



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

**DESARROLLO DE UN EQUIPO ELECTRÓNICO DE
IDENTIFICACIÓN POR COLORES Y DOSIFICACIÓN
AUTOMÁTICA DE ALIMENTOS PARA MARRANAS GESTANTES
Y CERDOS JÓVENES UTILIZANDO UN COMPUTADOR DE
PLACA REDUCIDA Y ALGORITMOS DE PROCESAMIENTO
DIGITAL DE IMÁGENES**

**PRESENTADA POR
ENRIQUE ELEODORO BELLEZA LÓPEZ
NICOLAS GERHARD VEGA URQUIZO**

ASESORES

**FERNANDO MAURICIO JIMENES MOTTE
GUILLERMO LEOPOLDO KEMPER VASQUEZ**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO ELECTRÓNICO

LIMA – PERÚ

2019



CC BY-NC-SA

Reconocimiento – No comercial – Compartir igual

El autor permite transformar (traducir, adaptar o compilar) a partir de esta obra con fines no comerciales, siempre y cuando se reconozca la autoría y las nuevas creaciones estén bajo una licencia con los mismos términos.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



USMP
UNIVERSIDAD DE
SAN MARTÍN DE PORRES

FACULTAD DE
INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

**DESARROLLO DE UN EQUIPO ELECTRÓNICO DE
IDENTIFICACIÓN POR COLORES Y DOSIFICACIÓN
AUTOMÁTICA DE ALIMENTOS PARA MARRANAS
GESTANTES Y CERDOS JÓVENES UTILIZANDO UN
COMPUTADOR DE PLACA REDUCIDA Y ALGORITMOS DE
PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES**

TESIS

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO ELECTRÓNICO**

PRESENTADA POR

**BELLEZA LÓPEZ, ENRIQUE ELEODORO
VEGA URQUIZO, NICOLAS GERHARD**

**ASESORES: MG. JIMÉNEZ MOTTE, FERNANDO MAURICIO
DR. KEMPER VÁSQUEZ, GUILLERMO LEOPOLDO**

LIMA - PERÚ

2019

Dedico esta tesis a mi padre Juan, a mi madre Celerina y a mi familia por ser los pilares de mi espíritu de lucha y perseverancia; a nunca rendirme ante las adversidades. A mi hermano Juan por su apoyo incondicional en los momentos difíciles, que me vio crecer como persona y profesional.

Enrique Eleodoro, Belleza López

Dedico esta tesis a mi padre Hernando, a mi madre Angélica y a mi familia por haberme enseñado a tener siempre la perseverancia y nunca rendirme ante las adversidades. A mi hermana Karen y esposa Milagros por su amor y por el apoyo incondicional que me dieron para crecer como persona y profesional.

Nicolas Gerhard, Vega Urquizo

Agradecemos a Dios, por darnos la oportunidad de culminar esta etapa de nuestras vidas.

A nuestros asesores: Mg. Fernando Jiménez Motte y al Dr. Guillermo Kemper Vásquez, que, con sus enseñanzas, nos brindaron la sabiduría para culminar con éxito la tesis. Asimismo, a nuestros profesores por su sapiencia a lo largo de nuestra carrera profesional.

Enrique y Nicolas

ÍNDICE

	Página
RESUMEN	xx
ABSTRACT	xxi
INTRODUCCIÓN	xxii
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	
1.1 Situación Problemática	1
1.2 Definición del Problema	17
1.3 Objetivos Generales y Específicos	17
1.4 Importancia de la Investigación	18
1.5 Justificación	18
1.6 Limitaciones	19
1.7 Viabilidad de la Investigación o Presupuesto	20
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	
2.1 Estado del Arte	22
2.2 Base Teórica	64
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	
3.1 Materiales	117
3.2 Metodo	130
CAPÍTULO IV: DESARROLLO	
4.1 Bloque Pictórico	134
4.2 Diagrama de Flujo	135
4.3 Cálculo de la Linealización de las Celdas de Cargas	138
4.4 Cálculo de las Celdas de Carga	141
4.5 Cálculo del Tornillo Sin Fin	146
4.6 Cálculo de la Distancia Euclidiana	149
4.7 Muestra de las Posibles Combinaciones de los Aretes de Colores a traves de Cálculos Estadísticos	162

4.8 Programa de Apoyo para la Simulación Matlab como ejemplo para la Identificación por Colores	164
4.9 Cálculo definido del proceso de funcionamiento del microcontrolador 18F4550	169
4.10 Diseño	170
CAPÍTULO V: PRUEBAS Y RESULTADOS	
5.1 Pruebas Indirectas	197
5.2 Pruebas Directas	227
5.3 Costos	240
CONCLUSIONES	249
RECOMENDACIONES	250
GLOSARIO	251
FUENTES DE INFORMACIÓN	253
ANEXOS	260

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura N° 1: Distribución de costos de producción Latinoamérica	1
Figura N° 2: Distribución de costos Latinoamérica	2
Figura N° 3: Alimentación de las marranas gestantes	10
Figura N° 4: Días Vs Kilos durante las 4 etapas del cerdo joven	12
Figura N° 5: Gasto realizado en las 4 etapas del cerdo joven	12
Figura N° 6: Marrana en gestación	13
Figura N° 7: Medidas de la condición corporal de las cerdas (<i>Body Condition Score</i>)	15
Figura N° 8: Esquema de alimentación para cerdas gestantes (Adultas y jóvenes)	15
Figura N° 9: Estación de alimentación electrónica	23
Figura N° 10: Imagen capturada en escala de grises	24
Figura N° 11: Imagen binarizada	24
Figura N° 12: Extracción del contorno de la imagen umbralizada	25
Figura N° 13: Estimación del peso en base a los parámetros	25
Figura N° 14: Módulo completo	26
Figura N° 15: Módulo completo método de reconocimiento piramidal	29
Figura N° 16: Representación de las regiones del espacio RGB	30
Figura N° 17: Representación del espacio HSV	31
Figura N° 18: Clasificación de las fresas	34
Figura N° 19: Maqueta surco	34
Figura N° 20: Relación entre fresa madura e inmadura	35
Figura N° 21: Robot móvil recolector de fresas	35

Figura N° 22: Representación de una imagen mediante matrices RGB	36
Figura N° 23: Interfaz gráfica de la ventana de control	37
Figura N° 24: Binarización de imagen para un objeto de color verde	38
Figura N° 25: Binarización de imagen para un objeto de color rojo	38
Figura N° 26: Resultado tras la aplicación de operaciones morfológicas	39
Figura N° 27: Dispositivos conectados al circuito integrado en la placa de Arduino Mega 2560	40
Figura N° 28: Alimentación diaria según el tamaño de sus mascotas	41
Figura N° 29: Vista frontal del dispensador automático de comida para mascotas	41
Figura N° 30: Sistema completo de alimentación (comedero)	43
Figura N° 31: Tolla con soporte y coca	44
Figura N° 32: Modelado preliminar del dosificador de alimento	46
Figura N° 33: Circuito de potencia	48
Figura N° 34: Ensamble del Comedero	48
Figura N° 35: Vista interna comedero	49
Figura N° 36: Estación de alimentación Delaval FSC40	50
Figura N° 37: Estación de alimentación NEDAP	51
Figura N° 38: Pie de anclaje de acero inoxidable	52
Figura N° 39: Sistema de alimentación y manejo: Alimentación controlada por ordenador Callmatic 2: Hasta 60 cerdas se pueden alimentar	53
Figura N° 40: Nueva estación de alimentación automática para cerdas gestantes de Eurogan	54
Figura N° 41: Dispensador por gravedad	55
Figura N° 42: Dosificador Animal Planet	56
Figura N° 43: Tolla Automática "Equimatic"	57
Figura N° 44: Balanza de plataforma modelo 2056	58
Figura N° 45: Balanza de plataforma modelo 2056SS	59
Figura N° 46: Balanza de plataforma modelo 7600	60
Figura N° 47: Balanza de plataforma modelo 7600SS	61
Figura N° 48: Balanza de plataforma modelo Floorcell 2456	62
Figura N° 49: Balanza de plataforma modelo Floorcell 2456 (Plataforma en acero inoxidable)	64
Figura N° 50: Básculas	64

Figura N° 51: Se observa como los cuerpos en el espacio exterior carecen de fuerza	66
Figura N° 52: Celda de carga – Barra o corte de viga	67
Figura N° 53: Extensómetro o Galga extensiométrica	68
Figura N° 54: Extensómetro en paralelo en una celda de carga	68
Figura N° 55: Diseño asistido por AutoCAD - Mecánica de la celda de Carga de viga de corte	70
Figura N° 56: Viga al corte	71
Figura N° 57: Fuerza aplicadas a las celdas de viga al corte	72
Figura N° 58: Instalación de celdas de acuerdo a su aplicación	72
Figura N° 59: Orientación ideal de la fuerza	73
Figura N° 60: Desviación angular de la carga en la celda	73
Figura N° 61: Carga excéntrica	74
Figura N° 62: Cargas laterales	74
Figura N° 63: Mecánica de la celda de carga con fuerza ejercida	75
Figura N° 64: Conexiones de una celda de carga	76
Figura N° 65: Zonas de elasticidad en la Ley de Hooke	78
Figura N° 66: Zona elástica en la Ley de Hooke para Galga extensiométrica	78
Figura N° 67: Zona elástica de tensión - Deformación (S-E)	79
Figura N° 68: Puente Completo de los Indicadores de Tensión	80
Figura N° 69: Puente de medida con una galga	81
Figura N° 70: Configuración de medio puente	82
Figura N° 71: Configuración de puente completo	82
Figura N° 72: Puente Wheatstone	84
Figura N° 73: Muestras de alimento por etapa	86
Figura N° 74: (A) Cuerda Única – (B) Cuerda doble	88
Figura N° 75: Diseño de las cinco tolvas con su tornillo sin fin respectivo	89
Figura N° 76: Vista lateral del diseño de la tolva con su tornillo sin fin	89
Figura N° 77: Partes de un Tornillo Sin Fin con sus respectivas nombres	90
Figura N° 78: Como se halla la longitud de Arco interior	90
Figura N° 79: Como se halla la longitud de Arco exterior	91
Figura N° 80: Desarrollo del radio de vuelo	91
Figura N° 81: Longitudes de onda del espectro visible	95
Figura N° 82: Distribución de colores en el cubo RGB	97

Figura N° 83: Muestra de los seis colores en el plano RGB	98
Figura N° 84: A) Segmentación en el espacio RGB y B) Imagen binaria	100
Figura N° 85: Imagen y su Histograma	103
Figura N° 86: Imagen segmentada por la ecuación	104
Figura N° 87: Esquema de las comunicaciones seriales y paralelos	105
Figura N° 88: Microcontrolador UART TTL	105
Figura N° 89: Comunicación	106
Figura N° 90: Microcontrolador con un módulo USB a PC	106
Figura N° 91: Microcontrolador a un Max232 y un DB9	106
Figura N° 92: Microcontrolador con Smartphone	107
Figura N° 93: Esquema de la Arquitectura TX UART	107
Figura N° 94: Esquema de la Arquitectura RX UART	108
Figura N° 95: Componentes de un microprocesador	109
Figura N° 96: Unidad aritmética lógica	110
Figura N° 97: Unidad de memoria	111
Figura N° 98: Arquitectura Harvard	112
Figura N° 99: Arquitectura Von Neumann	112
Figura N° 100: La Arquitectura Harvard es del procesador PIC18F45XX	113
Figura N° 101: Celda de carga	118
Figura N° 102: Características de una celda de 500 Kg	119
Figura N° 103: Esquemático de los pines del PIC18F4550	120
Figura N° 104: Placa del Raspberry Pi 3B+	121
Figura N° 105: Módulo HX711 – Transmisor	123
Figura N° 106: Adaptador convertidor Serial Usb 2.0 a TTL RS485	124
Figura N° 107: Dispositivo cristal oscilador de 4MHz	125
Figura N° 108: Motor reductor	126
Figura N° 109: Pantalla <i>Touch</i> HDMI de <i>Raspberry Pi</i>	127
Figura N° 110: Pantalla <i>Touch</i> HDMI de <i>Raspberry Pi</i>	127
Figura N° 111: Módulo conversor TTL a RS – 485	128
Figura N° 112: AC-DC módulo – HLK-MP01	129
Figura N° 113: Módulo relay 8CH 5v DC	131
Figura N° 114: Diagrama pictórico general	133
Figura N° 115: Diagrama pictórico de los procesos de pesaje, identificación por aretes de color y dosificación del alimento	134

Figura N° 116: Diagrama de bloques de los procesos de pesaje, identificación por aretes por color y dosificación del alimento	135
Figura N° 117: Muestra de las partes	136
Figura N° 118: Diagrama de flujo para el control de motor reductor	137
Figura N° 119: Diagrama de flujo de adquisición de datos	138
Figura N° 120: Diagrama de flujo de visualización de pesos	139
Figura N° 121: Recta lineal de la 1era celda de carga	140
Figura N° 122: Recta lineal de la 2da celda de carga	141
Figura N° 123: Puente Wheatstone para la celda de carga de 40 Kg	143
Figura N° 124: Puente Wheatstone para la celda de carga de 500 Kg	145
Figura N° 125: Medidas del tornillo sin fin para las 4 etapas de los cerdos jóvenes	147
Figura N° 126: Medidas del tornillo sin fin para las marranas gestantes	149
Figura N° 127: Puntos de coordenadas de los colores en el plano Cb-Cr	151
Figura N° 128: Unión de los puntos de coordenadas de los colores en el plano Cb-Cr	151
Figura N° 129: Distancias euclidiana del color amarillo a los diferentes colores	153
Figura N° 130: Distancias euclidiana del color verde a los diferentes colores	155
Figura N° 131: Distancias euclidiana del color celeste a los diferentes colores	157
Figura N° 132: Distancias euclidiana del color azul a los diferentes colores	159
Figura N° 133: Distancias euclidiana del color morado a los diferentes colores	161
Figura N° 134: Distancias euclidiana del color lila a los diferentes colores	163
Figura N° 135: Prueba color amarillo: (A) Video y (B) Captura de imagen	165
Figura N° 136: Prueba color amarillo: (C) Imagen en escala de grises y (D) Negativo de la imagen capturada	166
Figura N° 137: Prueba color Amarillo: (E) Negativo del Color Amarillo y (F) Detección del Color Amarillo	166
Figura N° 138: Prueba color morado: (A) Video y (B) Captura de imagen	167
Figura N° 139: Prueba color morado: (C) Imagen en escala de grises y (D) Negativo de la imagen capturada	167

Figura N° 140: Prueba color morado: (E) Negativo del Color Morado y (F) Detección del color morado	168
Figura N° 141: Prueba color celeste: (A) Video y (B) Captura de imagen	168
Figura N° 142: Prueba color celeste: (C) Imagen en Escala de grises y (D) Negativo de la imagen capturada	169
Figura N° 143: Prueba color celeste: (E) Negativo del color celeste y (F) Detección del color celeste	168
Figura N° 144: Diseño asistido por computadora AutoCAD - Vista lateral derecha de la Estructura de maternidad	173
Figura N° 145: Diseño asistido por computadora AutoCAD - Vista lateral izquierda de la Estructura de maternidad	173
Figura N° 146: Diseño asistido por computadora AutoCAD - Vista superior de la Estructura de maternidad	174
Figura N° 147: Diseño asistido por computadora AutoCAD - Vista frontal de la Estructura de maternidad	174
Figura N° 148: Balanza central para cerdos jóvenes	176
Figura N° 149: Alargamiento de balanza para pesar marranas gestantes	177
Figura N° 150: Vista de la celda de carga de 500 Kg	177
Figura N° 151: Diseño asistido por computado AutoCAD 3D - Vista del diseño en 3D	178
Figura N° 152: Estructura de la balanza para el comedero	179
Figura N° 153: Celda de carga de 40 Kg	180
Figura N° 154: Estructura del comedero	180
Figura N° 155: Diseño asistido por computadora 3D Powerpoint - Primer bosquejo del diseño de la estructura dosificadora en 3D	182
Figura N° 156: Bosquejo del diseño de la tolva y Tornillo sin fin en 3D	182
Figura N° 157: Tornillo sin fin para las tolvas de los cerdos jóvenes con forma de tirabuzón	184
Figura N° 158: Tornillo Sin Fin para las Tolvas de las Marranas Gestantes con Forma de Tirabuzón	184
Figura N° 159: Motor reductor acoplado en la parte final del tornillo sin fin	185
Figura N° 160: Acoplamiento de cada Tornillo Sin Fin con su respectivo Motor reductor	185
Figura N° 161: Diseño esquemático de la PCB en Eagle	188

Figura N° 162: Diseño de la placa PCB en Eagle	189
Figura N° 163: Placa PCB en EAGLE con sus componentes en físico	189
Figura N° 164: Diseño asistido por computadora de la placa PCB en 3D	190
Figura N° 165: Diseño asistido por Computadora de la Placa PCB en 3D	191
Figura N° 166: Estructura final de dosificación, donde se muestra la cámara para la identificación	193
Figura N° 167: Vista frontal del comedero con la Cámara puesta en la Parte superior	194
Figura N° 168: Vista de la ventana principal de la Interfaz gráfica	196
Figura N° 169: Vista de la ventana secundaria de la Interfaz gráfica	196
Figura N° 170: Vista de la ventana histórico de la Interfaz gráfica	197
Figura N° 171: (A) Pesa reglamentaria de 5 Kg / (B) Balanza de piso	198
Figura N° 172: Peso de 0.5 Kg mostrado en la balanza de piso	199
Figura N° 173: Posicionamiento de 0.5 Kg. en la Balanza: (A) Zona media de la balanza, (B) Zona derecha de la balanza y (C) Zona Izquierda de la balanza	199
Figura N° 174: Peso de 0.5 Kg mostrado en la Interfaz gráfica	200
Figura N° 175: Peso de 1 Kg mostrado en la balanza de piso	200
Figura N° 176: Posicionamiento De 1 Kg en la balanza: (A) Zona media de la balanza, (B) Zona derecha de la balanza y (C) Zona izquierda de la balanza	201
Figura N° 177: Peso de 1 Kg mostrado en la Interfaz gráfica	201
Figura N° 178: Peso de 1.5 Kg mostrado en la balanza de piso	202
Figura N° 179: Posicionamiento de 1.5 Kg. en la balanza: (A) Zona media de la balanza, (B) Zona derecha de la balanza y (C) Zona zquierda de la balanza	202
Figura N° 180: Peso de 1.5 Kg mostrado en la Interfaz gráfica	203
Figura N° 181: Peso de 2 Kg mostrado en la balanza de piso	203
Figura N° 182: Posicionamiento de 2 Kg en la balanza: (A) Zona media de la balanza, (B) Zona derecha de la balanza y (C) Zona izquierda de la balanza	204
Figura N° 183: Peso de 2 Kg mostrado en la Interfaz gráfica	204
Figura N° 184: Peso de 2.5 Kg mostrado en la balanza de piso	205
Figura N° 185: Posicionamiento de 2.5 Kg en la balanza: (A) Zona media	

de la balanza, (B) Zona derecha de la balanza y (C) Zona izquierda de la balanza	205
Figura N° 186: Peso de 2.5 Kg. mostrado en la Interfaz gráfica	206
Figura N° 187: Peso de 3 Kg mostrado en la balanza de piso	206
Figura N° 188: Posicionamiento de 3 Kg. en la Balanza: (A) Zona Media de la Balanza, (B) Zona Derecha de la Balanza y (C) Zona Izquierda de la Balanza	207
Figura N° 189: Peso de 3 Kg. Mostrado en la Interfaz Gráfica	207
Figura N° 190: Peso de 0.5 Kg. en el comedero	208
Figura N° 191: Peso de 0.5 Kg Mostrado en la Interfaz Gráfica	208
Figura N° 192: Peso de 1 Kg en el comedero	209
Figura N° 193: Peso de 1 Kg Mostrado en la Interfaz Gráfica	209
Figura N° 194: Peso de 1.5 Kg en el comedero	210
Figura N° 195: Peso de 1.5 Kg en la Interfaz Gráfica	210
Figura N° 196: Peso de 2 Kg en el comedero	211
Figura N° 197: Peso de 2 Kg en la Interfaz Gráfica	211
Figura N° 198: Peso de 2.5 Kg en el comedero	212
Figura N° 199: Peso de 2.5 Kg Mostrado en la Interfaz Gráfica	212
Figura N° 200: Peso en una Balanza Calibrada: (A) Primera Persona y (B) Segunda Persona	213
Figura N° 201: Peso en la Balanza Principal primera persona (A)	213
Figura N° 202: Peso en la Balanza Principal segunda persona (B)	214
Figura N° 203: Peso en la Balanza Principal ambas personas	214
Figura N° 204: Peso en la Balanza Principal de ambas personas, mostrado en la Interfaz Gráfica	215
Figura N° 205: Peso en la Etapa 1 – Cerdo joven	215
Figura N° 206: Identificación del peso de la Etapa 1 – Cerdo joven	216
Figura N° 207: Peso en la Etapa 2 – Cerdo joven	216
Figura N° 208: Identificación del peso de la Etapa 2 – Cerdo joven	217
Figura N° 209: Peso en la Etapa 3 – Cerdo joven	217
Figura N° 210: Identificación del peso de la Etapa 3 – Cerdo joven	218
Figura N° 211: Peso en la Etapa 4 – Cerdo joven	218
Figura N° 212: Identificación del peso de la Etapa 4 – Cerdo joven	219
Figura N° 213: Peso de la comida Etapa 1 – Cerdo joven	220

Figura N° 214: Peso de la comida Etapa 2 – Cerdo joven	221
Figura N° 215: Peso de la comida Etapa 3 – Cerdo joven	222
Figura N° 216: Peso de la comida Etapa 4 – Cerdo joven	223
Figura N° 217: Detección del Color Azul – (RGB A HSV)	224
Figura N° 218: Detección del Color Amarillo – (RGB A HSV)	225
Figura N° 219: Detección del Color Morado – (RGB a HSV)	226
Figura N° 220: Detección del Color Celeste – (RGB a HSV)	226
Figura N° 221: Estructura de Pesaje, Identificación por Colores y Dosificador de comida	228
Figura N° 222: Etapa de los cerdos jóvenes con su respectiva Tolva y comida	229
Figura N° 223: Trabajadores de la Unidad Experimental de Porcinos (UNALM)	229
Figura N° 224: Etapa 1 – Color Azul – Pesaje y Dosificación	230
Figura N° 225: Resultado - Etapa 1 - Color Azul – Interfaz Gráfica	230
Figura N° 226: Etapa 4 - Color Lila – Pesaje y Dosificación	231
Figura N° 227: Resultado – Etapa 4 - Color Lila – Imagen Capturada	231
Figura N° 228: Resultado – Etapa 4 - Lila – Interfaz Gráfica	232
Figura N° 229: Marrana Gestante - Primeriza – peso y Identificación	232
Figura N° 230: Marrana Gestante - Primeriza #1 - peso y Identificación	233
Figura N° 231: Identificación del Cerdo joven – Arete de Color Azul	233
Figura N° 232: Identificación del Color Azul mostrada por la Interfaz Gráfica	234
Figura N° 233: Identificación del Cerdo joven – Arete de color amarillo	234
Figura N° 234: Identificación del Color Amarillo mostrada por la Interfaz Gráfica	235
Figura N° 235: Porcentaje de error – Etapa 1	236
Figura N° 236: Porcentaje de error – Etapa 2	237
Figura N° 237: Porcentaje de error – Etapa 3	238
Figura N° 238: Porcentaje de error – Etapa 4	239
Figura N° 239: Porcentaje de error – Marrana gestante	240

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla N° 1: Costos de producción de porcinos en Latinoamérica - 2014	4
Tabla N° 2: Costos de producción de porcinos en Latinoamérica durante enero - junio 2014	5
Tabla N° 3: Porcinos por región, 2014 (Miles de unidades)	6
Tabla N° 4: Perú: Producción de porcino vivo por región, 2014 (Toneladas)	7
Tabla N° 5: Relación de días por etapa del cerdo joven	10
Tabla N° 6: Relación de cantidad de alimento por etapa del cerdo joven	11
Tabla N° 7: Diaria de relación Peso: Edad (Serie 300 X Cambrough - 29)	11
Tabla N° 8: Gasto diario por etapas de los cerdos jóvenes	11
Tabla N° 9: Aporte de alimentos para cerdas gestantes (0 - 100 días)	14
Tabla N° 10: Condiciones sugerida para cerdas primeriza	16
Tabla N° 11: Registro de pesos por parto datos aportados por empresa genética (Kg)	16
Tabla N° 12: Pesos de comida de las garranas gestantes	17
Tabla N° 13: Lecturas de los Valores dosificados de las Fórmulas	27
Tabla N° 14: Lecturas de los Valores dosificados de las Fórmulas	53
Tabla N° 15: Comparación Entre Las Estaciones de Alimentación	56
Tabla N° 16: Características Modelo 2056	58
Tabla N° 17: Características Modelo 2056SS	59
Tabla N° 18: Características Modelo 7600	60
Tabla N° 19: Características Modelo 7600SS	61
Tabla N° 20: Características del Modelo Floorcell 2456	62
Tabla N° 21: Características del Modelo Floorcell 2456	63

Tabla N° 22: Especificaciones técnicas de la celda de carga de 40 Kg	69
Tabla N° 23: Características de la Familia PIC18FXX	115
Tabla N° 24: Comparación con otros conversores análogos digitales HX711	117
Tabla N° 25: Características de una Celda de 40 Kg	119
Tabla N° 26: Especificaciones Técnicas del Pic18F4550	120
Tabla N° 27: Especificaciones Técnicas del microprocesador <i>Raspberry Pi 3B+</i>	121
Tabla N° 28: Especificaciones Técnicas del módulo conversor A/D HX711	122
Tabla N° 29: Especificaciones Técnicas del convertidor serial USB 2.0 A TTL RS485	123
Tabla N° 30: Características de un Motor Reductor	125
Tabla N° 31: Características de una Pantalla Táctil LCD Display 7" para <i>Raspberry Pi 3B+</i>	126
Tabla N° 32: Especificaciones Técnicas Módulo Conversor TTL a RS485 (Max485)	128
Tabla N° 33: Características del AC - DC Módulo (HLK-PM01)	129
Tabla N° 34: Especificaciones Técnicas de la regleta de 8 relays de 12v	130
Tabla N° 35: Tabla de linealización de la 1° Celda de carga	140
Tabla N° 36: Tabla de linealización de la 2° Celda de carga	141
Tabla N° 37: Pruebas a 10 animales de la Etapa 1	235
Tabla N° 38: Pruebas a 10 animales de la Etapa 2	236
Tabla N° 39: Pruebas a 10 animales de la Etapa 3	237
Tabla N° 40: Pruebas a 10 animales de la Etapa 4	238
Tabla N° 41: Pruebas a 10 marranas gestantes	239
Tabla N° 42: Costos de los componentes	241
Tabla N° 43: Costos e Inversión total del producto final Investigación	245

RESUMEN

En la presente tesis se muestra el diseño de un equipo electrónico capaz de identificar por colores y dosificar automáticamente los alimentos para porcinos. Este está orientado a dar solución a la dosificación de alimentos a efectos de llevar un control específico, contribuyendo con datos precisos y confiables, para el desarrollo de las granjas porcinas con tecnología innovadora en control electrónico; que impulse el potencial de la porcicultura y ayude a contrarrestar los efectos de una mortalidad de porcinos en nuestro país.

El diseño del equipo electrónico tiene un sistema que está basado en 5 etapas: etapa electrónica, etapa mecánica, etapa de identificación por colores, etapa de transmisión de datos y etapa de visualización de datos. El sistema desarrolla una tecnología de hardware y software diseñado para el control de la dosificación de las cuatro etapas del cerdo joven y de la marrana gestante.

Todo el sistema está implementado dentro de una computadora de placa reducida *RASPBERRY* Pi 3B+, controlada por medio de un microcontrolador PIC18F4550. El pesaje del animal se hizo a través de una celda de carga de 500 kg. Para la etapa mecánica se diseñaron cinco tornillos sin fin, cada uno lleva un motor reductor para la dosificación del alimento, la que será proporcionada por cada tornillo sin fin acorde al peso del animal. El peso de la comida dosificada se hizo a través de una celda de carga de 40 kg, la misma que cae dentro de un comedero. Para la etapa de identificación por colores se hizo uso de aretes que tienen un color específico de los 6 a utilizar. La identificación se hizo a través de una cámara web de marca Logitech FULL HD. Por último, se visualizan todos los datos a través de una pantalla de 7" en la que el usuario puede interactuar con el sistema.

Palabras Claves: dosificación, control, microcontrolador, motor reductor, tornillo sin fin e identificación.

ABSTRACT

This thesis shows the design of an electronic device capable of identifying by colors and automatically dosing pig food. This is aimed at solving food dosing in order to carry out specific control, contributing accurate and reliable data, for the development of pig farms with innovative electronic control technology; that boosts the potential of pig farming and helps to counteract the effects of pig mortality in our country.

The electronic equipment design has a system that is based on 5 stages: electronic stage, mechanical stage, color identification stage, data transmission stage and data visualization stage. The system develops a hardware and software technology designed for the dosing control of the four stages of the young pig and the pregnant pig.

The entire system is implemented within a RASPBERRY Pi 3B + reduced board computer, controlled by means of a PIC18F4550 microcontroller. The weighing of the animal was done through a 500 kg load cell. For the mechanical stage five endless screws were designed, each one has a reducing motor for the dosage of the food, which will be provided by each endless screw according to the weight of the animal. The weight of the dosed food was made through a 40 kg load cell, which falls into a feeder. For the color identification stage, earrings were used that have a specific color of the 6 to be used. The identification was made through a Logitech FULL HD brand webcam. Finally, all data is displayed through a 7" screen in which the user can interact with the system.

Keywords: dosage, control, microcontroller, reduction motor, worm and identification.

INTRODUCCIÓN

La industria porcina en el Perú tiene como problema principal el poco manejo en la crianza de los cerdos jóvenes y marranas gestantes; el cual, se basa en la cantidad de alimento que requiere, la poca visualización de los tatuajes que le ponen al animal para identificarlos, la cantidad del personal que se necesita para alimentar una granja, peso del animal y peso del alimento que requiera el porcino en cada etapa de su crecimiento.

El objetivo de la presente tesis es diseñar un equipo electrónico que pueda medir el peso del cerdo joven y de la marrana gestante, así como, dosificar el alimento que se les proporcionará en las distintas etapas de los cerdos jóvenes y a la marrana gestante primeriza. Para este estudio se utilizaron los conocimientos en circuitos electrónicos, procesamiento digital de imágenes (PDI) y arquitectura de computadoras, también se aplicó conocimiento de mecánica básica.

Finalmente, la estructura de la presente tesis está conformada de cinco capítulos. El capítulo I trata sobre el planteamiento del problema principal de la alimentación en los porcinos; tocando los siguientes puntos: objetivos, justificación, limitaciones, viabilidad y la importancia de la investigación. En el capítulo II consiste en conocer la clasificación de la producción científica y tecnológica en las áreas del conocimiento para relacionarlo o adaptarlo al planteamiento de la investigación. El capítulo III está conformado por los materiales, métodos y mecanismos que serán necesarios para resolver el planteamiento del problema. El capítulo IV se centra en el desarrollo del problema. En el capítulo V trata sobre las pruebas y resultados que se hicieron de manera directa e indirectamente para resolver el problema.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Situación problemática

1.1.1 Problemática de la industria de los porcinos

En la industria de la crianza de los porcinos a nivel nacional, aún no se ha desarrollado el mejoramiento del desarrollo y producción de carne de cerdo. En el mercado peruano de porcinos, existe una diversidad de razas entre las cuales tenemos: Landrace, Yorkshire, Hampshire, Duroc y Pietrain.

Uno de los problemas más grandes de la industria de porcinos en Latinoamérica, es la inversión económica que se realiza en la alimentación, mano de obra, entre otros. La crianza porcina se ve afectada en un 71.0% por el alto costo del alimento y en un 8.3% por el costo de mano de obra (ver Figura N° 1).

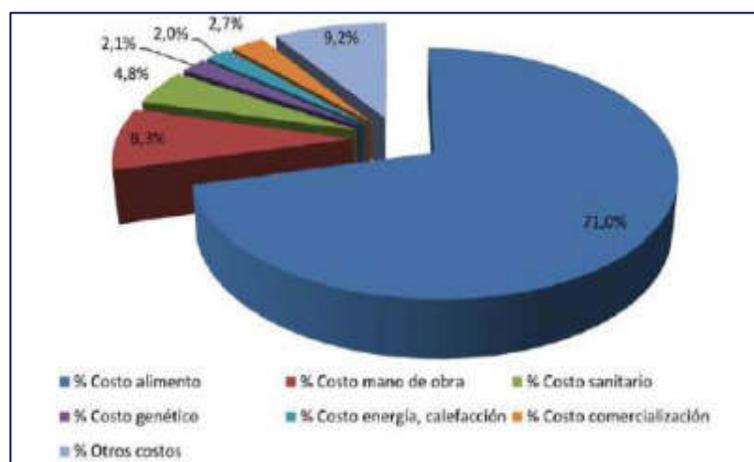


Figura N° 1: Distribución de Costos de Producción Latinoamericana

Fuente: Wilson Pineda. Benchmark LATAM. "Análisis de la industria porcina Latinoamérica". PIC España. 2014. pág. 28.

El costo del alimento y la mano de obra continúan siendo los dos componentes más importantes del costo total de producción, ya que ambos representan casi el 80% del costo total invertido en la crianza de porcinos (Figura N° 2).

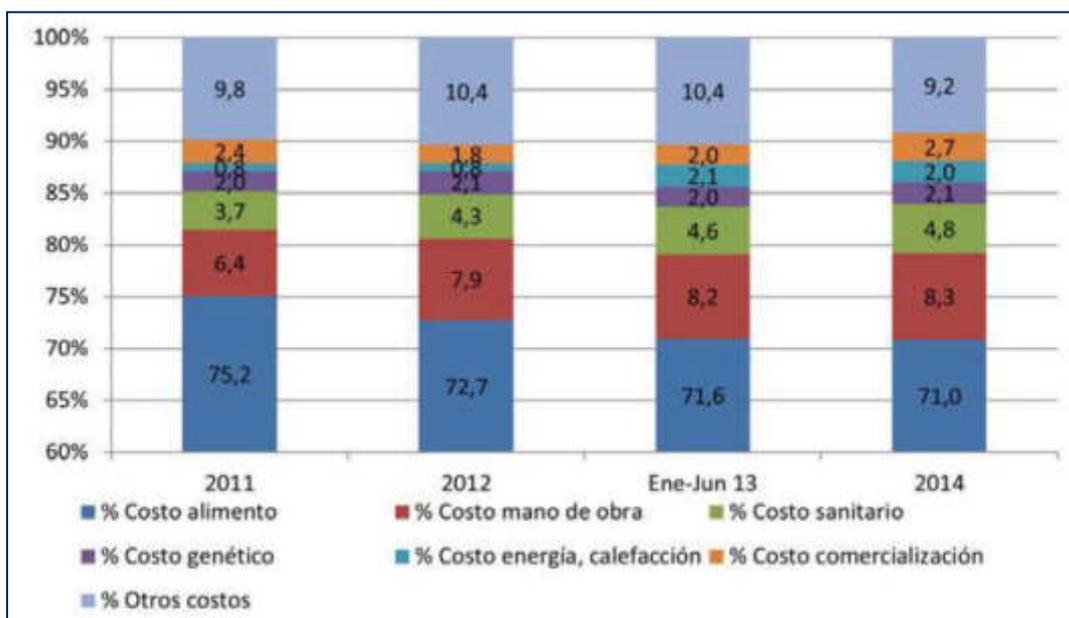


Figura N° 2: Distribución de Costos Latinoamérica

Fuente: Wilson Pineda. Benchmark LATAM. “Análisis de la industria porcina Latinoamérica”. PIC España. 2014. pág. 29

La alimentación eficiente de los cerdos es una de las prácticas más importantes, ya que de ella depende no solo el rendimiento productivo de los cerdos, sino también la rentabilidad de la porqueriza. La alimentación representa entre un 71% a 75% del costo total de producción. Por esta razón es importante conocer conceptos importantes relacionados con la alimentación eficiente de los cerdos, así como de los factores que pueden afectar el uso eficiente de un programa de alimentación. (Wilson Pineda Benchmark, 2014)

La alimentación representa entre un 80% a un 85% del costo total de la producción. Por este motivo es bueno que los poricultores conozcan todos los conceptos relacionados a la alimentación y que factores podrían afectar a dicho concepto. (Dr. Carlos Campabadal PhD., 2009)

En la crianza de los cerdos hay una determinada práctica en la alimentación, donde se necesita una cantidad de nutrientes para cumplir una eficiente función en la producción y crianza de los porcinos. La utilización de fases

en la crianza crea un efecto positivo en la alimentación y en la parte económica, ya que no se desperdicia alimentos ni nutrientes en el rendimiento de los porcinos, con el cual se crea una consecuente positiva en la rentabilidad económica. (Dr. Carlos Campabadal PhD., 2009)

En resumen, la productibilidad y rentabilidad de una granja porcina dependerá de una serie de factores nutricionales, del manejo reproductivo, conceptos que deberán manejarse como un conjunto para poder tener éxito en la porqueriza.

En el Perú la producción de carne de cerdo fue de 240,000 toneladas en el 2018 y crecerá 5% en el 2019 (252,000 toneladas), señala la gerente general de la Asoporci, Ana María Trelles, quien considera que este excedente en la oferta podrá cubrir la demanda de los importadores. (Diario Gestión, 2019)

Alrededor del 29% de estos animales se ubican en la parte central del país, el departamento de Lima es el principal productor con 15.4% del total de porcinos a nivel nacional. Esto se debe a la gran disponibilidad de residuos de alimentos de restaurantes y desperdicios de los mercados de abastos, que constituye una importante fuente para los porcinos y también por su gran cercanía al gran mercado consumidor que es la gran Lima (MINAG, 2013). En la Figura N° 1 se muestra la producción de carne de cerdo en Latinoamérica durante el 2012 (PIC España. 2014).

En las Tablas N° 1, 2, 3 y 4, se muestran los costos de producción de porcinos en Latinoamérica al año 2014, Costos de producción de porcinos en Latinoamérica durante enero - junio 2014, Porcinos por región, 2014 (miles de unidades) y la Producción de porcino vivo por región, 2014 (toneladas) respectivamente.

Con los datos mostrados en las tablas mencionadas se afirma la importancia en la investigación para la reducción de gastos de producción en Latinoamérica y Perú.

Tabla N° 1: Costos de producción de porcinos en Latinoamérica - 2014

		Argentina	Bolivia	Brasil	Chile	Colombia	Ecuador	México	Perú	Venezuela	Suma
Hembras tecnificadas		180,000	26,000	1,680,000	205,380	148,000	25,000	965,841	50,000	137,500	3,417,721
COSTO DE PRODUCCIÓN (Moneda Local)											
											Promedio
Costo lechón destetado		210	203.6	77.3	16,886	102,553.80	38.3	638.2	---	---	6,017.0
Costo Total/kg. a venta		9	11.3	3.1	746.0	3,757.5	1.9	22.2	4.6	---	225.1
% Costo alimento	%	67.5%	70.6%	72.0%	71.0%	71.5%	72.4%	69.4%	74.0%	---	70.9%
% Costo mano de obra	%	13%	9.0%	10.7%	7.7%	5.1%	6.5%	10.0%	4.5%	---	10.0%
% Costo sanitario	%	6.5%	5.9%	4.7%	3.9%	6.8%	2.9%	5.0%	2.8%	---	4.9%
% Costo genético	%	2%	3.8%	2.5%	1.6%	2.4%	0.5%	1.5%	2.5%	---	2.1%
% Costo energía, calefacción	%	3.5%	1.1%	---	3.8%	---	1.0%	2.7%	0.2%	---	2.8%
% Costo comercialización	%	5%	0.2%	1.7%	5.0%	3.8%	1.8%	0.8%	3.5%	---	1.9%
% Otros costos	%	2.5%	9.4%	8.5%	7.8%	7.9%	14.9%	11.8%	10.9%	---	9.2%
COSTO DEL ALIMENTO INSUMOS (Moneda local/ton)											
Maíz (puesto en planta)		1,198.0	1,791.20	461.9	140,470	588,740	387	3,072	841	---	35,122.8
Sorgo (puesto en planta)		---	11,870.50	---	---	584,011	---	2,963	---	---	78,368
Soya (puesto en planta)		2,636.7	---	1,112.50	312,461	1,176,190	559	8,020	1,533	---	72,709.0
COSTO DE ALIMENTO DIETAS (Moneda local/ton)											
Fase 1		10,824.3	13,264.5	2,312.80	714,299.90	21,572,983	1,381	14,613	3,024	19,418.3	143,115.5
Fase 2		8,074.0	10,932.8	1,636.90	500,591.30	1,849,170	908	11,619	2,408	19,231.7	115,570.0
Fase 3		4,948.3	6,326.8	862.5	294,178.70	1,405,150	640	6,863	1,806	14,891.7	81,828.6
Fase 4		2,471.7	4,488.6	---	231,974.70	---	---	6,385	1,406	12,189.2	35,864.3
Desarrollo 1		2,155.0	2,558.4	---	196,723.30	1,159,823	529	6,163	---	7,982.5	130,101
Desarrollo 2		1,980.0	2,495.0	664.0	188,032.80	1,085,648	483	5,983	---	7,814.2	61,673
Engorde 1		1,840.0	2,253.9	---	167,229.30	1,048,288	502	5,212	1,316	7,550.8	112,810
Engorde Final		1,728.3	2,234.5	620.0	159,220.00	1,081,248	521	5,874	1,369	7,462.5	58,787
Gestación		1,993.3	2,081.7	631.4	162,231.40	923,430	452	4,398	1,224	7,002.5	51,714
Lactancia		2,348.3	2,986.1	802.0	217,079.50	1,028,165	465	6,012	1,526	8,551.7	60,178

Fuente: Wilson Pineda. Benchmark LATAM. "Análisis de la industria porcina Latinoamérica". PIC España. 2014. págs. 32-33.

Tabla N° 2: Costos de producción de porcinos en Latinoamérica durante Enero - Junio 2014

DATOS BENCHMARK ENERO - JUNIO 2014		Argentina	Bolivia	Brasil	Chile	Colombia	Ecuador	México	Perú	Venezuela	Suma
Tipos de Cambio / USD		7,85	6,96	2,3	523,8	1913,47	1,00	13,10	2,80	6,30	121,74
Hembras Tecnicadas		180,000	26,000	1,680,000	205,380	148,000	25,000	965,841	50,000	132,000	3,412,221
COSTO DE PRODUCCIÓN (S/kg)											Promedio
Costo lechon destetado	USD	26,7	29,3	33,6	30,5	53,6	38,3	48,7	---	---	36,9
Costo Total/kg. a venta	USD	1,17	1,6	1,3	1,3	1,96	1,85	1,7	1,64	---	1,48
% Costo alimento	%	67,5%	70,6%	72,0%	71,0%	71,5%	72,40%	69,4%	74,0%	---	71,0%
% Costo mano de obra	%	13%	9,0%	10,7%	7,7%	5,1%	6,50%	10,0%	4,5%	---	8,3%
% Costo sanitario	%	6,5%	5,9%	4,7%	3,9%	6,8%	2,90%	5,0%	2,8%	---	4,8%
% Costo genético	%	2,0%	3,8%	2,5%	1,6%	2,4%	0,50%	1,5%	2,5%	---	2,1%
% Costo energía, calefacción	%	3,5%	1,1%	---	3,8%	---	1,00%	2,7%	0,2%	---	2,0%
% Costo comercialización	%	5,0%	0,2%	1,7%	5,0%	3,8%	1,80%	0,8%	3,5%	---	2,7%
% Otros costos	%	2,5%	9,4%	8,5%	7,8%	7,9%	14,90%	11,8%	10,9%	---	9,2%
COSTO DEL ALIMENTO INSUMOS (Moneda local/ton)											
Maiz (puesto en planta) US Dólar / tan	USD	152,6	257,4	200,8	253,6	307,7	387,3	234,5	300,4	---	210,8
Sorgo (puesto en planta) US Dólar / ta	USD	---	---	---	---	305,2	---	226,2	---	---	236,7
Soya (puesto en planta) US Dólar / tan	USD	335,9	383,7	483,7	564,2	614,7	559,2	612,2	547,4	---	504
COSTO DE ALIMENTO DIETAS (Moneda local/ton)											
Fase 1	USD	1,378,9	1,905,8	1,005,60	1,289,8	1,127,40	1,381,10	1,115,50	1,080,00	3,082,28	1,172,90
Fase 2	USD	1,028,5	1,570,8	711,70	903,9	966,4	907,8	887,0	860,0	3,052,65	904,8
Fase 3	USD	630,4	908,9	375	531,2	734,3	639,8	523,9	645,0	2,363,76	545,4
Fase 4	USD	314,9	644,9	---	418,9	---	---	487,4	502,0	1,934,79	588,83
Desarrollo 1	USD	274,5	367,6	---	355,2	606,1	528,5	470,5	---	1,267,06	511,63
Desarrollo 2	USD	252,2	358,5	323,8	339,5	567,4	483,4	456,7	---	1,240,34	391,12
Engorde 1	USD	234,4	323,8	---	302,0	547,8	502	397,8	470,0	1,198,54	448,18
Engorde Final	USD	220,2	321,0	321,0	---	565,1	521	448,4	489,0	1,184,52	379,13
Gestación	USD	253,9	299,1	299,1	292,9	482,6	452,2	335,8	437,0	1,111,51	338,4
Lactancia	USD	299,2	429,0	429,0	392,0	537,3	564,6	458,9	545,0	1,357,41	433,7

Fuente: Wilson Pineda. Benchmark LATAM. "Análisis de la industria porcina Latinoamérica". PIC España. 2014. págs. 32-33.

Tabla N° 3: Porcinos por región, 2014 (miles de unidades)

Región	ene - dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	oct	nov	dic
Total Nacional	2629,6	206,6	205,2	208,4	213,8	223,0	220,0	232,4	222,8	217,8	217,0	215,7	246,9
Amazonas	29,1	2,4	2,2	2,3	2,2	2,3	2,5	2,4	2,3	2,4	2,7	2,3	3,0
Ancash	36,2	2,7	2,7	2,9	2,9	3,1	3,0	3,2	3,2	3,0	3,2	3,2	3,1
Apurimac	68,5	5,7	5,7	5,5	5,6	5,8	5,3	5,5	5,7	5,9	5,9	5,9	6,0
Arequipa	153,2	12,5	12,3	12,7	12,7	13,9	12,6	13,2	12,5	12,3	12,6	12,4	13,5
Ayacucho	53,1	3,8	3,9	4,7	4,8	4,9	4,8	5,3	4,8	3,9	3,6	4,0	4,8
Cajamarca	148,4	11,8	11,6	12,4	11,9	12,1	12,2	12,4	12,3	12,4	12,6	12,8	13,8
Cuzco	112,9	9,4	9,6	9,0	9,9	9,0	9,4	9,2	9,8	9,3	9,7	9,4	9,3
Huancavelica	38,6	3,1	3,2	3,2	3,2	3,4	3,2	3,3	3,3	3,2	3,2	3,1	3,2
Huánuco	178,3	11,4	11,3	13,2	14,8	16,3	15,1	18,3	15,7	15,6	15,0	14,6	17,0
Ica	41,2	3,2	3,0	3,8	3,8	3,2	3,3	3,9	3,9	3,3	3,0	2,8	4,0
Junín	83,1	6,5	6,2	6,5	6,5	6,7	6,9	7,1	7,0	7,1	7,2	7,4	8,1
La Libertad	234,5	19,2	18,4	19,3	19,3	19,8	20,1	20,9	20,5	19,9	19,9	18,7	19,4
Lambayeque	34,1	3,0	2,9	2,8	2,8	2,9	2,8	2,9	2,9	3,0	2,8	2,6	2,7
Lima	394,5	33,1	32,6	32,4	32,4	32,0	31,6	33,0	32,7	32,0	32,1	32,7	37,8
Lima Metropolitana	517,9	42,3	40,1	39,4	39,3	42,4	41,3	43,5	41,4	42,5	43,3	44,1	58,9
Callao	17,3	1,3	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4	1,5	1,7	1,7
Loreto	50,9	3,9	3,8	4,5	4,5	4,1	4,2	4,2	4,5	4,2	4,6	4,3	4,5
Madre de Dios	7,9	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,6	0,7	0,7	0,8	0,7	0,7	0,7
Moquegua	12,9	1,1	1,1	1,0	1,0	1,2	1,0	1,2	1,1	1,0	1,0	1,0	1,2
Pasco	54,7	4,1	4,0	4,6	4,6	5,6	5,4	5,6	4,6	4,9	3,9	3,5	4,5
Piura	120,1	9,4	9,2	9,4	9,4	11,0	11,6	13,0	11,2	8,9	8,0	8,6	10,0
Puno	80,2	4,7	5,9	7,7	7,7	8,1	8,7	8,5	7,2	6,9	5,8	5,6	5,4
San Martín	55,4	3,6	4,7	3,8	3,8	4,5	4,3	5,1	4,8	4,8	4,9	4,9	5,0
Tacna	59,7	5,0	5,2	5,0	5,0	4,8	4,9	4,9	4,9	4,9	5,0	5,0	5,1
Tumbes	21,6	1,0	1,6	1,6	1,6	1,6	1,7	1,9	2,1	2,2	2,5	2,4	1,9
Ucayali	25,4	2,0	2,0	2,1	2,1	2,1	2,1	2,2	2,1	2,1	2,1	2,1	2,4

Fuente: Mirian Fuentes Vergaray. Dirección General de Políticas Agrarias. "Producción Pecuaria y Avícola". PIC Lima - Perú. 2015. págs. 44-45.

Tabla N° 4: PERÚ: Producción de porcino vivo por región, 2014 (toneladas)

Región	ene - dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	oct	nov	dic
Total Nacional	180 520	14 408	14 102	14 230	14 497	15 133	15 061	15 820	15 227	14 926	14 925	14 891	17 299
Amazonas	2 067	168	159	165	158	167	186	172	168	178	168	174	204
Ancash	1 586	130	130	130	131	132	132	133	168	133	134	138	135
Apurímac	4 149	329	318	315	327	346	341	349	133	360	365	363	379
Arequipa	11 457	924	915	932	932	945	937	962	357	969	986	970	1 000
Ayacucho	3 002	203	221	262	270	282	271	308	983	220	205	221	263
Cajamarca	7 974	652	618	672	649	659	644	677	276	672	668	700	735
Cuzco	5 898	475	488	514	507	501	512	484	629	471	509	454	484
Huancavelica	1 746	139	143	146	144	153	147	148	500	145	144	139	147
Huánuco	7 661	498	483	564	636	688	650	778	151	674	647	617	733
Ica	3 352	277	253	276	286	267	281	316	692	281	246	238	334
Junín	4 638	358	339	360	362	374	383	400	297	400	404	412	457
La Libertad	18 806	1 580	1 484	1 473	1 516	1 600	1 628	1 662	389	1 605	1 572	1 493	1 551
Lambayeque	18 806	176	164	159	163	168	166	169	1 643	172	162	152	156
Lima	1 981	2 741	2 684	2 689	2 691	3 652	2 626	2 747	174	2 677	2 746	2 785	3 206
Lima Metropolitana	32 952	3 677	3 461	3 315	3 364	3 640	3 537	3 756	2 707	3 636	3 719	3 780	5 096
Callao	44 528	111	119	128	122	115	112	111	3 547	113	128	130	129
Loreto	1 436	246	251	245	276	251	258	272	118	265	262	266	278
Madre de Dios	401	27	29	30	30	35	30	37	291	37	35	35	41
Moquegua	758	66	66	62	59	71	58	68	35	59	59	59	68
Pasco	2 503	192	202	190	203	250	246	248	62	200	187	167	213
Piura	7 535	592	546	631	615	705	748	827	206	530	484	518	605
Puno	3 504	198	255	252	348	369	394	377	734	300	240	233	221
San Martín	3 533	239	301	308	260	276	274	319	317	308	313	315	310
Tacna	3 263	236	266	242	244	279	278	274	311	284	291	294	304
Tumbes	1 102	54	88	52	77	81	92	96	108	109	125	116	104
Ucayali	1 526	121	121	118	125	129	128	130	126	127	128	128	145

Fuente: Mirian Fuentes Vergaray. Dirección General de Políticas Agrarias. “Producción Pecuaria y Avícola”. PIC Lima - Perú. 2015. págs. 44-45.

En la Facultad de Zootecnia de la Universidad Nacional Agraria de la Molina (UNALM), dentro de la unidad experimental de porcinos, tienen el mismo problema de gastos, lo que afecta el desarrollo y producción de porcinos; ya que emplean un método tradicional para estimar el peso de la comida.

Al visitar las instalaciones de la unidad experimental de porcinos se dialogó con la Ing. Zootecnista Carmen Álvarez. En la charla, mencionó la necesidad de automatizar la dosificación de los cerdos jóvenes y de las marranas gestantes, para reducir los costos de producción; puesto que es donde más se invierte.

Se da el caso en que el monitoreo de los corrales de estos animales está a cargo de estudiantes, practicantes y/o trabajadores quienes realizan las labores de alimentación y cuidado en general.

Los porcinos se encuentran separados en diferentes áreas, clasificados por etapas de desarrollo, los cuales son:

- Marranas gestantes
- Adultos
- Lechones destetados

En la etapa de los lechones destetados se aprovecha la alimentación más eficientemente que en la de los lechones recién nacidos. Para entender el problema económico que tuvo que afrontar la unidad experimental de porcinos se tomará en cuenta:

1. Pagar un personal con sueldo mínimo de S/ 930.00 soles mensuales, implica que se le estaría pagando alrededor de ^{s/} 30.00 aproximadamente por día a cada trabajador. El personal encargado fue de 9 a 11 personas aproximadamente.
2. Afecta el tiempo debido a que el trabajador debe mover desde el almacén de alimentos los sacos que corresponden a la etapa de consumo de los cerdos jóvenes y de las marranas gestantes. Esto le

tomaría un tiempo de 30 a 40 minutos. Repitiendo este proceso tres veces al día, con lo cual da un total de 1 hora, solo en dar de comer a los animales.

3. En el caso particular de lechones, se observó también una clara falta de reconocimiento individualizado para un adecuado control en la ración de los alimentos. Actualmente, los lechones de piel clara son clasificados con unos tatuajes y los de piel oscura usan un arete; en las dos situaciones resulta poco eficiente su uso, porque en el caso de los tatuajes, estos se deterioran con gran facilidad por el material empleado y se pierde la visibilidad por la ubicación, mientras que con los aretes el diseño es inapropiado.
4. En el consumo alimenticio debido a la mala clasificación que ellos efectúan puede ser que la ración proporcionada no sea la adecuada al momento de elegir el saco que le corresponde, de acuerdo a su etapa de desarrollo (Tabla N° 6). Esta situación generó que se tenga un mal manejo de la información de la cantidad de lechones y poco control en su dieta alimenticia.
5. En la granja porcina, lo recomendable es que consuman el alimento durante todo el día (mañana y tarde). En algunos casos se consume todo en una mañana, por ese motivo el consumo del alimento no sería beneficioso, porque internamente estarían usando sus reservas corporales para generar energía y no para ganar peso.
6. El alimento que deja el animal no podría ser utilizado, ya que este está sucio y/o contaminado por el ambiente. Esta mala práctica alimenticia en algunos casos podría afectar la salud de los lechones provocando un desbalance nutricional; además de enfermedades e infecciones bacterianas (*escherichia coli*), hasta un daño en su sistema digestivo, afectando su desarrollo y a la producción de carne de cerdo, debido a una dieta inadecuada.



Figura N° 3: Alimentación de las marranas gestantes

Fuente: <http://www.actualidadporcina.com/articulos/estimacion-de-requerimientos-nutricionales-para-cerdos-usando-los-modelos-del-nrc-2012.html>

Es por este deficiente problema que el personal termina por hacer un inadecuado manejo de los recursos alimenticios, que conlleva a que se produzca un gasto innecesario en los insumos de alimentos de la Unidad Experimental de Porcinos, llegando así hasta a un 75% en exceso de inversión del presupuesto que se maneja, provocando que el producto eleve su costo al consumidor.

En las Tabla N° 5, 6, 7 y 8 se observan la relación de días por etapa del cerdo joven, la relación de cantidad de alimento por etapa diaria de relación de peso: Edad (Serie 300 X Cambrough - 29) y gasto diario por etapas de los cerdos jóvenes, respectivamente.

Tabla N° 5: Relación de días por etapa del cerdo joven

Etapa	Total días
1ra etapa	7 días
2da etapa	5 días
3ra etapa	21 días
4ta etapa	17 días

Fuente: UNALM – Facultad de Zootecnia – Unidad experimental de porcinos

Tabla N° 6: Relación de cantidad de alimento por etapa del cerdo joven

Etapa	Cantidad de Alimento
1° etapa	0.3 kg. /día
2° etapa	0.6 kg. /día
3° etapa	2 – 2.5 kg. /día
4° etapa	3 – 3.5 kg. /día

Fuente: UNALM – Facultad de Zootecnia – Unidad experimental de porcinos

Tabla N° 7: Diaria de Relación Peso: Edad (Serie 300 X Cambrough - 29)

Días	Kilos	Días	Kilos	Días	Kilos	Días	Kilos
21	6,1	34	10,7	47	16,3	60	23,5
22	6,4	35	11,1	48	16,8	61	24,1
23	6,7	36	11,5	49	17,3	62	24,7
24	7,0	37	11,9	50	17,8	63	25,4
25	7,4	38	12,3	51	18,3	64	26,0
26	7,7	39	12,7	52	18,9	65	26,7
27	8,1	40	13,1	53	19,4	66	27,3
28	8,4	41	13,5	54	20,0	67	28,0
29	8,8	42	14,0	55	20,5	68	28,7
30	9,2	43	14,5	56	21,1	69	29,4
31	9,5	44	14,9	57	21,7	70	30,1
32	9,9	45	15,4	58	22,3		
33	10,3	46	15,8	59	22,9		

Fuente: UNALM – Facultad de Zootecnia – Unidad experimental de porcinos

Tabla N° 8: Gasto diario por etapas de los cerdos jóvenes

Etapas	Costo por Etapa	Cant. de Cerdos Jóvenes	Tipo de Cambio	Precio (S/)
1°	\$ 19.81	25	3.28	S/ 1,624.42
2°	\$ 25.53	25	3.28	S/ 2,093.46
3°	\$ 32.43	25	3.28	S/ 2,659.26
4°	\$ 34.59	25	3.28	S/ 2,836.38
Total				S/ 9,213.52

Fuente: UNALM – Facultad de Zootecnia – Unidad experimental de porcinos

En la Figura N° 4 se muestra la relación de los días vs los kilos durante las 4 etapas del cerdo joven.

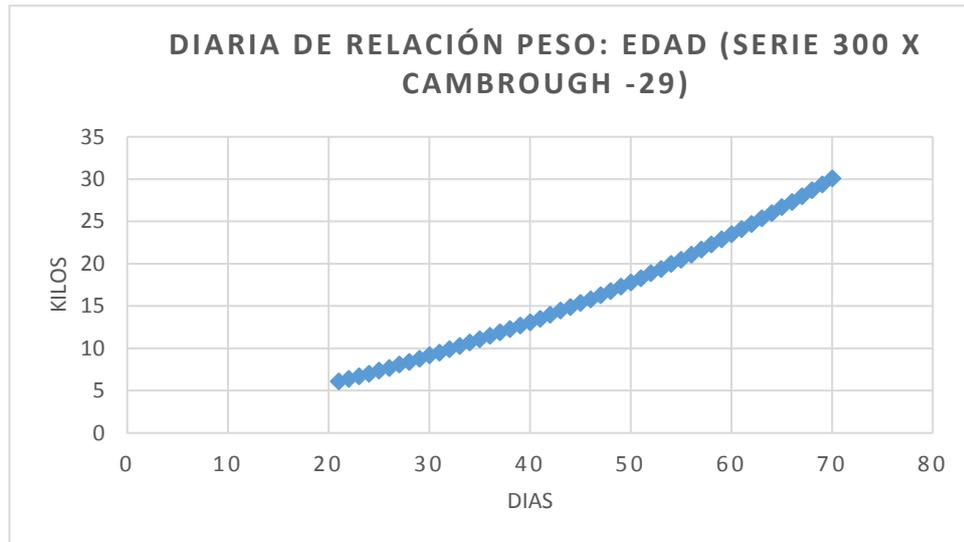


Figura N° 4: Días vs Kilos durante las 4 etapas del cerdo joven

Fuente: UNALM – Facultad de Zootecnia – Unidad experimental de porcinos

Al sumar los costos por etapa (Figura N° 5), se observa que el precio final a invertir en el alimento es de S/ 9,213.52 soles, este costo solo es de lechones jóvenes. Si se suma el pago al personal que sería aproximadamente de S/ 8,370.00 soles, se estima entonces un costo total de S/ 17,583.52 soles. Esta inversión se hace efectiva entre 3 a 5 meses de alimentación.

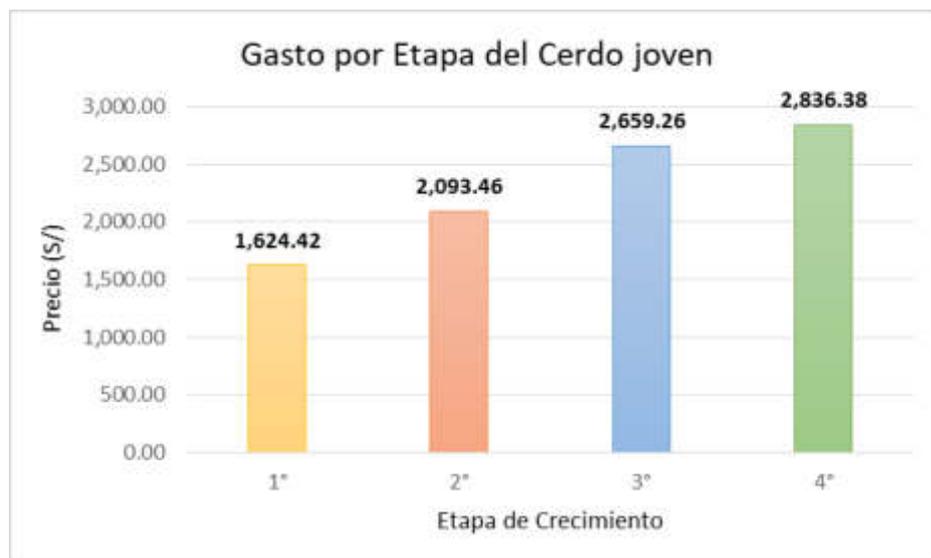


Figura N° 5: Gasto realizado en las 4 etapas del cerdo joven

Fuente: UNALM – Facultad de Zootecnia – Unidad experimental de porcinos

1.1.2 La situación de la inadecuada alimentación

Las marranas gestantes adultas tienen que suplir una alimentación balanceada que requiera los nutrientes para optimizar la producción. Una alimentación a escala produce una afectación en el rendimiento de la marrana durante el proceso del parto, ya que la marrana sufre un desbalance de sus reservas corporales. Las granjas porcinas que tengan una deficiencia alimentaria durante la gestación de la marrana, puede ocasionar una pérdida mayor al 50% resultando el parto por marrana de 2.5 a 3.5. (Ing. Joaquín A. Paulino, 2006)



Figura N° 6: Marrana en gestación

Fuente: <https://www.engormix.com/porcicultura/articulos/alimentacion-cerda-gestante-t26631.htm>

El desbalance alimenticio durante el periodo de gestación produce un efecto negativo. Las marranas que sufren una mala alimentación durante la gestación, llevándolas al sobrepeso, presentan una mayor mortalidad embrionaria; la cual, produce una menor camada que las marranas alimentadas correctamente; haciéndolas que sufran de depresión en el posparto, por ese motivo dejan de consumir alimento durante la lactancia de los lechones, los cuales sufren una mayor pérdida de peso y grasa corporal.

