







Aplicación de las IoT en la automatización del proceso de pesaje de ovinos

Application of IoT in the automation of the sheep weighing process

Luis Miguel Zapata Alvarado¹ , José Francisco Hernández Serrano² , Laura Elena Salcedo Bugarin³ , Julian Ramirez Carrillo⁴ , Eloy Contreras de Lira⁵  y Marco Antonio Morales Pérez⁶ 

¹ Universidad Tecnológica del Estado de Zacatecas, Dirección de Tecnologías de la Información, Carretera Zacatecas - Cd. Cuauhtémoc, KM 5. Ejido Cieneguitas C.P.98601 Guadalupe, Zac., México.

² Universidad Tecnológica del Estado de Zacatecas, Dirección de Terapia Física y Rehabilitación, Carretera Zacatecas - Cd. Cuauhtémoc, KM 5. Ejido Cieneguitas C.P.98601 Guadalupe, Zac., México.

³ Universidad Tecnológica del Estado de Zacatecas, Dirección de Mecatrónica, Carretera Zacatecas - Cd. Cuauhtémoc, KM 5. Ejido Cieneguitas C.P.98601 Guadalupe, Zac., México.

⁴ Universidad Tecnológica del Estado de Zacatecas, Dirección de Mantenimiento Industrial, Carretera Zacatecas - Cd. Cuauhtémoc, KM 5. Ejido Cieneguitas C.P.98601 Guadalupe, Zac., México.

⁵ Universidad Tecnológica del Estado de Zacatecas, Dirección de Tecnologías de la Información, Unidad Académica de Pinos, Calle Ayuntamiento s/n Esquina Colón, Colonia Guadalupe C.P. 98920 Pinos, Zac., México.

⁶ Universidad Tecnológica del Estado de Zacatecas, Dirección de Mecatrónica, Carretera Zacatecas - Cd. Cuauhtémoc, KM 5. Ejido Cieneguitas C.P.98601 Guadalupe, Zac., México.

*Correo-e: lzapata@utzac.edu.mx

PALABRAS CLAVE:

RESUMEN

IoT, Procesos.

Automatización,

En México, la agroindustria ha sido y es un eje primordial para nuestra economía, en los recientes años se ha comenzado con la automatización de los procesos que optimizan los recursos y la ganadería no es la excepción, por lo cual los empresarios de ese rubro están interesados en invertir en herramientas que les faciliten sus faenas cotidianas.

Por otra parte, cada empresa dedicada a la engorda de animales, aplica su propio proceso de engorda, el cual han implementado por los conocimientos o costumbres de sus generaciones antecesoras. Los requerimientos del nicho de mercado de los ganaderos que se atreven a invertir en tecnologías para automatizar su sistema de producción son en lo general que en sus dispositivos móviles puedan consultar sus datos y conseguir separarse de sus empresas, sabiendo que podrán tomar decisiones adecuadas sin necesidad de estar físicamente presentes en sus empresas y poder administrarlos a distancia sin ningún problema.

En el artículo se presenta el trabajo realizado durante el proceso de desarrollo de un sistema para automatizar el pesaje de ovinos, donde se implementaron las Tecnologías de la Información, a través del Internet de las Cosas, con lo que se tiene acceso en tiempo real del número de animales, peso global, peso individual, una diversidad de reportes para mejorar las condiciones del proceso de engorda y evaluar los resultados de producción y financieros.

KEYWORDS:

ABSTRACT

IoT, Automation, Processes.

In Mexico, agribusiness has been and is a fundamental axis for our economy, in recent years it has begun with the automation of processes that optimize resources and livestock is no exception, for which businessmen in this area are interested in investing in tools that facilitate their daily tasks.

On the other hand, each company dedicated to the fattening of animals, applies its own fattening process, which they have implemented due to the knowledge or customs of their predecessor generations. The requirements of the market niche of farmers who dare to invest in technologies to automate their production systems, are generally that on their mobile devices they can consult their data and get separated from their companies, knowing that they will be able to make appropriate decisions without need to be physically present in their companies and to be able to manage them remotely without any problem.

The article presents the work carried out during the development process of a system to automate sheep weighing, where Information Technologies were implemented, through the Internet of Things, with which there is real-time access of the number of animals, global weight, individual weight, a diversity of reports to improve the conditions of the fattening process and evaluate the production and financial results.

Recibido: 19 julio de 2021 • **Aceptado:** 15 de marzo de 2022 • **Publicado en línea:** 12 de agosto de 2022

1 SEMBLANZA

El propietario de un rancho agrícola-ganadero ubicado al norte del Estado de Zacatecas, le solicitó a la Universidad Tecnológica del Estado de Zacatecas, que a través de algunos docentes se le pudiera asesorar, para ver la forma en que se logrará automatizar los procesos más rutinarios que son necesarios realizar en la empresa. Se realizó el levantamiento de los requerimientos, una vez que nos planteó diversas situaciones que son necesarias atender para agilizar sus actividades cotidianas, se clasificaron por la dificultad que representan en tiempo, costo y número de empleados que se ocupan para realizar cada una de esas tareas, y el que se encontró como de mayor importancia para ser atendido fue el proceso del pesaje de ovejas.

