



DOSIFICADOR INTELIGENTE DE ALIMENTO CONCENTRADO PARA GANADO BOVINO

Briceño Jimmar, Andrade José y Ollarves Valois

Universidad Nacional Experimental Politécnica "Antonio José de Sucre" UNEXPO
Departamento de Ingeniería Mecatrónica.
Casco Colonial. Carora, Venezuela
jimmarbrice@hotmail.com, jandrade@unexpo.edu.ve y follarves@unexpo.edu.ve

ASA/EX-2017-16.

Recibido: 05-07-2017

Aceptado: 15-10-2017

RESUMEN

En la actualidad los productores ganaderos realizan la mayoría de los procesos de alimentación al animal de forma artesanal (manual), esto ocasiona que no se les esté proporcionando adecuadamente la cantidad necesaria haciendo que baje la masa corporal y por lo tanto la producción de leche. El objetivo general es dosificar el alimento concentrado para ganado bovino de manera inteligente con el fin de buscar mejorar la productividad lechera a través de la reducción de la alimentación manual y a su vez de reducir las pérdidas de alimentos. La funcionabilidad del equipo se basa en que el operador suministra la cantidad de leche que produce la vaca y la tolva de dispensación a través de una interfaz hombre/máquina. Esta información llega al sistema de control el cual envía una señal al tornillo sinfín para que transporte el alimento que está ubicado en la tolva de almacenamiento hacia la tolva dispensadora seleccionada, allí se pesa el alimento por medio de los sensores hasta obtener el peso ideal, inmediatamente envía una señal al sistema de control para que detenga el tornillo sinfín y abra las compuertas de la tolva de dispensación ubicada en el comedero. Como conclusión se pudo comprobar la funcionabilidad del sistema dispensador de la tolva de entrada, las tolvas de pesaje y dispensación, el tornillo transportador, el sensor ultrasónico El HC-SR04, sensor cuadrado de fuerza resistivo 1,75x1.5'' y el microcontrolador PIC16f877A.

Palabras Clave: Alimento concentrado, dosificador, microcontrolador. sensor ultrasónico y sensor de fuerza resistivo



INTELLIGENT CONCENTRATED FOOD DOSER FOR BOVINE CATTLE

ABSTRACT

At the present time the cattle producers make the majority of the processes of feeding to the animal of artisan form (manual), this causes that they are not being adequately provided with the necessary amount causing the body mass to fall and therefore the milk production. The overall objective is to dose concentrated feed for cattle in an intelligent way in order to seek to improve dairy productivity by reducing manual feed and in turn reducing food losses. The functionality of the equipment is based on the operator supplying the quantity of milk produced by the cow and the dispensing hopper through a man / machine interface. This information reaches the control system which sends a signal to the auger to transport the food that is located in the storage hopper to the selected hopper, where the food is weighed by means of the sensors until the ideal weight is obtained, immediately sends a signal to the control system to stop the auger and open the gates of the dispensing hopper located in the feeder. In conclusion, it was possible to verify the functionality of the dispensing system of the input hopper, the weighing and dispensing hoppers, the conveyor screw, the ultrasonic sensor HC-SR04, square resistive force sensor 1.75x1.5 " and the PIC16f877A microcontroller.

Keywords: Concentrated food, doser, microcontroller. ultrasonic sensor and resistive force sensor.



INTRODUCCION

Las fincas productoras de leche en el sector ganadero, requieren de un sistema para optimizar la alimentación del animal (vaca), de manera que este obtenga el suplemento necesario para su producción lechera. La problemática en este sector es la dificultad de darles una adecuada alimentación al animal, ya que el obrero calcula la cantidad que él cree que es necesaria. El proceso es lento debido a que el alimento permanece depositado en un contenedor y a través de otro recipiente se coloca el alimento en cada uno de los comederos, realizando esta actividad en forma repetitiva, por lo cual puede haber animales que no se les esté proporcionando de una manera adecuada la cantidad de alimento que este necesite haciendo que el animal baje su masa corporal y baje la producción de leche.