Es positivo desarrollar un patrón alimenticio para optimizar los objetivos durante el proceso de gestación de las marranas gestantes. En la actualidad, existen programas de alimentación acorde al peso de la marrana y de los niveles de grasa corporal. Por ejemplo, el ahorro del alimento en un aproximado de 60 kg al año por marrana.

Durante el parto se verifica que la marrana cuente con una mayor cantidad de grasa corporal entre 17 a 21 mm. Las marranas tendrán un menor porcentaje de grasa corporal al momento de parir.

Tabla N° 9: Aporte de alimentos para cerdas gestantes (0 - 100 días)

Condición Corporal	Peso estimado en la cubrición (Kg.)	Nivel de grasa dorsal en la cubrición(mm en P2)			
		11-dic	13- 14	15- 16	17-18
Flaca	115- 150	2.5	2.2	2.1	1.9
Media	150 –175	2.4	2.3	2.2	2.1
Gorda	175-200	2.6	2.5	2.4	2.3
Muy Gorda	200- 225	2.8	2.7	2.6	2.4

Fuente: <https://www.engormix.com/porcicultura/articulos/alimentacion-cerda-gestante-t26631.htm>

Durante el proceso de gestación de una marrana, es necesario que requiera:

- Un suplemento alimenticio de 1.0 a 1.5 Kg. / día desde el día 100 de gestación hasta el día del parto.
- El aumento alimenticio del suplemento no afectará a la marrana con problemas como: mamitis, metritis o agalaxia (MMA).
- Este suplemento no afecta el peso de los lechones al nacer; por lo tanto, disminuye la pérdida de grasa corporal en los últimos 10 días de gestación.
- Mejora el consumo alimenticio en el proceso de lactancia, llegando en mejores condiciones al destete.

Es admisible que las marranas primerizas (primíparas) no deberían llegar alimentarse con más de 1.8 a 2.2 Kg / día durante los 2 o 3 primeros días poscubrimiento.

Las marranas con menos de 12mm de grasa corporal, es recomendable separarlas en corrales individuales para alimentarlas según las necesidades que requieran.

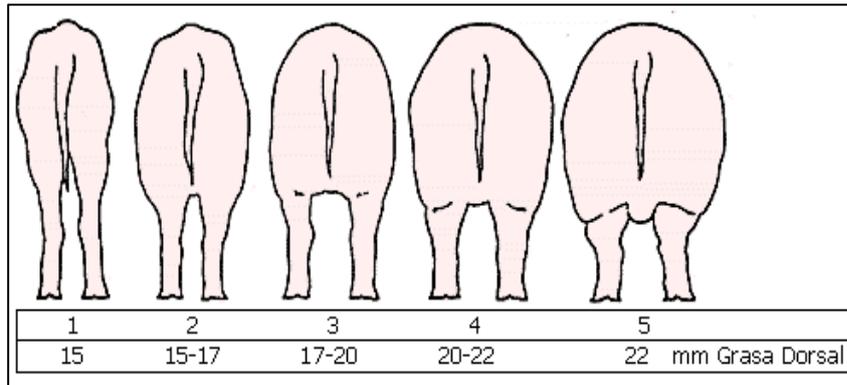


Figura N° 7: Medidas de la condición corporal de las cerdas (*Body Condition Score*)

Fuente: <https://www.engormix.com/porcicultura/articulos/alimentacion-cerda-gestante-t26631.htm>

Para marranas de bajas condiciones físicas, es favorable que sean alimentadas de la forma más rápida para recuperar su condición física. Esto permite superar el llamado descenso de la segunda camada. (Paulino, 2006)

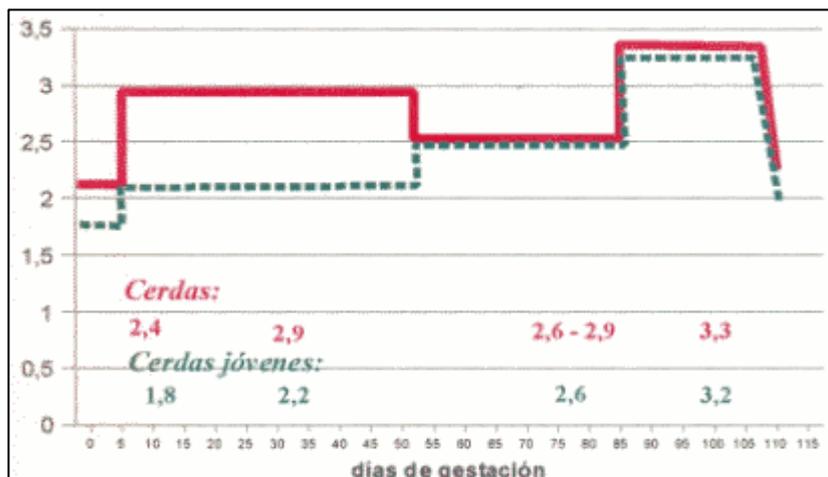


Figura N° 8: Esquema de alimentación para cerdas gestantes (adultas y jóvenes)

Fuente: <https://www.engormix.com/porcicultura/articulos/alimentacion-cerda-gestante-t26631.htm>

1.1.2.1 Alimentación de las marranas jóvenes

Debido a las necesidades de inseminación, cada vez es más frecuente utilizar marranas jóvenes. Un método mejor es utilizar las marranas jóvenes según su edad, peso y grosor de la grasa dorsal. Con este método puede aumentarse la producción de lechones de las marranas.

Tabla N° 1: Condiciones sugerida para cerdas primeriza

Edad	220 - 230 días
Peso Corporal	130 - 140 kg
Grasa Corporal	16 - 20 kg
Monta	2° o 3° celo

Fuente: <https://www.engormix.com/porcicultura/articulos/alimentacion-cerda-gestante-t26631.htm>

Se sabe que el programa de alimentación de las marranas gestantes, únicamente puede ser evaluado por estado de carne; una marrana en mal estado de carne (gorda o delgada), tiene los siguientes problemas: (Paulino, 2006)

- Retraso en la salida en celo
- Ausencia de celo
- Repeticiones de celo
- Poco nacidos vivos
- Lechones poco viables
- Alta mortalidad al nacimiento
- Mamitis
- Metritis
- Menor vida útil
- Menor productividad

Tabla N° 2: Registro de pesos por parto datos aportados por empresa genética (kg)

Nº. Partos	Cubrición	Parto
1	130	200
2	170	220
3	190	230
4	210	240
5	220	245
6	230	250
7	235	255
8	240	260

Fuente: <https://www.engormix.com/porcicultura/articulos/alimentacion-cerda-gestante-t26631.htm>

Tabla N° 3: Pesos de comida de las marranas gestantes

# partos	Peso de las marranas kg	Peso de alimento
1	180 kg	2.5 kg /d
2 a 3	220 o 230 kg	2 kg/d
4 a (+)	250 kg	1.8 a 2 kg/d

Fuente: Facultad de Zootecnia – Universidad Nacional Agraria La Molina

1.2 Definición del problema

La alta mortalidad en el nacimiento de los cerdos con lo cual existe un ineficiente método para la dosificación y control en la alimentación de las marranas gestantes y cerdos jóvenes.

1.3 Objetivos generales y específicos

1.3.1 Objetivo general

Desarrollar un equipo electrónico orientado a la identificación por colores y dosificación y automática de alimentos para marranas gestantes y cerdos jóvenes, con un grado de error en la medición de peso no mayor a 0.2% y un 100% de precisión de identificación de los animales.

1.3.2 Objetivos específicos

- Estudiar y analizar los procesos de dosificación, sus rangos y su tiempo en función del peso de los cerdos jóvenes y de las marranas gestantes.
- Desarrollar una estructura que permita la correcta identificación y pesaje del animal y su correspondiente dosificación de alimento.
- Desarrollar un software basado en computador de placa reducida orientado a procesar la información proveniente de la red de sensores que soporte la implementación del algoritmo de identificación del animal.
- Establecer una eficiente clasificación de los cerdos jóvenes,

empleando procesamiento digital de imágenes (PDI) con una precisión del 100%.

- Validar el equipo desarrollado en base a las mediciones obtenidas en el peso del animal, dosificación del alimento y en la identificación del animal.

1.4 Importancia de la Investigación

Debido a la escasa implementación de equipos que dosifiquen la alimentación correcta de acuerdo a su peso y puedan lograr la identificación del animal, para un mejor control durante el periodo de crecimiento en las etapas de los cerdos jóvenes y también durante el proceso de gestación de las marranas, antes y después de quedar preñada, el diseño propuesto ayuda a contribuir con un mejor proceso en la crianza de los cerdos jóvenes y de las marranas gestantes.

1.5 Justificación

La solución propuesta resuelve la situación problemática planteada debido a que permitirá:

1.5.1 Justificación Tecnológica

- La importancia de este diseño es la innovación tecnológica para mejorar los procesos de dosificación y control del peso del porcino en cualquiera de sus cuatro etapas de los cerdos jóvenes y de las marranas gestantes.
- Se puede llevar un control de identificación a través de procesamiento digital de imágenes (PDI) para poder así tener una base de datos del proceso de alimentación durante el periodo de crecimiento en los cerdos jóvenes o para en proceso de gestación de la marrana.

1.5.2 Justificación económica

- Este diseño puede estimar en reducir los costos en la producción

porcina, donde se ve más afectada en un 71 %, este porcentaje es debido a que el dinero es destinado a los alimentos de los cerdos jóvenes y a las marranas gestantes.

- El costo del alimento y la mano de obra continúan siendo los dos factores más importantes del costo total de producción, ya que ambos factores representan el 80% del costo total, con lo cual se reduce significativamente con este diseño, visualizándose que la dosificación de alimento sea más exacta.

1.5.3 Justificación medio ambiental

- Una razón de gran interés es que la porcicultura en el Perú deba contar con herramientas eficaces y tecnológicas (electrónica); por eso, el sistema planteado busca convertirse en un aporte al mejoramiento del sector porcino; por lo tanto, este diseño está enfocado en brindar ayuda para una mejora en las condiciones actuales de la producción.

1.5.4 Justificación social

- El diseño busca minimizar la tasa de mortalidad de los cerdos jóvenes significativamente, para eso es dable tener un proceso de mejor tecnificación durante la producción desde un inicio hasta el final.
- El diseño tendría como premisa establecer en las granjas de porcinos una mayor cultura en el control alimenticio, para regular la dosificación de alimento; ya que en la actualidad la demanda mundial de carne va en aumento.

1.6 Limitaciones

- El diseño de este prototipo está basado para que trabaje en un ambiente real donde se pueda controlar la dosificación de alimento que se les brinda a las marranas gestantes y a los cerdos jóvenes.
- Este diseño puede medir el peso del animal sea cualquiera de las 4

etapas de los cerdos jóvenes o de las marranas gestantes. Mide la proporción de alimento que se le brinda al animal dependiendo de su peso, el cual pueda identificar al animal y llevar un registro de los días anteriores durante el periodo de alimentación.

1.7 Viabilidad de la investigación o presupuesto

1.7.1 Viabilidad técnica

Se considera que el diseño es viable técnicamente, ya que requerimos los conocimientos para desarrollar dicho sistema, con lo cual reúnen los estudios adquiridos en los diferentes cursos de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de San Martín de Porres (FIA - USMP) en las ramas de señales, máquinas eléctricas, circuitos electrónicos y arquitectura de computadoras. Estos conocimientos se aplicarán para:

- Desarrollar un algoritmo mediante lenguaje *Python* que permita configurar el microcontrolador 18F4550.
- Procesar digitalmente las señales que adquirimos de las celdas de carga.
- Desarrollar un algoritmo en lenguaje *Python* para la identificación, a través de procesamiento digital de imágenes (PDI).
- Desarrollar un software para la unificación de los procesos del peso, dosificación e identificación por colores.

Igualmente, el diseño es viable técnicamente porque pueden aplicarse distintos componentes; es decir, materiales con diferentes características que se ajustan a las necesidades del sistema electrónico, con una gran variedad de celdas de carga, diversidad de microcontroladores, amplia gama de motores reductores y otras maneras para la identificación del animal existentes en el mercado nacional y de fácil accesibilidad.

1.7.2 Viabilidad económica

Se estima que el gasto en el diseño y desarrollo del equipo electrónico será de aproximadamente de S/.5000.00, el monto

evaluado se toma en cuenta todos los materiales incluyendo la estructura física en el que se va ubicar el equipo. En el monto se toma en cuenta las fallas y algunos materiales en la ejecución de los distintos ensayos de estimación, por lo que se cuenta con un posible gasto extra del 50%, estos gastos los cubrirán los autores del diseño.

1.7.3 Viabilidad operativa

El desarrollo del equipo electrónico es viable operativamente, ya que cumple los requerimientos y necesidades de la Unidad Experimental de Porcinos de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), a cargo de la Ing. Carmen Álvarez y el asistente adjunto del laboratorio Ing. Julio Concha. El equipo cumplirá con proporcionar las dosis de alimentación de los cerdos jóvenes cumpliendo con las 4 etapas de alimentación en el cual trabaja la unidad experimental para el área de cerdos jóvenes destetados; las mismas que comienzan el día 21 hasta el día 70 donde ellos llegarán al peso que está entre los 65 kilos a 70 kilos, por lo cual se reducirán los costos de producción. Las dimensiones del equipo tampoco afectarían a las limitaciones del corral. Por estos motivos, se considera que el diseño es también operativamente viable.

1.7.4 Viabilidad comercial

Debido a la demanda de numerosos usuarios potenciales como granjas porcinas y empresas agropecuarias que están enfocadas a la crianza de porcinos, y tomando en cuenta las características del diseño como un sistema automatizado, se considera que es también comercialmente viable.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Estado del arte

En el mercado internacional actualmente existen granjas con estaciones especializadas de animales individualizados que proporcionan el cuidado y alimentación de los cerdos jóvenes mediante la identificación individual electrónica.

La automatización cumple un rol importante en el cuidado de los cerdos, ya que mediante una entrada de puerta mecánica o neumática el lechón que ingresa a la estación es identificado electrónicamente por una cámara digital para la identificación, por aretes de colores; dando lugar a que el alimento diario sea administrado previamente por el usuario de acuerdo a la masa corporal y la edad de cada animal. De esta manera, está más tranquilo sin ser molestado por otros; logrando óptimas condiciones físicas, respecto al consumo de alimento necesario. Gracias a un sistema antiretorno, se contará con una puerta de ingreso que se cierra automáticamente una vez que el cerdo joven está dentro, de esta manera se evita que sea molestado por algún otro animal. Al terminar de consumir su ración diaria se abrirá una segunda puerta por la que podrá salir y se procederá al ingreso del siguiente animal.

Lamentablemente, en el mercado peruano es difícil para una empresa la adquisición de un sistema automatizado por sus altos costos. Debido al presupuesto que maneja la Facultad de Zootecnia de la UNALM les dificulta adquirir los productos a mencionar. La función principal de estos sistemas automatizados es que van almacenando la información diariamente,

facilitando el mejor manejo de la ración alimentaria y la producción en los corrales de los porcinos.

El trabajo del personal encargado consiste en dosificar el alimento de los comederos, realizándolo manualmente, teniendo un cálculo óptico aproximadamente para la cantidad de alimento requerido por los lechones el cual no siempre es la cantidad o el peso exacto que necesitan.

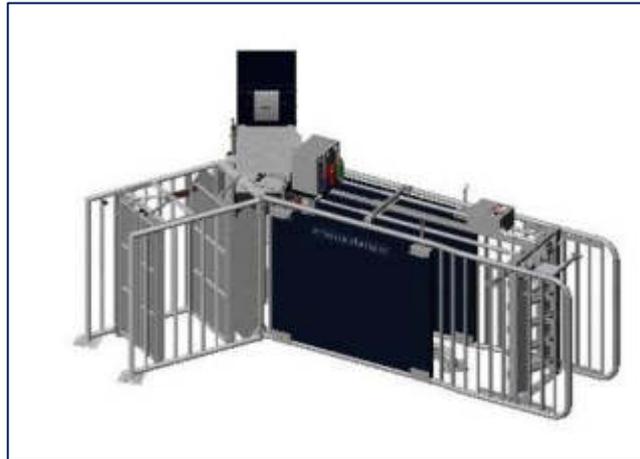


Figura N° 9: Estación de Alimentación electrónica

Fuente: <http://agrogi.com/es/noticias/nedap-alimentacin-electrnica-de-cerdas.html>

2.1.1 Publicaciones científicas/Ingenieriles

2.2.1.1 “Investigación y desarrollo de la estimación del peso del cerdo, Sistema basado en el procesamiento digital de imagen” (Paper)

Tonghai Liu, Guanghui Teng y Weisen Fu (2011) en su publicación de la IEEE titulado *“Investigación y desarrollo de la estimación del peso del cerdo Sistema basado en el procesamiento de imagen”*. En el parte superior es capturada por dos cámaras posteriormente con el software OpenCV será convertida a escala de grises y se podrá extraer el contorno de la imagen digital la forma del porcino, eliminando de la silueta su cabeza, patas y cola.

Con este sistema mediante el cálculo de los parámetros (pecho, distancia, torso entre otros parámetros) se puede estimar un sistema que pueda pesar el porcino

$$\text{Peso} = - 49.7 + 0.23 \times L + 0.77 \times p + 0.03 \times h + 0.19 \times b \quad (1)$$



Figura N° 10: Imagen capturada en escala de grises

Fuente: Tonghai Liu, Guanghui Teng y Weisen Fu “Investigación y desarrollo de la estimación del peso del cerdo, Sistema basado en el procesamiento digital de imagen”.

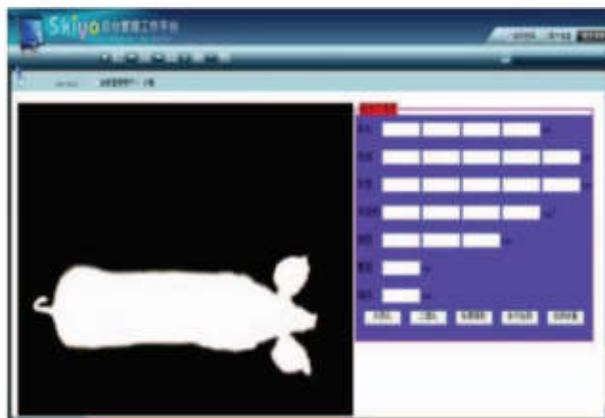


Figura N° 11: Imagen binarizada

Fuente: Tonghai Liu, Guanghui Teng y Weisen Fu “Investigación y desarrollo de la estimación del peso del cerdo, Sistema basado en el procesamiento digital de imagen”.

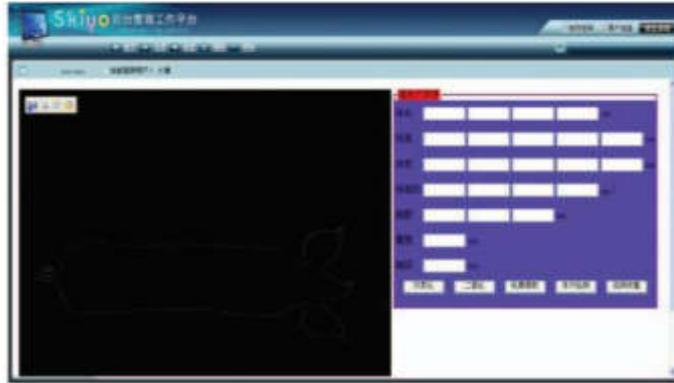


Figura N° 12: Extracción del contorno de la imagen umbralizada

Fuente: Tonghai Liu, Guanghui Teng y Weisen Fu “Investigación y desarrollo de la estimación del peso del cerdo, Sistema basado en el procesamiento digital de imagen”.

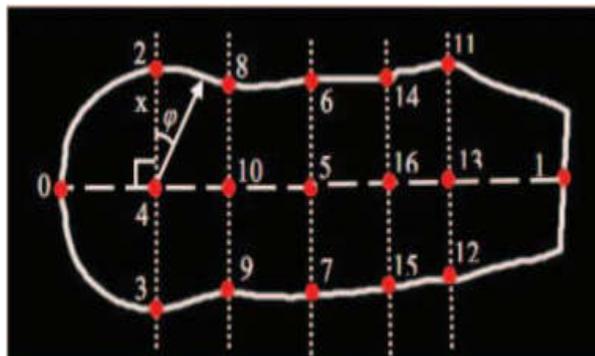


Figura N° 13: Estimación del peso en base a los parámetros

Fuente: Tonghai Liu, Guanghui Teng y Weisen Fu “Investigación y desarrollo de la estimación del peso del cerdo, Sistema basado en el procesamiento digital de imagen”.

2.2.1.2 “Construcción de un sistema dosificador por diferencia de pesos para materiales sólidos Homogéneos” (Tesis)

Navarrete Andino J. y Viteri Aguilar L. en su tesis titulado “**Construcción de un sistema dosificador por diferencia de pesos para materiales sólidos Homogéneos**” menciona: La presente tesis pretende dotar al laboratorio de la facultad de ingeniería eléctrica y electrónica de la escuela Politécnica Nacional de la República de Ecuador un módulo didáctico con un control diferente para la elaboración de mezclas, similar a los que se usan en los sectores alimenticios, farmacéuticos. (Navarrete Andino & Viteri Aguilar, 2011)

El dosificador por diferencia de peso consiste en una tolva general o de mezcla y tolvas individuales con sus respectivos tornillos sin fin y motor AC, la tolva general encargada del pesaje de cada material, ya que se encuentra aislada y empotrada en la estructura, por medio de tres celdas de carga dispuesta cada una a 120°. (Navarrete Andino & Viteri Aguilar, 2011)

El depósito de cada material a la tolva de mezcla, es pesado y regulado por el accionamiento del motor AC y tornillos sin fin individualmente, que se encuentran en cada tolva, y dependiendo del pesaje realizado en la tolva de mezclas se activa o desactiva a razón del peso que se necesite en un tipo de mezcla específica.

Una vez que la mezcla resultante en la tolva de mezcla esta lista, esta descarga todo el material que será utilizado en el proceso y por lo tanto el sistema de pesaje decae. El controlador del dosificador sufre decremento de peso donde ajusta la activación o desactivación del dosificador, para poder así proporcionar la pérdida de peso igual a la proporción deseada en el *setpoint*. (Navarrete Andino & Viteri Aguilar, 2011)



Figura N° 14: Módulo completo

Fuente: José Alberto Navarrete Andino y Luis Marcelo Viteri Aguilar “Construcción de un sistema dosificador por diferencia de pesos para materiales solidos homogéneos”.

Tabla N° 12: Lecturas de los valores dosificados de las fórmulas

Nº de Formula	Valor Medido (KG)	Valor Real (KG)	Error Absoluto	Error Relativo (%)
Fórmula 1	7,6	7,7	0,1	1,30
Fórmula 2	9,4	8,9	-0,5	-5,62
Fórmula 3	10,8	10,5	-0,3	-2,86
Fórmula 4	12,4	12,7	0,3	2,36
Fórmula 5	15,4	15,9	0,5	3,14
Fórmula 6	21,6	22	0,4	1,82
Fórmula 7	20,2	20,8	0,6	2,88
Fórmula 8	28,6	27,8	-0,8	-2,88

Fuente: José Alberto Navarrete Andino y Luis Marcelo Viteri Aguilar “Construcción de un sistema dosificador por diferencia de pesos para materiales solidos homogéneos”.

Los errores se obtienen debido a que el sistema transportador aplicado es un tornillo sin fin, el motor que da movimiento a este no ejecuta un paro abrupto ni instantáneo, el cual sería el causante de que existe una mayor dosificación de la cantidad de producto. (Navarrete Andino & Viteri Aguilar, 2011)

Tabla N° 13: Lecturas de los valores dosificados de las fórmulas

Nº de Formula	Valor Medido (KG)	Valor Real (KG)	Error Absoluto	Error Relativo (%)
Fórmula 1	7,6	8,1	0,2	2.47
Fórmula 2	9,8	9,9	0,1	1.01
Fórmula 3	9,9	10,1	0,2	1.98
Fórmula 4	13,1	12,8	-0,3	-2.34
Fórmula 5	15,9	15,6	-0,3	-1.92
Fórmula 6	22,2	21,8	-0,4	-1.83
Fórmula 7	20,1	20,8	0,7	3.37
Fórmula 8	27,4	28,1	0,7	2.49

Fuente: José Alberto Navarrete Andino y Luis Marcelo Viteri Aguilar “Construcción de un sistema dosificador por diferencia de pesos para materiales solidos homogéneos”.

2.2.1.3 “Detección y clasificación de objetos dentro de un salón de clases empleando técnicas de procesamiento digital de imágenes” (Tesis)

Elías García Santillán en su tesis titulado **“Detección y clasificación de objetos dentro de un salón de clases empleando técnicas de procesamiento digital de imágenes”** menciona que el sistema de visión de reconocimiento de objetos que se presenta en esta tesis tiene como objetivo el brindar apoyo a las personas invidentes, pero debido a la problemática existente este diseño del algoritmo en general es más eficaz, teniendo diversos factores que intervienen en su desarrollo y que son de gran importancia para la obtención de buenos resultados, dicho sistema se implementó dentro de un salón de clases donde se limita al reconocimiento de 10 objetos pequeños.(García Santillán, 2008)

El método planteado es del reconocimiento y se implementó en forma piramidal teniendo como primera premisa el color del objeto, como segundo la forma del objeto y por último el reconocimiento por su textura. Esta técnica plantea una mejora en el porcentaje de certeza para el reconocimiento del objeto utilizando tres técnicas de reconocimiento. (García Santillán, 2008)

La implementación del reconocimiento por color tiene una certeza mayor al 90%, no será necesario utilizar las otras dos técnicas; de lo contrario, se utiliza el reconocimiento por forma, si no fuera suficientes los primeros dos métodos para reconocer con certeza el objeto en cuestión, se utiliza el reconocimiento por su textura. (García Santillán, 2008)

La técnica de reconocimiento de objetos es el sistema piramidal de reconocimiento donde se tiene en cuenta las tres técnicas el color del objeto para su clasificación, la forma del objeto y su textura. (García Santillán, 2008)



Figura N° 15: Módulo completo Método de reconocimiento piramidal

Fuente: “Detección y clasificación de objetos dentro de un salón de clases empleando técnicas de procesamiento digital de imágenes” (Tesis)

2.2.1.4 “Detección de objetos en movimiento a través de la umbralización del color” (Paper)

Barba Guamán L., Calderón Córdova C. & Quezada Sarmiento P. en el siguiente paper titulado **“Detección de objetos en movimiento a través de la umbralización del color”**, mencionan que en el área de procesamiento de imágenes conjuntamente desarrollado con un algoritmo se puede lograr la umbralización de las distintas escalas de grises para poder distinguir las zonas o regiones de los objetos. (Barba, Calderón & Quezada, 2017)

Este paper mencionan que utilizaron los lenguajes de programación *Python*, las librerías para la interfaz gráfica llamada *Pygame* y de *OpenCV*.

Para la parte de la interfaz del *OpenCV* habla de la visión artificial que incluye el método para adquirir, procesar, analizar y comprender las imágenes digitales en tiempo real, para producir una información técnica de umbralización del color, para los lenguaje de programación *Pygame*, *OpenCV* y *Python*. (Barba, Calderón & Quezada, 2017)

A. Detección de objetos.

La visión artificial hace que detecte el objeto en una imagen como motos, autos, animales, etc. Generalmente, se puede simplificar la detección en dos partes, el proceso la búsqueda y la detección, basados en sus características.

En esta parte mencionan y explican la técnica de segmentación de color en el espacio RGB y HSV:

- **El espacio RGB (siglas en inglés: Red, Green y Blue):** Las cámaras tradicionales o las cámaras fotográficas en la actualidad utilizan los colores estándar, para construir una imagen a colores, en visión artificial logra la misma obtención de las imágenes que una cámara básica y permite que no se pierdan las propiedades de los colores en el proceso de segmentación durante la conversión y transformación, también logra una mayor velocidad de segmentación y así se puede ahorrar las operaciones de conversión y redondeo.

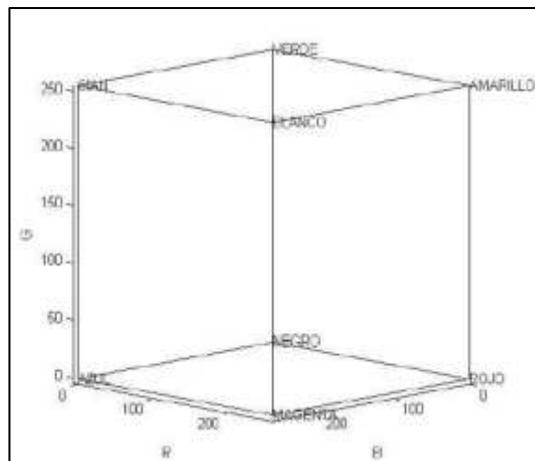


Figura N° 16: Representación de las regiones del espacio RGB

Fuente: Luis Barba Guamán, Carlos Calderón Córdova, Pablo Alejandro Quezada Sarmiento "Detección de objetos en movimiento a través de la umbralización del color"

- **El espacio HSV(siglas en inglés Hue, Saturation y Value):** Su representación está dada por una figura geométrica, que es el cono, los colores base pueden trabajar con tres componentes básicos: matiz, saturación y brillo.

- **El matiz hHSV** = Es la clase de color.
- **La saturación sHSV** = Es la longitud de onda que se adiciona a la frecuencia del color para determinar cuanta cantidad de blanco tiene un color.
- **El brillo vHSV** = Se aprecia la valoración parcial de la cantidad de claridad y oscuridad.

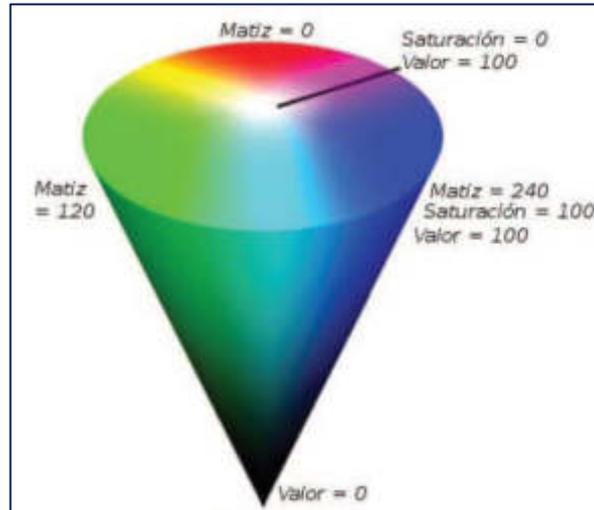


Figura N° 17: Representación del espacio HSV

Fuente: Luis Barba Guamán, Carlos Calderón Córdova, Pablo Alejandro Quezada Sarmiento “Detección de objetos en movimiento a través de la umbralización del color”

En este paper desarrollaron un pequeño experimento para comprender la técnica de reconocimiento de objetos dentro de la umbralización del color.

- ❖ La primera tarea es la identificación del objeto.- Para esta parte utilizaron la librería *OpenCV* y el lenguaje *Python*, en esta parte la técnica de reconocimiento está basado en cinco pasos:
 - 1.- La imagen de la cámara se descarga y se guarda en una memoria, para luego convertir la imagen de RGB a color HSV.
 - 2.- Se aplica una gaussiana para permitir la visibilidad de las características de la imagen.
 - 3.- Se toma la operación de binarización con los valores HSV para encontrar el color deseado.
 - 4.- Asignar una dilatación para que la forma dilate el objeto que se quiere identificar.

5.- Se observa en el objeto el centro y su contorno de la imagen seleccionada.

2.2.1.5 “Implementación de un sistema de procesamiento de imágenes integrado con Raspberry PI 2B para reconocimiento y recolección de fresas maduras” (Publicación de Revista) Revista Politécnica ISSN 1900-2351 (Impreso), ISSN 2256-5353 (En línea), Año 13, Volumen 13, Número 25, páginas 75-85, Julio - diciembre 2017.

Delgado Gutiérrez M., Herrera Guillén D, & Medina Barragán L. mencionan en la siguiente publicación titulada **“Implementación de un sistema de procesamiento de imágenes integrado con Raspberry PI 2B para reconocimiento y recolección de fresas maduras”** en la siguiente publicación muestran como de diseño un algoritmo en *Python* con la adición de la librería *OpenCV* para la detección de fresas maduras a través del color rojo y semimaduras a través del color verde y amarillo, haciendo uso del sistema embebido *Raspberry Pi 2* y un cámara para *Raspberry Pi 2*.

El algoritmo identificó todas las fresas para el reconocimiento de la madurez de la fruta en un 76.67%. El proyecto ayuda en los procesos de recolección y selección del fruto. (Delgado-Gutiérrez, Herrera-Guillén y Medina-Barragán, 2017).

En la publicación mencionan que desarrollaron o construyeron una maqueta donde simulaba el surco, la planta de las fresas con hojas verdes y utilizaron los frutos comprados en mercados. Mencionan que, a partir de una imagen guardada, implementaron el procesamiento de brillo para calcular el brillo general de la imagen con lo cual tuvieron que convertir un formato RGB a escala grises con lo cual necesitaron la siguiente ecuación. (Delgado-Gutiérrez, Herrera-Guillén y Medina-Barragán, 2017)

$$B = \frac{1}{NM} \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{M-1} P(i, j)$$

- Donde N y M son las dimensiones de ancho y alto de la imagen
- P es el valor del pixel ubicado en una posición cartesiana i y j

Esta fórmula mencionada es una ecuación probabilística que suma todos los valores del ancho y alto de la fruta en el recorrido, en el que se calcula la totalidad de pixeles para encontrar el valor promedio. (Delgado Gutiérrez, Herrera-Guillén y Medina-Barragán, 2017)

Luego, se calculó un valor *Bsum* a partir de la resta del brillo deseado a alcanzar (*Bdes*) y el brillo obtenido de la imagen a escala de grises *B*. (Delgado-Gutiérrez, Herrera-Guillén y Medina-Barragán, 2017)

$$Bsum = Bdes - B$$

Para generar el valor deseado en la imagen RGB, se necesitó hacer una operación de suma a cada pixel (*i,j*) en las 3 dimensiones *d* de la imagen RGB con *Bsum*, el cual resultó en un nuevo pixel *PB(i,j,d)* ubicado en la misma posición y dimensión. A escala de grises no fue necesario considerar *d*, ya que solo contiene 1 dimensión. (Delgado-Gutiérrez, Herrera-Guillén y Medina-Barragán, 2017).

$$PB(i,j,d) = P(i,j,d) + Bsum$$

Para conocer el valor deseado en la figura RBG, se necesitó crear una operación de adición a cada pixel (*i,j*) en las 3 dimensiones *d* de la figura RGB con *Bsum*, el cual resultó en un pixel *PB(i,j,d)* situado en el mismo enfoque y espacio. La progresión de grises no fue obligatoria analizar *d*, ya que solo contiene 1 espacio. (Delgado-Gutiérrez, Herrera-Guillén y Medina-Barragán, 2017).

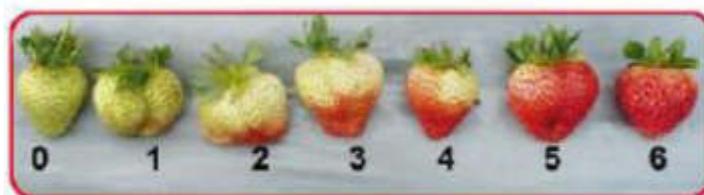


Figura N° 18: Clasificación de las Fresas

Fuente: Implementación de un sistema de procesamiento de imágenes integrado con Raspberry PI 2B para reconocimiento y recolección de fresas maduras - Revista Politécnica ISSN 1900-2351 (Impreso)



Figura N° 19: Maqueta surco

Fuente: Implementación de un sistema de procesamiento de imágenes integrado con Raspberry PI 2B para reconocimiento y recolección de fresas maduras - Revista Politécnica ISSN 1900-2351 (Impreso)

Mencionaron que clasificaron del 0 al 6 de acuerdo al color degradante del rojo y recalcan que la recolección del fruto se da entre las etapas 3 y 5 por el tiempo de madurez que llega a los supermercados y a las tiendas. Ellos establecen que existe un rango en la imagen de 57% a 85% del color rojo para las áreas que comprenden el color. La clasificación del fruto está acorde al área circular de la parte madura y al área circular de la parte no madura, sacando la respectiva área de ambas partes con lo cual hacen una comparación y calculó del porcentaje de color rojo sobre el área total hallada. (Delgado-Gutiérrez, Herrera-Guillén y Medina-Barragán, 2017)

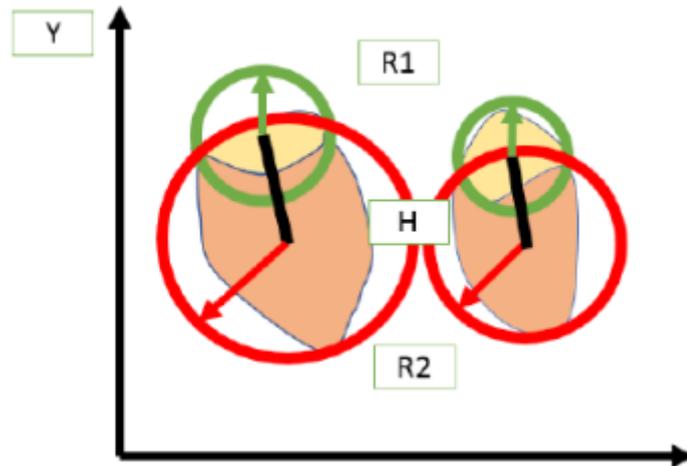


Figura N° 20: Relación entre fresa madura e inmadura

Fuente: Implementación de un sistema de procesamiento de imágenes integrado con Raspberry PI 2B para reconocimiento y recolección de fresas maduras - Revista Politécnica ISSN 1900-2351 (Impreso)

Se observa la relación existente entre los radios y el fruto maduro e inmaduro.

Donde:

R1= Radio 1

R2=Radio 2

H= hipotenusa



Figura N° 21: Robot Móvil recolector de fresas

Fuente: Implementación de un sistema de procesamiento de imágenes integrado con Raspberry PI 2B para reconocimiento y recolección de fresas maduras - Revista Politécnica ISSN 1900-2351 (Impreso)

2.2.1.6 “Detección y seguimiento de objetos por colores en una plataforma Raspberry Pi” (Tesis).

Carlos Pérez Gonzáles en la siguiente tesis titulada “Detección y seguimiento de objetos por colores en una plataforma Raspberry Pi”, primero se centró en el estudio de la identificación de objetos, basándose en la conversión de escala de colores donde la imagen es capturada por una cámara a través del *OpenCV* a una escala RGB donde está representada por tres matrices, cada matriz contiene la escala (Blue, Green, Red – Azul, Verde, Rojo); las matrices representan pixeles donde los valores van de 0 hasta 255, sabiendo que el 0 es el color negro y el 255 es el color de la matriz.

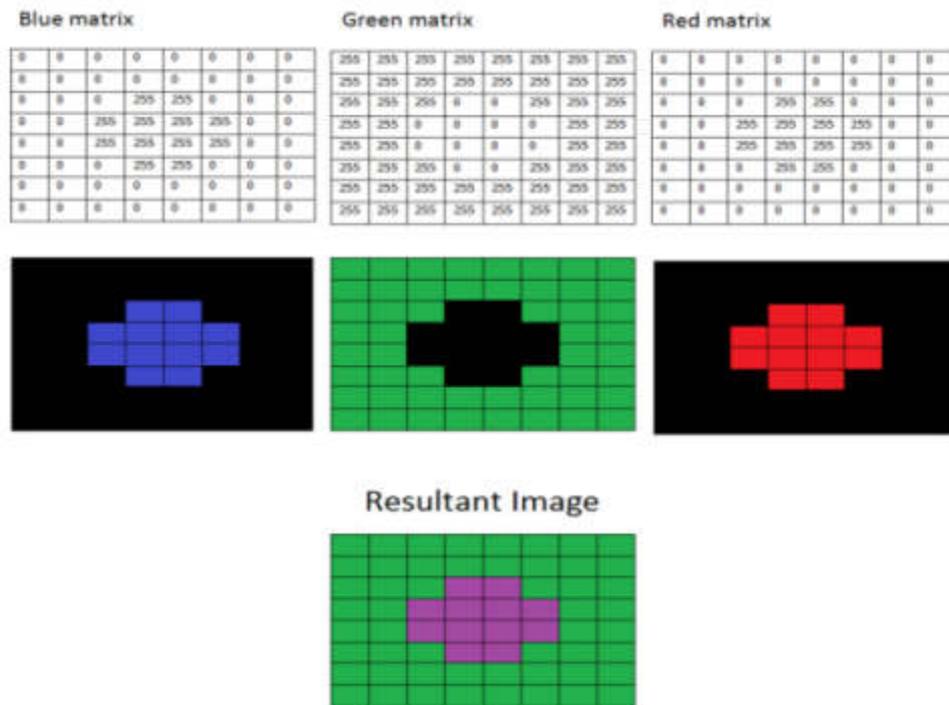


Figura N° 22: Representación de una imagen mediante matrices RGB

Fuente: “Detección y seguimiento de objetos por colores en una plataforma Raspberry Pi” - (Tesis) – Madrid – España, Setiembre 2016, Universidad Politecnica de Madrid – ETSII / UPM

Menciona que la escala RGB se puede convertir al modelo de color HSV en las que sus siglas en inglés son *Hue, Saturation, Value* – Matriz, Saturación y Valor donde permite que la imagen sea mejor en las condiciones de luminosidad e intensidad de color. El modelo HSV normalmente se representa en forma de cono, la matriz *Hue* está

representada entre los ángulos 0 y 360°, a su vez el *OpenCV* realiza una conversión a escala entre los valores 0 - 180 donde la imagen es de 8 bits. La saturación está comprendida entre los valores 0 y 100% donde está definida los ejes: blanco – negro, el *OpenCV* efectúa la conversión entre los valores 0 – 255. El componente *Value* (Valor) se encuentra entre los valores 0 y 100%, que es la altura en el eje blanco – negro; también efectúa una conversión a la escala entre los valores 0 – 255 a través del *OpenCV* como la saturación.

El autor nos explica, que en su proyecto existe una funcionalidad que viene ser la función de operaciones morfológicas en la que la imagen capturada se segmenta a una imagen binaria de blanco y negro. El *OpenCV* consta de una función llamada *inRange* donde dicha función permite filtrar una ventana de valores para pixeles en una imagen; dicha ecuación es la siguiente:

$$imgBin = minH \leq imgHSV_0 \leq maxH \ \& \ minS \leq imgHSV_1 \leq maxS \ \& \ minV \leq imgHSV_2 \leq maxV$$

Él realizó una interfaz donde el usuario puede escoger los colores mediante el “*Trackbars*”, la cual permite que la función *inRange* modifique los parámetros.



Figura N° 23: Interfaz gráfica de la ventana de control

Fuente: “Detección y seguimiento de objetos por colores en una plataforma Raspberry PI” - (Tesis) – Madrid – España, Setiembre 2016, Universidad Politecnica de Madrid – ETSII / UPM

Se muestra un ejemplo donde se observa la detección de un objeto de color verde, el cual está comprendido el parámetro HSV, los otros objetos que se visualizan fueron obviados, porque no se encuentran en los parámetros de *Thershold* seleccionados. En el siguiente ejemplo se observa lo contrario donde se selecciona el color con lo cual se modificaron los parámetros del *Thershold* para su detección.

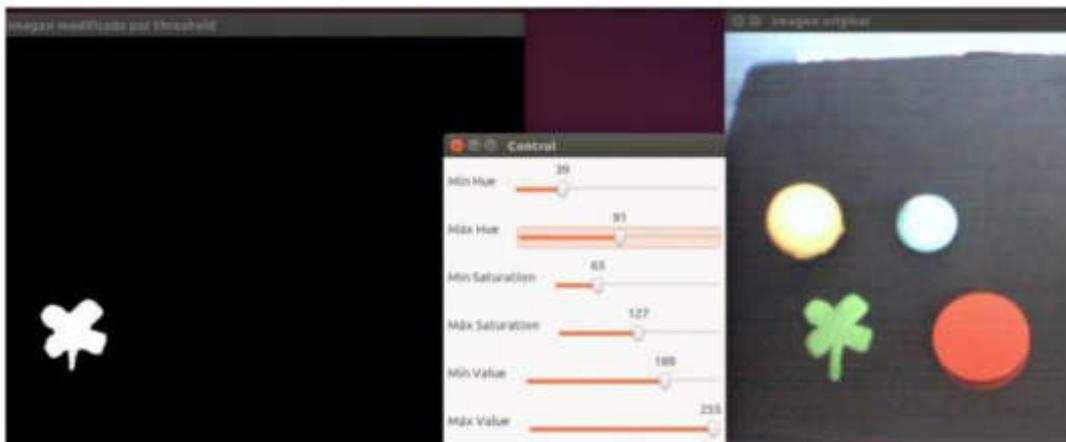


Figura N° 24: Binarización de imagen para un objeto de color verde

Fuente: “Detección y seguimiento de objetos por colores en una plataforma Raspberry PI” - (Tesis) – Madrid – España, Setiembre 2016, Universidad Politecnica de Madrid – ETSII / UPM

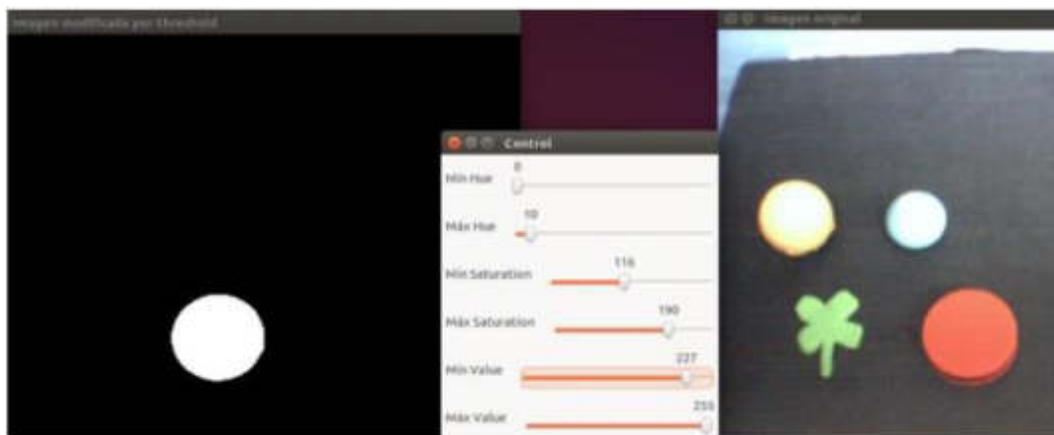


Figura N° 25: Binarización de imagen para un objeto de color rojo

Fuente: “Detección y seguimiento de objetos por colores en una plataforma Raspberry PI” - (Tesis) – Madrid – España, Setiembre 2016, Universidad Politecnica de Madrid – ETSII / UPM.

Realizó también una aplicación de la función *erode* (erosión) y *dilate* (dilatación), donde se emplea el elemento estructura, ya que usualmente se emplean cuadrados o círculos; también hace uso de la apertura morfológica en cascada de la erosión y dilatación, lo cual hace que la imagen se reduzca el efecto de ensanchamiento de los objetos.

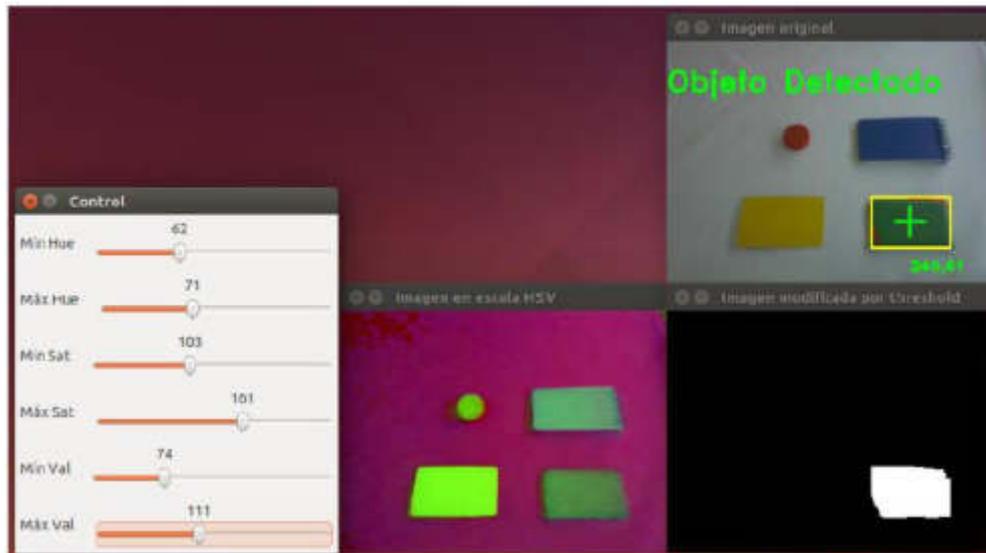


Figura N° 26: Resultado tras la aplicación de operaciones morfológicas

Fuente: “Detección y seguimiento de objetos por colores en una plataforma Raspberry PI” - (Tesis) – Madrid – España, Setiembre 2016, Universidad Politecnica de Madrid – ETSII / UPM.

2.2.1.7 “Dispensador automático de alimento para mascotas” (Revista FIGEMPA: Investigación y Desarrollo - Vol. 1 Núm. 2 (2017): AIRE)

Gabino Tito, Wilma Padilla, Geovanny Pesántez y Freddy Pozo en su publicación titulado **Dispensador automático de alimento para mascotas**, mencionan en la siguiente publicación que el objetivo principal es diseñar un dispensador de alimentos para sus mascotas; dicho diseño es programable, así el usuario puede programar el horario de alimentación de su mascota y la cantidad que se le va proporcionar de acuerdo a su tamaño.

El diseño de este prototipo cuenta con su respectivo circuito electrónico que se conecta con el Arduino Mega 2560; dicha tarjeta cumple la función de enviar señales para así abastecer a su mascota de comida cuando está ya haya consumido. Este prototipo tiene temporizadores para que actúen en la apertura de la puerta y dispensar el alimento dependiendo de su tamaño. (Gabino-Tito, Wilma-Padilla, Geovanny-Pesántez y Freddy-Pozo, 2017)

“Los comederos con tolva permiten alimentar a la mascota sin necesidad de la presencia del dueño. Constan de un depósito en donde se almacena el alimento que se va dispensando por su base sobre un cuenco. De este modo, el animal dispone de una cantidad cierta de alimento, pero no necesita ser dispensado por la mano humana” (Navajas G., 2015, p. 15).

En el desarrollo del equipo se menciona que utilizaron un tornillo sin fin para dispensar la comida, que estuvo conectada a un motor de plumas para vehículo de 12V DC, con lo cual para que se desarrolle automáticamente se configuró la hora utilizando un RTC reloj de tiempo real con el integrado DS-1307. Para la visualización utilizaron un *display* 16x2 para mostrar las diferentes configuraciones; la parte para medir la cantidad del alimento en la tolva utilizaron un sensor de distancia HC-SR04. (Gabino-Tito, Wilma-Padilla, Geovanny-Pesántez y Freddy-Pozo, 2017)

La programación del diseño se realizó con el arduino que es una placa electrónica de *hardware* libre utilizando el IDE del arduino.

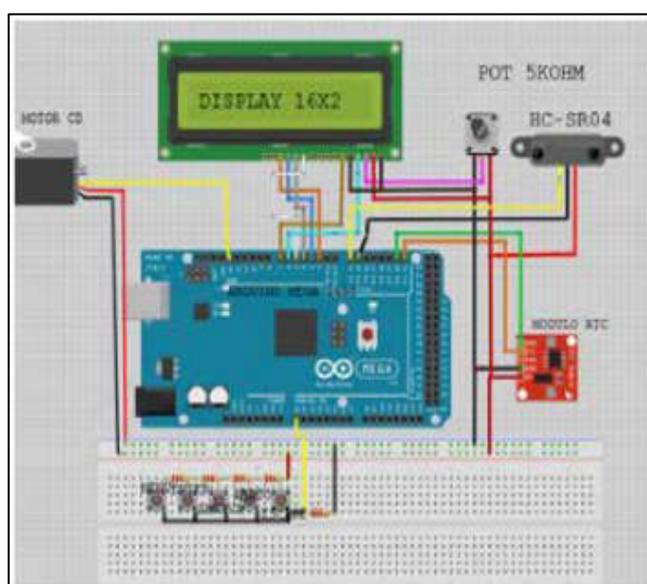


Figura N° 27: Dispositivos conectados al circuito integrado en la placa de Arduino Mega 2560

Fuente: “Dispensador automático de alimento para mascotas” (*Automatic food dispenser for pets*) - FIGEMPA: Investigación y Desarrollo

Alimentación diaria				
Raza	Tiempo por porción (seg)	Kg	Porciones por día	Días de autonomía
Grande	59	0.37	2	6
Mediana	30	0.2	2	12
Pequeña	15	0.11	2	22

Figura N° 28: Alimentación diaria según el tamaño de sus mascotas

Fuente: “Dispensador automático de alimento para mascotas” (*Automatic food dispenser for pets*) - FIGEMPA: Investigación y Desarrollo.



Figura N° 29: Vista frontal del dispensador automático de comida para mascotas

Fuente: “Dispensador automático de alimento para mascotas” (*Automatic food dispenser for pets*) - FIGEMPA: Investigación y Desarrollo

Ventajas:

- El sistema es automático para la dispensación de comida de la mascota, plena configuración del usuario.
- El producto es robusto y no se vira fácilmente como otros equipos desarrollados.
- El sistema de alimentación funcionará automáticamente así haya un corte de energía, porque tiene un respaldo de batería.
- El sistema de alimentación tiene la ventaja de que no desperdicia alimento, ya tiene una cantidad graduada.

Desventaja:

- El usuario tiene que configurar manualmente el sistema para la cantidad de comida que dispensará de acuerdo al tamaño de su mascota y nivel de comida.
- El sistema no reconoce de forma automática el tamaño del animal.
- El sistema de dosificación de comida no es autónomo en su totalidad.
- El sistema no lleva una base de datos de qué días come y no come su mascota.
- El sistema no realiza un pesaje autónomo de la mascota, ya que por lo general hay niveles de pesos específicos para todas las razas de acuerdo a la salud del animal.

2.2.1.8 “Integración de un sistema dosificador de alimento para ganado bovino” (Tesis)

Duvan Alejandro Suarez Aguirre y David Manrique Pérez en su publicación titulado **“Integración de un sistema dosificador de alimento para ganado bovino”** mencionan en la siguiente tesis que el sistema dosificador de alimento está diseñado para identificar al animal por RFID, *Wifi* o *Bluetooth*; también un almacenamiento en una base de datos de cada animal, el sistema calcula la ración de alimento que se le da al ganado bovino para una saludable alimentación y en qué etapa de lactancia se encuentra dicho animal.

Plantean que el sistema de dosificación de alimento se divida en tres etapas:

Etapa 1:

Instrumentación. - En la siguiente etapa nos mencionan que escogieron 2 variables que son la identificación y el peso. Para la identificación del animal y almacenamiento de datos se envió hacia el módulo de control, donde tomaron tres posibilidades; como los módulos: RFID, *Wifi* y *Bluetooth*. Para la identificación del animal bobino, en la que la información será el peso, edad y litros de leche que dio el bobino.

Etapa 2:

Diseño estructural. - En esta etapa explican cómo debe ser el diseño estructural, dividido en secciones, en el que se guían de las especificaciones, de los requisitos sanitarios para las instalaciones y áreas de su país.

Etapa 3:

Control de dosificación. - En esta etapa mencionan como se diseñó la tolva para la dosificación de alimento; este diseño es para comederos en sala o comederos en potrero.

Para la parte del dispensador de alimento que se encarga de la dosificación, se tuvo en cuenta el proceso de pesaje y seguimiento; esta parte del dispensador conlleva a tener cuatro partes: la tolva, estructura de soporte, actuador y ductos de distribución.

Para la obtención del peso del alimento utilizaron una celda de carga configurada a través del Arduino UNO.

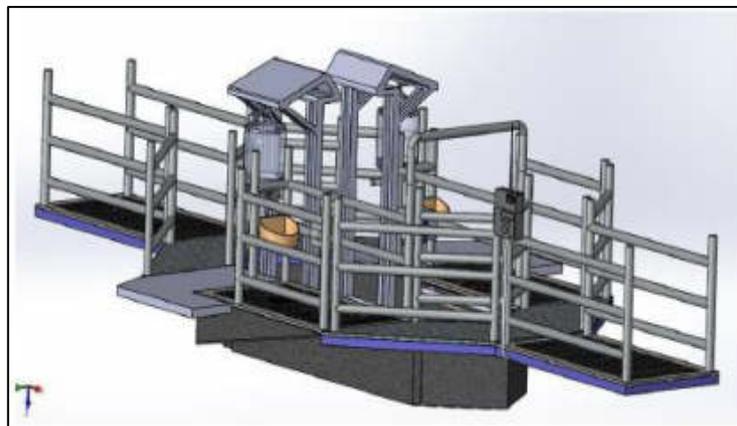


Figura N° 30: Sistema completo de alimentación (Comedero)

Fuente: “Integración de un sistema dosificador de alimento para ganado bovino” - Universidad Tecnológica de Pereira - Facultad de Tecnologías – Pereira- Colombia, mayo 2016.

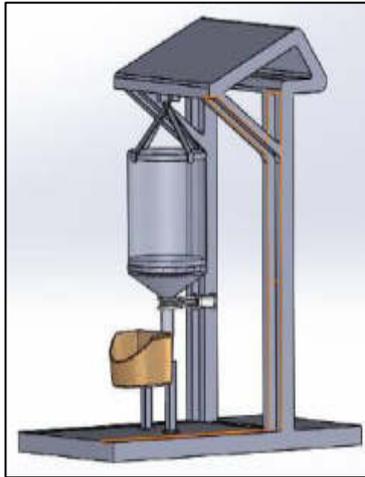


Figura N° 31: Tolva con soporte y coca

Fuente: “Integración de un sistema dosificador de alimento para ganado bovino” - Universidad Tecnológica de Pereira - Facultad de Tecnologías – Pereira- Colombia, mayo 2016

Ventajas:

- Reducción de la tasa de mortalidad por desbalance en la comida.
- Permite proporcionar una cantidad de comida a cada animal día a día.
- Da una mejor perspectiva del animal desde el primer día de producción.
- Reduce el descuido de los animales por la mano del hombre.
- El veterinario puede hacer un seguimiento más detallado de la evolución del animal en la producción y en la alimentación.

Desventajas:

- El sistema no es confiable en la precisión de dispensación de la comida.
- Este control on/off no es viable al momento de implementar.

2.2.1.9 “Diseño de dispensador automático de alimentos para animales” (Tesis)

Diego Mauricio Males Hinojosa en su tesis titulada “**Diseño de dispensador automático de alimentos para animales**” menciona que su diseño contará con partes donde se explicará de la siguiente forma:

Diseño del sistema. - El diseño del sistema empezó por analizar la necesidad principal para satisfacerla completamente, se consideró todas las posibles soluciones para satisfacer la necesidad original y se buscó alternativas de bajo costo que sean objetivas y funcionales, sin alterar el producto final dosificado. Se inició con la identificación de funciones implícitas dentro de todo el proceso.

Establecer y organizar funciones. - Se identificaron las funciones involucradas en solventar la necesidad inicial, fueron valoradas de acuerdo a su importancia y a su capacidad de resolver el problema, se estableció la función principal y varias subfunciones requeridas para obtener el dosificador deseado.

Propone que la función principal sería el suministro controlado de alimento, donde tendría unas subfunciones tales como: reconocimiento mecatrónico de monedas, dosificación controlada por tiempo, extracción del alimento del depósito de almacenamiento y medición de alimento en tanque.

Para el diseño del tanque de almacenamiento para alimentos se consideraron factores indispensables en su construcción, así como también los requerimientos físicos de capacidad de almacenamiento y forma, entre los que están:

- La capacidad de almacenamiento debe ser de 50 kg.
- La unidad de almacenamiento no debe deformarse cuando esté completamente llena.
- El material de fabricación del dosificador no debe reaccionar o alterar las características físicas o nutricionales del mismo.
- La unidad de almacenamiento debe ser de fácil llenado.
- Requiere generadores de flujo que eviten el atascamiento del alimento.
- Los ángulos en la salida de la unidad de almacenamiento deben estar diseñados para liberar el alimento evitando cuellos de botella.
- Debe tener acceso para limpieza y mantenimiento.

- El material de construcción no debe reaccionar a productos de limpieza.
- El material debe tener el mínimo coeficiente de fricción posible, para que fluya de mejor manera hacia la salida.

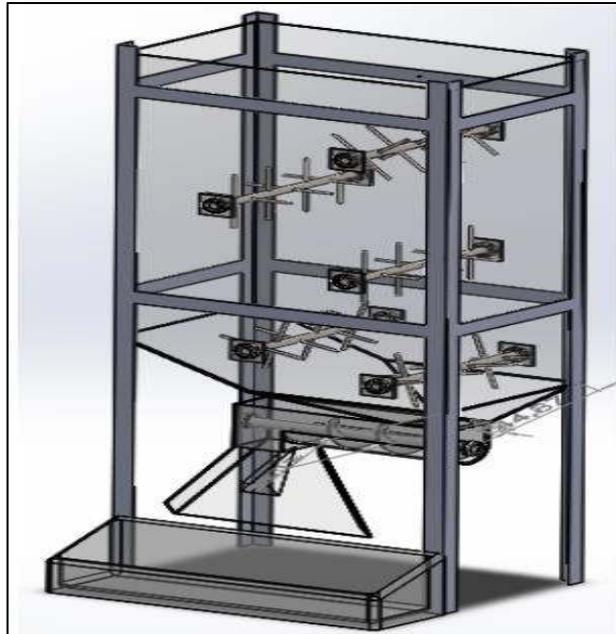


Figura N° 32: Modelado preliminar del dosificador de alimento

Fuente: “Diseño de dispensador automático de alimentos para animales” - Universidad Tecnológica Equinoccial - Facultad de ciencias de la ingeniería e industrias - Carrera de Ingeniería Mecatrónica

La fuerza aplicada sobre el tornillo en la boca de alimentación del dosificador se calculó mediante el volumen existente sobre el tornillo con el tanque a su máxima capacidad, donde la boca de evacuación del tanque de almacenamiento es de sección circular de diámetro $d = 4$ cm.

$$A_{boca} = \pi * r^2$$

$$A_{boca} = \pi * 4^2$$

$$A_{boca} = 50.27[cm^2]$$

$$V = A_{boca} * h_{tanque}$$

$$V = 50.27 * 76$$

$$V = 3820.52 [cm^3]$$

2.2.1.10 “Diseño e implementación de un prototipo de dispensador automático de comida para animales basado en Raspberry pi controlado mediante una aplicación móvil” (Tesis)

Jorge Iván, Zapata Valencia & Daniel Alejandro, Gil Agudelo en su publicación titulada “**Diseño e implementación de un prototipo de dispensador automático de comida para animales basado en Raspberry Pi controlado mediante una aplicación móvil**” mencionan en la siguiente tesis que su objetivo general es el de diseñar un dispensador automatizado de alimento, para perros de raza pequeña utilizando el un computador de placa reducida *Raspberry Pi* y poder ser controlado a través de una aplicación móvil.

