche tripuntal trasero. Por otro lado, el diseño obtenido del sistema mecanizado para el suministro de alimento solido a terneros ha permitido poner en valor un apero existente en la explotación, el cual era considerado como chatarra. Por todo ello, el trabajo realizado está alineado con los con los Objetivos de Desarrollo sostenible de las Naciones Unidas al aplicar prácticas ganaderas resilientes que aumenten la productividad y la producción promover y fomentar la innovación

Palabras clave: diseño; sistema mecanizado; alimento sólido; abonadora



© 2023 by the authors. Licensee AEIPRO, Spain. This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

1. Introducción

El pienso de iniciación es el primer alimento sólido, en concordancia con la paja, que el ternero asimila para iniciar la rumia. El éxito en la crianza de terneros de recría depende en gran parte, del empleo del alimento concentrado y de la cantidad de dicho alimento consumido a determinada edad (Yagüe, 1972). En esta línea, los piensos y/o concentrados empleados en las explotaciones deben formar parte de un programa de alimentación adecuado, de manera que permitan alcanzar los objetivos productivos esperados en cada caso. Es recomendable que los terneros dispongan permanentemente de pienso a disposición, favoreciendo de esta forma su comportamiento alimentario (Ministerio de Agricultura, 2007). Por todo ello, el proceso de alimentación sólida no debe ser considerado como un proceso menos importante que el de lactancia, ya que la influencia en la productividad del animal será crucial.

El estudio se centra en mejorar el sistema de distribución de alimento sólido de una instalación ganadera de terneros de cría, con capacidad para 240 terneros, ubicada en la provincia del Bajo Cinca, en la comunidad autónoma de Aragón. Previo a estudio la labor de proporcionar alimento sólido a los terneros se realiza de forma manual, transportando un carretón, con una capacidad de 70kg de pienso, hasta los pesebres donde se deposita mediante cubos.

Es obvio que la mecanización del proceso de suministro de alimento sólido a terneros, va permitir reducir el tiempo de la labor, garantizando un confort y bienestar del ganadero y sin repercutir en la productividad de la explotación

1.1 Diseño como herramienta de innovación y desarrollo en los sectores primarios

El diseño es una herramienta fundamental en el desarrollo de nuevos productos a nivel global, y por tanto también en el sector agroalimentario. No obstante, dentro del sector agroalimentario se evidencian dos formas de trabajo. En primer lugar, las grandes multinacionales, entre las que están John Deere, New Holland, Kuhn..., las cuales disponen de grandes recursos y centros donde trabajar en el diseño de nuevos modelos y conceptos de máquinas y aperos. Por otro lado, las medianas y pequeñas empresas (pymes), que son el mayor número en nuestro país, no disponen o destinan de forma permanente recursos al diseño como herramientas de innovación y desarrollo, si no que se trabajan en función de la experiencia y/o reproduciendo modelos existentes. Esta forma tradicional de trabajo de las pymes españolas del sector agroalimentario conlleva una ausencia de diseño como herramienta de innovación y desarrollo en el sector primario, como evidenciaron González, Aguilar y Aguilar (2019a). Afortunadamente, se está produciendo un cambio en el sector agroalimentario, siendo cada vez más las pymes que recurren a centros de investigación o Universidades con el fin de innovar en el desarrollo de sus productos mediante el diseño (Malón et al, 2015; Malón et al, 2016; Nadal, 2018; Malón et al, 2020; Angosto, 2020; Garcés, 2020; Royo, 2022). No se puede soslayar que el diseño es una herramienta importante en el sector agroalimentario, ya que puede proporcionar beneficios tanto tangibles como intangibles (González, Aguilar y Aguilar, 2019a)

1.2. Objetivo

En esta línea, el objetivo principal del trabajo realizado es estudiar la posibilidad de diseñar e implementar mejoras que permitan realizar las tareas propias de la explotación con un único trabajador, garantizando un confort y bienestar tanto para el animal como para el trabajador, sin repercutir en la productividad de la explotación.

Con el fin de alcanzar el objetivo principal del proyecto ha sido definido un objetivo específico, el cual consiste en diseño e implementación de un sistema mecanizado para el aprovisionamiento de alimento sólido a los terneros.

