

PROTOTIPO ELECTRÓNICO DE UNA BÁSCULA GANADERA

DIEGO ALONSO SILVA PICO

UNIVERSIDAD SANTO TOMAS DE AQUINO
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

TUNJA

2017

PROTOTIPO ELECTRÓNICO DE UNA BÁSCULA GANADERA

DIEGO ALONSO SILVA PICO

Proyecto de grado para optar por el título de Ingeniero Electrónico

Directores:

Msc. Camilo Ernesto Pardo Beainy

Msc. Oscar Eduardo Umaña Méndez

UNIVERSIDAD SANTO TOMAS DE AQUINO

FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

TUNJA

2017

Exoneración de responsabilidades

Las ideas expresadas en este trabajo de grado son responsabilidad exclusiva del autor.
No es la opinión de la Universidad Santo Tomas o Facultad de Ingeniería Electrónica.

Nota de aceptación

Observaciones

Firma Decano

Firma Primer jurado

Firma Segundo jurado

Firma Director

Firma Director

AGRADECIMIENTOS

Principalmente le agradezco a Dios por darme salud y vida para adquirir los conocimientos y valores para formarme como un excelente profesional. También agradezco a mis padres y hermanos que me apoyaron en todo momento, dándome fortaleza para no rendirme nunca. A cada uno de los ingenieros de la facultad que tuvieron la voluntad y la sabiduría en la formarme como ingeniero y un buen profesional, a mis amigos que siempre me apoyaron en este proceso.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	14
2. PROBLEMA.....	15
3. JUSTIFICACIÓN.....	16
4. OBJETIVOS.....	17
4.1 OBJETIVO GENERAL.....	17
4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	17
5. MARCO TEORICO	18
5.1 VARIABLE FÍSICA.....	18
5.1.1 Peso.....	18
5.1.1.1 La balanza	18
5.1.1.2 Células de carga a base de galgas extenso métricas	19
5.1.1.3 Células de carga neumáticas.....	19
5.2 SENSORES DE FUERZA	21
5.2.1 Sensor Resistivo	21
5.2.1.1 Sensor FSR 402	21
5.2.2 GALGAS EXTENSIOMÉTRICAS	23
5.2.2.1 CELDAS DE CARGA.....	25
5.2.2.2 Celdas de Carga con Medidores de Deformación.....	26
5.2.2.3 Celdas de Carga Tipo S.....	29
5.2.2.4 Celda de Carga Bending Beam.....	30
5.2.2.5 Celdas de Carga Shear Beam	30
5.2.2.6 Celda de Carga Miniatura.....	31
5.2.2.7 Celda de Carga puente de Wheatstone.....	31
5.3 PUENTE DE WHEATSTONE	32
5.4 ACONDICIONAMIENTO DE SEÑAL ANALOGICAS	33
5.4.1 Amplificadores Diferenciales.....	33
5.4.2 Adquisición de la Señal.....	34
5.5 Microcontroladores	36
5.5.1 Arquitectura de un Microcontrolador	36
5.5.2 Microcontrolador Pic16f4620	37
5.6 ISIS DE PROTEUS VSM	38

5.7	COMPILADOR C CCS	38
5.8	ENERGIA SOLAR	38
5.9	BATERIA.....	39
5.9.1	Acumulador de Ni-Cd.....	39
6.	DISEÑO METODOLÓGICO	40
7.	RESULTADO.....	41
7.1	BASCULAS GANADERAS.....	41
7.1.1	Basculas Tipo Mecánicas	41
7.1.2	Bascula Tipo Electrónica.....	42
7.1.2.1	Celdas Tipo S	42
7.1.2.2	Celda Tipo Viga.....	42
7.2	VISITA TÉCNICA.....	43
7.3	IMPLEMENTACIÓN DE LOS SENSORES	46
7.3.1	Sensor Resistivo (FSR)	46
7.3.2	Celda de Carga tipo viga.....	52
7.3.3	Sensor Tipo S.....	55
7.3.3.1	Características del amplificar diferencial	56
7.4	PROGRAMACIÓN.....	57
7.5	BASES DE DATOS	59
7.5.1	Base de datos para la dosificación	59
7.5.1.1	Base de datos de los antibióticos	60
7.5.1.2	Base de datos de los desparasitantes	65
7.5.1.3	Base de datos de los Suplementos.....	68
7.5.2	Base de Datos de Registro	69
7.6	Prototipo.....	69
7.7	FABRICACIÓN DEL INDICADOR DIGITAL.....	71
7.7.1	Creación de PCB	72
7.7.2	Impresión del circuito.....	74
7.7.3	Diseño de indicador o caja.....	75
7.7.4	Montaje del indicador de pesos	77
7.8	LCD	79
7.9	RELOJ	79
7.10	POWER BANK ES900.....	80

7.11	PRESUPUESTO	81
7.12.	COSTO BENEFICIO	81
8.	CONCLUSIONES	83
9.	BIBLIOGRAFÍA.....	84
10.	ANEXOS.....	85

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. Balanza Clásica	19
FIGURA 2. Galgas extensométricas	19
FIGURA 3. Célula de carga neumática	20
FIGURA 4. Célula de carga hidráulica.....	20
FIGURA 5. Sensor FSR	22
FIGURA 6. Composición Sensor FSR	22
FIGURA 7. Fuerza vs Resistencia.....	23
FIGURA 8. Galga cementada	24
FIGURA 9. Galgas sin cementar	24
FIGURA 10. Galga Extensiométrica.....	25
FIGURA 11. Diseños de celdas de carga elásticas.....	26
FIGURA 12. Celda de carga tipo viga de flexión y distribuciones de esfuerzo	27
FIGURA 13. Celda de carga tipo viga en cortante y distribución del esfuerzo cortante.....	28
FIGURA 14. Celdas de carga típicas	29
FIGURA 15. Celda de carga tipo s	30
FIGURA 16. Celda de carga Bending Beam	30
FIGURA 17 Celda de carga Shear Beam	31
FIGURA 18 Celda de carga miniatura	31
FIGURA 19 Celda de Carga tipo puente de Wheatstone	32
FIGURA 20. Puente wheatstone.	32
FIGURA 21. Proceso del tratamiento de la señal	33
FIGURA 22. Amplificador Diferencial.....	34
FIGURA 23. Conversión A/D.....	35
FIGURA 24. Sistema de adquisición.....	36
FIGURA 25. Microcontrolador	37
FIGURA 26. Bascula ganadera tipo mecánica.....	41
FIGURA 27. Sistema de palancas.....	42
FIGURA 28. Indicadores de la báscula	42
FIGURA 29. Celda de carga tipo viga.....	43
FIGURA 30. Celda de carga.....	43
FIGURA 31. Bascula ganadera.....	44
FIGURA 32. Sensor tipo s.	44
FIGURA 33. Indicador electrónico.....	45
FIGURA 34. Indicador mecánico (romana).....	45
FIGURA 35. Sistema de palancas.....	45
FIGURA 36. Conector celda tipo s	46

FIGURA 37. Regresión potencial	47
FIGURA 38. Divisor de voltaje	48
FIGURA 39. Ajuste del error.....	50
FIGURA 40. Polinómica de la promedio de ADC1 y ADC2.....	51
FIGURA 41. Linealidad de la promedio de ADC1 y ADC2.....	51
FIGURA 42. Polinómica de la suma de ADC1 y ADC2	52
FIGURA 43. Linealidad de la suma de ADC1 y ADC2.....	52
FIGURA 44. Celda de carga tipo viga.....	53
FIGURA 45. Sistema Celda de Carga Tipo Viga.....	54
FIGURA 46. Precisión y exactitud	55
FIGURA 47. Amplificador Diferencial.....	56
FIGURA 48. Prototipo de Bascula.....	70
FIGURA 49. Plataforma para pesaje	70
FIGURA 50. Posición de los sensores FSR	71
FIGURA 51. Simulación del indicador de peso.....	71
FIGURA 52. Circuito en protoboard	72
FIGURA 53. Componentes PCB	72
FIGURA 54. Diseño de la PCB	73
FIGURA 55. Simulación 3D parte superior	73
FIGURA 56. Simulación 3D parte Inferior	74
FIGURA 57. Baquelita.....	74
FIGURA 58. Montaje de todos los elementos	75
FIGURA 59. Funcionamiento PBC.....	75
FIGURA 60. Parte Frontal y lateral.....	76
FIGURA 61. Parte Frontal y lateral.....	76
FIGURA 62. Parte trasera.....	76
FIGURA 63. Convenciones	76
FIGURA 64. Cortes realizados a la caja.....	77
FIGURA 65. Parte frontal del indicador	77
FIGURA 66. Parte trasera del indicador	78
FIGURA 67. Montaje de los circuitos a la caja.....	78
FIGURA 68. Circuitería	78
FIGURA 69. Simulación LCD.....	79
FIGURA 70. Simulación reloj	80
FIGURA 71. Power Bank.....	81

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Datos resistencia vs fuerza	47
Tabla 2. Comparacion indicador vs peso real	49
Tabla 3. Datos de Peso Celda de Carga.....	54
Tabla 4. Antibioticos- Oxitetraciclina	61
Tabla 5. Antibióticos-Estreptomicina.....	62
Tabla 6. Antibióticos- Pen-Procaínica	63
Tabla 7. Antibióticos-Pen-Benzatínica	64
Tabla 8. Desparasitantes- Albendazol	65
Tabla 9. . Desparasitantes- Albendazol.....	66
Tabla 10. Desparasitantes-Levamisol.....	67
Tabla 11. Desparasitantes- Fenbendazol	68
Tabla 12. Suplementos-Complejo B (Inyectable).....	68
Tabla 13. Suplementos- Complejo B (Oral)	69
Tabla 14. Especificaciones Power Bank.	80
Tabla 15. Presupuesto	81

GLOSARIO

BASCULA: Es un dispositivo que sirve para pesar, determinando un peso o una masa de los cuerpos. Existen tres tipos de básculas mecánicas, electrónicas y electromecánicas.

CELDA DE CARGA: Es un sensor que se usa para medir una fuerza. Contiene un elemento flexible interno, usualmente con varios medidores de deformación montados en su superficie. La forma del elemento de flexión se diseña de modo que las salidas del medidor de deformación se pueden relacionar con la fuerza aplicada. La celda de carga usualmente se conecta a un circuito puente para producir un voltaje proporcional a la carga. (LIZCANO GOMEZ R, PUENTES GOMEZ J, VALENZUELA SABOGAL C, 2005)

AMPLIFICADOR DIFERENCIAL: Es un dispositivo que la salida es proporcional a la diferencia de voltaje de las dos entradas. Es de gran utilidad en la amplificación de aquellas señales que provienen de puentes balanceados, donde las dos líneas que contienen la verdadera señal están montadas sobre un nivel alto de DC. Con el amplificador diferencial este nivel de DC es eliminado y se tiene en cuenta únicamente la diferencia que existe entre las dos líneas. (LIZCANO GOMEZ R, PUENTES GOMEZ J, VALENZUELA SABOGAL C, 2005)

CONVERSION A/D: Consiste en la transcripción de señales analógicas en señales digitales, con el propósito de facilitar su procesamiento y hacer la señal resultante (digital) más inmune al ruido y otras interferencias a las que son más sensibles las señales analógicas. (LIZCANO GOMEZ R, PUENTES GOMEZ J, VALENZUELA SABOGAL C, 2005)

INDICADOR DIGITAL: Son medidores que se pueden emplear de una forma muy flexible. Estos pueden resolver una amplia variedad de trabajos de medición. Este los visualiza mediante un display.

POWER BANK

: Es una batería externa con la que se podrá recargar o proporcionar energía, este dispositivo es móvil. Puede ser recargado de la red eléctrica o mediante energía solar.

RESUMEN

En este documento se presenta el estudio y la aplicación de un indicador digital para pesar ganado vivo, mejorando su comercialización y también la dosificación de medicamentos. Para el desarrollo se investiga en el entorno ganadero aclarando como se comercializa, donde se encuentra, que una de estas formas es por medio de basculas. Otra investigación que se realizo fue parametrizar los medicamentos más utilizados en la ganadería para así registrarlos en el sistema y dar una opción de medicar el ganado de acuerdo a su peso corporal.

Se realizan pruebas en un prototipo, tiene una capacidad de 10Kg, el sensor utilizado es tipo resistivo, el proceso de la señal emitida por este sensor se realiza por medio de un microcontrolador PIC18F4620, mostrando el peso y realizando las distintas operaciones para observar en el indicador un precio y dosificación precisa respecto al peso del bovino.

Por otra parte se realiza la implementación en una báscula ganadera electromecánica, donde está ya posee un sensor tipo S el cual es utilizado para obtener el peso adecuado y exacto, para así ser observados en el indicador electrónico diseñado y construido en este proyecto.

1. INTRODUCCIÓN

La aplicación del conocimiento científico y el desarrollo de la tecnología permiten al ser humano solucionar diferentes problemas que se presentan en las actividades diarias que se desempeñan. La tecnología, en este sentido, se caracteriza por la búsqueda del beneficio y la calidad de vida de las personas, pues sus propuestas y aportes facilitan algunas labores que anteriormente se tornaban difíciles en su ejecución.

Uno de los avances más significativos de la tecnología es la digitalización, pues permite la caracterización de diferentes fenómenos físicos, como la temperatura, el peso, la velocidad, la presión, entre otros, con un grado de exactitud muy alto. Gracias a los sensores, que convierten las señales ambientales en señales eléctricas, es posible, con la ayuda de microcontroladores, digitalizar y caracterizar la información proveniente de estos fenómenos. Así se hace posible contar con los datos y la información precisa y confiable de un fenómeno particular.

En este sentido, el presente proyecto desarrolla un prototipo de báscula que permita a los campesinos y comerciantes obtener la información sobre el peso del ganado vivo, pues esta información es necesaria para su comercialización y la administración exacta de medicamentos. Si se tiene en cuenta que los sectores menos favorecidos en el comercio del ganado no poseen un mecanismo que permita establecer con un grado alto de exactitud el peso de sus bovinos, es comprensible el por qué es factible generar un prototipo de báscula ganadera que, a futuro, pueda solucionar los problemas relacionados con el desconocimiento del peso real del ganado.

La construcción de este prototipo de báscula inicia con un proceso de programación, en el que se definieron los puertos para el teclado, la pantalla LCD, el reloj y el puerto analógico/digital. Asimismo, se realizaron los distintos menús, necesarios para la representación del indicador de peso.

A continuación, se parametrizó el sensor resistivo y se realizaron adecuaciones de voltaje para que esta señal sea ingresada al microcontrolador, de modo que sea posible realizar los distintos procesos de digitalización requeridos para observar el peso en la pantalla LCD.

Con el indicador de peso se da inicio a las adecuaciones pertinentes para que funcione con una celda de carga tipo S; estas adecuaciones se realizaron en la Hacienda Santa Bárbara, donde se encuentra ubicada una báscula ganadera que posee este sensor. A lo largo de este documento se presentan entonces los detalles de la planeación y ejecución de este proyecto.

2. PROBLEMA

Las básculas son mecanismos para medir el peso de un objeto particular. Estos mecanismos tienen diferentes usos y aplicaciones en la vida diaria de las personas. Son utilizadas, por ejemplo, para calcular el peso ideal de una persona, la carga transportada por un camión, la cantidad de verduras y frutas que se compran en un supermercado, etc. En algunos casos, estas básculas son mecánicas, electrónicas o “mixtas” (mecánicas y electrónicas).

Sin embargo, en regiones apartadas de Colombia la comercialización del ganado vivo se realiza mediante un sistema de medida llamado “al ojo”, porque dispositivos mecánicos como la “romana”, frecuentemente utilizados en estas regiones, no son aptos para esta labor. Pero comercializar el ganado “al ojo” genera el siguiente problema: dado que el peso del ganado no puede establecerse con exactitud, el valor del ganado no puede determinarse con precisión, perjudicando así al vendedor y al comprador. Un segundo problema relacionado con este patrón de medida radica en el modo cómo se suministran los medicamentos al ganado, pues para evitar una sobredosis de medicamentos, que genere efectos adversos, es necesario aproximarse al peso exacto del animal.

Teniendo en cuenta los problemas de un sistema de medida “al ojo” y los límites de dispositivos mecánicos como la romana, surgen las siguientes preguntas:

¿Cómo diseñar un tipo de báscula que permita medir con cierto grado de exactitud el peso del ganado vivo?, ¿puede este mecanismo contribuir al rendimiento y al bienestar del ganado?

3. JUSTIFICACIÓN

En Colombia el sector ganadero ocupa una de las economías más significativas en el desarrollo rural, porque la producción ganadera tiene una alta oferta alimentaria en el país. Por esta razón, es importante poseer un instrumento de medida que permita establecer el valor del ganado para su comercialización. Si el mecanismo de medida hace posible acercarse con cierto grado de exactitud al peso del bovino, es posible mejorar la comercialización e incrementar los beneficios de rendimiento y productividad del mismo.

Si bien en la actualidad algunos sectores ganaderos utilizan métodos tradicionales de medida para la comercialización, como la compra y venta “al ojo”, estos métodos tienen algunas limitaciones que afectan la economía de los sectores pequeños del campesinado que se dedican a esta labor, pues este sistema no permite calcular con precisión el peso del animal, de modo que a la hora de su comercialización puede verse afectado el campesino. Esta es una de las razones que justifica la importancia de diseñar y construir instrumentos que favorezcan la labor ganadera de estos sectores.

