

Automatización de un dosificador de alimento concentrado para ganado bovino

Automation of a concentrated feed dispenser for cattle

Luis Enrique Soto Chávez

<https://orcid.org/0000-0001-8854-6881>

luis.sotoc@ug.edu.ec

Universidad Estatal de Guayaquil

Resumen

El ganado ha formado parte fundamental en el desarrollo de las sociedades desde comienzos de la humanidad. La importancia de un ganado bovino en buenas condiciones permite obtener el sustento alimenticio a muchos hogares. Para lograr este cometido es necesario una buena alimentación la cual se basa en la calidad del mismo y la cantidad la cual depende del peso y edad de la vaca o ternero. En la mayoría de las instalaciones ganaderas existe pérdida económica porque la dosificación se hace a nivel manual o a través de un equipo electromecánico, suministrando comidas que no están acordes al tipo de animal. Es por ello, que la automatización juega un papel importante en la puesta en marcha de un sistema confiable y seguro. Por lo cual, esta investigación tiene como objetivo general analizar la automatización de un dosificador de alimento concentrado para ganado bovino. La metodología empleada se basó en técnicas de tipo documental y bibliográfica. Los resultados se basaron en el análisis de características mecánicas del dosificador, componentes electrónicos necesarios para la automatización y el sistema automatizado del dosificador de alimento concentrado. Como conclusión, se utilizó un PIC16f877 como medio de control del sistema la cual permite la interacción entre el hombre y la máquina a través de una interfaz, así como también recibe las señales de los sensores de nivel, peso y presencia para que analice y envíe las señales a los actuadores eléctricos y motores que permiten dos funciones: una que el tornillo sinfín desplaza el alimento, abra la boca de salida, esta cae en tolvas para que sea pesado según el tipo animal bovino y al obtener el peso acordado abra las compuertas y caiga el alimento en el comedero, y otra que determine el nivel de alimento en la tova de almacenamiento.

Palabras Clave: alimento, ganado bovino, dosificación, automatización

Abstrac

Livestock has been a fundamental part of the development of societies since the beginning of humanity. The importance of cattle in good condition allows many households to obtain their livelihood. To achieve this goal, a good diet is necessary, which is based on its quality and quantity, which depends on the weight and age of the cow or calf. In most livestock facilities there is an economic loss because the dosage is done manually or through electromechanical equipment, supplying food that is not in accordance with the type of animal. For this reason, automation plays an important role in the implementation of a reliable and safe system. Therefore, this research has the general objective of analyzing the automation of a concentrated feed feeder for cattle. The methodology used was based on documentary and bibliographic techniques. The results were based on the analysis of the mechanical characteristics of the dispenser, the electronic components necessary for automation, and the automated system of the concentrated feed dispenser. In conclusion, a PIC16f877 was used as a means of control of the system which allows the interaction between man and machine through an interface, as well as receiving the signals from the level, weight and presence sensors for analysis and sending the signals to the electric actuators and motors that allow two functions: one that the worm screw displaces the food, opens the outlet, it falls into hoppers to be weighed according to the type of bovine animal and when obtaining the agreed weight, open the gates and the food falls into the trough, and another that determines the level of food in the storage tank.

Keywords: feed, cattle, dosing, automation

Introducción

Uno de los principales animales que el hombre empezó a explotar, pero en la figura de cría, desarrollo y producción ha sido el ganado bovino. Estos animales pueden ofrecer distintos alimentos necesarios para el desarrollo del individuo. De aquí su importancia en sus etapas de formación. La procedencia de estos animales proviene de la llegada de los españoles a América. El bovino criollo americano desciende directamente de los animales que llegaron

en el segundo viaje de Colón en 1493, a la isla denominada La Española, hoy asiento de la República Dominicana y Haití. (Primo, 1992).

El ganado es un conjunto de animales que el hombre explota para su provecho. El término se aplica generalmente para mamíferos. En la actualidad, la cría selectiva mediante líneas puras y unida a una alimentación cuidadosamente estudiada y unas normas estrictas de higiene, produce razas muy especializadas de gran rendimiento. El ganado bovino está compuesto de toros y vacas. (VISOR, 1999, pág. s/p)

Una de las principales razas que se encuentran en este continente es el ganado Cebú. Es reconocido por su habilidad para adaptarse a las condiciones del trópico que se encuentran restringidas para muchas razas de ganado *Bos Taurus* (Espinoza Villavicencio, Ceró Rizo, Guerra Iglesias, Palacios Espinosa, Domínguez Viveros, & González-Peña Fundora, 2015). Existen otros tipos de razas en América donde sus características son fundamentales para el desarrollo de las mismas y de los sistemas productivos creados por el hombre. Estas se detallan en la Tabla 1.

Tabla 1.

Características comunes en las razas bovinas en América Latina

Mansedumbre natural, excepto la raza Casanare de Colombia.
Predominio de una sola capa de pelo de color entre amarillo claro y rojocereza, excepto la raza BON en Colombia, las criollas de Argentina, Uruguay y la <i>Crioula Lageana</i> en Brasil.
Cabeza con cuernos, excepto la raza Romosinuano en Colombia, el Mocho Nacional y el Caracú, variedad mocha en Brasil.
Sobresalientes en fertilidad, habilidad materna y longevidad.
Piel bien pigmentada y ombligo corto.
Desprendimiento alto de la cola.
Dorso de apariencia ensillada, excepto la raza Casanare de Colombia.
Partos normales y terneros fuertes al nacimiento.
Toros sexualmente activos.
Alto vigor híbrido en cruces con Cebú.

Fuente: (Primo, 1992)

Existen parámetros de productividad en el ganado los cuales están influenciados por el costo de operación. Estas se miden a razón de dos factores como el porcentaje de terneros destetados y el desempeño productivo del ternero, donde esta última se considera las características de crecimiento, como el peso corporal, medidas en la fase inicial del desarrollo del animal (Zapata, Garay, & Restrepo, 2007).

Para obtener un peso acorde a los estándares ganaderos, para con el ternero después del destete, se debe optar por una alimentación balanceada. Indistintamente del tipo de alimento

un factor importante son los minerales presentes. Estos son esenciales como cualquier nutriente y que dirigen como catalizadores todas las reacciones orgánicas del organismos, por lo que influyen en el estado del animal y cualquier variación puede alterar los rendimientos (Ciria, Villanueva, & Ciria, 2005).