Con ello, el objetivo fundamental, pretende que la distribución de los alimentos deje de hacerse de manera manual y pueda ser realizada mediante un proceso mecanizado, aumentando la eficiencia para la realización de las tareas en la explotación y el confort para el trabajador.

2. Situación actual de la explotación

La explotación de planta rectangular, agrupa las cabezas de ganado en celdas cerradas colectivas, denominadas cuadras de aquí en adelante. Existen un total de 16 cuadras repartidas de forma longitudinal y en dos hileras simétricas de 8 cuadras, como se muestra en la figura 1. Entre las dos hileras atraviesa un pasillo central donde se encuentran los heniles, pesebres, bebederos y por donde se suministra la leche, como se muestra en el croquis de la figura 2. Las cuadras tienen capacidad para albergar un total de 15 terneros, lo que supone una cantidad total de 240 terneros de cría.

Figura 1: Imagen de la explotación tomada desde el pasillo central



En esta instalación el ternero no se moverá de la cuadra mientras dure la lactancia, por tanto, la toma de leche se realiza en la propia cuadra, así como la ingesta de sólidos y agua.

Los comederos y bebederos son independientes para cada cuadra, quedando en el exterior de la misma accesible para los terneros a través de la cornadiza. Las cornadizas son los elementos utilizados para poder retener la cabeza del ternero e impedir que se escape.

Previo al trabajo realizado, el suministro de pienso era realizado por el ganadero de forma manual, transportando el pienso en un carretón, con una capacidad de 70kg de pienso, y distribuyéndolo en los pesebres con un cubo. La figura 3 muestra una cuadra de la explotación, donde se aprecia el pesebre, henil, bebedero y cornadizas.

Figura 2: Croquis de la distribución de la explotación, sin cotas actualizadas (Martín Ramos, 2017)

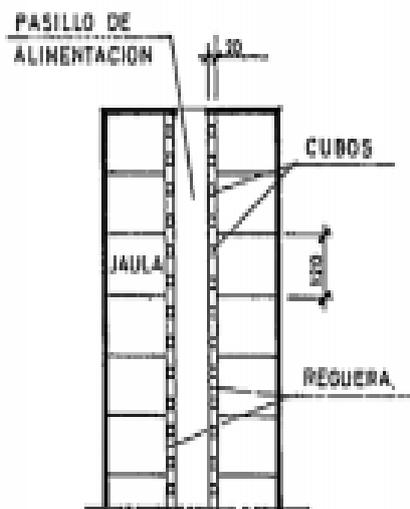


Figura 3: Vista de una cuadra de la explotación



3. Análisis de la tarea y tiempo necesario

Para satisfacer la necesidad de proporcionar alimento sólido a los terneros, el ganadero realizar las siguientes acciones:

1. Llenar el carretón en el silo (figuras 4 y 5).
2. Mover el carretón hasta el comedero.
3. Repartir el pienso manualmente, con un cubo, en el comedero.
4. Reiterar el proceso hasta vaciar el carretón.
5. Volver al silo para llenarlo.
6. Repetir el proceso hasta repartir pienso en todos los comederos.

Figura 4: Carretón para distribución de pienso



Figura 5: Silo de almacenamiento de pienso



Para realizar el estudio de tiempos de este trabajo, ha sido necesario estimar un promedio debido a la variabilidad de distancias entre el silo y los comederos, así como la cantidad de pienso existente en un comedero de una cuadra frente a otros. Por ello, se han realizado diferentes mediciones de tiempo en días distintos obteniendo que el proceso de suministro de pienso demanda un tiempo total medio de 30 minutos.

Constatado el tiempo necesario para la realización de esta tarea, se debe considerar también el esfuerzo físico que supone transportar el carretón cargado con 70 kg aproximadamente de pienso. Razón, que por sí sola ya evidencia la necesidad de mecanizar el trabajo con base a una mejora del bienestar para el trabajador.

4. Diseño y desarrollo del sistema mecanizado de distribución de alimento sólido

Como se ha indicado el desarrollo del nuevo sistema amenizado se pretende que la distribución de los alimentos sólidos deje de hacerse de manera manual y pueda ser realizada mediante un proceso mecanizado.