Para este diseño de la estructura utilizaron el programa **SOLIDWORKS** para realizar el diseño en 3D, utilizaron la tarjeta *Raspberry Pi*, donde usaron los pines GPIO para dar la comunicación de los diferentes componentes o módulos para la interacción de los datos, usaron el lenguaje *Python* para la programación.

Mencionaron que utilizaron un servidor web llamado APACHE que instalaron en la tarjeta del *Raspberry Pi*, este programa hace la interacción de entre el cliente y el servidor, para que el código *Python* se comunique con APACHE; se necesita que utilicen el lenguaje de programación PHP lo cual está disponible para varias plataformas. Utilizaron el PHP (*Hypertext Preprocessor* /Preprocesador de Hipertexto) para acoplar el código HTML (*HyperText Markup Language*) con el código que se realizó en *Python*.

La parte del control del motor reductor de 12V se orientaron a crear una tarjeta de potencia porque los pines del GPIO del *Raspberry Pi* solo pueden votar un valor de 0 a 3.3V, con lo cual utilizaron un transistor de TIP41 para accionar la conducción de la corriente a través del circuito.

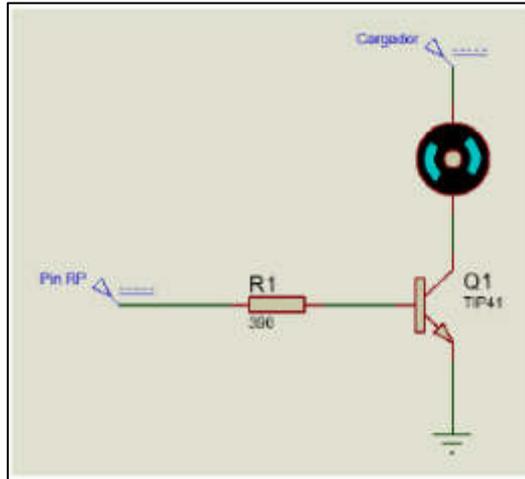


Figura N° 33: Circuito de Potencia

Fuente: Diseño e implementación de un prototipo de dispensador automático de comida para animales basado en Raspberry pi controlado mediante una aplicación móvil, Universidad Tecnológica de Pereira - Facultad de Ingeniería Electrónica

La aplicación móvil que diseñaron es a través del sistema operativo Android, dicho *software* es de licencia de libre, Android estudio es un entorno para el desarrollo de aplicativos en lenguaje Java.

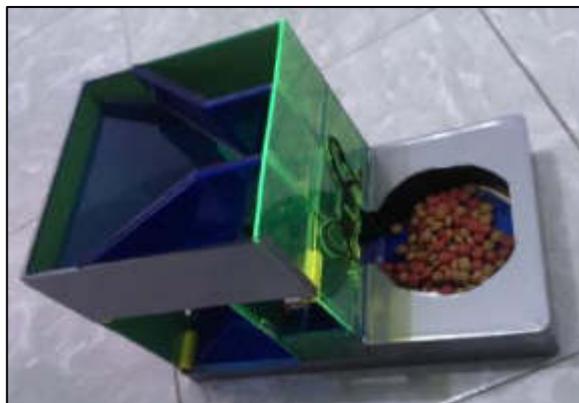


Figura N° 34: Ensamble del comedero

Fuente: Diseño e implementación de un prototipo de dispensador automático de comida para animales basado en Raspberry pi controlado mediante una aplicación móvil, Universidad Tecnológica de Pereira - Facultad de Ingeniería Electrónica



Figura N° 35: Vista Interna Comedero

Fuente: Diseño e implementación de un prototipo de dispensador automático de comida para animales basado en Raspberry pi controlado mediante una aplicación móvil, Universidad Tecnológica de Pereira - Facultad de Ingeniería Electrónica

Ventajas:

- Está diseñado para que se dispense la comida automáticamente
- Tiene una aplicación móvil para la interacción del usuario con el equipo

Desventajas:

- Diseñado solamente para perros de raza pequeñas
- No registra en una base de datos cuanto alimento se le da al animal
- El sistema no reconoce de forma automática el tamaño del animal
- El sistema no tiene un sensor que indique el nivel de comida

2.1.2 Productos comerciales

En actualidad existen productos automatizados ofrecidos en el mercado internacional que ayudan a optimizar la crianza de ganado porcino, lo cual para el diseño representa una solución parcial al problema planteado, siendo necesario conocer sobre los productos más usados en el mercado.

2.1.2.1 Productos comerciales automatizados

2.1.2.1.1 Estación de alimentación DeLaval

Con este sistema de fabricación española cuya función consiste en distribuir el alimento a lo largo del día de acuerdo con la ración que le corresponda según sus características del animal, favoreció su bienestar.

El sistema está programado para un plan alimenticio individual para el ganado vacuno (hembras), donde tiene una etapa de lactancia y de producción de leche; asimismo, se podrá regular una ración alimenticia individual de concentrado en proporciones pequeñas durante el periodo de una semana o un día.

El proceso de alimentación individual hace que se optimice la salud general, la producción de leche y la etapa de fertilidad, para incrementar la ingesta de alimento al comienzo de la lactación y reducirla hacia el periodo de sequía. De esta manera, evitará la sobrealimentación y reducirá el costo que tienen los concentrados alimenticios.



Figura N° 36: Estación de alimentación DeLaval FSC40

Fuente página web: <https://www.delaval.com/es-es/>

2.1.2.1.2 Selección de alimentación NEDAP

El sistema se caracteriza por asegurar el espacio y la tranquilidad para poder alimentar a una marrana sin que sea molestada por las demás. El sistema brinda una libertad de movimiento al animal, que lo necesite, para que tengan un desarrollo más óptimo en su comportamiento natural, favoreciendo la tranquilidad de los animales en la porqueriza.

La meta y el objetivo del equipo es el de obtener la mayor cantidad de lechones nacidos y de no requerir una mayor inversión que una instalación tradicional.

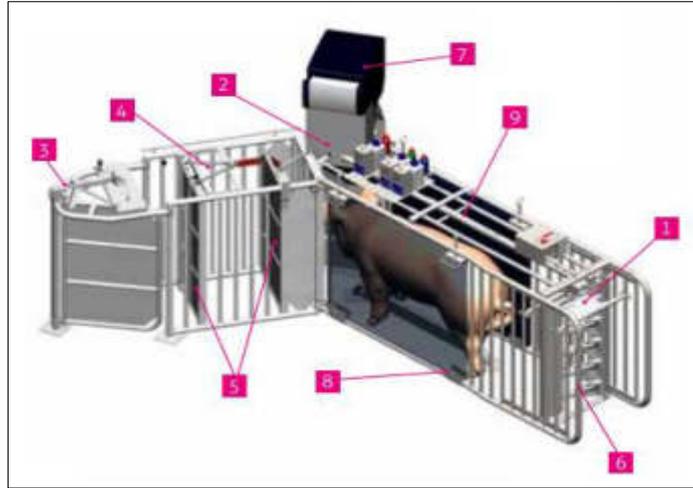


Figura N° 37: Estación de alimentación NEDAP

Fuente página web: <https://porcino.info/productos/estacion-de-alimentacion-de-cerdas-nedap-agrogi/>

Partes de la Estación de alimentación de cerdas NEDAP:

- [1] Tiene integrado una puerta de entrada mecánica o neumática
- [2] Cuenta con nueva válvula dosificadora en el comedero
- [3] Se puede integrar separaciones por cada estación de alimentación
- [4] Las marranas pueden salir de la estación sin tener que hacer marcha atrás
- [5] Cuenta con una doble puerta de salida para evitar que las marranas entren a través de la puerta de salida
- [6] Tiene una longitud y una anchura ajustable para cada tipo de cerdo
- [7] La estación estándar también puede funcionar como estación de aprendizaje (también para cerdas nulíparas)
- [8] La pared lateral es retirable en 5 segundos, sin uso de herramientas, para acceso a la estación
- [9] La estación está cerrada por la parte superior

2.1.2.1.3 Estación de alimentación Dutchman

Este sistema consiste en que cada marrana tiene un *transponder* en la parte superior de la oreja, cuando esta entra en una estación de alimentación vacía, el sistema detecta la entrada por medio de una barrera de luz, con lo cual a continuación el sistema cierra la puerta de entrada para no dejar salir al animal.

El sistema identifica a la marrana por medio de una antena que está situada en la tapa del comedero; si la marrana no recibió alimento, entonces el sistema le permite recibir alimento; así el sistema dosifica alimento en el comedero en pequeñas raciones. Cuando la marrana ha concluido de comer la ración que le corresponde, la tapa del comedero se cierra automáticamente.

Si a la marrana no le correspondiera recibir alimento, el comedero permanecerá cerrado, transcurrido un tiempo de espera, la puerta de entrada se abre otra vez y la siguiente marrana entra en la estación. Si una marrana abandona la estación de alimentación y todavía no tiene permiso del sistema para recibir alimento, se detiene la alimentación y podrá comer su otra ración de alimento en otro momento.



Figura N° 38: Pie de anclaje de acero inoxidable

Fuente: Página web: <https://www.bigdutchman.es/es/manejo-de-erdos/noticias/fotografias/manejo-de-cerdas/#media-gallery-811-10>



Figura N° 39: Sistema de alimentación y manejo: Alimentación controlada por ordenador Callmatic 2: Hasta 60 cerdas se pueden alimentar

Fuente página web: <https://www.bigdutchman.es/es/manejo-de>

[cerdos/noticias/fotografias/manejo-de-cerdas/#media-gallery-811-6](https://www.bigdutchman.es/es/manejo-de-cerdos/noticias/fotografias/manejo-de-cerdas/#media-gallery-811-6)

Tabla N° 14: Comparación entre las estaciones de alimentación

Características/Dis positivos	Estación de alimentación DeLaval	Estación de alimentación NEDAP	Estación de alimentación Big Dutchman
Nivel de automatización	Programable	Programable	Programable
Alimentación VAC	220 - 110	220 - 110	220 - 110
Mecanismo	Mecánico /Neumático	Mecánico /Neumático	Mecánico /Neumático
Diseño	Acero	Acero	Acero
Sensor de cantidad	Chip	Chip	Chip
Dosificación	Muy precisa	Muy precisa	Muy precisa

Elaboración: los autores

Ventajas

- Tranquilidad en el grupo
- Aumenta la facilidad de control
- Alimentación individualizada
- Posee un *software*

Desventajas

- Excesivo costo en personal especializado.
- Dependencia de mantenimiento y reparación

2.1.2.1.4 Estación de alimentación EUROGAN

Este equipo está diseñado para alimentar de forma automática a las marranas gestantes que garantizan una alimentación óptima, acorde a las especificaciones técnicas de cada animal. El producto cuenta con una alta tecnología para el sector ganadero donde gestiona, disminuye los costos de la producción y dosifica una adecuada alimentación para cada animal.



Figura N° 40: Nueva estación de alimentación automática para cerdas gestantes de Eurogan

Fuente página web: <http://www.interempresas.net/Ganadero/Articulos/48898-estacion-alimentacion-automatica-para-cerdas-gestantes-alojadas-grupo-novedad-Eurogan.html>

2.1.2.2 Dispensadores por gravedad

Los más sencillos encontrados en el mercado son dosificadores de alimento por gravedad, que cuentan con una unidad de almacenamiento y un recipiente unido al mismo, que permite que el alimento fluya a medida que el animal consume del recipiente.

Los dosificadores por gravedad se caracterizan por siempre dosificar el alimento hasta que se agota toda su capacidad. No

presentan ningún tipo de control ni automatización y en su mayoría tienen una capacidad muy limitada de almacenamiento, son fabricados en materiales sencillos y de bajo costo. Dosifican todo el alimento de una vez, lo que puede ocasionar problemas alimenticios en la mascota y también requieren de un llenado constante. Son de fácil transporte, no requieren alimentación eléctrica, son muy fáciles de conseguir y son económicos (González y Picazo, 2014)

Especificaciones:

- Hecho de materiales de plástico de alta calidad, calidad alimentaria, textura gruesa, duradero y reciclable, no tóxico, sin olor extraño.
- Tolva de almacenamiento de alimentos hecha de PET transparente, que permite comprobar los niveles de alimentos de un vistazo.
- El cuenco dispensador de agua está diseñado con una boca de barril en espiral y una válvula de resorte, no gotea.
- Fácil de utilizar: la fuente suministra alimento al abrir la tapa de la parte superior de la cubeta de alimentos; la fuente se puede quitar directamente de la base antideslizante, rellena de agua dulce y luego fija a la base.
- Capacidad: 3,75 L.



Figura N° 41: Dispensador por gravedad

Fuente: <https://www.amazon.es/Mmnas-Dispensador-autom%C3%A1tico-dispensador-autodispensador/dp/B07MQVDPZ4>

2.1.2.2.1 Dosificador animal planet

Este dosificador de alimento tiene una mayor innovación, como es el caso del dosificador animal *planet*, un dosificador con mayor implementación tecnológica y cierta autonomía, capaz de programar los horarios de alimentación del animal. Construido en materiales resistentes con piezas desmontables que facilitan su limpieza y mantenimiento.

Tabla N° 15: Especificaciones Técnicas del dosificador animal Planet

Especificaciones Técnicas
- Es un dispositivo portable.
- Cuenta con una alimentación eléctrica de 3 baterías de 1.5 [V].
- Cuenta con una pantalla LCD
- Se puede visualizar en la pantalla la hora y el nivel de comida.
- Cuenta con una capacidad no mayor a 5 kg.
- Tiene un precio de \$1549 dólares americanos.

Elaboración: los autores

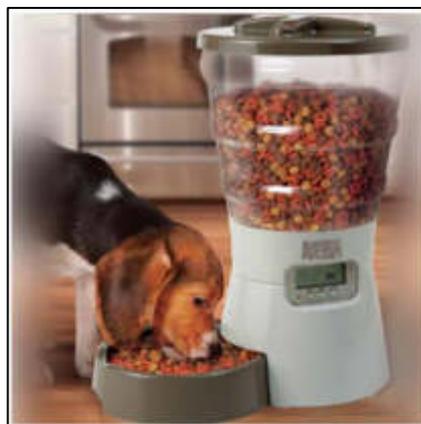


Figura N° 42: Dosificador animal planet

Fuente: <https://animalplanetmascotas.com/tienda/Alimentador-Electronico>

2.1.2.2 Tolva automática dosificadora "Equimatic" de pienso con comedero

Este equipo está diseñado para un trabajo total para la alimentación del equino, pensado en el ahorro de tiempo. Periódicamente se tiene que abastecer la tolva automática de comida y es de fácil traslado.

Especificaciones Técnicas
• Fabricada en chapa galvanizada.
• Comederos automáticos dosificadores para piensos de caballos.
• Funcionamiento a 12 voltios
• Funciona con baterías o placa solar.
• Programable para suministrar la cantidad de pienso que se desee en una, dos o tres veces al día, a las horas que se indique.
• Posee un corriente 220 V.
• Provista de batería de seguridad recargable.
• El comedero tiene una capacidad aproximada de 75 litros.
• Indicador de nivel de alimento en tolva, fácil instalación y programación.
• Medidas: Frente 50; Fondo 70; Alto 87.

Elaboración: los autores



Figura N° 43: Tolva automática "Equimatic"

Fuente: <https://www.paracaballos.es/comedero-tolva-automatica-equimatic-caballos>

2.1.2.3 Producto comercial para el pesaje (Perú)

A continuación, se expondrán algunos equipos existentes en el mercado.

2.1.2.3.1 Balanzas de plataforma

Balanzas para el control de peso en todos los procesos productivos industriales.

A. Balanza de plataforma Modelo 2056

Tabla N° 16: Características modelo 2056

Modelo:	2056
Fabricación:	Acero Inoxidable
Capacidad:	60 Kg / 150 Kg / 300 Kg
Indicador Digital:	LED o LCD
Celda de Carga:	Protección IP68, contra polvo y agua
Funcionamiento:	Con corriente eléctrica y/o batería recargable de larga duración.
Interface:	RS-232 conexión para impresora o computadora.
Soporte:	Lleva 4 apoyos regulables
Medición:	En Kilogramos (Kg)

Fuente: SUMINCO S.A.



Figura N° 44: Balanza de plataforma modelo 2056

Fuente: SUMINCO S.A., obtenido de la página web: <http://suminco-peru.com/balanzas-de-plataforma/#>

B. Balanza de plataforma Modelo 2056SS

Tabla N° 17: Características modelo 2056SS

Modelo:	2056SS
Fabricación:	Acero Inoxidable (A-304)
Capacidad:	60 Kg / 150 Kg / 300 Kg
Indicador Digital:	LED fabricado en ABS de fácil lectura y baja batería.
Celda de carga:	Protección IP68, contra polvo y agua.
Funcionamiento:	Con corriente eléctrica y/o batería recargable de larga duración.
Interface:	RS-232 conexión para impresora o computadora.
Soporte:	Lleva 4 apoyos regulables fabricados de acero inoxidable para la nivelación con lo cual su diseño aguanta una sobrecarga de 150% de su capacidad sin afectar su estructura.
Medición:	En kilogramos (kg) / Libras (Lb)

Fuente: SUMINCO S.A.



Figura N° 45: Balanza de plataforma modelo 2056SS

Fuente: SUMINCO S.A., obtenido de la página web: <http://suminco-peru.com/balanzas-de-plataforma/#>

C. Balanza de plataforma Modelo 7600

Tabla N° 18: Características modelo 7600

Modelo:	7600, la única balanza del mercado de uso industrial pesado Heavy Duty.
Fabricación:	Acero Inoxidable (A-304) la estructura de la balanza es de solida construcción en perfiles y planchas de acero de carbono.
Capacidad:	60 Kg / 150 Kg / 300 Kg / 500 Kg
Indicador Digital:	LED o LCD
Celda de carga:	Protección IP68, contra polvo y agua.
Funcionamiento:	Con corriente eléctrica y/o batería recargable de larga duración.
Interface:	RS-232 para comunicación con una PC.
Soporte:	Lleva 4 apoyos regulables fabricados de acero inoxidable para la nivelación con lo cual su diseño aguanta una sobrecarga de 150% de su capacidad sin afectar su estructura.
Medición:	En kilogramos (kg) / Libras (Lb), memoria automática de acumulación: variables con selección de impresión manual o automática de los pesos.

Fuente: SUMINCO S.A.



Figura N° 46: Balanza de plataforma modelo 7600

Fuente: SUMINCO S.A., obtenido de la página web: <http://suminco-peru.com/balanzas-de-plataforma/#>

D. Balanza de plataforma Modelo 7600SS

Tabla N° 19: Características modelo 7600SS

Modelo:	7600SS, es la plataforma más grande y resistente del mercado en el segmento de balanzas.
Fabricación:	Acero Inoxidable de alta resistencia al impacto y a la acción de los agentes medioambientales.
Capacidad:	60 Kg / 150 Kg / 300 Kg / 500 Kg
Indicador Digital:	LED o LCD
Celda de carga:	Protección IP68, contra polvo y agua.
Funcionamiento:	Con corriente eléctrica y/o batería recargable.
Interface:	RS-232 para comunicación con una PC.
Soporte:	Lleva 4 apoyos regulables fabricados de acero inoxidable para la nivelación con lo cual su diseño aguanta una sobrecarga de 150% de su capacidad sin afectar su estructura. La balanza se apoya sobre topes de jebes que amortiguan el peso.
Medición:	En kilogramos (kg) / Libras (Lb), memoria automática de acumulación: variables con selección de impresión manual o automática de los pesos.
Otros:	Función de reloj con fecha y hora en tiempo real. Modo de conteo de piezas Tara automática.

Fuente: SUMINCO S.A.



Figura N° 47: Balanza de plataforma modelo 7600SS

Fuente: SUMINCO S.A., obtenido de la página web: <http://suminco-peru.com/balanzas-de-plataforma/#>

2.1.2.3.2 Balanzas de piso

Diseñadas para el trabajo pesado en la Industria, Minería, Agricultura y Comercio.

A. Balanza de piso modelo FLOORCELL 2456

Tabla N° 20: Características del modelo FLOORCELL 2456

Modelo:	FLOORCELL 2456, ha sido diseñada para uso industrial pesado "Heavy Duty"
Fabricación:	Acero Inoxidable A-304 o de construcción sólida en acero al carbono ASTM-36
Capacidad:	500 Kg – 10 Tn
Indicador Digital:	LED o LCD
Celda de Carga:	Cuenta con 04 celdas de carga con protección IP68 contra polvo y agua, las 04 celdas son mecanizadas y llevan pernos de acero especial.
Funcionamiento:	Con corriente eléctrica y/o batería recargable.
Interface:	RS-232 para conexión a computadora e impresora.
Soporte:	Lleva 4 apoyos regulables fabricados de acero inoxidable para la nivelación con lo cual su diseño aguanta una sobrecarga de 150% de su capacidad sin afectar su estructura. La balanza se apoya sobre topes de jebe que amortiguan el peso.
Medición:	En kilogramos (kg) / Toneladas (Tn)
Otros:	Fijación de tara por teclado. Función falta, sobra y contadora. Indicador modelo 8513 en acero inoxidable.

Fuente: SUMINCO S.A.



Figura N° 48: Balanza de plataforma modelo FLOORCELL 2456

Fuente: SUMINCO S.A., obtenido de la página web: <http://suminco-peru.com/balanzas-de-piso/>

B. Balanza de piso modelo FLOORCELL 2456 (Plataforma en acero inoxidable)

Tabla N° 21: Características del modelo FLOORCELL 2456

Modelo	FLOORCELL 2456, ha sido diseñada para uso industrial pesado "Heavy Duty"
Fabricación	Acero Inoxidable A-304 y la plataforma también es de acero inoxidable.
Capacidad	500 Kg – 10 Tn
Indicador Digital	LED o LCD
Celda de Carga	Cuenta con 04 celdas de carga con protección IP68 contra polvo y agua, las 04 celdas son mecanizadas y llevan pernos de acero especial.
Funcionamiento	Con corriente eléctrica y/o batería recargable.
Interface	RS-232 para conexión a computadora e impresora.
Soporte	Lleva 4 apoyos regulables fabricados de acero inoxidable para la nivelación con lo cual su diseño aguanta una sobrecarga de 150% de su capacidad sin afectar su estructura. La balanza se apoya sobre topes de jebe que amortiguan el peso.
Medición	En kilogramos (kg) / Toneladas (Tn)
Otros	<ul style="list-style-type: none"> - Gran resistencia a cambios ambientales y radiación UV. - Alta resistencia a agentes corrosivos. - Penetra aun en zonas de difícil acceso. - Reemplaza las tradicionales manos de pintura anticorrosiva.

Fuente: SUMINCO S.A.

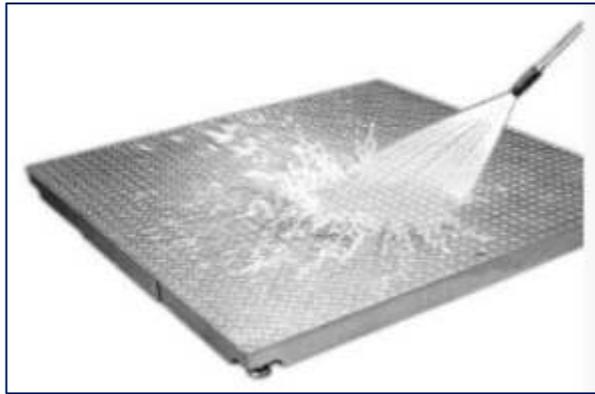


Figura N° 49: Balanza de plataforma modelo FLOORCELL 2456 (Plataforma en acero inoxidable)

Fuente: SUMINCO S.A., obtenido de la página web: <http://suminco-peru.com/balanzas-de-piso/>

2.2 Base teórica

2.2.1 Etapa Electrónica

2.2.1.1 Básculas

Las básculas son aparatos que sirven para medir el peso, también la masa de los cuerpos físicos en kilogramos (kg), libras (lb) y Toneladas (tn). Actualmente, en el mercado nacional e internacional existen varios tipos y modelos de básculas dependiendo de su uso o actividad a realizar. La capacidad del peso a medir está relacionada con el criterio de diseño y su capacidad para soportar el peso.



Figura N° 50: Básculas

Fuente: <http://balanzaselectronicas.net/basculas-industriales.html>

Las básculas están clasificadas en dos grupos:

➤ **Básculas Electrónicas.** - Las básculas electrónicas actualmente tienen una pantalla para visualizar el valor del peso y utilizan sensores llamados célula de carga o celda de carga. La celda de carga es un dispositivo que contiene una hoja de cobre o de otra aleación, que se adhiere a ella llamada galga extensiométrica (más adelante se hablará sobre ella).

➤ **Básculas mecánicas:** Las básculas mecánicas se dividen en dos grupos.

- Básculas con contrapeso. -

En la actualidad este mecanismo de palanca hace que la fuerza del peso al medir un objeto la transforme al momento de equilibrar desplazando un pilón a lo largo de la barra graduando el peso de la masa.

- Básculas con muelle elástico. -

En la actualidad este mecanismo ha desplazado a las básculas de contrapeso, en el que este mecanismo está basado en la deformación elástica de un resorte que soporta la acción gravitatoria del objeto a pesar. La báscula al funcionar como muelle elástico, miden la fuerza ejercida por un objeto sujeto a la fuerza de gravedad, es decir, el peso. Sin embargo, el peso (P) y la masa (m) están relacionados por la siguiente relación:

$$P = m \times g \quad (2.1)$$

Dónde:

- P es el peso
- m es la masa
- g es la intensidad del campo gravitatorio o aceleración de la gravedad

2.2.1.2 Introducción a una celda de carga

Todo cuerpo físico tiene un peso determinado, en el que actúa una fuerza de gravedad que ejerce un cuerpo sobre un punto de apoyo. La unidad de medida de la fuerza es el Newton (N).

En una báscula se puede medir en kilogramos (Kg) o en Libras (lb), donde verdaderamente se mide la unidad de medida de la masa. En realidad, el peso está determinado por la fuerza gravitatoria del planeta; si la fuerza se ve afectada cambiaría el peso del cuerpo; esto se refleja en un transbordador espacial, donde al salir de la órbita terrestre y se aleja de la fuerza gravitatoria, el cuerpo empieza a carecer de peso. Si se pudiera pesar en una báscula, el cuerpo pesaría menos, si se aleja del planeta tierra, en cambio la masa no se alteraría y seguiría siendo la misma. (SPC, 2018)



Figura N° 51: Se observa como los cuerpos en el espacio exterior carecen de fuerza

Fuente: <https://www.ispc.com.mx/articulos/celdas-de-carga>

Se tomaron los siguientes conceptos para la realización de la siguiente parte:

2.2.1.2.1 Definición de la celda de carga analógica

La celda de carga es un dispositivo donde la fuerza aplicada que deforma la estructura es proporcionalmente a la impedancia de sensores de deformación (galgas extensiométricas), dichos sensores se encuentran en la superficie donde se conectan entre sí para formar un puente

Wheatstone. La galga está unida a una viga que se deforma cuando se le aplica un peso, cuando a esta se le energiza, dicha energía mecánica se transforma a una señal eléctrica directamente proporcional a la fuerza que se aplique.

Dentro de las celdas de carga basadas en las galgas extensiométricas también existe una variedad de tipos diferenciándose en tamaño, fuerza, modo que se realiza la señal y otros. (SPC, 2018)

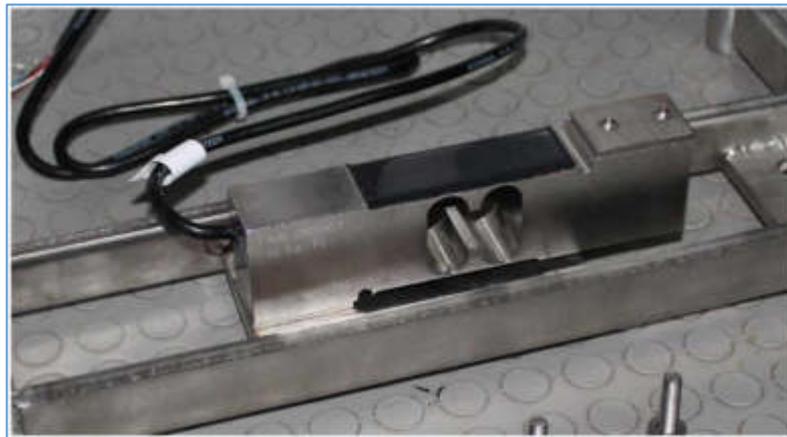


Figura N° 52: Celda de Carga – Barra o corte de viga

Fuente: <https://www.ispc.com.mx/articulos/celdas-de-carga>

2.2.1.2.2 Extensómetro

Se denomina galga extensiométrica o extensómetro al dispositivo que puede variar su impedancia al momento de aplicar una fuerza; esta hace que sufra una deformación por lo cual produce una variación en su resistencia eléctrica. Las galgas usan la propiedad física de la resistencia eléctrica. El extensómetro puede estar hecho generalmente de cobre o de otra aleación, dicho material es una lámina delgada en forma de ondas recubierto con material aislante. (SPC, 2018)

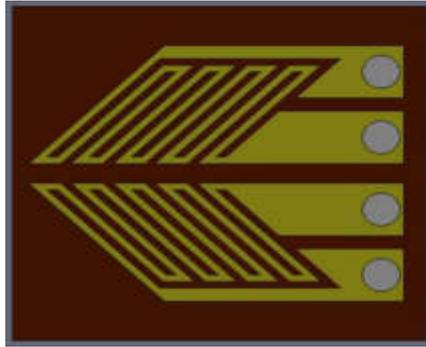


Figura N° 53: Extensómetro o galga extensiométrica

Fuente: <https://www.ispc.com.mx/articulos/celdas-de-carga>



Figura N° 54: Extensómetro en paralelo en una celda de carga

Fuente: <https://www.ispc.com.mx/articulos/celdas-de-carga>

Las galgas extensiométricas son sensores de contacto físico directo, con lo cual está diseñado para medir el desempeño en condiciones estáticas y dinámicas de elementos mecánicos.

La resistividad eléctrica está dada por el siguiente concepto, como lo muestra la ecuación (2.2)

Una galga extensiométrica tiene como principio de funcionamiento el efecto piezorresistivo, dicha propiedad está en algunos metales; la resistividad varía en función de la deformación a la que están sometidos. La distorsión que sufre en la resistividad del material es debido a la variación de la distancia interatómica.

Toda galga extensiométrica tiene una resistividad eléctrica. Se sabe que la galga es una rejilla de cable conductor. A continuación, la resistividad eléctrica se expresa como:

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (2.2)$$

Dónde:

ρ = Resistividad del cable conductor

L = Longitud

A = Área transversal

R = Resistividad eléctrica

Tabla N° 22: Especificaciones técnicas de la celda de carga de 40 kg

Especificaciones Técnicas	
Carga nominal	1 – 40 (kg)
Sensibilidad	2 mV/V
Tensión máxima	15 V
Resistencia de entrada	402 ± 6Ω
Resistencia de salida	350 ± 3Ω
Tipo de circuito de compensación	Puente balanceado
No linealidad	0,03% FS
Histéresis	0,02% FS
Rango de temperatura operativa	-35 °C +80 °C
Resistencia del puente	350 Ω
Código de colores	+excitación=Blanco, +señal= Verde. -excitación=Rojo, -señal= Negro.

Elaboración: los autores

2.2.1.2.3 Implementación electrónica del sistema de pesaje

En la siguiente Figura N° 55 se muestra la mecánica de una viga de corte donde se aprecia que tiene dos puntos de anclajes, uno en el lado derecho y otro en el lado izquierdo, se ancla una base que va a soportar el peso a medir.



Elaboración: los autores

Figura N° 55: Diseño asistido por AutoCAD - Mecánica de la celda de carga de viga de corte

A. Diseño de un sistema de pesaje

Para el diseño del sistema de pesaje para las marranas, cerdos jóvenes y peso del alimento, luego de evaluar los tipos de celdas de carga, se utilizará unas celdas de carga de viga de corte, para lo cual también se investigó algunas consideraciones.

B. Celda de carga seleccionada para el sistema de pesaje

Se hizo una selección de las celdas de carga tanto por su forma como por su material de construcción. Para el diseño, se utilizó una celda de carga de viga al corte de 500 kg para el pesaje que está fabricada en acero inoxidable y una celda de viga de 40 kg fabricado de aluminio.

C. Viga al corte

La viga al corte tiene un diseño de tipo báscula de bajo perfil y aplicaciones de procesamiento. Su cavidad de la galga extensiométrica contiene una lámina delgada de metal sobre el cual las galgas extensiométricas están montadas. Sus capacidades típicas van de 1.000lbs hasta 20.000lbs, aunque algunos fabricantes ofrecen hasta 40.000lbs.

La viga al corte contiene unos huecos de montaje; el cual, debe ser montada en una superficie plana y lisa con pernos endurecidos de alta resistencia. Estas operan mejor dentro de un rango de temperatura entre -9°C y 46°C . El rango máximo de operación tiene un cambio mínimo de rendimiento que va entre los -17°C a 65°C .

Vigas al corte puede ser construida de acero al carbón o acero inoxidable para uso en ambientes rudos.

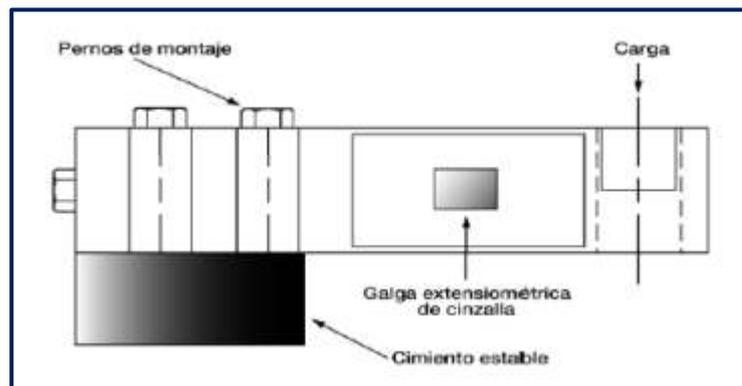


Figura N° 56: Viga al corte

Fuente: *Load Cell and Weigh Module Handbook*

Las celdas de carga de viga al corte ofrecen muchas ventajas cuando son utilizadas en módulos de pesaje bien diseñadas.

D. Consideraciones generales de montaje para vigas al corte

Debido a investigaciones realizadas para el proyecto se ha encontrado estas posibles consideraciones sobre la instalación de este tipo de celdas de carga, las mismas que se describen, a continuación:

1. La superficie de montaje debe ser plano y nivelado
2. El bloque de montaje debe ser lo suficiente grueso para proveer suficientes hebras para los tornillos de montaje.
3. La carga debería ser aplicada verticalmente a través de la línea central del hueco de carga.

4. La carga tiene que proveer la flexibilidad, para evitar la transmisión de fuerzas ajenas y tolerar la deflexión inevitable de la celda.

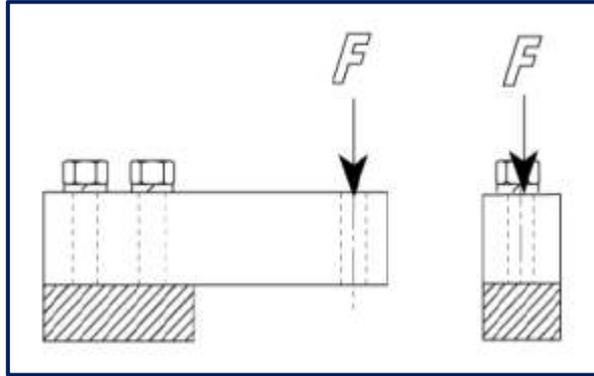


Figura N° 57: Fuerza aplicadas a las celdas de viga al corte

Fuente: *Load Cell and Weigh Module Handbook*

E. Orientación de vigas al corte

La Figura N° 58 ilustra cuatro diferentes silos y configuraciones de montaje recomendadas para módulos de pesaje de viga al corte.

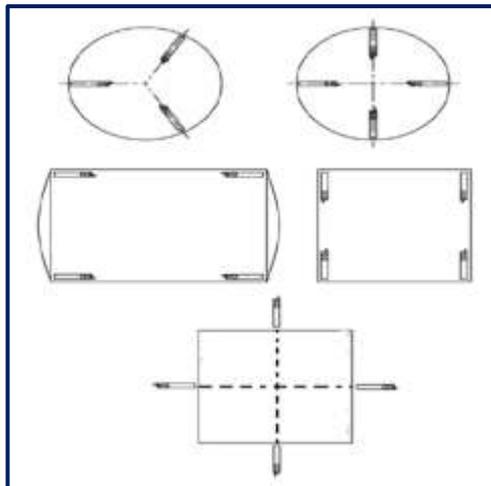


Figura N° 58: Instalación de celdas de acuerdo a su aplicación

Fuente: *Load Cell and Weigh Module Handbook*

F. Aplicación de fuerzas en celda de carga

Básicamente la carga o fuerza debe ser aplicada perpendicularmente sobre el sensor evitando fuerzas laterales. Cuando se utiliza un contenedor se debe buscar su centro de gravedad, y nivelar el peso en todos sus puntos de apoyo.

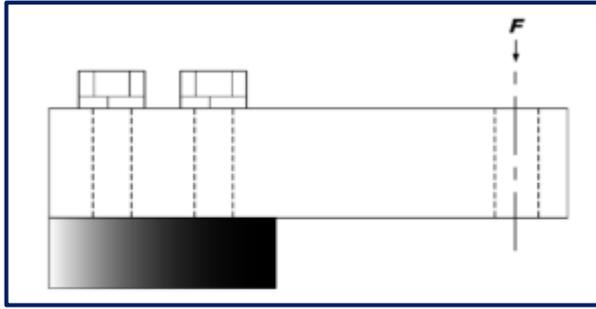


Figura N° 59: Orientación ideal de la fuerza

Fuente: Load Cell and Weigh Module Handbook

La Figura N° 59 muestra un arreglo típico de montaje para una viga al corte. El término fijo queda sujeción a una fundación “rígida” mientras que el extremo libre es voladizo para permitir que se encorve hacia abajo cuando se aplica una carga (F).

G. Carga angular

Esta es una condición en donde la carga F es introducida por medio del hueco de carga, pero a un ángulo de su línea central (Figura N° 60). La fuerza angular puede ser separada entre su componente vertical que la celda registrará a través de la línea central del hueco de carga y su componente horizontal a 90° de la línea central.

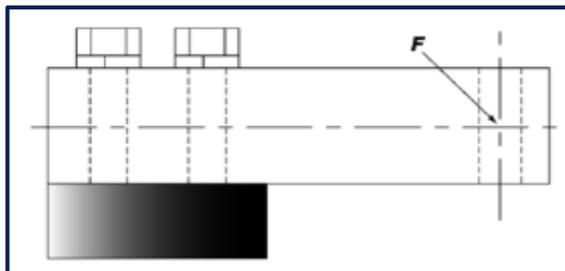


Figura N° 60: Desviación angular de la carga en la celda

Fuente: Load Cell and Weigh Module Handbook

Si la dirección de la fuerza es constante, la calibración compensará por esto y la báscula pesará con precisión. Sin embargo, si el ángulo cambia mientras se aplica la fuerza, causará una falta de linealidad y, si hay fricción en el sistema mecánico, histéresis también estará presente.

H. Carga excéntrica

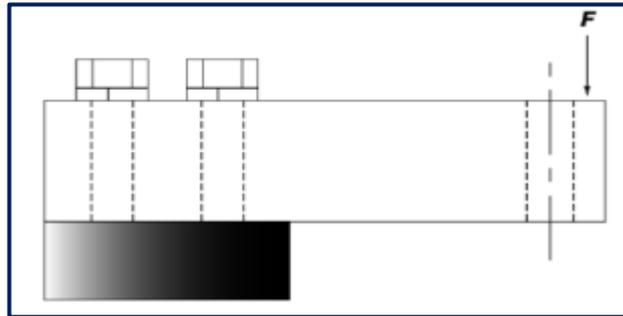


Figura N° 61: Carga excéntrica

Fuente: Load Cell and Weigh Module Handbook

Esta es una condición en que la carga F es aplicada verticalmente a la celda, pero donde su línea de acción queda desplazada de la línea vertical a través del hueco vertical (Figura N° 61). Esta no es una condición perjudicial si la fuerza es aplicada consistentemente en el mismo punto, porque entonces la calibración puede compensar por este efecto.

I. Cargas laterales

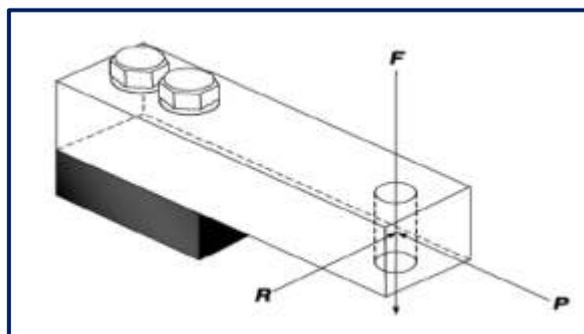


Figura N° 62: Cargas laterales

Fuente: Load Cell and Weigh Module Handbook

Esta es una condición en donde la carga vertical F (que se está tratando de medir) está acompañada por una fuerza lateral R aplicada a 90° de F (Figura N° 62). Esta fuerza puede ser constante, pero más típicamente es una fuerza que varía a través del tiempo y entonces afecta la linealidad y posiblemente la histéresis de la báscula.

J. Precisión del sistema de pesaje

Se considera que los sistemas de alta precisión tienen errores de sistema de $\pm 0.25\%$ o menos; sistemas de menor precisión tendrán errores de sistema de $\pm 0.50\%$ o más. La mayoría de los indicadores de peso tienen un error de $\pm 0.01\%$, así que la fuente mayor de error serán las celdas de carga y, más importante, el arreglo mecánico de la báscula misma. En el pesaje de silos, cada instalación es única en términos de su arreglo mecánico, las condiciones del sitio, y factores ambientales, tales como temperatura, humedad, contaminación ruido, magnetismo, entre otros.

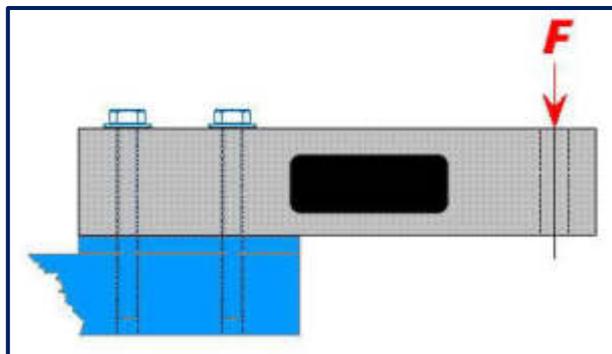


Figura N° 63: Mecánica de la celda de carga con fuerza ejercida

Fuente: http://www.fralib.com/infotecnica_celdas_de_carga_como_aplicar_las_fuerzas.html

A continuación, en la Figura N° 64, se muestra el esquemático de las conexiones de una celda de carga.

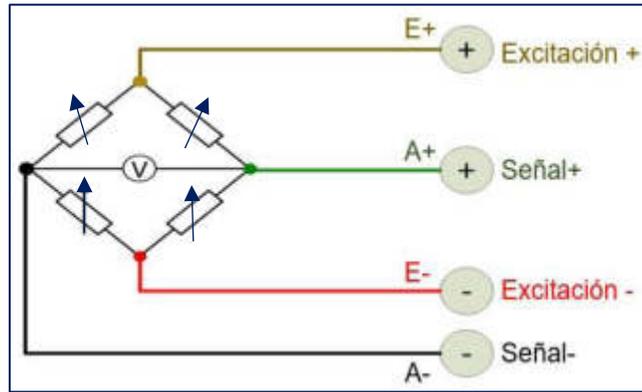


Figura N° 64: Conexiones de una celda de carga

Elaboración: los autores

Cada celda de carga tiene una salida con cinco cables:

- Rojo: + Excitación
- Negro: – Excitación
- Verde: + Señal
- Blanco (color dorado): - Señal
- Negro grande: Malla

Las características básicas de la celda de carga son: (Mercado, Cisneros y Romero, 2006, pp. 22-23).

- a)** Capacidad: es la capacidad total de la celda de carga a la que puede ser sometida e incluye el peso muerto, el peso neto máximo y la tolerancia.

$$\text{Capacidad} = \text{Peso Muerto} + \text{peso Neto Máx.} + \text{Tolerancia} \quad (2.3)$$

- b)** Precisión: puede ser expresada en términos de linealidad, repetición, deslizamiento y rapidez. Estas condiciones son todas expresadas como un porcentaje de la capacidad total de la celda de carga. Por ejemplo, una celda de carga de 40Kg. Tiene una precisión total figurada en un $\pm 0.02\%$, que viene a ser la histéresis, esto significa que la celda de carga medirá cargas entre 0 y 40Kg con ± 8 gramos de precisión.
- c)** Sensibilidad: indica el voltaje que entrega el circuito de la galga por cada voltio de excitación, cuando está sometido al peso máximo. La

alimentación dada por el fabricante está entre +5 y +15 Voltios, pero para este caso se alimentará con +5Vdc.

$$\text{Señal Máx.} = \text{Sensitividad} \times \text{Voltaje Excitación} \times \frac{\text{Carga}}{\text{Capacidad}} \quad (2.4)$$

Si la capacidad y la carga son iguales, se puede expresar la ecuación como la siguiente:

$$\text{Señal Máx.} = \text{Sensitividad} \times \text{Voltaje Excitación} \quad (2.5)$$

- d) Sensibilidad térmica: indica que tanto la salida cambiará con la temperatura, y es comúnmente expresada en porcentaje de carga completa/ $^{\circ}\text{C}$.
- e) Amplificación de la señal: la salida de las células de carga y de los puentes son relativamente pequeñas. En la práctica, la mayoría de células de carga y de los transductores basados en células de carga proporcionan una salida de menos de 10 mV/V (10 mV de salida por voltio de tensión de excitación). Con una tensión de excitación de 10V, la señal de salida es de 100 mV. Por lo tanto, un acondicionador de señal de una célula de carga, incluye generalmente un amplificador para la señal de salida de la celda de carga; y así incrementar el nivel de resolución de la medida y mejorar la relación señal-ruido.

2.2.1.2.4 Ley de Hooke

Tiene un eje activo (longitudinal) para que la deformación sea máxima, mientras que en el eje transversal es prácticamente insensible a la deformación. En la zona elástica del material, la deformación unitaria (ϵ) es proporcional a la tensión o esfuerzo (σ).

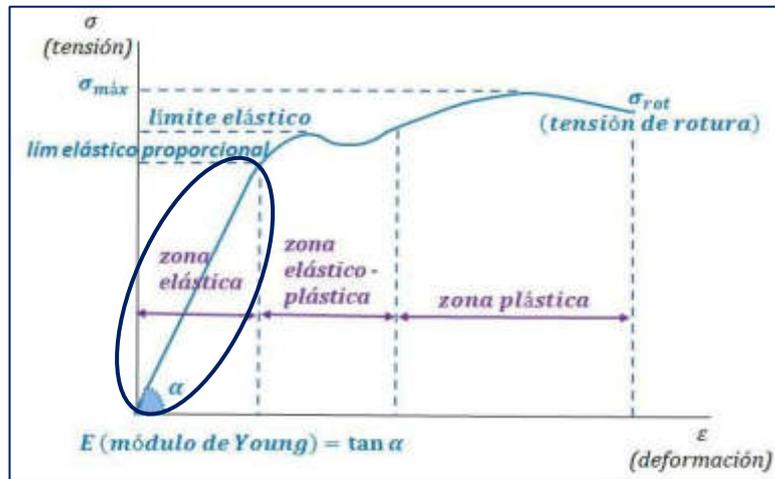


Figura N° 65: Zonas de elasticidad en la ley de Hooke

Fuente: <https://www.universoformulas.com/fisica/dinamica/ley-hooke/>

- La ley de Hooke se cumple en la **zona elástica**

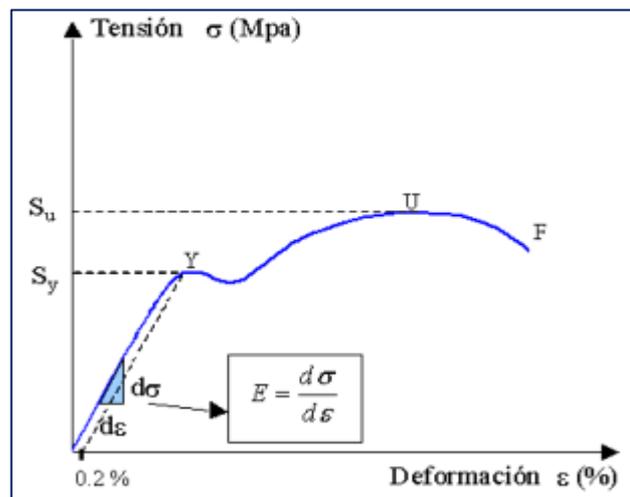


Figura N° 66: Zona elástica en la ley de Hooke para galga extensiométrica

Fuente: <https://www.universoformulas.com/fisica/dinamica/ley-hooke/>

En la zona de proporcionalidad, se cumple la Ley de Hooke estableciendo que el alargamiento unitario que experimenta un material elástico es proporcional al módulo de la fuerza aplicada F , como lo muestra la ecuación (2.6).

$$\varepsilon = \frac{\delta}{L} = \frac{F}{AE} \quad (2.6)$$

Donde:

ε = Deformación unitaria

δ = El alargamiento

L = La longitud original

F = Fuerza aplicada

E = Módulo de elasticidad / Módulo de Young del material

A = Sección transversal de la pieza estirada

Se define “E” como Módulo de elasticidad, como lo muestra la ecuación (2.7):

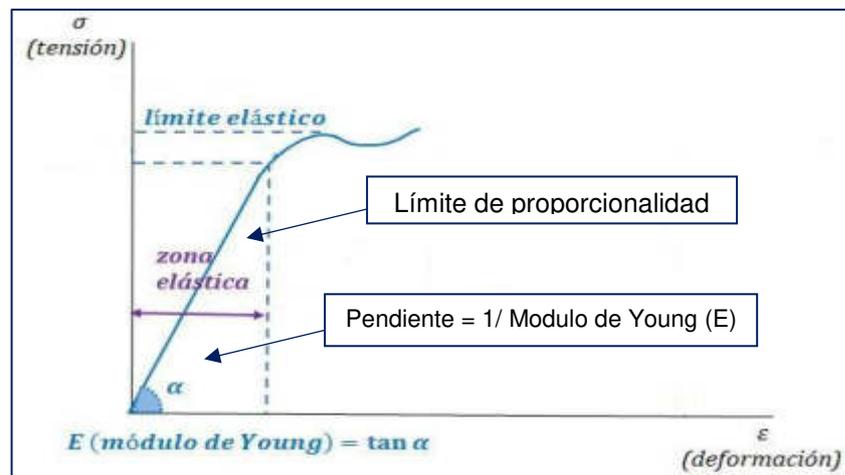


Figura N° 67: Zona elástica de tensión - deformación (s-e)

Fuente: http://www.mecapedia.uji.es/modulo_de_elasticidad.htm

La zona elástica del material, indica un comportamiento lineal del mismo.

$$E = \frac{d\sigma}{d\varepsilon} \quad (2.7)$$

Esta ley se aplica dentro del rango elástico, es decir hasta el denominado límite elástico; una vez pasado este límite, la deformación no es proporcional a la tensión.

Para los resortes también se cumple la Ley de Hooke, como lo muestra la ecuación (2.8):

$$F = -k\delta \quad (2.8)$$

La constante “k” es la elasticidad del resorte y δ es su alargamiento. Una de las propiedades a tener en cuenta es la rigidez, tanto estructural como intrínseca. La rigidez estructural es aquella que depende de la forma de la pieza, mientras que la intrínseca es aquella que depende de la energía.

De la Figura N° 71 también se puede calcular el escalamiento de las celdas de carga por lo que utilizamos la ecuación de la recta para poder linealizarlas

$$(y' - y_1) = \frac{(x-x_1)}{(y-y_1)}(x' - x_1) \quad (2.9)$$

Usualmente, los materiales que se utilizan para fabricar galgas son elementos semiconductores como el silicio y el germanio en láminas metálicas delgadas. Como se mencionó la celda de carga tiene cuatro galgas extensiométricas y su configuración más común para medir deformaciones es el puente Wheatstone como se muestra en la Figura N° 68.

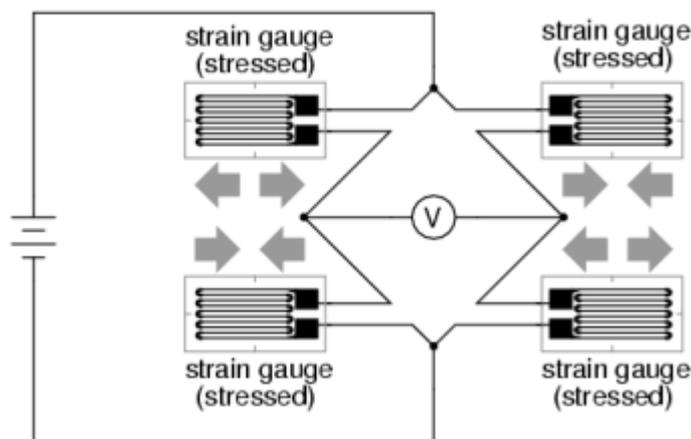


Figura N° 68: Puente completo de los indicadores de tensión

Fuente:

[https://workforce.libretexts.org/Bookshelves/Electronics_Technology/Circuitry/Book%3A_I_Direct_Current_\(DC\)/9%3A_Electrical_Instrumentation_Signals/9.7%3A_Strain_Gauges](https://workforce.libretexts.org/Bookshelves/Electronics_Technology/Circuitry/Book%3A_I_Direct_Current_(DC)/9%3A_Electrical_Instrumentation_Signals/9.7%3A_Strain_Gauges)

2.2.1.2.5 Tipos de montajes básicos de una galga.

Existen tres tipos de montaje básicos:

- a) **Puente de medida con una galga:** Este puente de medida se caracteriza por una baja sensibilidad. Por otro lado, al solo haber una galga esta no está compensada en temperatura. (V. Ciscar Martínez, pág. 10) (Figura N° 69)

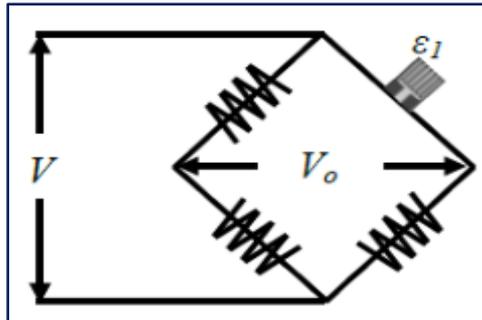


Figura N° 69: Puente de medida con una galga

Fuente: Determinación De La Sensibilidad Y Efectos De Agentes Externos En Galgas Extensométricas. (Tesis)

$$V_0 = V K_{\varepsilon} / (4 + 2 K_{\varepsilon}) \quad (2.10)$$

Donde:

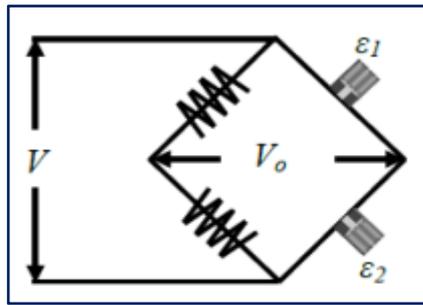
V = voltaje de entrada (voltaje)

V0 = voltaje de salida

ε = deformación unitaria

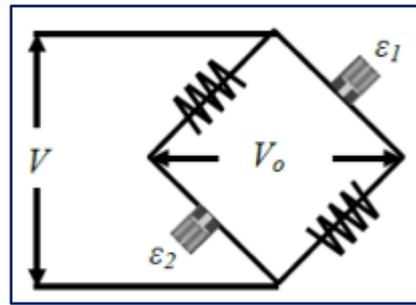
K = constante

- b) **Puente de medida con dos galgas (Medio Puente):** Debido a la utilización de dos galgas se consigue duplicar la sensibilidad del puente respecto al anterior. Esto permite que para una misma deformación tengamos una mayor señal de salida para una tensión de alimentación dada. La disposición de las galgas, permiten mejorar la compensación de temperatura. (V. Ciscar Martínez, pág. 10) (Figura N° 70)



$$V_0 = V (K_\varepsilon / 2) \quad (2.11)$$

$$\varepsilon_1 = -\varepsilon_2$$



$$V_0 = K_\varepsilon / (2 + K_\varepsilon) \quad (2.12)$$

$$\varepsilon_1 = \varepsilon_2$$

Figura N° 70: Configuración de medio puente

Fuente: Determinación De La Sensibilidad Y Efectos De Agentes Externos En Galgas Extensométricas. (Tesis)

Donde:

V = voltaje de entrada (voltaje)

V0 = voltaje de salida

ε = deformación unitaria.

K = constante

- c) **Puente de medida con cuatro galgas (Puente Completo):** La utilización de cuatro galgas cuadruplica la sensibilidad del puente respecto al puente de una sola galga. De igual forma que en el caso anterior, las galgas están compensadas en temperatura. (V. Ciscar Martínez, pág. 11) (Figura N° 2.62)

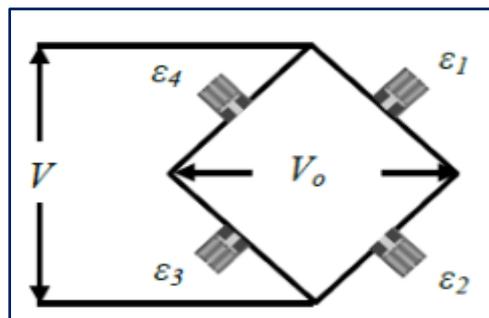


Figura N° 71: Configuración de puente completo

Fuente: Determinación De La Sensibilidad Y Efectos De Agentes Externos En Galgas Extensométricas. (Tesis)

$$\varepsilon_1 = -\varepsilon_2 = \varepsilon_3 = \varepsilon_4^1 \quad (2.13)$$

¹ Determinación de la Sensibilidad y efectos de agentes externos en Galgas Extensométricas. (Tesis)

$$\text{La tensión de salida: } V_0 = V K \varepsilon = V_B \frac{\Delta R}{R} \quad (2.14)$$

$$V_0 = V_B - V_A = \frac{V_B}{2R} (R + \Delta R) - \frac{V_B}{2R} (R + \Delta R) \quad (2.15)$$

Donde:

R = resistencia (ohms)

V = voltaje de entrada (voltaje)

V_0 = voltaje de salida

K = constante

ε = deformación unitaria.

2.2.1.2.6 Puente de Wheatstone

Un puente de Wheatstone es un dispositivo eléctrico de medida, inventado por Samuel Hunter Christie en 1832, mejorado y popularizado por Sir Charles Wheatstone en 1843 (Ing. Gabriel Esquer, 2013). Este dispositivo es un instrumento de precisión que opera con una corriente continua o alterna, permitiendo la medida tanto de resistencias (ohm) como la equivalencia en circuitos de corriente alterna, en los que existen otros elementos como bobinas o condensadores (impedancias).

Es un circuito utilizado para la medición de la resistencia eléctrica estática o dinámica. La tensión de salida del puente de Wheatstone se expresa en mili voltios de salida por voltaje de entrada como se observa en la siguiente ecuación. (Figura N° 72).

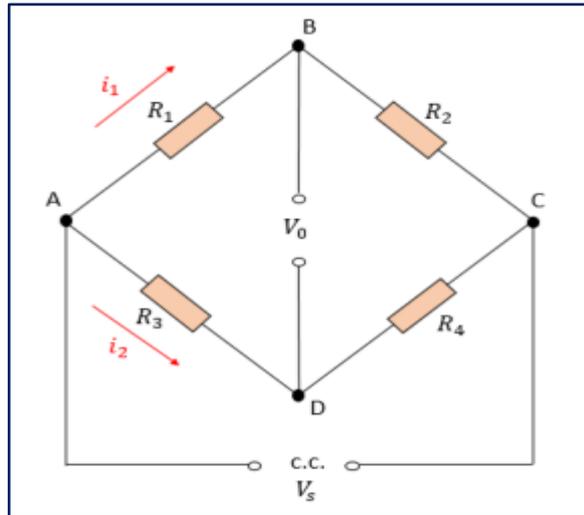


Figura N° 72: Puente Wheatstone

Elaboración: los autores

Donde:

R_1, R_2, R_3 y R_4 = Resistencias

i_1, i_2 = Corrientes

V_0 = voltaje de salida

V_s = Voltaje de alimentación

Quando el voltaje de salida V_0 es cero, el potencial B debe ser igual al potencial en D, la diferencia de potencial en R_1 , es decir, V_{AB} debe ser igual a la diferencia en R_3 , o sea, V_{AD} . Por lo tanto (Bolton, 2013):

$$i_1 \times R_1 = i_2 \times R_3 \quad (2.16)$$

También significa que la diferencia de potencia en R_2 , es decir, V_{BC} , debe ser igual a la de R_4 , es decir V_{DC} . Dado que en BD no hay corriente, ya que la resistencia R_2 debe ser igual a la resistencia R_1 y la corriente en R_4 debe ser la misma que en R_3 . Por consiguiente (Bolton, 2013):

$$i_1 \times R_2 = i_2 \times R_4 \quad (2.17)$$

Dividiendo las dos ecuaciones se obtiene:

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4} \quad (2.18)$$

Se dice que el puente esta balanceado.