2 INTRODUCCIÓN

El pesaje de ganado ovino debe de hacerse de manera semanal, los datos obtenidos le sirven al ganadero de referencia para poder administrar de una mejor manera su proceso. De esta manera se registra el aumento o decremento del peso de cada uno de ellos. Es por esto que, en manuales de buenas prácticas para la administración de unidades de producción pecuaria, del Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA), órgano administrativo desconcentrado de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER) [1] y del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) [2] y de otras instituciones dedicadas a la promoción y normalización de las actividades ganaderas en el país.

La información que se tenga de cada animal debería de ser administrada en Sistemas de Información, ya que los ranchos ganaderos deben de contar con una base de datos, información en tiempo real, simular escenarios productivos, pronosticar las tendencias de mercado, la integración y estandarización de procesos de negocio, y con esa información mejorar la planeación y el control del presupuesto, hacer la cadena de suministros más eficiente e incrementar la rentabilidad de la empresa.

Para finales del año 2020, existían muy pocas empresas que ofrecieran un software que incluyera en el proceso de pesaje de animales, la obtención de forma automatizada los datos, los envía a la nube y estuvieran en tiempo real a disposición del empresario ganadero y poder tomar decisiones certeras para su comercialización

[3]. La tecnología está propiciando importantes cambios en el sector ganadero, donde se busca que se pueda incrementar el aprovechamiento y rendimientos en las unidades de producción, para contar con información veraz y oportuna a través de la operación de sistemas con redes de sensores, actuadores, elementos para comunicación inalámbrica y software que permitan el manejo de toda la información para valorar y resolver sobre situaciones de la unidad de producción en su operación y proyección [4].

3 ANTECEDENTES

Durante mucho tiempo en el país se dejó de lado la tecnificación en el sector ganadero; sin embargo en la actualidad se abre un amplio espacio para la acción de las tecnologías de la información y comunicaciones, en particular para que la IoT pueda aplicarse en un manejo eficiente de las unidades de producción, permitiendo el monitoreo continuo de parámetros, para atender las variables oportunamente con decisiones y acciones que permitan alcanzar objetivos de rendimiento, de calidad, rentabilidad y cuidando el medio ambiente [5].

Los datos sobre el crecimiento de las unidades productoras de ganado ovino en los últimos diez años informan la importante cantidad de cabezas en la zona centro del país, debido en gran parte a que ahí existe concentración de centros de consumo importantes. Los registros de INEGI de unidades de producción de ovinos superan las 448 mil [6].

La producción de ovinos en su inmensa mayoría la realizan productores pequeños, con rebaños de tamaño reducido, a los cuales les impacta en el precio de venta, dadas las condiciones del mercado, ya que existe una importante cantidad de importaciones de carne para cubrir el consumo nacional, la cual apenas cubre entre un 50 a 56% con la producción nacional y que mantiene en los últimos años un crecimiento sostenido alrededor del 0.2% [7].

Los productores que operan en el país en un esquema de engorda de corral, han ido implementando sus propios procesos, los realizan con poco control de los parámetros de alimentación, del manejo de crianza, de selección; y sin poder valorar realmente el costo de producción significando incluso operaciones por debajo del punto de equilibrio [8].

La tecnificación existente de los procesos para la engorda de ganado ovino es mínima, en algunos casos se realiza de manera experimental, la documentación sobre resultados de procedimientos de engorda de ovinos es prácticamente inexistente y apenas se ha avanzado en el control de registro del ganado con un sistema de aretes, por lo que es un gran espacio de oportunidad el aplicar distintos sensores y elementos de monitoreo y combinarlos con las tecnologías de la información y comunicaciones para una operación mejorada de la unidad [9].

4 ESTADO DEL ARTE

En la búsqueda que se ha realizado desde el año 2018 al actual 2021, no se ha encontrado alguna empresa establecida en México, la cual se dedique a la automatización total del proceso de la engorda de ovinos. Existen empresas que venden básculas y otras desarrolladoras de software, que comercializan software para la administración de ranchos dedicados a la engorda de ovinos, pero no se adecuaba al proceso de engorda de cada criador, más bien los procesos se tienen que adaptar a la aplicación, sus precios son bastante elevados y no cuentan con la funcionalidad para dispositivos móviles.

Se puede señalar que de los sistemas de control que se han aplicado en los ranchos ganaderos del país, se han implementado más por el interés particular de algunos empresarios ganaderos, que por un esquema promovido por instancias oficiales. La información que se puede obtener con la implementación de sensores, sistemas de control y elementos automatizados, permiten en la actualidad controlar muchos de los aspectos del proceso que anteriormente se realizaban de forma manual.

A nivel internacional, encontramos a la empresa Te Pari, que fue establecida en 1980 por la familia francesa de Palmerston North, Nueva Zelanda y comprada en 1997 por Blampied Family. Una empresa familiar que inicia dando soporte tecnológico a productores de carne locales. Dicha empresa ahora es reconocida por aplicar hardwares de vanguardia y dar soluciones de calidad en el manejo de ganado y ovejas; dicha tecnología la han exportado a todo el mundo. [10].

La compañía Prattley se ubica en Temuka, South Canterbury, Nueva Zelanda, Prattley Industries, es un fabricante líder mundial de equipos de manipulación de

animales y corrales de ganado. Han construido una reputación confiable en Nueva Zelanda y alrededor del mundo por los últimos 40 años. Crean un ambiente de bajo estrés para los animales, al mismo tiempo que se implementa un alto rendimiento, productividad y bajos costos laborales [11].