Uno de las consideraciones a la hora de elaborar los productos alimenticios para el ganado bovino es la utilización de subproductos agroindustriales. Este uso de los desechos o remanentes agroindustriales ha resultado ser una excelente opción como alternativa de solución, y se han generado muchos estudios como fuentes de alimentación alternativa (Triana, Leal, Campo, & Lizcano, 2014).

Es por ello, la importancia de la alimentación balanceada en el ganado bobino. Una parte importante en este desarrollo son los sistemas de dosificación. Esto tiene un significativo costo debido a que obliga a equilibrar nutricionalmente las raciones, con la certidumbre de que se obtendrán los resultados esperados en los ámbitos productivo, reproductivo y estado sanitario general (Anrique, 2014).

Se den tomar en cuenta algunos aspectos en la alimentación del ganado bovino para su correcta dosificación. En la Tabla 2 se detalla los problemas más habituales en este sector ganadero.

Tabla 2.

problemas más habituales en este sector ganadero al momento de la alimentación.

Cantidad inexacta de alimento suministrado a cada animal. En caso de que se aporte más de la cantidad necesaria de alimento diario, este excedente no es asimilado por el organismo del animal y por lo tanto no contribuye en aumento de peso extra en el animal. Por otra parte, si se aporta menos cantidad que la requerida o la recomendada por el fabricante del alimento, trae consecuencias negativas en el desarrollo del animal y por ende se va a requerir más tiempo para que el animal alcance el peso ideal, lo cual se verá reflejado en la rentabilidad del negocio.

Una manipulación inadecuada del alimento, lo cual no es muy recomendable en la explotación de animales destinados al consumo humano, porque además de que origina problemas de salud en el animal durante su crianza que impide un desarrollo eficiente, puede transmitir enfermedades a sus consumidores o que han tenido que ser sometidos a tratamientos veterinarios.

Estrés en los animales a la hora de comer. Esto se debe a que los animales que están alojados en diferentes corrales, no son alimentados al mismo tiempo debido a que una persona está encargada de atender varios de estos corrales. En granjas muy grandes, esta es una actividad que puede llevar de 30 a 90 minutos, dependiendo de la cantidad de personal asignado a esta tarea.

Elevados costos de mano de obra directa, debido a la gran cantidad de personal demandada por esta actividad.

Fuente: (Cadena Flórez, 2007)

Otro aspecto a considerar es el tiempo de ordeño de las vacas. Esto con el fin de que sean alimentadas al mismo tiempo que a la hora del ordeño. El proceso se realiza durante todos los días de la semana, en dos jornadas, en la mañana a las 05:00 am y en la tarde a las 13:00 pm, con un tiempo de duración promedio de 2 horas por ordeño (Lascano Andaluz & Costales Balladres, 2017).

Con estas situaciones a tomar en cuenta, es necesario establecer un sistema seguro para la alimentación del ganado bovino. Existe diversidad de mecanismos para la transportación de productos, los cuales se manejan bajo las diferentes necesidades de un proceso, es decir que la elección del mecanismo dependerá de los diferentes parámetros que intervienen en un determinado proceso (Sampedro, Reyes, Pérez, Chávez, & Núñez, 2018).

Uno de esos mecanismos que dan garantía de una alimentación adecuada en proporción al peso del ternero es el dosificador. Estos tienen como función primordial proveer de producto en una cantidad determinada, en función de la unidad de tiempo, de tal manera que no arroje ni desperdicie material ya que esto incurre en aumento del coste en el producto final (MOYA BEJARANO, 2016). En la Figura 1 se detalla un dosificador de alimento.

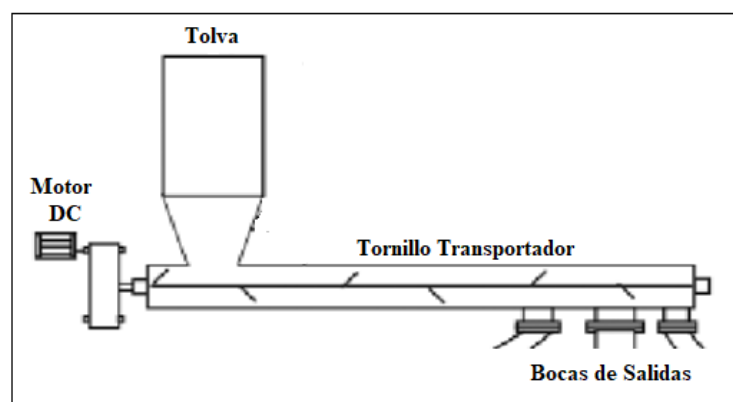


Figura 1. Dosificador de alimento. Fuente: (Briceño, 2017)

Por lo cual, con este sistema busca obtener una alimentación acorde a las necesidades del ganado bovino, pero dejaría abiertas las posibilidades de mejora debido a que la cantidad de alimento depende del peso o edad de la vaca o ternero. Esto permite una mayor producción tanto de leche como de otros derivados. Al mismo tiempo, se convierte en una necesidad aplicar lógica de control en los sistemas y/o automatizarlos, recordando que la automatización es la ciencia tecnológica que involucra sistemas de computación y electrónica

(Rivera Armijos, 2002). El operador solo introducirá en la interfaz el tipo de animal, ternero o vaca, para que el sistema empiece a suministrar, de manera inteligente, el alimento necesario.

Por lo tanto, esta investigación tiene como objetivo general analizar la automatización de un dosificador de alimento concentrado para ganado bovino. La metodología empleada se basó en técnicas de tipo documental y bibliográfica.

Método

La metodología empleada en el desarrollo de esta investigación se basó en una estructura de tipo documental y bibliográfica a través de la implementación y técnicas o herramientas como textos, documentos y artículos científicos publicados disponibles en la web. Para lograr el procedimiento experimental se utilizó un desarrollo de objetivos los cuales permitieron definir la importancia del alimento en el ganado bovino, especificar los equipos dispensadores de alimentos, describir las partes que conforman el equipo y desarrollar la automatización de un equipo dosificador de alimento concentrado.

Resultados

Se debe evaluar todas las variables que estén involucradas en la producción de algún producto procedente del ganado bovino. La alimentación del ganado es un factor importante en la explotación ganadera ya que permite expresar el máximo potencial productivo de cada animal y garantiza la calidad del producto obtenido. Además, la alimentación es el factor que más influye en los costos de producción.