El dosificador inteligente de alimento concentrado para ganado bovino es una innovación importante dentro del sector ganadero lo cual ayudara aumentar o mantener una buena

producción lechera; en este proyecto se aplican los conocimientos para la solución de problemas y a su vez buscar implementar nuevas tecnologías dentro del sector ganadero para así mejorar la calidad de vida del ser humano, los animales y no contaminar el medio ambiente.

Mediante investigación a través de entrevistas estructuradas, a ganaderos, personal obrero con experiencia, ingeniero en producción animal, veterinario y nutricionista animal, en las cuales se obtuvo como respuesta proporcionar de 300gr o 400gr de alimento concentrado por cada litro de leche proporcionando la energía y masa corporal que el ganado pierde a la hora del ordeño de manera que al otorgarle una buena alimentación ayudará a mantener el rendimiento de la producción de leche, la reproducción y la salud de sus crías.

El objetivo general de este trabajo es dosificar alimento concentrado para ganado bovino de manera inteligente. Este dosificador inteligente acopla módulos tales como: diseño de tolva de entrada, diseño de las sub-tolvas, diseño del tornillo transportador, diseño del cilindro del



tornillo sinfín, potencia, sensores, alimentación entre otros; con el propósito de que el mismo realice la tarea de transportar, dosificar y dispensar el alimento concentrado de forma autónoma, para así ahorrar tiempo, mejor bienestar del operador y aumentar la productividad lechera.

Por lo tanto, esta máquina funcionara de manera que el obrero sea el encargado de introducir los datos (cantidad de leche que la vaca produzca en litros) a través de un teclado matricial. Luego, el sistema de control enviará la información al sistema de dispensado, ubicado en el comedero, para proporcionar la cantidad de alimento exacto que el animal requiere de acuerdo a los litros de leche que este produzca. También contara con una gama de opciones donde el productor pueda escoger la cantidad de alimento concentrado que esta quiera dosificar.

MATERIALES Y METODOLOGÍA

Es importante resaltar que el desarrollo de este proyecto va en marcado en la elaboración de un prototipo.

Para la ejecución de este proyecto se realizaron una serie de entrevistas a

encargado de la finca, obreros, ingeniero en producción animal y médico veterinario de la región donde se obtuvieron los siguientes resultados en base a la cantidad de alimento concentrado por cada litro de leche producida, reflejados a través del Cuadro 1.

En el Cuadro 2, se muestra los materiales que se utilizaron para la realización del prototipo.

Para el desarrollo de este proyecto se tienen los diagramas de bloque mostrados en la Figura 1 y Figura 2.

Cuadro 1. Alimento concentrado a proporcionar por litro de leche.

Litros de leche producida por la vaca	Cantidad de alimento concentrado	Cantidad de alimento a proporcionar por cada ordeño a realizar
Baja Producción	1lts	300gr
	2lts	600gr
	3lts	900gr
	4lts	1200gr
	5lts	1500gr
	6lts	1800gr
Mediana Producción	7lts	2100gr
	8lts	2400gr
	9lts	2700gr
	10lts	3000gr
	11lts	3300gr
	12lts	3700gr
Alta Producción	13Lts	4000gr
	14lts	4300gr
	15lts	4700gr
	16lts	5000gr
	17lts o mas	5300gr

Cuadro 2. Tabla de materiales utilizados para la realización del prototipo.



Cantidad	Descripción
1	Microcontrolador (PIC 16F877A)
1	Tornillo sinfín
1	Estructura de la maquina
1	Dispositivos electrónicos
2	Sensores de peso
1	Sensor de nivel
1	Teclado
1	Mano de obra

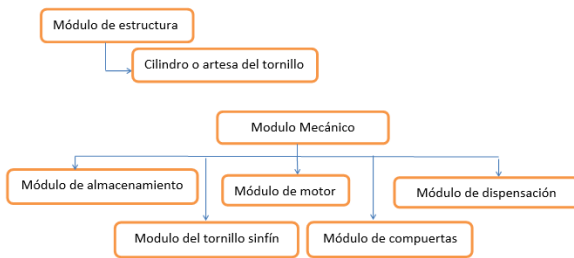


Figura 1. Diagrama del módulo mecánico.