Te Pari y Pratley son dos de las mejores empresas del mundo, dedicadas al manejo animal de forma automatizada, han desarrollado tecnología de punta, sus sistemas son de alta calidad, sin embargo, sus costos son altos, dado que el producto más económico con el que cuentan ronda alrededor de los \$500,000.00 pesos mexicanos, más los gastos de importación, el traslado desde Nueva Zelanda, la instalación, lo que incrementa aún más sus precios.

Por medio del IoT, los datos capturados son almacenados en un servidor y los ganaderos pueden acceder a la información a través de dispositivos móviles. El IoT juega un papel de suma importancia en el aumento de la producción de carne, ya que permite mejorar los procesos, disminuir los costos y dignificar el trabajo humano. Para llevar a cabo dicha tecnología el pequeño ganadero necesita soluciones de bajo consumo de energía, prácticas, de fácil mantenimiento y operación [11].

5 MÉTODOS

Para la presente investigación se utilizó el método de la experimentación, ya que no se encontró algún método ad hoc, en el que se pudiera estar cambiando los diversos parámetros de configuración de los motores eléctricos, que reciben a su vez datos de varios sensores, que se incluyen en el sistema de pesaje, hasta que se encontraran los resultados esperados.

Para desarrollar la parte del software del sistema de pesaje, se utilizó la metodología Scrum, donde se aplican una serie de buenas prácticas, que hacen que las actividades se realicen de manera colaborativa con la finalidad de tener los resultados más óptimos posibles de un proyecto. Estas prácticas interactúan entre sí y se derivan de formas de trabajar muy eficientes y efectivas, las cuales están orientadas al trabajo en equipo, con la finalidad de lograr entregar un producto de software de calidad en los tiempos y costos planeados.

6 MATERIALES

Como parte de los materiales utilizados para el desarrollo del proyecto, podemos mencionar una placa electrónica de hardware libre marca Arduino, modelo MEGA, con un microcontrolador re-programable que nos permite modificar su funcionamiento fácilmente y de manera libre, para la identificación de cada ovino se utilizó un identificador RFID que se colocó en el arete de cada animal, también se utilizó un sensor de proximidad que permite detectar el animal al momento de encontrarse próximo a ingresar al área de pesaje y automáticamente el sistema registra su peso y código RFID.

Para la báscula se utilizó una plancha de acero inoxidable, a la cual se le incorporaron cuatro sensores de presión en cada una de sus esquinas, más una tarjeta lectora de datos que recibe la lectura síncrona de los cuatro sensores de carga y las convierte en una señal única, la cual será enviada a un Arduino y después a la tableta electrónica que cuenta con sistema operativo Windows, que tiene instalada una aplicación que envía los datos a un servidor.

Para la automatización del mecanismo utilizado para abrir y cerrar la puerta por donde pasa el animal, se implementaron dos motores en la estructura metálica de la manga de manejo, uno a la entrada y otro a la salida del cajón de pesaje, los cuales son controlados por el Arduino.

Se desarrolló una aplicación Web, para el procesamiento de la información obtenida. Se desarrolló en dos partes, la primera fue la parte del front end, para realizar el diseño de las vistas del lado del cliente, las cuales fueron creadas con HTML5, Bootstrap y Javascript. La segunda parte del desarrollo fue el back end, que se desarrolló del lado del servidor, en éste utilizamos el lenguaje de programación PHP, una base de datos MySQL, por último, se realizó la publicación del sistema en un Servidor Web VPS (Hosting), y para almacenar los datos en la nube se utilizó el repositorio de datos Firebase de Google. La interacción del sistema con el usuario se realiza con una tableta electrónica, para mostrarle la información recabada del proceso de pesaje, como datos de cada animal, historial de peso, gráficas, consultas, etc; con conectividad inalámbrica bluetooth y acceso a la red celular 3G.

7 OBJETIVO GENERAL

Automatizar el proceso de pesaje de ganado ovino, aplicando el Internet de las Cosas, para que mediante sensores obtener la identificación del animal, leyendo su arete con tecnología RFID, tomar su peso, transferir la información de una tarjeta de adquisición y control de datos a una tableta electrónica, que contendrá una aplicación que enviará los datos a un servidor para ser procesados y posteriormente estar a disposición de las consultas que se realicen por dispositivos desde cualquier ubicación donde cuenten con acceso a internet.

8 OBJETIVOS ESPECÍFICOS DE INVESTIGACIÓN

- Duplicar la manga de manejo animal original, para que se le instalen los engranajes, motores, sensores, cableado y base para montar la tableta electrónica.
- Realizar pruebas individuales de la recepción correcta de cada uno de los sensores a la tableta electrónica.
- Desarrollar una aplicación que controle el sistema de pesaje, se ejecute en la tableta electrónica, reciba los datos y los envíe al servidor. Otra parte de la aplicación estará montada en el servidor para almacenar los datos. Y por último otra sección del sistema de información estará ubicada en los dispositivos móviles desde los cuales se podrá disponer de la información ya procesada en una serie de iconografías con su respectiva numeración, lo que facilitará la toma de decisiones.