Este alimento le proporciona, al animal, la energía y masa corporal necesaria para el crecimiento para el ternero, así como también por lo que pierde a la hora del ordeño, por parte de la vaca, de manera que al proporcionarle una buena alimentación ayudará a mantener

el rendimiento de la producción de leche, la reproducción y la salud de sus crías, porque así cada animal recibirá el alimento exacto y necesario que este debe adquirir.

El dosificador permite solo otorgarle el alimento sin determinar la cantidad exacta por cada bovino. Para cada peso, hay una cantidad de alimento necesario. Esto produce pérdida por desperdicio de alimento, cuando en el comedero esta el ternero o una falta de alimento cuando esta la vaca de ordeño. A su vez ocasiona un estrés entre los trabajadores que están a su cuidado.

De esta problemática nace la necesidad de automatizar el sistema dosificador con el fin de que el alimento sea acorde con el tipo de ganado bovino, esto basado en el peso y edad del animal y así evitar pérdidas económicas y estrés laboral. A continuación, se describe el desarrollo de esta investigación:

Características Mecánicas del dosificador de alimento concentrado.

Se realizó un análisis al equipo a través de los diversos componentes mecánicos que la conforman. Estos corresponden a la tolva de almacenamiento, camisa del tornillo sin fin, cinta helicoidal del tornillo transportador, bocas de salida y la estructura metálica de soporte, las cuales se muestran en la Figura 2.

Se realizaron los cálculos mecánicos a través de las dimensiones y materiales que esta conformado el equipo. Esto con el fin de poder obtener la potencia requerida para desplazar el alimento, así como también el peso de la estructura con el objeto de determinar el factor de seguridad del equipo, el cual permitirá que la misma no falle por el peso de sus componentes más lo agregados para la automatización. En la Figura 3 se detalla el diseño del sistema dosificador de alimento concentrado para ganado bovino.

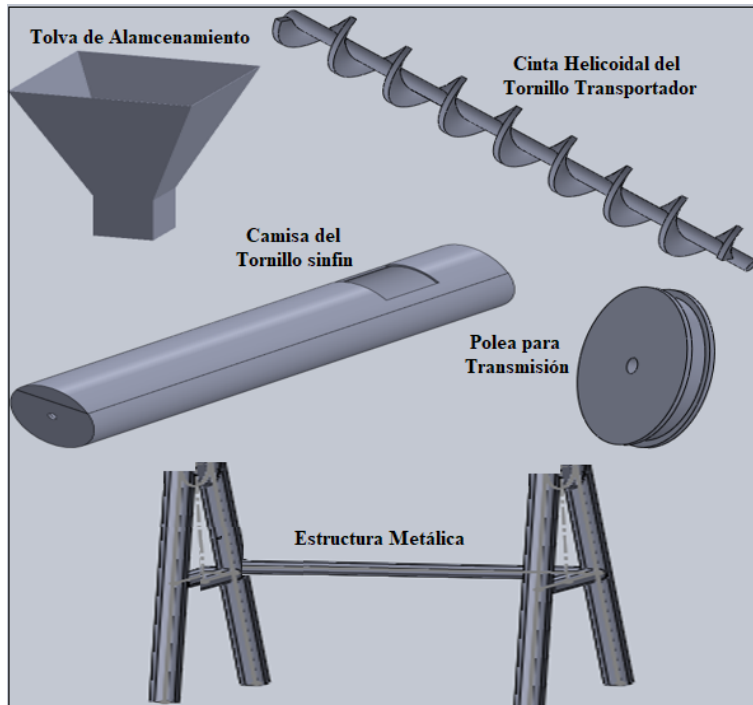


Figura 2. Partes que conforman el sistema mecánico del dosificador de alimento concentrado. Fuente: (Briceño, 2017)

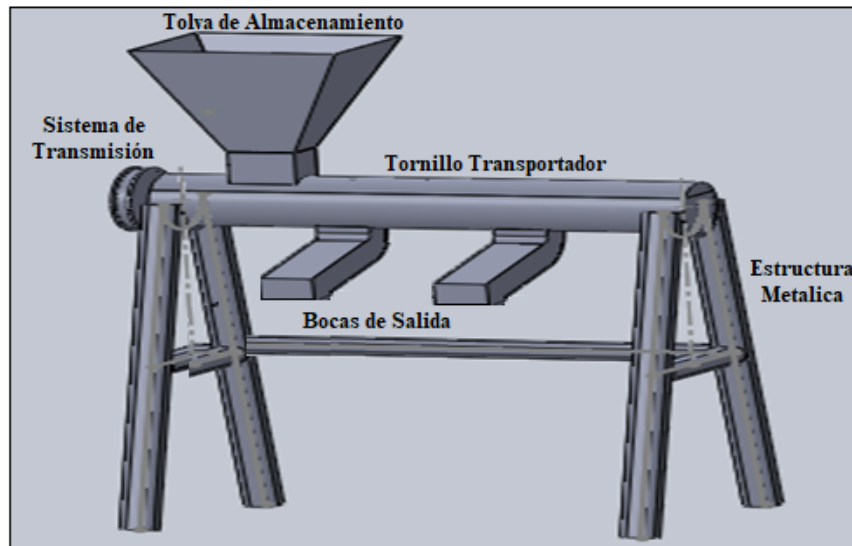


Figura 3. Diseño mecánico del sistema dosificador de alimento concentrado para ganado bovino. Fuente: (Briceño, 2017)

El funcionamiento del equipo se describe de la siguiente manera: el trabajador coloca el alimento concentrado en la tolva de almacenamiento, luego enciende el motor AC a través de un interruptor ubicado en la misma estructura metálica. A través del sistema conformado

por la polea y correa le transmite movimiento a la cinta helicoidal. En la camisa del tornillo hay una boca que permite la entrada del alimento que se encuentra dentro de la tolva de almacenamiento. La cinta helicoidal desplaza la comida hasta las bocas de salida que están cercanas al comedero de las vacas. El trabajador controla la cantidad de comida que llega al comedor pulsado off al motor AC.

Componentes electrónicos a utilizar en la automatización del dosificador.

Para la automatización del equipo dosificador es necesario tomar en cuenta ciertos equipos electrónicos y de control que permitirán lograr dicho objetivo. Para lograr la conjunción de la parte mecánica con la parte electrónica y de control es necesario la determinación de los actuadores eléctricos.

Los principales componentes eléctricos son los solenoides, relevador y motores DC. Las válvulas de solenoide se utilizan para controlar el flujo de fluidos en sistemas hidráulicos o neumáticos, en el cual una corriente pasa por el devanado y al hacerlo, abre o cierra puertos que controlan el flujo de fluido (Bolton, 2005). Este se puede detallar en la Figura 4.