4.1 Definición de requisitos técnicos

En un primer paso se ha considerado instalar un sistema de tornillo sin fin desde el silo de pienso. Este sistema ha sido descartado, debido a que los pesebres están en el pasillo central por donde se renueva la cama con la encamadora, por tanto, dificultaría en exceso este proceso. Del mismo modo, el proceso de distribución de la leche quedaría dificultado.

La segunda opción analizada ha sido automatizar el carretón. Esta opción también ha sido descartada debido a su escasa capacidad de transporte. Por esta razón se necesitan numerosos viajes hasta el silo para rellenarlo y volver hasta los pesebres, suponiendo un considerable esfuerzo y tiempo para el proceso.

Por todo ello, se ha planteado la necesidad de desarrollar un nuevo sistema, para el cual se pretende utilizar maquinaria ya existente en la explotación y remodelarla con la finalidad de distribuir el pienso por los comederos.

Para el diseño y desarrollo del nuevo sistema se han planteado una serie de requerimientos necesarios, como son:

1. Albergar el pienso suficiente para no tener que volver al silo antes de repartirlo en todos los comederos.
2. Sustituir el sistema de distribución manual del pienso en los comederos.
3. No depender del esfuerzo humano para transportar el pienso del silo hasta los comederos.

Para la consecución de estos objetivos se considerará la posibilidad de transformar una abonadora en desuso. La máquina es una abonadora de disco, con tolva cónica de planta octogonal, cuya capacidad aproximada se sitúa en 1.400 l de capacidad. Por transformación, se debe estudiar cómo implementar el sistema de distribución de pienso en los pesebres y el enganche al tractor, bien sea en la parte delantera a través de la pala cargadora o en el enganche tripuntal de la parte trasera.

Estos requisitos se pretenden cumplir mediante la implementación de:

- Un tornillo sin fin para la distribución del pienso, desde la parte baja del depósito de la abonadora y accionado por un motor que se conecte a la potencia hidráulica del tractor.
- Una estructura que permita el enganche al tractor por medio de la pala, el cual permitirá tener un mejor control de la altura del utillaje, respecto a las tareas de distribución en el pesebre y llenado en el silo.

4.2 Diseño del sistema mecanizado de distribución de alimento sólido

Los motivos que han favorecido a la aparición de la idea son en primer lugar, la experiencia del equipo de trabajo en el mundo de la maquinaria y la mecánica agrícola. Del mismo modo favorece la configuración de la propia máquina, la cual ya posee un depósito para albergar pienso que será la tolva y su estructura portante para ser suspendida, que ha posibilitado, tras una serie de remodelaciones, configurarla con un nuevo enganche que facilite su manejo.

La capacidad de la tolva es de 1.400 l y el alimento sólido para terneros tiene una densidad media de 750 gr/l. En consecuencia, la capacidad de la tolva será de 1.125 kg, ligeramente

superior a los kilogramos resultantes por el cálculo, ya que siempre se puede añadir más pienso por encima del engrase de la tolva.

En relación al tornillo sin fin se ha realizado un diseño basado en el excedente de tornillo sin fin existente en la explotación, que sobró en la instalación del parque de cría de terneros. Este tornillo sin fin se acopla a un motor hidráulico que accione su eje y que tome la fuerza del aceite hidráulico del tractor. La presión de diseño ha sido la proporcionada por el tractor existente en explotación, en este caso 190 bares. También para facilitar el desempeño y manejabilidad de la máquina se ha incluido en el diseño un codo que dirija el pienso a los pesebres, en dirección de la gravedad. El diseño realizado para el tornillo sin fin de distribución de pienso se muestra en la figura 6.

El segundo reto es conseguir implementar un enganche que permita transportar la máquina acoplada a la pala del tractor. Para ello ha sido necesario diseñar una estructura en el chasis de la abonadora que permita acoplarse a la pala John Deere 1801-4 / XD, la cual es anterior a la norma Euro para acoples de palas.