9 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Con el constante crecimiento de los ranchos dedicados a la producción de ganado ovino en el Estado de Zacatecas, los propietarios de las unidades de producción tienen la necesidad de utilizar nuevas tecnologías disponibles, en especial tendrán que aplicar recursos para automatizar el proceso de pesaje, ya que se requiere demasiado tiempo y mano de obra, además de resultar una de las situaciones que provoca un mayor estrés a los animales, que tiene como consecuencia que se decremente la calidad la carne. Tendrán que encontrar mejores procesos que les permitan la identificación y monitoreo de la condición de

los ovinos. En México la aplicación del IoT en la industria ganadera es prácticamente mínima, no tiene el dinamismo que ha tomado en otros países. Por lo que se requiere impulsar la tecnificación ganadera para incrementar la productividad de los pequeños productores.

Los productores ganaderos han buscado tener disponible información que les permita conocer el incremento o decremento del peso semanal de los animales, lo que han logrado con base en registros tomados manualmente, para de forma global en la unidad o individualmente definir las acciones específicas para controlar su proceso de engorda, como podría ser ajustar los contenidos nutricionales de la dieta evitando pérdidas o detectar oportunamente problemas en el hato.

El problema se definió en el sentido de aplicar las Tecnologías de la Información para llevar a cabo un manejo animal sin estrés, aumentar velocidad de la operación, reducir la mano de obra, incrementar la producción alcanzando mayor confiabilidad en la toma de decisiones en el proceso de engorda.

10 JUSTIFICACIÓN

En las unidades de producción pecuaria se conseguirán mejores resultados cuando se mantengan controlados los indicadores técnicos y para conseguirlo es necesario tener registros. Los datos se obtienen, como ya se señaló, de registros manuales de existencias, de pesaje, de consumos, de cantidad de insumos y sólo en algunas unidades pecuarias se ha comenzado a utilizar algunas nuevas tecnologías para la identificación, medición y registro; sin embargo son muy pocos los casos en que los productores consideran de utilidad la información y generalmente aplican para tomar decisiones lo que ellos definen como su experiencia.

Actualmente los datos que se requieren de cada animal son anotados a mano en papel, posteriormente se transfieren a una hoja de cálculo, lo que les lleva hasta una semana. Una vez que los datos se le entregan al empresario, éste inicia la tarea de generar sus gráficos comparativos y determinar si los animales adquirieron mayor peso o no, y de esa forma tomar decisiones para mantener o cambiar las dietas de los animales. También durante el proceso de pesaje se pueden detectar enfermedades, detectar a las ovejas que están preñadas, vacunar, desparasitar, entre otras más situaciones que se presentan.

El software que administra los datos debe poder realizar pronósticos, mostrar las tendencias de mercado, facilitar la integración y estandarización de procesos de negocio, información en tiempo real y contar con una base de datos en un servidor, para mejorar la planeación y el control del presupuesto, hacer la cadena de suministros más eficiente e incrementar la rentabilidad de la empresa. El plan estatal de desarrollo 2016 - 2021 del Estado de Zacatecas, establece en sus metas: “Impulsar a través de la innovación y el talento los sistemas productos ganaderos bajo un enfoque industrial y de agro negocios. Coadyuvar a los ganaderos para incrementar la inclusión de los productores en el mercado nacional de cortes y canales”.

11 PROPUESTA DE SOLUCIÓN

Después de visitar el rancho donde se solicitó realizar la implementación de éste proyecto, se propone automatizar el proceso de pesaje, atendiendo los requerimientos del propietario:

1. Que sea silencioso, para no estresar a los animales y mejorar la calidad de la carne.
2. Que funcione a 12 volts, para que, en caso de no contar con energía eléctrica, pueda seguir trabajando con una batería de automóvil.
3. Que se utilice la misma manga de manejo animal que opera de forma manual, a la cual se le incorporen los diversos sensores, engranajes y motores eléctricos.
4. Que se reduzca el tiempo del proceso y la mano de obra.
5. Que se cuente con información en tiempo real del inventario de cada corral, peso global, enfermos y ovejas preñadas.

El sistema se diseñó en cuatro módulos, que están controlados por una tableta electrónica que tiene instalada una aplicación desde la cual se da inicio al siguiente proceso:

- A. Primer módulo, se detecta la presencia del animal por medio de un sensor de movimiento modelo JSN-SR04T de la marca Naylamp, el cual activa un servomotor HD-1235MG de la marca Power HD, para abrir la primera puerta (entrada), una vez que pasa el animal se cierra esta primera puerta.

- B. Segundo módulo, se realiza la lectura del arete del animal con tecnología Radio Frequency Identification (RFID), para su identificación utilizando un lector LEC.IMP-R420 de la marca Speedway.
- C. Tercer módulo, estando el animal sobre una plancha de acero inoxidable, con cuatro sensores de carga Sparkfun modelo HX711, se realiza el pesaje del ovino, los datos se envían a una tarjeta Arduino Mega vía Bluetooth a una tableta electrónica, la cual tiene una conexión a Internet, la información es enviada y almacenada en un servidor, para poder ser visualizada por los usuarios en sus diferentes dispositivos.
- D. Cuarto módulo, después de realizado el pesaje se activa otro servomotor del mismo modelo y marca mencionados, para abrir la puerta de salida, cuando sale el animal se cierra la segunda puerta y se reinicia con el proceso de pesaje.