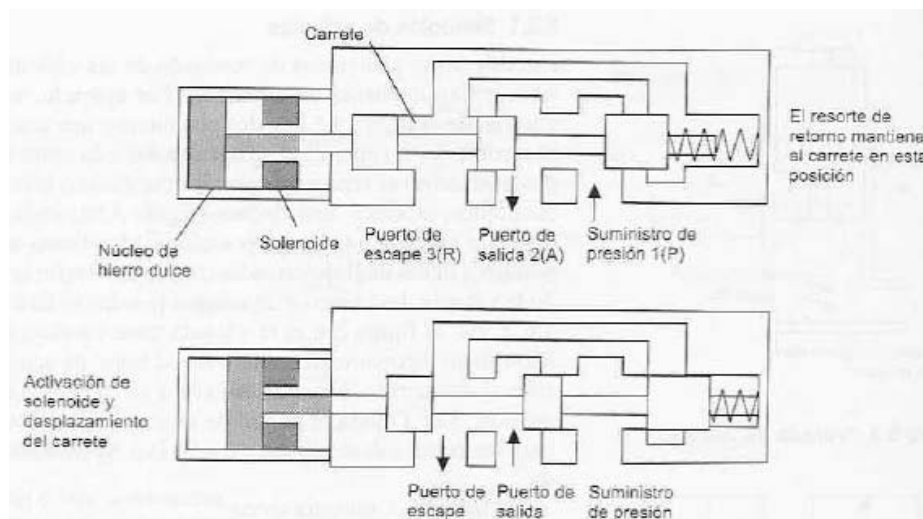


Figura 4. Funcionamiento del solenoide. Fuente: (Bolton, 2005)

Los relevadores eléctricos tienen una función sencilla de acción encendido o apagado. El funcionamiento consiste en que al pasar una corriente por el embobinado de alambre hace que

un brazo movable, que es la armadura, produzca la apertura y cierre de los contactos, que por lo general son distintos (Bolton, 2005). En la Figura 5 se ilustra el principio de funcionamiento.

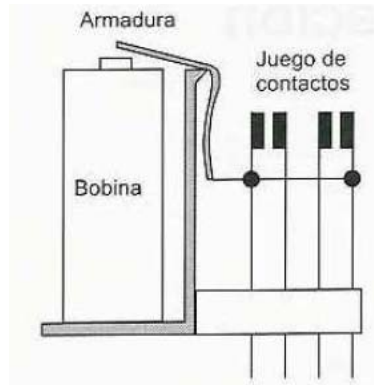


Figura 5. Principio de funcionamiento del relevador.
Fuente: (Bolton, 2005)

Los motores DC son parte fundamental en el desarrollo de los sistemas de control. Su funcionamiento parte de una corriente que pasa por un devanado, las fuerzas resultantes ejercidas en sus lados y en ángulo recto al campo provocan fuerzas que actúan a cada lado produciendo una rotación (Bolton, 2005). Su estructura interna se describe en la Figura 6.

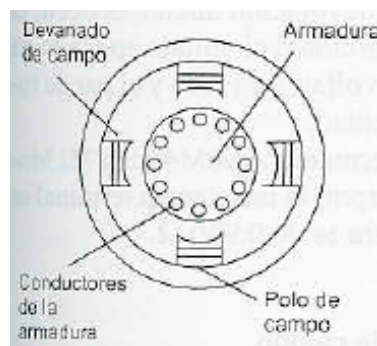


Figura 6. Motor DC. Fuente: (Bolton, 2005)

De la misma forma, los componentes electrónicos utilizados en el desarrollo de la automatización corresponden a fuente de alimentación, así como también los sensores de peso, nivel y de movimiento. Las fuentes de alimentación se encargan de entregar valores de tensión eléctrica acordes a los equipos electrónicos a utilizar. Esta se puede visualizar en la Figura 7.

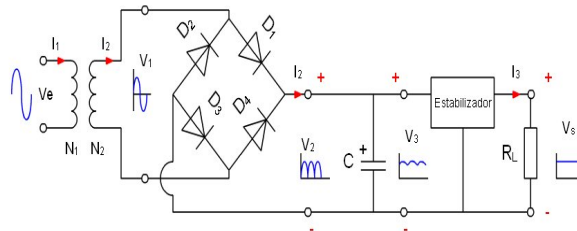


Figura 7. Fuente de alimentación. Fuente: (Bolton, 2005)

Los sensores de peso, presencia y nivel van a determinar la cantidad de alimento por animal, la presencia del mismo y la cantidad de alimento que dispone la tolva de almacenamiento. Para el peso del alimento se utilizó una galga extensiométrica, la cual se muestra en la Figura 8.

La galga extensiométrica metálica consiste de un cable muy fino, más comúnmente, una hoja metálica organizada en un patrón de rejilla. El patrón de rejilla maximiza la cantidad de cable metálico, o de hoja, sujeto a tensión en la dirección paralela. La grilla se une a un delgado respaldo, denominado el portador, el cual se sujeta directamente al espécimen de prueba. Por tanto, la tensión experimentada por el espécimen de prueba se transfiere directamente a la galga extensiométrica, la cual responde mediante un cambio lineal en la resistencia eléctrica. (HERRERA GAITÁN & VERGARA SALAMANCA, 2011, pág. 23)

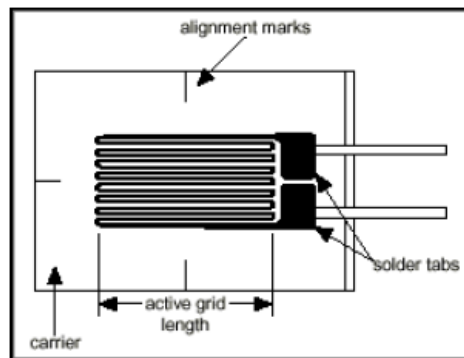


Figura 8. Galga extensiométrica. Fuente: (HERRERA GAITÁN & VERGARA SALAMANCA, 2011)

El sensor de presencia es utilizado para detectar si la vaca está frente al comedero. Para poder llevar a cabo su función el LED infrarrojo y el fototransistor están ubicados de tal forma que el fototransistor siempre recibe la emisión infrarroja, manteniéndose en corte, pero una vez el haz de luz es interrumpido, este pasa a saturación (Montes Cortez & Fonseca Solórzano, 2013).