Por otra parte, el sistema de medida denominado “al ojo” trae algunas consecuencias desfavorables a la hora de medicar a los animales, dado que las dosis de estos medicamentos se deben aplicar teniendo en cuenta su peso, de lo contrario se pueden generar efectos adversos en el animal (como por ejemplo, sobredosis que pueden incluso causar la muerte) o disminuir el efecto de la droga sobre el animal (cuando la dosis aplicada es menor a la indicada). Lo anterior se constituye como una segunda razón para proponer la creación de un instrumento electrónico de medición.

Con el transcurso del tiempo, los mecanismos de pesaje han venido evolucionando, fusionándose con la instrumentación electrónica. Esto ha permitido el diseño y la creación de nuevos dispositivos de medida con un mayor rendimiento; este trabajo está orientado por ello hacia el diseño y la implementación de un modelo de báscula electrónica que facilita, en la medida de sus posibilidades, la labor del ganadero.

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

- ❖ Implementar un prototipo de báscula que permita pesar el ganado vivo con el fin de mejorar su comercialización y el bienestar del animal.

4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- ❖ Diseñar un prototipo de báscula electrónico. Parametrizando y acondicionando los sensores tipo viga y FSR.
- ❖ Crear un software que permita calcular el peso, el valor y la dosis de medicamentos a suministrar a cada bovino.
- ❖ Probar y acondicionar el indicador de la báscula ganadera que se encuentra en la hacienda Santa Bárbara del Municipio de Tuta, Boyacá.
- ❖ Implementar un sistema de carga eléctrica para facilitar la alimentación y movilización de la báscula.
- ❖ Realizar una base de datos donde se encuentren las dosis de medicamentos respectivas al peso del bovino.
- ❖ Determinar cuánto ha ganado o perdido de peso el bovino en un tiempo determinado.
- ❖ Evaluar los límites y las posibilidades de una báscula electrónica.

5. MARCO TEORICO

5.1 VARIABLE FÍSICA

Las variables físicas son aquellas relacionadas con las causas físicas que actúan sobre un cuerpo, con su movimiento o bien con las propiedades físicas de las sustancias. Entre ellas está el peso, la velocidad y la densidad. (Antonio, 1998)

En este proyecto se utilizara la variable física de peso, donde se medirá la masa corporal de un bovino.

5.1.1 Peso

El peso de un cuerpo es la fuerza con que es atraído por la tierra. La relación entre la masa del cuerpo, es decir, la cantidad de materia que contiene, y su peso viene dado por la expresión. (Antonio, 1998)

$$p = m * g$$

En la que

$$p = \text{peso}$$

$$m = \text{masa}$$

$$g = \text{gravedad}$$

Algunos tipos de instrumentos para medir peso:

5.1.1.1 La balanza

Está constituida por una palanca de brazos iguales llamada cruz que se apoya en su centro y de cuyos extremos cuelgan los platillos, que soportan los pesos. Pueden medir desde unos pocos gramos hasta 300kg. (Antonio, 1998)

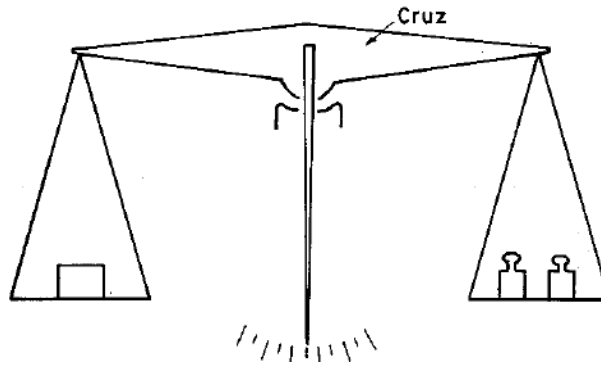


FIGURA 1. Balanza Clásica

FUENTE 1. Creus A. (1998) Instrumentación Industrial.

5.1.1.2 Células de carga a base de galgas extensométricas

Consiste esencialmente en una célula que contiene una pieza de elasticidad conocida (tal como el acero de módulo de elasticidad $2,1 * 10^6 Kg/cm^2$) capaz de soportar la carga sin exceder de su límite de elasticidad. A esta pieza está cementada una galga extensométrica formada por varias espiras de hilo pegado a un soporte de papel o resina sintética. La tensión o la compresión a que el peso somete a la célula de carga, hace variar la longitud del hilo metálico y modifica por lo tanto su resistencia eléctrica. (Antonio, 1998)

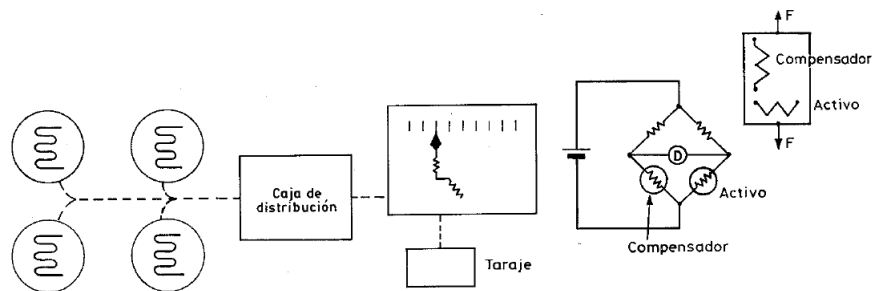


FIGURA 2. Galgas extensométricas

FUENTE 2. Creus A. (1998) Instrumentación Industrial.

5.1.1.3 Células de carga neumáticas

Consiste en un transmisor neumático de carga en el que el peso situado en la plataforma de carga se compara con el esfuerzo ejercido por un diafragma alimentado a una presión de tarado ajustable. (Antonio, 1998)

El sistema adopta una posición de equilibrio gracias al conjunto tobera-Obturador y a la cámara de realimentación del transmisor. La presión del aire alcanzada en esta cámara indica el peso. La capacidad de carga de las células neumáticas varía de 10 Kg a 10t. (Antonio, 1998)

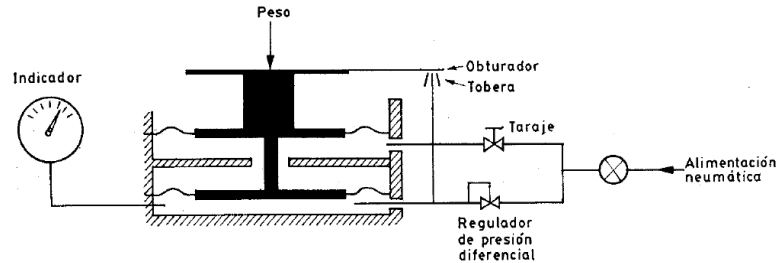


FIGURA 3. Célula de carga neumática

FUENTE 3. Creus A. (1998) Instrumentación Industrial.

5.1.1.4 Células de carga hidráulicas

Consisten en un pistón sobre el que se apoya la carga, que ejerce una presión sobre un fluido hidráulico. Según la carga y de acuerdo con el área conocida del pistón se crea una presión en el aceite que puede leerse en un manómetro tubo Bourdon y que por lo tanto refleja indirectamente la carga. Sumando las presiones hidráulicas de varias células de carga y aplicándolas a un transmisor electrónico de equilibrio de fuerzas, se obtiene una señal eléctrica que puede leerse en un indicador digital y utilizarse en sistemas de pesaje electrónico. (Antonio, 1998)

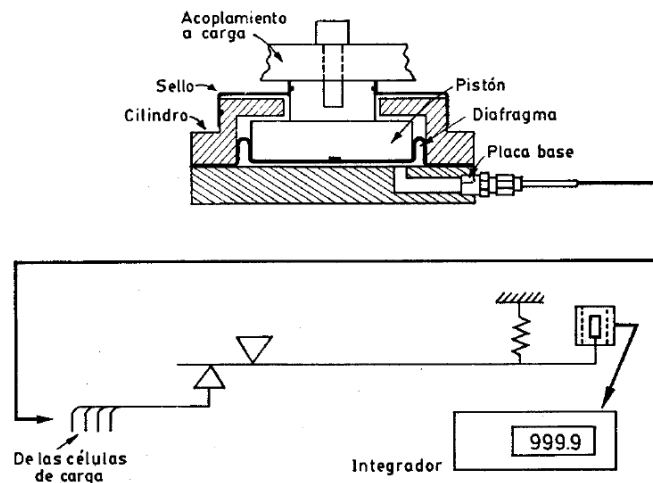


FIGURA 4. Célula de carga hidráulica

FUENTE 4. Creus A. (1998) Instrumentación Industrial.

5.2 SENSORES DE FUERZA

Un sensor es un elemento en un sistema de medición que detecta la magnitud de un parámetro físico y lo cambia por una señal que puede procesar el sistema. Al elemento activo de un sensor se le conoce comúnmente como transductor. Los sistemas de monitorización y control requieren sensores para medir cantidades físicas tales como posición, distancia, fuerza, deformación, temperatura, vibración y aceleración. (Alciatore, D. Hestand, B, 2007)

La medición de fuerza es más conocida como el proceso de pesaje, que puede determinar desde los microgramos de una medicina hasta el pesaje de un camión en la carretera. La fuerza es una cantidad derivada de las dimensiones fundamentales de masa, longitud y tiempo. (Figliola, R. Beasley. Donald, E., 2009)

En el desarrollo de este proyecto se implementaron dos tipos de sensores. El primero es un sensor de fuerza resistivo (FSR).

El segundo es un sensor tipo S, tiene una capacidad Max 1500 kg, este se encuentra situada en la hacienda Santa Bárbara de Municipio de Tuta Boyacá, donde se realizaron distintas pruebas y acondicionamientos.

5.2.1 Sensor Resistivo

Son los dispositivos sensibles más sencillos desde el punto de vista de su uso como componente de circuito; pueden trabajar con señales de continua y las relaciones a las que dan lugar están basadas en expresiones sencillas y muy conocidas. (Pérez, 2014)

Un dispositivo resistivo se convierte en sensor de una determinada variable porque esta variable afecta al valor de la resistencia mediante algún mecanismo. Y hay muchas variables (temperatura, humedad, campo magnético, tensión, posición, etc.) que son susceptibles de afectar a la resistencia y, por tanto, habrá otros tantos sensores resistivos. (Pérez, 2014)

5.2.1.1 Sensor FSR 402

Los FSR son sensores que le permiten detectar presión física, presión y peso. Son fáciles de usar y de bajo costo. Esta la figura 5 se muestra un FSR, específicamente el modelo 402. (Carrión L, Ochoa D, Valverde J, , 2009)

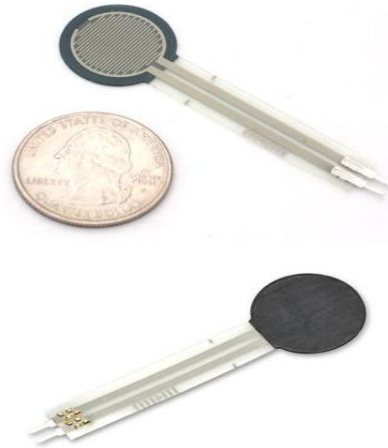


FIGURA 5. Sensor FSR

FUENTE 5. Ladyada (2013) Sensor de Fuerza Resistivo(FSR).

El sensor de fuerza resistivo (FSR) es un dispositivo de película de polímero (PTF) que presenta una disminución de la resistencia cuando aumenta la fuerza aplicada a la superficie activa. Su sensibilidad a la fuerza está optimizada para uso en el control por toque humano de dispositivos electrónicos. (Carrión L, Ochoa D, Valverde J, , 2009)

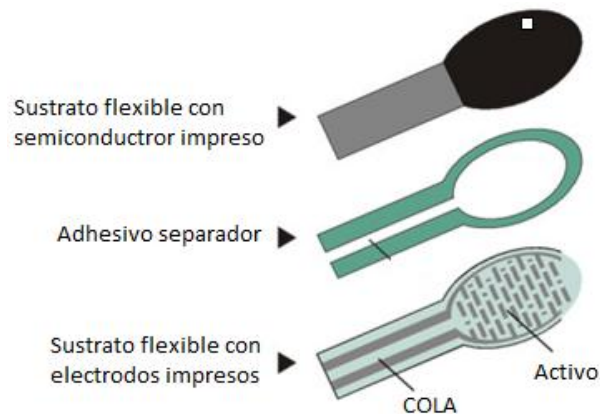


FIGURA 6. Composición Sensor FSR

FUENTE 6. Ladyada (2013) Sensor de Fuerza Resistivo(FSR).

La característica de fuerza vs resistencia se muestra en la Figura 6, esta muestra el comportamiento típico del FSR (representado en formato log/log). En particular la característica de fuerza resistencia es la respuesta del sensor 402 (0.5" [12.7 mm] del diámetro de su área activa circular). Un actuador de acero inoxidable semiesférico de diámetro 0,4" [10.0 mm] y con punta de goma de poliuretano con dureza 60 se utiliza para accionar el

dispositivo de FSR. La respuesta del FSR es aproximadamente $1/R$. (Carrión L, Ochoa D, Valverde J, , 2009)

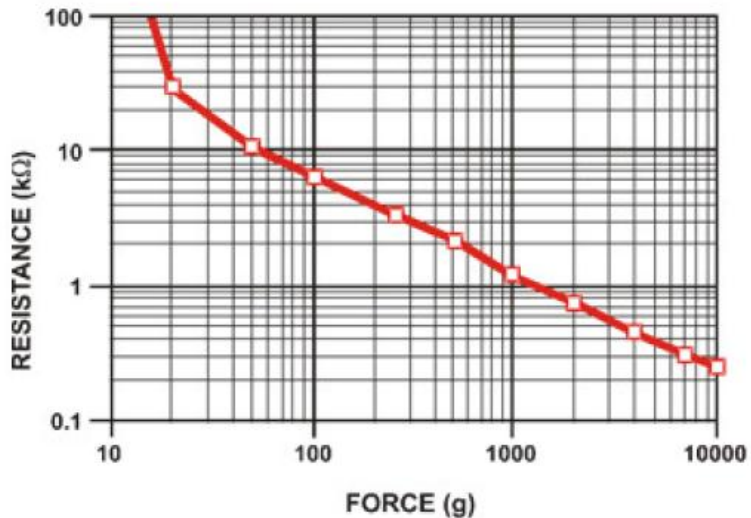


FIGURA 7. Fuerza vs Resistencia.

FUENTE 7. Ladyada (2013) Sensor de Fuerza Resistivo(FSR).

En la figura 7, en el extremo de baja fuerza un interruptor como respuesta es evidente. Además el umbral, o "fuerza de ruptura", (más de 100 kΩ). Al iniciar la gama dinámica está determinada por el sustrato, el espesor del recubrimiento y la flexibilidad, el tamaño y la forma del accionado, y el separador de espesor adhesivo. Eliminar el adhesivo, o mantenerlo lejos del área donde la fuerza se está aplicando, dará una menor resistencia de reposo (stand-off). (Carrión L, Ochoa D, Valverde J, , 2009)

Al final de la gama dinámica (fuerza de alta), la respuesta se desvía de la a ley $1/R$, y finalmente se satura a un punto donde los aumentos en vigor suponen muy poca o ninguna disminución en la resistencia. En estas condiciones en la figura 2, esta fuerza es la saturación de más de 10 kg. La presión de saturación de un FSR típico es del orden de 100 a 200 psi. (Carrión L, Ochoa D, Valverde J, , 2009)

5.2.2 GALGAS EXTENSIMÉTRICAS

Se basan en la variación de longitud y de diámetro, y por lo tanto de resistencia, que tiene lugar cuando un hilo de resistencia se encuentra sometido a una tensión mecánica por la acción de una presión.