12 RESULTADOS

El resultado obtenido en la automatización del proceso de pesaje mediante la aplicación de IoT, consistió en utilizar una base de placa de acero inoxidable con cuatro sensores de carga, uno en cada esquina para detectar el peso (Figura 1). Cada galga puede pesar hasta 50 kg; por lo cual las cuatro en conjunto pueden pesar hasta 200 kg. Al detectar el peso de cada ovino los sensores envían la información a un dispositivo llamado Load-Cell-Amplifier HX711, el cual amplifica la señal recibida, para enviarla posteriormente a un Arduino Mega, que es el encargado de recibir, procesar y enviar los datos vía Bluetooth a una tableta electrónica Huawei Y5 2018 con Sistema Operativo Windows 10, la que a su vez por medio de la red celular de Telcel subirá los datos al servidor. Simultáneamente, se podrá visualizar la información en la misma tableta o desde cualquier dispositivo electrónico que tenga acceso a Internet que tenga instalada la aplicación que fue desarrollada para este sistema de pesaje.

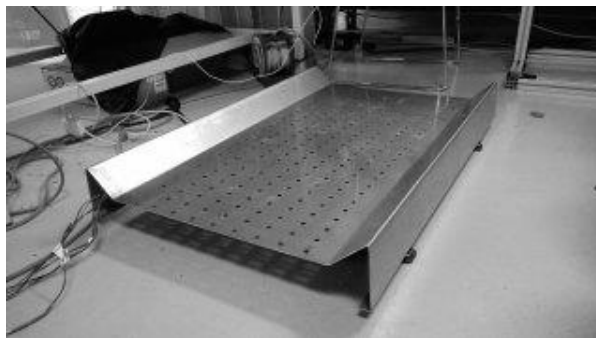


Figura 1. Módulo de pesaje.

Se decidió replicar la manga de manejo que se utiliza de forma manual con la que se cuenta en el rancho (Figura 2), y sobre ella construir un prototipo basado en el modelo original a la cual se le implementó un mecanismo de engranajes y cremallera, para así poder integrarle unos motores de corriente directa de 12 volts, tanto en la puerta de entrada como la de salida, sensores de presencia y lector RFID



Figura 2. Manga de manejo animal "tradicional".

El principal objetivo de usar servomotores es para que sea más preciso el proceso de apertura y cierre de las puertas, para no lastimar, ni estresar a las ovejas. Ya que estos motores son silenciosos, se les puede controlar la velocidad, sentido de giro, torque, distancia, potencia y tiempos de accionamiento, por medio de tarjetas de control del ancho de banda de pulsos (PWM).

Se hizo una simulación en un software de diseño y simulación, en donde se le colocaron los sensores, los servomotores y los engranajes giratorios para mover las puertas (Figura 3). Una vez que se revisó y analizó el funcionamiento de manera virtual. Se prosiguió a realizar

el armado y montaje físico de los sensores, motores, engranajes, cableado y se puso en funcionamiento el sistema, se revisó el programa en la tableta, que el mecanismo de apertura y cierre de las puertas funcionará correctamente; así como también que el dato del peso mostrado y enviado al servidor fuera el correcto.

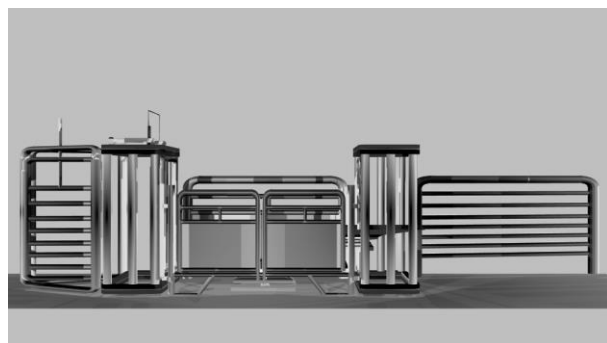


Figura 3. Renderizado de la manga de manejo animal “tradicional”.

En las pruebas de campo, ya instalada la manga automatizada en el rancho, se revisó nuevamente el funcionamiento, se realizó la comprobación de los datos por separado, para asegurar que cada módulo trabajará correctamente. Se realizó el pesaje de 500 ovejas y se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 1. Comparativa del proceso de pesaje manual sobre el sistema automatizado.

#	Parámetro	Proceso manual	Sistema automatizado
1	Tiempo	8 horas	1 hora
2	Trabajadores	4 personas	1 persona
3	Datos	1 día de captura	En tiempo real (Big Data)

13 PROTOTIPO

Una vez que se contaba con la réplica de la manga de manejo y los componentes instalados, se procedió a realizar la configuración necesaria para cada uno de los cuatro módulos de los que se compone el sistema:

El primer módulo se divide a su vez en tres etapas, se inicia con la detección de la presencia del animal por medio de un sensor de movimiento modelo JSN-SR04T de la marca Naylamp, posteriormente se activa un servomotor HD-1235 MG de la marca Power HD, para abrir la puerta de entrada, finalmente una vez que pasa el animal se cierra esta primera puerta.



Figura 4. Engranaje de la puerta de entrada.