El sensor de nivel busca determinar el nivel del alimento concentrado en la tolva de almacenamiento con el fin de que en la misma siempre se encuentre al máximo. El circuito del sensor de nivel se detalla en la Figura 9.

Consta de cuatro resistencias para la protección de los elementos más importantes del circuito los cuales son dos transistores y los electrodos que son en si el sensor de nivel. Dos diodos LED para indicar el nivel en que se encuentra y una compuerta NOT para permitir un mejor funcionamiento del sensor. (Montes Cortez & Fonseca Solórzano, 2013, pág. 59)

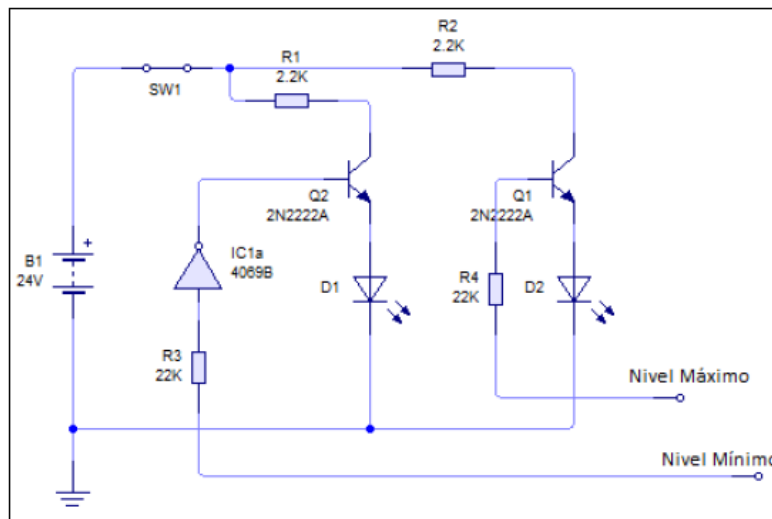


Figura 9. Circuito del sensor de nivel. Fuente: (Montes Cortez & Fonseca Solórzano, 2013)

El sistema de control esta dominado por un microprocesador. El microcontrolador consiste en la integración en un chip de un microprocesador con memoria, interfases de entrada y salida y otros dispositivos periféricos como temporizadores (Bolton, 2005). En la Figura 10 muestra el diagrama de bloques de un microprocesador.

Sistema automatizado del dosificador de alimento concentrado.

Para la realización de la automatización en el equipo dosificador de alimento concentrado se partió de la realización de módulos electrónicos y de control utilizados. Dentro del módulo electrónico está el diagrama de la fuente de alimentación y de los sensores de peso, presencia y nivel utilizados.

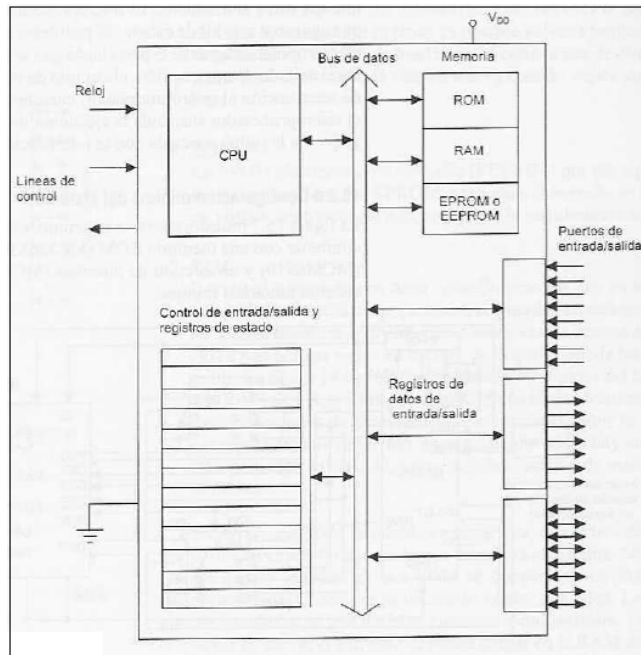


Figura 10. Diagrama de bloques de un microprocesador. Fuente: (Bolton, 2005)

Para el desarrollo del pesado se realizó el diseño, cálculo y fabricación de tolvas en las bocas de salida del dosificador con el fin de controlar el peso el alimento según el animal que este en la jaula. Dentro de estas tolvas de alimentación se encuentra el sensor de peso en el cual, al momento de realizar el pesaje abrirá la compuerta para que el alimento caiga en el comedero.

Así, el módulo de la fuente de alimentación se encarga de suministrar la energía eléctrica necesaria para el sistema, dependiendo de las familias que se esté utilizando, si es TTL 5V, si es CMOS 12V, además de aportar los voltajes para cada uno de los componentes electrónicos y eléctricos que integren este sistema. El diagrama se detalla en la Figura 11.

En los módulo de sensores se encuentra el sensor ultrasónico El HC-SR04 el cual está empleado en la tolva de almacenamiento con el objetivo de enviar señales que indiquen al microcontrolador el nivel; este sensor no sólo puede detectar si un objeto se presenta, como un sensor PIR (Passive Infrared Sensor), sino que también puede sentir y transmitir la distancia al objeto; este funcionara de manera que pueda enviar una señal cuando la tolva este nivel bajo es decir que este indicara al operario cuando le falte alimento a la tolva para que sea llenada nuevamente y no falte alimento.

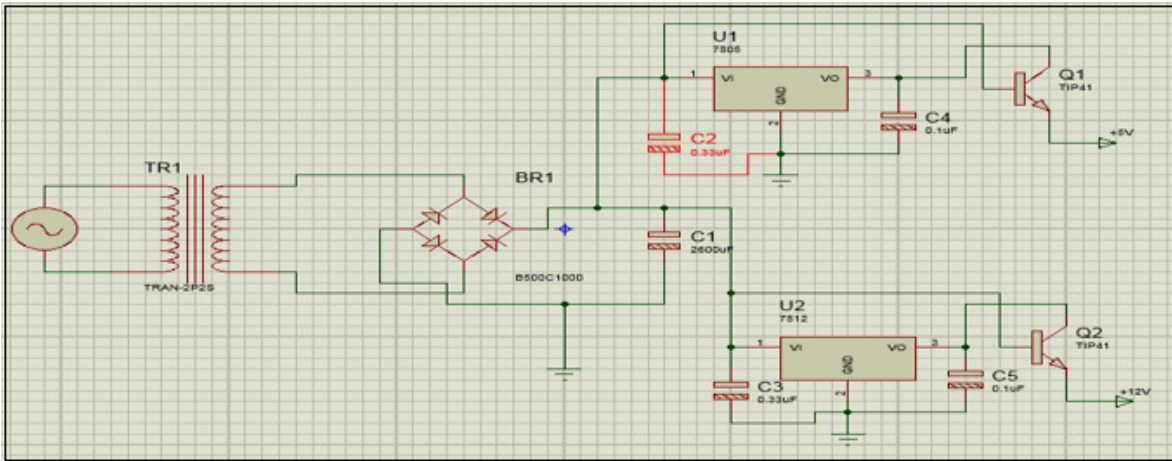


Figura 11. Circuito de la fuente de alimentación. Fuente: (Briceño, 2017)