Existen dos tipos de galgas extensométricas: galgas cementadas (Figura 8) formadas por varios bucles de hilo muy fino que están pegados a una hoja base de cerámica, papel o plástico, y galgas sin cementar en las que los hilos de resistencia descansan entre un armazón fijo y otro móvil bajo una ligera tensión inicial. (Antonio, 1998)

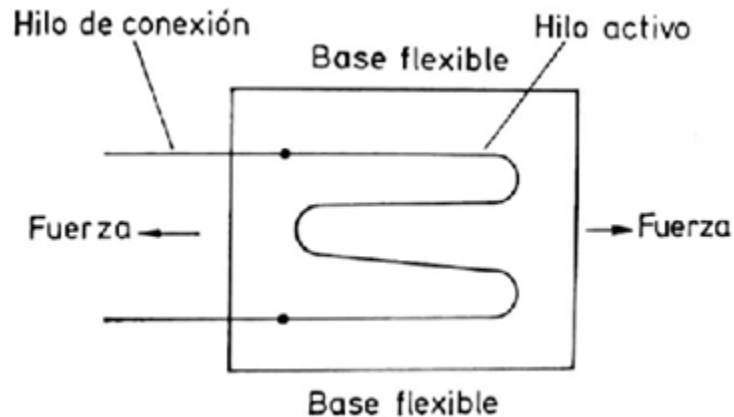


FIGURA 8. Galga cementada

FUENTE 8. (Antonio, 1998)

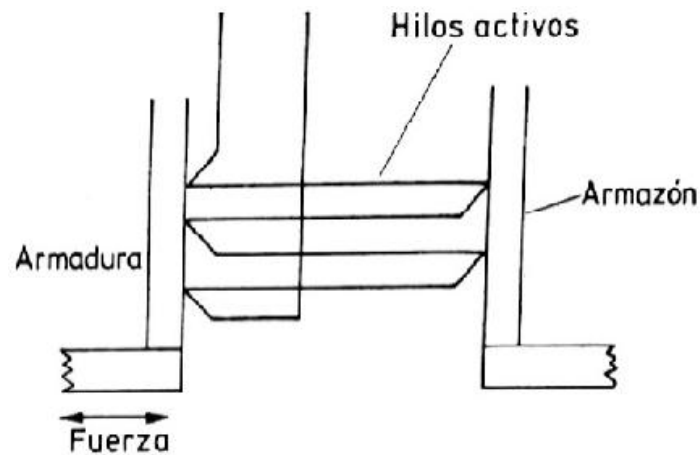


FIGURA 9. Galgas sin cementar

FUENTE 9. (Antonio, 1998)

En ambos tipos de galgas, la aplicación de presión estaría o comprime los hilos según sea la disposición que el fabricante haya adoptado, modificando pues la resistencia de los mismos. (Antonio, 1998)

Las galgas forman parte de un de un puente de Wheatstone y cuando está sin tensión tiene una resistencia eléctrica determinada. Se aplica

al circuito una tensión nominal tal que la pequeña corriente que circula por la resistencia crea una caída de tensión en la misma y el puente se equilibra para estas condiciones. (Antonio, 1998)

5.2.2.1 CELDAS DE CARGA

La celda de carga es el término que describe un transductor que genera una señal de voltaje como resultado de una fuerza aplicada, a lo largo de una dirección particular. Estos transductores de fuerza con frecuencia constan de un miembro elástico y un sensor de deflexión. Dichos sensores de deflexión pueden emplear cambios en capacitancia, resistencia o el efecto piezoeléctrico para detectar la deflexión. (Figliola, R. Beasley. Donald, E., 2009)

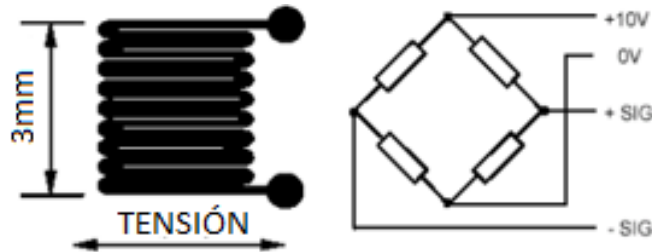


FIGURA 10. Galga Extensiométrica

FUENTE 10. Autor.

La celda de carga utilizada como el sensor de peso, es un transductor que mide fuerza mecánica y cambia linealmente su salida en voltaje proporcional a esta fuerza aplicada. Es acondicionada en unidades de peso, gramos y toneladas, y estará midiendo desde cero hasta la capacidad máxima que fue diseñada. (Mercado C. Cisneros J. Romero V., 2006)

Parámetros a tener en cuenta al diseñar una báscula:

- ❖ **Capacidad:** Es la capacidad total de la celda de carga.
- ❖ **Sobrecarga:** el máximo porcentaje de carga completa que la celda de carga puede soportar antes de que sufra daños irreparables.
- ❖ **Precisión:** Puede ser expresada en términos de linealidad, repetición, deslizamiento y rapidez. Estas condiciones son todas expresadas como un porcentaje de capacidad total de la celda de carga

- ❖ **Sensibilidad:** La sensibilidad de una celda de carga se determina con el voltaje actualizado de salida que se obtendría cuando se pone la carga completa.
- ❖ **Sensibilidad Térmica:** Indica que tanto la salida cambiará con la temperatura, y es comúnmente expresada en porcentaje de carga completa/° C.
- ❖ **Tamaño de la plataforma:** Para celdas de carga de punto sencillo (single point), algunas veces llamado centro de gravedad de la celda; esto nos dice el máximo tamaño de la plataforma que puede ser fijada sobre la celda de carga. (Mercado C. Cisneros J. Romero V., 2006)

5.2.2.2 Celdas de Carga con Medidores de Deformación

Las celdas de carga con medidores de deformación con frecuencia son de metal y tienen una forma tal que el intervalo de fuerzas por medir resulta en un voltaje de salida mensurable sobre el intervalo de operación deseado. La forma del miembro linealmente elástico está diseñada para cumplir los siguientes objetivos: 1). Proporcionar un intervalo adecuado de fuerza mensurable con la exactitud necesaria y 2). Suministrar sensibilidad a las fuerzas en una dirección particular, y tener baja sensibilidad a las componentes de fuerza en otras direcciones. (Figliola, R. Beasley. Donald, E., 2009)

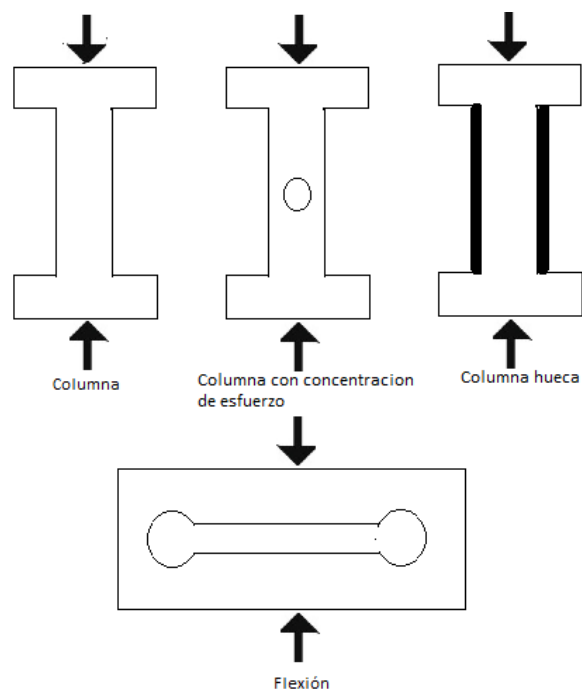


FIGURA 11. Diseños de celdas de carga elásticas.

FUENTE 11. Autor.

En la figura 11. Se ilustra diversos diseños de celdas de carga lineal mente elástica. En general, las celdas de carga pueden caracterizarse como celdas de carga tipo viga, de anillo de prueba o diseños tipo columna. Las celdas de carga tipo viga se caracterizan como de flexión o como de corte. (Figliola, R. Beasley. Donald, E., 2009)

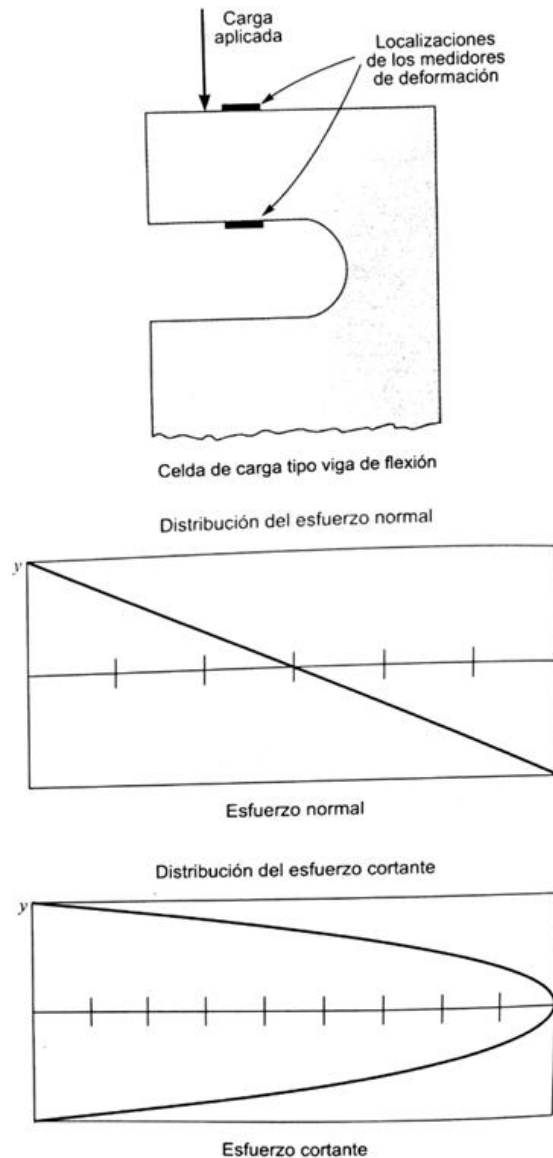


FIGURA 12. Celda de carga tipo viga de flexión y distribuciones de esfuerzo

FUENTE 12. (Figliola, R. Beasley. Donald, E., 2009)

Las celdas de carga de viga flexión, como la mostrada en la figura 12, está configurada de manera que el elemento sensor de celda de carga funcione como viga en cantiliver. Los medidores de deformación están montados en la parte superior e inferior de la viga para medir los esfuerzos normales o de flexión. Esta figura proporciona la indicación cualitativa de las distribuciones del esfuerzo cortante y normal en una viga cantiliver. En el intervalo elástico lineal de la celda de carga, los esfuerzos de flexión están linealmente relacionados con la carga aplicada. (Figliola, R. Beasley. Donald, E., 2009)

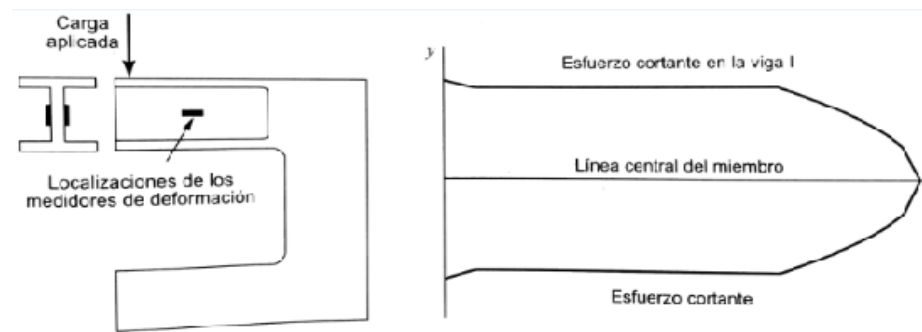


FIGURA 13. Celda de carga tipo viga en cortante y distribución del esfuerzo cortante.

FUENTE 13. (Figliola, R. Beasley. Donald, E., 2009)

En una celda de carga tipo viga cortante la selección transversal de la viga es la de una viga en I. El esfuerzo cortante que resulte en la celda de carga es casi constante, permitiendo colocar un medidor de deformación en cualquier lugar del mismo con razonable exactitud. Esta celda se observa en la figura 13, junto a la distribución de esfuerzos cortante en la viga. En general, las celdas de carga tipo viga de flexión son menos costosas debido a su construcción; sin embargo, las celdas de carga tipo viga en cortante tienen diversas ventajas, incluyendo una cadencia más baja y tiempos de respuesta más rápidos. (Figliola, R. Beasley. Donald, E., 2009)



FIGURA 14. Celdas de carga típicas

FUENTE 14. (Figliola, R. Beasley. Donald, E., 2009)

5.2.2.3 Celdas de Carga Tipo S

Se utiliza comúnmente en tensión (también puede ser usada en compresión). Puede ser fijada de modo que la fuerza aplicada pase perpendicularmente hasta el centro de la celda de carga. Para asegurar que esto pase, muchos de los usuarios colocan tornillos para el movimiento de la celda, lo cual coopera con fuerzas de expansión y otras pérdidas de alineamiento. Son usadas para peso de Vessel, probadores de extensión, dominio de torque y otras aplicaciones. Pueden conseguirse para capacidades desde 20 kg. Hasta 10,000 kg. (Mercado C. Cisneros J. Romero V., 2006)

Las celda de carga tipo S obtiene su nombre de su forma de S. Las medidas de tensión son vinculadas al área central conformada por un puente de Wheatstone. (LIZCANO GOMEZ R, PUENTES GOMEZ J, VALENZUELA SABOGAL C, 2005)

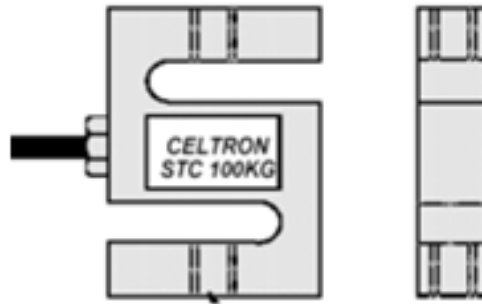


FIGURA 15. Celda de carga tipo s

FUENTE 15. Autor.

5.2.2.4 Celda de Carga Bending Beam

Las galgas están ubicadas en las secciones planas superiores e inferiores de la celda de carga en los puntos de tensión máxima. Este tipo de célula de carga es usado para baja capacidad y trabaja con razonable linealidad. Su desventaja es que debe ser cargado correctamente para obtener resultados consistentes. (LIZCANO GOMEZ R, PUENTES GOMEZ J, VALENZUELA SABOGAL C, 2005)

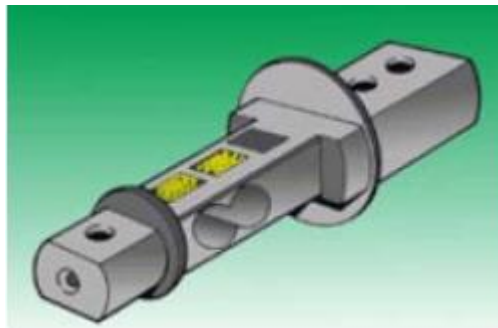


FIGURA 16. Celda de carga Bending Beam

FUENTE 16 (LIZCANO GOMEZ R, PUENTES GOMEZ J, VALENZUELA SABOGAL C, 2005)

5.2.2.5 Celdas de Carga Shear Beam

Las galgas son ubicadas en una parte reducida de la sección cruzada del dispositivo para maximizar el efecto de la presión. Son usadas para capacidades de medias a grandes, esta celda de carga tiene buena linealidad y no es tan susceptible a cargas extrañas, en particular a cargas laterales. (LIZCANO GOMEZ R, PUENTES GOMEZ J, VALENZUELA SABOGAL C, 2005)

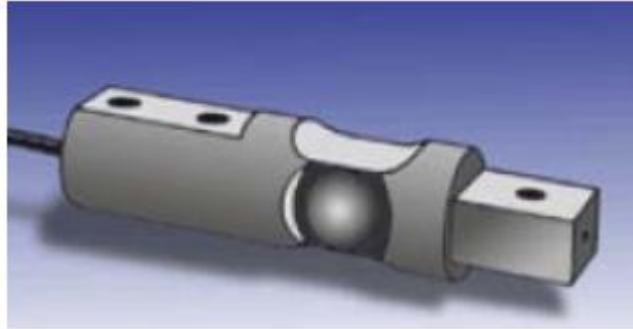


FIGURA 17 Celda de carga Shear Beam

FUENTE 17 (LIZCANO GOMEZ R, PUENTES GOMEZ J, VALENZUELA SABOGAL C, 2005)

5.2.2.6 Celda de Carga Miniatura

Debido a su tamaño compacto, por lo general usan semiconductores como medidores de tensión. Están disponibles en muchas configuraciones diferentes para la medida de fuerza de compresión y tensión. Ofrecen un buen funcionamiento salidas altas y alta sobrecarga. (LIZCANO GOMEZ R, PUENTES GOMEZ J, VALENZUELA SABOGAL C, 2005)



FIGURA 18 Celda de carga miniatura

FUENTE 18 (LIZCANO GOMEZ R, PUENTES GOMEZ J, VALENZUELA SABOGAL C, 2005)

5.2.2.7 Celda de Carga puente de Wheatstone

Las galgas son conectadas para crear las cuatro pines de una configuración puente de Wheatstone. Cuando se aplica un voltaje de entrada, a la salida aparece un voltaje proporcional a la fuerza sobre la celda. Esta salida puede ser amplificada y procesada por la instrumentación convencional eléctrica.

(LIZCANO GOMEZ R, PUENTES GOMEZ J, VALENZUELA SABOGAL C, 2005)



FIGURA 19 Celda de Carga tipo puente de Wheatstone

FUENTE 19 (LIZCANO GOMEZ R, PUENTES GOMEZ J, VALENZUELA SABOGAL C, 2005)

5.3 PUENTE DE WHEATSTONE

El uso de medidores de deformación para medir con precisión las deformaciones de manera experimental requiere la capacidad de medir con precisión pequeños cambios en la resistencia. El circuito más común usado para medir pequeños cambios en resistencia es el puente de wheatstone, que consiste de una red de cuatro resistores excitados por un voltaje de CD. Un puente de wheatstone es mejor que un divisor simple de voltaje porque se puede balancear fácilmente para establecer una posición cero precisa, permite compensación de temperatura y puede proporcionar mejor sensibilidad y precisión. (Alciatore, D. Histan, B, 2007)

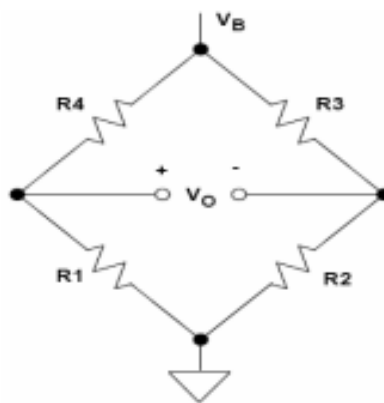


FIGURA 20. Puente wheatstone.