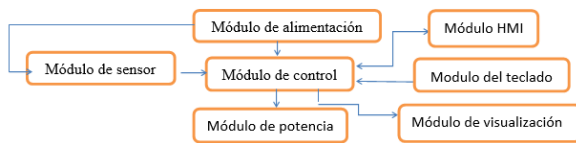


Figura 2. Diagrama del módulo electrónico.

a) MODULO MECÁNICO.

Para el desarrollo se describirá parte de los módulos mostrados en la Figura 1.

a.1. Módulo de almacenamiento.

En este módulo se describe el diseño y construcción de una tolva para el almacenamiento de alimento concentrado que es utilizado para la distribución de alimento. Este diseño se realizó tomando en cuenta la cantidad

de alimento con la que trabajara la tolva, es decir 10kg de alimento concentrado como harina de cereal. Estos kilogramos son los necesarios para un buen funcionamiento, por tal motivo se debe tomar en cuenta las características y propiedades del alimento concentrado para garantizar un buen funcionamiento del mismo

a.2. Módulo de dispensación.

Se describe el diseño y construcción de 2 tolvas de las cuales se utilizó para la retención de alimento concentrado para luego realizar el pesaje y dispensación del mismo. Este diseño al igual que la tolva de almacenamiento se realizó de acuerdo al volumen que ocupan con respecto al peso, siempre tomando en cuenta las características del alimento a suministrar para proporcionar un diseño adecuado.

Esta tolva contiene el alimento que el operario ha introducido mediante el teclado matricial de acuerdo a los litros de leche que la vaca produzca teniendo en cuenta que por cada litro de leche se le debe proporcionar 300gr de alimento, además contara con un sensor de peso que está integrado a ella lo cual ayuda a facilitar el pesaje del alimento para que



este sea dispensado de manera eficaz. Podrán contener solo 5 kilos de alimentos.

a.3. Módulo de tornillo sinfín

Este módulo está encargado de la distribución del alimento mediante un tornillo sinfín (aspa transportadora). La distribución de este sistema será seleccionada de tipo lineal. Se debe considerar la cantidad de alimento que este transportara ya que si el material a transportar es pesado la velocidad de rotación suele ser cerca de 50 Rpm y si es un material ligero será acerca de 100rpm; también se debe tener en cuenta el paso del tornillo.

a.4. Módulo de estructura.

En el presente modulo se describirá el diseño del prototipo la cual se debe tener en cuenta las dimensiones que tendrá la estructura y el material a utilizar para su fabricación.

La estructura cuenta con una plataforma, la cual soporta la carga de todos los accesorios de la máquina, el cilindro o artesa del tornillo sinfín, los motores y el módulo de control.

El diseño del cilindro o artesa del tornillo sinfín se realizó de acuerdo al

tamaño que tiene el tornillo sinfín. Se debe tener en cuenta un juego de 3mm entre el aspa helicoidal y el cilindro con el fin de proporcionar un buen arrastre del alimento. Además de ello se calcula la boca de salida del alimento hacia las tolvas de dispensación.

a.5. Modulo del motor.

Este módulo presenta los cálculos del motor eléctrico el cual debe tener en cuenta la fuerza requerida para que el tornillo sinfín pueda transportar la cantidad máxima de 6kg de alimento concentrado.

Además de ello para este cálculo de motor se debe tomar en consideración todos los elementos que están en funcionamiento con él, como el peso del tornillo sinfín y de la polea de transmisión.

b) MÓDULO ELECTRÓNICO.

Para el desarrollo se describirá parte de los módulos mostrados en la Figura 2.

b.1. Módulo de alimentación.

Este módulo 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 suministrar la energía necesaria para los mecanismos y actuadores que pondrán en funcionamiento el sistema; es decir que suministrara los voltajes para cada uno de los componentes electrónicos y eléctricos que integren este sistema tales como: sensores, Pic 16F877A, pantalla LCD, teclado matricial y diferentes compuertas lógicas.

b.2. Módulo de control.

Este módulo es llevado a cabo mediante un Microcontrolador PIC 16F877A el cual se encarga de dar las órdenes necesarias para que el sistema tenga un funcionamiento adecuado. Este módulo controla todo el sistema y envía información (datos suministrados), del módulo de sensor, al microcontrolador a través de la interfaz HMI para luego accionar el módulo de mecanismos y actuadores.

b.3. Módulo HMI y teclado.