Luego cuando el alimento concentrado del animal ya este pesado (dosificado) de acuerdo a los datos que el operario suministro a través del teclado matricial este se encargara de enviar una señal a las compuertas para que estas se cierren o abran para que sea dispensado en cada uno de los comederos. Para el módulo de sensores se tiene la Figura 12 que visualiza los sensores de peso y nivel y la Figura 13 que muestra el circuito del sensor de presencia.

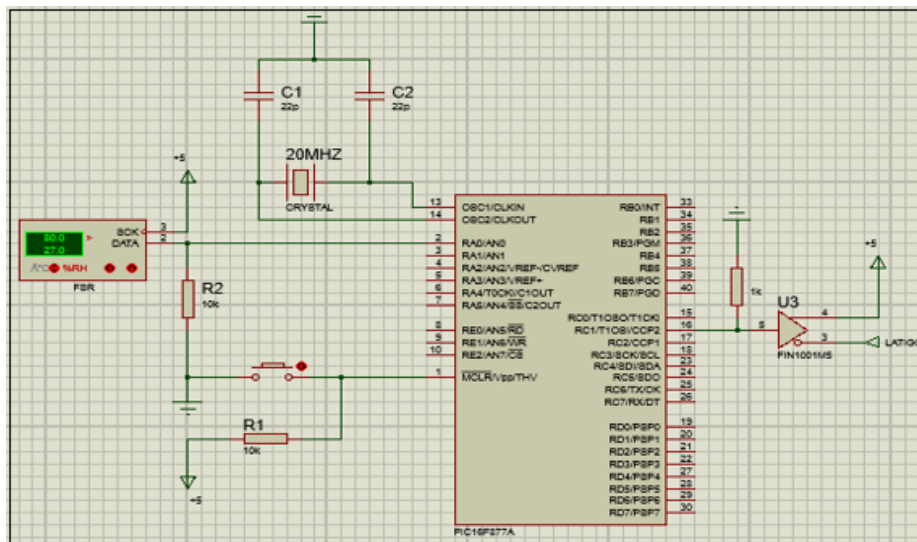


Figura 12. Circuito de los sensores de peso y nivel. Fuente: (Briceño, 2017)

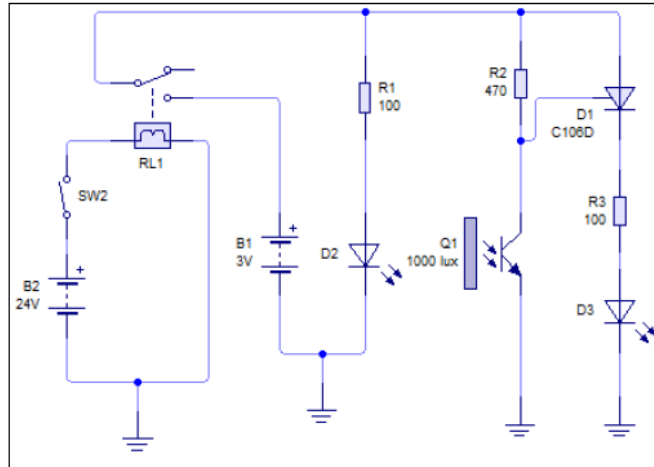


Figura 13. Circuito de un sensor de presencia.
Fuente: (Montes Cortez & Fonseca Solórzano, 2013)

Para el módulo de control se tiene el diagrama del proceso del circuito del microprocesador más el de la interfaz hombre-máquina. Este módulo será llevado a cabo mediante un Microcontrolador PIC16f877 el cual se encarga de dar las órdenes necesarias para que el sistema tenga un adecuado funcionamiento. También, recibe información del módulo de sensores y envía información (datos suministrados) a la interfaz (LCD y teclado), al módulo de mecanismos y actuadores para que estos funcionen de manera correcta y eficaz.

La interfaz Hombre-Máquina permite realizar la comunicación entre el usuario y la máquina dosificadora de alimento, a través de un programa realizado para el microcontrolador, con el fin de que al momento que el operario introduzca el tipo de animal, basado en peso y edad, se pueda visualizar en la pantalla, así como también poder observar si ocurre o no fallas en la máquina.

Tanto, el sistema de control y la interfaz se detallan por medio de los diagramas de proceso y circuito de cada uno de estos, como se observan en la Figura 14, 15, 16 y 17, respectivamente.

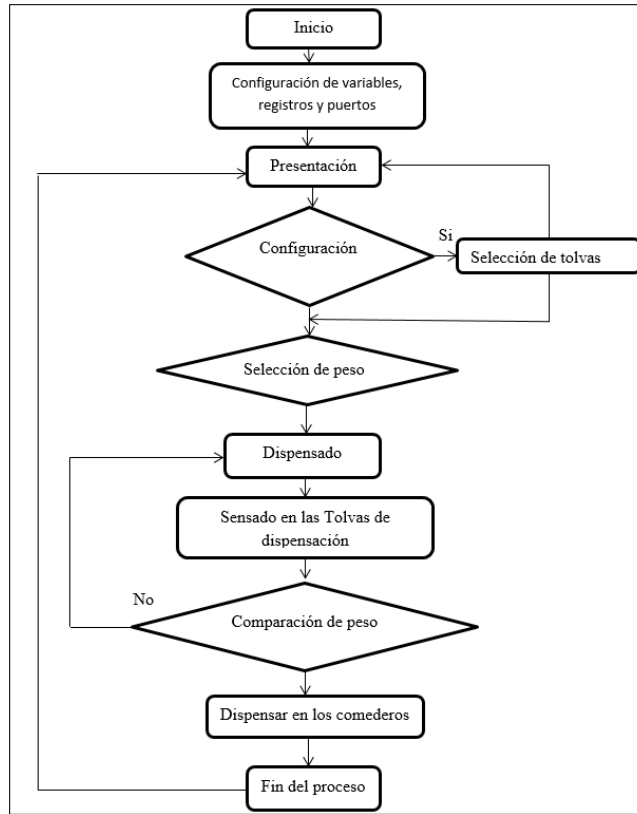


Figura 14. Diagrama del proceso del sistema de control a través del procesador. Fuente: (Briceño, 2017)