FUENTE 20. (LIZCANO GOMEZ R, PUENTES GOMEZ J, VALENZUELA SABOGAL C, 2005)

La conexión de las celdas de carga es la alimentar un puente de wheatstone formando por las galgas internas y amplificadores convenientes de salida. En la figura 9 se muestra un diagrama habitual de este tipo de conexión que incluye un quinto terminal de apantallamiento para evitar las interferencias capacitivas. (Pérez, 2014)

5.4 ACONDICIONAMIENTO DE SEÑALES ANALÓGICAS

La mayoría de sensores y transductores generan señales que es necesario acondicionar antes de que un sistema de adquisición de datos pueda adquirir con presión de señal. Este procesamiento, conocido como acondicionamiento de señal incluye funciones como amplificadores, filtrado, aislamiento eléctrico y multiplexado. Para el sistema que se desea implementar en este trabajo es necesario llevar a cabo un procesamiento como el mostrado en la figura 21:

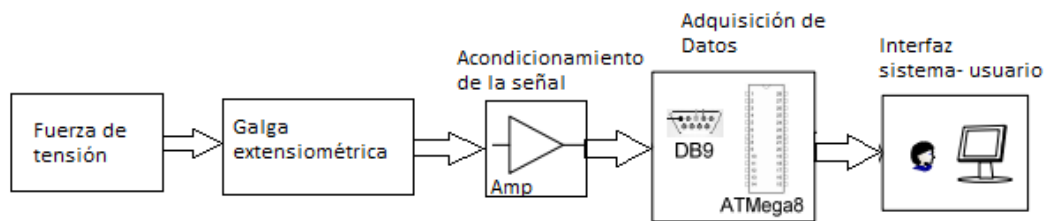


FIGURA 21. Proceso del tratamiento de la señal

FUENTE 21. Autor

La forma más común de acondicionamiento de la señal en circuitos puentes de medidores de deformación es amplificar la señal, debido a que la señal arrojada por la galga suele ser muy pequeña. El amplificador es un dispositivo que escala la magnitud de una señal de entrada analógica. (Jesús, 2011)

5.4.1 Amplificadores Diferenciales

En un amplificador diferencial, la salida es proporcional a la diferencia de voltajes de las dos señales de entrada. Este amplificador de gran uso en instrumentación electrónica, es muy empleado en la mayoría de los transductores de baja señal, afectados fácilmente por el ruido eléctrico e interferencias electromagnéticas.

Igualmente es de gran utilidad en la amplificación de aquellas señales que provienen de puente balanceados, donde las dos líneas que contienen la verdadera señal están montadas sobre un nivel alto de DC.

Con el amplificador diferencial este nivel de DC es eliminado y se tiene en cuenta únicamente la diferencia que existe entre las dos líneas. (Murillo, 2006)

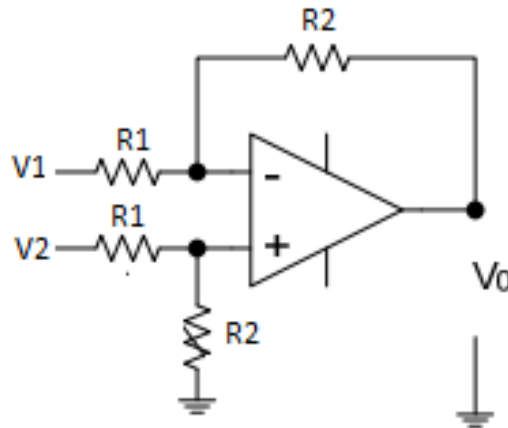


FIGURA 22. Amplificador Diferencial

FUENTE 22 Autor.

En la figura 22 se puede ver el diagrama básico de un amplificador diferencial. El cálculo de ganancia es similar al del amplificador inversor, la diferencia se establece a nivel de montaje por dos resistencias adicionales: (Murillo, 2006)

$$R3 = R1 \text{ y } R4 = R2,$$

La fórmula para obtener el voltaje de salida es:

$$V_{sal} = \left(\frac{R2}{R1} \right) (V2 - V1)$$

5.4.2 Adquisición de la Señal

Una vez que se ha acondicionado la señal producida por la galga extensiométrica es necesario convertirla en una señal digital y enviarla a la computadora donde será procesada, para esto es preciso utilizar un sistema de adquisición de datos. Un sistema de adquisición de datos es la parte de un sistema de medición que cuantifica y almacena datos. Los sistemas de adquisición de datos basados en computadoras son sistemas híbridos que combinan un paquete de adquisición de datos con el microprocesador y la capacidad de interacción de la PC con el ser humano. (Jesús, 2011)

5.4.2.1 Convertidor Analógico a Digital

Un convertidor analógico al digital (D/A) convierte un valor de voltaje analógico en un número binario mediante un proceso llamado digitalización. La conversión es discreta, teniendo lugar un número a la vez.

El convertidor D/A es un dispositivo híbrido que incluye un lado analógico y uno digital. El lado analógico se especifica en términos de un intervalo de voltaje a escala total, E_{FSR} que define el intervalo de voltaje sobre el cual operará el dispositivo. El lado digital se especifica en términos del número de bits de su registro. Un convertidor A/D de M bits genera un número binario de M bits. (Figliola, R. Beasley. Donald, E., 2009)

Los microcontroladores PIC pueden incorporar un módulo de conversión de señal analógicas a señal digital. Los módulos AD que utilizan microchip hacen un muestreo y retención (simple y hold) con un condensador y después utiliza el módulo de conversión figura 23. El modelo de conversión A/D es del tipo de aproximaciones sucesivas. (García, 2008)

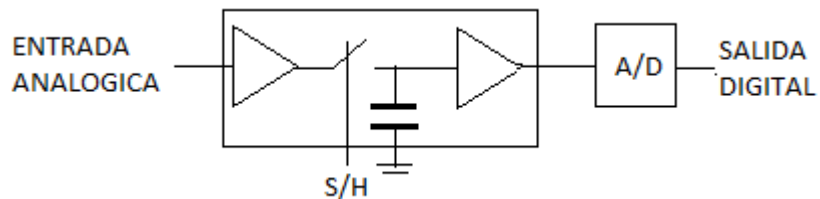


FIGURA 23. Conversión A/D

FUENTE 23. Autor.

El convertidor de aproximaciones sucesivas se utiliza en aplicaciones donde se necesitan altas velocidades de conversión. Se basa en realizar sucesivas comparaciones de forma ascendente o descendente hasta encontrar un valor digital que iguale la tensión entregada por el conversor D/A y tensión de entrada. (García, 2008)

El módulo de conversión se caracteriza por parámetros como los siguientes:

- ❖ Rango de entrada.
- ❖ Numero de bits.
- ❖ Resolución.
- ❖ Tensión de fondo de escala.
- ❖ Tiempo de conversión.

❖ Error de conversión.

En la figura 24 se observa la lectura de una tensión analógica por el puerto AN0:

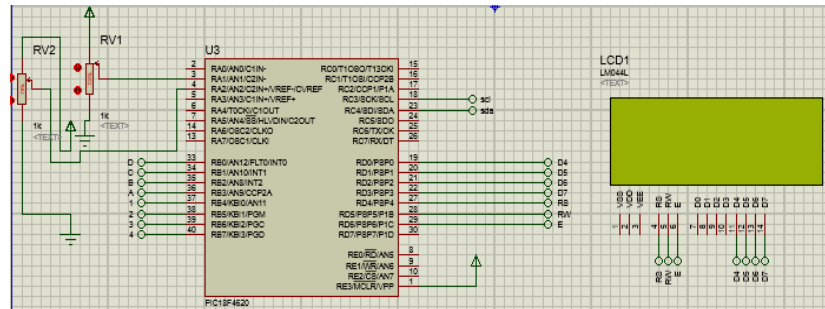


FIGURA 24. Sistema de adquisición

FUENTE 24. Autor

5.5 Microcontroladores

El micro controlador comienza a fabricarse cuando las técnicas de integración se vieron mejor desarrolladas; y más aún cuando se tuvo la necesidad de sistemas programables casi inteligentes tanto en la industria como en aplicaciones domésticas que requieren de controlar varios elementos con instrucciones bien definidas y precisas. Un ejemplo podría ser una fotocopidora que debe controlar gran cantidad de elementos y funciones a la vez. Este dispositivo además de ser un circuito integrado programable que contiene todos los componentes de un computador vino a reducir las dimensiones en gran cantidad de los equipos electrónicos de trabajo donde se encuentra insertado. Texas Instruments fue quien fabricó el TSM1000 que es el primer microcontrolador que integraba un reloj, procesador, memoria ROM, memoria RAM y soportes de entrada y salida en un solo módulo. (Mercado C. Cisneros J. Romero V., 2006)

5.5.1 Arquitectura de un Microcontrolador

Los elementos indispensables para el funcionamiento de un microcontrolador son los siguientes:

- ❖ CPU
- ❖ La memoria ROM
- ❖ La memoria RAM
- ❖ Puertos

El CPU es el cerebro del sistema y su función consiste en procesar todos los datos que viajan a través del bus.

La memoria ROM es una memoria no volátil y es donde se almacenan los programas.

Para poder trabajar correctamente, el microprocesador necesita, a menudo, almacenar datos temporales en alguna parte, y aquí es donde interviene la memoria RAM.

Los puertos pueden ser unidireccionales (entrada o salida) o bidireccionales (entrada y salida); están encargados de la comunicación del microprocesador con dispositivos periféricos. (Mercado C. Cisneros J. Romero V., 2006)

5.5.2 Microcontrolador Pic16f4620

Este microcontrolador se utilizó por su capacidad de almacenamiento. Este posee un encapsulado de 40 pines del tipo DIP, como se observa en la figura 17. Este se destaca del resto de los que integran la familia por:

- ❖ 32 KWord de memoria de programa.
- ❖ 3968 bytes de memoria RAM.
- ❖ 1024 bytes de memoria de datos en EEPROM.
- ❖ 13 canales A/D, el cual es de 8 bits.
- ❖ 1 timer de 8 bits y 3 de 16 bits.

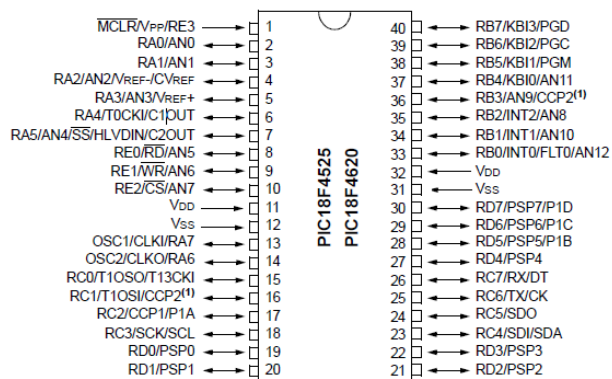


FIGURA 25. Microcontrolador

FUENTE 25. Datasheet pic 18f4620

El microcontrolador PIC18F4620 posee cinco puertos de entradas y salida: A, B, C, D y E. Debido a que el bus de datos es de 8 bits, es

lógico que el tamaño de los puertos sea el mismo a diferencia de otros microcontroladores PIC, los puertos A, B, C y D son de 8bits, mientras que el E es de 4 bits. Cada pin de cada puerto puede configurarse de manera individual como entrada o salida digital para recibir o enviar datos, según las necesidades, excepción del RE3, que solo puede funcionar como entrada.

Pero no todos los puertos son solo E/S digitales. Para ahorrar pines en el encapsulado, estos se comparten entre los distintos periféricos. Por ejemplo, el puerto A y parte del B pueden usarse como entrada analógica para el convertor A/D incluido en el integrado. Por tanto, el PIC18F4620 tiene un total de 35 puertos I/O, más uno que únicamente puede operar como entrada. (Data Sheet)

5.6 ISIS DE PROTEUS VSM

El entorno de diseño electrónico PROTEUS VSM de LABCENTER ELECTRONICS ofrece la posibilidad de simular código microcontrolador de alto y bajo nivel y, simultáneamente, con la simulación en modo mixto de SPICE. Esto permite el diseño tanto a nivel hardware como software y realizar la simulación en un mismo y único entorno. Para ello, se suministra tres potentes subentornos como son el ISIS para el diseño gráfico, VSM (Virtual System Modelling) para la simulación y el ARES para el diseño de placas. (García, 2008)

5.7 COMPILADOR C CCS

El compilador C de CCS ha sido desarrollado específicamente para PIC MCU, obteniendo la máxima optimización del compilador con estos dispositivos. Dispone de una amplia librería de funciones predefinidas, comandos de procesos y ejemplos. Además, suministra los controladores (drivers) para diversos dispositivos como LCD, convertidores AD, relojes en tiempo real, EEPROM serie, etc. (García, 2008)

5.8 ENERGIA SOLAR

El sol, es una masa de materia gaseosa caliente que irradia a una temperatura efectiva de unos 6000°C. La distribución espectral de esta fuente de energía medida fuera de la atmosfera terrestre, aproximadamente la mitad está en la región visible del espectro, la otra región infrarroja y un pequeño porcentaje en la región ultravioleta. El sol está a una distancia de 149490000 kilómetros

de la Tierra, y la constante solar, es decir, la intensidad media de radiación medida fuera de la atmósfera en un plano normal es aproximadamente $1.94 \text{ cal/min} \cdot \text{cm}^2$.

Las células fotovoltaicas permiten transformar directamente en electricidad la energía de parte de los fotones que componen el espectro visible de la luz solar. Esto es posible gracias al material de que están construidas dichas células, los semiconductores, cuya conductividad se incrementa drásticamente cuando son alcanzados por los fotones pertenecientes a la radiación visible, componente del espectro solar que alcanza la superficie de la Tierra. Este fenómeno descubierto por Becquerel en el primer tercio del siglo XIX, se denominó efecto fotovoltaico.

5.9 BATERIA

Una batería está formada por dos materiales electroquímicos que convierten energía química en energía eléctrica. El principio cualquier reacción química de oxidación-reducción puede generar una corriente eléctrica si el intercambio de electrones se realiza por un circuito exterior al sistema químico. Si la reacción es irreversible, la batería es de un solo uso y se denomina batería primaria o pila. Si la reacción es reversible, la batería es recargable y se denomina batería secundaria o acumuladora. Una batería puede estar formada por varias celdas elementales interconectadas, cada una de las cuales ofrece una tensión que depende exclusivamente de su composición química, no de su tamaño o fabricante. La tensión de la batería es un múltiplo de la tensión de la celda básica. (Pallas, 2008)

5.9.1 Acumulador de Ni-Cd

Los acumuladores son dispositivos electroquímicos que pueden convertir energía eléctrica en energía química y almacenarla durante intervalos de tiempo en los que la electricidad no es necesaria.

La batería de Ni-Cd consta de un electrodo de oxihidróxido de níquel, caracterizado por un potencial estándar $E_{\frac{\text{NiOOH}}{\text{Ni(OH)}_2}}^0 = 0,49 V_{SHE}$, sobre el

que se produce la reducción a hidróxido de níquel durante la descarga, es decir, la conversión de energía química en eléctrica, y la reacción contraria durante el proceso de carga. El otro electrodo es el cadmio, el cual se oxida a hidróxido durante la descarga a un potencial estándar, $E_{\frac{\text{Cd}}{\text{Cd(OH)}_2}}^0 = -0,81 V_{SHE}$. Las reacciones sobre cada uno de los electrodos se producen de izquierda a derecha durante el proceso de descarga, y, a la inversa durante el proceso de carga. (Velasco, 2009)

6. DISEÑO METODOLÓGICO

ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN

El presente trabajo corresponde a una investigación aplicada. Este tipo de investigación se caracteriza por la aplicación o utilización de conocimientos técnicos y científicos a la resolución de problemas relacionados con la vida diaria (Vargas, 2009). Dado que esta propuesta tiene como propósito generar un producto (la construcción de un prototipo de báscula electrónica) que permita solucionar un problema identificado, el enfoque de investigación aplicada es pertinente para su desarrollo.

Teniendo en cuenta lo anterior, la investigación se desarrollará en 5 fases o momentos. La primera fase está relacionada con la elaboración de la propuesta de investigación, particularmente con la definición y el planteamiento del problema de investigación.

La segunda fase está relacionada con la revisión de los antecedentes de investigación (si los hay) y la literatura requerida para la construcción del marco teórico.

La tercera fase corresponde al diseño del software requerido para la construcción del producto de acuerdo con los parámetros establecidos.

La cuarta fase está relacionada con la construcción del prototipo de báscula.

La fase final es la recopilación de los resultados de la investigación. En esta fase se establecen los alcances de la investigación y el cumplimiento de los objetivos de la misma.

7. RESULTADO

7.1 BASCULAS GANADERAS

Las básculas ganaderas casi siempre tienen solo una utilidad, que es la de entregar el peso de los bovinos sin opción de realizar más actividades. En este proyecto se implementaran dos actividades, la primera es la de ingresar el precio del kilogramo al que será comercializado el bovino, y la segunda actividad es la dosificación a la hora de aplicar un medicamento requerido por el veterinario, el cual está dado de acuerdo a su peso del bovino.