La estructura para el acople diseñada (figura 7) consiste en una barra cilíndrica superior donde la pala fija a la estructura y un perfil rectangular inferior, de mayor dimensión, que sustenta la carga en voladizo de la pala. También se han incorporado dos perfiles verticales de menor espesor, que sirven de refuerzo para la tolva. Adicionalmente se han diseñado dos perfiles colocados en los laterales de la estructura y dos nervios debajo del sinfín que transmitan esfuerzos a la parte baja del chasis. Teniendo en cuenta los diseños parciales indicados, en la figura 8 y se muestra el diseño completo del nuevo sistema mecanizado de distribución de alimento sólido realizado en el estudio.

Figura 6: Diseño del tornillo sin fin de distribución de pienso (Ayudan, 2019)

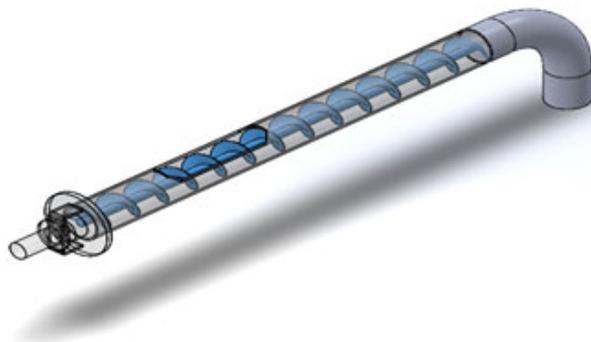


Figura 7: Estructura para el acople a la pala (Ayudan, 2019)

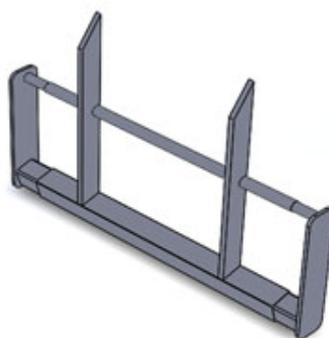
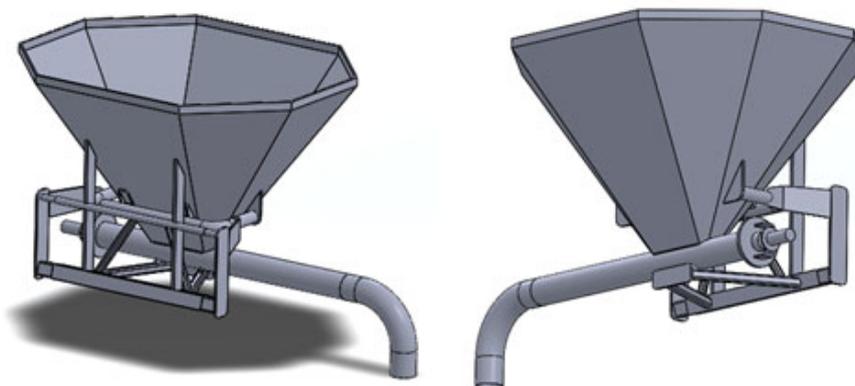


Figura 8: Estructura para el acople a la pala (Ayudan, 2019)



4.3 Análisis numérico del Diseño del sistema

El análisis numérico mediante el Método de los Elementos Finitos (MEF) es una técnica aplicada frecuentemente en el análisis estructural de chasis de semirremolques, camiones y maquinaria (Beermann, (1984); Karaoglu & Kuralay, (2002); Li, Lam & Lee, (2007); Carrera et al, (2010); Miralbes, & Castejon, (2010); Deng et al, (2011); Miralbes, Malon & Castejon (2011); así como en aperos agrícolas (Vidal; 2011; Lim, 2015; Malon, 2016; Malon,2017; Malon 2019)).

En el presente estudio se ha empleado la citada técnica numérica en el análisis numérico del sistema mecanizado de distribución de alimento sólido. Concretamente en el diseño y análisis numérico del sistema ha sido empleado el software SOLIDWORKS.

En la discretización del modelo han sido empleados elementos cuadráticos de alto orden (tetraedros), obtenido un modelo de 137.689 nodos y 69.320 elementos.