En el presente modulo se describe las conexiones que son necesarias para una pantalla LCD 16x2 y un teclado matricial, por lo cual se tuvo que

realizar una interfaz. Esta interfaz le permite al usuario comunicarse con el dosificador inteligente, es decir, mediante el teclado el usuario puede introducir la cantidad de leche que la vaca produce para que a través de la base de datos esta pueda suministrar la cantidad de alimento que se desea dosificar, además de ello se puede elegir el número de tolva donde será dispensado el alimento y se podrá visualizar en la pantalla.

b.4. Módulo de sensor

Este módulo se encarga de los sensores que la maquina tendrá para que pueda trabajar de manera eficiente.

La tolva de entrada cuenta con un sensor ultrasónico HC-SR04 que está encargado de enviar una señal cuando la tolva este en nivel alto-nivel bajo es decir que este indicara al operario si contiene el alimento suficiente o si le falta, esto facilitara al operario que la maquina siempre cuente con el alimento necesario que este dosificara.

En las tolvas de dispensado se cuenta con unos sensores cuadrados de fuerza resistivo 1,75x1.5'' los cuales facilitaran el pesaje del alimento. Cuando el alimento concentrado ya este



dosificado, de acuerdo a los datos suministrados por el operario a través del teclado matricial, este se encarga de enviar una señal al microcontrolador el cual produce una orden a las compuertas para que cierren o abran y así sea dispensado en cada uno de los comederos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

a) MODULO MECÁNICO

Para los cálculos mecánicos se utilizaron las ecuaciones de Ferdinand P. *et al.* (2010) y Mott, R. (2006) para la consecución de los módulos del prototipo.

Para efectos de selección de material se tomó un acero galvanizado A-36.

a.1. Módulo de almacenamiento.

Para la fabricación de la tolva se tomaron en consideración la cantidad máxima de alimento concentrado (harina de cereales) el cual es de 10kg. De aquí se obtiene el volumen y dimensiones para dicha capacidad, como se observa en la Figura 3.

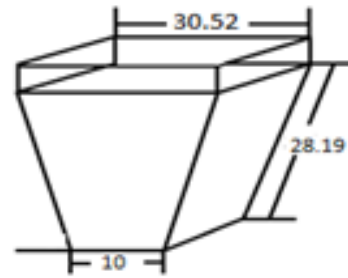


Figura 3. Dimensiones de la tolva de almacenamiento del alimento concentrado.

El espesor es de 2mm el cual se encontró a través del cálculo de momentos por medio del diagrama de cuerpo libre como se observa en la Figura 4.

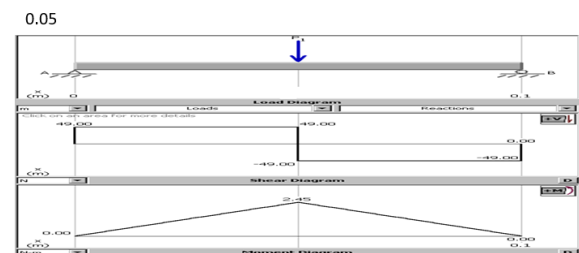


Figura 4. Diagrama de cuerpo libre de la tolva de almacenamiento.

a.2. Módulo de dispensación.

Estas tolvas solo podrán contener hasta 5 kilos de alimentos ya que esta será la máxima cantidad o capacidad de alimento concentrado que podrá dosificar para luego dispensar. Siguiendo las características del alimento concentrado (harina de cereales) se encuentra su peso para



luego el volumen y dimensiones para esta capacidad. Estas dimensiones se pueden observar en la Figura 5.

El espesor es de 1mm el cual se encontró a través del cálculo de momentos por medio del diagrama de cuerpo libre como se observa en la Figura 6.