Se realizó una investigación sobre básculas ganaderas comerciales, donde se encontró básculas de tipo mecánica y electrónicas. A continuación se explica cada una de estas:

7.1.1 Básculas Tipo Mecánicas

Este tipo de báscula es una de las más utilizadas por su antigüedad en el mercado, ya que su indicador cuenta con un brazo de tipo romana. Este posee un sistema de suspensión sobre esferas o palancas, con una capacidad de 1500 Kg.



FIGURA 26. Báscula ganadera tipo mecánica.

FUENTE 26. (*Básculas Prometalicos, s.f.*)

En la Figura 27, se observa el sistema de palancas de una báscula mecánica.



FIGURA 27. Sistema de palancas

FUENTE 27. (*Basculas Prometalicos, s.f.*)

7.1.2 Bascula Tipo Electrónica

Este tipo de báscula es la que muestra determinado peso mediante un tablero digital. Utilizando celda de carga para adquirir el peso.

En el mercado se encuentran básculas electrónicas de dos tipos de celdas, la tipo s y la tipo viga.

7.1.2.1 Celdas Tipo S

Esta se utiliza para convertir una báscula mecánica en báscula electrónica, donde tendría dos opciones de medida (análoga-electrónica); las palancas o el brazo que posee generan un modo de tensión permitiendo la elongación excitación para generar un voltaje el cual será convertido en peso.

En la figura 28 se observa los indicadores de peso (digital y análogo).



FIGURA 28. Indicadores de la báscula

FUENTE 28. Autor

7.1.2.2 Celda Tipo Viga

Esta celda de carga tipo viga es una de las más utilizadas en los procesos industriales, por sus buenos niveles de deformación respecto a las fuerzas aplicadas, con una amplia capacidad de

peso. Su funcionamiento se basa en la aplicación de fuerza sobre ella, generando una deformación de voltaje.



FIGURA 29. Celda de carga tipo viga

FUENTE 29. (*Basculas Prometalicos, s.f.*)

En la figura 27, se muestra como se aplica la fuerza a una celda tipo viga.

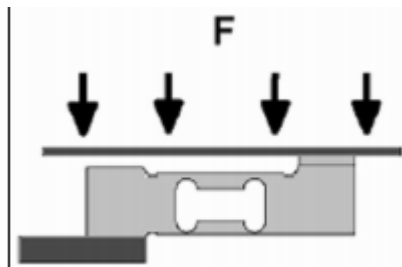


FIGURA 30. Celda de carga

FUENTE 30. (*Basculas Prometalicos, s.f.*)

7.2 VISITA TÉCNICA

Se realizaron distintas visitas técnicas, a la hacienda Santa Bárbara del Municipio de Tuta Boyacá. Esta visita se realiza con el permiso del señor Jorge Torres Torres propietario de esta hacienda. Se encuentra una báscula ganadera (Análoga, Digital), esta fue creada por la empresa prometalicos s.a.

En compañía del Ing. Oscar Umaña, se visitó la báscula para saber en qué condiciones se encontraba, se determinó que la celda de carga tipo S podría ser utilizada en este proyecto.



FIGURA 31. Báscula ganadera

FUENTE 31. Autor.

En la solución del proyecto será el elemento principal para realizar el acondicionamiento, y observar la comercialización y dosificación de acuerdo al peso.



FIGURA 32. Sensor tipo s.

FUENTE 32. Autor.

En las siguientes figuras se observa los dos indicadores que posee esta báscula ganadera.



FIGURA 33. Indicador electrónico

FUENTE 33. Autor



FIGURA 34. Indicador mecánico (romana)

FUENTE 34. Autor

Sistema de palancas:



FIGURA 35. Sistema de palancas

FUENTE 35. Autor.

Conector de celda de carga de 5 pines.



FIGURA 36. Conector celda tipo s

FUENTE 36. Autor.

7.3 IMPLEMENTACIÓN DE LOS SENSORES

En este proyecto se realizara dos tipos de acondicionamiento de señales análogas, anterior mente se nombran los dos sensores utilizados. Mediante el microcontrolador PIC18F4620 se realizara la conversión Análoga/Digital, ya digitalizada se realizaran una parametrizacion de voltaje vs peso. Posteriormente se visualizara los kilogramos del bovino en la LCD.

7.3.1 Sensor Resistivo (FSR)

Este sensor se utiliza para la creación de un prototipo, observando en su proceso que es un sensor con muchas variaciones de voltios donde afecta la medida de los kilogramos.

A continuación se observara la parametrizacion que se le hizo al sensor resistivo:

A partir del documento (Data\force-sensitive-resistor-fsr) en la página 5 se puede observar la gráfica resistencia vs fuerza en donde se observan los siguientes puntos.

Resistencia (Ω)	Fuerza (g)
-----------------------------	------------

30000	20
10000	50
5000	100
2500	250
2000	500
1100	1000
450	2000
300	6000
240	10000

Tabla 1. Datos resistencia vs fuerza

FUENTE 37. Autor.

Y la siguiente grafica con su respectiva regresión potencial ya que es la regresión que menor error cuadrático medio presenta.

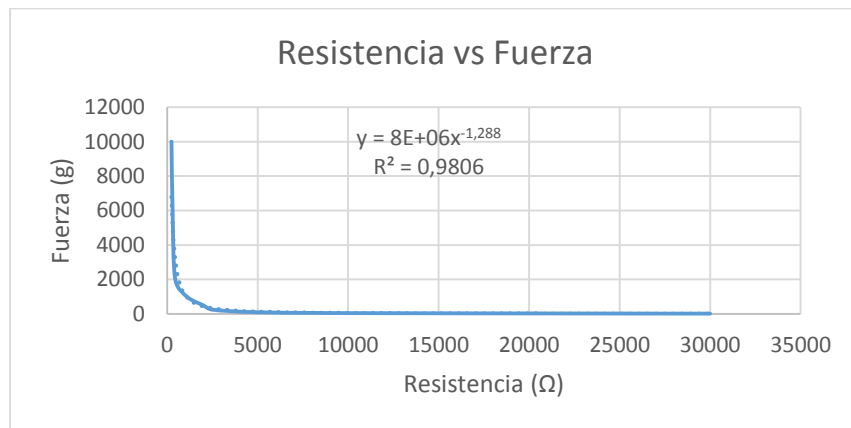


FIGURA 37. Regresión potencial

FUENTE 38. Autor.

La ecuación que las relación es la siguientes función potencial.

$$Fuerza = 8 * 10^6 * FSR^{-1,288} \quad (1)$$

Circuito de censado:

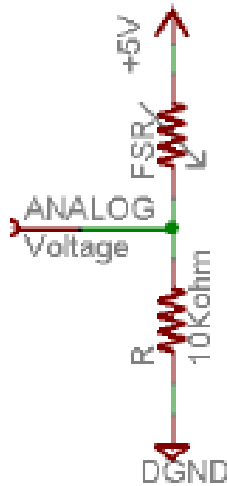


FIGURA 38. Divisor de voltaje

FUENTE 39. Autor.

A partir de leyes de Kirchhoff se puede tener una expresión que relaciona la resistencia FSR y ANALOG Voltage (voltaje que entra al microcontrolador).

$$ANALOG_{Voltage} = 5v * \frac{10k\Omega}{FSR + 10k\Omega} \quad (2)$$

Como se la incógnita es la resistencia FSR ya que el ANALOG Voltage es el dato que se va a tener en la conversión análoga digital del microcontrolador, se despeja FSR.

$$FSR = \frac{5v * 10k\Omega}{ANALOG_{Voltage}} + 10k\Omega \quad (3)$$

Las características del ADC del microcontrolador son las siguientes:

- ❖ Bits de resolución: 16
- ❖ Voltaje de referencia: 5v

Se puede encontrar una expresión que relacione ANALOG Voltage con el resultado de la conversión.

$$ANALOG_{Voltage} = \frac{5v}{2^{16} - 1} * read_{adc} \quad (4)$$

En donde $\frac{5v}{2^{16}-1}$ es la resolución en voltios por bit.

Insertando 4 en 3 se obtiene una relación entre el resultado de la conversión y FSR.

$$FSR = \frac{5v * 10k\Omega}{\frac{5v}{2^{16}-1} * read_{adc}} + 10k\Omega \quad (5)$$

Para tener la función que nos relacione teóricamente el resultado de la conversión y la fuerza, que se verá representada como el peso que medirá la báscula. Reemplazando 5 en 1 se tiene:

$$Peso(g) = 8 * 10^6 * \left(\frac{5v * 10k\Omega}{\frac{5v}{2^{16}-1} * read_{adc}} + 10k\Omega \right)^{-1.288} \quad (6)$$

Observando el peso dado por indicador vs el peso real del objeto se tiene.

Peso Observado	Peso Real
85	147,5
150	295
237	442,5
301	590
460	737,5
510	885
526	1032,5
630	1180
780	1475

Tabla 2. Comparacion indicador vs peso real

FUENTE 40. Autor.

A continuación se muestra la gráfica que relaciona las medidas y se hace el ajuste de error. Se realiza una regresión lineal para el ajuste

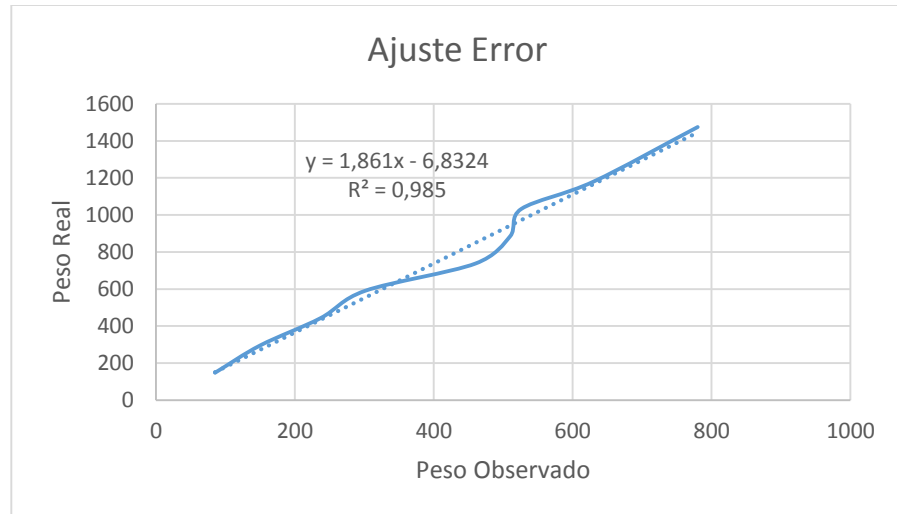


FIGURA 39. Ajuste del error

FUENTE 41. Autor.

La función de ajuste de error es.

$$P_{real} = 1,861 * P_{observado} - 6,8324 \quad (7)$$

Funcional final de peso se obtiene insertando 6 en 7

$$P_{real} = 1,861 * \left(8 * 10^6 * \left(\frac{5v * 10k\Omega}{\frac{5v}{2^{16} - 1} * read_{adc}} + 10k\Omega \right)^{-1.288} \right) - 6,8324 \quad (8)$$

La ecuación (8) esta se incluye en el programa para que sea visualizado el peso en la LCD.

NOTA: La regresión tiene un error cuadrático medio de 0,985 que ajusta los datos observado a los reales.

Se realizaron las medidas de voltaje en el ADC1 Y ADC2 de las entradas del microcontrolador, para lograr mejorar la estabilidad del sensor resistivo. (Estas medidas se encuentran en la carpeta anexos-parametrización del sensor resistivo)

Se realizan tres medidas cada una de ellas empiezan en 0 hasta 2996,6 gramos, posterior se retrocede quitando el peso para que este quede en 0 gramos, así se realizaron 3 veces este proceso para sacar un promedio de cada ADC, luego se realiza un promedio y la suma del (PromADC1 y PromADC2).

A continuación mostramos la graficas polinómicas y la linealidad de los promedios y las sumas de los ADC.

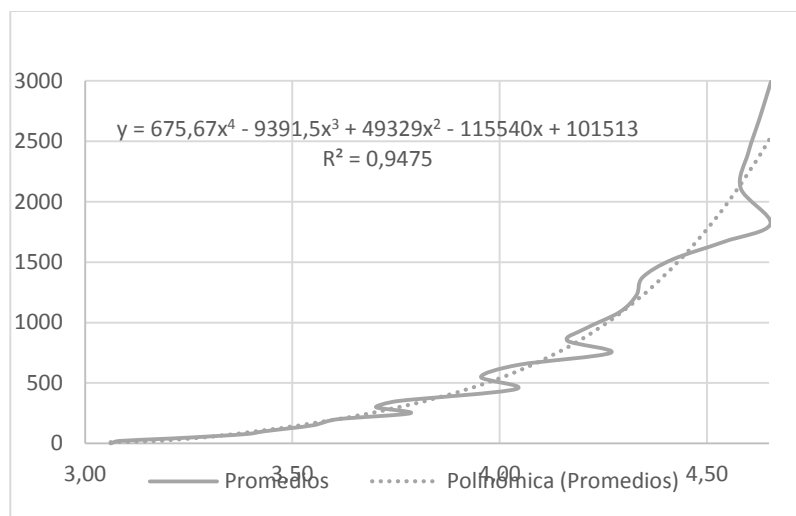


FIGURA 40. Polinómica de la promedio de ADC1 y ADC2

FUENTE 42. Autor.

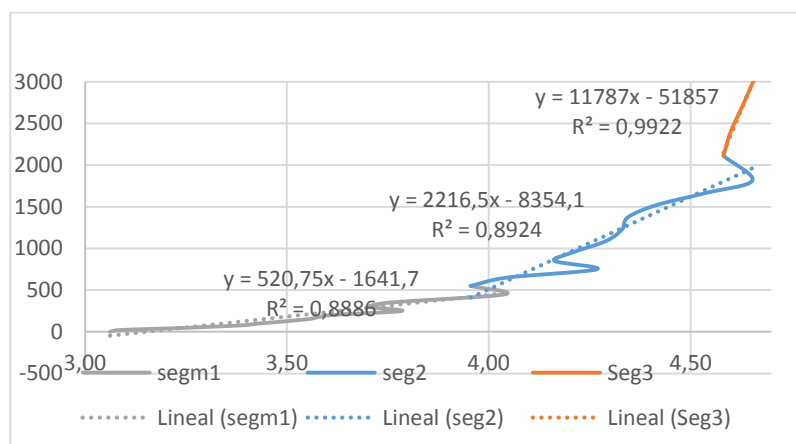


FIGURA 41. Linealidad de la promedio de ADC1 y ADC2

FUENTE 43. Autor.

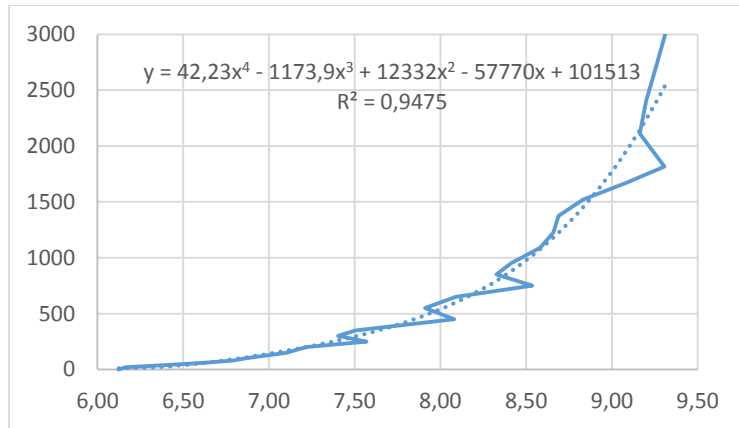


FIGURA 42. Polinómica de la suma de ADC1 y ADC2

FUENTE 44. Autor

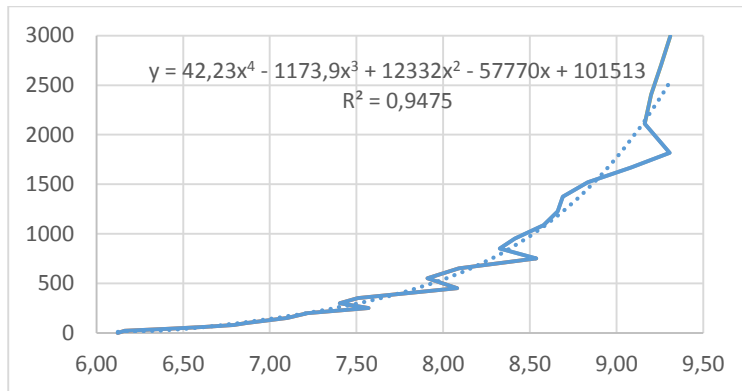


FIGURA 43. Linealidad de la suma de ADC1 y ADC2

FUENTE 45. Autor.

NOTA: Después de realizar las distintas medidas y programar el microcontrolador se determina que el sensor resistivo no es el más adecuado para realizar una báscula por esto se implementa un sensor tipo viga para así mejorar el peso en el prototipo de báscula obteniendo un resultado más exacto.