Considere qué sucede cuando una de las resistencias cambia su condición de balance. El voltaje de alimentación V_s se conecta entre los puntos A y C, y por eso la caída de potencia en el resistor R_1 es la fracción (Bolton, 2013):

$$\frac{R_1}{R_1 + R_2} \quad (2.19)$$

Por lo tanto:

$$V_{AB} = \frac{V_s \times R_1}{R_1 + R_2} \quad (2.20)$$

De igual manera, la diferencia de potencia en R_3 es:

$$V_{AD} = \frac{V_s \times R_3}{R_3 + R_4} \quad (2.21)$$

Entonces, la diferencia de potencia entre B y D, es decir, la diferencia de potencial a la salida V_o es:

$$V_o = V_{AB} - V_{AD} = V_s \times \left[\frac{R_1}{R_1 + R_2} - \frac{R_3}{R_3 + R_4} \right] \quad (2.22)$$

2.2.2 Etapa mecánica

Diseño e implementación del transporte del alimento para el comedero de las marranas gestantes y de los cerdos jóvenes el cual consta de un peso aproximado entre 300 gramos a 350 gramos durante la primera etapa. (Figura N° 73).



Figura N° 73: Muestras de alimento por etapa

Fuente: UNALM – Unidad de porcinos

2.2.2.1 ¿Qué es un Motor-reductor?

Los motor-reductores son sistemas que cumplen con el accionamiento de todo tipo de máquinas y aparatos de uso industrial, donde dichos sistemas contienen engranajes para que funcionen a distintas velocidades y así puedan reducir su velocidad en una forma segura y eficiente.

El beneficio al emplear motores reductores es:

- Tiene una regulación perfecta tanto en velocidad como en la potencia transmitida.
- Posee una mayor capacidad de eficiencia al accionar la transmisión de la potencia suministrada por el motor.
- Se logra un equilibrio entre la potencia transmitida y la velocidad.
- Los gastos de mantenimiento se reducen gracias a la seguridad de la transmisión.
- Posee menor espacio requerido en la instalación y mayor fuerza en el montaje del motor.
- Se reduce el tiempo requerido para su instalación

Se tiene los siguientes tipos de motores reductores:

- **Coaxial.** - El eje del motor y del reductor están alineados, su transmisión es mediante engranajes rectos. El eje de salida siempre es recto.
- **Paralelo.** - El eje del motor y del reductor están en planos paralelos, su transmisión es mediante engranajes rectos. Permite múltiples ejes de salida.
- **Cónico.** - El eje del motor y del reductor están a 90°, su transmisión mediante engranajes cónicos. El engranaje cónico es siempre la parte más débil.
- **Corona sin fin.** - El eje del motor y del reductor están a 90°, su transmisión se da mediante engranajes. Una sola etapa de reducción.

Ventajas:

- ✓ Buena regularidad de marcha (tanto en la velocidad como en la potencia)
- ✓ Tiene una mayor seguridad en su transmisión
- ✓ Bajos costos de mantenimiento
- ✓ Posee un menor espacio requerido para una mayor rigidez
- ✓ Cuenta con un menor tiempo requerido en su instalación

Desventajas:

- ✓ Mayores pérdidas de potencia que otros sistemas
- ✓ A grandes potencias se debe mantener en cuenta la alta temperatura del sistema.
- ✓ Mayores costos de instalación y montaje con equipo de alto rendimiento.

2.2.2.2 Cinemática de un tornillo sin fin

El tornillo sin fin se emplea para transmitir movimiento, el cual se podría obtener velocidades medias y grandes en un espacio muy limitado. El engrane pequeño se conoce como tornillo sin fin; el engrane más grande, como sin fin, rueda sin fin o simplemente engrane.

El tornillo sin fin se parece a un simple tornillo, por lo que con frecuencia los dientes del tornillo sin fin se denominan cuerdas o vuelo. Los tornillos sin fin se fabrican comúnmente con uno, dos o cuatro cuerdas, de modo que el número de dientes (cuerdas) de un tornillo sin fin N es una propiedad importante. Los conceptos de cuerdas múltiples superpuestas en un tornillo sin fin son individuales. (Máquinas y mecanismos, 4ta Edición – David H. Myszka)



Figura N° 74: (a) Cuerda única – (b) Cuerda doble

Fuente: Máquinas y mecanismos, 4ta Edición – David H. Myszka

- ❖ Ventajas del tornillo sin fin
 - Elevada reducción de velocidades
 - Funcionamiento silencioso
 - Espacio reducido a ocupar
 - Irreversibilidad (puede conseguir que la rueda no pueda mover al tornillo)

- ❖ Desventajas del tornillo sin fin
 - Necesidad de una esmerada construcción y montaje
 - Bajo rendimiento, debido a la elevada fricción entre los dientes y el tubo.

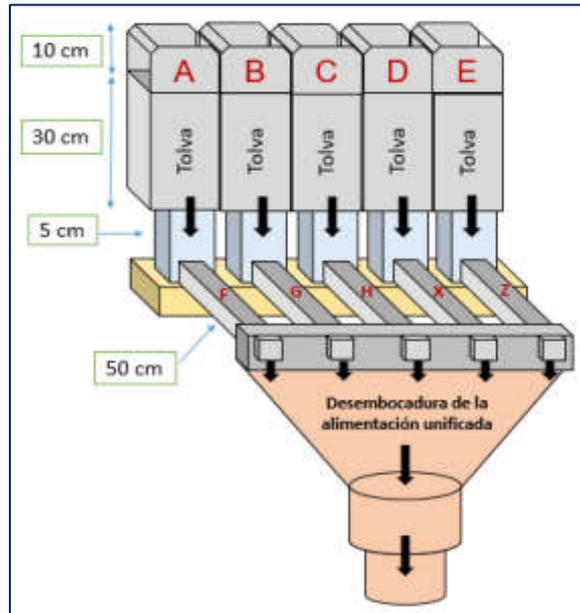


Figura N° 75: Diseño de las cinco tolvas con su tornillo sin fin respectivo

Elaboración: los autores

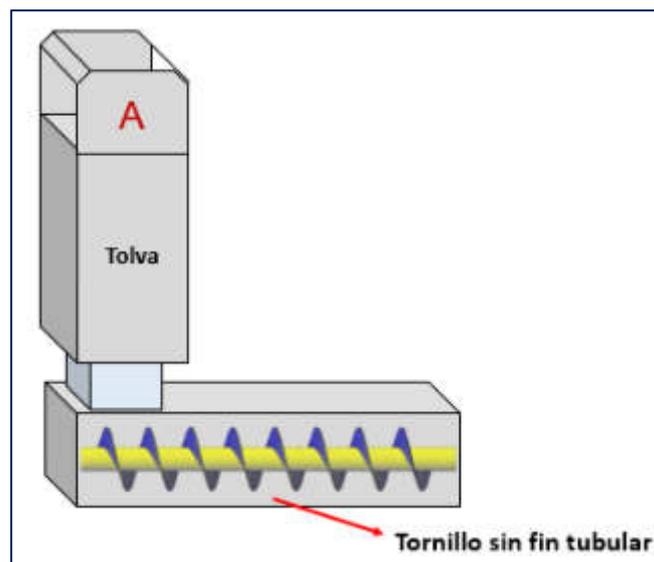


Figura N° 76: Vista lateral del diseño de la tolva con su tornillo sin fin

Elaboración: los autores

A continuación, se mostrará las fórmulas matemáticas que se utilizaron para la demostración de cómo se diseñó el tornillo sin fin, con su respectiva tolva para almacenar la comida de las cuatro etapas del cerdo joven y de la marrana gestante.

2.2.2.3 Teoría de como hallar las medidas de un tornillo sin fin

Fórmulas matemáticas:

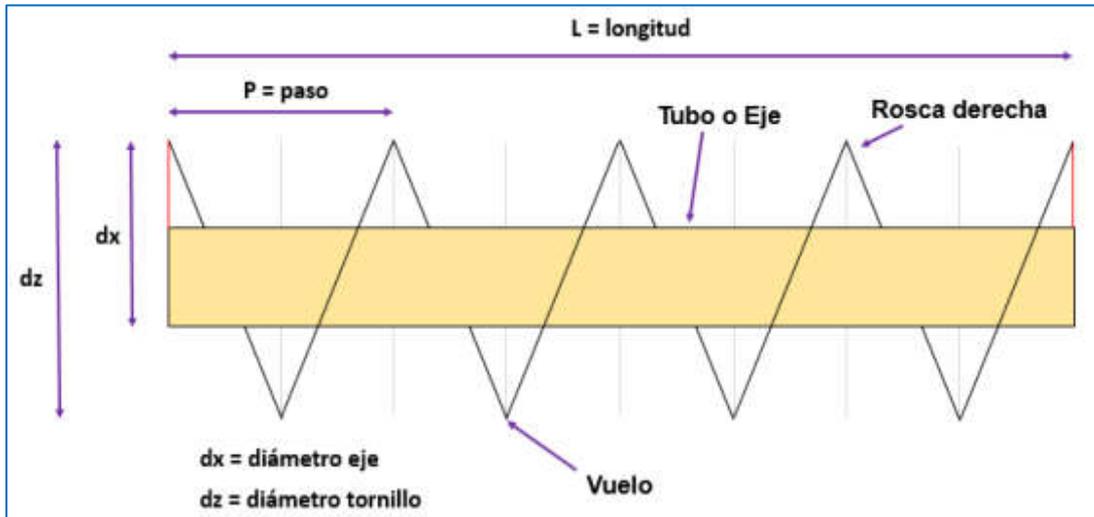


Figura N° 77: Partes de un tornillo sin fin con sus respectivos nombres

Elaboración: los autores

Donde:

La anchura:
$$H = \frac{(dz - dx)}{2} \quad (2.23)$$

, siendo "dz" y "dx" los diámetros de tornillo y eje respectivamente,

dz = Unidad (milímetros) y dx = Unidad (milímetros)

Las longitudes de arco interior (l) e exterior (L) se calculan a partir de las expresiones mostradas debajo. (Paredes, 2017)

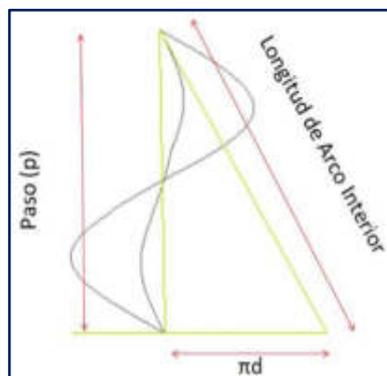


Figura N° 78: Como se halla la longitud de Arco Interior

Fuente: <http://mecanotecnia.blogspot.com/2017/08/diseño-mecánico-de-transportadores-de.html>

$$\text{Longitud de Arco interior (l): } l = \sqrt{(\pi dx)^2 + P^2} \quad (2.24)$$

P = Paso (Paredes, 2017)

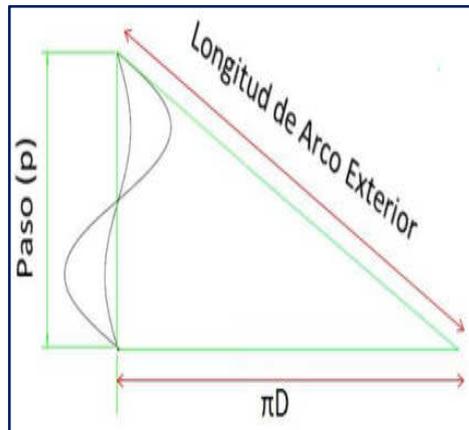


Figura N° 79: Como se halla la longitud de Arco exterior

Fuente: <http://mecanotecnia.blogspot.com/2017/08/disenio-mecanico-de-transportadores-de.html>

$$\text{Longitud de Arco exterior (L): } L = \sqrt{(\pi dz)^2 + P^2} \quad (2.25)$$

P = Paso, D = dz (Paredes, 2017)

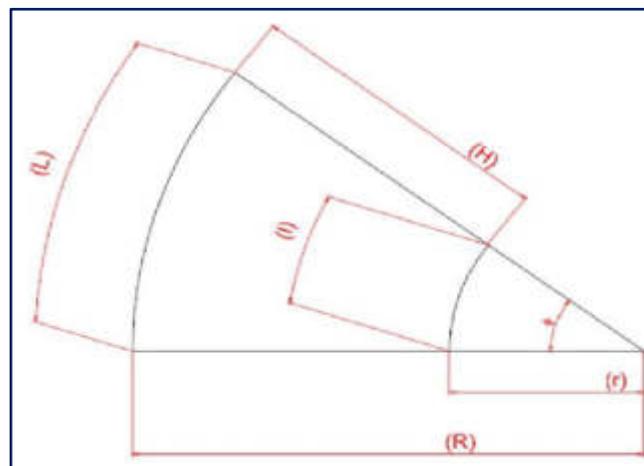


Figura N° 80: Desarrollo del radio de vuelo

Fuente: <http://mecanotecnia.blogspot.com/2017/08/disenio-mecanico-de-transportadores-de.html>

Siendo $\tan \Phi = \frac{L}{H}$, Longitud de Arco exterior = L

Además: $R1 = r1 + H$, $R1$ = radio mayor y $r1$ = radio menor

$$\text{El radio } R1 \text{ se calcula así: } R1 = \frac{(L \times H)}{(L - H)} \quad (2.26)$$

El ángulo de corte radial (en grados sexagesimales):

$$\Theta = 360^\circ - \Delta \quad (2.27)$$

Donde:

Δ = Amplitud de la circunferencia

Siendo:

$$\Delta = \frac{(L \times 360^\circ)}{2\pi R1} , \quad (2.28)$$

r1 y R1 con un error de +/- 1 mm

2.2.3 Etapa de procesamiento digital de imágenes

2.2.3.1 ¿Qué entendemos por imagen?

La imagen está definida matemáticamente como una función bidimensional, $f(x,y)$, la cual está representada por las coordenadas x e y en el plano cartesiano, y f es la intensidad o nivel de gris de la imagen en esta coordenada (Ramón, 2005).

2.2.3.2 ¿Qué es una imagen digital?

Una imagen es la representación de una cosa u objeto, el cual posee una información, que está representada por x e y ; los valores de f son todas cantidades finitas y discretas, por eso se menciona que la imagen es una imagen digital (Ramón, 2005).

La imagen digital contiene un número finito de componentes, por lo que cada uno tiene un lugar y valor específicos. Estos son llamados pels, o pixels (Ramón, 2005).

2.2.3.3 Qué se entiende por procesamiento de imágenes digitales

Las personas están limitadas a visualizar una banda del espectro electromagnético (EM). Las máquinas llegan a percibir parcialmente el espectro completo, entre los rayos gamma hasta las ondas de radio, también procesan imágenes generadas por fuentes que los humanos no podrían asociar con imágenes; como es el caso del ultrasonido, la microscopía de electrones, etc.

Otros campos como el Análisis de Imágenes y la Visión por Computadora, los cuales utilizan las computadoras para simular la visión humana, incluyendo el aprendizaje, hacer inferencias y actuar basándose en entradas visuales. (Ramón, 2005)

2.2.3.3.1 Imagen policroma

Se denomina a una imagen policroma cuando se pinta de varios colores, tanto bidimensionales o ciertas partes de obras tridimensionales.

Función tridimensional de intensidades de luz $f(x,y,n)$ correspondientes a 3 colores primarios (R: Rojo, G: Verde y B: Azul) (Dr. Kemper, 2016)

Donde:

- “X” y “Y” son coordenadas espaciales
- “f” en un punto (x,y,n) es proporcional al brillo o intensidad de la componente primaria “n” ($n=1,2,3$).

Unidad mínima de representación de una imagen digital: PIXEL o PEL (<i>Picture Elements</i>)	
$f(x,y)$ monocroma	$f(x,y,n)$ Policroma

Fuente: (Dr. Kemper, 2016)

2.2.3.3.2 Procesamiento del color

El uso del color en el procesamiento de imágenes está motivado por 2 factores:

- **1er factor.** - El color es un poderoso descriptor que simplifica la identificación de objetos y su extracción de una escena.
- **2do factor.** - En segundo lugar, los seres humanos pueden discernir entre miles de tonalidades de color, comparado a cerca de dos docenas de niveles de gris.

El procesamiento del color se divide en dos áreas:

- El área de procesamiento del color
- El área de procesamiento del pseudocolor

En el primer caso en el área de procesamiento del color las imágenes se adquieren con un sensor de color como una cámara de televisión o un scanner. En el segundo caso, el área de procesamiento del pseudocolor trata de asignar un color a una intensidad o un rango de intensidades monocromas. Descubriremos que algunas de las técnicas de escala de gris vistas hasta ahora son directamente aplicables a imágenes de color. (Gonzales y Woods, 2002)

2.2.3.3.3 Fundamentos del color

Básicamente, los colores que las personas y otros animales perciben en un objeto están determinados por la naturaleza de la luz reflejada desde el objeto. La luz visible se compone de una delgada banda de frecuencias del espectro electromagnético. (Gonzales y Woods, 2002)

Un cuerpo que refleja luz balanceada en todas las longitudes de onda visibles se verá blanco. Sin embargo, un cuerpo que favorezca la reflectancia en un rango limitado del espectro visible mostrará algunos tonos de color. (Gonzales y Woods, 2002)

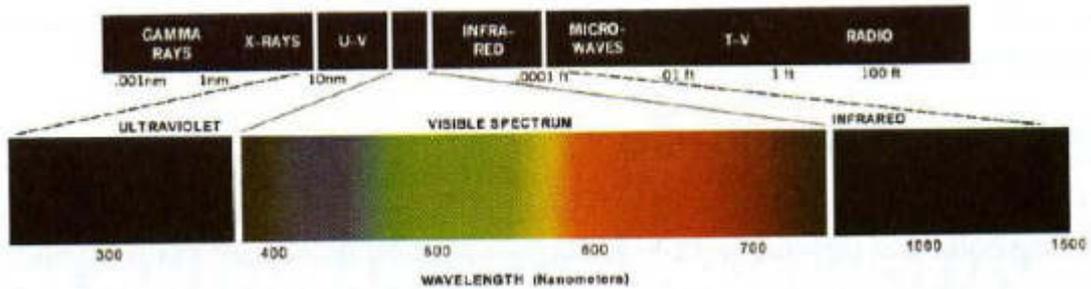


Figura N° 81: Longitudes de onda del espectro visible

Fuente: Digital Image Processing - 2da edición, Rafael C. Gonzáles y Richard E Woods, 2002.

2.2.3.3.4 Descriptor de Color

El color es una característica importante para la clasificación y descripción de objetos en la visión por computadora. Existen diferentes modelos de color los cuales se describen a continuación:

A. Modelos de color

El propósito de un modelo de color (también llamado espacio de color o sistema de color) es facilitar la especificación de colores de un modo estándar o aceptado en general. Un modelo de color es la especificación de un sistema de coordenadas y el subespacio dentro de él donde cada color puede ser representado por un solo punto.

La mayoría de los modelos de color en uso se orientan ya sea al *hardware* o a aplicaciones donde la manipulación de color es el objetivo. Los modelos orientados a *hardware* más comunes son el RGB (rojo, verde, azul), para monitores a color y cámaras de video; el CMY (cian, magenta, amarillo) y

CMYK para impresión a color; y el HSI (tono, saturación, intensidad), que se acerca a la manera como el ojo humano describe e interpreta el color. El modelo HSI también tiene la ventaja de que separa la información del color y de la escala de gris de una imagen, haciéndolo conveniente para muchas técnicas de escala de gris desarrolladas en este curso. (Gonzales y Woods, 2002)

Colores primarios:

- Rojo (255, 0, 0)
- Verde (0, 255, 0)
- Azul (0, 0, 255)

Los colores primarios son los formados por la máxima intensidad de luz del eje donde se localizan.

Colores secundarios:

- Magenta (255, 0, 255)
- Cian (0, 255, 255)
- Amarillo (255, 255, 0)

B. Modelo RGB

En el modelo RGB (Red, Green, Blue), cada color aparece en sus componentes primarios del espectro de rojo, verde, y azul. Está basado en un sistema de coordenadas cartesianas que forma un cubo en el que los valores RGB están en tres esquinas. En esta codificación, por cada píxel se necesitan 24 bits, es decir 3 bytes, codificando cada color primario con 1 byte (8 bits) que pueden tomar 256 valores con un rango de 0 a 255.

Los valores de cian, magenta y amarillo están en las otras tres esquinas, el negro está en el origen y el blanco está en el

vértice más alejado del origen. Los píxeles RGB son tridimensionales, $\text{pixel RGB} = f(R, G, B)$, donde el valor de f es la intensidad del color rojo, verde y azul en las coordenadas (x, y) del pixel RGB. (Gonzales y Woods, 2002).

Cada color se representa como un vector del origen y la diagonal principal corresponde a la escala de grises. En este modelo se basan las cámaras y receptores de televisión. Sin embargo, no es recomendable aplicarlo al procesamiento de imágenes y visión. (Gonzales y Woods, 2002).

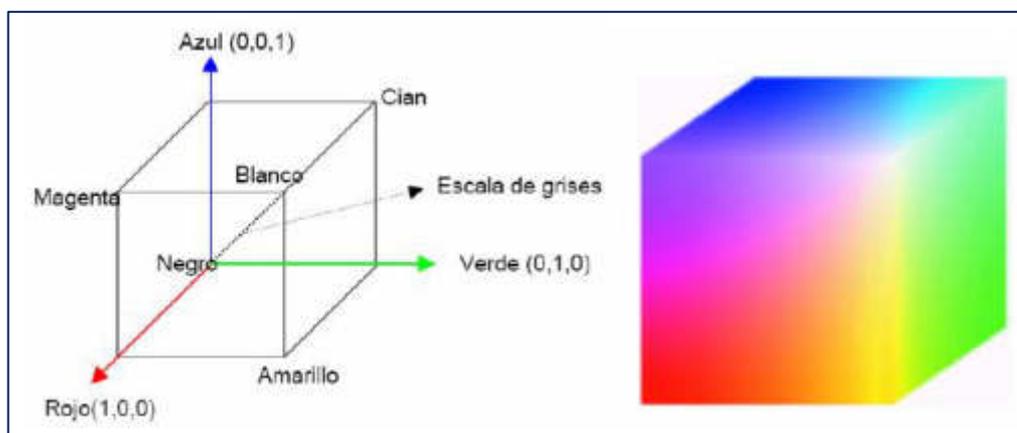


Figura N° 82: Distribución de colores en el cubo RGB

Fuente: Digital Imagen Processing - 2da edición, Rafael C. Gonzáles y Richard E Woods, 2002

La escala de gris (puntos con valores de RGB iguales) se extiende del negro al blanco en la línea que une los puntos negro y blanco. Los diferentes colores del modelo son puntos sobre o dentro del cubo, y se definen por medio de vectores que se extienden desde el origen.

Una imagen a color puede ser adquirida utilizando tres filtros, sensitivos al rojo, verde y azul, respectivamente. Cuando observamos una escena de color con una cámara monocroma equipada con uno de estos filtros, el resultado es una imagen monocroma cuya intensidad es proporcional a la respuesta del filtro.

Si se repite el proceso con cada filtro se producen tres imágenes monocromas que son los componentes RGB de la escena en color (en la práctica los sensores RGB integran el proceso en un solo dispositivo). (Gonzales y Woods, 2002).

Para el modelo de color RGB, se usaron seis colores:

- Amarillo 
- Morado 
- Celeste 
- Azul 
- Verde claro 
- Lila 

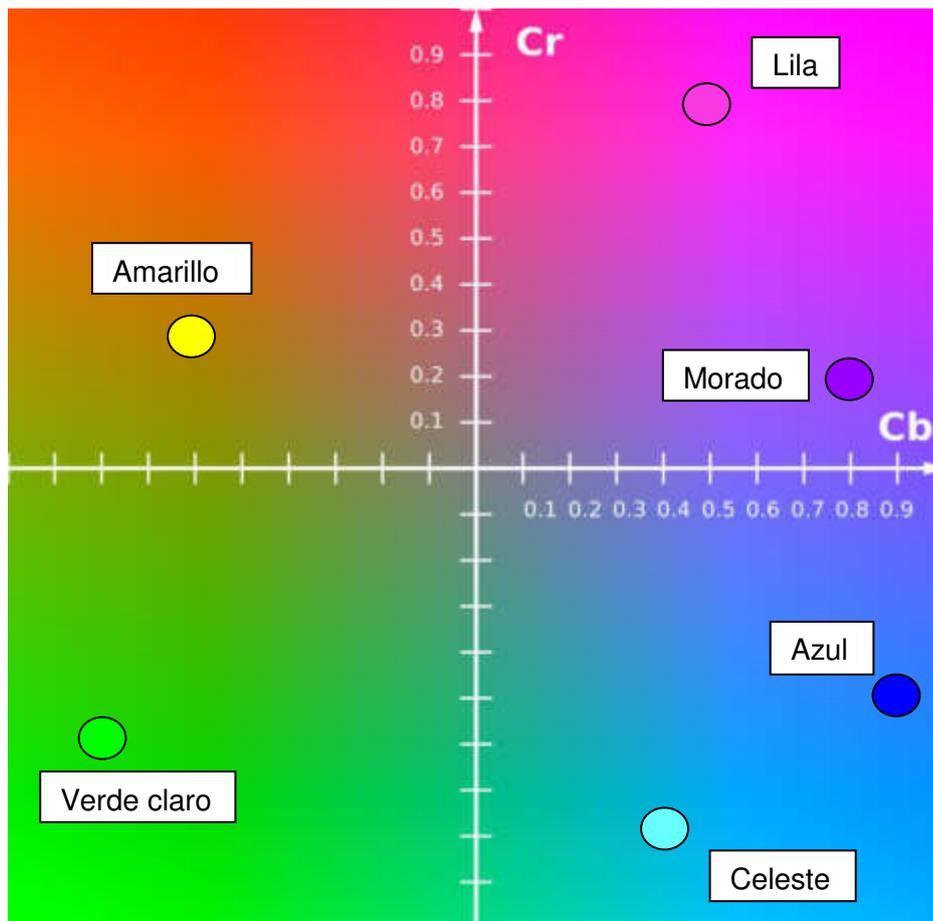


Figura N° 83: Muestra de los seis colores en el plano RGB

Fuente: <https://es.wikipedia.org/wiki/YCbCr>

2.2.3.3.5 Segmentación en el espacio vectorial RGB

La segmentación es una de las áreas donde se obtienen mejores resultados al utilizar vectores RGB. Supóngase que el objetivo es segmentar objetos de un rango específico de color RGB.

Dado un conjunto de puntos de color de muestra representativos de los colores que nos interesan, obtenemos una estimación del color “promedio” que queremos segmentar.

El objetivo de la segmentación es clasificar cada pixel RGB en una imagen dada como parte del rango de color especificado o no. Es necesario entonces medir de alguna manera la similitud.

Se utilizó la distancia euclidiana: dada z que denota un punto arbitrario en el espacio RGB; se dice que z es similar a “ a ” si la distancia entre ellos es menor a un umbral especificado D_0 . (Gonzales y Woods, 2002).

Para los píxeles p , q y z , con coordenadas (x, y) , (s, t) y (v, w) , respectivamente, D es una función de distancia o métrica si:

- (a) $D(p, q) \geq 0$ ($D(p, q) = 0$ si $p = q$),
- (b) $D(p, q) = D(q, p)$
- (c) $D(p, z) \leq D(p, q) + D(q, z)$

La distancia euclidiana está definida entre p y q como:

$$D_e(p, q) = [(x - s)^2 + (y - t)^2]^{\frac{1}{2}} \quad (2.29)$$

Donde:

Para esta medida de distancia, el píxel que afeita una distancia menor o igual a algún valor r desde (x, y) son los puntos contenidos en un disco de radio r centrado en (x, y) .

La distancia D_4 (también llamada distancia de bloque y) entre p y q se define como $D_e(p, q) = |x - s| + |y - t|$

Se puede trabajar con los cuadrados para evitar cálculo de raíces; sin embargo, aun así, es computacionalmente costoso para imágenes de tamaño práctico. Una buena aproximación es utilizar una caja centrada en a con dimensiones a lo largo de cada eje de color proporcional a la desviación estándar de las muestras alrededor de cada eje.

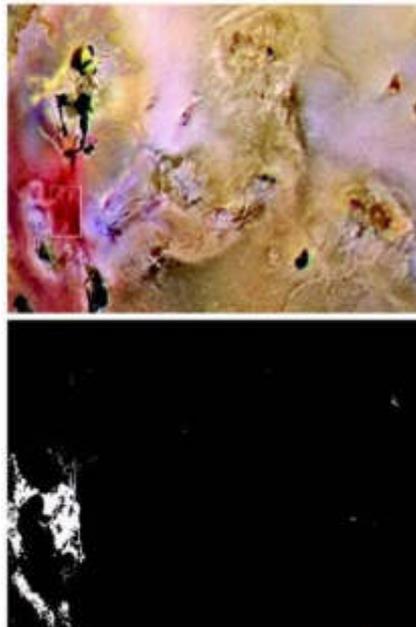


Figura N° 84: a) Segmentación en el espacio RGB y b) Imagen binaria

Fuente: Digital Imagen Processing - 2da edición, Rafael C. Gonzáles y Richard E Woods, 2002.

La Figura N° 84 contiene muestras de los colores rojizos que se quiere segmentar. Se obtiene el vector a , a partir de la media de estas muestras y después se calculan las desviaciones estándar de los valores rojo verde y azul. Se centra una caja en a y se le dan dimensiones

correspondientes a un valor de 1.25 la desviación estándar en cada eje (R, G, B). De esta manera se obtiene la imagen binaria que se muestra en la Figura N° 84. (Gonzales y Woods, 2002).

2.2.3.3.6 Segmentación de Imágenes

La Serna & Román (2007) mencionan que la segmentación subdivide una imagen en sus partes constituyentes u objetos, con el fin de separar las partes de interés del resto de la imagen; por lo tanto, el nivel al que se lleva a cabo esta subdivisión depende del problema a resolver. En el proceso de detectar las partes de una imagen se identifican bordes o se segmenta en regiones, líneas o curvas, etc. Otra definición considera a la segmentación como la clasificación de los puntos de la imagen (*pixels*), indicando las clases a la que pertenecen los diferentes pixeles.

En la segmentación las normas básicas de una imagen digital son:

- La luminancia en imágenes monocromáticas.
- Los componentes en imágenes en color, textura, forma, etc.

“La segmentación automática es una tarea difícil en el procesamiento de imágenes, esta etapa determina el eventual éxito o fracaso del análisis, de hecho, rara vez llega a alcanzar una solución satisfactoria, se debe buscar un método alternativo de comprobación para la verificación de los resultados. Un considerable número de trabajos de investigación se centran en este problema.” (La Serna & Román, 2007, p.11)

La Serna & Román (2007) menciona que “los algoritmos de segmentación de imágenes monocromáticas generalmente se basan en una de las dos propiedades básicas de los valores del nivel de gris: la discontinuidad y la similaridad” (p. 11)

La Serna & Román (2007) menciona que “en el punto de la discontinuidad es el método que consiste en dividir una imagen basándose en los cambios del nivel de gris. Los temas más importantes en la

discontinuidad son” (p. 11):

- ❖ Detección de puntos aislados
- ❖ Detección de líneas
- ❖ Detección de bordes de una imagen

La Serna & Román (2007) mencionan que “la similaridad, se presenta la regularidad en los valores del nivel de gris, los principales métodos están basados en los siguientes puntos” (p. 12):

- ❖ Umbralización
- ❖ Crecimiento de región
- ❖ División y fusión de regiones.

La Serna & Román (2007) mencionan que “la segmentación en una imagen está basada en la discontinuidad o en la similaridad de los valores del nivel de gris de sus pixeles, la segmentación es aplicable tanto a las imágenes estáticas como a las dinámicas, el cual varían en el tiempo”. (p. 14)

2.2.3.3.7 Umbralización

El método de la umbralización es un punto importante de la segmentación de imágenes. Donde el umbral está definido como una función que convierte una imagen con diferentes tonalidades en una imagen en blanco y negro. Si la imagen original es $f(x, y)$, la imagen umbralizada $g(x, y)$ y se fija un umbral U ($0 < U < 255$), la operación de umbralización se define como la ecuación (2.30) (La Serna & Román, 2007, p.14)

$$\begin{aligned} g(x, y) &= 255 && \text{si } f(x, y) > \text{Umbral} \\ g(x, y) &= 0 && \text{si } f(x, y) \leq \text{Umbral} \end{aligned} \quad (2.30)$$

Se selecciona un umbral que permita agrupar los pixeles de una imagen pertenecientes a los diversos objetos de la misma imagen

diferenciándolos del fondo. De esta manera la segmentación basada en el histograma se basa en la elección de uno o varios umbrales que permiten agrupar los puntos de la imagen en regiones de características similares en función de sus niveles de gris. El umbral de una imagen se define como la ecuación (2.31). (La Serna & Román,2007. p.14)

$$T = T [x, y, p(x, y), f(x, y)] \quad (2.31)$$

“Donde $f(x, y)$ es la intensidad o nivel de gris del punto (x, y) y $p(x, y)$ representa alguna propiedad local medida en un entorno de vecindad de este punto. La imagen que se obtiene al llevar a cabo un procesamiento de umbral se define como la ecuación (2.32)” (La Serna & Román,2007, p.14)

$$g(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{si } f(x, y) > T \\ 0 & \text{si } f(x, y) \leq T \end{cases} \quad (2.32)$$

“Cada pixel son marcados con 1 cuando correspondan a un objeto, mientras que los pixeles marcados con 0 corresponden al fondo. En la Figura N° 85 se pensó que la intensidad de los objetos es de mayor proporción que la intensidad del fondo. Este proceso es llamado como binarización” (La Serna & Román,2007, p.14)

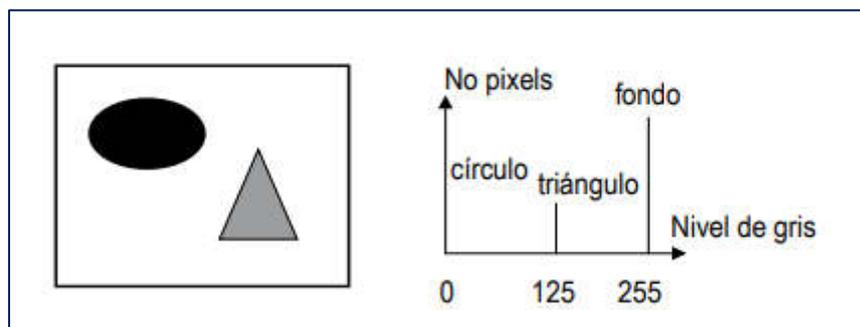


Figura N° 85: Imagen y su histograma

Fuente: Técnicas de Segmentación en Procesamiento Digital de Imágenes, 2009

$$f(x, y) \geq 125 \quad g(x, y) = 255$$

$$f(x, y) < 125 \quad g(x, y) = f(x, y)$$

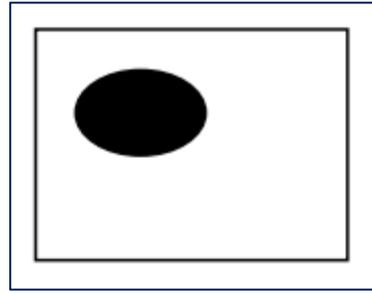


Figura N° 86: Imagen segmentada por la ecuación

Fuente: Técnicas de Segmentación en Procesamiento Digital de Imágenes, 2009

2.2.3.3.8 Determinación de área de objetos por etiquetado

A. Rasgos geométricos de un objeto

La geometría de los objetos son mediciones que pueden ser usados para describir un objeto, ya sea en su forma o en su diseño, con lo cual se obtienen a partir de los píxeles que componen la región del objeto o los píxeles obtenidos del contorno del objeto. (García, 2008)

El área de un objeto es una imagen binaria (1 y 0), es igual a la suma de todos los puntos correspondientes al objeto. Se realiza un recorrido por todas las columnas C y los renglones R de la imagen y se van sumando los píxeles correspondientes al objeto. (García, 2008)

$$A = \sum_{x=0}^C \sum_{y=0}^R f(x, y)$$

Ecuación (2.33)

A es el área en metros cuadrados.

2.2.4 Etapa de transmisión y recepción de datos

2.2.4.1 Interfaz de comunicación UART



Figura N° 87: Esquema de las comunicaciones seriales y paralelos

Elaboración: los autores

2.2.4.2 UART

- Protocolo de comunicación Universal Asíncrono para Recepción y Transmisión (UART)
- Término genérico de sistemas de comunicación con salida/entrada serial de datos

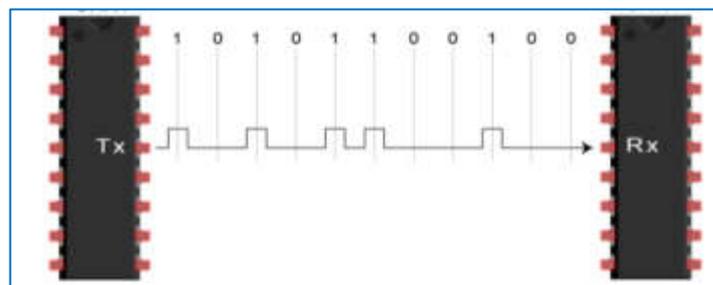
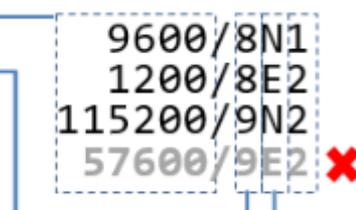


Figura N° 88: Microcontrolador UART TTL

Elaboración: los autores

Configuraciones

- Velocidad (baudios)
- Bits de datos + paridad (8, 9)
- Polaridad (GND/VDD)
- Bits de parada (1)



- Control de flujo (**ninguno**)

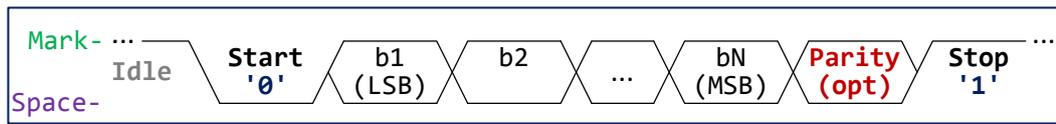


Figura N° 89: Comunicación

Elaboración: los autores

2.2.4.2.1 Muestras de las tres configuraciones:

1.- Microcontrolador con una PC

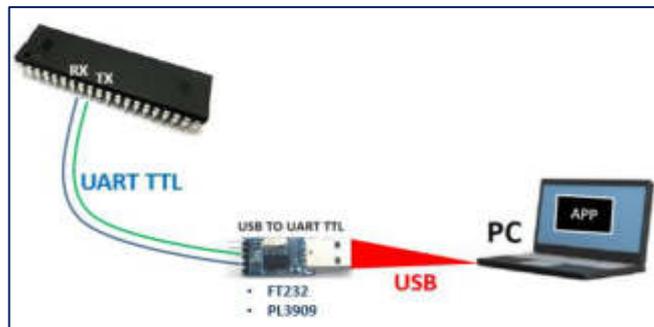


Figura N° 90: Microcontrolador con un módulo USB a PC

Elaboración: los autores

2.- Microcontrolador con un RS232

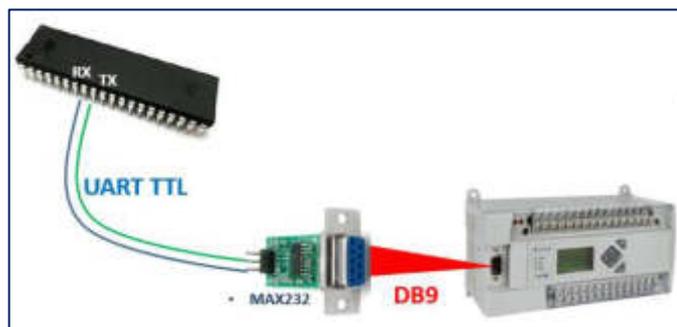


Figura N° 91: Microcontrolador a un MAX232 y un DB9

Elaboración: los autores

3.- Microcontrolador con un Smartphone

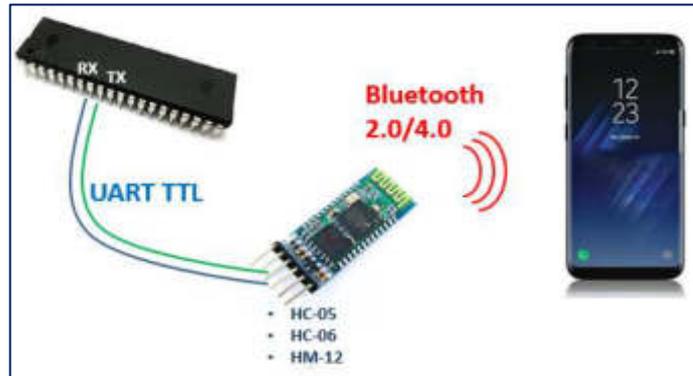


Figura N° 92: Microcontrolador con Smartphone

Elaboración: los autores

2.2.4.2.2 *Arquitectura de TX UART*

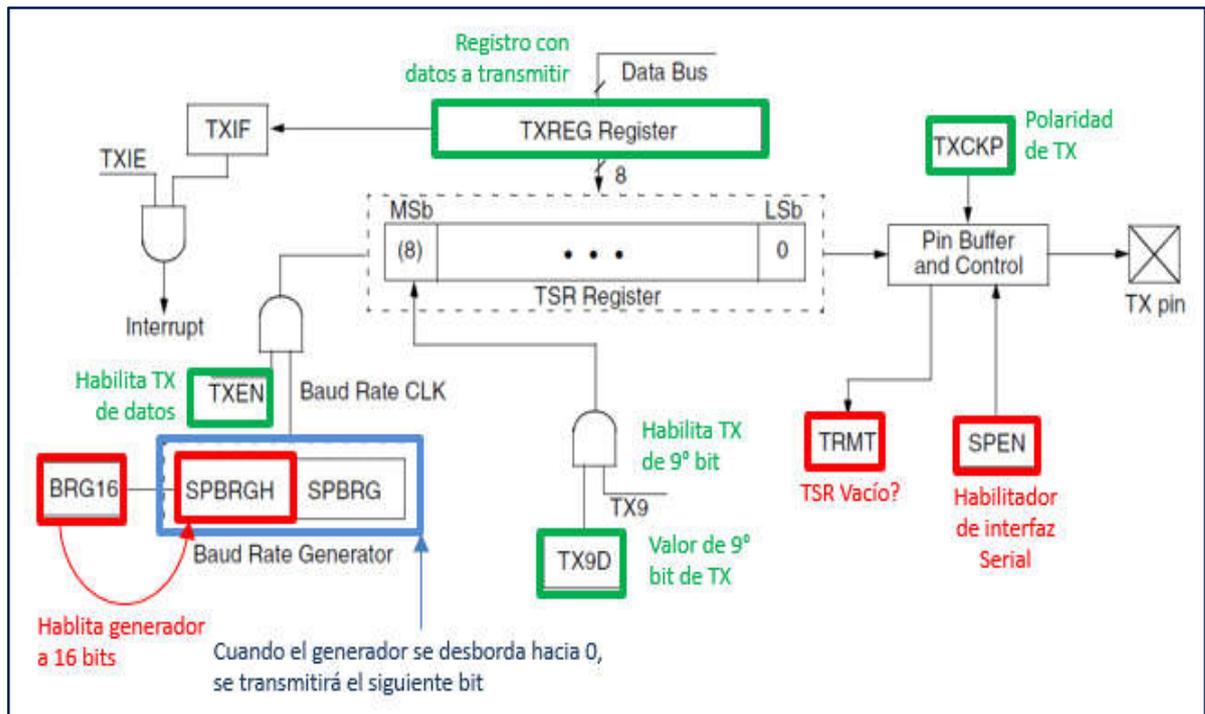


Figura N° 93: Esquema de la arquitectura TX UART

Elaboración: los autores

2.2.4.2.3 Arquitectura de RX UART

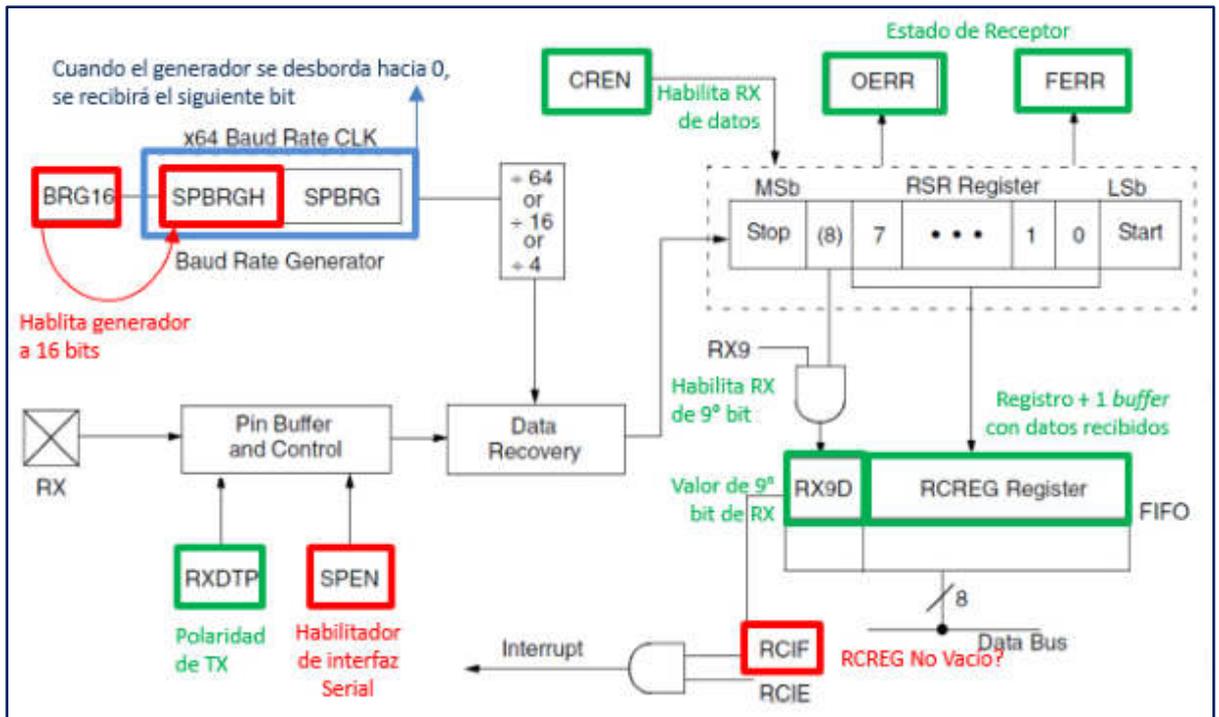


Figura N° 94: Esquema de la arquitectura RX UART

Elaboración: los autores

2.2.5 Base teórica de los componentes

2.2.5.1 Base teórica del microcontrolador PIC18F

2.2.5.1.1 Los sistemas embebidos

Un sistema embebido es un sistema digital, basado en un sistema de computadora que cumple las funciones de una unidad de proceso (CPU), dicho sistema puede tener acoplado puertos de entrada, salida, bus de dirección y control, a esta unidad de procesos se le conoce como sistema embebido. El dispositivo microcontrolador es un tipo de sistema embebido que puede ser programado en varios tipos de lenguaje como: JAVA, C o C++.

2.2.5.1.2 El microprocesador

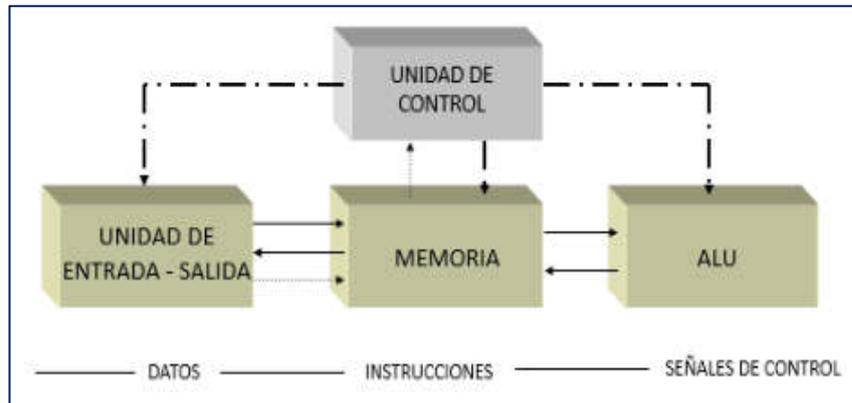


Figura N° 95: Componentes de un microprocesador

Fuente: Arquitectura de computadoras II - Introducción al microcontrolador PIC18F - Mag. Ing. Sergio Salas A.

2.2.5.1.3 Partes del microprocesador

- **Los registros internos**

Los registros son pequeñas memorias incorporadas dentro del microprocesador. Cumplen con almacenar la información útil de las instrucciones y permiten una ejecución más rápida entre ellas. El registro está diseñado para el control del programador y otros para que el mismo procesador lo use.

Hay registros grandes que manejan el CPU. Para el PIC18FXX los registros son de 8 bits; otros microprocesadores tienen registros de 16 bits y 32 bits de longitud.

- **La unidad aritmética lógica**

Dicha unidad lógica del microprocesador está diseñada para realizar los procesos aritméticos y lógicos, la información de los registros o de las memorias es recibida por el ALU y esta actúa en la ejecución de las operaciones que pueden modificar los valores; dichas operaciones son las más comunes. Entre ellas tenemos a la suma, resta, AND, XOR, OR, negación, etc. (Salas, 2015)

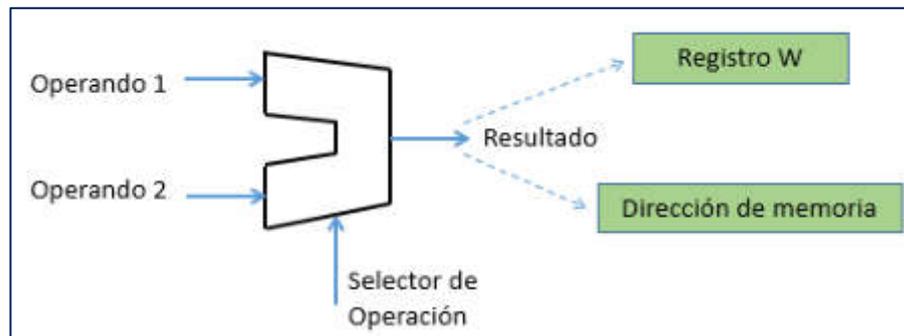


Figura N° 96: Unidad aritmética lógica

Fuente: Arquitectura de computadoras II - Introducción al microcontrolador PIC18F - Mag. Ing. Sergio Salas A.

- **La Unidad de control**

Esta unidad se encarga de extraer de la memoria las instrucciones, que las decodifica y las ejecuta; la unidad de control trabaja con un contador que es un registro interno del microprocesador que anota la próxima dirección que la unidad debe ejecutar. La Unidad de control realiza qué operaciones se ejecutarán por la ALU y genera las operaciones de la ALU. (Salas, 2015)

- **El reloj del sistema**

El reloj es un sistema secuencial, en el que solo una instrucción se ejecuta a la vez, después de un tiempo Δt . Mientras, más pequeño sea el tiempo Δt mayor será el número de instrucciones por segundo que podrá ejecutar el procesador. Para que se pueda fijar un tiempo Δt de ejecución de instrucciones, todo procesador utiliza una señal de reloj cuya frecuencia (F_{RELOJ})

determina el tiempo Δt ($\Delta t = \frac{1}{F_{RELOJ}} \times N$), donde N es el número de periodos de reloj que la Unidad de control requiere para ejecutar toda una instrucción. Millones de instrucciones por segundo. (Salas, 2015)

- **La unidad de memoria**

La memoria es la unidad donde se guardan las instrucciones que normalmente se ejecutan; también es la encargada de proporcionar un espacio para el trabajo del microprocesador.

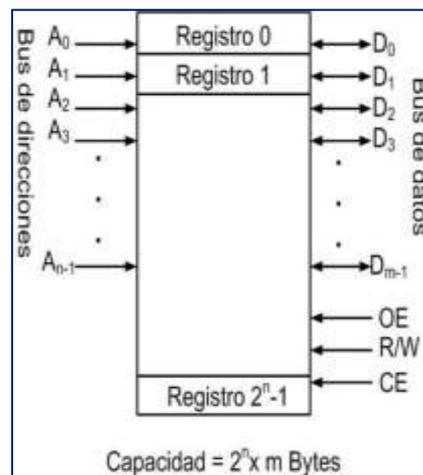


Figura N° 97: Unidad de memoria

Fuente: Arquitectura de computadoras II - Introducción al microcontrolador PIC18F - Mag. Ing. Sergio Salas A.

2.2.5.1.4 *Arquitectura de los procesadores*

En la actualidad existen tres tipos de arquitectura:

- Arquitectura Von Neumann. – El cual posee memoria común, bus de datos e instrucción.
- Arquitectura Harvard. – Es similar a la arquitectura Von Neumann, buses de datos e instrucciones, pero se diferencian en que tiene memorias separadas.
- Arquitectura Súper Harvard. - Memorias separadas + CACHE para instrucciones + controladores I/O (E/S).

Arquitectura Harvard. - La arquitectura Harvard utiliza dispositivos de almacenamiento y buses por separado, uno respectivamente para la parte de las instrucciones y otro para los datos. Esta estructura permite el funcionamiento simultáneo entre los datos e instrucciones, por esa razón es mucho más rápida. (Figura N° 98)

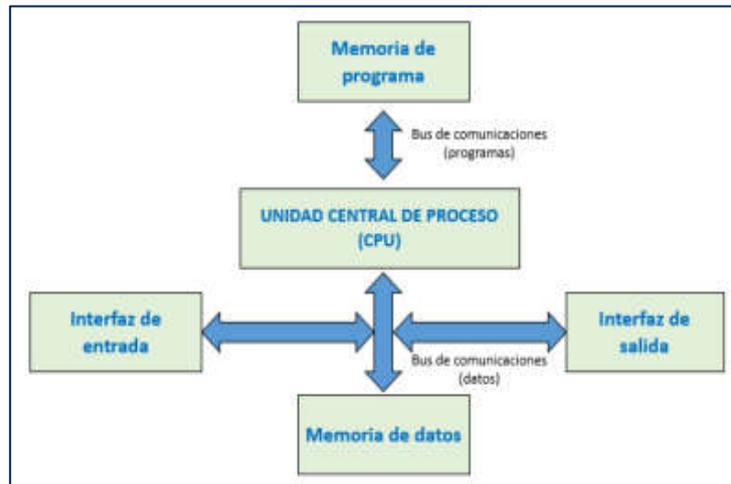


Figura N° 98: Arquitectura Harvard

Elaboración: los autores

Arquitectura Von Neumann. - La siguiente arquitectura usa un solo dispositivo de almacenamiento para las instrucciones y datos, están conectadas a un único bus de datos y un único bus de dirección, en la actualidad esta arquitectura se observa en las computadoras. (Figura N° 99)

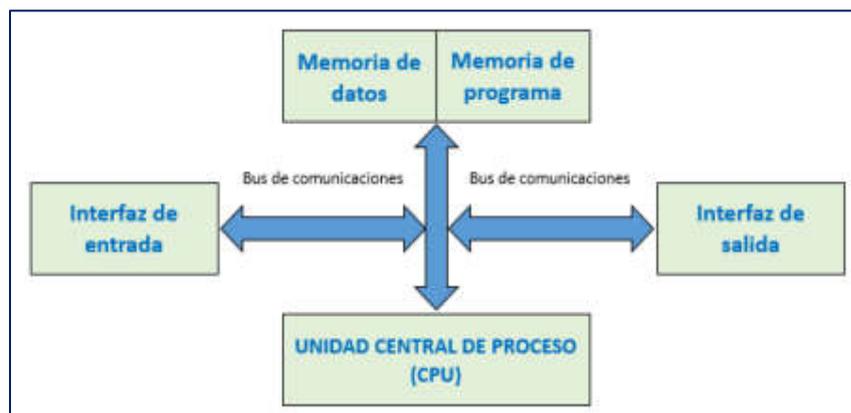


Figura N° 99: Arquitectura Von Neumann

Elaboración: los autores

Partes internas microcontrolador: (Salas, 2015)

- El microcontrolador básicamente tiene en su interior un:
 - CPU (Unidad Central de Procesamiento)
 - Posee una RAM / FLASH / EEPROM
 - Cuenta con I/O (Puertos de entrada y salida)

- Además, pueden contener de periféricos programables, como:
 - Temporizadores / Contadores
 - Controlar las interrupciones
 - Posee una comunicación serial (RS232, I²C, USB-Slave)
 - Módulo de entrada de captura y generador de PWM
 - Convertidor A/D
 - Los modelos más potentes incluyen, además:
 - Conversor D/A
 - USB-Host (OTG)
 - Bus CAN
 - DSP
 - *Ethernet*

2.2.5.1.5 Arquitectura del procesador PIC18F45XX

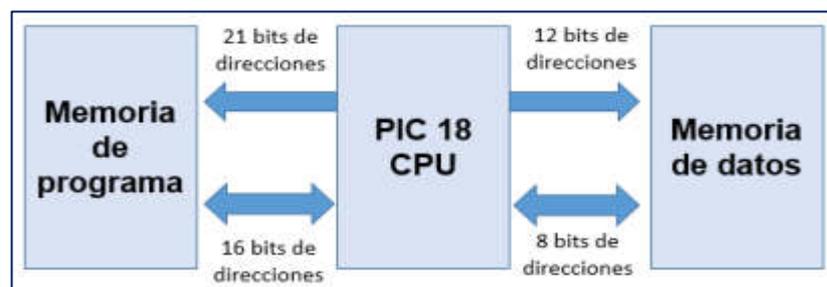


Figura N° 100: La arquitectura Harvard es del procesador PIC18F45XX

Fuente: USMP - Arquitectura de Computadoras II – Introducción al microcontrolador PIC18F – Mag. Ing. Sergio Salas A.

Especificaciones técnicas del microcontrolador PIC18F4550

De estas características fundamentales se ha podido estructurar el código del proyecto, las cuales son:

Especificaciones técnicas
• Arquitectura RISC avanzada Harvard: 16-bit con 8-bit de datos
• 77 instrucciones
• Desde 18 a 80 pines
• Hasta 64K bytes de programa (hasta 2 Mbyte en ROMless)
• Multiplicador Hardware 8x8
• Hasta 3968 bytes de RAM y 1KBytes de EEPROM
• Frecuencia máxima de reloj 40Mhz. Hasta 10 MIPS
• Pila de 32 niveles
• Múltiples fuentes de interrupción
• Modelos internos: <ul style="list-style-type: none">- Timer0, Timer1, Timer2 y Timer 3.- Dos módulos de captura y comparación y PWM- Conversión AD- Modulo serial síncrono y asíncrono

En el Tabla N° 23 se mira las características de las familias PIC18F45XX / PIC18F25XX:

Tabla N° 23: Características de la familia PIC18FXX

Características	PIC18F2455	PIC18F550	PIC18F4455	PIC18F4550
Frecuencia de Operación	DC - 48 MHz	DC - 48 MHz	DC - 48 MHz	DC - 48 MHz
Frecuencia del programa	24576	32768	24576	32768
Memoria de programa	12288	16384	12288	16384
Datos de memoria	2048	2048	2048	2048
Memoria de datos de EEPROM	256	256	256	256
Fuentes de interrupción	19	19	20	20
Puertos I/O	Puertos A, B, C, (E)	Puertos A, B, C, (E)	Puertos A, B, C, E	Puertos A, B, C, E
Temporizadores	4	4	4	4
Captura/Comparar/Módulo PWM	2	2	1	1
Captura mejorada/Comparar/Modulo PWM	0	0	1	1

Características	PIC18F2455	PIC18F550	PIC18F4455	PIC18F4550
Comunicaciones Seriales	MSSP. Mejorado USART	MSSP. Mejorado USART	MSSP. Mejorado USART	MSSP. Mejorado USART
Bus serie universal modulo (USB)	1	1	1	1
Puerto paralelo de transmisión	No	No	Si	Si
Comparadores	2	2	2	2
Reinicios y retrasos	POR, BOR, RESET Instruction, Stack Full, Stack Underflow (PWRT, OST), WDT	POR, BOR, RESET Instruction, Stack Full, Stack Underflow (PWRT, OST), WDT	POR, BOR, RESET Instruction, Stack Full, Stack Underflow (PWRT, OST), WDT	POR, BOR, RESET Instruction, Stack Full, Stack Underflow (PWRT, OST), WDT
Detector de bajo voltaje programable	Si	Si	Si	Si
Reinicio programable	Si	Si	Si	Si
Conjunto de Instrucciones	75 instrucciones; 83 instrucciones extendido habilitados			
Paquetes	28-pin PDIP / 28-pin SOIC	28-pin PDIP / 28-pin SOIC	40-pin PDIP / 44-pin QFN / 44-pin TQFP	40-pin PDIP / 44-pin QFN / 44-pin TQFP

Fuente: Datasheet PIC18F45XX

2.2.5.2 Conversor ADC

Una conversión analógica digital, es la transformación de una señal analógica con un voltaje, en una representación digital en números binarios del valor correspondiente a la tensión del pin de entrada para poder trabajar con ella. Se utiliza en una infinidad de aplicaciones, la más común es para la lectura de señales provenientes de algún tipo de sensor como por ejemplo sensores de temperatura, fuerza, humedad, movimiento, acelerómetros, etc.

2.2.5.3 Conversor analógico digital HX711

Los ADC son convertidores analógicos a digitales se emplea como un dispositivo intermediador que convierte las señales de forma analógica a digital. Estas señales al ser digitalizadas se utilizan para el procesamiento de los procesadores digitales. Para el proyecto se empleará el transmisor de celda de carga HX711.

- Internamente se encarga de la lectura del puente Wheatstone formado por la celda de carga.
- Para la conversión análogo / digital, se utiliza un conversor interno de 24 bits.
- El dispositivo es utilizado en procesos industriales, sistemas de medición automatizada e industria médica. Puede comunicarse con el microcontrolador mediante 2 pines (*Clock y Data*) de forma serial.

Tabla N° 24: Comparación con otros conversores analógicos digitales HX711

Características	ADS1231	HX711
Bits	24 bits	24 bits
Ganancia	128	32,64 y 128
Voltaje de alimentación	3-5.3v	2.6v - 5.5v
Rango de ganancia	128	64 -128
Resolución de Bits	10	16 - 24
Cantidad de Pines	16	16
Precio	18 soles	15 soles
Conclusión	Se determinó el uso del hx711 por poseer varios selectores de ganancia y poseer una mejor resolución de bits.	

Elaboración: los autores

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

3.1 Materiales

3.1.1 Celda de carga de 40 kg

En la Figura N° 101 se muestra una celda de carga, también llamada célula de carga. Es un dispositivo diseñado para soportar tres tipos de cargas como la compresión, tensión y flexión, el cual en su interior se encuentran uno o varios sensores de deformación llamados medidores de deformación (*Strain Gauges*), que detectan los valores de deformación al momento del pesaje.



Figura N° 101: Celda de carga

Fuente: Naylamp Mechatronics

En la Tabla N° 25 se describe las especificaciones técnicas de la celda de carga de 40 kg.