Uno de los problemas que se presentaron en este primer módulo fue la de encontrar la configuración óptima, a la que deberían trabajar los servomotores, ya que si abre lento se pasaran más de un animal, por lo que se requiere que el cierre fuese más rápido y detener al ovino que venga en seguida.

En el segundo módulo, se realizan dos tareas, se toma la lectura del arete del animal con tecnología RFID, para su identificación individual utilizando un dispositivo LEC.IMP-R420 de la marca Speedway, al cual se le amplió el rango de lectura para que abarcara una distancia de aproximadamente 50 cm y que fuera funcional para el prototipo. Después se toma el peso del animal estando sobre una plancha de acero inoxidable, con cuatro sensores de carga Sparkfun modelo HX711, que genera el dato y se envían a una tarjeta Arduino Mega vía bluetooth tanto la identificación como el peso del animal para después ser enviados a una tableta electrónica.

Uno de los problemas fue a la hora de que el borrego se encontraba en la placa de pesaje, lo primero que se tenía que realizar era la calibración en base a un factor de ecuación lineal para tomar el peso de la placa y poder sumarlo al peso del animal por medio de una ecuación polinomial de calibración, por lo cual se trabajó en buscar y cambiar algunos datos hasta encontrar un factor que nos

permite tener un margen de error de 50 a 100 gramos en el pesaje de cada ovino.

Para el tercer módulo se hacen dos actividades, la tableta electrónica que tiene instalada la aplicación que administra el sistema, cuenta con sistema operativo Windows y conexión a Internet a través de la red telefónica 3G, una vez que recibe el ID y el peso vía bluetooth, los manda al servidor a través de la red telefónica celular, que cuenta con una base de datos MySQL para almacenar los datos, una vez enviados los datos se manda activar el último módulo.

Lo que ejecuta el cuarto módulo, es activar un segundo servomotor para abrir la puerta de salida del mismo modelo y marca que el primero, cuando sale el animal se cierra la segunda puerta y se reinicia con el proceso de pesaje. La puerta de salida tiene la opción de ser programada para abrir a la izquierda o la derecha, con lo que se pueden configurar rangos de pesos y determinar a qué lado aperturar la puerta ya sea para regresar a los animales a sus corrales o mandarlos a un remolque cuando se realice una compra.

La parte de programación de la pesa se desarrolló en la Integrated Development Environment (IDE) de Arduino y se utilizaron librerías del sensor HX711, que están disponibles de manera libre en internet, para la obtención del peso, primero se tiene que calcular el factor de calibración, el cual se trabaja con un sketch llamado SparkFun HX711 Calibration, después de haber obtenido el factor de calibración entró en función el método que dará un dato tipo float, con la información del peso que se obtuvo de la báscula en kg. Lo que redujo los cálculos matemáticos y físicos que los servomotores de cremallera aplican en cuestión de velocidad (1), distancia, torque-potencia (2) y el tiempo (3) de apertura y cierre de las puertas, que están representadas de las siguientes fórmulas [5]:

$$a) \text{ Velocidad de giro: } n_{in} = \frac{60}{p \cdot z} V_L \quad (1)$$

$$b) \text{ Par de fuerza: } m_{in} = \frac{p \cdot z}{2\pi} \cdot \frac{F_L}{n} \quad (2)$$

c) Par adicional para aceleración constante (variación de la velocidad Δn_{in} durante el tiempo Δt_a)

$$M_{in,\infty} = \left(J_{in} + J_p + \frac{m_l + m_z}{n} \cdot \frac{p^2 \cdot z^2}{4\pi^2} \right) \cdot \frac{\pi}{30} \cdot \frac{\Delta n_{in}}{\Delta t_a} \quad (3)$$

d) Holgura error de posición

$$\Delta \varphi_{in} = \Delta s_L \cdot \frac{2\pi}{p \cdot z} \quad (4)$$

En la etapa de pruebas, dado que las ovejas son muy ágiles, de diferente tamaño, son impredecibles en su manera de actuar al estar sometidas a estrés; son motivos por los cuales se tuvieron que hacer varias pruebas con los sensores de presencia, para no permitir que se pasaran más de dos ovejas a la vez; ya que el sistema está programado para que recabe la información de un sólo animal a la vez, y se de lectura de los códigos RFID y la báscula pueda pesar y enviar los datos al servidor. Por lo que la calibración de los sensores, el ajuste de las puertas de velocidad, fuerza, aceleración y el envío y recepción de datos requirió de cientos de pruebas para corregir los errores (4).

Se tuvieron algunos problemas con los sensores de carga, ya que tienen que calibrarse cada vez que se mueve la manga de manejo animal, para que arrojen los resultados correctos de los pesajes, ya que como cualquier báscula tiene que estar en una superficie uniforme.

Como todo sistema, es susceptible de mejorarse aún más, sobre todo en la configuración de los motores, para hacerlos funcionar de forma más óptima, también faltó hacer pruebas con tecnología neumática, y realizar una comparativa y para determinar cuál de las dos es más eficiente, así como utilizar sensores de pesaje más robustos, más precisos y de esta manera poder realizar un producto comercial que cumpla con las normas que se requieren en México.