7.3.2 Celda de Carga tipo viga

Este se implementa para dar una mayor exactitud al prototipo de báscula, sus especificaciones son las siguientes.

- ❖ Rango de carga: 5Kg
- ❖ Salida nominal: $1,0 \pm 0.15\text{mV} / \text{V}$
- ❖ Repetibilidad: 0,03% FS
- ❖ Efecto de la temperatura en la salida: 0,01% F.S / ° C

- ❖ Efecto de la temperatura sobre cero: 0.05% F.S / ° C
- ❖ Cero: $\pm 0.1000 \text{ mV} / \text{V}$
- ❖ Impedancia de entrada: $1115 + -10\% \Omega$
- ❖ Impedancia de salida: $1000 + -10\% \Omega$
- ❖ Resistencia de aislamiento: $> = 1000 \text{ M}\Omega$
- ❖ Tasa Sobrecarga segura: 150% FS
- ❖ Tasa de sobrecarga final: 200% FS
- ❖ Rango de temperatura: -20 - 60 ° C
- ❖ Voltaje de funcionamiento: 3VDC ~ 14 VDC.
- ❖ Material: Aleación de aluminio
- ❖ Grado de protección: IP65
- ❖ Cableado:
 - Rojo: Alimentación +
 - Negro: Fuente –
 - Verde: Señal +
 - Blanco: Señal –

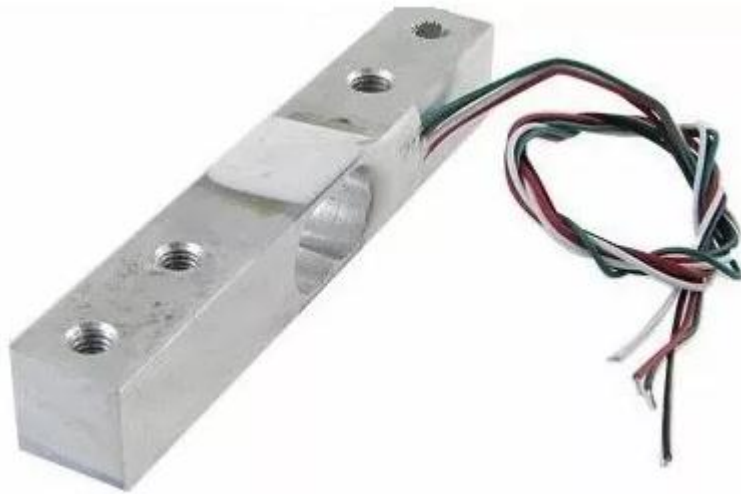


FIGURA 44. Celda de carga tipo viga

FUENTE 46. Datasheet celda de carga de 5Kg.

En esta ocasión se utilizara en un rango de 0-890 gramos, se observa que su comportamiento es más estable a comparación del sensor FSR, por esto nos entregara un peso confiable y exacto.

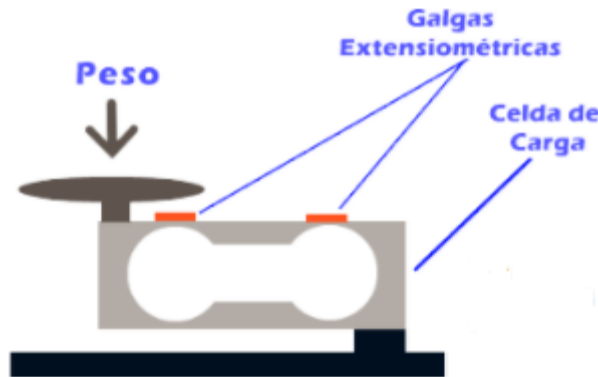


FIGURA 45. Sistema Celda de Carga Tipo Viga

FUENTE 47. Autor.

En la tabla 3 se observa los datos de peso real vs peso observado en el indicador de peso, este se realizó con el código de programación del sensor tipo S pues cumple con casi las mismas características. Observando que en comparación al sensor FSR este es más lineal por esto es más exacto y estable.

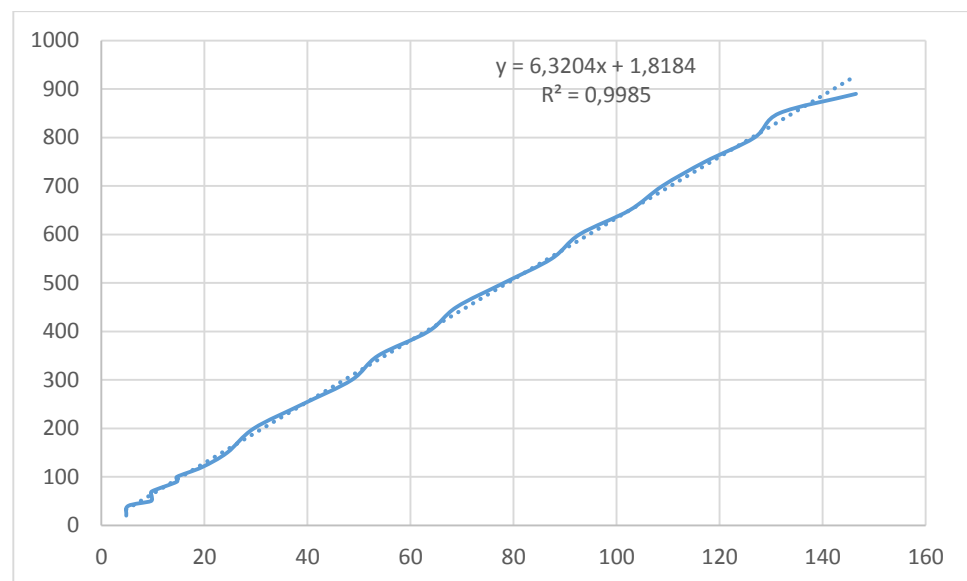


Tabla 3. Datos de Peso Celda de Carga

FUENTE 48. Autor.

- **Precisión y exactitud.**

	VALOR PESA (g)	PESADA 1	PESADA 2	PESADA 3	SUMA	PROMEDIO
CELDA DE CARGA	150	146,44	147,55	147,86	441,85	147,2833333

PRESICION	ERROR DE MEDICION
(desviacion estandar)	valor relativo al valor verdadero
0,746614582	-1,81%

FIGURA 46. Precisión y exactitud

FUENTE 49. Autor.

7.3.3 Sensor Tipo S

Este sensor se encuentra ubicado en la báscula ganadera de la Hacienda Santa Barba, encontrando las siguientes especificaciones del fabricante:

- ❖ Modelo: MS-1
- ❖ Capacidad: 250 lb
- ❖ OP: 3.0023 mV/V
- ❖ S/N: F3005603

Se realizaron los siguientes cálculos para comprobar el correcto funcionamiento de la celda de carga; con los datos tomados de acuerdo a las especificaciones dadas por el fabricante, así definiendo la ecuación para el desarrollo del programa del microcontrolador.

El valor teórico de la señal máxima que entrega la celda de carga es:

$$\text{Señal Max} = \text{Sensibilidad} * \text{voltaje}$$

$$\text{Señal Max} = 3.0023\text{mv} * 5\text{v} = \mathbf{15.0115\text{mv}}$$

Se observa que la señal máxima es pequeña por lo que se requiere utilizar un amplificador diferencia obteniendo la ganancia de:

La señal de salida de la celda de carga para cualquier carga está dada por la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} \text{Sensor} &= \text{sensibilidad} * V(\text{exitacion}) * \frac{\text{carga(Kg)}}{\text{peso Max(Kg)}} \\ &= 15,0115 \text{ mV} * \frac{\text{carga(Kg)}}{113.398(\text{Kg})} \end{aligned}$$

$$Señal (v) = \frac{15,0115 * 10^{-3}V}{113,398 Kg} * carga(Kg)$$

$$Carga(Kg) = \frac{Señal(V) * 113,398 Kg}{15,0115^{-3}}$$

Se halla la resolución del ADC con 16 Bits.

$$PesoADC \left(\frac{V}{BIT} \right) = \frac{5V}{2^{16} - 1} = 76,295^{-6} \frac{V}{BIT}$$

$$Señal(V) = ADC_READ * 76,295^{-6}V$$

$$Carga (Kg) = AD_READ * \frac{76,295^{-6} * 11,398Kg}{15,0115^{-3}}$$

$$Carga(Kg) = 0,576339 * ADC_READ$$

La anterior ecuación es la utilizada para el desarrollo del programa en el microcontrolador.

NOTA: Se utiliza 16 bits para una mejor resolución en el sistema, para que tenga mayor la exactitud que en este caso es de $76,295^{-6} \frac{V}{BIT}$.

7.3.3.1 Características del amplificar diferencial

Guanacia del amplificador diferencial

$$Gan Amp = \frac{5v}{18^{-3}} = 277,77$$

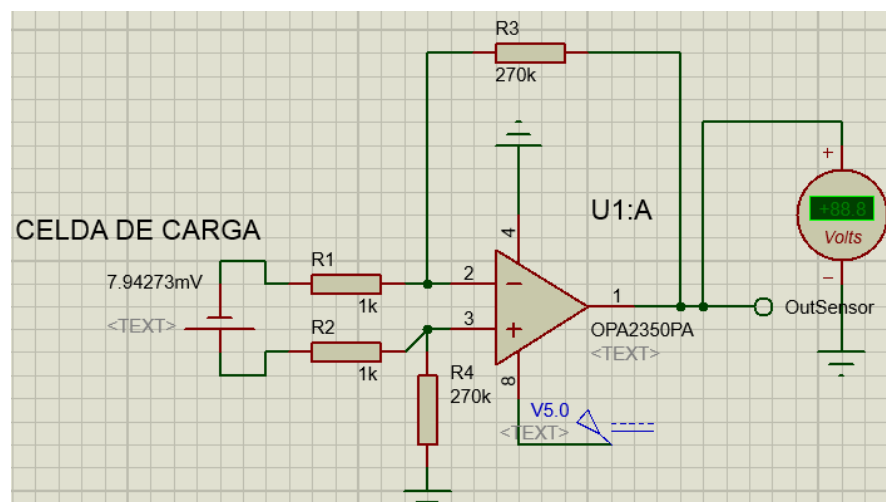


FIGURA 47. Amplificador Diferencial

FUENTE 50. Autor.

$$V_{out} = \frac{(R3 + R1)V2}{R4 + R2} * \frac{R4}{R1} * V1 \frac{R3}{R1}$$

Para la primera todas las resistencias son iguales

$$R1 = R2 = R3 = R4 = 10K\Omega$$

Segunda prueba Ganancia =270, se hace con este valor para no saturar el amplificador.

$$R1 = R2 = 1K\Omega$$

$$R3 = R4 = 270K\Omega$$

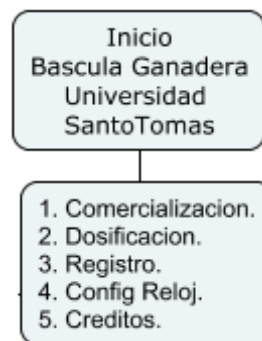
7.4 PROGRAMACIÓN

Se implementó el compilador C CCS, existen dos códigos de programación, la diferencia entre estos dos códigos es que cada uno de ellos esta acondicionado para cada sensor, ya sea para el sensor FSR o sensor tipo S. Utilizando los puertos de conversión A/D del microcontrolador.

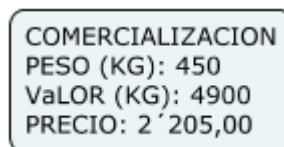
También se determinó que la resolución 16bits, esto se realiza para mayor adquisición de datos sobre todo en la implementación del sensor tipo S, pues su variación análoga es en la escala de los mV.

A continuación se muestra la estructura del código de programación:

Tendremos 4 opciones:



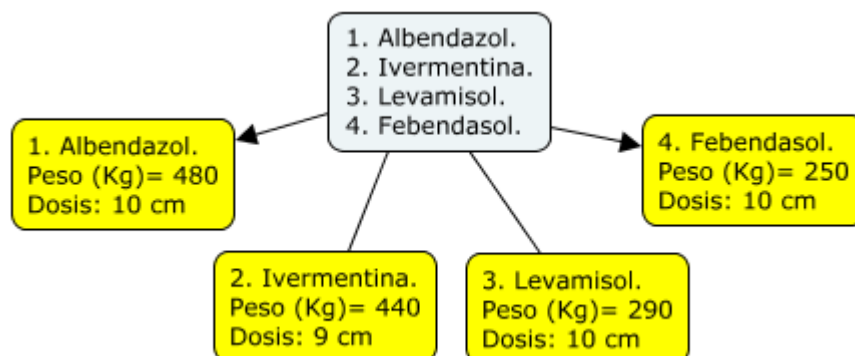
Comercialización (1), se observa:



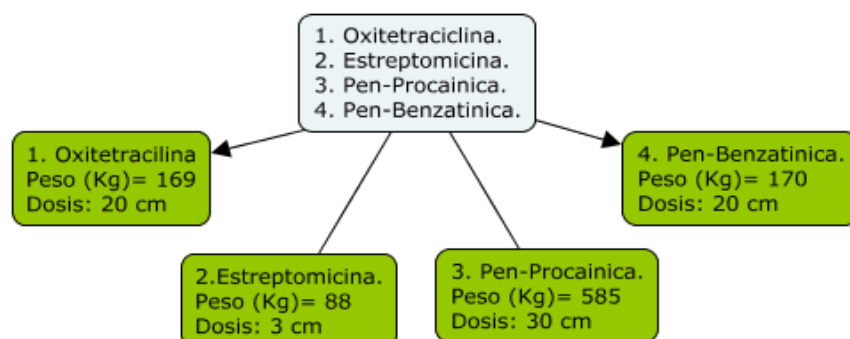
Dosificación (2), este se divide en tres partes:

1. Desparasitaste.
 2. Antibióticos.
 3. suplementos.
- DOSIFICACION**

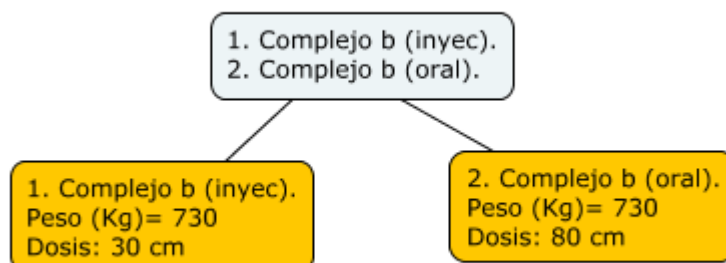
Desparasitantes (1).



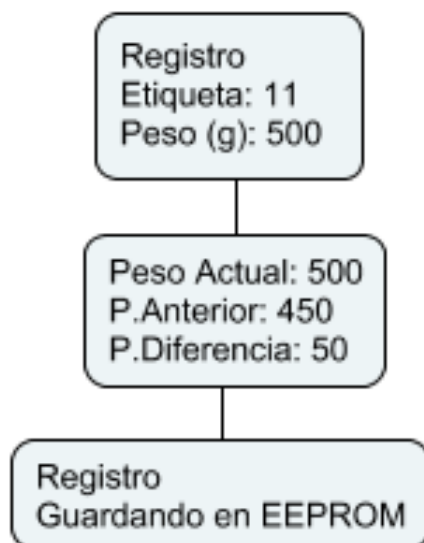
Antibióticos (2).



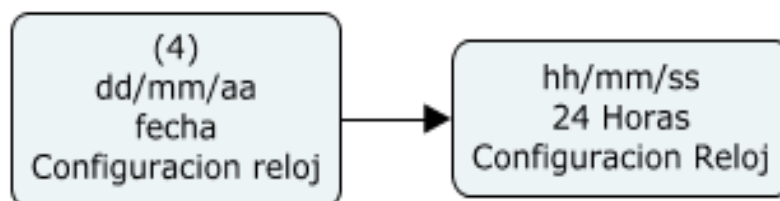
Suplementos (3).



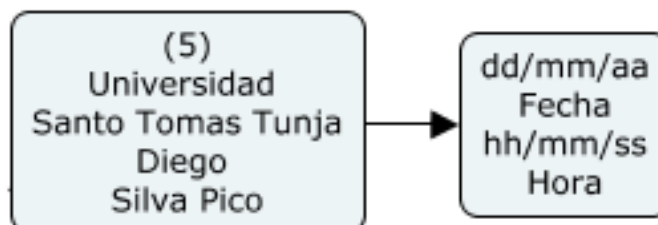
Registro (3):



Configuración reloj (4), fecha y hora:



Créditos (5):



En ANEXOS se encuentran los dos códigos de programación.

7.5 BASES DE DATOS

7.5.1 Base de datos para la dosificación

En esta dosimetría se realizaron varias investigación de medicamentos, lo primero es que en esta base de datos se encuentran los medicamentos más utilizados en el mercado de la ganadería. Posteriormente en la página web llamada SOY DEL CAMPO se realiza una investigación de cada medicamento, donde se encuentra la

cantidad de centímetros que se beben inyectados masa corporal del bovino.

7.5.1.1 Base de datos de los antibióticos

- ❖ Oxitetraciclina esta tiene una dosis que cada 50Kg tiene que inyectar 5Cm.