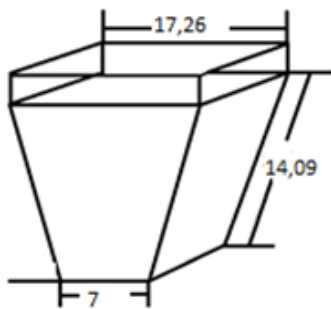
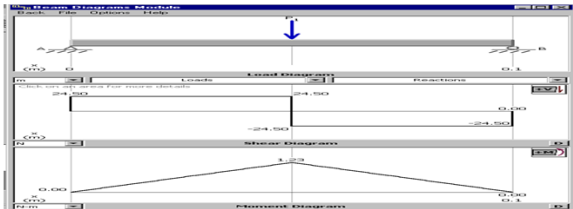


Figura 5. Dimensiones de la tolva de dispensación de alimento concentrado.



0.05

Figura 6. Diagrama de cuerpo libre de la tolva de dispensación.

a.3. Módulo de tornillo sinfín.

Se realizaron cálculos para el eje del tornillo sinfín la cual arrojaron una longitud de 0,8m y un diámetro de 1pulg. También cálculos de la cinta helicoidal del tornillo con paso de 11,25cm, ángulo de avance de 80,39° y número de espiras que son 6. Este

tornillo se puede visualizar en la Figura 7.

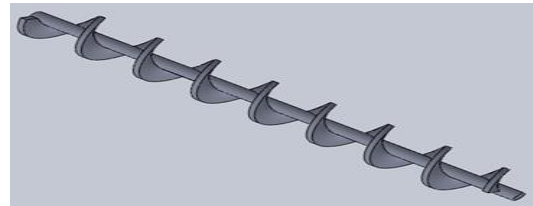


Figura 7. Diseño del tornillo sinfín que traslada el alimento concentrado a las tolvas de dispensación.

La fijación de la cinta helicoidal al eje del tornillo se realizó a través de soldadura GMAW con electrodo E71T-1 C/M debido a que la resistencia a la fluencia calculada arrojó un valor de 521,809 KPa y comparada con el valor del Cuadro 2 es el más adecuado.

Cuadro 2. Propiedades mínimas de Electrodo para soldadura MIG. [4]

Numero de Electrodo	Diámetro del Electrodo (mm)	Amperes para la fusión (A)	Resistencia a la Fluencia (KPa)	Elongación Porcentual
E71T- 1 C/M	0,8	50-110	5250	15-17
E70T- 6 C/M	0,9	60-120	5750	18-21
E71T- 3 C/M	1,2	120-250	6750	22-25
E70T- 8 C/M	1,6	200-300	7250	25-27

a.4. Módulo de estructura.

Se realiza el cálculo del volumen, aplicando así la técnica de descomposición geométrica para obtener así, un cilindro hueco con dos diámetros el cual será el interno $r = 0,15m$ y el externo $R = 0,156$. Como se observa en la Figura 8.

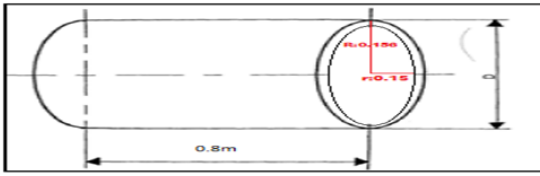


Figura 8. Especificaciones del cilindro.

Luego, se procede a encontrar el momento flector y fuerza cortante del cilindro con el fin de encontrar el espesor de lámina a utilizar que es de 0,6mm. Este diagrama se puede ver en la Figura 9.

En la Figura 10, se observa el diseño del cilindro o artesa del tornillo sinfín.

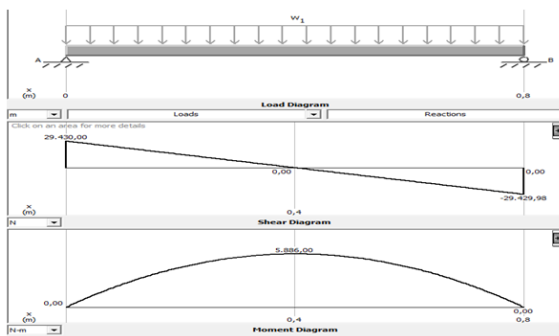


Figura 9. Diagrama de momento flector y fuerza cortante en la artesa.