El material empleado en la totalidad de los componentes del modelo numérico es acero S275JR. Las propiedades mecánicas de estos aceros han sido obtenidas de la norma EN 10025-2006.

Con el fin de reproducir el comportamiento del sistema de distribución de alimento sólido en el caso de carga a analizar, se han impuesto una serie de condiciones de contorno que reproducen las existentes en la realidad. Concretamente se han restringido los desplazamientos en los cuatro puntos de amarre del sistema con la pala del tractor, dos en los extremos de la barra cilíndrica superior y otros dos en los extremos de la barra rectangular inferior, reproduciendo con ello el amarre real del sistema.

El caso de carga a analizar corresponde al caso de carga máxima de la tolva con el alimento sólido. Como se he indicado, la capacidad de la tolva se ha considerado de 1.125 kg, valor ligeramente superior al teórico para una tolva de 1.400 l, y una densidad del alimento sólido de 750 gr/l, ya que siempre se puede añadir más pienso por encima del enrase de la tolva. En el estudio numérico ha sido aplicada una fuerza de 11.250N distribuida en las paredes internas de la tolva, en combinación con la gravedad.

Una vez que el modelo de elementos finitos del nuevo sistema mecanizado distribución de alimento sólido a analizar ha sido definido completamente (mallado, materiales, condiciones de contorno y caso de carga), se procede a realizar los cálculos numéricos del caso de carga a estudiar. Al analizar los resultados se obtiene que las tensiones equivalentes de Von Mises máximas presentan un valor de 109,11MPa, como se muestra en la figura 9. Este valor de tensión de Von Mises indica que el coeficiente de seguridad con respecto al límite

elástico del diseño del sistema mecanizado estudiado es superior a 2,5 en la totalidad de los componentes.

En referencia los desplazamientos obtenidos, el valor máximo de obtiene en la parte superior frontal de la tolva, donde se alcanza un desplazamiento máximo de 1,28mm (figura 10).

Estos resultados permiten concluir que el diseño del nuevo sistema mecanizado distribución de alimento solido no presenta problema según los criterios de rigidez y resistencia.

Figura 9: Tensiones equivalentes de VonMises (MPa) (Ayudan, 2019)

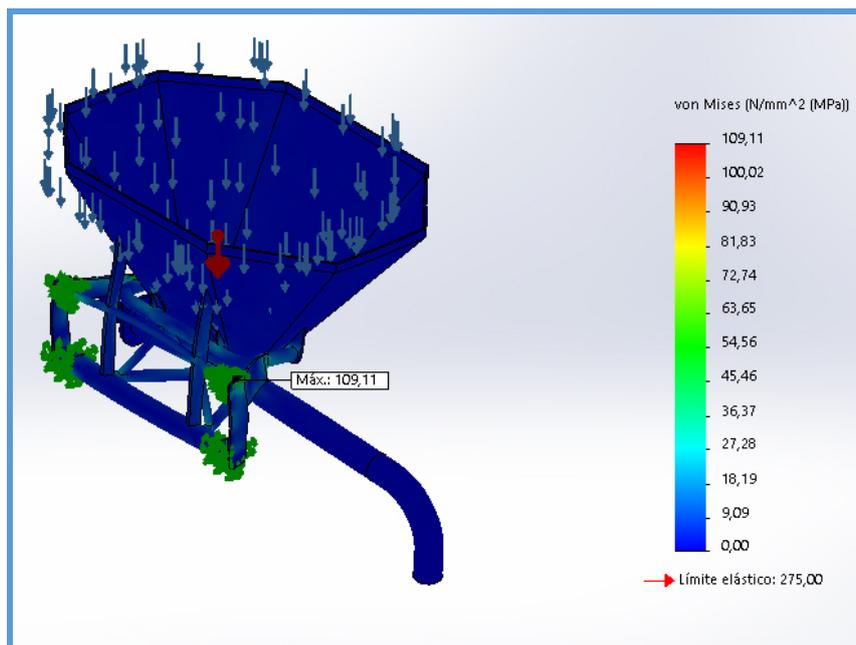
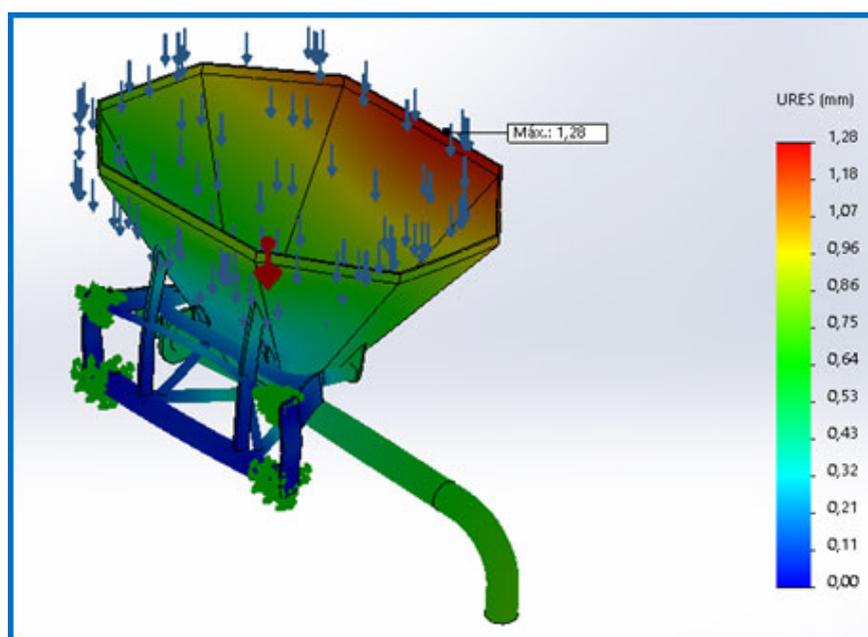