Tabla N° 25: Características de una celda de 40 Kg

Características	Valor
Carga nominal	1- 40 (Kg)
Sensibilidad	2 mV / V
Tensión máxima	15 V
Resistencia de entrada	402 ± 6Ω
Resistencia de salida	350 ± 3Ω
Tipo de circuito de compensación	Puente Balanceado
No linealidad	0,03% FS
Histéresis	0,02% FS
Rango de temperatura operativa	-35 °C +80 °C
Resistencia del puente	350 Ω
Código de colores	+ excitación = Blanco + señal = Verde - excitación = Rojo - señal = Negro

Fuente: Naylamp Mechatronics

3.1.2 Celda de carga de 500 kg

La celda de carga es un dispositivo de mecanismo de acción, su funcionamiento está basado en ejercer sobre un punto, o punto único de una fuerza. Durante ese proceso realiza una conversión de energía mecánica a eléctrica, y por consiguiente, una precisión en la lectura. Dicho dispositivo es capaz de soportar capacidades de entre 60 kg a 500 kg, manteniendo una lectura confiable.



Figura N° 102: Características de una celda de 500 Kg

Fuente: <http://celdas-de-carga-solo-punto.celdadecarga.com/celda-de-carga-de-un-solo-punto-marca-virtual-modelo-vlc137s-capacidades-de-60-kg-a-500-kg/>

3.1.3 Microcontrolador PIC 18F4550

Este dispositivo electrónico mediante una comunicación UART con el microcontrolador 18F4550, se encargará de monitorear la dieta alimenticia y el peso de los cerdos jóvenes de manera diaria. Para ver más información del dispositivo mencionado, observar el Anexo 1.

Tabla N° 26: Especificaciones técnicas del PIC 18F4550

Especificaciones Técnicas	
Características	Valor
Puerto USB V2.0	Puede trabajar en modo: - Low speed (1.5 Mb/s) - Full speed (12 Mb/s)
RAM	1k byte accesible por USB
Reloj externo	48 MHz.
Oscilador interno	31 KHz – 8 MHz configurable por software
Corriente de salida de los pines	25 mA.
Posee 4 Timers	Puede utilizar 2 como módulos de captura/comparación/PWM
Posee 1 puerto USART	Soporta comunicaciones MSSP, SPI y I ² C
Memoria FLASH	Con 100,000 ciclos de lectura y escritura típicos.
Memoria EEPROM	1,000,000 ciclos de lectura escritura típicos y retención de datos de hasta 40 años
Tiene una programación	ICSP vía dos pines.
Tiene una programación con código de protección.	

Elaboración: los autores

A continuación, en la Figura N° 103, se muestra el esquemático de los pines del microcontrolador PIC18F4550.

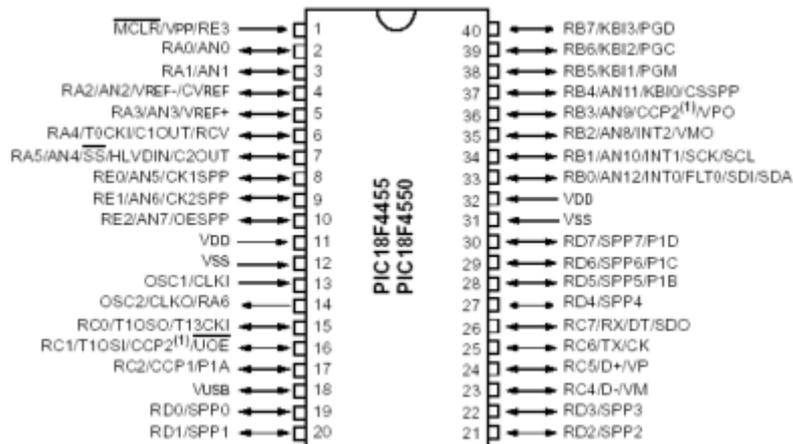


Figura N° 103: Esquemático de los pines del PIC18F4550

Fuente: https://www.nextiafenix.com/wpcontent/uploads/2014/07/PIC18F4550_1.gif

3.1.4 Microprocesador *Raspberry Pi 3B+*

El *Raspberry pi 3B+* es ordenador de placa reducida que cumple las mismas funciones que un ordenador normal, existen varios modelos en el mercado, pero el modelo actual es el *Raspberry Pi 3B+*, el cual la velocidad de transmisión es mucho mayor a sus predecesores, puede crear cualquier tipo de proyecto, puede ser utilizado para controlar el *IoT* (Internet de las cosas).

A continuación, se observará en la Tabla N° 27 las especificaciones técnicas del Raspberry Pi modelo 3B+:

Tabla N° 27: Especificaciones técnicas del Microprocesador *Raspberry Pi 3B+*

Especificaciones Técnicas
• CPU + GPU: Broadcom BCM2837B0, Cortex-A53 (ARMv8) 64-bit SoC @ 1.4GHz
• RAM: 1GB LPDDR2 SDRAM
• Wi-Fi + Bluetooth: 2.4GHz y 5GHz IEEE 802.11.b/g/n/ac, Bluetooth 4.2, BLE
• Ethernet: Gigabit Ethernet sobre USB 2.0 (300 Mbps)
• GPIO de 40 pines
• Tiene un puerto HDMI
• Cuenta con 4 puertos USB 2.0
• Puerto CSI para conectar una cámara
• Puerto DSI para conectar una pantalla táctil
• Salida de audio estéreo y vídeo compuesto
• Micro-SD
• Power-over-Ethernet (PoE)

Elaboración: los autores

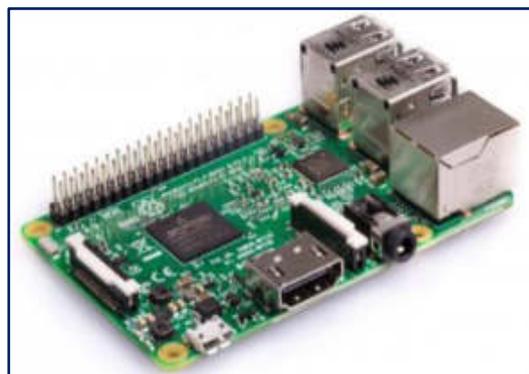


Figura N° 104: Placa del Raspberry Pi 3B+

Fuente: <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b/>

3.1.5 Módulo conversor HX711

El módulo HX711 es un conversor A/D, donde es un transmisor que se ubica entre la celda de carga y el microcontrolador PIC 18F4550, este módulo permite darnos el valor del peso de una celda de carga con una precisión más exacta y sencilla. El módulo HX711 es compatible con cualquier modelo de celda de carga ya sea de un peso de 5kg o de 100kg, etc. Este dispositivo utiliza un sistema de medición automatizada para procesos industriales, también es utilizado para la industria médica.

Este dispositivo electrónico se comunica con el microcontrolador PIC 18F4550 a través de un protocolo de tipo serial mediante los 2 pines (Clock y Data), dicha conexión se hace entre la celda de carga y el módulo HX711, a través de 4 cables de color, el cual son: Rojo, Negro, Blanco y Verde.

A continuación, los 4 cables de color con su respectiva señal de comunicación. Rojo: Voltaje de excitación +, E+, VCC; Negro: Voltaje de excitación -, E-, GND; Blanco: Amplificador +, Señal +, A+ y Verde: Amplificador -, Señal -, A-.

En la Tabla N° 28 se indica las características del módulo conversor A/D HX711.

Tabla N° 28: Especificaciones técnicas del módulo conversor A/D HX711

Especificaciones Técnicas	
Características	Valor
Voltaje de operación	5V DC
Consumo de corriente	10mA
Voltaje de entrada diferencial	±40mV
Resolución conversión A/D	24 bit
Frecuencia de lectura	80 Hz
Dimensiones	38 mm x 21 mm x 10 mm

Elaboración: los autores

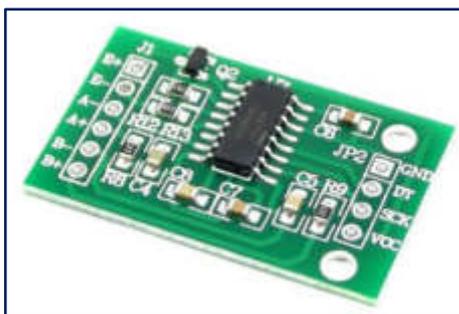


Figura N° 105: Modulo HX711 – transmisor

Fuente: <https://naylampmechatronics.com/sensores/147-modulo-hx711-transmisor-de-celda-de-carga.html>

3.1.6 Adaptador convertidor serial USB 2.0 a TTL RS485

El convertidor serial USB a RS485 es un dispositivo conversor USB a serial TTL y un chip serial a RS485, este conversor nos permite una comunicación entre una PC de placa reducida (USB) y el microcontrolador PIC 18F4550, utilizando la interface RS485. El RS485 es un estándar llamado EIA-485, donde es utilizado por equipos industriales de instrumentación y control: Variadores de velocidad, PLC, Pirómetros. Se comunica por medio de un cable de par trenzado que permite 32 estaciones en 1 solo bus, tiene una longitud máxima de 1200 metros y opera entre los 300 y 19200 bit/s bajo una comunicación *half-duplex* o *semiduplex*.

Tabla N° 29: Especificaciones técnicas del convertidor serial USB 2.0 a TTL RS485

Especificaciones técnicas	
Características	Valor
Chip USB a Serial	CH340G
Chip Serial a RS485	MAX485
Especificación USB 2.0	Tiene 12 Mbps de velocidad completa
Conector USB	Posee un estándar tipo A macho
Distancia maxima	Distancia maxima
Temperatura de trabajo	-40° a 85°C
Compatible con los sistemas operativos	Windows 98SE/2000/XP/Vista/7/8/10, Linux 2.40
Dimensiones	54 mm x 16 mm
Borneras para conexión	Cable par trenzado RS485
No necesita alimentación externa, directamente del USB	

Elaboración: los autores

A continuación, se describe algunas aplicaciones del dispositivo adaptador convertidor serial USB 2.0 a TTL RS485:

- Puede configurar y comunicar con equipos que contengan el puerto RS485.
- Se puede adaptar para controlar y visualizar mensajes en paneles LED
- Cuenta con una escritura y lectura de PLC
- Puede controlar el movimiento en cámaras PTZ
- Posee un control de acceso práctico
- Puede comunicarse con dispositivos industrial



Figura N° 106: Adaptador Convertidor Serial USB 2.0 a TTL RS485

Fuente: <https://es.dhgate.com/product/usb-2-0-to-ttl-rs485-serial-converter-adapter/430403711.html>

3.1.7 Cristal de 4MHz

El oscilador de cristal es un dispositivo de frecuencia nominal de 4 MHz que se caracteriza por estabilizar la frecuencia y la pureza de la fase, dada por el resonador. La variación de tensión en la alimentación no produce la inestabilidad en la frecuencia, el rango de temperatura que maneja dicho dispositivo es de -20 °C a 70 °C y posee un valor típico para cristales de cuarzo de 0.005% del valor a 25 °C, posee una tolerancia de frecuencia de ± 20 ppm y una estabilidad de frecuencia de ± 100 ppm.



Figura N° 107: Dispositivo cristal oscilador de 4M Hz

Fuente: <http://www.baudaelectronica.com.br/cristal-oscilador-4mhz-1700.html>

3.1.8 Motor reductor 12 - 24v

El motor-reductor es una unidad compuesta por un reductor y un motor, los reductores de velocidad son sistemas que están compuesto por engranajes que hacen que los motores eléctricos funcionen a distintas velocidades. Los reductores o motor reductor son necesarios para toda clase de máquinas y aparatos de uso industrial que precisan reducir de forma segura su velocidad.

A continuación, se describen las características del motor reductor de 12v (Tabla N° 30):

Tabla N° 30: Características de un motor reductor

Características	
Tensión Nominal	12V
Velocidad Sin carga	300 rpm
Consumo sin carga	140 mA
Consumo nominal	< 800 mA
Velocidad nominal	220 rpm
Fuerza nominal	1,3 kgf·cm / 0,13 N·m
Fuerza a máxima eficiencia	4 kgf·cm / 0,39 N·m
Consumo en frenado	3000 mA
Potencia de salida	2,9 W
Diámetro Máximo	37 mm
Diámetro Eje	6 mm
Rosca fijación	4 x M3

Elaboración: los autores



Figura N° 108: Motor reductor

Fuente: <http://www.superrobotica.com/S330012.htm>

3.1.9 Pantalla Táctil LCD *Display 7"*

Tabla N° 31: Características de una pantalla táctil LCD display 7" para *Raspberry Pi 3B+*

Características
<ul style="list-style-type: none"> • Resolución de 7 pulgadas 1024x600 HD
<ul style="list-style-type: none"> • Pantalla táctil de interfaz capacitiva USB
<ul style="list-style-type: none"> • Control de retroiluminación de apoyo, más ahorro de energía
<ul style="list-style-type: none"> • Ajuste para <i>Raspberry Pi 2 3 b +</i>, proporcione el sistema y el controlador
<ul style="list-style-type: none"> • Puede ser un controlador gratuito para usar <i>Raspberry Pi</i>, conexión HDMI, cable USB, configurar la resolución será correcta
<ul style="list-style-type: none"> • Admite Banana Pi, Win10 (IOT), proporciona Ubuntu, archivo de configuración de <i>Raspbian</i>.
<ul style="list-style-type: none"> • Puede ser utilizado para monitor LCD, HDM para pantalla, USB para <i>touch</i>.

Elaboración: los autores

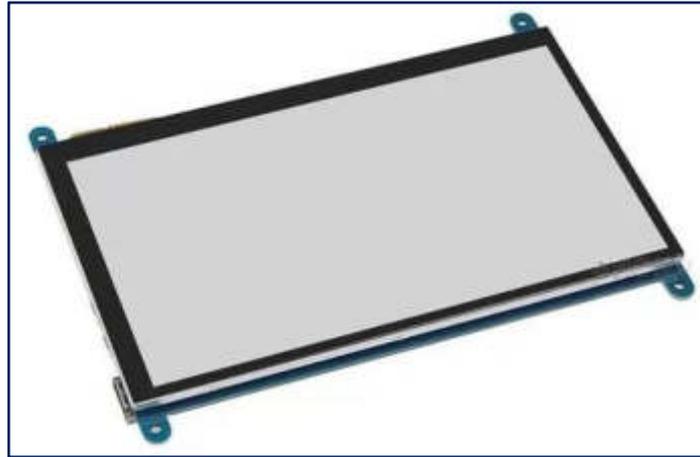


Figura N° 109: Pantalla *Touch* HDMI de Raspberry pi

Fuente: https://articulo.mercadolibre.com.pe/MPE-436456607-pantalla-tactil-de-7-pulgadas-800480-hdmi-raspberry-pi3b--_JM

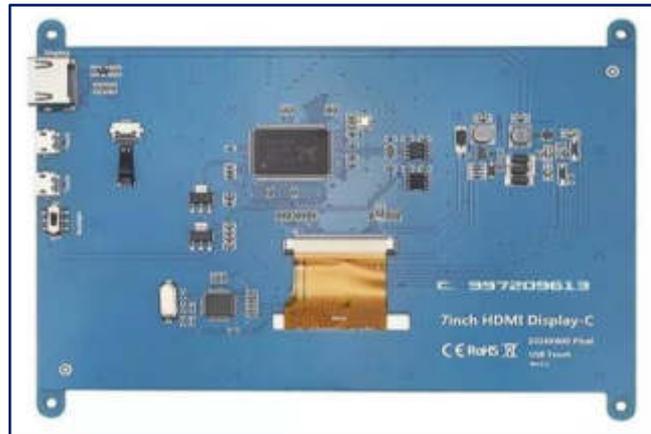


Figura N° 110: Pantalla *Touch* HDMI de Raspberry pi

Fuente: https://articulo.mercadolibre.com.pe/MPE-436456607-pantalla-tactil-de-7-pulgadas-800480-hdmi-raspberry-pi3b--_JM

3.1.10 Módulo Conversor TTL a RS-485 (MAX485)

Este dispositivo es un módulo conversor que posee internamente un integrado MAX485, este módulo se comporta como un transceptor (transmisor / receptor) de baja potencia, dicho dispositivo es usado para una comunicación RS-485 que es una comunicación *half-duplex*, a través de esta comunicación se puede implementar la función de conversión de nivel TTL a RS-485, posee una velocidad de transmisión de

2.5 Mbps, como su principal característica del receptor tiene una prueba de fallos. Además, tiene buen comportamiento antinterferencias.

Tabla N° 32: Especificaciones técnicas Módulo Conversor TTL a RS - 485 (MAX485)

Especificaciones Técnicas	
Modelo:	Max – 485
Voltaje de Operación:	5v
Corriente de Operación:	120uA ~ 500uA
Potencia de operación:	830 mW

Elaboración: los autores

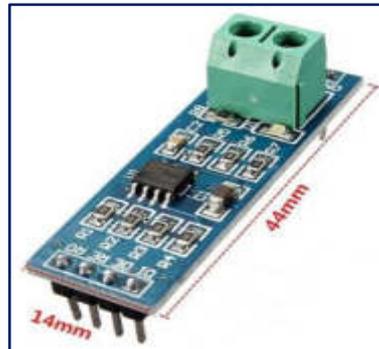


Figura N° 111: Modulo conversor TTL a RS – 485

Fuente: <http://electrotekmega.com/producto/ttl-rs485/>

3.1.11 AC - DC Módulo – (HLK- PM01) – 220v-5v

El dispositivo HLK-PM01 es un módulo de potencia ultra compacto. Está diseñado para cumplir con los requisitos de EMC y prueba de seguridad. Se puede utilizar en el proyecto IOT, casa inteligente y así sucesivamente.

A continuación, en la Tabla N° 33 se muestra las características:

Tabla N° 33: Características del AC – DC modulo (HLK-PM01)

Características
• Cumplir con los requisitos UL, CE
• Ultra-delgado, ultra-pequeño
• Toda la entrada de voltaje (CA: 90 ~ 264V)
• Ondulación baja y bajo ruido
• Sobrecarga de salida y protección contra cortocircuitos.
• Alta eficiencia, alta densidad de potencia
• Bajo consumo de energía, protección del medio ambiente, pérdida sin carga <0.1W

Elaboración: los autores

Condiciones ambientales:

- Indicadores técnicos: Solo bit
- Temperatura de trabajo: - 20-60 + grado
- Temperatura de almacenamiento: + 80-40 grados
- Humedad relativa: 5-95%
- La forma de refrigeración: refrigeración natural
- La presión atmosférica: 80-106Kpa
- La altitud: 2000M o menos
- Coeficiente de vibración de 10 ~ 500 hz, 2 g10min. / 1 ciclo, 60 min cada uno a lo largo de los ejes X, Y, Z

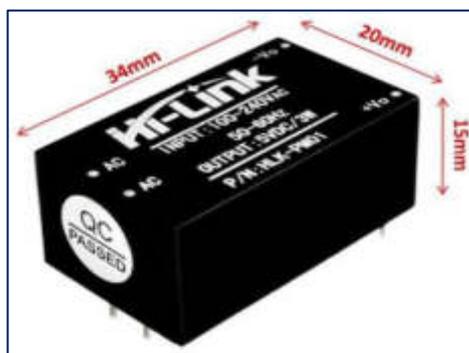


Figura N° 112: AC-DC Modulo – HLK-MP01

Fuente: <https://yrobotics.co/producto/mini-fuente-voltaje-ac-dc-hlk-pm01-220v-a-5v-600ma/>

3.1.12 Regleta de 8 relays de 12v

El dispositivo tiene 8 *relays* de alta calidad, está diseñado para soportar cargas de hasta 250V/10A. Cada *relay* es un canal que está aislado eléctricamente por medio de un optoacoplador y tiene un led indicador de estado del funcionamiento, su diseño hace más práctico el acoplamiento con los sistemas del *Raspberry Pi 3* y *Pic*. Su activación de salida normalmente abierta es al recibir un "0" lógico (0 Voltios) y desactivada con la salida con un "1" lógico (5 voltios).

Este dispositivo hace más fácil de controlar los siguientes componentes: motores AC, motores DC, resistencias eléctricas, actuadores, luminarias, etc.

Tabla N° 34: Especificaciones técnicas de la regleta de 8 relays de 12v

Especificaciones Técnicas	
• Voltaje de Operación:	5V DC
• Señal de control:	TTL (3.3V o 5V)
• N° de Relays (canales):	8 CH
• Modelo Relay:	SRD-05VDC-SL-C
• Capacidad máx:	10A/250VAC, 10A/30VDC
• Corriente máx:	10A (NO), 5A (NC)
• Tiempo de acción:	10 ms / 5ms
• Para activar salida NO	0 voltios
Entradas Optoacopladas	
Indicadores LED de activación	

Elaboración: los autores

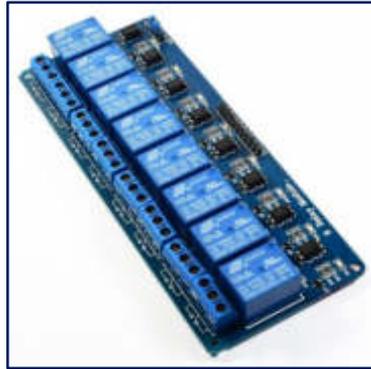


Figura N° 113: Módulo Relay 8CH 5VDC

Fuente: <https://naylampmechatronics.com/drivers/177-modulo-relay-8-canales-5vdc.html>

3.2 Método

En la primera etapa del sistema, se desarrolló la programación de los dos microcontroladores PIC18F4550 con una determinada frecuencia de trabajo en base a un cristal de 4MHz.

Después se procedió con la implementación de los dos sensores de peso (Celda de carga) de 500 kg y de 40 kg, donde cada uno se tuvo que linealizar con un algoritmo para que se estabilice y pueda calcular un valor bruto y un valor en kilogramos (Kg); de esta manera, poder tener la lectura del peso de cada celda de carga.

Una vez estabilizada la señal, se procedió con calibrar los sensores de peso para obtener datos reales de los pesos (peso de la marrana gestante o de los cerdos jóvenes y peso del alimento), donde la lectura digital obtenida se comparó con la lectura de una balanza calibrada para dar validez y confiabilidad del sistema.

La segunda etapa del sistema consiste en la identificación del animal, ya sea una marrana gestante o uno de los cerdos jóvenes; para ello se procedió a realizar un algoritmo que nos permita capturar la imagen del animal comiendo de forma frontal y así poder detectar en la imagen el color del arete (circular o cuadrada) que lleva puesto para poder clasificarlo.

La tercera etapa del sistema consiste en el diseño y fabricación de los dos armazones, donde el primer armazón es la jaula del destete y el segundo, para la parte de la dosificación del alimento. Estos dos armazones son donde se realizarán las pruebas, para ello se hizo con las características necesarias del animal.

Posteriormente, se creó una base de datos, para registrar y almacenar toda la información, ya sea el peso del animal, tipo de animal, sea una marrana gestante o un cerdo joven; categoría al cual corresponda sea cualquiera de las 4 etapas del cerdo joven y peso del alimento que se le está dando, para así poder llevar un control en la dosificación de alimento acorde con su peso.

La cuarta y última etapa consiste en el diseño y la elaboración de la interfaz gráfica, donde se visualizará en una pantalla táctil de 7", con lo cual se mostrará toda la información respectiva del animal del día y de hace 4 controles; también el usuario puede interactuar con el sistema ingresando información adicional.

CAPÍTULO 4 DESARROLLO

4.1 Bloque pictórico

4.1.1 Diagrama pictórico general

Se puede observar en la Figura N° 114 que el diagrama pictórico general se divide en 5 subetapas:

1. Etapa de control
2. Etapa de sensado
3. Etapa de actuadores
4. Etapa de identificación
5. Etapa de visualización

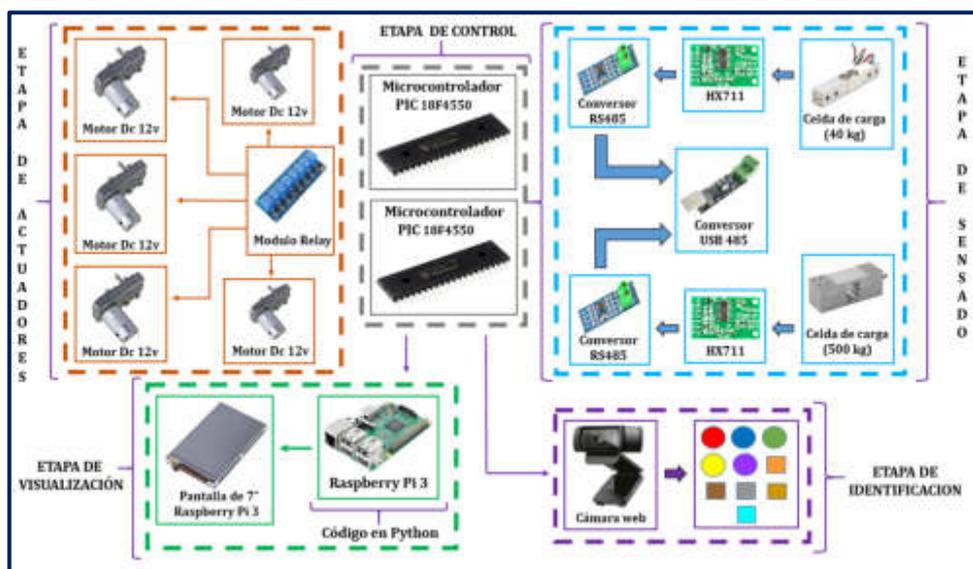


Figura N° 114: Diagrama pictórico general

Elaboración: los autores

4.1.2 Diagrama pictórico de los procesos

En la Figura N° 115 se observa la correlación de los procesos de pesaje como primer punto, seguido con la identificación por colores de acuerdo al pesaje del animal, ya sea una marrana gestante o una categoría de las cuatro etapas de los cerdos jóvenes, una vez que ya se identificó qué tipo de animal es. El sistema dosifica alimento acorde al primer peso del animal.

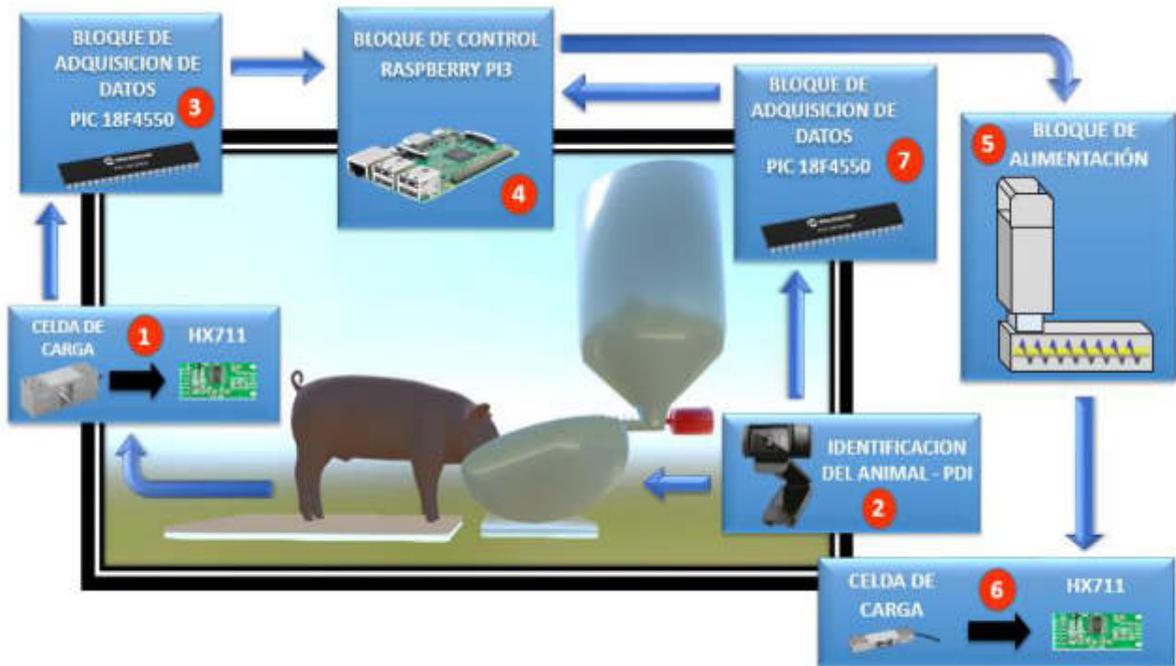


Figura N° 115: Diagrama pictórico de los procesos de pesaje, identificación por aretes de color y dosificación del alimento

Elaboración: los autores

4.1.3 Diagrama de bloques

A continuación, en la Figura N° 116 se observa el Diagrama de Bloques del Proyecto.

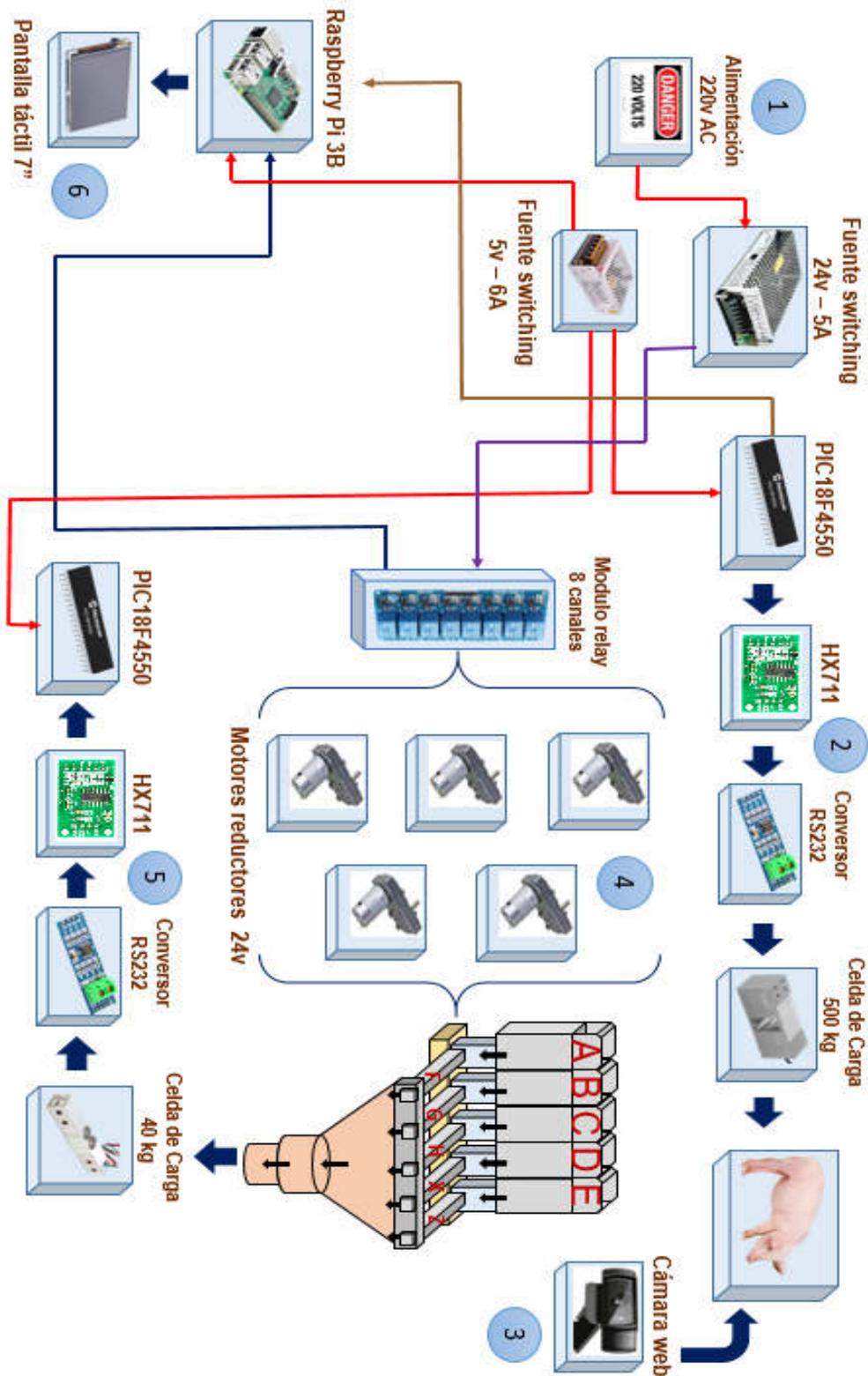


Figura N° 116: Diagrama de bloques de los procesos de pesaje, identificación por aretes por color y dosificación del alimento

Elaboración: los autores

4.2 Diagrama de flujo

4.2.1 Diagrama de flujo general

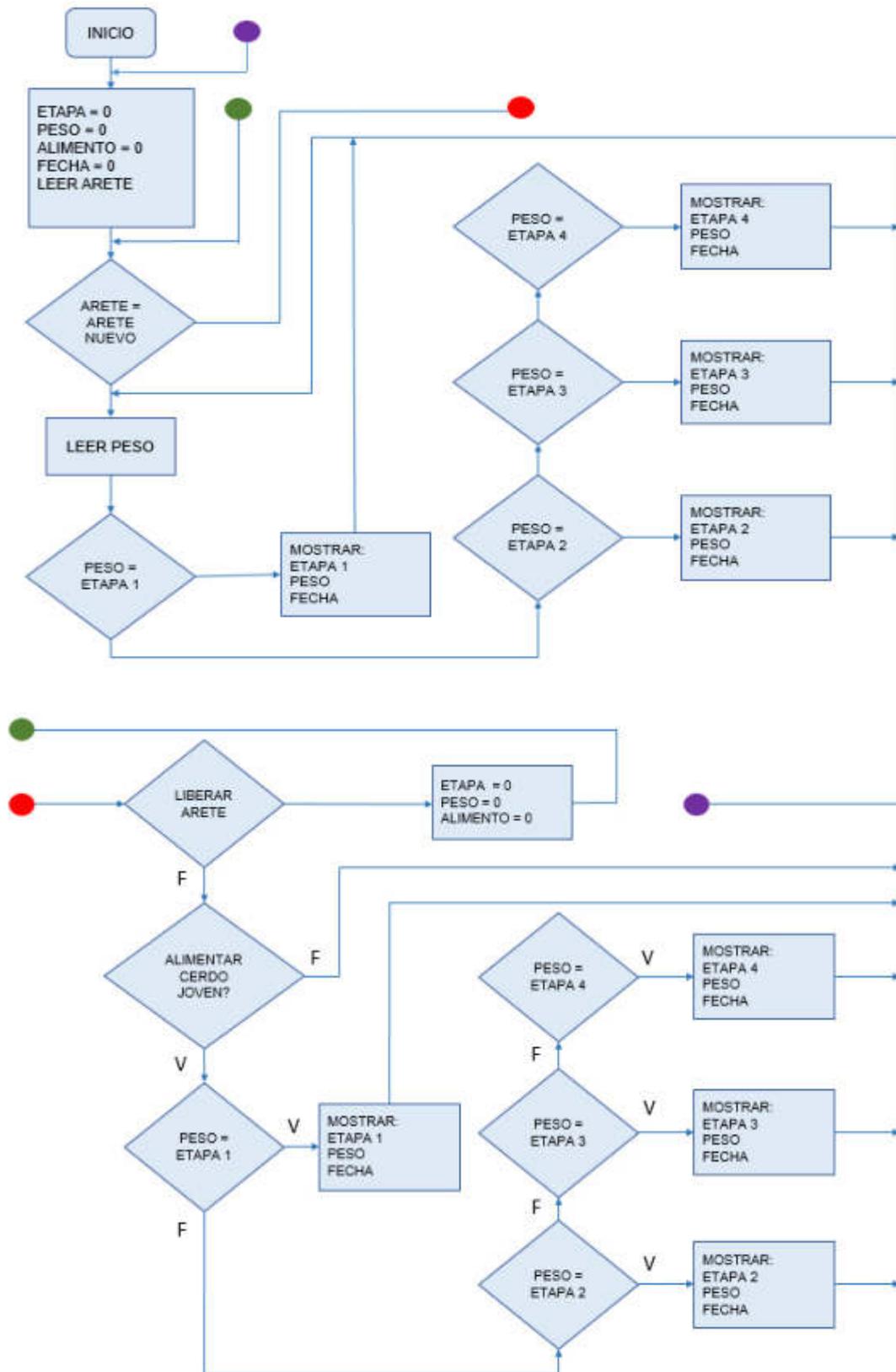


Figura N° 117: Muestra de las partes

Elaboración: los autores

4.2.2 Diagrama para el control de los motores reductores para la dosificación

A continuación, en la Figura N° 118 se muestra el diagrama de flujo para el control del motor en la dosificación del alimento del cerdo joven.

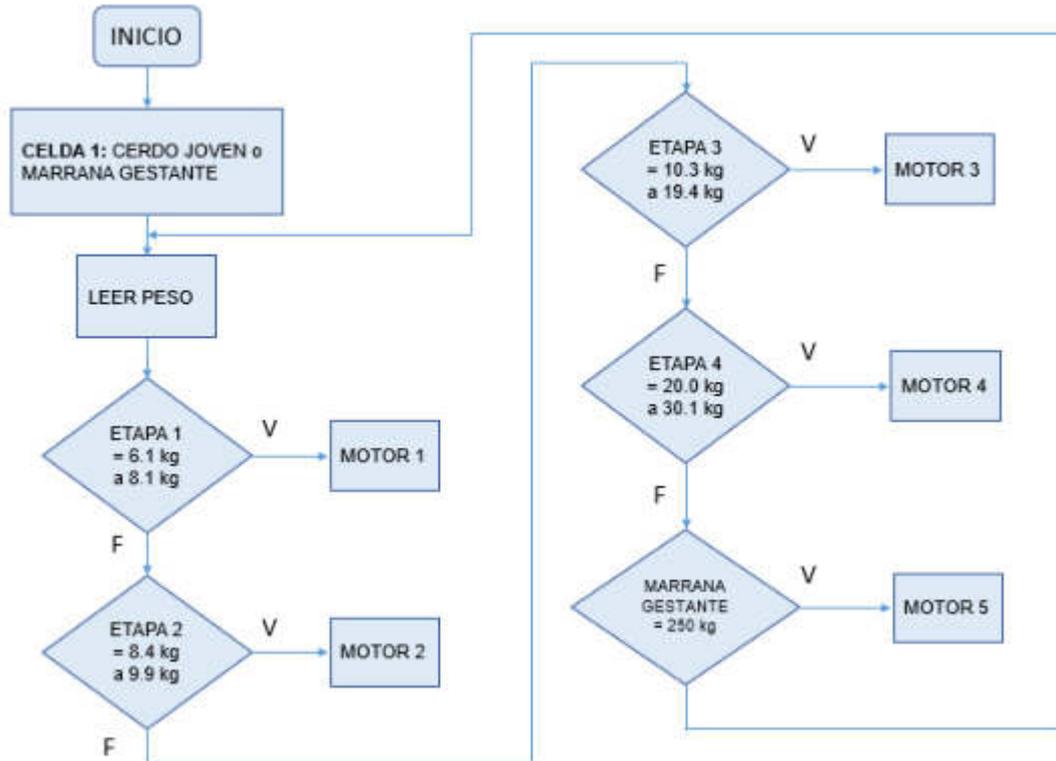


Figura N° 118: Diagrama de flujo para el control de motor reductor

Elaboración: los autores

4.2.3 Diagrama de flujo de adquisición de datos a través del HX711

Para poder obtener los datos del driver se utilizó el diagrama de flujo (Figura 119) con la interpretación del código.

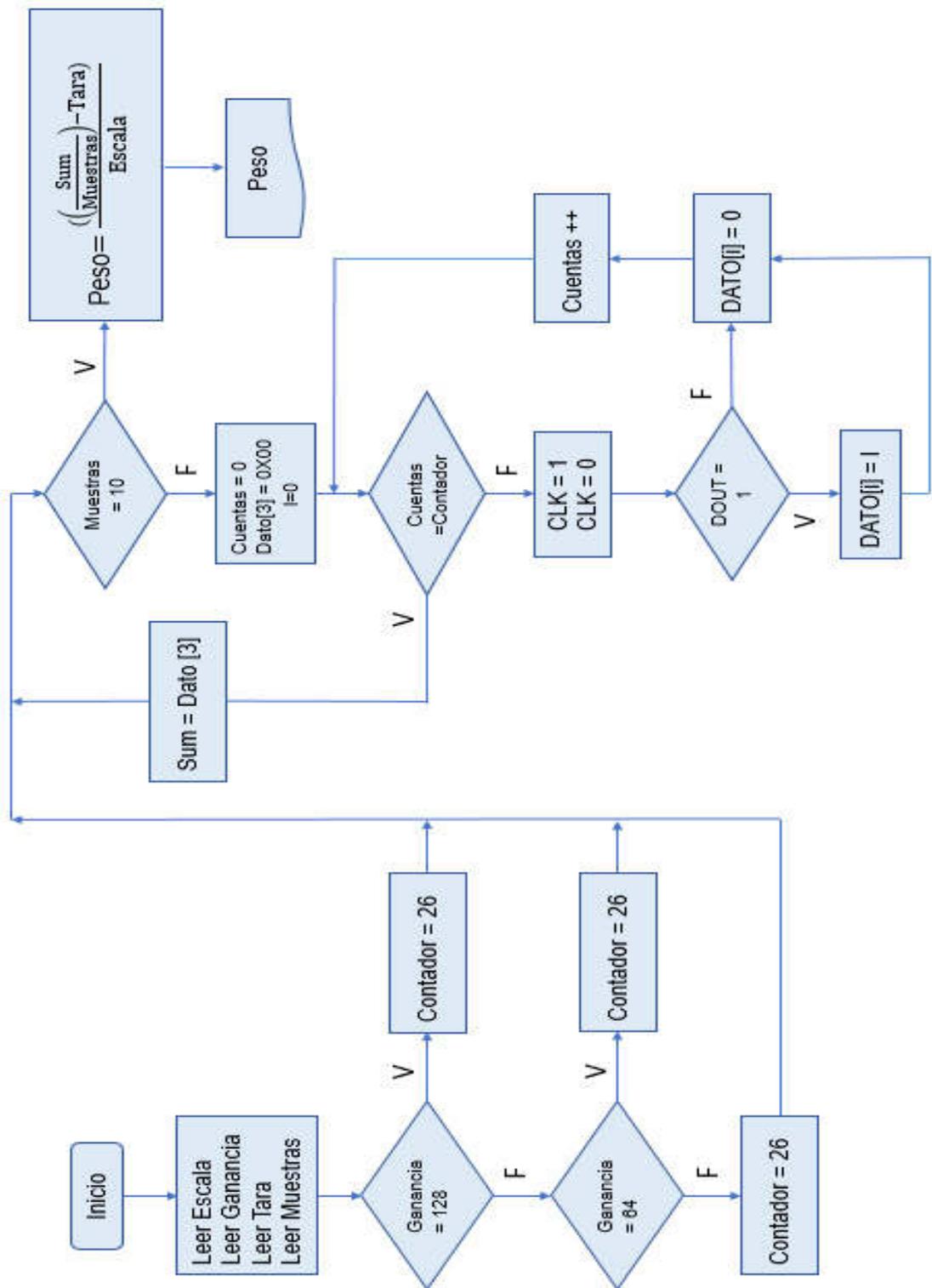


Figura N° 119: Diagrama de flujo de Adquisición de datos

Elaboración: los autores

4.2.4 Diagrama de flujo para la visualización de pesos

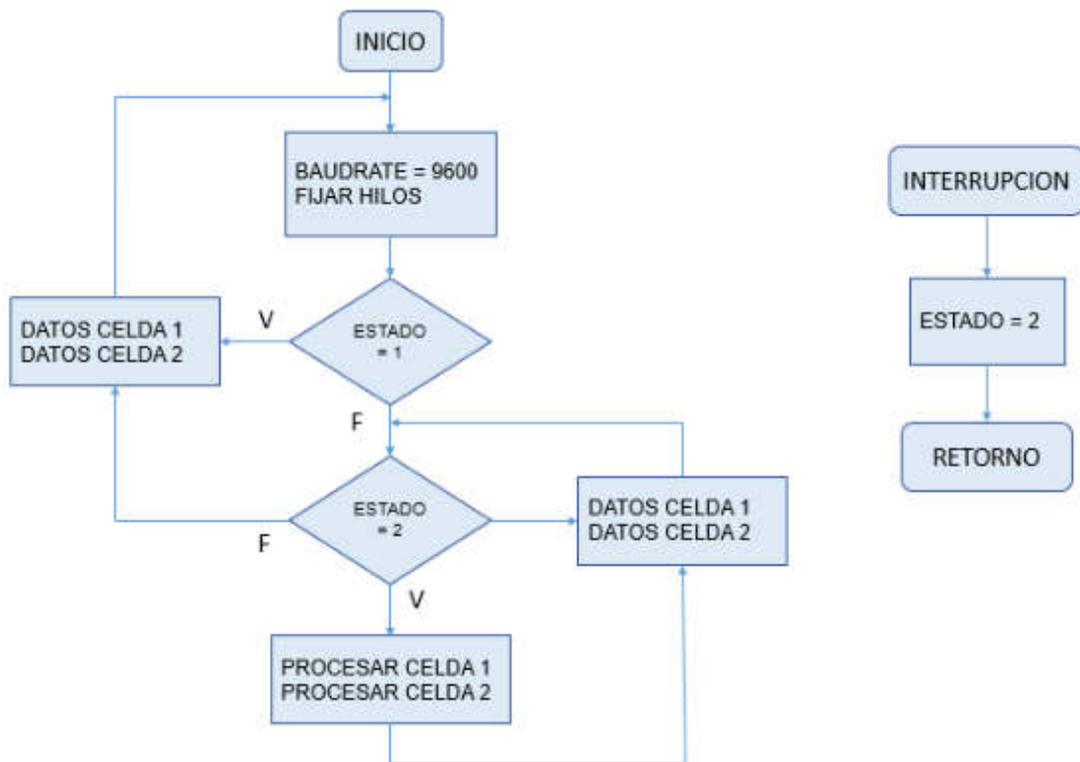


Figura N° 120: Diagrama de flujo de visualización de pesos

Elaboración: los autores

4.3 Cálculo de la Linealización de las celdas de cargas

Para calcular la linealización de cada una de las celdas de carga, primero se empezó a pesar 10 gramos y después se subió en 10 en 10 hasta llegar a 100 gramos; se utilizó la ecuación (4.1) de la recta y puntos de peso para la linealización:

$$\text{Ecuación de la recta: } (y' - y1) = \frac{(x-x1)}{(y-y1)}(x' - x1) \quad (4.1)$$

➤ **Linealización de la 1era celda de carga**

Tabla N° 35: Tabla de Linealización de la 1° celda de carga

OFFSET PLATAFORMA 1	VALOR OBTENIDO CON PESA REGLAMENTARIA	VALOR OBTENIDO CON PESA REGLAMENTARIA - OFFSET PLATAFORMA 1 (X')	PESO GRAMOS (gr) (Y')
16559	16561	2	10
16559	16563	4	20
16559	16565	6	30
16559	16566	7	40
16559	16568	9	50
16559	16570	11	60
16559	16572	13	70
16559	16574	15	80
16559	16576	17	90
16559	16578	19	100

Elaboración: los autores

Figura N° 121 de la recta lineal realizada de los valores obtenidos del peso en gramos (gr) y del valor de la pesa reglamentaria.

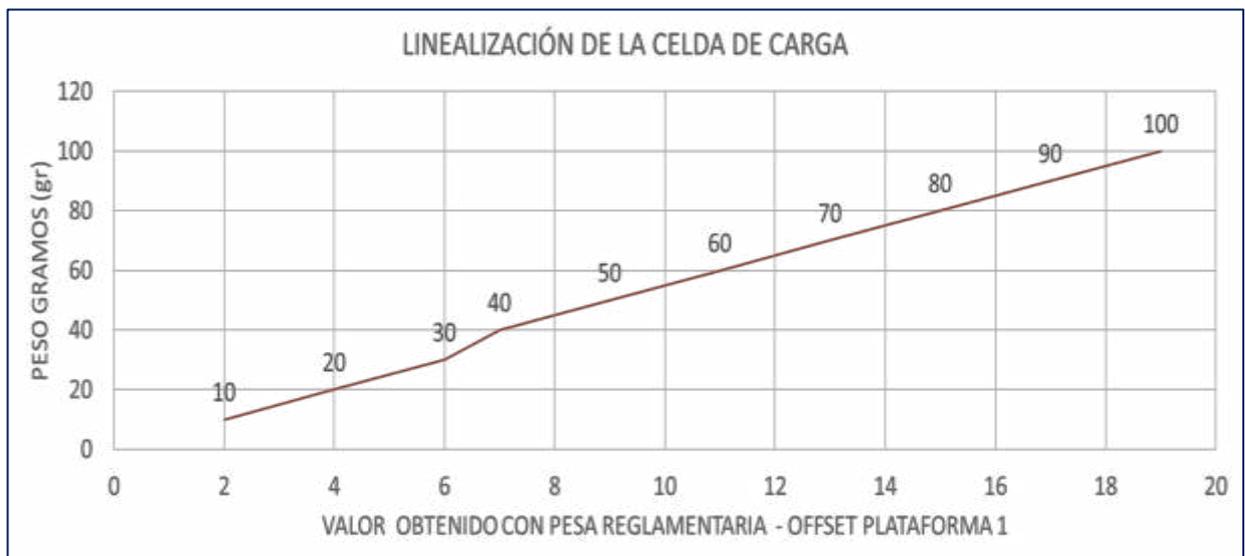


Figura N° 121: Recta lineal de la 1era celda de carga

Elaboración: los autores

➤ **Linealización de la 2da celda de carga**

Tabla N° 36: Tabla de Linealización de la 2° celda de carga

OFFSET PLATAFORMA 2	VALOR OBTENIDO CON PESA REGLAMENTARIA	VALOR OBTENIDO CON PESA REGLAMENTARIA - OFFSET PLATAFORMA 2 (X')	PESO GRAMOS (gr) (Y')
16995	16997	2	10
16995	17000	5	20
16995	17002	7	30
16995	17005	10	40
16995	17007	12	50
16995	17009	14	60
16995	17011	16	70
16995	17014	19	80
16995	17016	21	90
16995	17019	24	100

Elaboración: los autores

Figura N° 122 de la recta lineal realizada de los valores obtenidos del peso en gramos (gr) y del valor de la pesa reglamentaria de la segunda celda de carga.

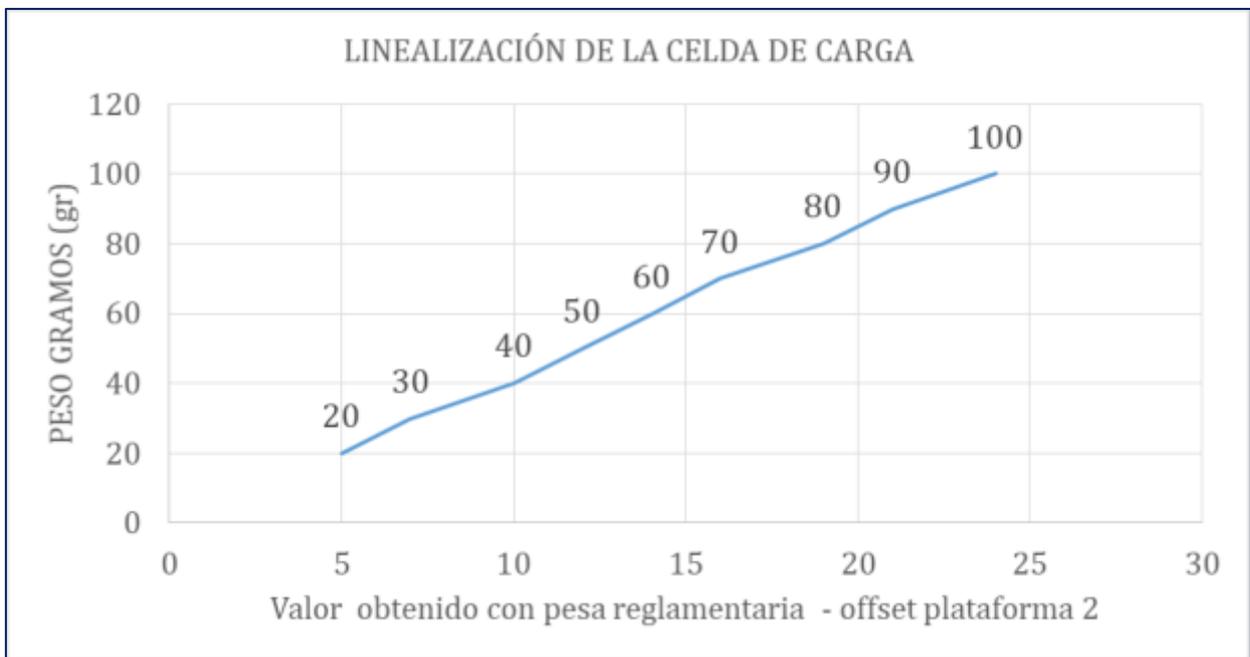


Figura N° 122: Recta lineal de la 2da celda de carga

Elaboración: los autores

En la Tabla N° 35 y Tabla N° 36 se puede determinar la nueva función de la ecuación (4.2) y ecuación (4.3) para poder procesar los datos recuperados y así obtener los pesos de ambas celdas.

$$(y' - 10) = \frac{(100-10)}{(19-2)}(x' - 2)$$

$$y' = \frac{(90)'}{(17)}x + \frac{(170)}{(17)} - \frac{(180)}{(17)}$$

$$y' = \frac{(90)}{(17)}x' + \frac{(10)}{(17)} \quad (4.2)$$

Ecuación de la recta – 1era Celda de carga (4.2)

Ahora para la segunda celda:

$$(y' - 10) = \frac{(100 - 10)}{(22 - 2)}(x' - 2)$$

$$y' = \frac{(90)'}{(22)}x + \frac{(170)}{(22)} - \frac{(180)}{(22)}$$

$$y' = \frac{(90)}{(22)}x' + \frac{(10)}{(22)} \quad (4.3)$$

Ecuación de la recta – 2da Celda de carga (4.3)

4.4 Cálculo de las celdas de carga

Solución del desarrollo de las celdas de carga

4.4.1 Desarrollo de una celda de carga de 40 kg

Hayamos una de las características de la celda de carga, que viene hacer la señal máxima.

Señal Máx. = Sensitividad x Voltaje Excitación

Donde,

$$\text{Sensitividad} = \frac{2mv}{v}$$

$$\text{Voltaje de Excitación} = 5v$$

Solución:

$$\text{señal max.} = \frac{2mv}{v} \times 5v = 10mv$$

$$\text{señal max.} = 10mv$$

Calculando el valor de la tensión de salida (V_{01}), del siguiente esquema de puente Wheatstone y las corrientes (i_{11}) y (i_{13}) correspondiente en la Figura N° 123.

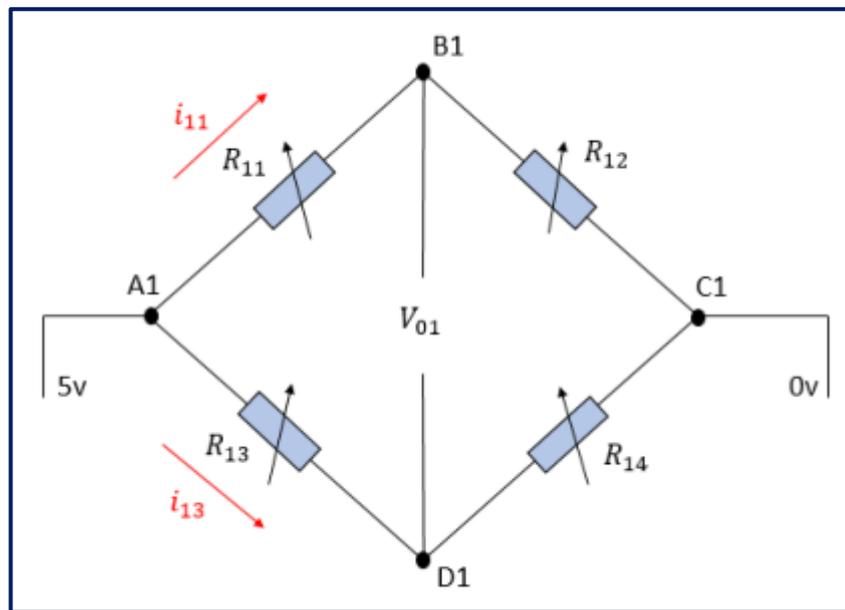


Figura N° 123: Puente Wheatstone para la celda de carga de 40 kg

Elaboración: los autores

Las resistencias 11 y 14 son de igual valor, lo mismo se da en las resistencias 12 y 13 que son de igual valor.

$$R_{11} = R_{14}$$

$$R_{12} = R_{13}$$

Resistencias de las galgas:

$$R_{11} = R_{14} = 350 - 3\Omega$$

$$R_{12} = R_{13} = 350 + 3\Omega$$

Entonces,

$$R_{11} = R_{14} = 347$$

$$R_{12} = R_{13} = 353$$

Tensión del nodo B1:

$$V_{B1} = \frac{V_{A1} \times R_{12}}{R_{11} + R_{12}}$$

$$V_{B1} = \frac{5 \times 353}{347 + 353} = 2,52$$

$$V_{B1} = 2,52 \text{ V}$$

Tensión del nodo D1:

$$V_{D1} = \frac{V_{A1} \times R_{14}}{R_{13} + R_{14}}$$

$$V_{D1} = \frac{5 \times 347}{353 + 347} = 2,48$$

$$V_{D1} = 2,48 \text{ V}$$

Tensión de salida V_{01} :

$$V_{01} = 2,52 - 2,48$$

$$V_{01} = 40 \text{ mV}$$

Corriente i_{11} :

$$i_{11} = \frac{5 - V_{B1}}{R_{11}} = \frac{5 - 2,52}{347} = 7,15 \text{ mA}$$

$$i_{11} = 7,15 \text{ mA}$$

Corriente i_{13} :

$$i_{13} = \frac{5 - V_D}{R_{13}} = \frac{5 - 2,48}{353} = 7,14 \text{ mA}$$

$$i_{13} = 7,14 \text{ mA}$$

4.4.2 Desarrollo de una celda de carga de 500 kg

Calculando el valor de la tensión de salida (V_{02}), del siguiente esquema de puente Wheatstone y las corrientes (i_{21}) y (i_{23}) correspondiente en la Figura N° 124.

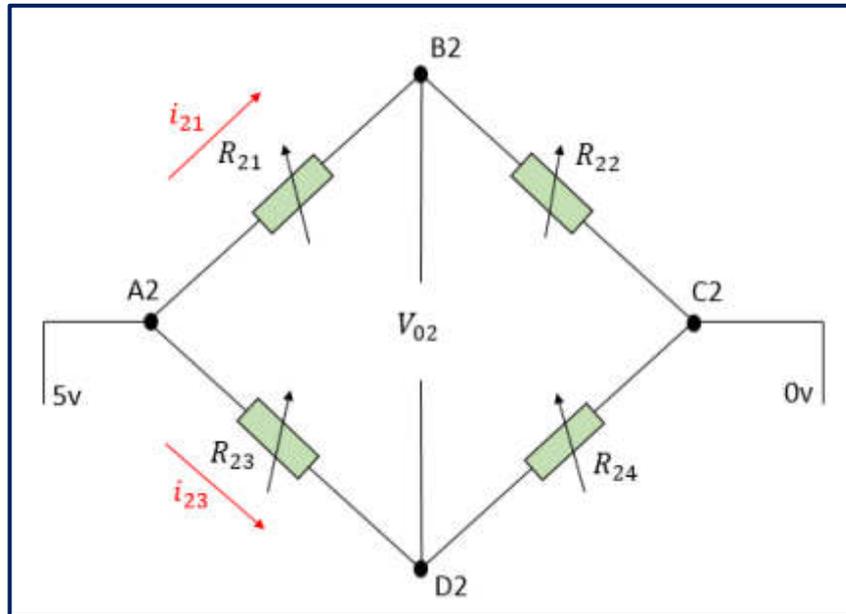


Figura N° 124: Puente Wheatstone para la celda de carga de 500 kg

Elaboración: los autores

Las resistencias 21 y 24 son de valor, lo misma se da en las resistencias 22 y 23 que son de igual valor.

$$R_{21} = R_{24}$$

$$R_{22} = R_{23}$$

Resistencias de las galgas:

$$R_{21} = R_{24} = 350 - 3,5 \Omega$$

$$R_{22} = R_{23} = 350 + 3,5 \Omega$$

Entonces,

$$R_{21} = R_{24} = 346,5 \Omega$$

$$R_{22} = R_{23} = 353,5 \Omega$$

Tensión del nodo B2:

$$V_{B2} = \frac{V_{A2} \times R_{22}}{R_{21} + R_{22}}$$

$$V_{B2} = \frac{5 \times 353,5}{346,5 + 353,5} = 2,53V$$

$$V_{B2} = 2,53V$$

Tensión del nodo D2:

$$V_{D2} = \frac{V_{A2} \times R_{24}}{R_{23} + R_{24}}$$

$$V_{D2} = \frac{5 \times 346,5}{353,5 + 345,5} = 2,48V$$

$$V_{D2} = 2,48V$$

Tensión de salida V_{02} :

$$V_{02} = 2,53 - 2,48$$

$$V_{02} = 50mV$$

Corriente i_{21} :

$$i_{21} = \frac{5 - V_{B2}}{R_{21}} = \frac{5 - 2,53}{346,5} = 7,13 \text{ mA}$$

$$i_{21} = 7,13 \text{ mA}$$

Corriente i_{23} :

$$i_{23} = \frac{5 - V_{D2}}{R_{23}} = \frac{5 - 2,48}{353,5} = 7,13 \text{ mA}$$

$$i_{23} = 7,13 \text{ mA}$$

4.5 Cálculo del tornillo sin fin

A continuación, se calculó las siguientes medidas específicas para el diseño de los dos tornillos sin fin que se diseñaron, donde se muestra en las Figura N° 125 y Figura N° 126, respectivamente.