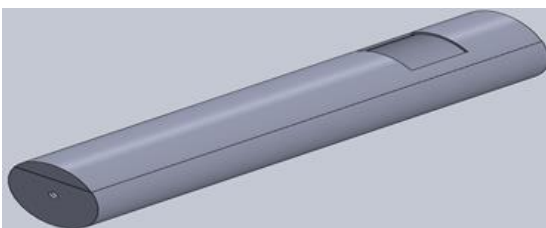


Figura 10. Diseño del cilindro o artesa del tornillo sinfín.

En el cuadro 3, están todos los pesos calculados de los componentes que conforman la estructura del dosificador inteligente.

Con estos datos, con los cálculos de columna y cálculos de soldadura para la estructura de acero AISI 1040 arrojo como resultado 1250mm de longitud de viga, un factor de seguridad de 1,9 que permite que la estructura no se pandee y la utilización del electrodo E-6013 como medio de ensamblaje.

Cuadro 3. Pesos totales de los componentes que conforman la estructura.

Elemento	Peso
Tolva de entrada	7.796kg
Sub tolva	1,1925 kg
Sub tolva	1.1925kg
Motor	12.58kg
Tornillo sinfín	10.800 kg
Cilindro	36.19kg
	79.751kg

a.5. Módulo de motor.

Teniendo en cuenta que la cantidad máxima de alimento que el tornillo sinfín transportara es de 6 kg, el tonillo sinfín pesa 10,800Kg y la polea pesa 200gr entonces se procede a calcular la fuerza la cual arroja un valor de 166.7N y el momento de inercia de 0,0214Nmseg², esto con el fin de



encontrar la potencia de 0,7379watt. El motor que se selecciona es de 1/4Hp por lo tanto se garantiza el buen funcionamiento del sistema.

En los cálculos de transmisión no se realizaron directamente del motor al disco ya que por lo general los motores eléctricos ejecutan 1750 rpm los cual es un valor muy grande para realizar el proceso; para ello se realizaron cálculos de transmisión por correas sencilla el cual consta de una polea conductora, una polea conducida y una correa, montada con tensión sobre las poleas, y que transmite la fuerza circunferencial por rozamiento. (ver Figura 11)

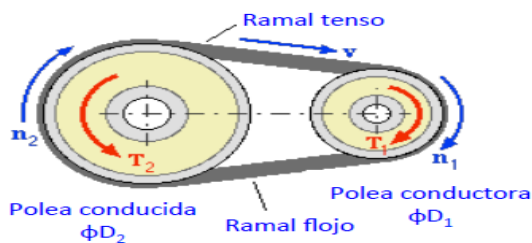


Figura 11. Esquema de la transmisión por correas. [5]

La razón de reducción en el mecanismo de poleas es de 6 y la relación de transmisión es de 3. Por lo tanto, la polea conducida es de 240mm y la polea conductora es de 80mm con una distancia entre ellas igual o mayor a 240mm. Se utiliza una correa de perfil Z

de tipo trapezoidal o correa en V N°39 para la conexión entre las poleas y un rodamiento con un diámetro interno de 12mm como medio de enlace del mecanismo.

b) MÓDULO ELECTRÓNICO.

Para los cálculos electrónicos se utilizaron las ecuaciones de Savant. (2008). para la consecución de los módulos del prototipo.

b.1. Módulo de alimentación.

Para controlar el rizo de la señal se utiliza un capacitor de 2455,23 μ F.

Para generar 5voltios con un LM7805 se obtiene el valor máximo de Vdc de 16,97voltios. Para generar 12 voltios con un LM7812 se obtiene el valor máximo de Vdc 16,97 voltios.

En la Figura 12 se puede observar el circuito para la fuente de alimentación de 5 y 12 voltios.

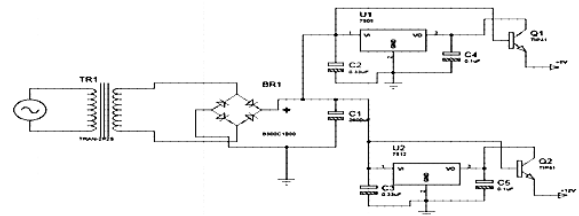


Figura 12. Circuito para la fuente de alimentación de 5 y 12 voltios.



b.2. Módulo de control.