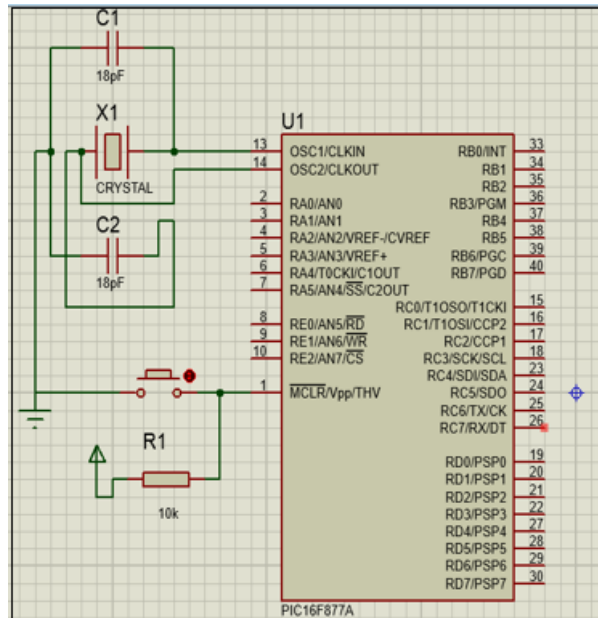


Figura 15. Circuito del sistema de control. Fuente: (Briceño, 2017)

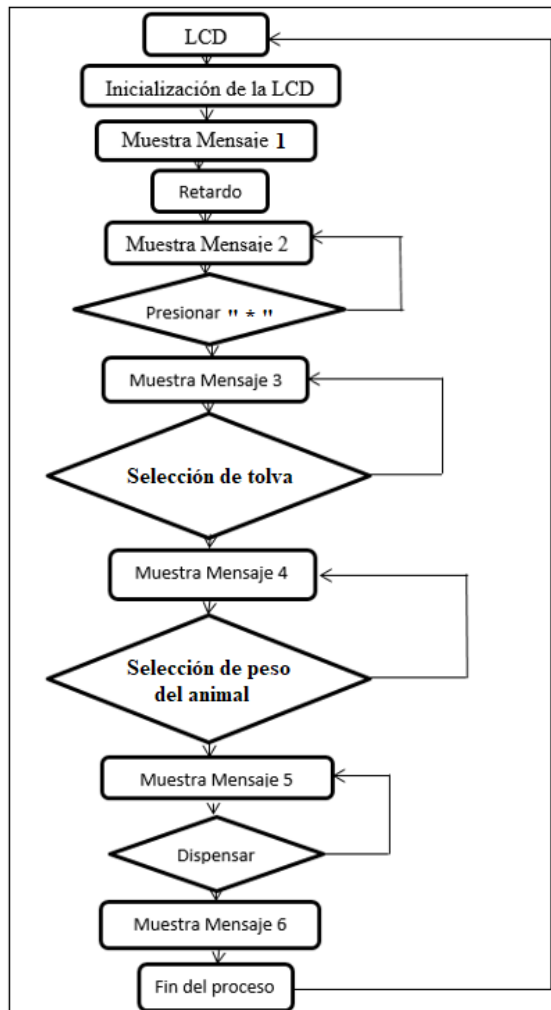


Figura 16. Diagrama de bloque de la interfaz Hombre-Máquina. Fuente: (Briceño, 2017)

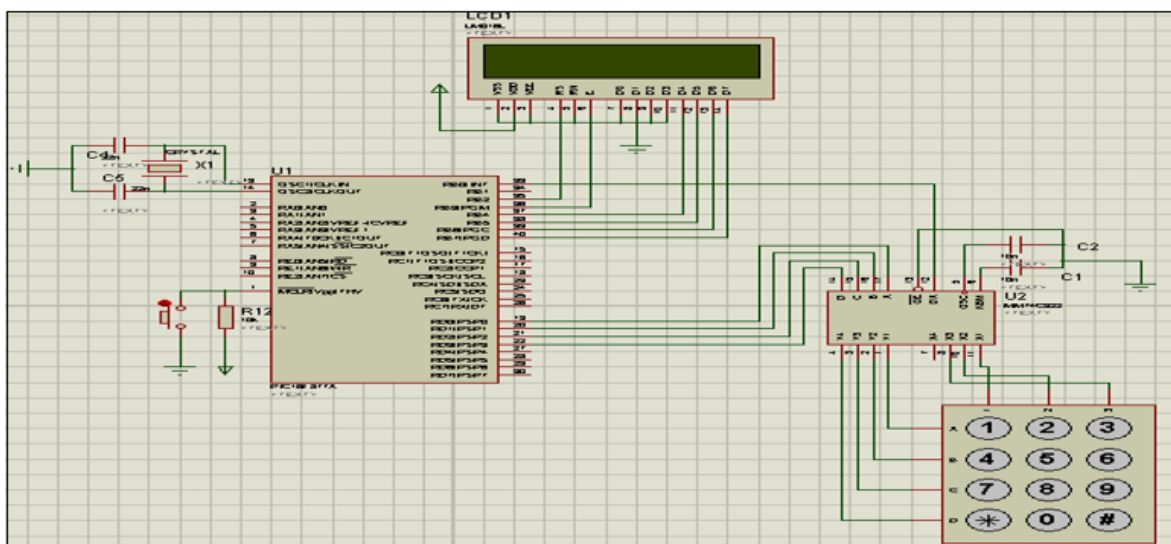


Figura 17. Circuito de la interfaz Hombre-Máquina. Fuente: (Briceño, 2017)

En la Figura 18 se puede observar el equipo dosificador de alimento concentrado para ganado bovino con sus sistemas que permite una automatización necesaria.



Figura 18. Equipo automatizado de dosificación de alimento concentrado para ganado bovino. Fuente: (Briceño, 2017)

Discusión y conclusiones

Desde tiempo remotos, la humanidad ha buscado las maneras de poder mantenerse en el tiempo. De aquí, nace el significado de la agricultura y el ganado, ambas ofrecen el alimento en cualquier momento sin la necesidad de una búsqueda exhaustiva en los diferentes campos o bosques. Esta misma filosofía se ha mantenido en el tiempo, solo con la salvedad de que ya son procesos estandarizados que buscan siempre la mejora en la calidad de sus productos.