4.5.1 Cálculos del diseño del tornillo sin fin para las 4 etapas de los cerdos jóvenes

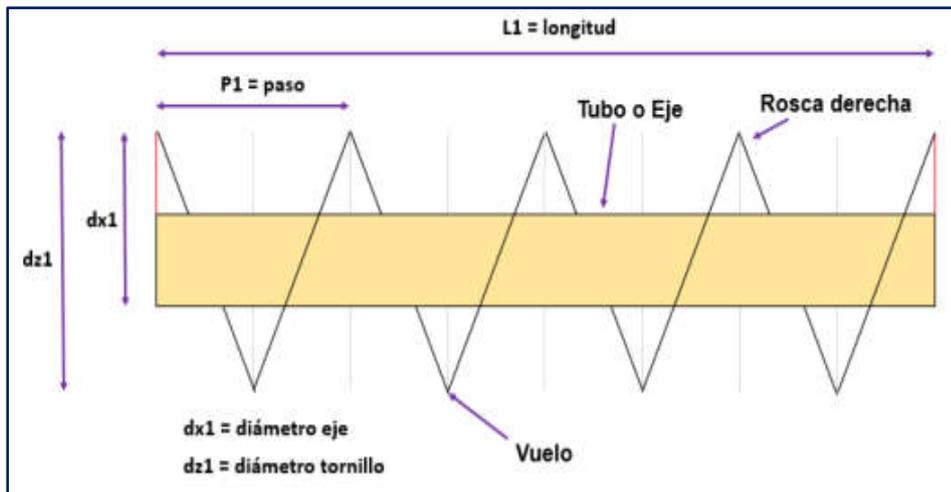


Figura N° 125: Medidas del tornillo sin fin para las 4 etapas de los cerdos jóvenes

Elaboración: los autores

A continuación, se resolverá el diseño del tornillo sin fin matemáticamente:

Resolución del tornillo sin fin:

$$\text{Datos: } dz1 = 70 \text{ mm} \quad , \quad P1 = 25 \text{ mm}$$

$$dx1 = 35 \text{ mm} \quad , \quad L1 = 450 \text{ mm}$$

Se calcula primero la anchura que está definida con la variable H1

$$H1 = \frac{(dz1 - dx1)}{2}, \quad H1 = \frac{70 - 35}{2} = 17,5 \quad \longrightarrow \quad H1 = 17,5\text{mm, a}$$

continuación, se calcula la longitud del arco interior (I1) y la longitud del arco superior (L1)

$$l1 = \sqrt{(\pi dx)^2 + P^2} \quad \longrightarrow \quad l1 = \sqrt{(\pi 35)^2 + 25^2} = 112.76 \text{ mm,}$$

Redondeando el valor a 113mm

$$L1 = \sqrt{(\pi dz)^2 + P^2} \longrightarrow L1 = \sqrt{(\pi 70)^2 + 25^2} = 221.32\text{mm},$$

Redondeando el valor a 221mm

Una vez obtenidos los valores de la anchura, longitud del arco interior y la longitud del arco superior se da paso para calcular el radio menor que está simbolizado con la variable r1.

$$r1 = \frac{17,5 \times 113}{221 - 113} = 18,31 \text{ redondeando a } 18 \longrightarrow r1 = 18\text{mm}, \text{ una vez}$$

hallado el valor del radio menor (r1), se procede a hallar el valor del radio mayor (R1).

$$R1 = 18 + 17,5 = 35,5 \longrightarrow R1 = 35,5\text{mm}$$

$$\text{A continuación, se halla } \Delta 1 = \frac{(L \times 360^\circ)}{2\pi R1}$$

Hallamos el valor de la superficie del arco $2\pi R1$,

$$\text{se calcula } 2\pi R1 = 2 \times 35,5 \times 3,14 = 222,94 \longrightarrow \text{redondeando a } 223$$

Superficie del arco = 223

$$\Delta 1 = \frac{221 \times 360}{223} = 356,7 \text{ redondeando a } 357 \longrightarrow \Delta 1 = 357^\circ$$

Una vez hallado el valor de delta, se procede hallar el valor del ángulo de corte radial (en grados sexagesimales)

$$\Theta 1 = 360 - 357 = 3 \longrightarrow \Theta 1 = 3^\circ$$

4.5.2 Cálculos del diseño del tornillo sin fin para las marranas gestantes

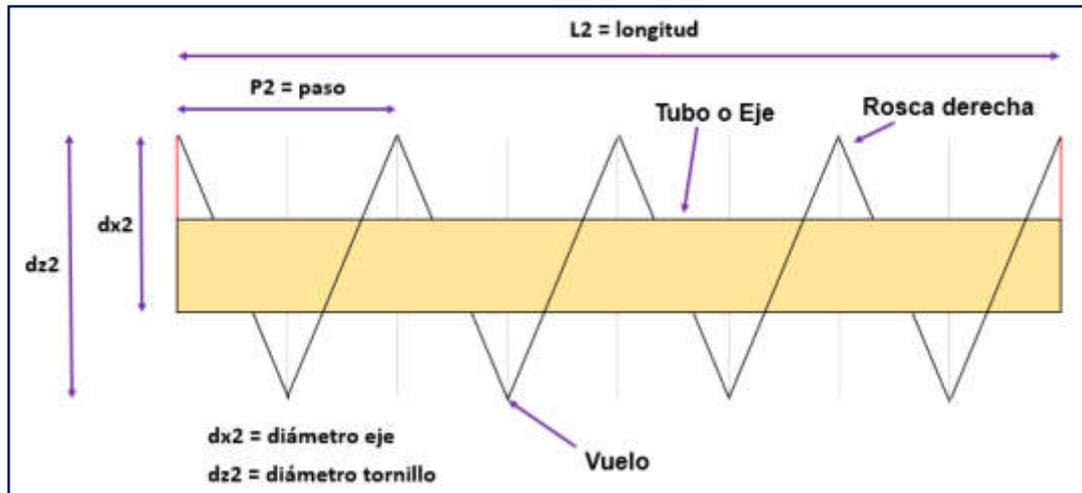


Figura N° 126: Medidas del tornillo sin fin para las marranas gestantes

Elaboración: los autores

A continuación, se resolverá el diseño del tornillo sin fin matemáticamente:

Resolución del tornillo sin fin:

Datos: $dz2 = 100 \text{ mm}$, $P2 = 25 \text{ mm}$

$Dx2 = 35 \text{ mm}$, $L2 = 450 \text{ mm}$

Se calcula primero la anchura que está definida con la letra A

$$H2 = \frac{(dz2 - dx2)}{2}, \quad H2 = \frac{100 - 35}{2} = 32,5 \longrightarrow H2 = 32,5, \text{ después}$$

se calcula la longitud del arco interior ($l2$) y la longitud del arco superior ($L2$)

$$l2 = \sqrt{(\pi dx)^2 + P^2} \longrightarrow l2 = \sqrt{(\pi 35)^2 + 25^2} = 112.76 \text{ mm}$$

Redondeando el valor a 113

$$L2 = \sqrt{(\pi dz)^2 + P^2} \longrightarrow L2 = \sqrt{(\pi 100)^2 + 25^2} = 315.15 \text{ mm}$$

Redondeando el valor a 315

Una vez obtenidos los valores de la anchura, longitud del arco interior y la longitud del arco superior se da paso para calcular el radio menor que está simbolizado con la variable r_2 .

$$r_2 = \frac{32,5 \times 113}{315 - 113} = 18,18 \text{ redondeando a } 18 \longrightarrow r_2 = 18\text{mm, una vez}$$

hallado el valor del radio menor (r_2), se procede a hallar el valor del radio mayor (R_2).

$$R_2 = 18 + 32,5 = 50,5 \longrightarrow R_2 = 50,5\text{mm}$$

A continuación, se halla $\Delta_2 = \frac{(L_2 \times 360^\circ)}{2\pi R_2}$

Se halló el valor de la superficie del arco:

$$2\pi R_2 = 2 \times 50,5 \times 3,14 = 317,14 \text{ redondeando a } 317 \longrightarrow \text{Superficie del arco} = 317$$

$$\Delta_2 = \frac{315 \times 360}{317} = 357,72 \text{ redondeando a } 358 \longrightarrow \Delta_2 = 358$$

Una vez hallado el valor de delta, se procede hallar el valor del ángulo de corte radial (en grados sexagesimales)

$$\Theta_2 = 360 - 358 = 2 \longrightarrow \Theta_2 = 2^\circ$$

4.6 Cálculo de la distancia euclidiana

o Medición de la distancia euclidiana de los 6 colores

Se medirá la distancia euclidiana para estos seis colores:

- Amarillo coordenada = $(x_1, y_1) = (-0.7, 0.3)$
- Lila coordenada = $(x_2, y_2) = (0.5, 0.8)$
- Morado coordenada = $(x_3, y_3) = (0.8, 0.2)$
- Verde claro coordenada = $(x_4, y_4) = (-0.8, -0.6)$
- Azul coordenada = $(x_5, y_5) = (0.9, -0.5)$
- Celeste coordenada = $(x_6, y_6) = (0.3, -0.8)$

Desarrollo:

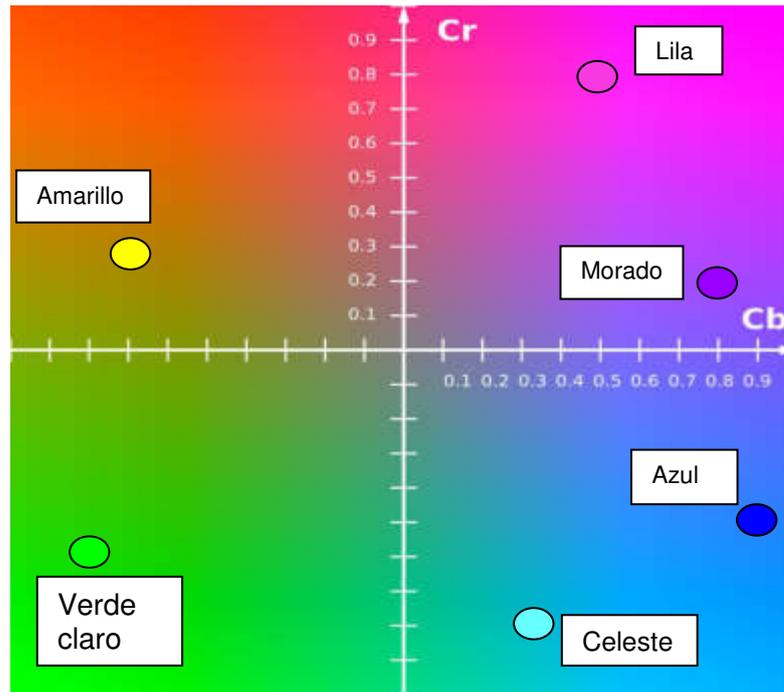


Figura N° 127: Puntos de coordenadas de los colores en el plano Cb-Cr

Fuente: <https://es.wikipedia.org/wiki/YCbCr>

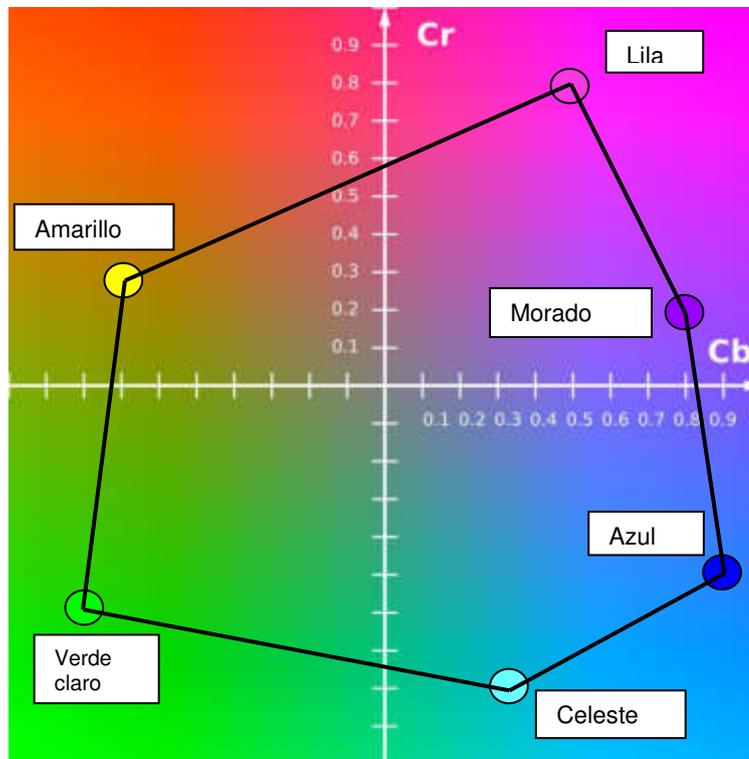


Figura N° 128: Unión de los puntos de coordenadas de los colores en el plano Cb-Cr

Fuente: <https://es.wikipedia.org/wiki/YCbCr>

Ecuación para hallar la distancia entre dos puntos:

$$d_E (P_1; P_2) = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \quad (4.4)$$

Solución de las distancias:

4.6.1 Distancia entre Amarillo y los siguientes colores:

➤ Distancia entre los colores **amarillo – verde claro**

- **Amarillo** coordenada = (x1,y1) = (-0.7,0.3)
- **Verde claro** coordenada = (x2,y2) = (-0.8,-0.6)

$$d1 = \sqrt{(X2 - X1)^2 + (Y2 - Y1)^2} = \sqrt{(-0.8 - (-0.7))^2 + (-0.6 - 0.3)^2}$$
$$d1 = \sqrt{0.82} \quad \Rightarrow \quad d1 = 0.90\text{mm}$$

➤ Distancia entre los colores **amarillo – celeste**

- **Amarillo** coordenada = (x1,y1) = (-0.7,0.3)
- **Celeste** coordenada = (x3,y3) = (0.3,-0.8)

$$d2 = \sqrt{(X3 - X1)^2 + (Y3 - Y1)^2} = \sqrt{(0.3 - (-0.7))^2 + (-0.8 - 0.3)^2}$$
$$d2 = \sqrt{2.21} \quad \Rightarrow \quad d2 = 1.48\text{mm}$$

➤ Distancia entre los colores **amarillo – azul**

- **Amarillo** coordenada = (x1,y1) = (-0.7,0.3)
- **Azul** coordenada = (x4,y4) = (0.9,-0.5)

$$d3 = \sqrt{(X4 - X1)^2 + (Y4 - Y1)^2} = \sqrt{(0.9 - (-0.7))^2 + (-0.5 - 0.3)^2}$$
$$d3 = \sqrt{3.2} \quad \Rightarrow \quad d3 = 1.78\text{mm}$$

➤ Distancia entre los colores **amarillo – morado**

- **Amarillo** coordenada = (x1,y1) = (-0.7,0.3)

- **Morado** coordenada = (x5,y5) = (0.8,0.2)

$$d4 = \sqrt{(X5 - X1)^2 + (Y5 - Y1)^2} = \sqrt{(0.8 - (-0.7))^2 + (0.2 - 0.3)^2}$$

$$d4 = \sqrt{2.26} \Rightarrow d4 = 1.50\text{mm}$$

➤ Distancia entre los colores **amarillo – lila**

- **Amarillo** coordenada = (x1,y1) = (-0.7,0.3)

- **Lila** coordenada = (x6,y6) = (0.5,0.8)

$$d5 = \sqrt{(X6 - X1)^2 + (Y6 - Y1)^2} = \sqrt{(0.5 - (-0.7))^2 + (0.8 - 0.3)^2}$$

$$d5 = \sqrt{1.69} \Rightarrow d5 = 1.3\text{mm}$$

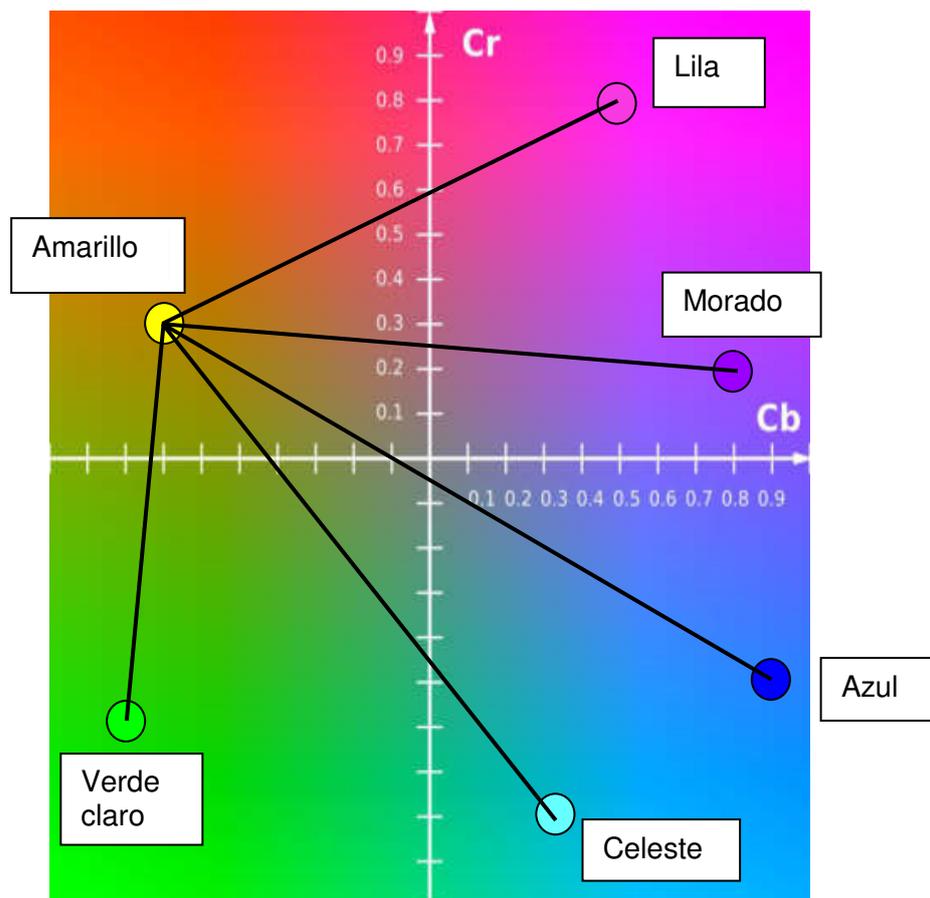


Figura N° 129: Distancias euclidianas del color amarillo a los diferentes colores

Fuente: <https://es.wikipedia.org/wiki/YCbCr>

4.6.2 Distancia entre Verde claro y los siguientes colores:

➤ Distancia entre los colores **verde claro - amarillo**

- **Verde claro** coordenada = (x1,y1) = (-0.8,-0.6)
- **Amarillo** coordenada = (x2,y2) = (-0.7,0.3)

$$d6 = \sqrt{(X2 - X1)^2 + (Y2 - Y1)^2} = \sqrt{(-0.7 - (-0.8))^2 + (0.3 - (-0.6))^2}$$

$$d1 = \sqrt{0.82} \quad \Rightarrow \quad d1 = 0.90\text{mm}$$

➤ Distancia entre los colores **verde claro - celeste**

- **Verde claro** coordenada = (x1,y1) = (-0.8,-0.6)
- **Celeste** coordenada = (x3,y3) = (0.3,-0.8)

$$d7 = \sqrt{(X3 - X1)^2 + (Y3 - Y1)^2} = \sqrt{(0.3 - (-0.8))^2 + (-0.8 - (-0.6))^2}$$

$$d6 = \sqrt{1.25} \quad \Rightarrow \quad d6 = 1.11\text{mm}$$

➤ Distancia entre los colores **verde claro - azul**

- **Verde claro** coordenada = (x1,y1) = (-0.8,-0.6)
- **Azul** coordenada = (x4,y4) = (0.9,-0.5)

$$d8 = \sqrt{(X4 - X1)^2 + (Y4 - Y1)^2} = \sqrt{(0.9 - (-0.8))^2 + (-0.5 - (-0.6))^2}$$

$$d7 = \sqrt{2.9} \quad \Rightarrow \quad d7 = 1.70\text{mm}$$

➤ Distancia entre los colores **verde claro - morado**

- **Verde claro** coordenada = (x1,y1) = (-0.8,0.6)
- **Morado** coordenada = (x5,y5) = (0.8,0.2)

$$d9 = \sqrt{(X5 - X1)^2 + (Y5 - Y1)^2} = \sqrt{(0.8 - (-0.8))^2 + (0.2 - 0.6)^2}$$

$$d8 = \sqrt{2.72} \quad \Rightarrow \quad d8 = 1.64\text{mm}$$

- Distancia entre los colores **verde claro – lila**
 - **Verde claro** coordenada = (x1,y1) = (-0.8,-0.6)
 - **Lila** coordenada = (x6,y6) = (0.5,0.8)

$$d_{10} = \sqrt{(X_6 - X_1)^2 + (Y_6 - Y_1)^2} = \sqrt{(0.5 - (-0.8))^2 + (0.8 - (-0.6))^2}$$

$$d_9 = \sqrt{3.65} \quad \Rightarrow \quad d_9 = 1.91\text{mm}$$

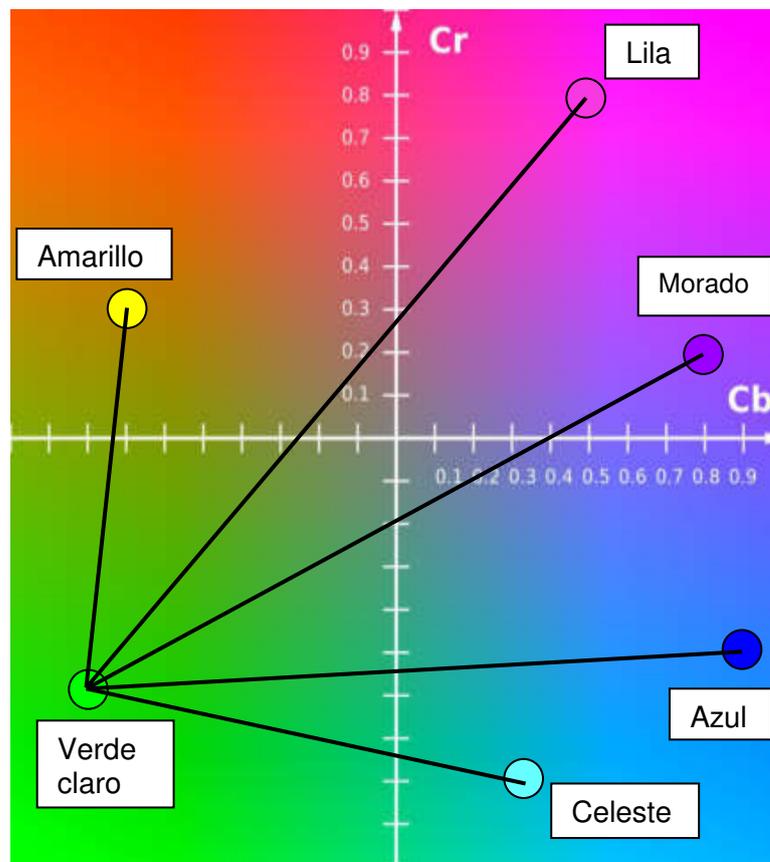


Figura N° 130: Distancias euclidiana del color verde a los diferentes colores

Fuente: <https://es.wikipedia.org/wiki/YCbCr>

4.6.3 Distancia entre Celeste y los siguientes colores:

- Distancia entre los colores **celeste - amarillo**
 - **Celeste** coordenada = (x1,y1) = (0.3,-0.8)
 - **Amarillo** coordenada = (x2,y2) = (-0.7,0.3)

$$d_{11} = \sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2} = \sqrt{(-0.7 - 0.3)^2 + (0.3 - (-0.8))^2}$$

$$d_2 = \sqrt{2.21} \quad \Rightarrow \quad d_2 = 1.48\text{mm}$$

➤ Distancia entre los colores **celeste - verde claro**

• **Celeste** coordenada = (x1,y1) = (0.3,-0.8)

• **Verde claro** coordenada = (x3,y3) = (-0.8,-0.6)

$$d_{12} = \sqrt{(X_3 - X_1)^2 + (Y_3 - Y_1)^2} = \sqrt{(-0.8 - 0.3)^2 + (-0.6 - (-0.8))^2}$$

$$d_6 = \sqrt{1.25} \quad \Rightarrow \quad d_6 = 1.11\text{mm}$$

➤ Distancia entre los colores **celeste - azul**

• **Celeste** coordenada = (x1,y1) = (0.3,-0.8)

• **Azul** coordenada = (x4,y4) = (0.9,-0.5)

$$d_{13} = \sqrt{(X_4 - X_1)^2 + (Y_4 - Y_1)^2} = \sqrt{(0.9 - 0.3)^2 + (-0.5 - (-0.8))^2}$$

$$d_{10} = \sqrt{0.45} \quad \Rightarrow \quad d_{10} = 0.67\text{mm}$$

➤ Distancia entre los colores **celeste - morado**

• **Celeste** coordenada = (x1,y1) = (0.3,-0.8)

• **Morado** coordenada = (x5,y5) = (0.8,0.2)

$$d_{14} = \sqrt{(X_5 - X_1)^2 + (Y_5 - Y_1)^2} = \sqrt{(0.8 - 0.3)^2 + (0.2 - (-0.8))^2}$$

$$d_{11} = \sqrt{1.25} \quad \Rightarrow \quad d_{11} = 1.11\text{mm}$$

➤ Distancia entre los colores **celeste - lila**

• **Celeste** coordenada = (x1,y1) = (0.3,-0.8)

• **Lila** coordenada = (x6,y6) = (0.5,0.8)

$$d_{15} = \sqrt{(X_6 - X_1)^2 + (Y_6 - Y_1)^2} = \sqrt{(0.5 - 0.3)^2 + (0.8 - (-0.8))^2}$$

$$d_{12} = \sqrt{2.6} \Rightarrow d_{12} = 1.61\text{mm}$$

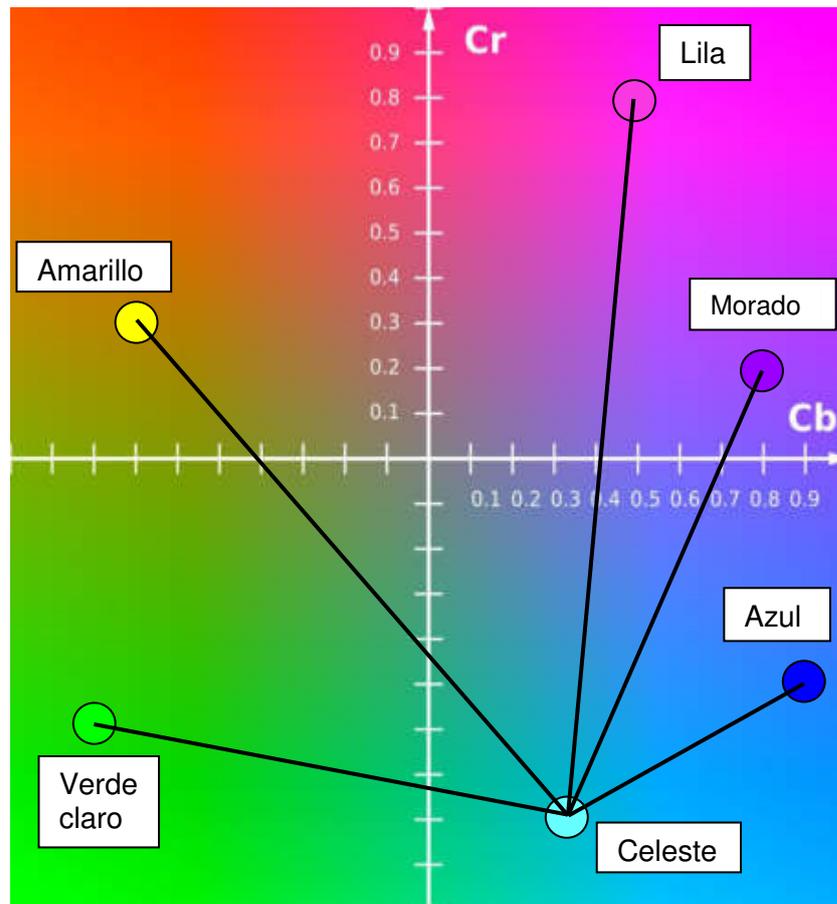


Figura N° 131: Distancias euclidianas del color celeste a los diferentes colores

Fuente: <https://es.wikipedia.org/wiki/YCbCr>

4.6.4 Distancia entre Azul y los siguientes colores:

➤ Distancia entre los colores **azul - amarillo**

- **Azul** coordenada = $(x_1, y_1) = (0.9, -0.5)$
- **Amarillo** coordenada = $(x_2, y_2) = (-0.7, 0.3)$

$$d_{16} = \sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2} = \sqrt{(-0.7 - 0.9)^2 + (0.3 - (-0.5))^2}$$

$$d_3 = \sqrt{3.2} \Rightarrow d_3 = 1.78\text{mm}$$

➤ Distancia entre los colores **azul - verde claro**

• **Azul** coordenada = $(x_1, y_1) = (0.9, -0.5)$

• **Verde claro** coordenada = $(x_3, y_3) = (-0.8, -0.6)$

$$d_{17} = \sqrt{(X_3 - X_1)^2 + (Y_3 - Y_1)^2} = \sqrt{(-0.8 - 0.9)^2 + (-0.6 - (-0.5))^2}$$

$$d_7 = \sqrt{2.9} \quad \Rightarrow \quad d_7 = 1.70\text{mm}$$

➤ Distancia entre los colores **azul - celeste**

• **Azul** coordenada = $(x_1, y_1) = (0.9, -0.5)$

• **Celeste** coordenada = $(x_4, y_4) = (0.3, -0.8)$

$$d_{18} = \sqrt{(X_4 - X_1)^2 + (Y_4 - Y_1)^2} = \sqrt{(0.3 - 0.9)^2 + (-0.8 - (-0.5))^2}$$

$$d_{10} = \sqrt{0.45} \quad \Rightarrow \quad d_{10} = 0.67\text{mm}$$

➤ Distancia entre los colores **azul - morado**

• **Azul** coordenada = $(x_1, y_1) = (0.9, -0.5)$

• **Morado** coordenada = $(x_5, y_5) = (0.8, 0.2)$

$$d_{19} = \sqrt{(X_5 - X_1)^2 + (Y_5 - Y_1)^2} = \sqrt{(0.8 - 0.9)^2 + (0.2 - (-0.5))^2}$$

$$d_{13} = \sqrt{0.5} \quad \Rightarrow \quad d_{13} = 0.70\text{mm}$$

➤ Distancia entre los colores **azul - lila**

• **Azul** coordenada = $(x_1, y_1) = (0.9, -0.5)$

• **Lila** coordenada = $(x_6, y_6) = (0.5, 0.8)$

$$z_{d20} = \sqrt{(X_6 - X_1)^2 + (Y_6 - Y_1)^2} = \sqrt{(0.5 - 0.9)^2 + (0.8 - (-0.5))^2}$$

$$d_{14} = \sqrt{1.85} \quad \Rightarrow \quad d_{14} = 1.36\text{mm}$$

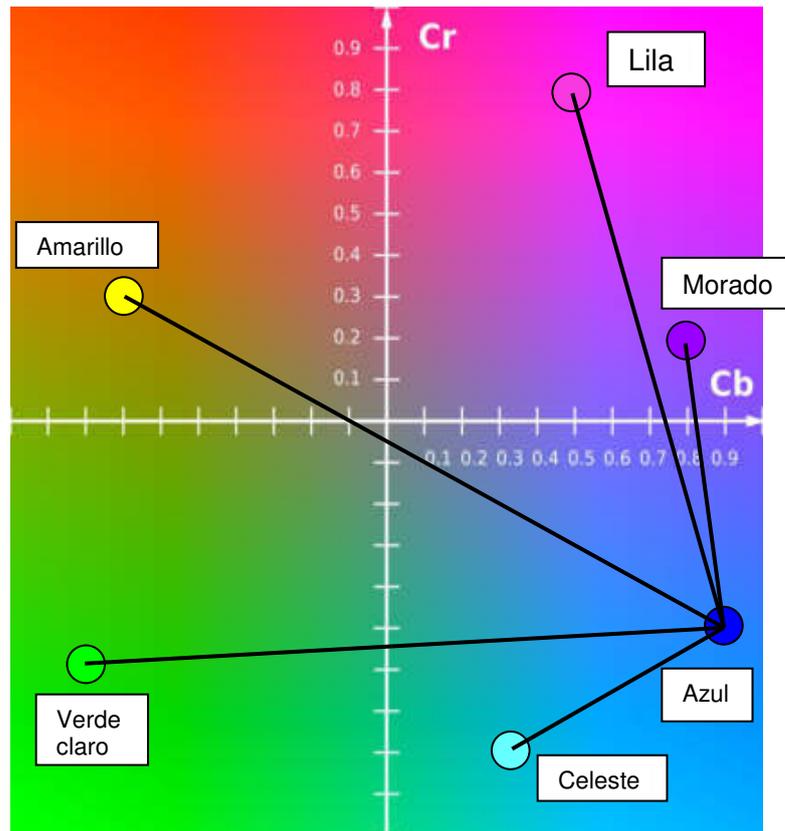


Figura N° 132: Distancias euclidianas del color azul a los diferentes colores

Fuente: <https://es.wikipedia.org/wiki/YCbCr>

4.6.5 Distancia entre Morado y los siguientes colores:

➤ Distancia entre los colores **morado - amarillo**

- **Morado** coordenada = (x1, y1) = (0.8,0.2)
- **Amarillo** coordenada = (x2, y2) = (-0.7,0.3)

$$d4 = \sqrt{(X2 - X1)^2 + (Y2 - Y1)^2} = \sqrt{(-0.7 - 0.8)^2 + (0.3 - 0.2)^2}$$

$$d4 = \sqrt{2.26} \quad \Rightarrow \quad d4 = 1.50\text{mm}$$

➤ Distancia entre los colores **morado - verde claro**

- **Morado** coordenada = (x1,y1) = (0.8,0.2)
- **Verde claro** coordenada = (x3,y3) = (-0.8,-0.6)

$$d8 = \sqrt{(X3 - X1)^2 + (Y3 - Y1)^2} = \sqrt{(-0.8 - 0.8)^2 + (-0.6 - 0.2)^2}$$

$$d8 = \sqrt{3.2} \quad \Rightarrow \quad d8 = 1.78\text{mm}$$

➤ Distancia entre los colores **morado - celeste**

• **Morado** coordenada = (x1,y1) = (0.8,0.2)

• **Celeste** coordenada = (x4,y4) = (0.3,-0.8)

$$d11 = \sqrt{(X4 - X1)^2 + (Y4 - Y1)^2} = \sqrt{(0.3 - 0.8)^2 + (-0.8 - 0.2)^2}$$

$$d11 = \sqrt{1.25} \quad \Rightarrow \quad d11 = 1.11\text{mm}$$

➤ Distancia entre los colores **morado - azul**

• **Morado** coordenada = (x1,y1) = (0.8,0.2)

• **Azul** coordenada = (x5,y5) = (0.9,-0.5)

$$d13 = \sqrt{(X5 - X1)^2 + (Y5 - Y1)^2} = \sqrt{(0.9 - 0.8)^2 + (-0.5 - 0.2)^2}$$

$$d13 = \sqrt{0.5} \quad \Rightarrow \quad d13 = 0.70\text{mm}$$

➤ Distancia entre los colores **morado - lila**

• **Morado** coordenada = (x1,y1) = (0.8,0.2)

• **Lila** coordenada = (x6,y6) = (0.5,0.8)

$$d15 = \sqrt{(X6 - X1)^2 + (Y6 - Y1)^2} = \sqrt{(0.5 - 0.8)^2 + (0.8 - 0.2)^2}$$

$$d15 = \sqrt{0.45} \quad \Rightarrow \quad d15 = 0.67\text{mm}$$

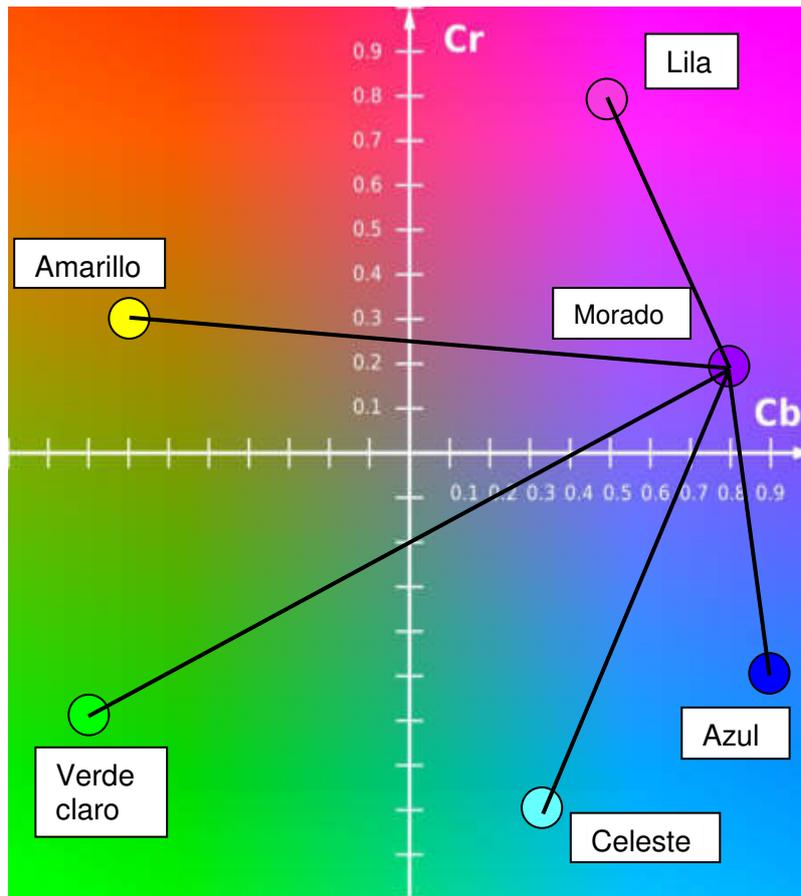


Figura N° 133: Distancias euclidianas del color morado a los diferentes colores

Fuente: <https://es.wikipedia.org/wiki/YCbCr>

4.6.6 Distancia entre Lila y los siguientes colores:

➤ Distancia entre los colores **lila - amarillo**

- **Lila** coordenada = $(x_1, y_1) = (0.5, 0.8)$
- **Amarillo** coordenada = $(x_2, y_2) = (-0.7, 0.3)$

$$d_5 = \sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2} = \sqrt{(-0.7 - 0.5)^2 + (0.3 - 0.8)^2}$$

$$d_5 = \sqrt{1.69} \quad \Rightarrow \quad d_5 = 1.3\text{mm}$$

➤ Distancia entre los colores **lila - verde claro**

- **Lila** coordenada = $(x_1, y_1) = (0.5, 0.8)$
- **Verde claro** coordenada = $(x_3, y_3) = (-0.8, -0.6)$

$$d9 = \sqrt{(X3 - X1)^2 + (Y3 - Y1)^2} = \sqrt{(-0.8 - 0.5)^2 + (-0.6 - 0.8)^2}$$

$$d9 = \sqrt{3.65} \quad \Rightarrow \quad d9 = 1.91\text{mm}$$

➤ Distancia entre los colores **lila - celeste**

- **Lila** coordenada = (x1,y1) = (0.5,0.8)
- **Celeste** coordenada = (x4,y4) = (0.3,-0.8)

$$d12 = \sqrt{(X4 - X1)^2 + (Y4 - Y1)^2} = \sqrt{(0.3 - 0.5)^2 + (-0.8 - 0.8)^2}$$

$$d12 = \sqrt{2.6} \quad \Rightarrow \quad d12 = 1.61\text{mm}$$

➤ Distancia entre los colores **lila - azul**

- **Lila** coordenada = (x1,y1) = (0.5,0.8)
- **Azul** coordenada = (x5,y5) = (0.9,-0.5)

$$d14 = \sqrt{(X5 - X1)^2 + (Y5 - Y1)^2} = \sqrt{(0.9 - 0.5)^2 + (-0.5 - 0.8)^2}$$

$$d14 = \sqrt{1.85} \quad \Rightarrow \quad d14 = 1.36\text{mm}$$

➤ Distancia entre los colores **lila - morado**

- **Lila** coordenada = (x1,y1) = (0.5,0.8)
- **Morado** coordenada = (x6,y6) = (0.8,0.2)

$$d15 = \sqrt{(X6 - X1)^2 + (Y6 - Y1)^2} = \sqrt{(0.2 - 0.8)^2 + (0.8 - 0.4)^2}$$

$$d15 = \sqrt{0.45} \quad \Rightarrow \quad d15 = 0.67\text{mm}$$

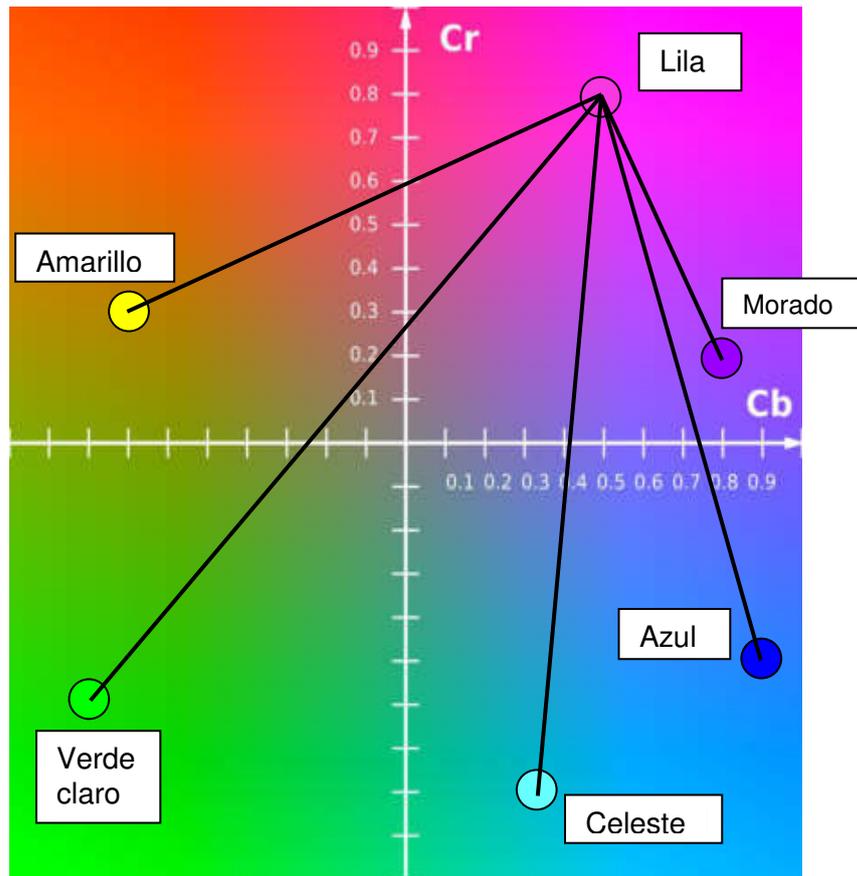


Figura N° 134: Distancias euclidiana del color lila a los diferentes colores

Fuente: <https://es.wikipedia.org/wiki/YCbCr>

4.7 Muestra de las posibles combinaciones de los arêtes de colores a través de cálculos estadísticos

A continuación, se resolvió las posibles opciones de los arêtes de colores para la identificación del animal.

❖ **Aretes de 1 solo color:** Se forman 6 colores únicos

- Amarillo = A
- Azul = Z
- Morado = M
- Lila = L
- Verde claro = V
- Celeste = C

$$C_6^1 = \binom{6}{1} = \frac{6!}{(6-1)! 1!} = 6$$

- ❖ **Aretes de 2 colores:** Se forman 15 combinaciones únicas sin repetirse.

$$C_6^2 = \binom{6}{2} = \frac{6!}{(6-2)! 2!} = 15$$

Posibles combinaciones: AZ, AM, AL, AV, AC, ZM, ZL, ZV, ZC, ML, MV, MC, LV LC y VC.

- ❖ **Aretes de 3 colores:** Se forman 20 combinaciones únicas sin repetirse.

$$C_6^3 = \binom{6}{3} = \frac{6!}{(6-3)! 3!} = 20$$

Posibles combinaciones: AZM, AZL, AZV, AZC, AML, AMV, AMC, ALV, ALC, AVC, ZML, ZMV, ZMC, ZLV, ZLC, ZVC, MLV, MLC, MVC y LVC.

- ❖ **Aretes de 4 colores:** Se forman 15 combinaciones únicas sin repetirse.

$$C_6^4 = \binom{6}{4} = \frac{6!}{(6-4)! 4!} = 15$$

Posibles combinaciones: AZML, AZMV, AZMC, AZLV, AZLC, AZVC, AMLV, AMLC, AMVC, ALVC, ZMLV, ZMLC, ZMVC, ZLVC y MLVC.

- ❖ **Aretes de 5 colores:** Se forman 6 combinaciones únicas sin repetirse.

$$C_6^5 = \binom{6}{5} = \frac{6!}{(6-5)! 5!} = 6$$

Posibles combinaciones: AZMLV, AZMLC, AZMVC, AZLVC, AMLVC y ZMLVC.

Suma total de combinaciones posibles = 6 + 15 + 20 + 15 + 6

Suma total de combinaciones posibles = 62

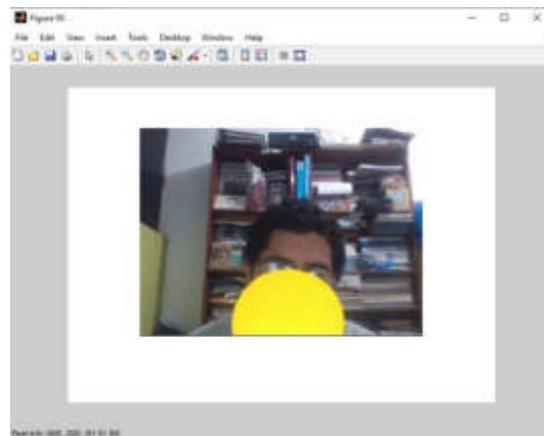
Por lo consiguiente, se determinó que existen unas 62 combinaciones para los aretes de colores, ya sea de un solo color hasta la posible combinación de 2, 3, 4 y 5 colores, de los 6 colores disponibles.

4.8 Programa de apoyo para la simulación *Matlab* como ejemplo para la identificación por colores

❖ Prueba del color amarillo



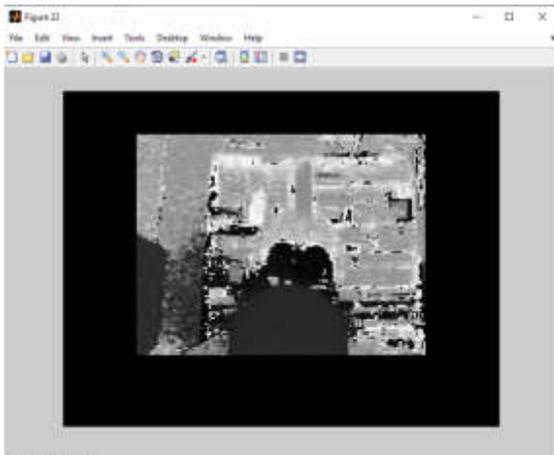
(a)



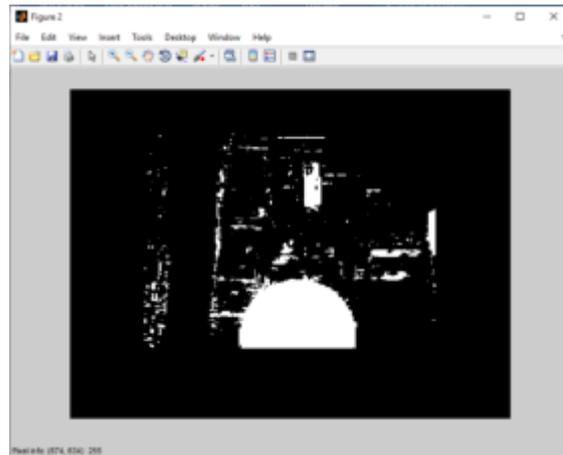
(b)

Figura N° 135: Prueba color amarillo: (a) Video y (b) Captura de imagen

Elaboración: los autores



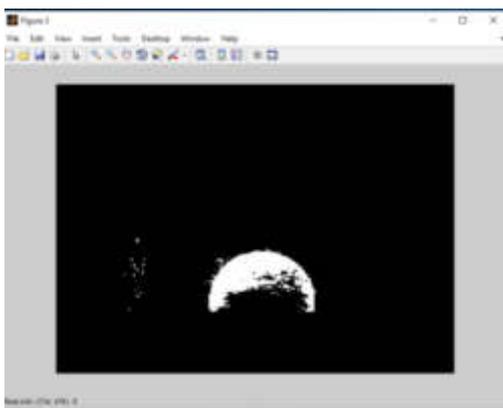
(c)



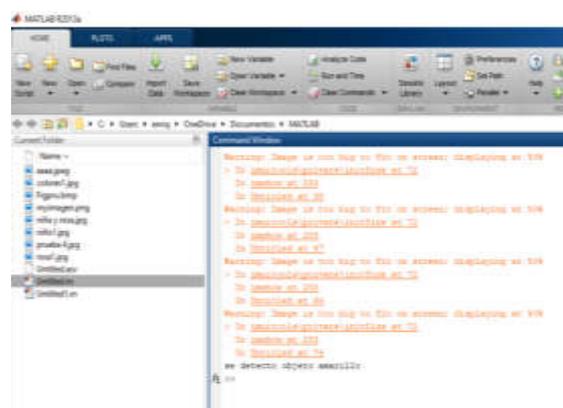
(d)

Figura N° 136: Prueba color amarillo: (c) Imagen en escala de grises y (d) Negativo de la imagen capturada

Elaboración: los autores



(e)



(f)

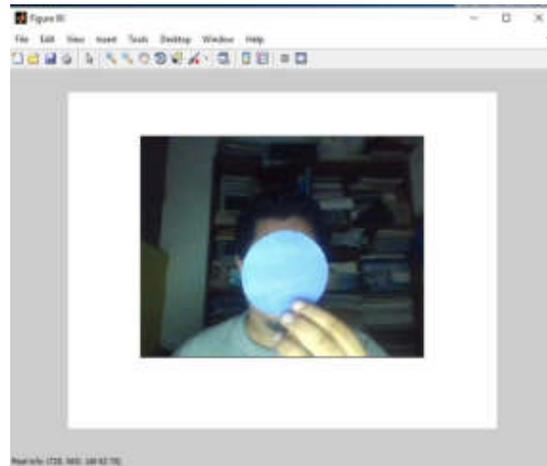
Figura N° 137: Prueba color amarillo: (e) Negativo del color amarillo y (f) Detección del color amarillo

Elaboración: los autores

❖ Prueba del color morado



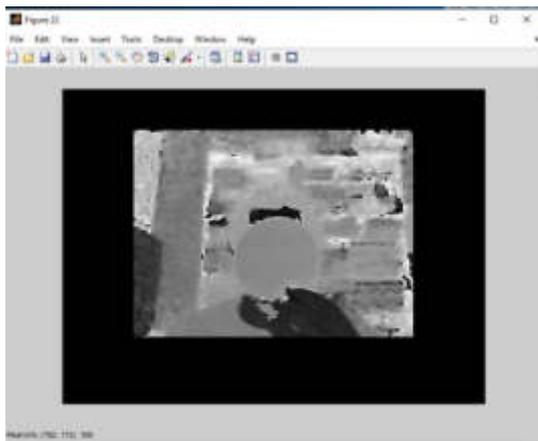
(a)



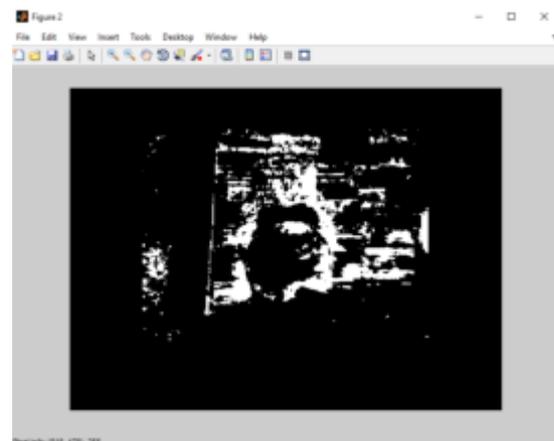
(b)

Figura N° 138: Prueba color morado: (a) Video y (b) Captura de imagen

Elaboración: los autores



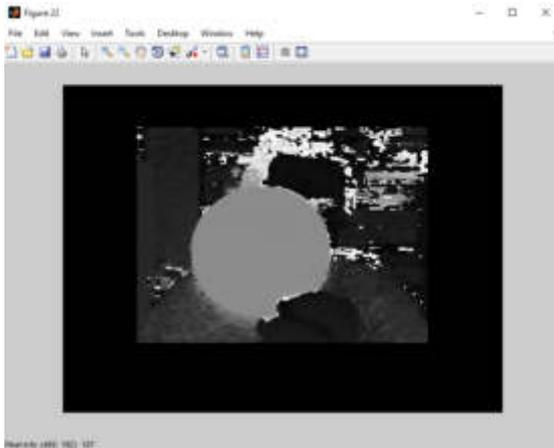
(c)



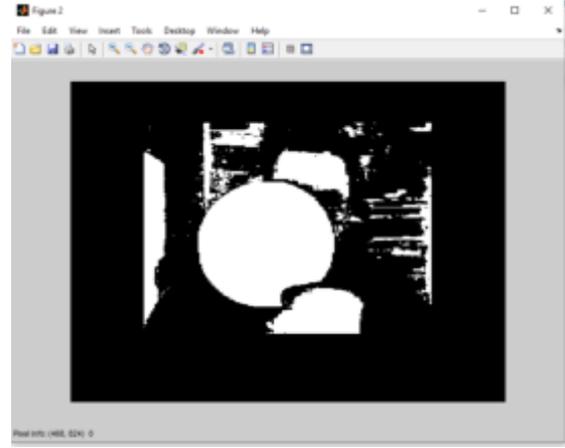
(d)

Figura N° 139: Prueba color morado: (c) Imagen en escala de grises y (d) Negativo de la imagen capturada

Elaboración: los autores



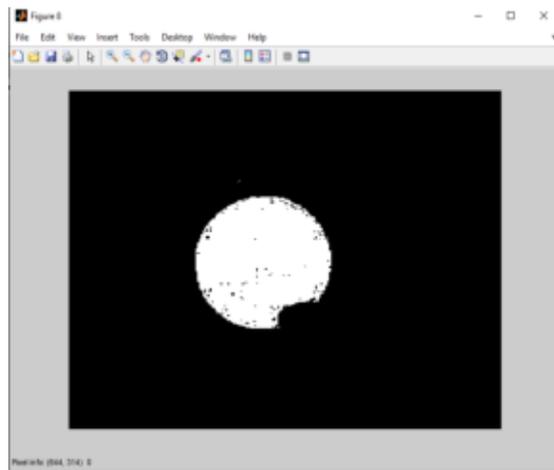
(c)



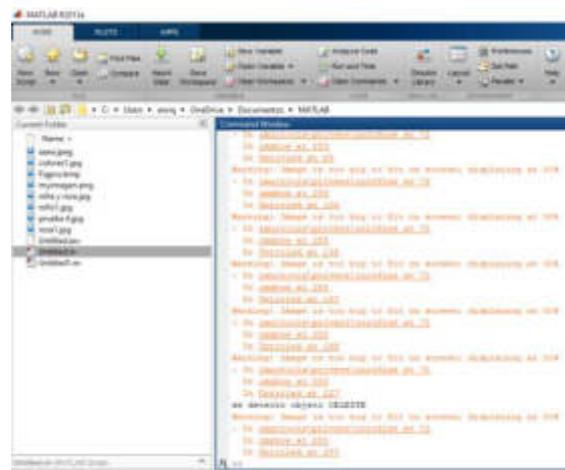
(d)

Figura N° 142: Prueba color celeste: (c) Imagen en escala de grises y (d) Negativo de la imagen capturada

Elaboración: los autores



(e)



(f)

Figura N° 143: Prueba color celeste: (e) Negativo del color celeste y (f) Detección del color celeste

Elaboración: los autores

4.9 Cálculo definido del proceso de funcionamiento del microcontrolador 18F4550

Se consideró el uso de un cristal externo de 4MHz, en el cual se pudo determinar el tiempo de cada instrucción.

$$\frac{4\text{MHz}}{4} = 1\text{MHz} \rightarrow \frac{1}{1\text{MHz}} = 1\mu \text{ seg}$$

Considerando la alimentación del microcontrolador a 5 V. se puede calcular la resolución con una cuenta de 1024 de la manera siguiente:

$$r = \frac{5\text{ V}}{1024} = 4.88 \text{ mV por bit}$$

Se determinó una tasa de bit para una frecuencia de 64 Hz.

$$T_b = 64\text{Hz} \times 10 \frac{\text{bits}}{\text{muestra}} = 640 \text{ bps}$$

Para una alimentación de 5 Volt, una sensibilidad de 2 mV/V y la capacidad máxima de 40Kg se obtiene lo siguiente:

$$2\text{mV} \times 5 \text{ V} = 10 \text{ mVol}$$

Para hallar cual es el voltaje para un tope de 40Kg

$$\frac{40\text{Kg} \times 10 \text{ mV}}{40\text{Kg}} = 10 \text{ mVol}$$

Se determinó una resolución para el tope de 40Kg

$$\frac{40 \text{ Kg}}{1024} = 39.1 \text{ gr} \cong 40 \text{ gr}$$

En la conversión ADC se determinó lo siguiente:

$$\frac{50 \times 5}{40000} = 6.5mv$$

4.10 Diseño

4.2.1 Estructura para las marranas gestantes y cerdos jóvenes

4.10.1.1 Especificaciones de diseño

- Este diseño está hecho a la medida de una jaula de maternidad o de paridera.
- Se utilizó para la fabricación de la estructura un tubo de acero de 1".
- La estructura permitió mantener a los lechones, a salvo de aplastamiento de la madre.
- Permitted una capacidad para un animal porcino (marrana en estado de gestación o cerdo joven).
- El diseño tuvo una puerta trasera con bisagras tipo bastón para fácil apertura de izquierda o derecha, como cierre de seguridad.
- El comedero debe ser individualizado para una alimentación personalizada.
- La estructura tuvo una dimensión de 600 cm de ancho x 1900 cm de largo x 1104 cm de alto.

Nota: Se determinó dichas dimensiones de la estructura por las medidas de una marrana.

4.10.1.2 Restricciones

- Este diseño está restringido para una sola marrana gestante o un cerdo joven, ya que cada marrana que está gestando es aislada del resto de las marranas.

4.10.1.3 Limitaciones

La estructura está limitada en tres opciones en su uso:

- **Primera.** - La estructura puede ser usada para el pesaje y dosificación de alimento de los cerdos jóvenes y de las marranas gestantes.
- **Segunda.** - Puede ser usada para la lactancia de los cerdos jóvenes o para el predestete.
- **Tercera.** - La estructura puede ser utilizada para estancia del parto y postparto de las marranas.

4.10.1.4 Diseño de la estructura

La jaula de maternidad permite preservar a los lechones de aplastamientos cuando la marrana se tumba. El alimento en el comedero individualizado hace que la marrana tome la ración de pienso recomendado según el estado de la gestación y se preserve seco y limpio para los animales.

La apertura de la jaula de partos longitudinal permite una mejor accesibilidad y manejo de la marrana, que se le traslada a la sala de maternidad una semana antes de la fecha prevista de parto para que se adapte a la nueva ubicación y al cambio de ambiente; esté tranquila y preparada para el parto, así se conseguirá mayor interacción entre la marrana y sus lechones.

Para el diseño de la estructura de maternidad se hizo uso de un *software* de diseño. Para el diseño en 2D se utilizó *AutoCAD* 2017.

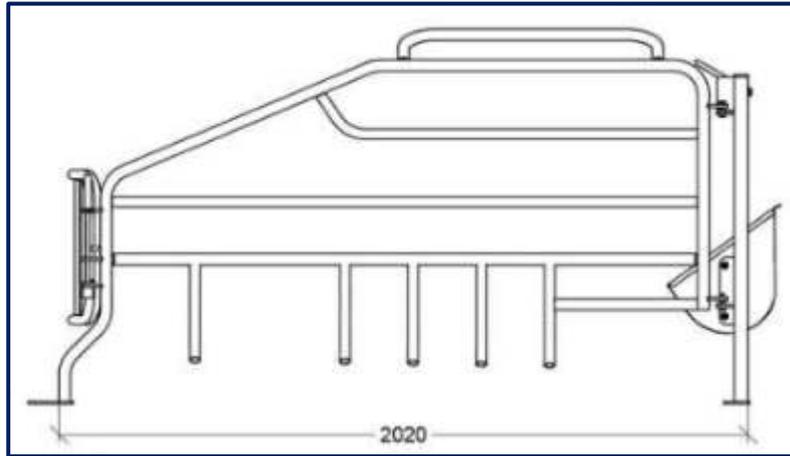


Figura N° 144: Diseño asistido por computadora AutoCAD - Vista lateral derecha de la estructura de maternidad

Fuente: <https://peigganadera.com/equipamiento-ganadero/jaula-maternidad-cerdas/>

Se diseñó la estructura con una altura de 107 cm desde el ras del piso hasta la primera varilla de agarre, tiene un largo total contando con el borde del comedero de 2.21 metros y sin contar con el comedero tiene un largo de 1.97 metros.

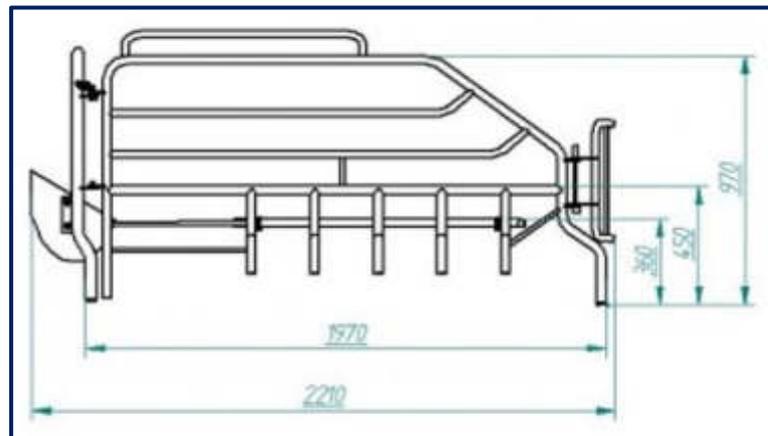


Figura N° 145: Diseño asistido por computadora AutoCAD - Vista lateral izquierda de la estructura de maternidad

Fuente: <https://www.govi.es/equipamientos-ganaderos/jaulas-de-maternidad/paridera-001-balance-n8/>

A continuación, se observa las siguientes Figura N° 146 y Figura N° 147:

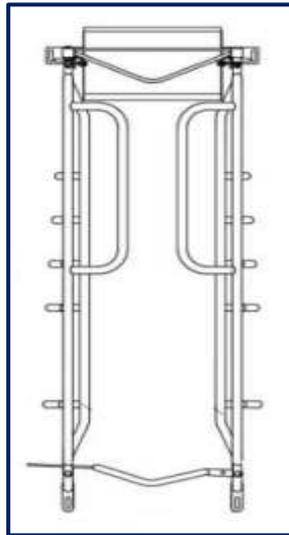


Figura N° 146: Diseño asistido por computadora AutoCAD - Vista superior de la estructura de maternidad

Fuente: <https://www.govi.es/equipamientos-ganaderos/jaulas-de-maternidad/paridera-001-balance-n8/>

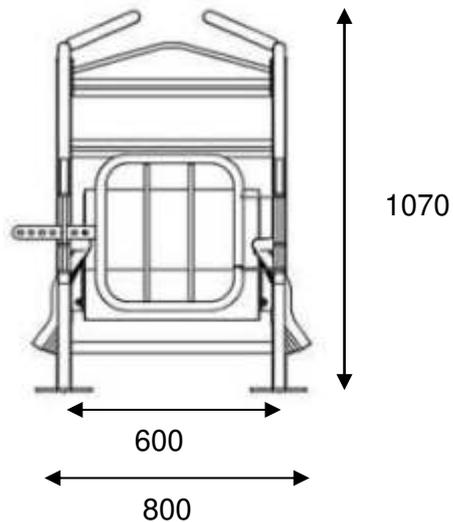


Figura N° 147: Diseño asistido por computadora AutoCAD - Vista frontal de la estructura de maternidad

Fuente: <https://www.govi.es/equipamientos-ganaderos/jaulas-de-maternidad/paridera-001-balance-n8/>

4.2.2 Estructura de las balanzas

4.10.2.1 Estructura de la balanza para el sensado del peso de los animales (Cerdos jóvenes y marranas gestantes)

La balanza electrónica es un mecanismo diseñado para medir el peso de una masa, pueden llegar a tener un valor del peso con precisión y exactitud.