El microcontrolador PIC16f877 de microchip posee 8bits (bus de datos) y utiliza un oscilador HS (High speed resonator) de 20 MHZ. En la Figura 13 se puede observar el diagrama de flujo del control donde se detalla los pasos de trabajo por parte del microcontrolador PIC16f877A.

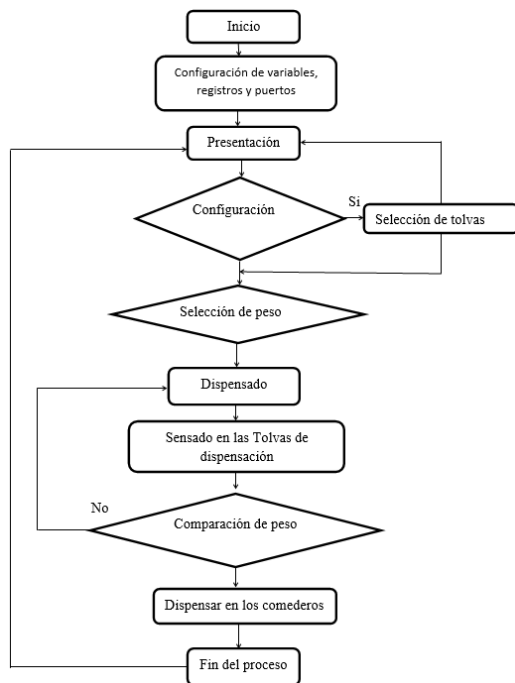


Figura 13. Diagrama de flujo del módulo de control.

b.3. Módulo de interfaz con teclado.

Se utilizó una pantalla LCD 16x2 en el cual se analizó cómo trabaja cada pin para proceder a realizar la programación en el microcontrolador y con el teclado matricial.

El teclado matricial es 3x4 que permite disponer un número mínimo de puertos de E/S. El teclado del esquema consta de 3 entradas (A, B y C) y 4 salidas (D, E, F y G). Las 3 entradas (A, B y C) del teclado van conectadas a 3 bits de salida de algún puerto del microcontrolador. Las 4 salidas del teclado (D, E, F y G) también van conectadas a 4 bits de un puerto del microcontrolador pero en este caso de entrada. Así, desde el microcontrolador se puede escribir sobre ABC (3bits) y leer lo que llega a través de DEFG (4bits).

En la Figura 14 se observa el diagrama de flujo de la interfaz hombre-maquina.

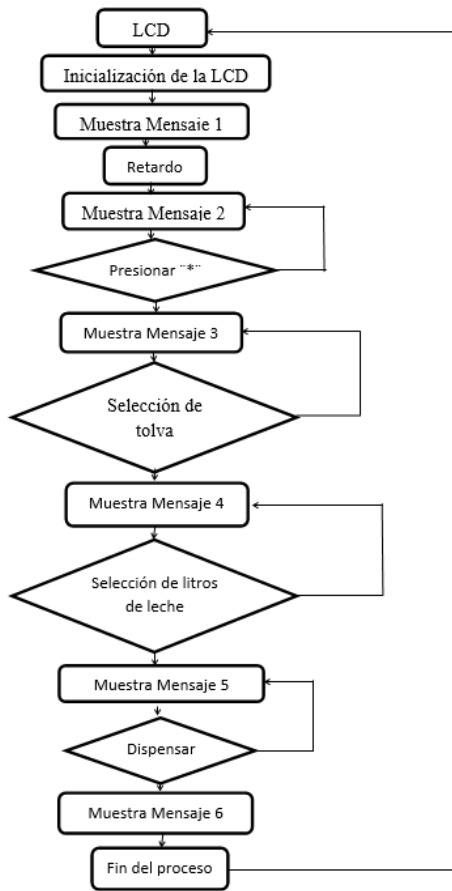


Figura 14. Diagrama de flujo de la interfaz hombre-maquina.

b.4. Módulo de sensores.

Dentro de este módulo se encuentra el sensor ultrasónico El HC-SR04 el cual estará empleado en la tolva de alimentación. Este sensor tiene una detección de 2cm a 400cm, resolución que puede variar entre los 3mm o 0.3cm y una dimensión de 45mm x 20mm x 15mm.