OXITETRACICLINA		
Kg		(Cm)
0	50	5
51	100	10
101	150	15
151	200	20
201	250	25
251	300	30
301	350	35
351	400	40
401	450	45
451	500	50
501	550	55
551	600	60
601	650	65
651	700	70
701	750	75
751	800	80
801	850	85
851	900	90
901	950	95
951	1000	100
1001	1050	105
1051	1100	110

1101	1150	115
1151	1200	120

Tabla 4. Antibioticos- *Oxitetraciclina*

FUENTE 51. Autor.

- ❖ Estreptomicina esta tiene una dosis que cada 30Kg tiene que inyectar 1Cm.

ESTREPTOMICINA		
Kg		(Cm)
0	30	1
31	60	2
61	90	3
91	120	4
121	150	5
151	180	6
181	210	7
211	240	8
241	270	9
271	300	10
301	330	11
331	360	12
361	390	13
391	420	14
421	450	15
451	480	16
481	510	17
511	540	18
541	570	19
571	600	20
601	630	21
631	660	22
661	690	23
691	720	24
721	750	25
751	780	26
781	810	27
811	840	28
841	870	29
871	900	30
901	930	31

931	960	32
961	990	33
991	1020	34
1021	1050	35
1051	1080	36
1081	1110	37
1111	1140	38
1141	1170	39
1171	1200	40

Tabla 5. Antibióticos-Estreptomicina

FUENTE 52. Autor.

- ❖ Pen-Procaínica esta tiene una dosis que cada 20Kg tiene que inyectar 1Cm.

PEN-PROCAINICA		
Kg		(Cm)
0	20	1
21	40	2
41	60	3
61	80	4
81	100	5
101	120	6
121	140	7
141	160	8
161	180	9
181	200	10
201	220	11
221	240	12
241	260	13
261	280	14
281	300	15
301	320	16
321	340	17
341	360	18
361	380	19
381	400	20
401	420	21
421	440	22
441	460	23
461	480	24
481	500	25

501	520	26
521	540	27
541	560	28
561	580	29
581	600	30
601	620	31
621	640	32
641	660	33
661	680	34
681	700	35
701	720	36
721	740	37
741	760	38
761	780	39
781	800	40
801	820	41
821	840	42
841	860	43
861	880	44
881	900	45
901	920	46
921	940	47
941	960	48
961	980	49
981	1000	50

Tabla 6. Antibióticos- Pen-Procaínica

FUENTE 53. Autor.

- ❖ Pen-Benzatinica esta tiene una dosis que cada 20Kg tiene que inyectar 1Cm.

PEN-PROCAINICA		
Kg		(Cm)
0	20	1
21	40	2
41	60	3
61	80	4
81	100	5
101	120	6
121	140	7
141	160	8
161	180	9

181	200	10
201	220	11
221	240	12
241	260	13
261	280	14
281	300	15
301	320	16
321	340	17
341	360	18
361	380	19
381	400	20
401	420	21
421	440	22
441	460	23
461	480	24
481	500	25
501	520	26
521	540	27
541	560	28
561	580	29
581	600	30
601	620	31
621	640	32
641	660	33
661	680	34
681	700	35
701	720	36
721	740	37
741	760	38
761	780	39
781	800	40
801	820	41
821	840	42
841	860	43
861	880	44
881	900	45
901	920	46
921	940	47
941	960	48
961	980	49
981	1000	50

Tabla 7. Antibióticos-Pen-Benzatinica

FUENTE 54. Auto.

7.5.1.2

Base de datos de los desparasitantes

- ❖ Albendazol esta tiene una dosis que cada 50Kg tiene que inyectar 1Cm.

ALBENDAZOL		
Kg		(Cm)
0	50	1
51	100	2
101	150	3
151	200	4
201	250	5
251	300	6
301	350	7
351	400	8
401	450	9
451	500	10
501	550	11
551	600	12
601	650	13
651	700	14
701	750	15
751	800	16
801	850	17
851	900	18
901	950	19
951	1000	20
1001	1050	21
1051	1100	22
1101	1150	23
1151	1200	24

Tabla 8. Desparasitantes- Albendazol

FUENTE 55. Autor

- ❖ Albendazol esta tiene una dosis que cada 50Kg tiene que inyectar 1Cm.

ALBENDAZOL		
Kg		(Cm)
0	50	1
51	100	2
101	150	3
151	200	4

201	250	5
251	300	6
301	350	7
351	400	8
401	450	9
451	500	10
501	550	11
551	600	12
601	650	13
651	700	14
701	750	15
751	800	16
801	850	17
851	900	18
901	950	19
951	1000	20
1001	1050	21
1051	1100	22
1101	1150	23
1151	1200	24

Tabla 9. . Desparasitantes- Albendazol

FUENTE 56. Autor.

- ❖ Levamisol esta tiene una dosis que cada 30Kg tiene que inyectar 1Cm.

ESTREPTOMICINA		
Kg		(Cm)
0	30	1
31	60	2
61	90	3
91	120	4
121	150	5
151	180	6
181	210	7
211	240	8
241	270	9
271	300	10
301	330	11
331	360	12
361	390	13
391	420	14

421	450	15
451	480	16
481	510	17
511	540	18
541	570	19
571	600	20
601	630	21
631	660	22
661	690	23
691	720	24
721	750	25
751	780	26
781	810	27
811	840	28
841	870	29
871	900	30
901	930	31
931	960	32
961	990	33
991	1020	34
1021	1050	35
1051	1080	36
1081	1110	37
1111	1140	38
1141	1170	39
1171	1200	40

Tabla 10. Desparasitantes-Levamisol

FUENTE 57. Autor.

- ❖ Fenbendazol esta tiene una dosis que cada 100Kg tiene que inyectar 5Cm.

FENBENDAZOL		
Kg		(Cm)
0	100	5
101	200	10
201	300	15
301	400	20
401	500	25
501	600	30
601	700	35
701	800	40

801	900	45
901	1000	50
1001	1100	55
1101	1200	60

Tabla 11. Desparasitantes- Fenbendazol

FUENTE 58. Autor.

7.5.1.3

Base de datos de los Suplementos

- ❖ Complejo B (Inyectable) esta tiene una dosis que cada 50Kg tiene que inyectar 2Cm.

COMPLEJO B (INYECTABLE)		
Kg		(Cm)
0	50	2
51	100	4
101	150	6
151	200	8
201	250	10
251	300	12
301	350	14
351	400	16
401	450	18
451	500	20
501	550	22
551	600	24
601	650	26
651	700	28
701	750	30
751	800	32
801	850	34
851	900	36
901	950	38
951	1000	40
1001	1050	42
1051	1100	44
1101	1150	46
1151	1200	48

Tabla 12. Suplementos-Complejo B (Inyectable)

FUENTE 59. Autor.

- ❖ Complejo B (Oral) esta tiene una dosis que cada 100Kg tiene que inyectar 10Cm.

COMPLEJO B (ORAL)		
Kg		(Cm)
0	100	10
101	200	20
201	300	30
301	400	40
401	500	50
501	600	60
601	700	70
701	800	80
801	900	90
901	1000	100
1001	1100	110
1101	1200	120

Tabla 13. Suplementos- Complejo B (Oral)

FUENTE 60. Autor.

NOTA: esta base de datos se puede actualizar y modificar de acuerdo a los requerimientos y necesidades que requiera el usuario de acuerdo sus propósitos que tenga en la finca.

7.5.2 Base de Datos de Registro

Esta base de datos se utiliza para realizar un registro en un hato ganadero, determinando cuanto es la ganancia o pérdida de peso en un lapso tiempo, para así mejorar o estar satisfecho con la alimentación dada a sus ganados.

Esta base de datos se guarda en la EEPROM del microcontrolador PIC16F4620, este tiene una capacidad de almacenamiento para 85 registros, donde muestra el peso guardado, el actual y finalmente determina si ha perdido o ganado peso el animal esto se realiza mediante una resta, posterior mente guardando el peso actual y así estar listo para otro registro de peso.

7.6 Prototipo

Esta echo en madera de forma rectangular, posee 4 tubos incrustados en las esquinas de la base del prototipo, estos cuatro tubos permiten la movilidad de una segunda tabla la cual nos permitirá colocar el peso a medir. También posee 4 soportes de caucho donde dos de ellos presionan los sensores de fuerza resistivos (FSR), los otros dos para que la plataforma no tenga

movimiento a la hora de colocar las pesas. En las siguientes figuras se observa el prototipo.

Esta forma de prototipo fue la más indicada para los sensores tengan una mayor exactitud, pues se implementaron otras posibilidades las cuales fueron más variable respecto al peso real de cada pesa.



FIGURA 48. Prototipo de Bascula

FUENTE 61. Autor.

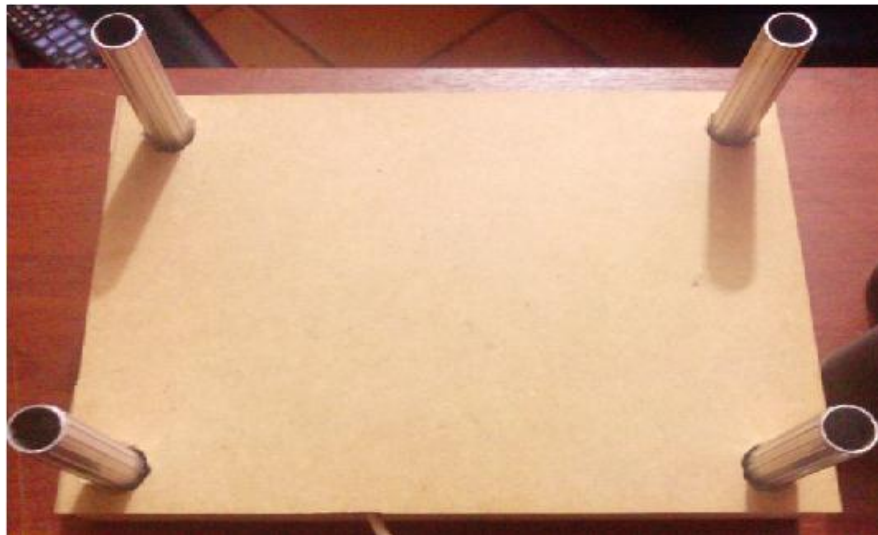


FIGURA 49. Plataforma para pesaje

FUENTE 62. Autor.

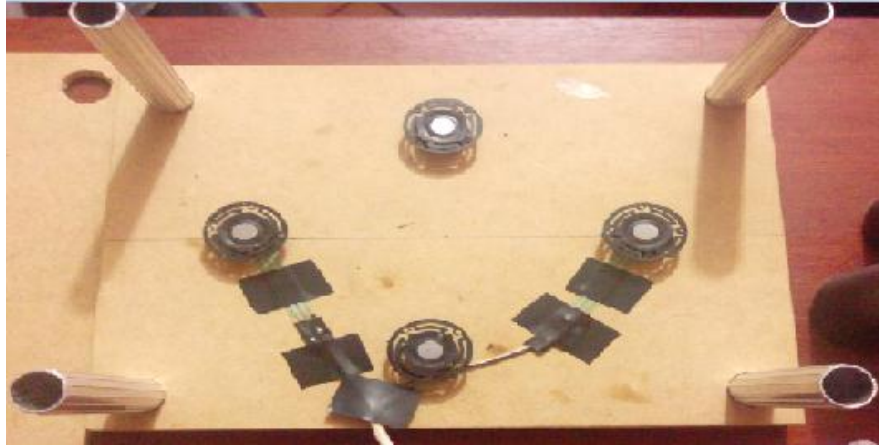


FIGURA 50. Posición de los sensores FSR

FUENTE 63. Autor.

7.7 FABRICACIÓN DEL INDICADOR DIGITAL

Lo primero que se realizan son los circuitos electrónicos, donde se realizaron acondicionamientos para así tener un circuito en perfectas condiciones, con precisión y confiabilidad para que el indicador tenga un buen funcionamiento. Se realiza la simulación en Proteus y posteriormente la implementación en la protoboard donde se utilizó una entrada análoga (potenciómetro) el cual simula la señal del sensor de peso. En las siguientes figuras se muestran los dos pasos que realizaron.

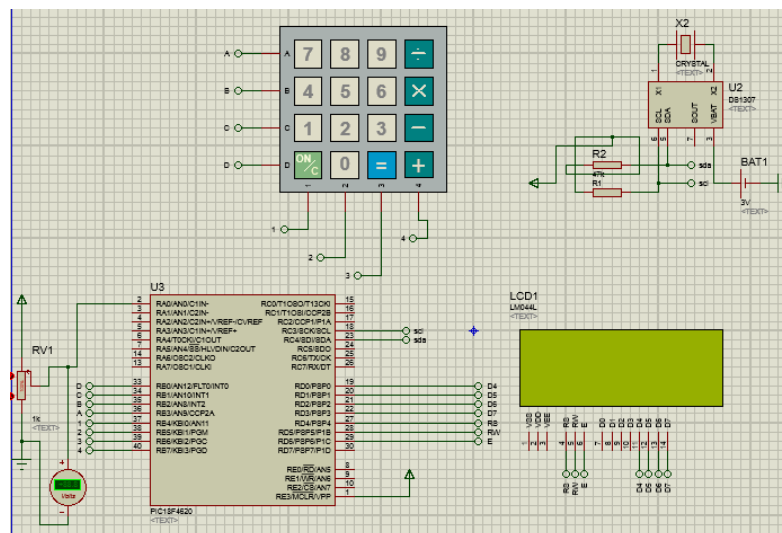


FIGURA 51. Simulación del indicador de peso

FUENTE 64. Autor

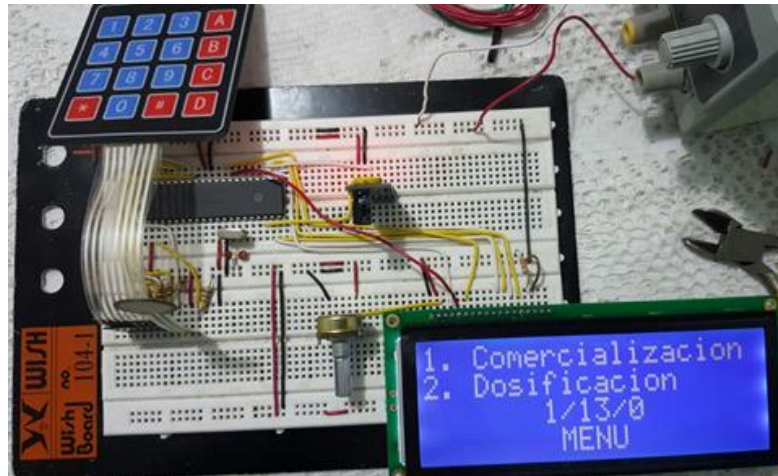


FIGURA 52. Circuito en protoboard

FUENTE 65. Autor.

7.7.1 Creación de PCB

Primero se diseña en Proteus, cada elemento:

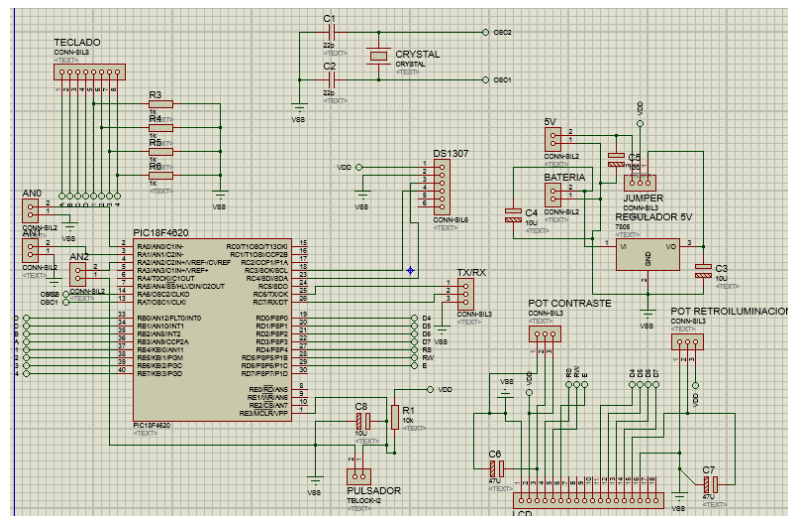


FIGURA 53. Componentes PCB

FUENTE 66. Autor.

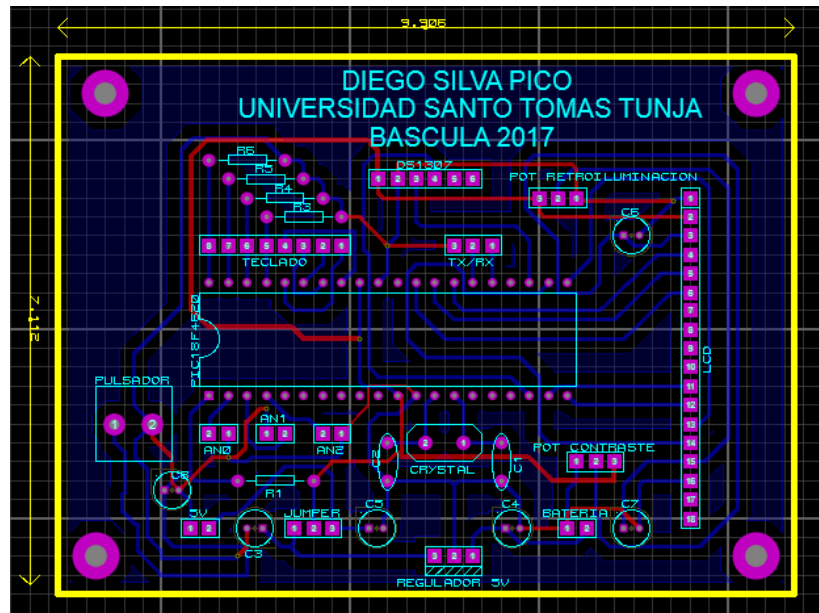


FIGURA 54. Diseño de la PCB

FUENTE 67. Autor.