4.10.2.1.1 Especificaciones de diseño

- Está estructura está diseñada con las medias específicas de una marrana gestante.
- La estructura del centro deberá estar hecha de planchas de acero al carbón.
- La plataforma deberá estar hecho de acero galvanizado de ½”.
- La balanza deberá medir en las siguientes unidades en Kg/Lb.
- La estructura de la balanza deberá contar con una celda de carga de 500 kg, ubicada en el centro donde reparte los 4 puntos de presión al momento del pesaje.
- Deberá estimar un peso de 0 a 500 kg.
- La estructura central de la balanza deberá tener las siguientes medidas: 76 cm de largo y 57 cm de ancho.
- La estructura total de la balanza deberá tener las siguientes medidas: 174 cm de largo y 57 cm de ancho.

4.10.2.1.2 Restricciones

- Este diseño no tiene ninguna restricción, ya que está diseñado para un ambiente cerrado o abierto, porque la celda de carga soporta la humedad, el agua y está pintada con un recubrimiento anticorrosivo para disminuir el proceso de oxidación.

4.10.2.1.3 Limitaciones

- Este diseño está limitado para la familia porcina, pero puede estimar el valor del peso de todo animal que no sobrepase el peso de 500 kg.

4.10.2.1.4 Diseño de la estructura

La estructura está diseñada para soportar un peso íntegro de una marrana gestante que se encuentra entre los 320 kg a 350 kg, está hecho de acero laminado de 1" de grosor, para soportar la deformación al momento del pesaje.

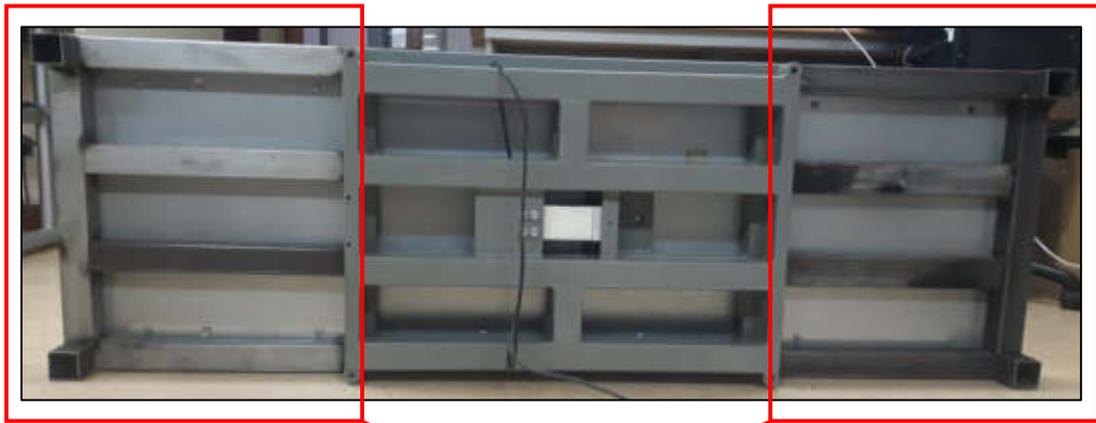
En la Figura N° 148 se visualiza un primer diseño que estaba contemplado solo para cerdos jóvenes, con unas medidas de 57 cm de ancho y 76 cm de largo, donde no se tuvo en cuenta el tamaño del largo de una marrana gestante que está entre 1,80 metros a 1,85 metros con lo cual se tuvo que agrandar la balanza.



Figura N° 148: Balanza central para cerdos jóvenes

Elaboración: los autores

En la Figura N° 149 se observa en los cuadrados rojos el alargamiento que se hizo a la balanza principal, dicho alargue es de 49 cm de largo y 57 cm de ancho por ambos extremos, midiendo en total la balanza de 174 cm de largo y 57 cm de ancho.

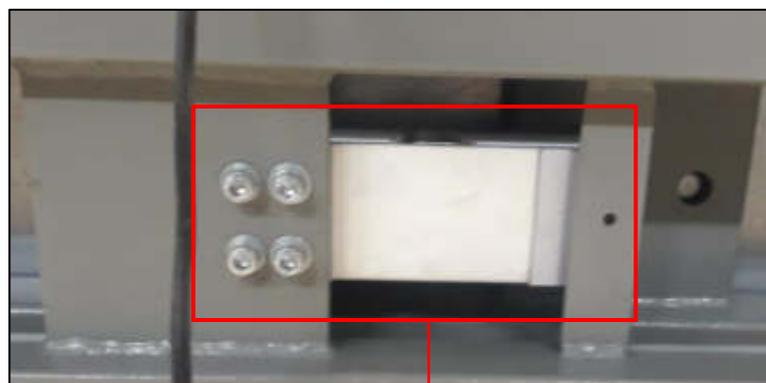


Alargamiento

Figura N° 149: Alargamiento de balanza para pesar marranas gestantes

Elaboración: los autores

Como se observa en las Figura N° 149 y Figura N° 150, en el centro se encuentra ubicada una celda de carga de 500 kg, dicha ubicación es precisa, ya que corresponde a un equilibrio para los 4 puntos extremos del armazón de la balanza.



Celda de carga de 500 kg

Figura N° 150: Vista de la celda de carga de 500 kg

Elaboración: los autores

En la Figura N° 151 se muestra el diseño de la balanza en AutoCAD 3D, donde se visualiza la balanza central diseñada para los cerdos jóvenes y los dos alargamientos para unificar una solo balanza.

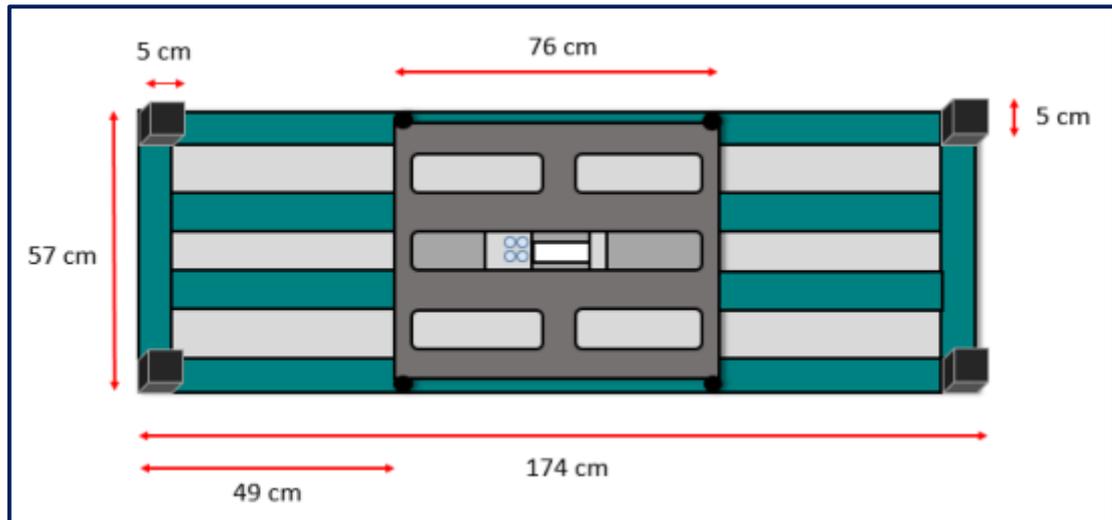


Figura N° 151: Diseño asistido por computado AutoCAD 3D - Vista del diseño en 3D

Elaboración: los autores

4.10.2.2 Estructura de la balanza para el sensado de la comida

4.10.2.2.1 Especificaciones de diseño

- Este diseño deberá tener las medidas específicas de un comedero tradicional. Está hecho de acero galvanizado de 1" de grosor y pintado con una pintura anticorrosiva.
- La estructura deberá contar con una celda de carga de 40 kg, ubicado en la base del centro donde hace presión al momento del pesaje del alimento.
- La balanza deberá estimar un peso de 0 a 40 kg para el censado de la comida.

4.10.2.2.2 Restricciones

- Esta balanza está restringida para su uso, como en la intemperie, ya que la lluvia afectaría la celda de carga de 40 kg.
- Su uso está restringido solamente para comida granulada o pienso.

4.10.2.2.3 Limitaciones

- Por su tamaño de diseño puede aguantar el peso de 40 kg de comida.
- El diseño está dado para porcinos.

4.10.2.2.4 Diseño de la estructura

En la Figura N° 152 se observa que se mantuvo el diseño original de un comedero para una estructura paridera, pero se hizo un cambio en la base para que tuviera una celda de carga de 40 kg, así pueda pesar la comida dosificada al instante que la balanza principal vote el peso del animal.



Figura N° 152: Estructura de la balanza para el comedero

Elaboración: los autores

A continuación, en la Figura N° 153 se puede visualizar como la celda de carga de 40 kg está colocada en la base, así la celda puede sacar el peso de la comida dosificada de acuerdo al peso del animal.



Figura N° 153: Celda de carga de 40 kg

Elaboración: los autores



Figura N° 154: Estructura del comedero

Elaboración: los autores

4.2.3 Estructura dosificadora de alimento

4.10.3.1 Diseño de las tolvas

Se llama tolva o embudo de gran tamaño al depósito destinado para almacenar materiales granulares o pulverizados, entre otros.

4.10.3.1.1 Especificaciones de diseño

- Este diseño deberá estar hecho de acero galvanizado con pintura anticorrosiva para barcos.
- El diseño deberá contar con 5 tolvas independientes, de las cuales 4 son para las cuatro etapas de los cerdos jóvenes y 1 para las marranas gestantes.
- Cada tolva deberá contar con su tornillo sin fin independiente para trasladar la comida.

4.10.3.1.2 Restricciones

- Este diseño está restringido solamente para ambientes cerrados, no para la intemperie, ya que almacena y transporta comida.

4.10.3.1.3 Limitaciones

- Cada tolva está diseñada independientemente para cada una de las cuatro etapas de los cerdos jóvenes y de la marrana gestante, solo puede transportar comida granulada.

4.10.3.1.4 Diseño de la estructura

- En la Figura N° 155 se observa el primer bosquejo de la estructura dosificadora de alimento para las marranas gestantes y los cerdos jóvenes. Como se aprecia se tiene 5 tolvas (A, B, C, D y E) con sus respectivos tornillos sin fin (F, G, H, X y Y).
- Toda la estructura de las tolvas está hecha de acero galvanizado.
- Los tornillos sin fin tienen una longitud de largo de 55 cm.
- Las tolvas tienen una medida de 15x15 cm y un largo de 40 cm.
- Las tolvas están diseñadas para tener un volumen de:
- Volumen = $15 \times 15 \times 40 = 9000 \text{ cm}^3$

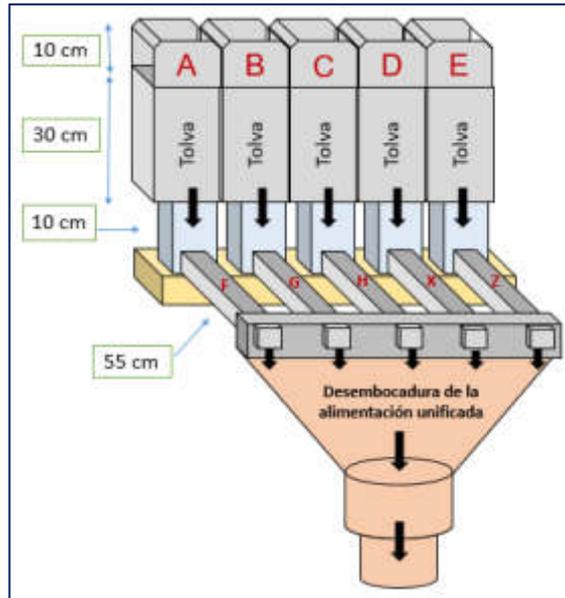


Figura N° 155: Diseño asistido por computadora 3D PowerPoint - Primer bosquejo del diseño de la estructura dosificadora en 3D

Elaboración: los autores

En la Figura N° 156 se observa un diseño de una sola tolva con su respectivo tornillo sin fin para el almacenamiento y transporte del alimento, de una de las categorías del cerdo joven o de la marrana gestante.

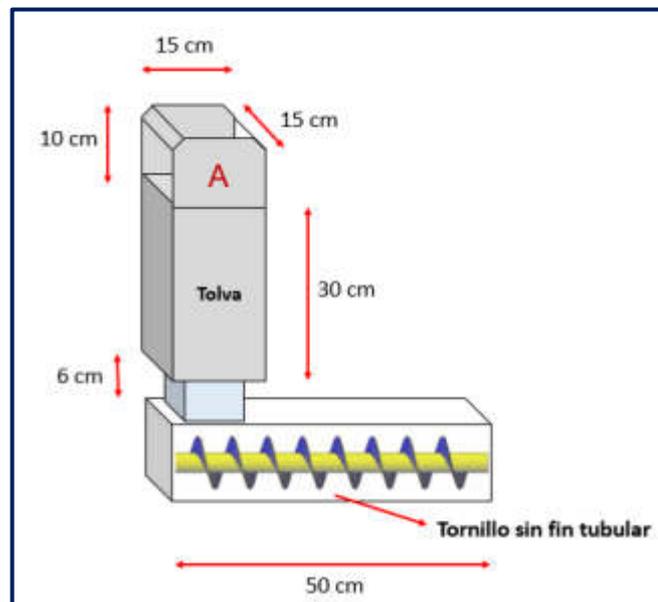


Figura N° 156: Bosquejo del diseño de la tolva y tornillo sin fin en 3D

Elaboración: los autores

4.10.3.2 Diseño del transportador de comida (Tornillo sin fin)

4.10.3.2.1 Especificaciones de diseño (Cerdo Joven)

- El diseño del tornillo sin fin para los cerdos jóvenes deberá tener una medida de 45 cm de largo.
- El tornillo sin fin deberá contar con un paso de vuelo a vuelo de 2,5 cm.
- El tornillo sin fin deberá contar con un diámetro de eje de 3,5 cm.
- El tornillo sin fin deberá contar con un diámetro del tornillo de 7 cm.
- Cada tornillo sin fin deberá contar con una unión para acoplarle un motor reductor de 24v.

4.10.3.2.2 Especificaciones de diseño (Marrana gestante)

- El diseño del tornillo sin fin para los cerdos jóvenes deberá tener una medida de 45 cm de largo.
- El tornillo sin fin deberá estar hecho de acero de 1" de grosor.
- Deberá contar con un paso de vuelo a vuelo de 5,5mm.
- El tornillo sin fin deberá tener un diámetro de eje de 65mm.
- El tornillo sin fin deberá contar con un diámetro exterior de 100mm.
- Deberá contar con una unión para acoplarle un motor reductor de 24v.

4.10.3.2.3 Restricciones

- Cada tornillo sin fin está protegido por un tubo de acero de 1".
- El tornillo sin fin puede únicamente girar en sentido horario, ya que la desembocadura del tubo está en la parte final.

4.10.3.2.4 Limitaciones

- El tornillo sin fin está limitado para trasladar comida sea comida granulada o pienso.

4.10.3.2.5 Diseño de la estructura

- El primer tornillo sin fin que es de las marranas gestantes y tiene un largo de 430 mm que viene hacer 43 cm.
- El segundo tornillo sin fin es para los cerdos jóvenes que tiene un largo de 420 mm que viene hacer 42 cm.
- Cada tornillo sin fin cuenta con un rodaje en su interior.
- Todo diseño se hizo en AutoCAD 3D para simular el desempeño del tornillo sin fin.

A continuación, se observará en la Figura N° 157 y Figura N° 158 los tornillos sin fin que se diseñaron para los cerdos jóvenes y para las marranas gestantes, respectivamente.



Figura N° 157: Tornillo sin fin para las tolvas de los cerdos jóvenes con forma de tirabuzón

Elaboración: los autores

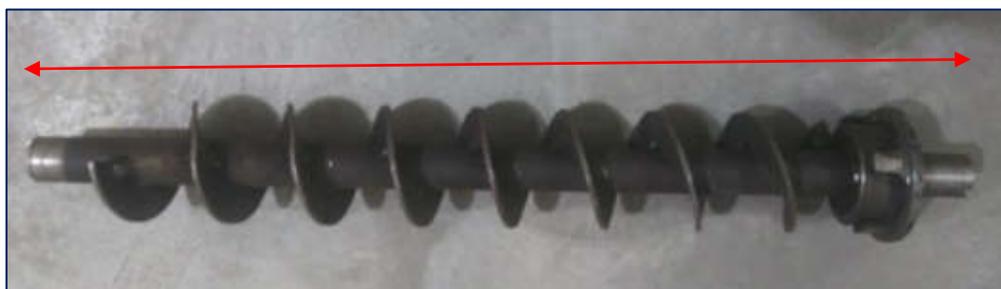


Figura N° 158: Tornillo sin fin para las tolvas de las marranas gestantes con forma de tirabuzón

Elaboración: los autores

En la Figura N° 159, se observará el acople de un motor reductor con su respectivo tornillo sin fin, que se hace con cada tornillo sin fin, ya que el funcionamiento del sistema es que funcione este a la vez. En la Figura N° 160 se observa los 5 tornillos sin fin con su motor reductor.



Figura N° 159: Motor reductor acoplado en la parte final del tornillo sin fin

Elaboración: los autores



Figura N° 160: Acoplamiento de cada tornillo sin fin con su respectivo motor reductor

Elaboración: los autores

4.2.4 Diseño de la placa PCB

La placa de circuito impreso o en sus siglas en inglés: “*Printed Circuit Board (PCB)*”, es un circuito impreso que está constituido de caminos o pistas de material conductor, como por ejemplo el cobre. La base puede ser hecha de resina de fibra de vidrio o polímeros como la baquelita, se utiliza para conectar componentes electrónicos que cumplan las diferentes funciones en un circuito.

4.10.4.1 Especificaciones de diseño

- La placa deberá tener las siguientes dimensiones de 9 cm x 7cm para que pueda entrar en una caja acrílica.
- Cada celda de carga deberá tener una placa unificada de comunicación y conversión independiente.
- La placa deberá estar diseñada a doble capa con base de fibra de vidrio para aumentar su resistencia y tiempo de vida útil.
- La placa deberá usar solamente un microcontrolador de la familia 18F45XX.
- Deberá llevar un cristal de 4MHz con el cual se determinó que el tiempo de cada instrucción es de 1 μ seg.
- El microcontrolador 18F4550 deberá estar únicamente por una alimentación de 5v.
- La placa deberá utilizar un módulo HX711 ya que es un transmisor entre las celdas de carga y el microcontrolador PIC18F4550.
- La conexión de las celdas de carga de 40 kg y de 500 kg deberán ser realizadas a través de borneras.

4.10.4.2 Restricciones

- Esta placa está diseñada para trabajar con un voltaje de alimentación de 220V, haciendo una conversión a 5VDC.
- La placa está restringida solamente para utilizar los microcontroladores de la familia PIC18FXX o siendo más específicos el PIC18F4550.

4.10.4.3 Limitaciones

- La placa está diseñada únicamente para que lleve los siguientes componentes:
- 1 microcontrolador 18F4550
- 1 módulo HX711
- 1 AC - DC Módulo – (HLK- PM01) – 220v-5v
- 1 Módulo Conversor TTL a RS - 485 (MAX485)
- 3 borneras para conexiones

4.10.4.4 Diseño de placa PCB en EAGLE

- En la Figura N° 161 se observa el diseño esquemático de la placa PCB, esta placa está hecha de fibra de vidrio. Se utilizó borneras para una mejor conexión entre los sensores y módulos necesarios para el sistema. Se utilizó un cristal de 4MHz conectado al microcontrolador.

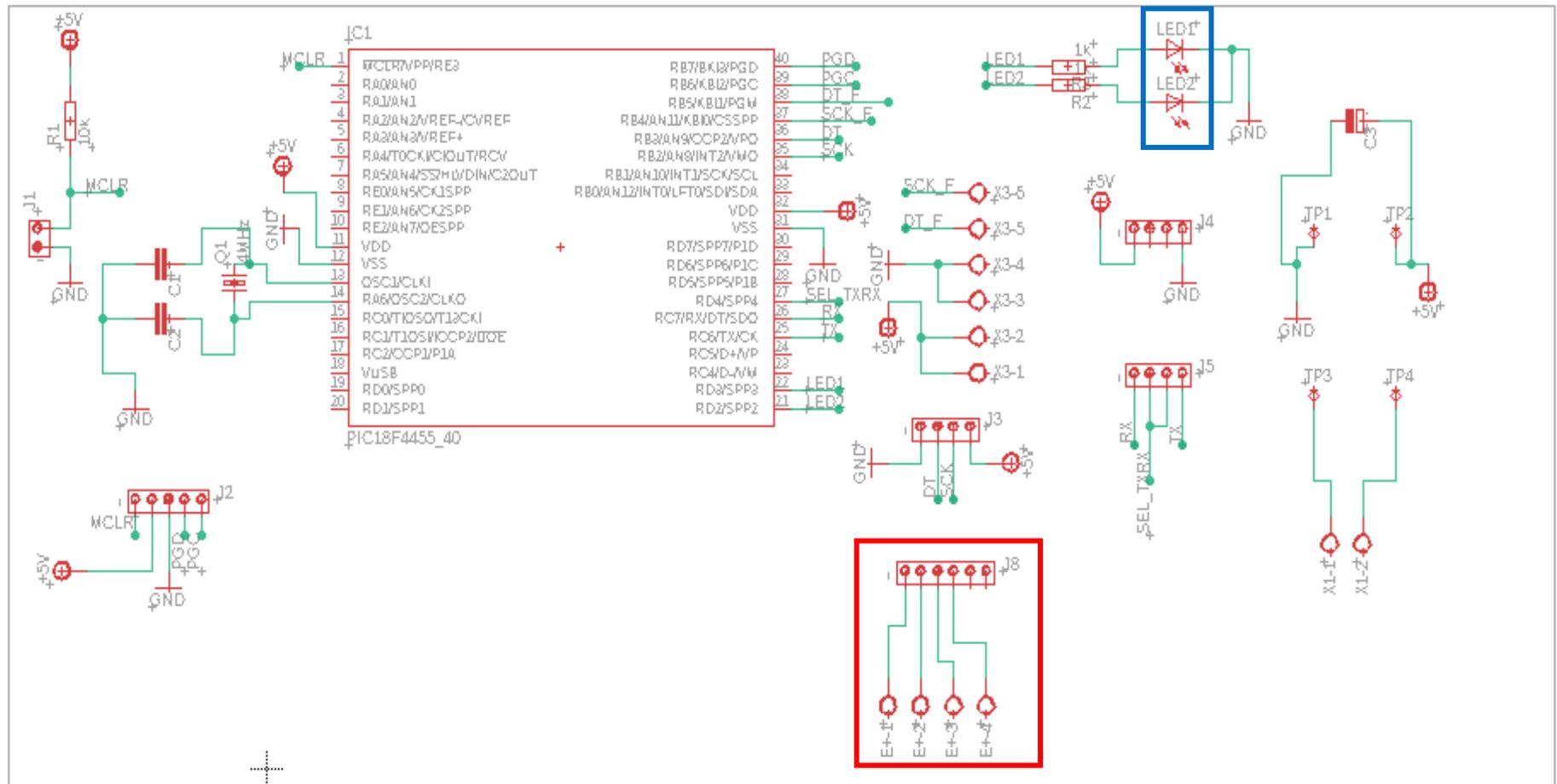


Figura N° 161: Diseño esquemático de la PCB en EAGLE

Elaboración: los autores

En la Figura N° 162 se aprecia el diseño de la placa PCB en el programa EAGLE, el tamaño final de la placa es de 9cm x 7cm.

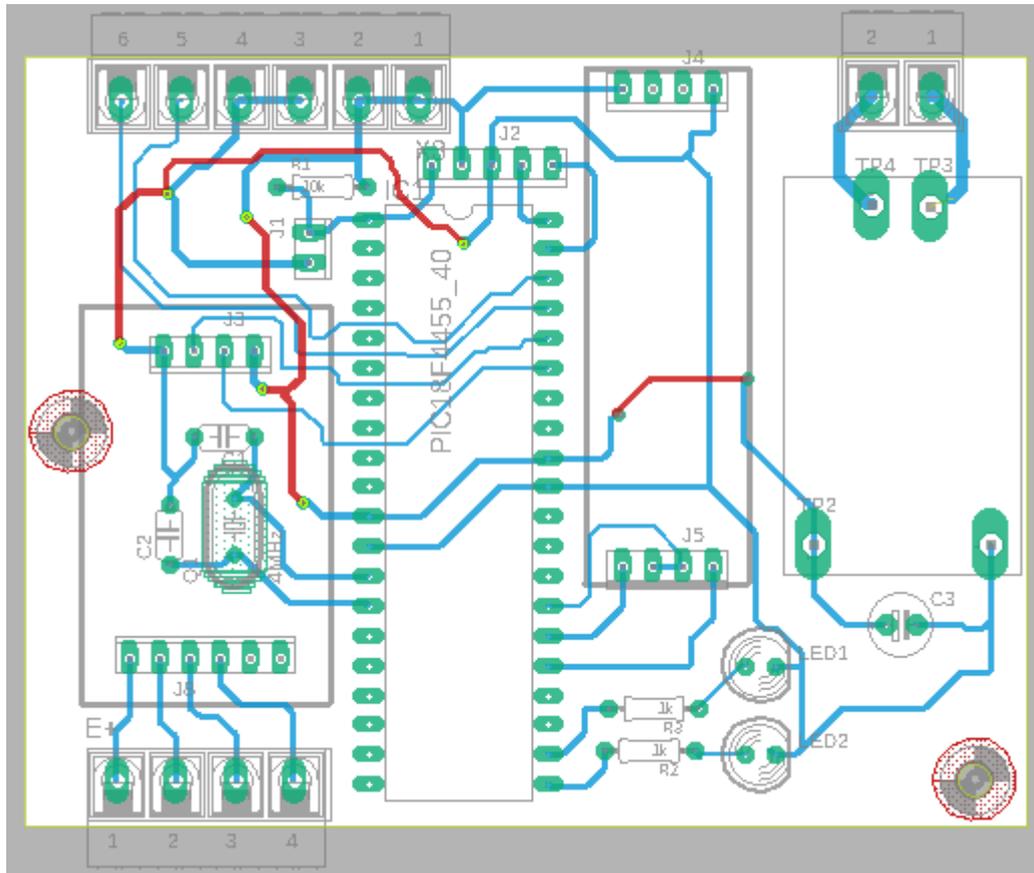


Figura N° 162: Diseño de la placa PCB en EAGLE

Elaboración: los autores

Se observa que cada balanza es independiente, el dispositivo AC-DC módulo HLK-PM01, donde las entradas TP3 y TP4 son entradas AC de alterna, C3 nos vota el valor de 5v, el módulo es un conversor RS232 a RS485 este conversor es un HALF DUPLEX.

El PIC puede funcionar como un FULL DUPLEX es su modo UART, el módulo UART del PIC es un serial TTL de 0 a 5v donde tiene su RX y TX. El módulo RS-485 es HALF DUPLEX. Este módulo convierte niveles de voltaje, la comunicación del RS-485 y el PIC es serial.

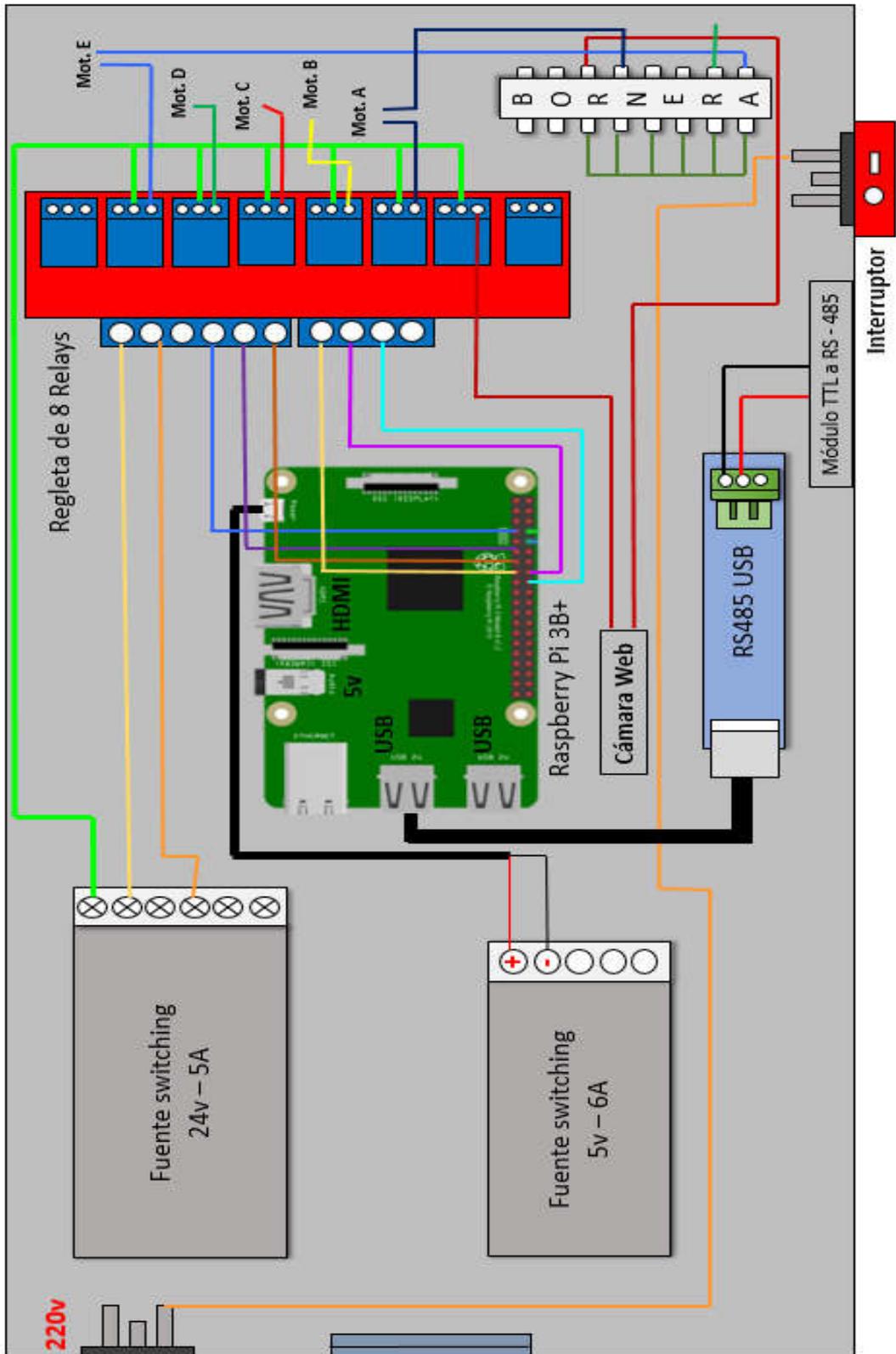


Figura N° 165: Diseño asistido por computadora de la placa PCB en 3D

Elaboración: los autores

4.2.5 Diseño de la etapa de identificación por colores

Para esta parte se hizo uso de una cámara Webcam de marca Logitech, modelo C922 para la identificación de las 4 categorías de los cerdos jóvenes y de las marranas gestantes.

4.10.5.1 Especificaciones de diseño

- El sistema deberá identificar 6 colores (Verde claro, Celeste, Morado, Lila, Azul y Amarillo).
- El sistema deberá identificar a una distancia entre 60 y 90 cm.
- El sistema de identificación deberá estar asistido por luces leds de color blanco al momento de la identificación.
- Se deberá utilizar una cámara web de alta resolución en FULL HD.
- El sistema deberá darnos una imagen en RGB y en HSV
- El sistema reconocerá el área de mayor tamaño al momento de la identificación.

4.10.5.2 Restricciones

- Está restringido para el uso únicamente de 6 colores.
- Está restringido a un fondo de color blanco para que haga un contraste con la captura de los colores, no a campo abierto.
- Está restringido únicamente para ambiente cerrados.
- Está restringido a usar únicamente solo luces leds de color blanco y no de otro color.

4.10.5.3 Limitaciones

- Está limitado únicamente a 6 colores, pero se podría hacer aretes de 2, 3, 4, 5 o 6 combinaciones de colores.
- Está limitado a una distancia de 90 cm para la captura de los aretes de colores.

4.10.5.4 Diseño del posicionamiento de la cámara, para la captura del color

En Figura N° 166 se puede observar que la cámara web está ubicada de forma frontal a la estructura de pesaje del animal, ya que la cámara tomará una ráfaga de fotos, con lo cual se podrá identificar el arete de color ya sea cualquiera de los 6 colores que se seleccionó (Verde claro, Lila, Morado, Celeste, Amarillo y Azul).

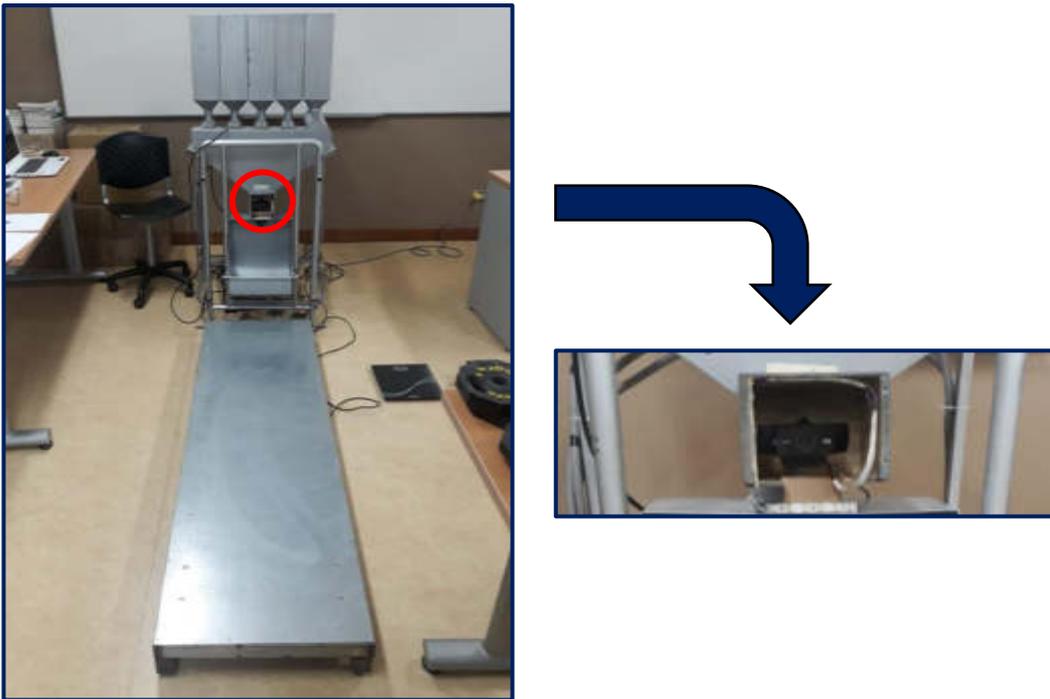


Figura N° 166: Estructura final de dosificación, donde se muestra la cámara para la identificación

Elaboración: los autores

A continuación, en la Figura N° 167 se observa que la cámara está ubicada en el centro superior del comedero, donde está introducido en una caja que contiene luces leds blancas, ya que dan un mejor contraste y brillo al campo visual de la cámara al momento de la captura del arete de color.

La captura se podrá realizar en un rango de distancia, entre los 60 a 90 cm de largo frontalmente a la cámara web, la identificación se realiza después de que el animal se haya pesado, en ese

instante una vez que el sistema saca el valor del peso del animal la cámara tomará una ráfaga de fotos hasta que el sistema pueda identificar el arte de color.

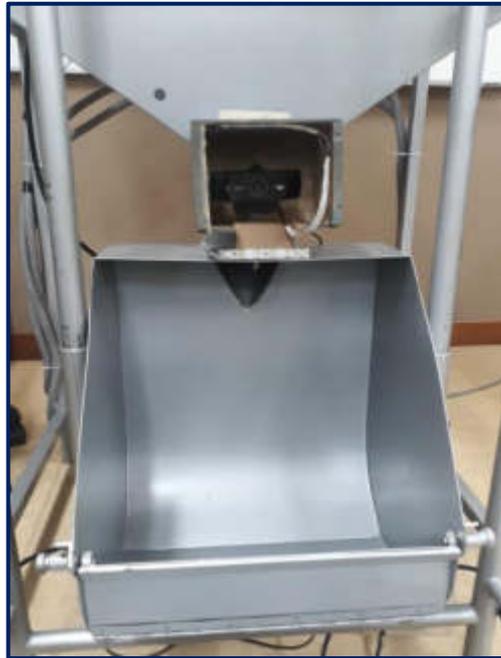


Figura N° 167: Vista frontal del comedero con la cámara puesta en la parte superior

Elaboración: los autores

4.2.6 Diseño de la interfaz gráfica – Raspberry Pi 3B+

Para esta parte del diseño de la interfaz gráfica se usó el módulo *TKINTER*. El módulo *TKINTER* es un módulo de *Python* que nos dota de unas funciones para el desarrollo de Interfaces gráficas para el usuario.

4.10.6.1 Especificaciones de diseño

- En la interfaz gráfica deberá mostrar el color del arete, el peso del animal y el peso del alimento dosificado en un historial.
- La ventana principal de la interfaz gráfica deberá mostrar los 3 botones: MANUAL, HISTORICO y LIBERAR.
- La ventana secundaria #1 deberá mostrar: Los botones de los motores 1, 2, 3, 4 y 5, botón de las luces leds, balanza del peso y la balanza de la comida.

- La venta secundaria #2 deberá mostrar el histórico de los animales donde se podrá visualizar los 5 últimos registros.
- El sistema deberá liberar el arete de color cuando el usuario lo desee.
- La resolución de la interfaz gráfica deberá estar diseñada para una pantalla de 7" Touch, para Raspberry Pi 3B+.

4.10.6.2 Restricciones

- La interfaz gráfica solo podrá monitorear la información a través de un cable HDMI y la alimentación está dado por un cable de poder de 5v.
- La interfaz gráfica solo mostrará el valor de la balanza del animal, balanza del comedero y el color del arete identificado.
- La pantalla donde se visualiza la interfaz gráfica está restringida únicamente para ambiente cerrados.

4.10.6.3 Limitaciones

- Está limitado únicamente para el uso del Raspberry pi 3B+ y computadoras, mas no para el uso con televisores ni tablets.

4.10.6.4 Diseño de la interfaz

En la Figura N° 168 se puede visualizar los tres botones principales del menú: Botón Manual, Botón Histórico y Botón Liberar.



Figura N° 168: Vista de la ventana principal de la interfaz gráfica

Elaboración: los autores

En la Figura N° 169 se puede visualizar los tres botones de la ventana secundaria del menú: MOTOR 1, MOTOR 2, MOTOR 3, MOTOR 4, MOTOR 5 y CINT_LED, también se visualiza la balanza del animal y balanza de la comida que está en kilogramos.

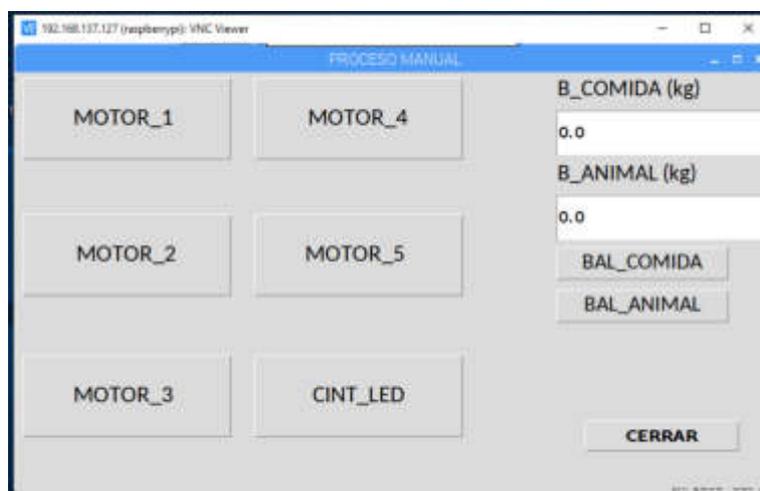


Figura N° 169: Vista de la ventana secundaria de la interfaz gráfica

Elaboración: los autores

En la Figura N° 170 se muestra el histórico, donde se visualiza ID_COLOR y la información del ID_ANIMAL donde se muestra el color del arete, la etapa, peso del animal y peso de la comida dosificada.

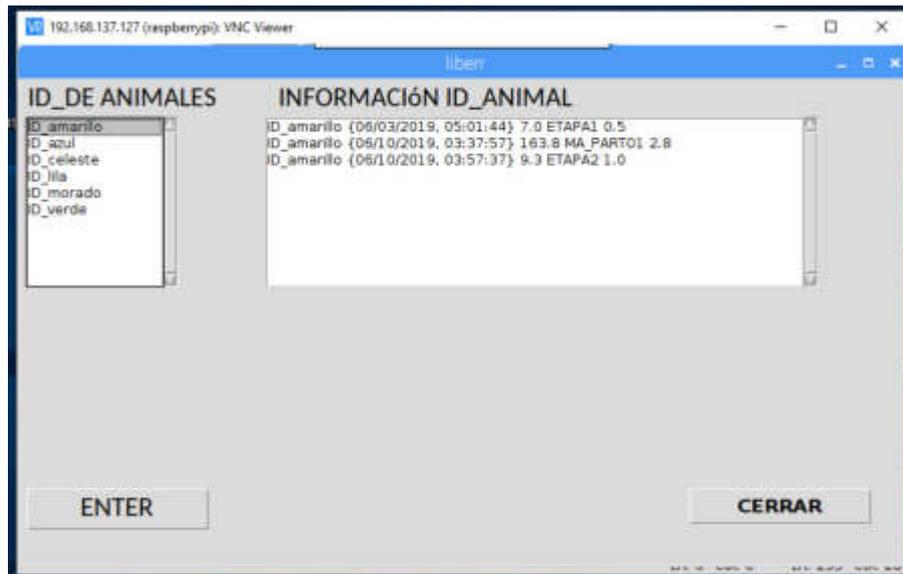


Figura N° 170: Vista de la ventana Histórico de la interfaz gráfica

Elaboración: los autores

CAPÍTULO 5

PRUEBAS Y RESULTADOS

5.1 Pruebas indirectas

❖ Pruebas del sensor de peso (Celda de carga de 500 kg)

Para corroborar la medición del peso de nuestra balanza, se utilizó para las pruebas una pesa reglamentaria de 5 kg (a), con lo cual se demostró el peso real a través de una balanza de piso (b).



(a)



(b)

Figura N° 171: (a) Pesa reglamentaria de 5 kg. / (b) Balanza de piso

Elaboración: los autores

Prueba 1: Peso de 0.5 kg

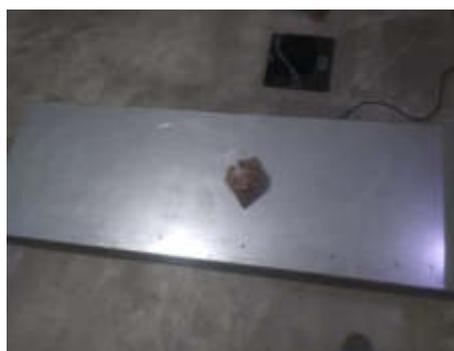
Para la siguiente prueba se utilizó el alimento para perros, donde se comprobó el peso de 500 gramos lo cual es un equivalente a 0.5 kg.



Figura N° 172: Peso de 0.5 kg mostrado en la balanza de piso

Elaboración: los autores

En las Figura N° 173 se presenta el posicionamiento de un peso de 0.5 kg en la balanza.



(a)



(b)



(c)

Figura N° 173: Posicionamiento de 0.5 kg. en la balanza: (a) Zona media de la balanza, (b) Zona derecha de la balanza y (c) Zona izquierda de la balanza

Elaboración: los autores

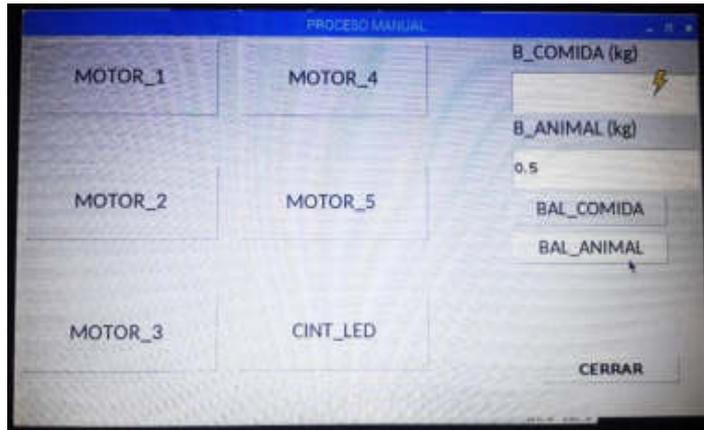


Figura N° 174: Peso de 0.5 kg. mostrado en la interfaz gráfica

Elaboración: los autores

Prueba 2: Peso de 1 kg

Para la siguiente prueba utilizamos el alimento para perros, donde se comprueba el peso de 1000 gramos lo cual es un equivalente a 1 kg.



Figura N° 175: Peso de 1 kg. mostrado en la balanza de piso

Elaboración: los autores

En la Figura N° 176 se presenta el posicionamiento de un peso de 1 kg. en la balanza:

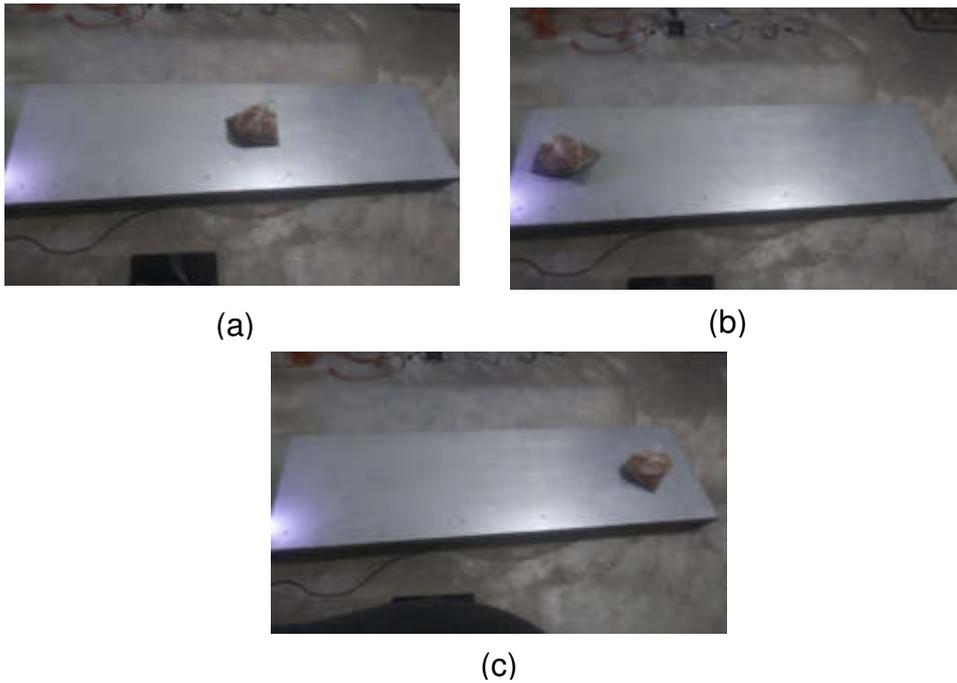


Figura N° 176: Posicionamiento de 1 kg. en la balanza: (a) Zona media de la balanza, (b) Zona derecha de la balanza y (c) Zona izquierda de la balanza

Elaboración: los autores

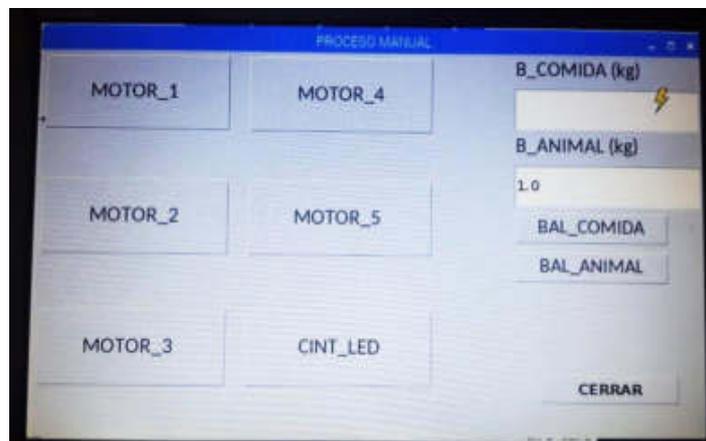


Figura N° 177: Peso de 1 kg. mostrado en la interfaz gráfica

Elaboración: los autores

Prueba 3: Peso de 1.5 kg

Para la siguiente prueba utilizamos el alimento para perros, donde se comprueba el peso de 1500 gramos lo cual es un equivalente a 1.5 kg.



Figura N° 178: Peso de 1.5 kg. mostrado en la balanza de piso

Elaboración: los autores

En las Figura N° 179 se presenta el posicionamiento de un peso de 0.5 kg. en la balanza.



(a)



(b)



(c)

Figura N° 179: Posicionamiento de 1.5 kg. en la balanza: (a) Zona media de la balanza, (b) Zona derecha de la balanza y (c) Zona izquierda de la balanza

Elaboración: los autores

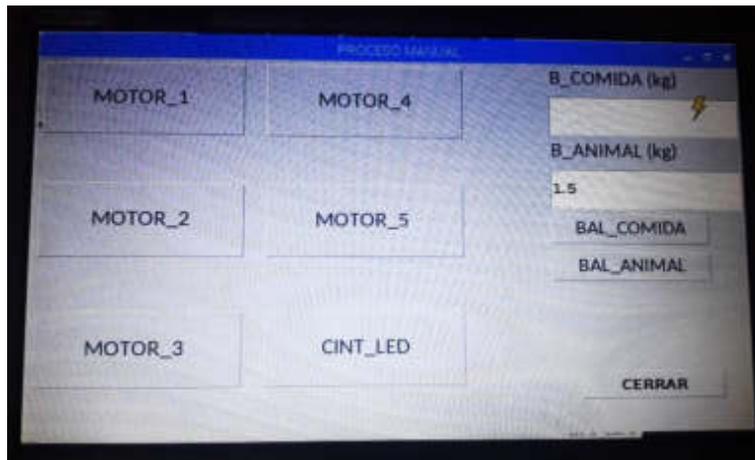


Figura N° 180: Peso de 1.5 kg. mostrado en la interfaz gráfica

Elaboración: los autores

Prueba 4: Peso de 2 kg

Para la siguiente prueba utilizamos el alimento para perros, donde se comprueba el peso de 2000 gramos lo cual es un equivalente a 2 kg.



Figura N° 181: Peso de 2 kg. mostrado en la balanza de piso

Elaboración: los autores

En las Figura N° 182 se presenta el posicionamiento de un peso de 2 kg. en la balanza.



(a)



(b)



(c)

Figura N° 182: Posicionamiento de 2 kg. en la balanza: (a) Zona media de la balanza, (b) Zona derecha de la balanza y (c) Zona izquierda de la balanza

Elaboración: los autores

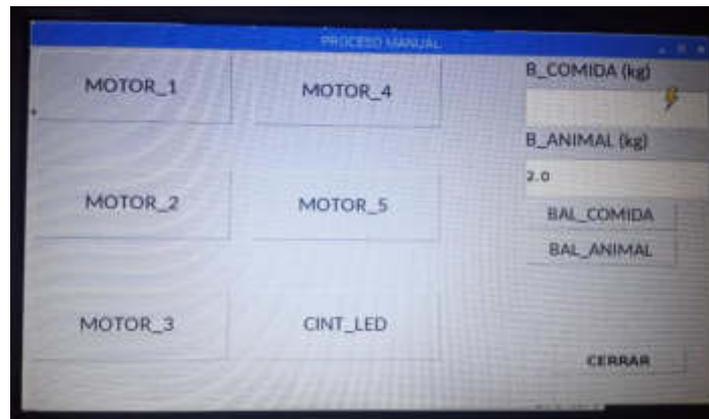


Figura N° 183: Peso de 2 kg. mostrado en la interfaz gráfica

Elaboración: los autores

Prueba 5: Peso de 2.5 kg

Para la siguiente prueba utilizamos el alimento para perros, donde se comprueba el peso de 2500 gramos lo cual es un equivalente a 2.5 kg.



Figura N° 184: Peso de 2.5 kg. mostrado en la balanza de piso

Elaboración: los autores

En las Figura N° 185 se presenta el posicionamiento de un peso de 2.5 kg. en la balanza.



(a)



(b)



(c)

Figura N° 185: Posicionamiento de 2.5 kg. en la balanza: (a) Zona media de la balanza, (b) Zona derecha de la balanza y (c) Zona izquierda de la balanza

Elaboración: los autores



Figura N° 186: Peso de 2.5 kg. mostrado en la interfaz gráfica

Elaboración: los autores

Prueba 6: Peso de 3 kg

Para la siguiente prueba utilizamos el alimento para perros, donde se comprueba el peso de 3000 gramos lo cual es un equivalente a 3 kg.



Figura N° 187: Peso de 3 kg. mostrado en la balanza de piso

Elaboración: los autores

En las Figura N° 188 se presenta el posicionamiento de un peso de 3 kg en la balanza.

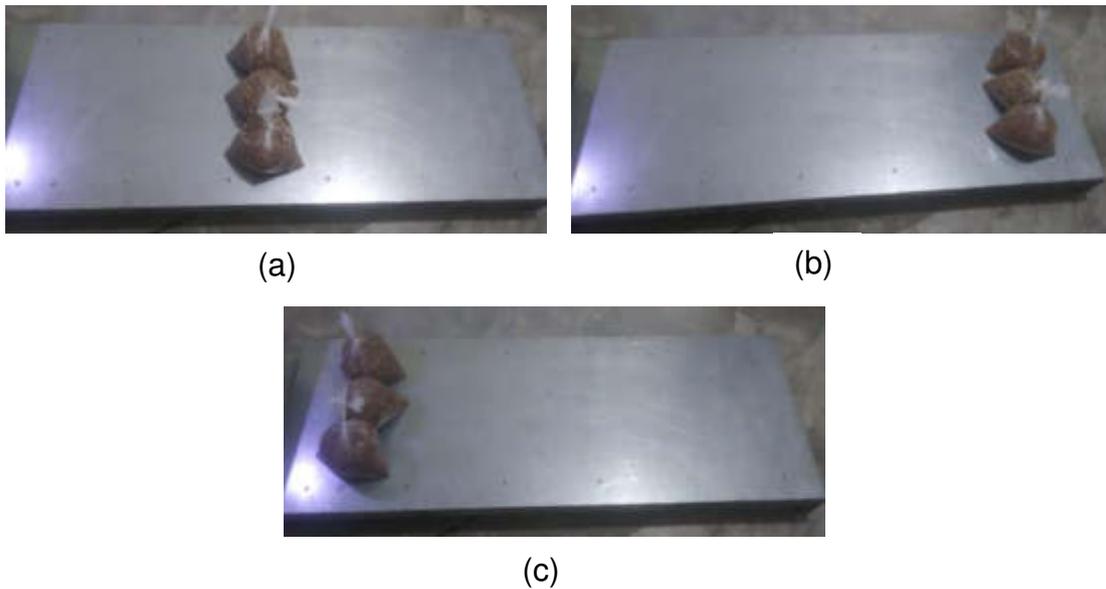


Figura N° 188: Posicionamiento de 3 kg. en la balanza: (a) Zona media de la balanza, (b) Zona derecha de la balanza y (c) Zona izquierda de la balanza

Elaboración: los autores

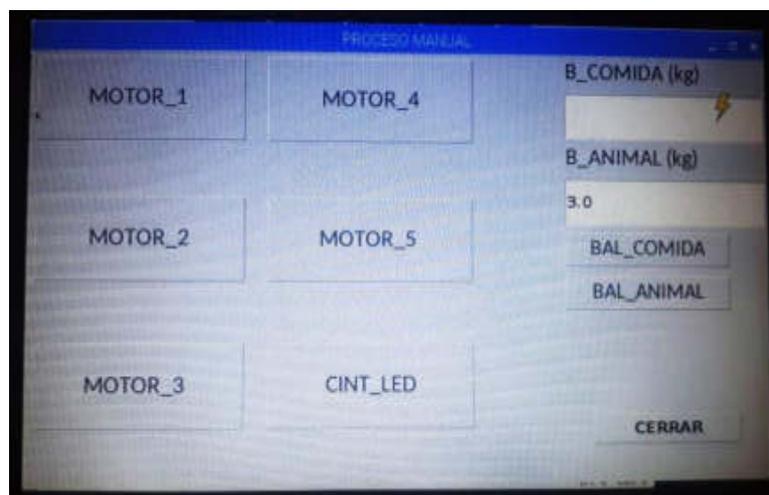


Figura N° 189: Peso de 3 kg. mostrado en la interfaz gráfica

Elaboración: los autores

❖ Pruebas del sensor de peso (Celda de carga de 40 kg)

Prueba 1: Peso de 0.5 kg

En la Figura N° 190, se muestra el peso de 0.5 kg. en el comedero.



Figura N° 190: Peso de 0.5 kg en el comedero

Elaboración: los autores

En la Figura N° 191 mostraremos peso de 0.5 kg de comida, donde visualizamos en la interfaz gráfica del *Raspberry pi 3B+*.

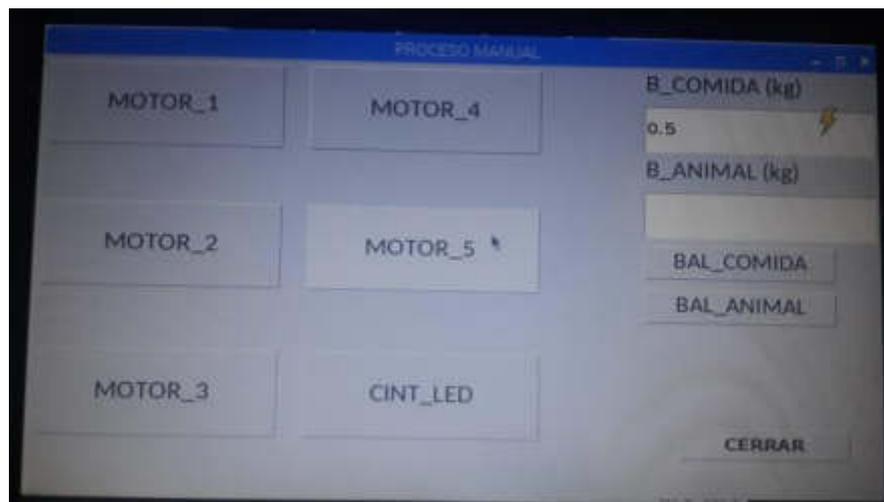


Figura N° 191: Peso de 0.5 kg mostrado en la interfaz gráfica

Elaboración: los autores

Prueba 2: Peso de 1 kg

En la Figura N° 192, se muestra el peso de 1 kg en el comedero.



Figura N° 192: Peso de 1 kg en el comedero

Elaboración: los autores

En la Figura N° 193 mostraremos peso de 1 kg de comida, donde visualizamos en la interfaz gráfica del *Raspberry Pi 3B+*.

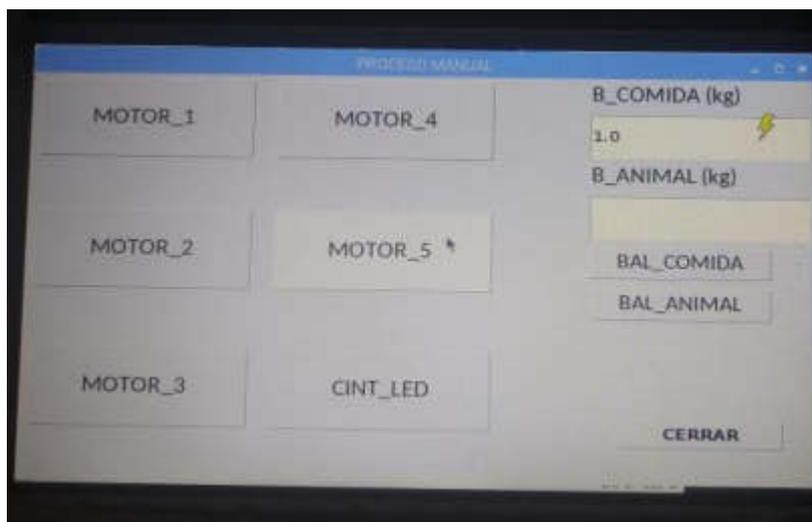


Figura N° 193: Peso de 1 kg. mostrado en la interfaz gráfica

Elaboración: los autores

Prueba 3: Peso de 1.5 kg

En la Figura N° 194, se muestra el peso de 1.5 kg en el comedero.



Figura N° 194: Peso de 1.5 kg. en el comedero

Elaboración: los autores

En la Figura N° 195 mostraremos peso de 1.5 kg de comida, donde visualizamos en la interfaz gráfica del *Raspberry Pi 3B+*.

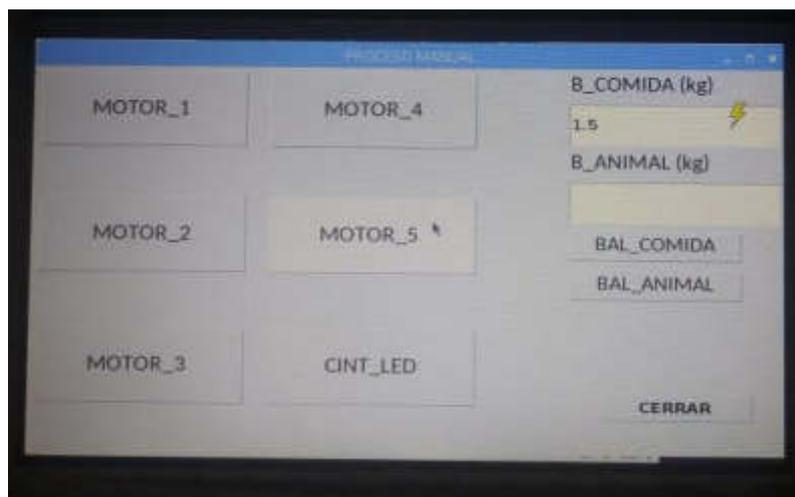


Figura N° 195: Peso de 1.5 kg mostrado en la interfaz gráfica

Elaboración: los autores

Prueba 4: Peso de 2 kg

En la Figura N° 196, se muestra el peso de 2 kg en el comedero.