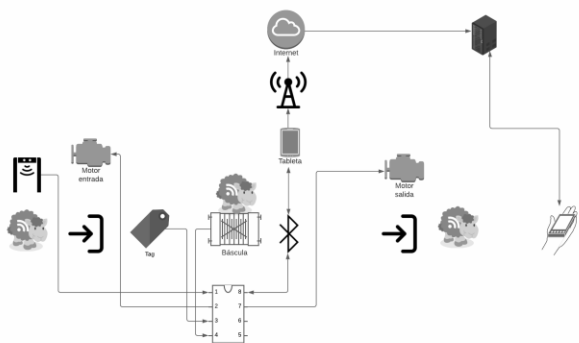


Figura 5. Diagrama del prototipo.

El empresario tiene en su dispositivo móvil la información a la mano (Figura 4), del número de animales en stock, el porcentaje de incremento del peso en general y en lo individual, con lo que toma decisiones con mayor oportunidad y por lo tanto generando una mayor rentabilidad para su empresa. La aplicación tiene una serie de vistas que son utilizadas por los usuarios para poder visualizar la información.



Figura 6. Vistas para el usuario final del menú y panel principal del sistema.

14 CONCLUSIONES

El sistema de información permite la toma de decisiones de manera más eficiente, además de que se tiene un panorama más amplio sobre el desempeño de la empresa, lo que ayuda a identificar problemas estratégicos, amenazas y oportunidades, proporcionando así las herramientas para que se cumpla con sus objetivos estratégicos.

Durante el año 2019 se hicieron las pruebas de campo y se comprobó el funcionamiento y viabilidad del sistema de pesaje de animales automatizado. Con el uso e implementación de este prototipo se logró que el proceso de pesaje fuera más fácil y más rápido al recolectar la

información al momento en que los ovinos entran en la manga y se logra la detección y lectura de código RFID y el peso mediante las galgas y comparar los pesos anteriores de cada ovino y así saber cuánto peso ganaron o en su defecto si es que alguno no aumento de peso o si bajo de peso; para detectar si está enfermo, si está preñada alguna o si es necesario quizá cambiar de alimentación.

Después de las diferentes pruebas, puesta en marcha y analizar la problemática en el desarrollo del prototipo, se aprecia la necesidad de probar otras opciones de accionamiento para poder hacer las pruebas manuales de los diferentes elementos del prototipo; es decir poder tenerlo en funcionamiento automático cuando se desee hacer el proceso de pesaje y mediante el accionamiento de un botón se pueda cambiar a modo manual todo el equipo y poder revisar de manera individual cada elemento del sistema y poder detectar fallas.

Finalmente se entregó al empresario una réplica de su manga de manejo, a la cual se le montaron los motores eléctricos, para la apertura de la puerta de entrada y salida, engranajes, sensores de presencia, RFID con su lector, báscula de pesaje de acero inoxidable con cuatro sensores de carga con capacidad de hasta 200 kg, más un sistema de información que controla y administra el proceso, almacenamiento y visualización de la información.

15 TRABAJOS FUTUROS

Cambiar la tarjeta Arduino, por un sistema de control electrónico de Controladores Lógicos Programables (PLC); este cambio se llevaría a cabo debido a que normalmente se requiere que la manga de manejo esté a la intemperie, y lo que eso conlleva. La aplicación de los PLC para controlar la manga de manejo traerá consigo mayor estabilidad en el sistema de control.

Para la apertura y cierre de las puertas se tienen varias mejoras, que se han implementado en un software de simulación, se podrá optar por el uso de sistemas neumáticos en lugar del sistema de engranaje; ya que son más robustos los pistones que los engranajes. A diferencia de los engranes los sistemas neumáticos sufren menos desgaste mecánico; por otra parte, los engranes con el paso del tiempo sufren desgaste mecánico considerable en las estrías y poco a poco se pueden dañar y no abrir o cerrar correctamente.

REFERENCIAS

- [1] SENASICA, Manuales de buenas prácticas., fecha de consulta: <http://publico.senasica.gob.mx/?doc=21454>, 5 de febrero de 2021.
- [2] Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, <https://www.gob.mx/inifap>, 10 de febrero de 2021.
- [3] Rosas, I. F., Cabrera, A. G. L., Galicia, L. G. T. (2018). Análisis de la política del servicio de cobro en una pyme usando simulación con simio®. mercadotecnia en las pymes casos y aplicaciones, 226.
- [4] Orozco Abundis, M. A. (2007). Fomento de la agricultura sostenible mediante el establecimiento de un sistema de garantías de calidad en los procesos productivos y de comunicación a los consumidores. Aplicación a la agricultura mexicana.
- [5] Damián-Reyes, P., Pulido, J. R. G., Fajardo-Flores, S. B., Ramos-Michel, E. M., & Aréchiga, M. A. Capítulo V. De la ciudad inteligente al campus inteligente: Un primer paso hacia el Internet de las cosas. EL INTERNET DE LAS COSAS, 77.
- [6] Encuesta Nacional Agropecuaria 2019 : ENA : metodología / Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México : INEGI, 2020.
- [7] Situación de la ovinocultura en México y sus perspectivas. Nuño Hernández Benjamín, Presidente del Consejo Técnico de la Unión Ganadera Regional de Caprinocultores y Ovinocultores de Jalisco. Recuperado de <http://www.uamvz.uan.edu.mx/resources/MEMORIA-CURSO-TALLER-PROD-OVINA-2011.pdf>
- [8] Martínez Gonzalez, Sergio., Aguirre Ortega, Jorge, Gomez Danes, A., Ruiz Felix, Miguel., Lemus Flores, Clemente, Macias Coronel, Humberto., ... & Ramirez Lozano, M. H. (2010). Tecnologías para mejorar la producción ovina en México. CONACYT.
- [9] Martínez-Partida, J. A., Jiménez-Sánchez, L., Herrera-Haro, J. G., Valtierra-Pacheco, E., Sánchez-López, E., & López-Reyna, M. C. (2011). Ganadería ovino-caprina en el marco del programa de desarrollo rural en Baja California. Universidad y ciencia, 27(3), 331-344.
- [10] Te pari, our history, <https://www.tepari.com/nz/about-us/>, fecha de consulta, 23 de marzo de 2021.
- [11] Prattley, ABOUT US, <https://www.prattley.co.nz/about-us>, fecha de consulta 4 de abril.
- [12] Molina, Y. A., Ramírez, S. S., Morales, J. G., Reyes, A. M., Sánchez, R. G., & García, I. V. (2020). Diseño y desarrollo de un sistema de monitoreo remoto implementando Internet de las cosas. Research in Computing Science, 149, 235-247.