En las imágenes 48 y 49, se observa la PCB en 3d, esta muestra cada uno de los componentes y caminos trazados.



FIGURA 55. Simulación 3D parte superior

FUENTE 68. Autor.

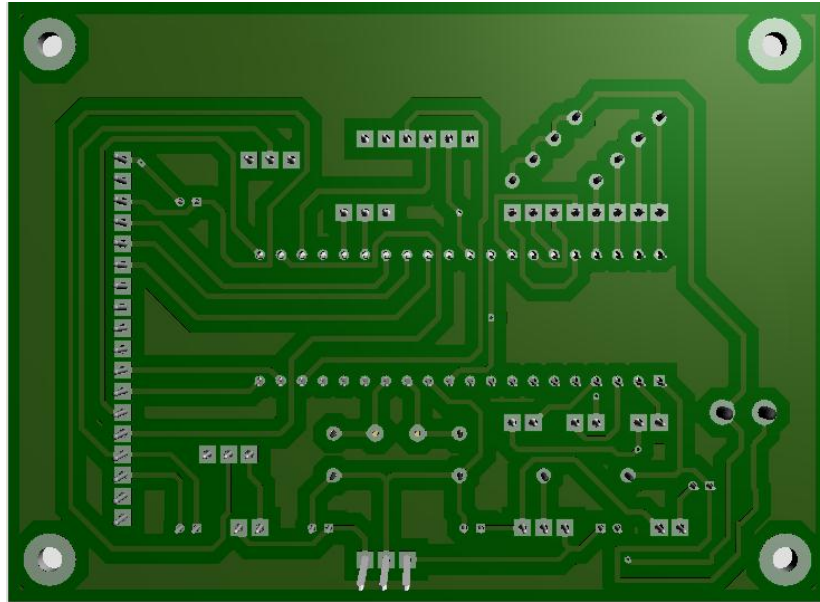


FIGURA 56. Simulación 3D parte Inferior

FUENTE 69. Autor.

7.7.2 Impresión del circuito.

Se realiza la impresión del circuito y se procede a soldar los diferentes elementos, también colocar la LCD, teclado y ds1307:



FIGURA 57. Baquelita

FUENTE 70. Autor.



FIGURA 58. Montaje de todos los elementos

FUENTE 71. Autor.

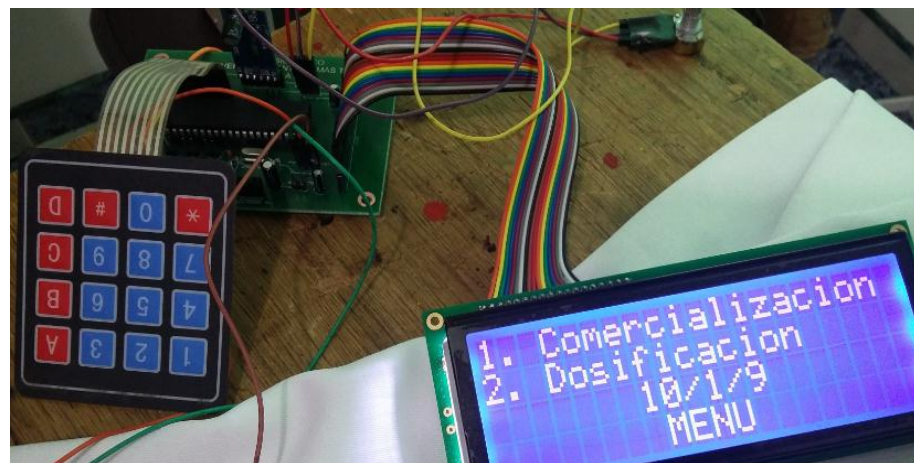


FIGURA 59. Funcionamiento PBC

FUENTE 72. Autor.

7.7.3 Diseño de indicador o caja

Para la realización del diseño de la caja del indicador de la báscula electrónica se tuvo en cuenta el enfoque en donde y hacia quién iba ser dirigido el proyecto, por esto lo primero que se realiza es un diseño en AutoCAD. Donde se pueden visualizar las medidas exactas, la parte frontal, laterales y trasera. (Ver figura. 56,57 y 58).

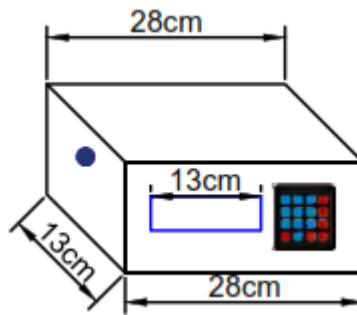


FIGURA 60. Parte Frontal y lateral

FUENTE 73. Autor.

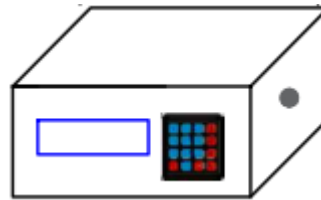


FIGURA 61. Parte Frontal y lateral

FUENTE 74. Autor.

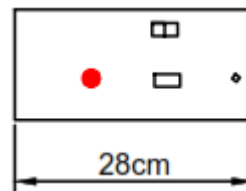


FIGURA 62. Parte trasera

FUENTE 75. Autor.

En la figura 59, tiene cada uno de los elementos que posee el indicador.

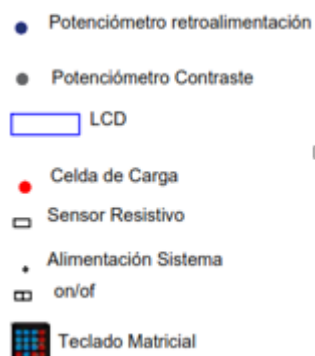


FIGURA 63. Convenciones

FUENTE 76. Autor.

7.7.4 Montaje del indicador de pesos

Para la creación de la caja se tomaron las medidas y diseño obtenido en AutoCAD, después se procede a escoger el material. Utilizando acero inoxidable, siendo un material robusto, resistente a golpes. Esta fue cortada y doblada para realizar el modelo diseñado.



FIGURA 64. Cortes realizados a la caja

FUENTE 77. Autor.

Otra etapa del trabajo, fue la implementación de los circuitos en la caja de acuerdo a las especificaciones y diseños plateados en la construcción de esta. Adecuando cada componente que conformaría el indicador de peso, donde en la parte frontal se ubica la LCD, teclado y un Led indicador de encendido. En la parte trasera se ubica el switch de encendido, además las conexiones de alimentación, celda tipo S y sensor resistivo.



FIGURA 65. Parte frontal del indicador

FUENTE 78. Autor.



FIGURA 66. Parte trasera del indicador

FUENTE 79. Autor.



FIGURA 67. Montaje de los circuitos a la caja

FUENTE 80. Autor.

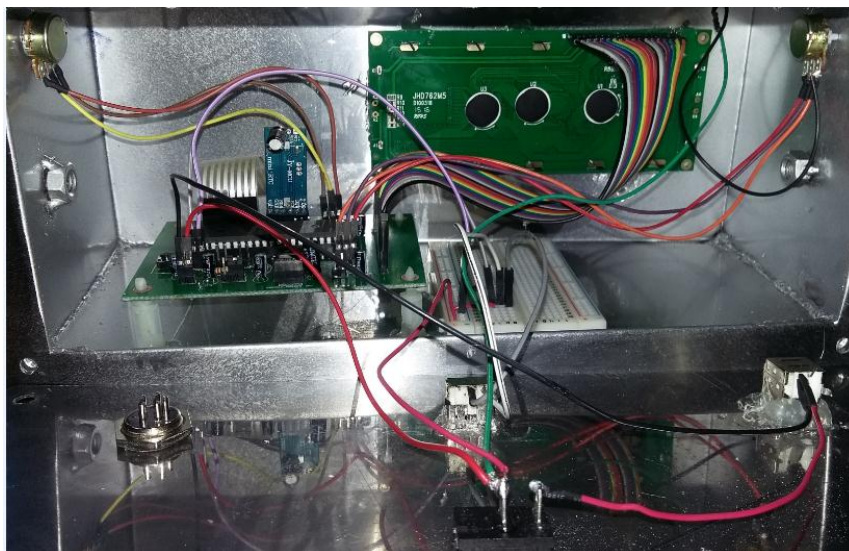


FIGURA 68. Circuitería

FUENTE 81

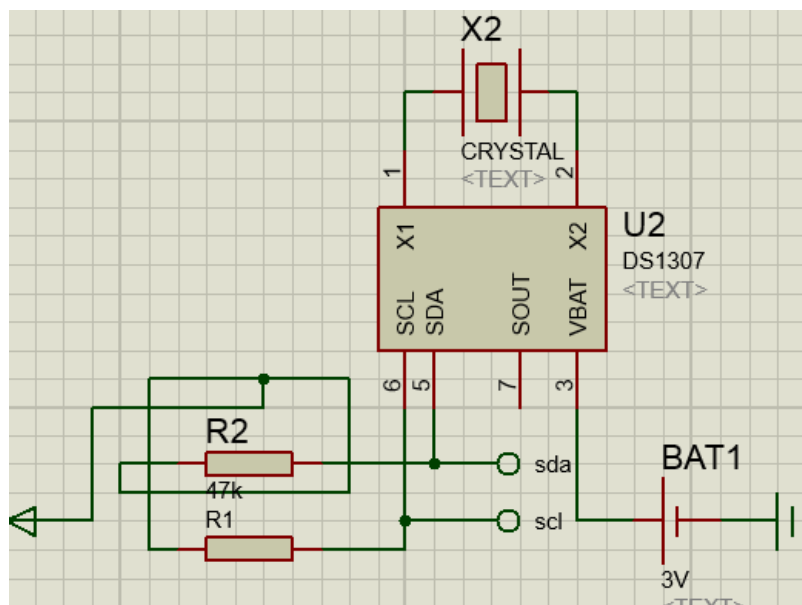


FIGURA 70. Simulación reloj

FUENTE 83. Autor.

7.10 POWER BANK ES900

Este Power Bank fue utilizado para alimentar el indicador de peso, este es resistente al agua y recargable con la luz solar. En la siguiente tabla se encuentran las especificaciones de este.

Modelo	ES900
Batería de Li-polímero	12000 mAh
Cargador solar	5v/200 mAh
Input	DC 5V/2^a
Output 1	DC 5V/1^a
Output 2	DC 5V/2^a
Peso	212 g
Tamaño	144 * 78 * 18 mm

Tabla 14. Especificaciones Power Bank.

FUENTE 84. Autor.



FIGURA 71. Power Bank.

FUENTE 85. <https://www.google.com.co/search?q=power+bank+solar+es900&source>

7.11 PRESUPUESTO

El presupuesto del indicador de peso y el prototipo es el siguiente:

Cant.	Componente	Precio
1	Lcd 4*20	\$ 55.000
1	Teclado 4*4	\$ 9.000
2	Sensor resistivo	\$ 40.000
1	Conector para celda de carga.	\$ 5.500
1	Váquela	\$ 28.000
	Resistencia, regleta, bases, cableado.	\$ 40.000
1	Caja en acero inoxidable	\$ 100.000
1	Cargador portátil con luz solar.	\$ 90.000
	TOTAL	\$ 367.500

Tabla 15. Presupuesto

FUENTE 86. Autor.

7.12. COSTO BENEFICIO

Teniendo en cuenta las características de la báscula en la que se implementó nuestro indicador de peso, esta se encuentra valorada en el mercado por un valor aproximado de \$ 8.000.000.

Como se planteó anteriormente el ganadero o comerciante se ve afectado en el momento de comercializar los bovinos de la manera convencional debido a que la proporción de peso no es acertada y por lo general al comparar el peso establecido empíricamente (al ojo) con el establecido por la báscula muestra una diferencia mínima de 5 Kg; por ejemplo, si el ganadero comercializara una cantidad mensual de 100 toros, estaría perdiendo 500 Kg aproximadamente \$ 2.100.000 en un mes.

En conclusión la inversión de la báscula se recuperaría en aproximadamente en 4 meses si se comercializaran 100 cabezas de ganado bovino.

8. CONCLUSIONES

- ❖ Se logra diseñar un indicador de peso, apto para una celda de carga tipo viga (prototipo de báscula) y una celda de carga tipo S, de esta forma se logra beneficiar la comunidad ganadera.
- ❖ Se logra las dos metas propuestas en este proyecto, ya que se logra mejorar la comercialización y por otro lado la dosificación de medicamentos del ganado, favorable para la comunidad ganadera que es una gran parte del territorio colombiano.
- ❖ En la implementación del sensor resistivo FSR se logra que el indicador electrónico, sea casi exacto. Pues a la hora de la implementación de este se descubrió que es muy inestable, así se acondiciono el sensor para que presentara el error más bajo. Por esto se implementa un sensor tipo viga para mejorar la medida en gramos, que esta sea más estable y exacta.
- ❖ Se acondiciono el sensor tipo S, este se encuentra situada en la hacienda Santa Bárbara del Municipio de Tuta, Boyacá. Mostrando en el indicador de peso electrónico el valor en kilogramos, comparado es medida con el indicador mecánico (romana) situada allí, obteniendo un error o un desfase respecto a este de 10 kilogramos aproximadamente.
- ❖ Se implementa un sistema de alimentación, apropiado para una movilización del indicador de peso, con esto logra que el ganadero trabaje más cómodo a la hora de pesar ganado puesto que en sitios o en fincas carecen del suministro eléctrico tradicional, así se implementa un sistema recargable de energía solar.
- ❖ Se realiza dos bases de datos en el software Excel, la primera para dar solución a la opción de dosificación respecto a los medicamentos más utilizados en el mercado de ganadero. La segunda base de datos se registra una serie de pesos para determinar cuánto a gado y perdido un animal en un determinado tiempo.
- ❖ A futuro se podrá incluir aplicaciones, como lo es una impresora y un sistema de transferencia vía internet, que se adecue a la necesidad de cada ganadero, respecto a esto se lograra un mejor aprovechamiento de cada bascula para una rentabilidad de cada hato ganadero, pues hay distintos propósitos como lo es el engorde de ganado para sacrificio o un hato lechero.

9. BIBLIOGRAFÍA

- Alciatore, D. Hystand, B. (2007). *Introducción a la mecatronica y los sistemas de medición*. México: McGraw-Hill Interamericana.
- Antonio, C. S. (1998). *Instrumentacion Industrial*. México: Alfaomega.
- Basculas Prometalicos. (s.f.). *Basculas Prometalicos*. Obtenido de Basculas Prometalicos: <http://www.prometalicos.com>
- Carrión L, Ochoa D, Valverde J, . (2009). *Analisis del funcionamiento del sensor de fuerza resistivo (FSR)*. Cuenca.
- Figliola, R. Beasley. Donald, E. (2009). *Mediciones Mecanicas Teoría y diseño*. México: Alfaomega.
- García, E. (2008). *Compilador C CCS y Simulador PROTEUS para Microcontroladores PIC*. México: Alfaomega.
- Jesús, V. G. (Septiembre de 2011). *Identificación del Módulo de Elasticidad de Aluminio 6061 por Medio de la Medición de Deformación con Galgas*. Obtenido de Identificación del Módulo de Elasticidad de Aluminio 6061 por Medio de la Medición de Deformación con Galgas: http://jupiter.utm.mx/~tesis_dig/11491.pdf
- LIZCANO GOMEZ R, PUENTES GOMEZ J, VALENZUELA SABOGAL C. (2005). *CONTROL PARA UN ROBOT ARTICULADO CON TRES GRADOS DE PATA*. Obtenido de CONTROL PARA UN ROBOT ARTICULADO CON TRES GRADOS DE PATA: <http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ingenieria/tesis98.pdf>
- Mercado C. Cisneros J. Romero V. (2006). *Bascula Electronica con PIC16F873*. Zacatecas: Universidad Autonoma De Zacatecas.
- Murillo, R. (2006). *Amplificadores Operacionales* . Colombia: Artes y Copias Alameda.
- Pallas, R. (2008). *Intrumentos Electrónicos Básicos*. México: Alfaomega.
- Pérez, M. (2014). *Introducción Electrónica*. Madrid: Paraninfo.
- Velasco, J. (2009). *Energias Renovables*. Barcelona: Reverté.

10. ANEXOS

- A. Manual de usuario.
- B. Código de programación
 - ❖ Programa sensor resistivo y celda de carga tipo viga.
 - ❖ Programa sensor tipo S.
- C. Medición de Esfuerzo y Deformaciones en Barras Metálicas Utilizando Galgas Extensométricas.
- D. Force-Sensitive-Resistor-FSR.
- E. LCD_4*20.
- F. Parametrización de los sensores FSR Y celda de carga tipo Viga.