Figura 10: Desplazamientos (mm) (Ayudan, 2019)



4.4 Desarrollo del sistema mecanizado de distribución de alimento sólido

Una vez se ha comprobado que el diseño del sistema mecanizado no presenta problemas frente a los criterios de rigidez y resistencia, se ha procedido al desarrollo del prototipo.

En las figuras 11.a y 11.b se muestran en detalle la estructura de acople al tractor desarrollado, mostrándose en las imágenes el sistema mecanizado de distribución de alimento sólido acoplado a la pala del tractor.

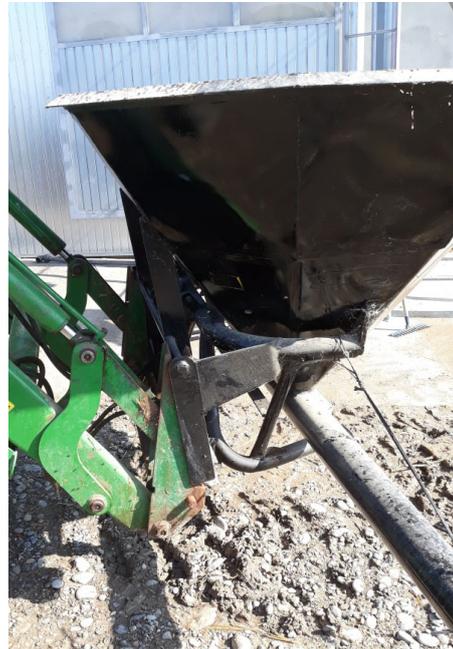
Por otro lado, en la figura 11.c se muestra un detalle del interior de la tolva del sistema, en la cual se ve el tornillo sin fin del sistema distribuidor en la ranura central del fondo de la tolva. La figura 11.d, muestra un detalle del motor hidráulico que acciona el tornillo sin fin del sistema distribuidor del alimento sólido

Figura 11: Detalles del sistema mecanizado

12.a. Estructura de acople I



11.b. Estructura de acople II



11.c. Tornillo sin fin



11.d. Motor hidráulico



Por otro lado, en las figuras 12.a y 12.b se muestra el prototipo completo del nuevo sistema mecanizado de aplicación de alimento sólido para terneros. Concretamente en la figura 12.a se muestra el sistema desacoplado, lo que permite ver tanto la estructura de acople al tractor desarrollada, como el sistema de distribución de alimento sólido mediante tornillo sin fin. En el caso de la figura 16 se muestra el sistema acoplado en el frontal del tractor mediante la pala.