Este módulo también contará con sensores de peso (Sensor cuadrado de fuerza resistivo), el cual es una resistencia sensible a la fuerza, con un

área de detección de 1.75x1.5". El sensor cuando posee cero fuerza su voltaje es cero, para 100gr su voltaje es 0,5v, para 1Kgr su voltaje es de 2,5v, finalmente 10Kgr con un voltaje de 4 voltios.

En la Figura 15 se observa el diagrama de flujo del módulo de sensores de peso

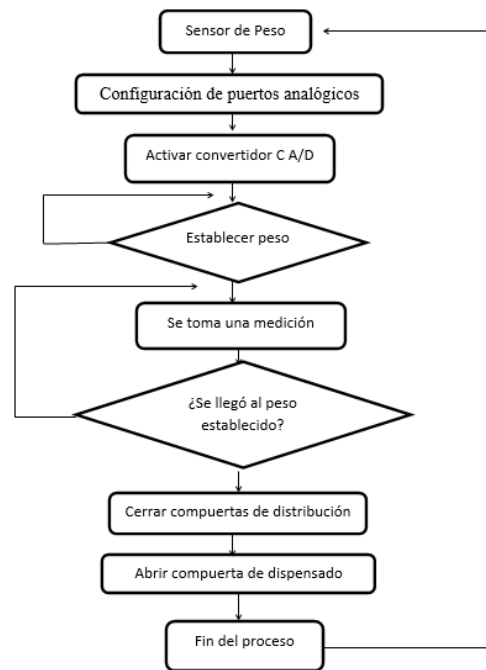


Figura 15. Diagrama de flujo de los sensores de peso ubicado en las tolvas de dispensación.

CONCLUSIONES

1.- Con la realización de esta investigación se pudo comprobar muchos factores fundamentales para el desarrollo de cada uno de los módulos

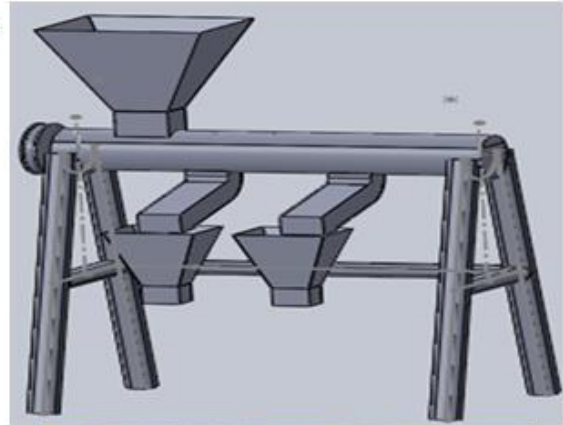


que complementan el prototipo, así como también la factibilidad técnica, económica y operativa para realización de este mismo.

2.- Se pudo comprobar la funcionabilidad del sistema dispensador de la tolva de entrada, las tolvas de pesaje y dispensación, el tornillo transportador, el sensor ultrasónico El HC-SR04, sensor cuadrado de fuerza resistivo 1,75x1.5'' y el microcontrolador PIC16f877A.

En la Figura 16 se observa el dosificador inteligente de alimento concentrado para ganado bovino.

A



B



Figura 16. Dosificador inteligente de alimento concentrado para ganado bovino. (A) Diseño y (B) Prototipo.

REFERENCIAS

- Diseño Mecánico (2015). [en línea].
Disponible en:
http://ocw.uc3m.es/ingenieria-mecanica/diseño-mecanico1/material_clase/ocw_correas2. [Consulta: 15 de Octubre del 2016].



Ferdinand P., B.; Russell E., J. y De Wolf T., Jr. J.; (2010). *Mecánica de Materiales*. (Quinta edición). México: McGraw-Hill.

Mott, R. (2006). *Diseño de elementos de Maquinas*. (Cuarta edición). Ciudad México. México: Pearson.

Savant, J. (2008). *Diseño Electrónico*. (Tercera edición) Ciudad México. México: Prentice-Hall.

Soldadura Industrial (2000). 1^{er} Edición. Barcelona, España.