Acerca de los autores



Luis Miguel Zapata Alvarado:

Es Ingeniero en Sistemas Computacionales egresado del Instituto Tecnológico de Zacatecas (ITZ), tiene dos Maestrías una en Informática Administrativa de la Universidad Autónoma de Durango (UAD) y otra en Ingeniería de Software Distribuido por la Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ), actualmente está estudiando un Doctorado en Ciencias de la Ingeniería en la Universidad Autónoma de Zacatecas (UAZ). Trabajó en la iniciativa privada en una compañía dedicada a la administración de recursos financieros. Cuenta con una Startup enfocada a automatizar las empresas de corte Agroindustrial. Ha realizado diversas publicaciones e investigaciones a nivel nacional e internacional, perfil deseable PRODEP en tres ocasiones, es docente de la carrera de Tecnologías de la Información y coordinador laboratorio de Robótica e IoT en la Universidad Tecnológica del Estado de Zacatecas (UTZAC) desde hace 22 años.



José Francisco Hernández Serrano:

Ingeniero en Sistemas Computacionales egresado del Instituto Tecnológico de Zacatecas (ITZ) en la especialidad de de Redes y Bases de Datos Distribuidas, tiene una maestría en Informática Administrativa por parte de la Universidad Autónoma de Zacatecas, docente en la Universidad Tecnológica de Zacatecas desde el año 2006, integrante de cuerpo académico “Implementación del IoT en la Industria 4.0”.



Julián Ramírez Carrillo:

Es Ingeniero Mecánico por la Universidad Autónoma de Zacatecas (UAZ), tiene una Maestría en Procesos y Materiales (UAZ). Trabajó 16 años en la industria automotriz (NISSAN), en Envases de Cartón y de Aluminio en Grupo Modelo de Zacatecas, desde 1999 es profesor en la Universidad Tecnológica del Estado de Zacatecas (UTZAC) se especializa en el diseño mecánico, ciencia de materiales, procesos de manufactura y mantenimiento industrial predictivo.



Laura Elena Salcedo Bugarín:

Es Ingeniera en Comunicaciones y Electrónica por la Universidad Autónoma de Zacatecas (UAZ), cuenta con un una Maestría en Administración de la Construcción en el Instituto de Graduados en Administración (IGA), actualmente está cursando una Maestría en Ingeniería para la Innovación Tecnológica línea de Control y Automatización en la UAZ. Trabajó tres años de Ingeniera en electrónica en el departamento Electrónico en el área de Ingeniería de planta en la Empresa de Tapas y Tapones de Grupo Modelo en Zacatecas, desde enero de 2010 es Profesora en el área de Mecatrónica y de Energías Renovables de la Universidad Tecnológica del Estado de Zacatecas (UTZAC).



Eloy Contreras de Lira:

Es Ingeniero en Tecnologías de la Información y Comunicación por la Universidad Tecnológica del Estado de Zacatecas, cuenta con 16 años de experiencia en el ámbito educativo, ya que desde el 2005 se desempeña como docente de la Unidad Académica de Pinos de la UTZAC, durante su estancia en esta Institución ha apoyado técnicamente en innumerables proyectos sobre diferentes tecnologías desarrollados por sus alumnos.



Marco Antonio Morales Pérez:

es Ingeniero en Comunicaciones y Electrónica egresado de la Universidad Autónoma de Zacatecas (UAZ), tiene estudios de maestría en Tecnología Informática Educativa, especialidad en tecnología informática educativa por UAZ. En el ámbito laboral actualmente es Profesor de Asignatura en la Universidad Tecnológica del Estado de Zacatecas, Campus Guadalupe con diez años de experiencia, fue Profesor en la “Universidad Sierra Madre” Campus Zacatecas por 8 años, fue Técnico externo en instalaciones telefónicas para la empresa TELMEX por dos años, en la actualidad también se desempeña como asesor técnico externo en automatización industrial y en calidad y ahorro de energía para la empresa “Grupo Radiofónico Zer” con base en Zacatecas