Con el prototipo desarrollado, se han llevado a cabo una serie de pruebas de funcionalidad durante varios días, la cuales han dado como resultado que el tiempo medio empleado para la distribución de la comida sólida es de 10 minutos lo que supone un ahorro de 20 minutos con respecto al trabajo realizado de forma manual, sin soslayar la mejora en las condiciones de trabajo del ganadero al mecanizar el proceso.

Figura 12: Sistema mecanizado de distribución de alimento sólido

12.a. Vista posterior



12.b. Vista frontal



5. Conclusiones

En el trabajo se ha estudiado la mecanización del proceso de suministro de alimento sólido para terneros de una granja, con capacidad para 240 terneros.

Como resultado se ha obtenido un nuevo sistema mecanizado para el suministro de alimentos sólidos para terneros, mediante la modificación de una abonadora suspendida existente en la explotación que estaba en desuso.

En el proceso de diseño se han empleado técnicas numéricas basadas en el Método de los Elementos Finitos. Mediante la aplicación de estas técnicas ha sido posible obtener resultados de tensiones equivalentes de Von Mises y desplazamientos, los cuales han permitido verificar el correcto diseño según criterios de rigidez y resistencia.

El desarrollo del nuevo sistema mecanizado para el suministro de alimento sólidos ha permitido obtener una reducción del tiempo necesario en alimentar a los terneros del 66%, pasando de 30 minutos con el sistema manual empleado previo al estudio a los 10 minutos empleados con el nuevo sistema mecanizado desarrollado.

No se puede soslayar la mejora obtenida en términos de confort y bienestar del ganadero, pasar de una labor manual, transportando un carretón con una capacidad de 70kg de pienso hasta los pesebres, donde se depositaba el pienso mediante cubos, a un sistema mecanizado controlado desde cabina del tractor.

Para finalizar, indicar que el trabajo realizado se ha centrado en una explotación concreta, si bien, el trabajo realizado es fácilmente reproducible en cualquier otra instalación donde se requiera suministro de pienso.

5.1 Limitaciones y futuras líneas

La limitación del estudio realizado es el propio objetivo, el cual pretende dar solución a un problema concreto de una instalación determinada. Por ello, del trabajo mostrado no se puede obtener una línea de investigación, sino una línea de acción, la cual permita dar soluciones concretas a casos particulares, valorizando aperos y materiales existentes en explotaciones agrarias y ganaderas.

Por otro lado, la aplicación de técnicas numéricas mediante el Método de los Elementos Finitos (MEF) o la Dinámica de Fluidos Computacional (CFD) en el diseño, optimización y desarrollo de nuevos equipos y aperos innovadores para el sector agroalimentario, sí que debe ser considerada, y es, una línea de investigación con un gran futuro en el sector.

Referencias

- Angosto Jativa, N. (2020). Análisis y optimización del diseño actual de un cazo cargador de cereal. Trabajo Final de Máster. Universidad de Zaragoza. Zaragoza.
- Ayudan C. Mejora de la eficiencia en una explotación de terneros de cría mediante la mecanización del suministro de alimento. Trabajo Fin de Grado. Universidad de Zaragoza. (2019)
- Beermann, H.J. (1984) Static Analysis of Commercial Vehicle Frames –A Hybrid Finite-Elements and Analytical Method. *International Journal of Vehicle Design* 5(1–2) pp 26–52.
- Carrera, M. Castejon, L. Miralbes, R. et al. (2010) Behaviour IA Rear Underrun Protection System on Car-to-Tank Vehicle Impact Used for Fuel Transportation, *“International Journal of Heavy Vehicles Systems”* 17(3–4). pp. 199–215.
- Deng, Y.D. Wang, J. Wen, Y. et al. (2011). The Static and Dynamic Characteristics Study of Aluminum Tank Semitrailer. *2nd International Conference on Manufacturing Science and Engineering. Manufacturing Process Technology*, PTS 1–5 Book Series: Advanced Materials Research, Volume 189–193, pp. 2233–2237.
- Garcés Usán, E. (2020). Análisis comparativo del diseño de palas cargadoras para tractor en función del material de fabricación. Trabajo Final de Máster. Universidad de Zaragoza. Zaragoza.