El alimento que se siembra no solo es uso exclusivo de los individuos es también para el uso del ganado. Este alimento es fundamental porque posee las vitaminas y minerales necesarios para el desarrollo y crecimiento de los animales. El ganado bovino es parte fundamental en el desarrollo social y económico de las sociedades y su alimentación va a depender del peso y edad de la vaca o ternero.

La dosificación del alimento va a depender del tipo de organización. Existen fincas con alto capital que permiten una dosificación automatizada para varios comederos y diferentes tipos de ganado bovino. Como también están los pequeños y medianos ganaderos que dosifican el alimento de manera manual o con equipos electromecánicos que depende su funcionamiento de un operador. En estos últimos es más complicado la dosificación porque esta influenciada por la conducta del trabajador a cargo. La situación psicosocial y física genera estrés por lo que la cantidad no es exacta para cada animal, produciendo una pedida de alimento y por ende perdida económica para estos ganadores.

Estos equipos electromecánicos se le pueden implementar una automatización del proceso con el fin de ahorrar alimento/, pero sobre todo otorgar el peso adecuado para cada tipo de animal, sea vaca o ternero, con el finde que produzca la leche necesaria o se establezca un crecimiento sano en el animal. La automatización permite la interacción de componentes electrónicos y de control con la finalidad de que el sistema cumpla las funciones de manera eficiente con poca o casi nula interacción del hombre.

Por lo tanto, la utilización de un PIC16f877 como medio de control del sistema la cual permite la interacción entre el hombre y la máquina a través de una interfaz, así como también recibe las señales de los sensores de nivel, peso y presencia para que analice y envíe las señales a los actuadores eléctricos y motores que permiten dos funciones: una que el tornillo sinfín desplaza el alimento abra la boca de salida, esta cae en tolvas para que sea pesado según el tipo animal bovino y al obtener el peso acordado abra las compuertas y caiga el alimento en el comedero, y otra que determine el nivel de alimento en la tova de almacenamiento.

Referencias

- Anrique, R. (2014). *Composición de alimentos para el ganado bovino*. Santiago, Chile: Universidad Austral de Chile y Ministerio de Agricultura.
- Bolton, W. (2005). *Mecatrónica. Sistemas de control electrónico en Ingeniería Mecánica y Eléctrica*. Alfaomega, 2da Edición.
- Briceño, J. (2017). *Dosificador inteligente de alimento concentrado para ganado bovino*. Carora, Venezuela: Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Mecatrónico de la Universidad Nacional Experimental Politécnica Antonio José de Sucre.
- Cadena Flórez, L. E. (2007). *Desarrollo de un dosificador automático para alimentar cerdos*. Cali, Colombia: Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Industrial de la Universidad Autónoma de Occidente.
- Ciria, J., Villanueva, R., & Ciria, J. (2005). *Avances en nutrición mineral en ganado bovino*. San Cristóbal, Venezuela: IX Seminario de Pastos y Forrajes. Universidad Nacional Experimental del Táchira, 31, 50-69.
- Espinoza Villavicencio, J. L., Ceró Rizo, Á., Guerra Iglesias, D., Palacios Espinosa, A., Domínguez Viveros, J., & González-Peña Fundora, D. (2015). Factores ambientales y parámetros genéticos para algunas características reproductivas en bovinos Chacuba. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 6(4), 431-441. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmcp/v6n4/2448-6698-rmcp-6-04-00431.pdf>
- HERRERA GAITÁN, J. D., & VERGARA SALAMANCA, Á. J. (2011). *Diseño desarrollo y construcción de prototipo de dispensador programable de concentrado para bovinos*. Bogotá, Colombia: Trabajo de grado para obtener el título de Ingeniera electrónica e Ingeniero mecatrónico de la Universidad de San Buenaventura.
- Lascano Andaluz, C. F., & Costales Balladres, P. M. (2017). *Diseño e implementación de un sistema automatizado de transporte y dosificación de alimentos, mediante PLC S7 1200 para el ganado bovino en las jaulas de ordeño en la Estación Experimental Tunshi*. Riobamba, Ecuador: Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Industrial de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Montes Cortez, E. R., & Fonseca Solórzano, R. A. (2013). *Dosificador Automático de Alimento y Agua para el Ganado Vacuno de la Finca Molina, en la Comunidad de San Rafael del Sur*. Managua: Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Electrónico de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua.
- MOYA BEJARANO, C. P. (2016). *DISEÑO DE UN DOSIFICADOR SEMIAUTOMÁTICO POR TORNILLO SIN FIN PARA UCHU JACU EN LA ORGANIZACIÓN UNOPAC DE LA PARROQUIA AYORA DEL CANTÓN CAYAMBE*. Ibarra, Ecuador: Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero en Mecatrónica de la UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE .

- Primo, A. T. (1992). El ganado bovino ibérico en las Américas: 500 años después. *Archivos de zootecnia*, 41(154), 421-432. Obtenido de [http://www.uco.es/organiza/servicios/publica/az/articulos/1992/145\(extra\)/pdf/prim_o_421_432.pdf](http://www.uco.es/organiza/servicios/publica/az/articulos/1992/145(extra)/pdf/prim_o_421_432.pdf)
- Rivera Armijos, C. A. (2002). *Diseño y construcción de un dosificador de tres productos en forma secuencial*. Quito, Ecuador: Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero en Electrónica y Control.
- Sampedro, O. F., Reyes, J. I., Pérez, D. F., Chávez, J. E., & Núñez, E. F. (2018). Proyecto de diseño y construcción de una cámara de transporte, tipo tornillo para biomasa forestal. *Dominio de las Ciencias*, 4(1), 398-417.
- Triana, E., Leal, F., Campo, Y., & Lizcano, H. (2014). Evaluación de ensilaje a partir de dos subproductos agroindustriales (cáscara de naranja y plátano de rechazo) para alimentación de ganado bovino. *Alimentos Hoy*, 22(31), 33-45.
- VISOR. (1999). *Enciclopedia VISOR. Tomo 11*. Argentina: VISOR Enciclopedias Audiovisuales, S. A.
- Zapata, E. A., Garay, O. V., & Restrepo, L. F. (2007). Características de crecimiento en bovinos mestizos en la costa norte Colombiana. *Livestock Research for Rural Development*, 19, 5, 1-10.