- González-Yebra, Óscar, Aguilar, M. A., & Aguilar, F. J. . (2019). A first approach to the Design Component in the agri-food industry of southern Spain. *Revista De La Facultad De Ciencias Agrarias UNCuyo*, 51(1), 125–146.
- González-Yebra, Ó., Aguilar, M.A., Aguilar, F.J. (2019). Is the Design a Vector to be Considered in the Agri-food Industry? An Interprofessional Analysis in Andalusia (Spain). In: Cavas-Martínez, F., Eynard, B., Fernández Cañavate, F., Fernández-Pacheco, D., Morer, P., Nigrelli, V. (eds) *Advances on Mechanics, Design Engineering and Manufacturing II. Lecture Notes in Mechanical Engineering*. Springer, Cham
- Karaoglu, C. & Kuralay, N.S. (2002). Stress Analysis of a Truck Chassis with Riveted Joints. *Finite Elements in Analysis and Design* 38(12), pp1115–1130.
- Li, M.H. Lam, F. & Lee, G. (2007). Structural Assessment of Van Trailer Floor Systems with Aluminium Frame and Wood Decking. *International Journal of Heavy Vehicles Systems* 14(2). pp 216–226.
- Lim G. S. & Lee B. Y., “Study on the impact analysis of front loader for tractor,” *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, vol. 16, no. 8, pp. 5051–5059, 2015
- Malón H., Aguirre A., Boné A., Vidal M. and García-Ramos F. “Design and testing of an agricultural implement for underground application of rodenticide bait,” *Sensors*, vol. 15, no. 1, pp. 2006–2020, 2015.
- Malon, H. Garcia-Ramos, F.J., Vidal, M. & Bone, A. (2016) Design and optimization of a chassis for an Air-assisted Sprayer with two fans using the Finite Element Method. *Project Management and engineering research*. DOI: 10.1007/978-3-319-26459-2_8
- Malon H., Ayuda A., Garcia-Ramos, F.J., Vidal, M. & Cuartero J. Application of Low-Cost Sensors for the Development of a Methodology to Design Front-End Loaders for Tractors. *Journal of Sensors*. Volume 2020, Article ID 3504389, 13 pages. <https://doi.org/10.1155/2020/3504389>
- Martín Ramos, P. (2017). Diseño y dimensionamiento de alojamientos para rumiantes: vacuno de leche. Instalaciones en explotaciones agropecuarias. EPSH, Huesca.
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (2º Edición, 2007). Guías de prácticas correctas de higiene vacuno de cebo. Madrid: Secretaría General Técnica, Centro de publicaciones.
- Miralbes, R. & Castejon, L. (2010). Fatigue Design of Tanker Semi-Trailers, *Dyna* 85(6). pp. 480–488.
- Miralbes, R. Malon, H & Castejon L. (2011) Diseño de accesorios para el acoplamiento en carretillas manipuladoras: plumines y portapalets. En: *Libro de resúmenes del XV International Congress on Project Engineering*. ISBN 978-84-615-4542-1
- Nadal Castejón, J. (2018). Análisis del diseño inicial de un rastrillo hilerador para empacadora. Trabajo Final de Máster. Universidad de Zaragoza. Zaragoza.
- Royo Abadía, M. (2022). Diseño y optimización de una Grada de Discos. Trabajo Final de Grado. Universidad de Zaragoza. Zaragoza
- Vidal, M. Bone, A. Garcia-Ramos, F.J. Malon, H & Villacampa, R.(2011) Desarrollo de máquina para la aplicación localizada de cebo rodenticidas en parcelas agrícolas. En: *Libro de resúmenes del XV International Congress on Project Engineering*. ISBN 978-84-615-4542-1
- Yagüe, J. L. (1972). La lactancia de los terneros. *Publicaciones de extensión agraria*, núm 19-72 H, 16.

**Comunicación alineada con los
Objetivos de Desarrollo Sostenible**