Figura N° 196: Peso de 2 kg. en el comedero

Elaboración: los autores

En la Figura N° 197 mostraremos peso de 2 kg. de comida, donde visualizamos en la interfaz gráfica del *Raspberry Pi 3B+*.

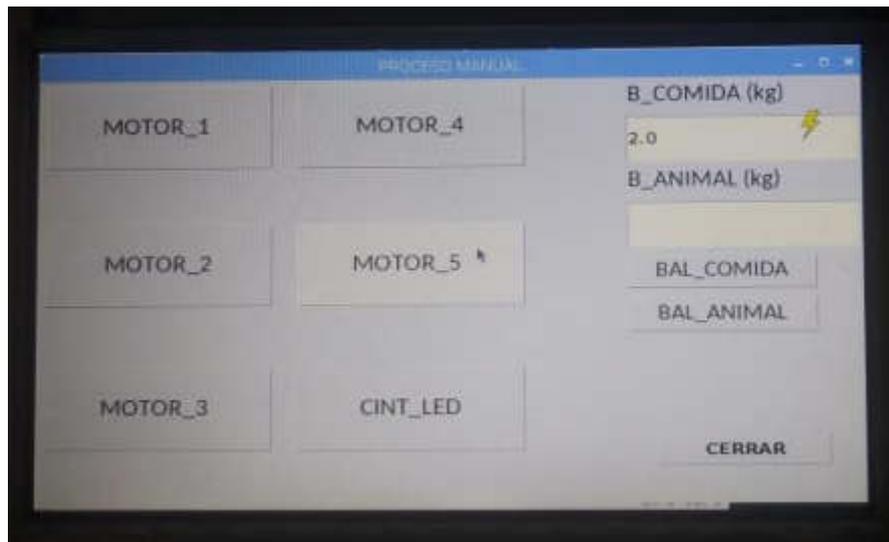


Figura N° 197: Peso de 2 kg mostrado en la interfaz gráfica

Elaboración: los autores

Prueba 5: Peso de 2.5 kg

En la Figura N° 198, se muestra el peso de 2.5 kg. en el comedero.



Figura N° 198: Peso de 2.5 kg. en el comedero

Elaboración: los autores

En la Figura N° 199 mostraremos peso de 2.5 kg. de comida, donde visualizamos en la interfaz gráfica del *Raspberry Pi 3B+*.

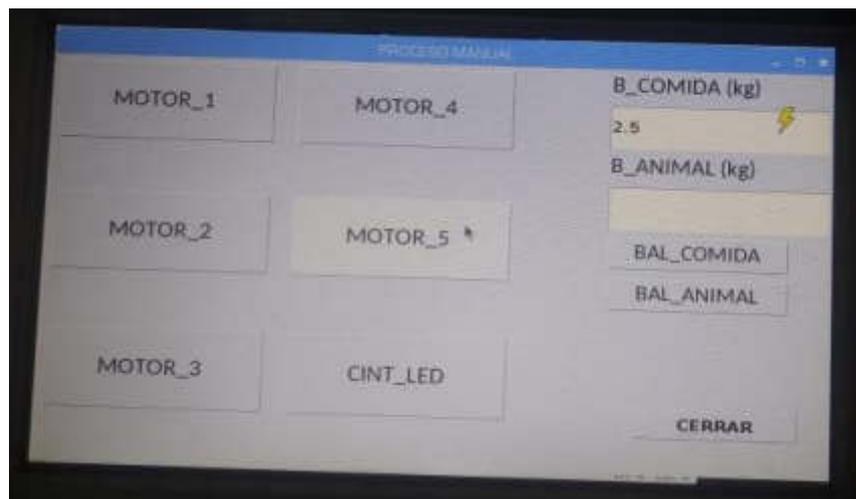


Figura N° 199: Peso de 2.5 kg. mostrado en la interfaz gráfica

Elaboración: los autores

❖ **Pruebas para el peso de la marrana gestante**

Para la siguiente prueba se optó por un peso superior de 150 kg. en la balanza de piso, para tener en cuenta el peso de una marrana gestante está en 180 kg. cuando se encuentra en gestación y es primeriza.

Primero, se pesó a dos personas de distinto peso, la persona (a) midió un peso de 75.80 kg y la persona (b) midió un peso de 88.05 kg en una balanza calibrada.



(a)



(b)

Figura N° 200: Peso en una balanza calibrada: (a) primera persona y (b) segunda persona

Elaboración: los autores

Luego de la primera prueba, cada persona se pesó en la balanza principal donde se pesará una marrana gestante, para ver la medición real del peso de cada persona.

Medición del peso - primera persona:

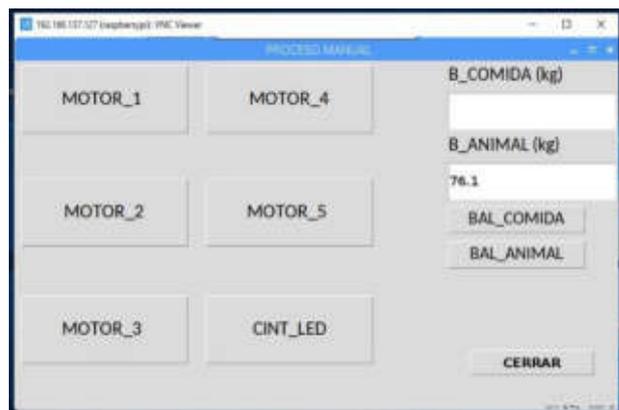


Figura N° 201: Peso en la balanza principal primera persona (a)

Elaboración: los autores

Medición del peso - segunda persona:

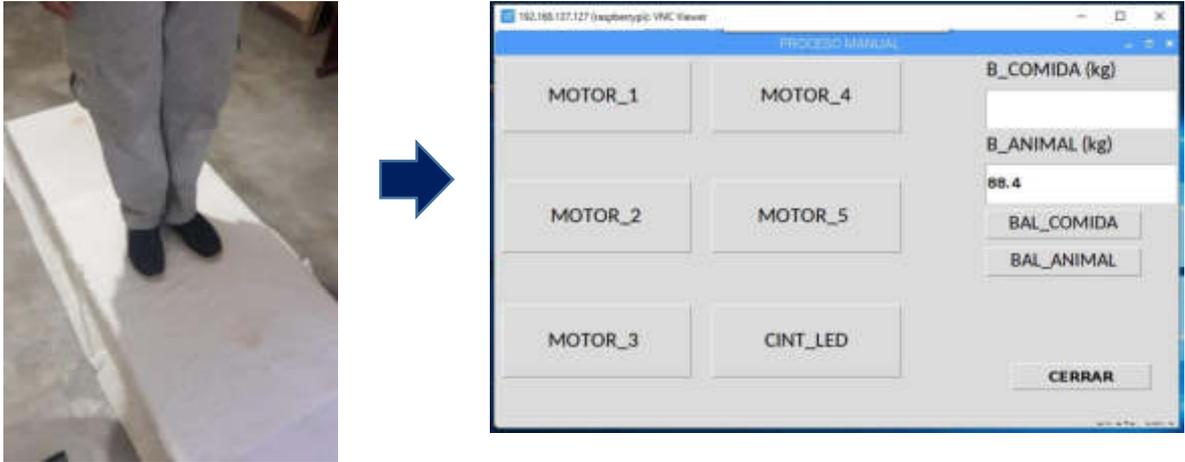


Figura N° 202: Peso en la balanza principal segunda persona (b)

Elaboración: los autores

La primera persona tiene un peso de 76.1 kg y la segunda persona tiene un peso de 88.4 kg, sumando el peso de las dos personas nos da un valor total del peso de 164.5 kg. (Figura N° 201 y Figura N° 202)

A continuación, se pesan a las dos personas a la vez en la balanza principal, dándonos un valor estimado del peso total en conjunto.



Figura N° 203: Peso en la balanza principal ambas personas

Elaboración: los autores

En la siguiente Figura N° 204 se muestra el valor del peso total de las dos personas que sería de 164.3 kg.

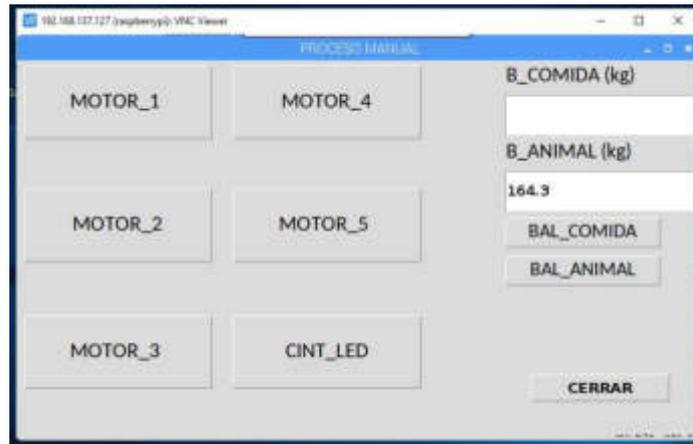


Figura N° 204: Peso en la balanza principal de ambas personas, mostrado en la interfaz gráfica

Elaboración: los autores

❖ **Pruebas para el peso de los cerdos jóvenes**

Peso de la Etapa 1: Cerdo joven

El peso del cerdo joven en la etapa 1 es de 6.1 a 8.1 kg, por el cual se midió un peso que esté en ese rango, con una balanza de piso; dando un peso de 7.40 kg como se observa en la Figura N° 205.



Figura N° 205: Peso en la etapa 1 – Cerdo joven

Elaboración: los autores

En la Figura N° 206 se observa que el peso en la balanza principal de la etapa 1 del cerdo joven, nos da un valor de 7.4 kg, con eso se tendría un valor del peso exacto en la balanza principal, mostrado en la interfaz gráfica.

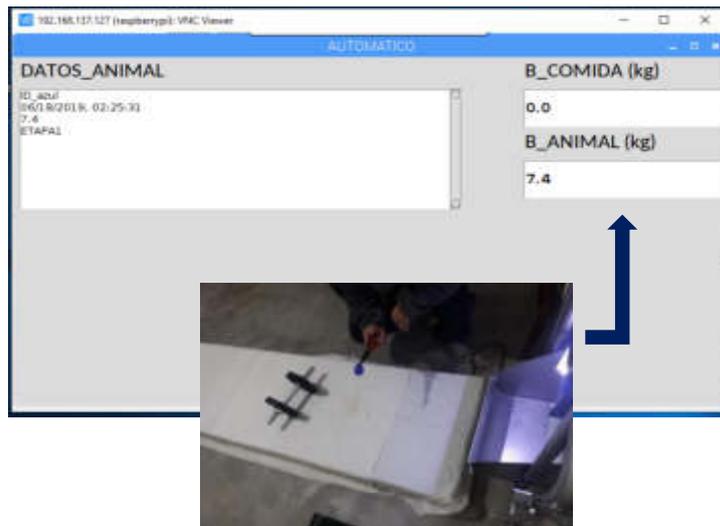


Figura N° 206: Identificación del peso de la etapa 1 – Cerdo joven

Elaboración: los autores

Peso de la Etapa 2: Cerdo joven

El peso del cerdo joven en la etapa 2 es de 8.1 a 9.9 kg, por el cual se midió un peso que esté en ese rango con una balanza de piso, dando un peso de 9.40 kg, como se observa en la Figura N° 207.



Figura N° 207: Peso en la etapa 2 – Cerdo joven

Elaboración: los autores

En la Figura N° 208 se observa que el peso en la balanza principal de la etapa 2 del cerdo joven, nos da un valor de 9.4 kg, con eso se tendría un valor del peso exacto en la balanza principal mostrado en la interfaz gráfica.

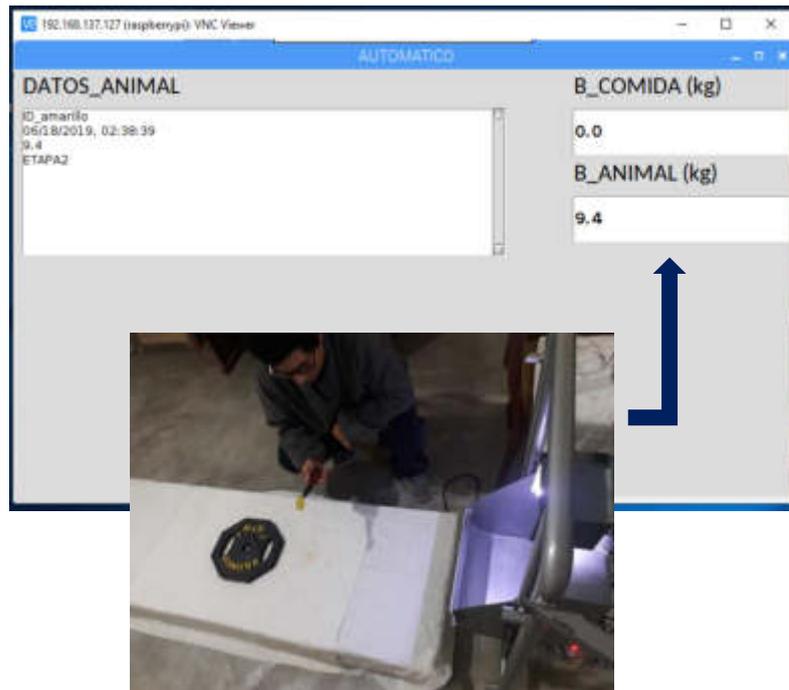


Figura N° 208: Identificación del peso de la etapa 2 – Cerdo joven

Elaboración: los autores

Peso de la Etapa 3: Cerdo joven

El peso del cerdo joven en la etapa 3 es de 9.9 a 19.4 kg, por el cual se midió un peso que esté en ese rango con una balanza de piso, dando un peso de 11.05 kg, como se observa en la Figura N° 209.



Figura N° 209: Peso en la etapa 3 – Cerdo joven

Elaboración: los autores

En la Figura N° 210 se observa que el peso en la balanza principal de la etapa 3 del cerdo joven nos da un valor de 11.1 kg, con eso se tendría un valor del peso en la balanza principal, mostrado en la interfaz gráfica.

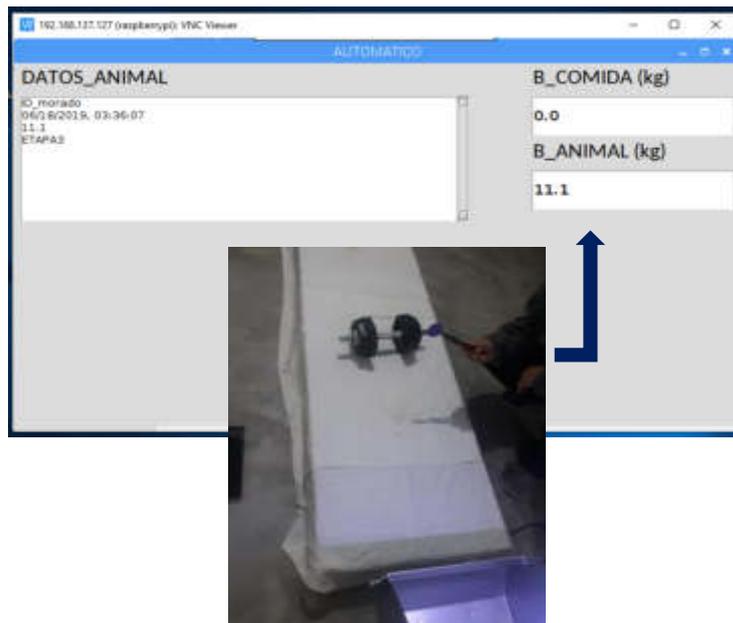


Figura N° 210: Identificación del peso de la etapa 3 – Cerdo joven

Elaboración: los autores

Peso de la Etapa 4: Cerdo joven

El peso del cerdo joven en la etapa 3 es de 19.4 a 30.1 kg, por el cual se midió un peso que esté en ese rango con una balanza de piso, dando un peso de 11.05 kg, como se observa en la Figura N° 211.



Figura N° 211: Peso en la etapa 4 – Cerdo joven

Elaboración: los autores

En la Figura N° 212 se observa que el peso en la balanza principal de la etapa 3 del cerdo joven nos da un valor de 20.2 kg, con eso se tendría un valor del peso en la balanza principal con un error de 0.2 mostrado en la interfaz gráfica.

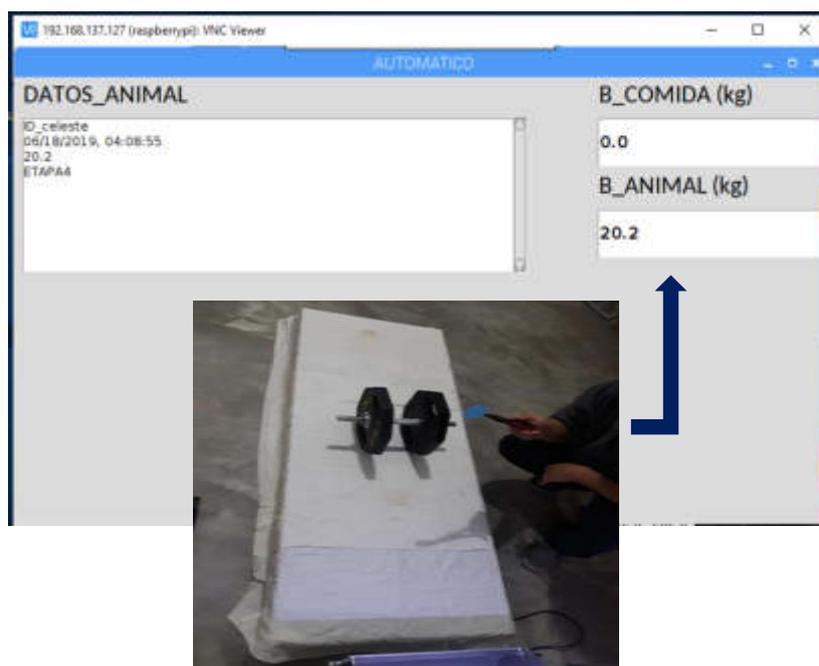


Figura N° 212: Identificación del peso de la etapa 4 – Cerdo joven

Elaboración: los autores

❖ **Pruebas para la dosificación de alimento para los cerdos jóvenes**

Para esta prueba se utilizaron pesos de comida que estén en los diferentes rangos de las etapas de los cerdos jóvenes:

Etapas 1: Peso comida (300 g)

Etapas 2: Peso comida (600 g)

Etapas 3: Peso comida (2.5 kg)

Etapas 4: Peso comida (3.5 kg)

Etapa 1: Peso comida (300 g)

Se midió el valor del peso en una balanza de piso, dando un valor del peso de comida de 0.35 gramos.



Figura N° 213: Peso de la comida etapa 1 – Cerdo joven

Elaboración: los autores

Etapa 2: Peso comida (600 g)

Se midió el valor del peso en una balanza de piso, dando un valor del peso de comida de 1.00 kg.

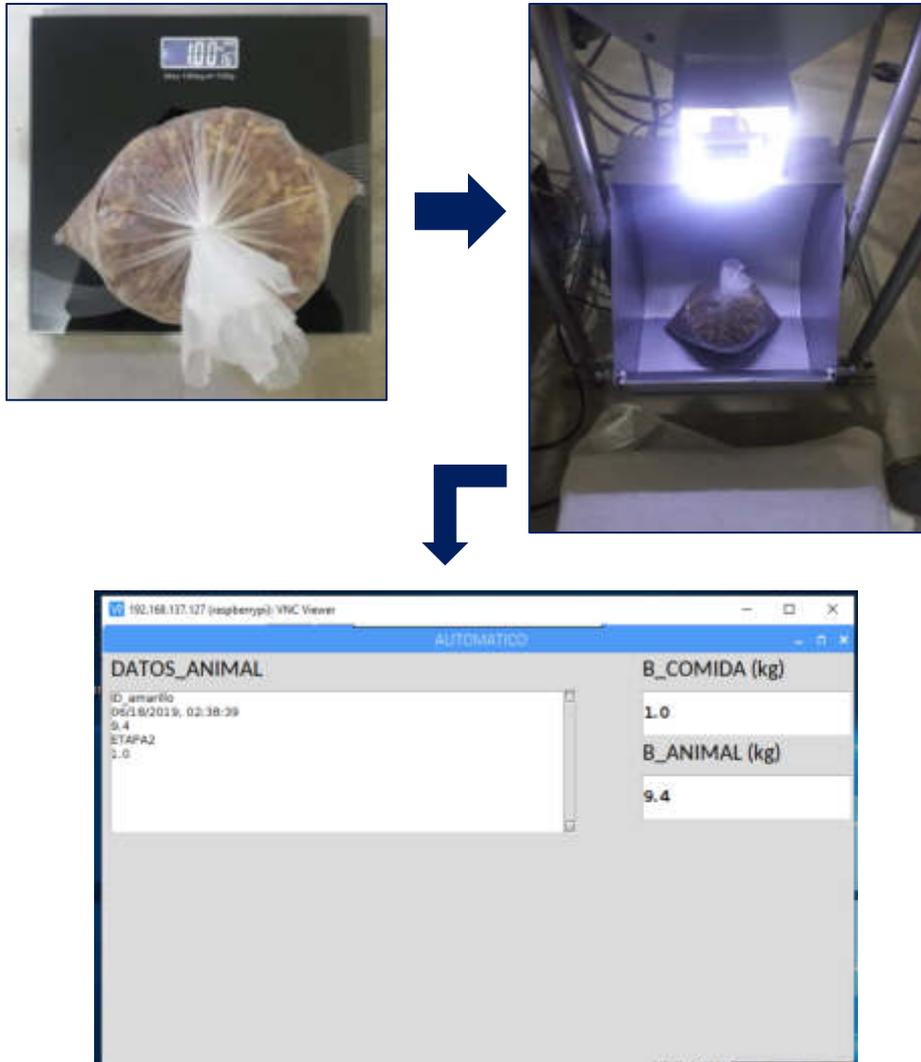


Figura N° 214: Peso de la comida etapa 2 – Cerdo joven

Elaboración: los autores

Etapas 3: Peso comida (600 g)

Se midió el valor del peso en una balanza de piso, dando un valor del peso de comida de 2.5 kg.

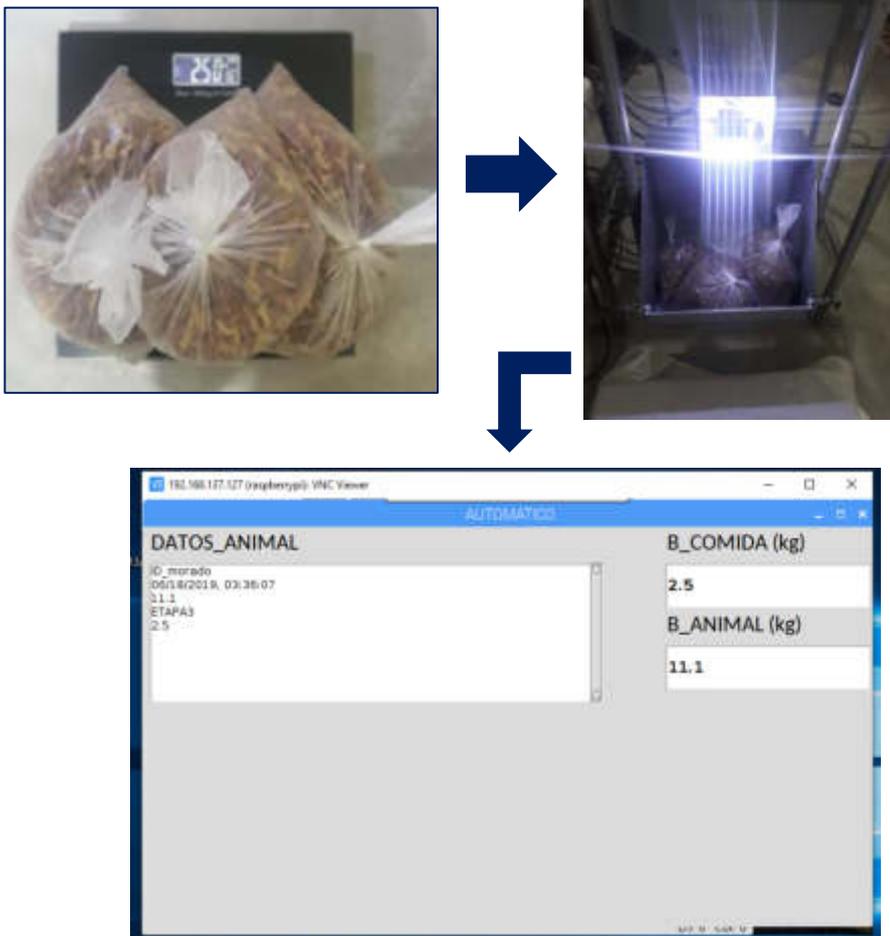


Figura N° 215: Peso de la comida etapa 3 – Cerdo joven

Elaboración: los autores

Etapas 4: Peso comida (3.5 kg)

Se midió el valor del peso en una balanza de piso, dando un valor del peso de comida de 3.50 kg.

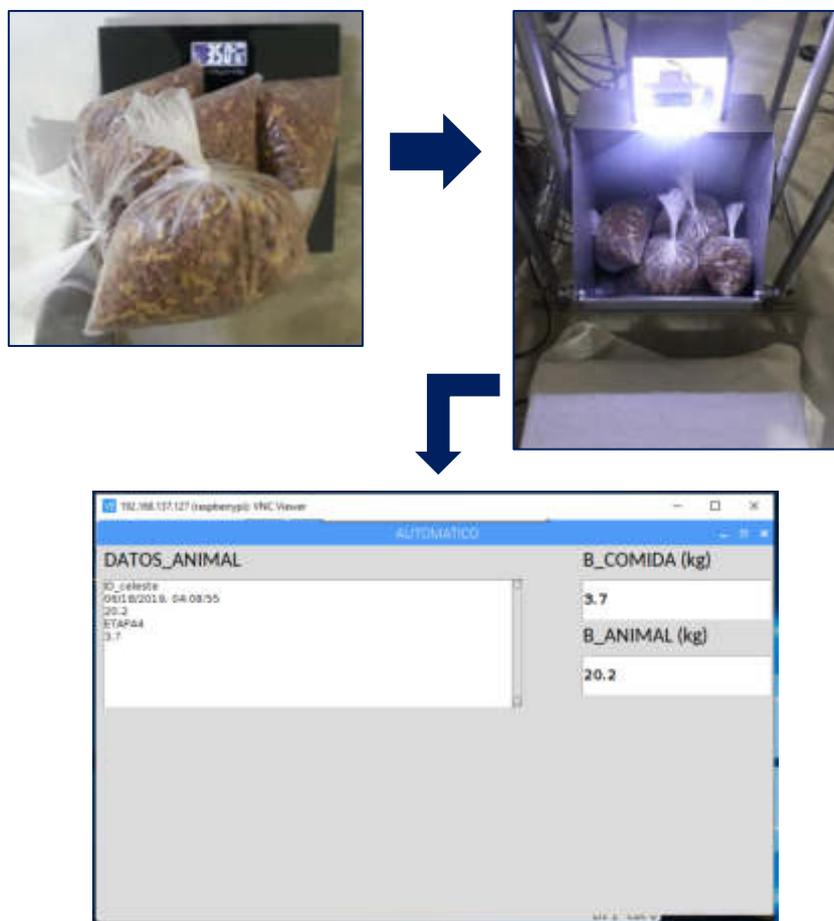


Figura N° 216: Peso de la comida etapa 4 – Cerdo joven

Elaboración: los autores

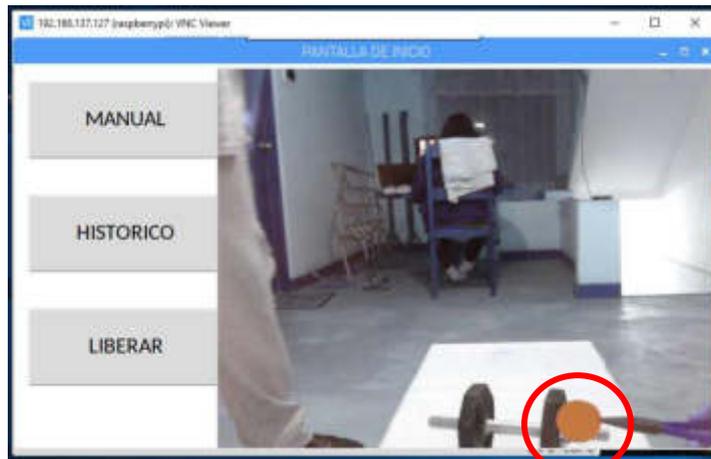
❖ **Pruebas para la identificación por colores de las marranas gestantes y cerdos jóvenes**

Para la siguiente prueba se utilizaron 4 aretes de diferentes colores para la identificación de los cerdos jóvenes en sus diferentes etapas.

➤ **Etapa 1:** Identificación del arete de color Azul



Posicionamiento frontal del arete hacia la cámara.



Detección del arete de color azul

Figura N° 217: Detección del color azul – (RGB a HSV)

Elaboración: los autores

Después de la detección de la imagen del arete de color azul en RGB, el sistema de identificación hace la conversión a HSV.

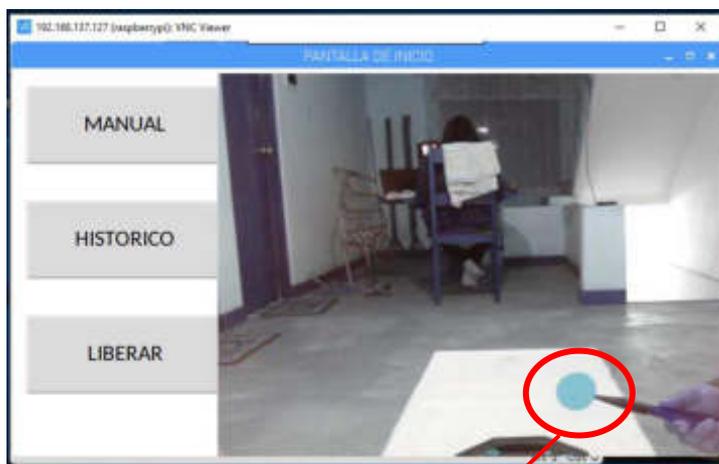


Conversión de la imagen a HSV

➤ **Etapa 2:** Identificación del arete de color Amarillo



Posicionamiento frontal del arete hacia la cámara



Detección del arete de color amarillo

Figura N° 218: Detección del color amarillo – (RGB a HSV)

Elaboración: los autores

Después de la detección de la imagen del arete de color amarillo en RGB, el sistema de identificación hace la conversión a HSV.



Conversión de la imagen a HSV

➤ **Etapa 3:** Identificación del arete de color Morado

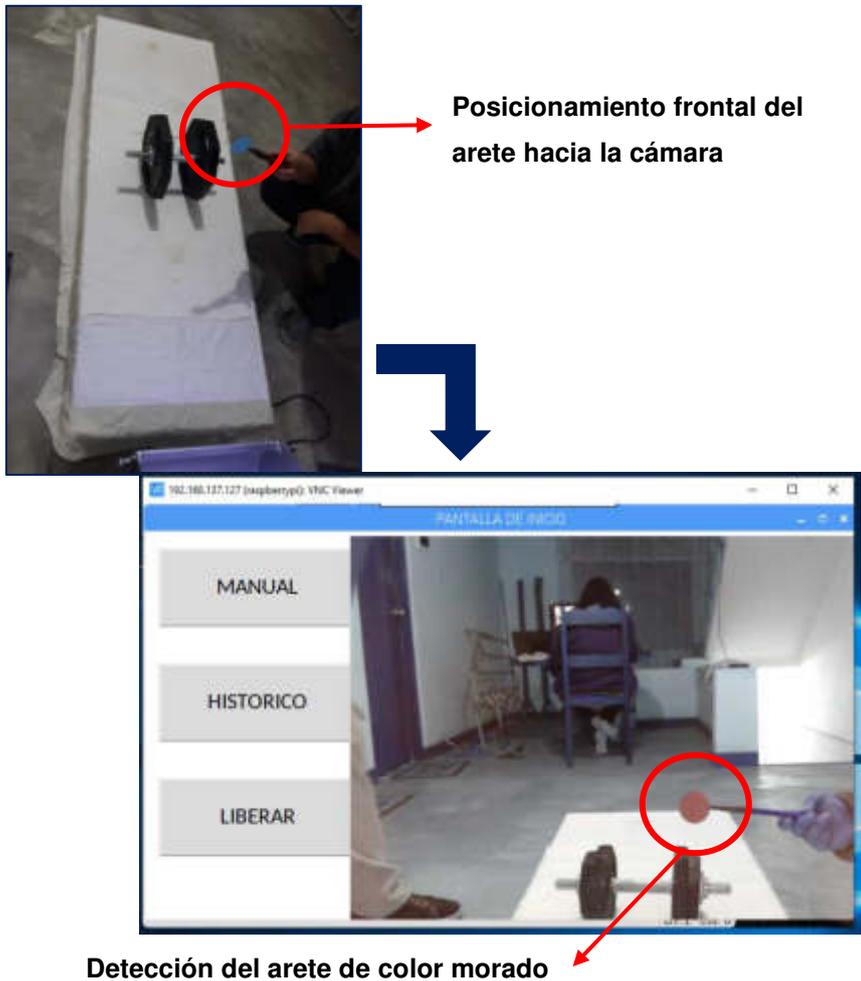
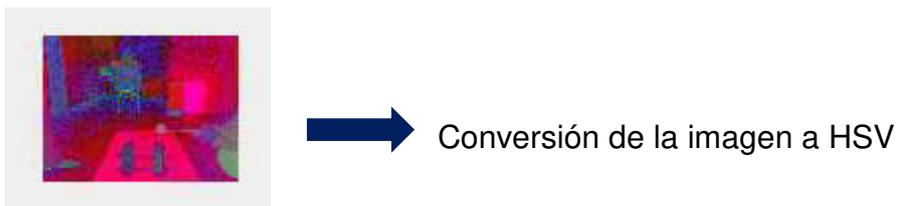


Figura N° 219: Detección del color morado – (RGB a HSV)

Elaboración: los autores

Después de la detección de la imagen del arete de color morado en RGB, el sistema de identificación hace la conversión a HSV.



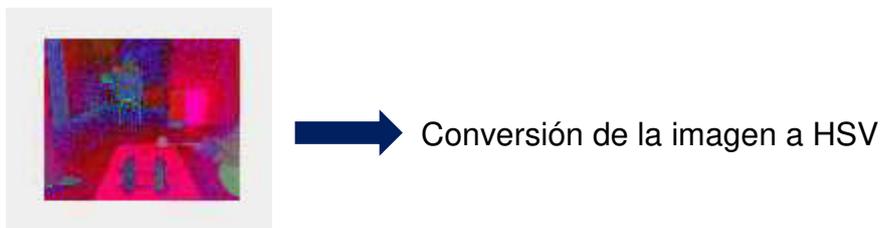
➤ **Etapa 4:** Identificación del arete de color Celeste



Figura N° 220: Detección del color celeste – (RGB a HSV)

Elaboración: los autores

Después de la detección de la imagen del arete de color morado en RGB, el sistema de identificación hace la conversión a HSV.



5.2 Pruebas directas

En la Figura N° 221, se muestra el diseño de la estructura armada en la porqueriza. (Unidad experimental de porcinos – UNALM)



Figura N° 221: Estructura de pesaje, identificación por colores y dosificador de comida

Elaboración: los autores

A continuación, se muestra el llenado de las tolvas con su respectiva comida correspondiente a las 4 etapas de los cerdos jóvenes y a la marrana gestante.



Figura N° 222: Etapa de los cerdos jóvenes con su respectiva tolva y comida

Elaboración: los autores



Figura N° 223: Trabajadores de la Unidad experimental de porcinos (UNALM)

Elaboración: los autores

❖ **Pruebas de los cerdos jóvenes**

- **Mediciones del peso, identificación por el color y peso de la comida dosificada**

Etapa 1: Cerdo joven

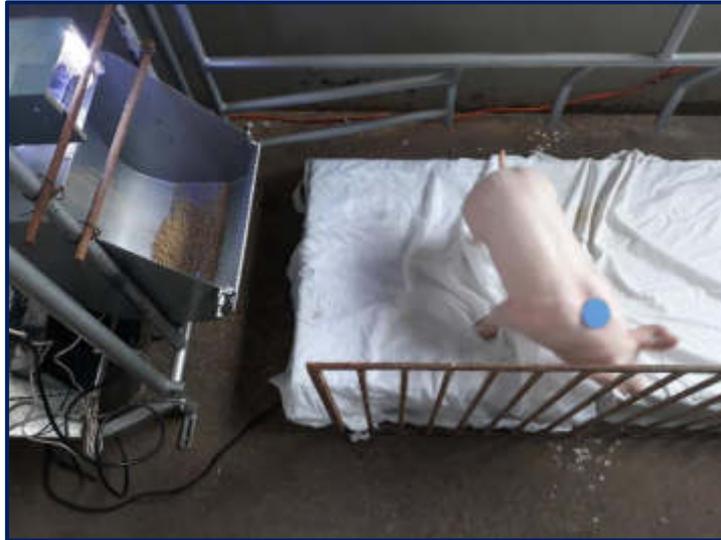


Figura N° 224: Etapa 1 – Color Azul – Pesaje y Dosificación
Elaboración: los autores

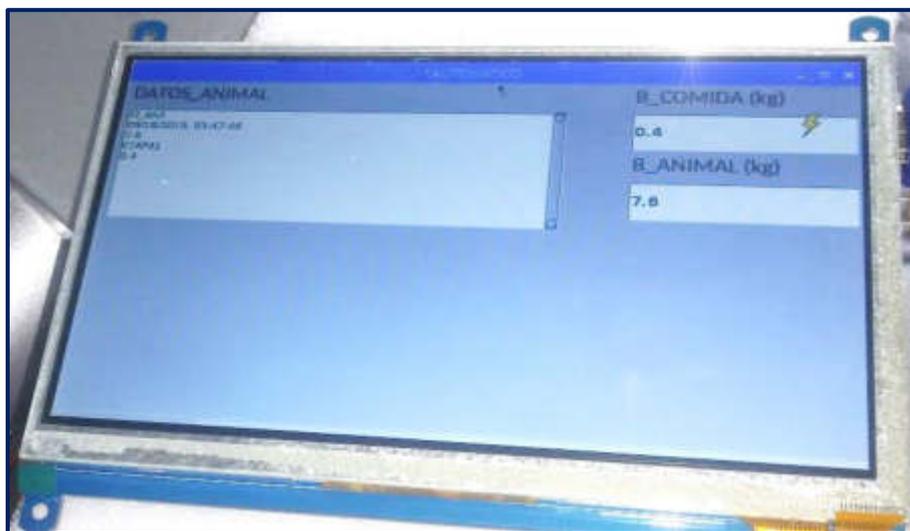


Figura N° 225: Resultado - Etapa 1 - Color Azul – Interfaz Gráfica
Elaboración: los autores

El resultado de la prueba en la etapa1:

- Peso = 7.7 kg
- Identificación del arete de color azul
- Peso de la comida dosificada = 400 g

Etapa 4: Cerdo joven

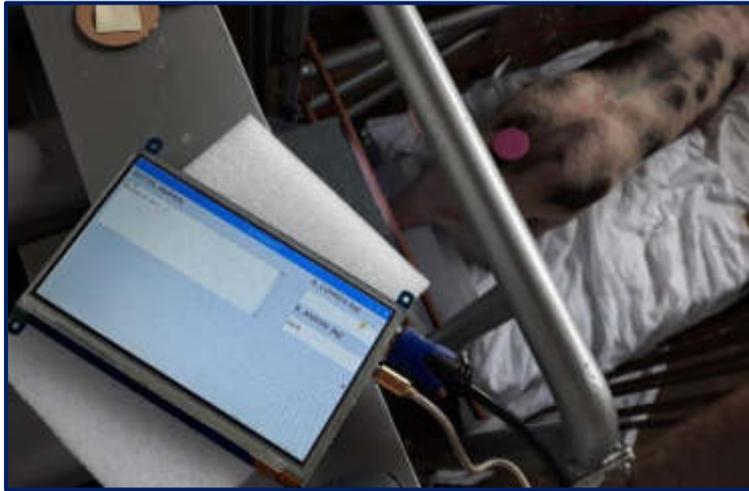


Figura N° 226: Etapa 4 - Color Lila – Pesaje y Dosificación

Elaboración: los autores

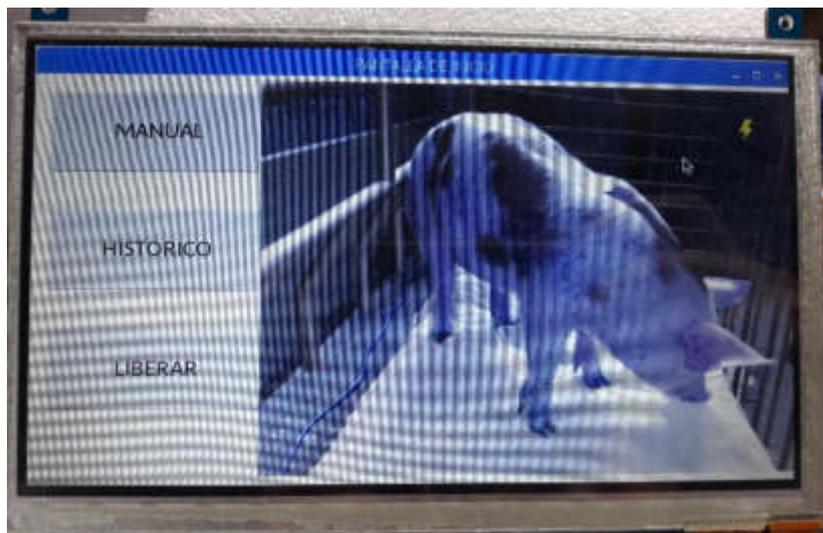


Figura N° 227: Resultado – Etapa 4 - Color Lila – Imagen capturada

Elaboración: los autores

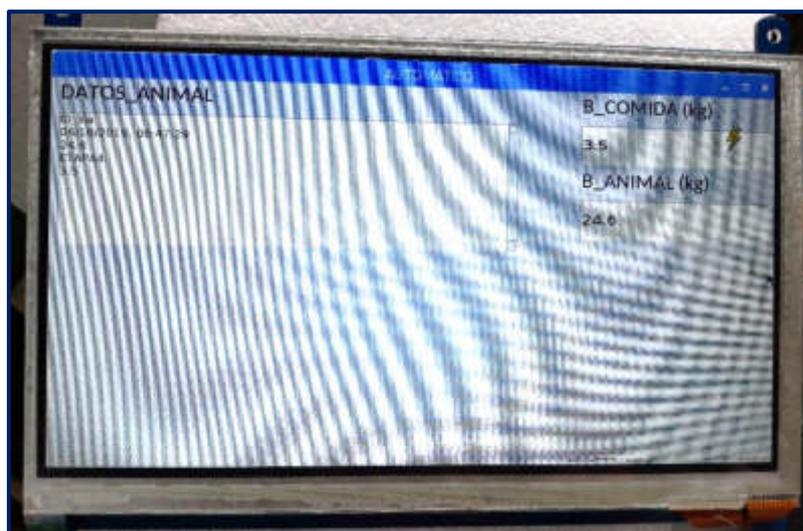


Figura N° 228: Resultado – Etapa 4 - Lila – Interfaz gráfica

Elaboración: los autores

El resultado de la prueba en la etapa 4:

- Peso = 24.6 kg
- Identificación del arete de color lila
- Peso de la comida dosificada = 3.5 kg

➤ **Prueba para el peso de la marrana gestante**

Prueba 1: Marrana gestante primeriza



Figura N° 229: Marrana gestante - Primeriza – Peso y identificación

Elaboración: los autores

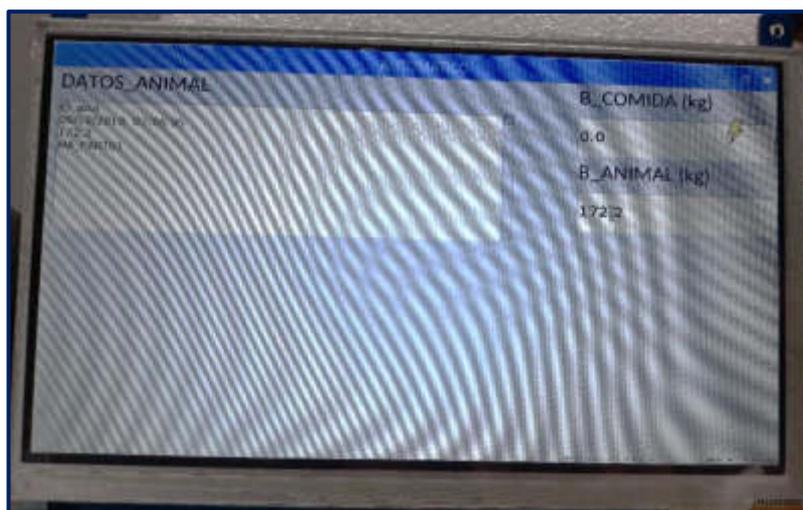


Figura N° 230: Marrana gestante - Primeriza #1 - Peso y identificación
Elaboración: los autores

➤ **Pruebas para la identificación por colores de los cerdos jóvenes**

- **Identificación del arete de color azul**



Figura N° 231: Identificación del cerdo joven – arete de color azul

Elaboración: los autores

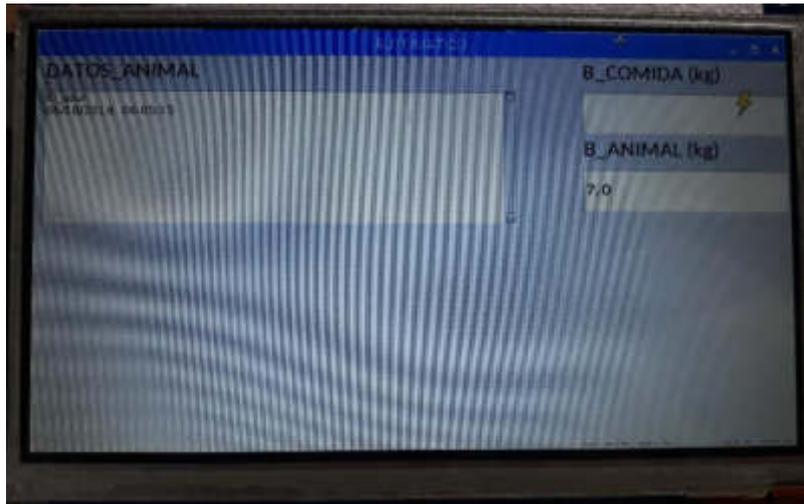


Figura N° 232: Identificación del color azul mostrada por la interfaz gráfica

Elaboración: los autores

- **Identificación del arete de color amarillo**

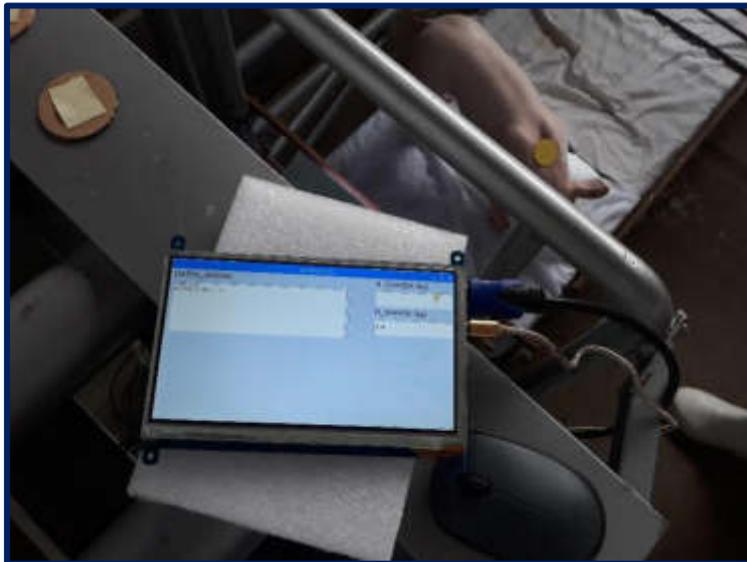


Figura N° 233: Identificación del cerdo joven – arete de color amarillo

Elaboración: los autores

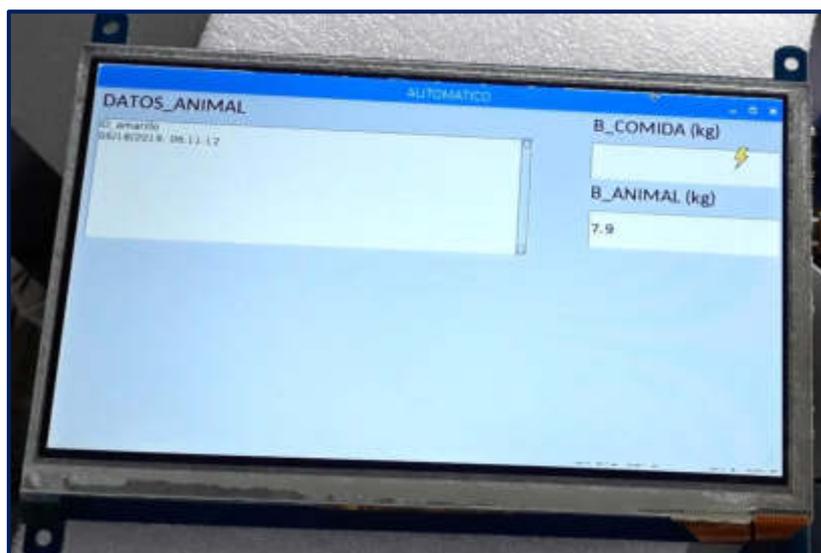


Figura N° 234: Identificación del color amarillo mostrada por la interfaz gráfica

Elaboración: los autores

❖ **Pruebas de los 10 individuos por etapa - Cerdos jóvenes y marranas gestantes**

➤ **Prueba de la etapa 1 - Cerdo joven**

Peso del animal (6.1 a 8.1 g) - Peso de la comida (300 g)

Tabla N° 37: Pruebas a 10 animales de la etapa 1

Numero de Prueba	Color del arete	Peso del animal	Peso de la comida real (g)	Peso de la comida dosificada por el equipo (g)	Tasa de error %
1	amarillo	6.9 kg	300	350	16.67
2	azul	7.6 kg	300	400	33.33
3	verde claro	7.1 kg	300	334	11.33
4	celeste	6.7 kg	300	313	4.33
5	azul	7.2 kg	300	345	15.00
6	amarillo	6.2 kg	300	326	8.67
7	morado	7.8 kg	300	322	7.33
8	verde claro	8.0 kg	300	338	12.67
9	lila	6.4 kg	300	329	9.67
10	celeste	7.2 kg	300	347	15.67
				Promedio	13.47

Elaboración: los autores

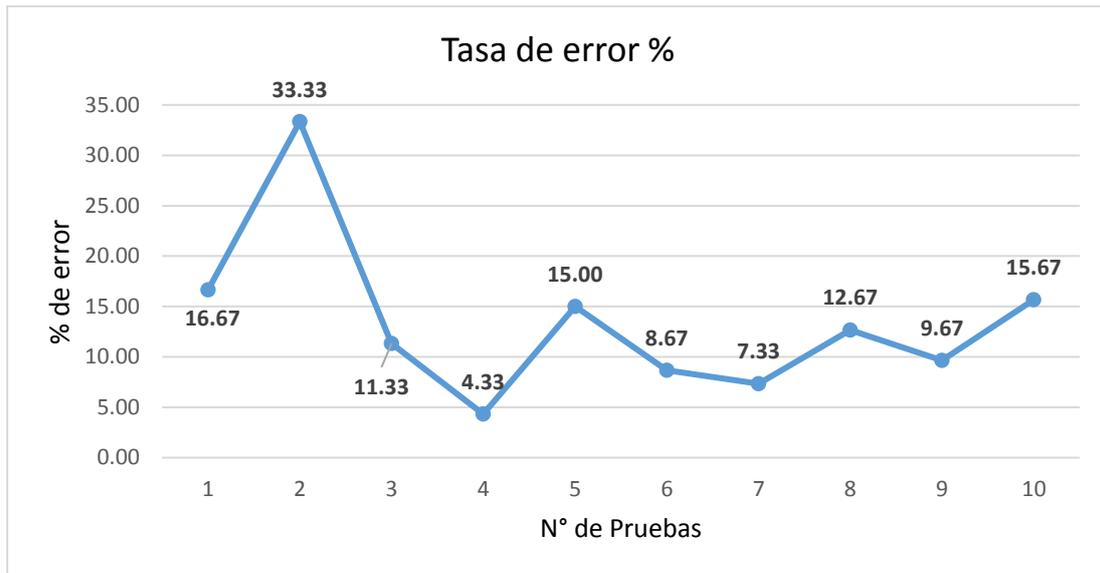


Figura N° 235: Porcentaje de error – Etapa 1

Elaboración: los autores

➤ **Prueba de la etapa 2 - Cerdo joven**

Peso del animal (8.1 a 9.9 kg) - Peso de la comida (600 g)

Tabla N° 38: Pruebas a 10 animales de la etapa 2

Numero de Prueba	Color del arete	Peso del animal	Peso de la comida real	Peso de la comida dosificada por el equipo	Tasa de error %
1	morado	8.5 kg	600	629	4.83
2	amarillo	9.3 kg	600	638	6.33
3	azul	8.4 kg	600	634	5.67
4	celeste	8.9 kg	600	627	4.50
5	azul	9.4 kg	600	610	1.67
6	lila	9.6 kg	600	652	8.67
7	celeste	8.3 kg	600	645	7.50
8	verde claro	9.1 kg	600	641	6.83
9	amarillo	9.9 kg	600	615	2.50
10	azul	9.7 kg	600	608	1.33
				Promedio	4.98

Elaboración: los autores

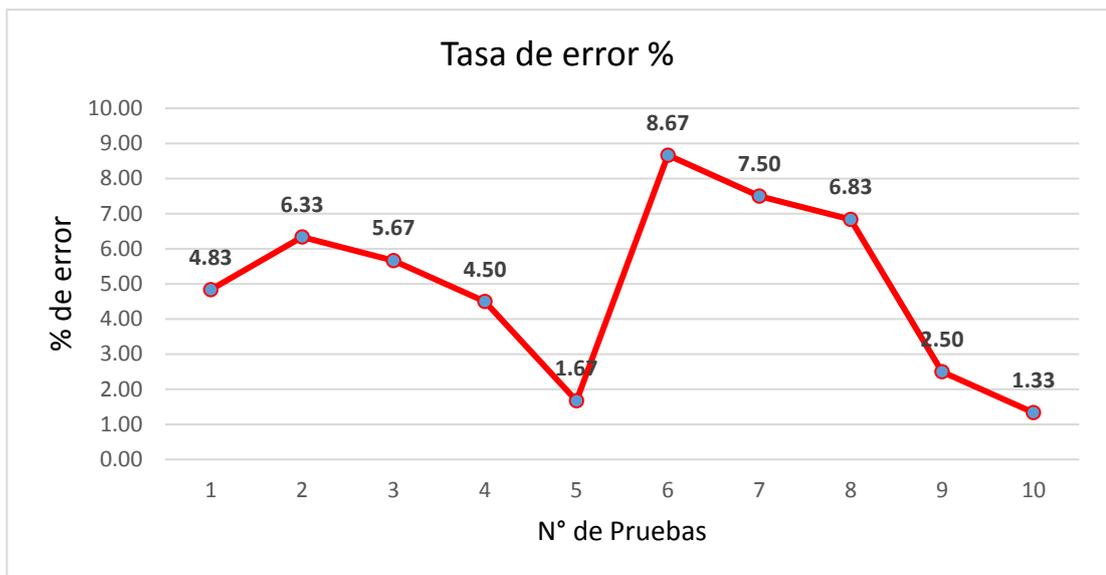


Figura N° 236: Porcentaje de error – Etapa 2

Elaboración: los autores

➤ **Prueba de la etapa 3 - Cerdo joven**

Peso del animal (9.9 a 19.4 kg) - Peso de la comida (2.5 kg)

Tabla N° 39: Pruebas a 10 animales de la etapa 3

Numero de Prueba	Color del arete	Peso del animal	Peso de la comida real (kg)	Peso de la comida dosificada (kg)	Tasa de error %
1	Celeste	15.6 kg	2.5	2.6	4.00
2	Lila	18.3 kg	2.5	2.6	4.00
3	Amarillo	10.8 kg	2.5	2.6	4.00
4	Azul	13.6 kg	2.5	2.6	4.00
5	Lila	10.5 kg	2.5	2.6	4.00
6	Azul	18.4 kg	2.5	2.6	4.00
7	Verde Claro	19.1kg	2.5	2.6	4.00
8	Celeste	17.2 kg	2.5	2.6	4.00
9	Verde Claro	16.4 kg	2.5	2.6	4.00
10	morado	17.9 kg	2.5	2.6	4.00

Elaboración: los autores

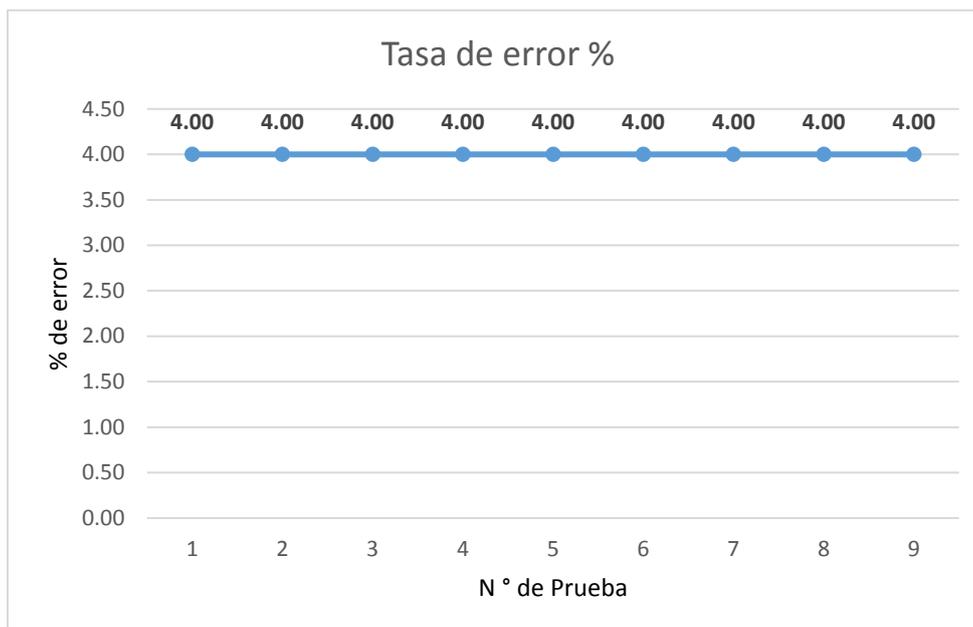


Figura N° 237: Porcentaje de error – Etapa 3

Elaboración: los autores

➤ **Prueba de la etapa 4 - Cerdo joven**

Peso del animal (19.4 a 30.1 kg) - Peso de la comida (3.5 kg)

Tabla N° 40: Pruebas a 10 animales de la etapa 4

Numero de Prueba	Color del arete	Peso del animal	Peso de la comida real (kg)	Peso de la comida dosificada (kg)	Tasa de error %
1	Morado	20.1 kg	3.5	3.6	2.9
2	Lila	25.8 kg	3.5	3.6	2.9
3	Verde Claro	28.2 kg	3.5	3.6	2.9
4	Azul	23.7 kg	3.5	3.6	2.9
5	Celeste	23.3 kg	3.5	3.6	2.9
6	Azul	21.5 kg	3.5	3.6	2.9
7	Amrillo	27.8 kg	3.5	3.6	2.9
8	Lila	29.2 kg	3.5	3.6	2.9
9	Celeste	30 kg	3.5	3.6	2.9
10	Amrillo	19.8 kg	3.5	3.6	2.9

Elaboración: los autores

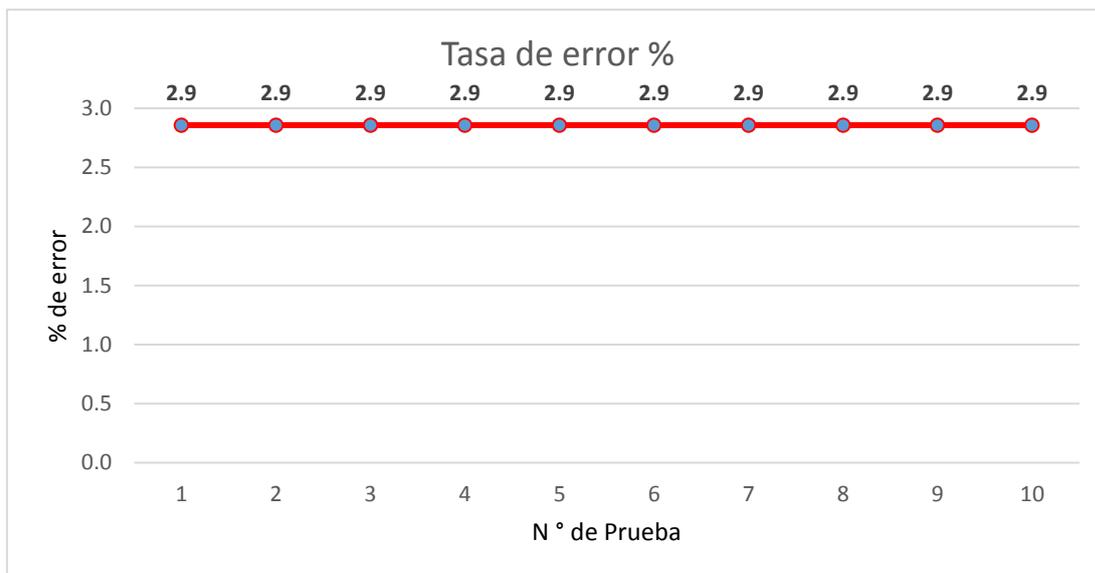


Figura N° 238: Porcentaje de error – Etapa 4

Elaboración: los autores

➤ **Prueba de la marrana gestante – Primeriza #1**

Peso del animal (180 kg) - Peso de la comida (2.5 kg)

Tabla N° 41: Pruebas a 10 marranas gestantes

Numero de Prueba	Color del arete	Peso del animal	Peso de la comida real (kg)	Peso de la comida dosificada - Pesto	Peso de la comida dosificada - Pienso granulado	Tasa de error %
1	Celeste	175.5 kg	2.5 kg	0 kg	2.6 kg	4.00
2	Amarillo	171.8 kg	2.5 kg	0 kg	2.6 kg	4.00
3	Azul	172.2 kg	2.5 kg	0 kg	2.6 kg	4.00
4	Azul	179.3 kg	2.5 kg	0 kg	2.6 kg	4.00
5	Morado	177.6 kg	2.5 kg	0 kg	2.6 kg	4.00
6	Lila	172.8 kg	2.5 kg	0 kg	2.6 kg	4.00
7	Verde Claro	174.5 kg	2.5 kg	0 kg	2.6 kg	4.00
8	Celeste	173.8 kg	2.5 kg	0 kg	2.6 kg	4.00
9	Morado	179.1 kg	2.5 kg	0 kg	2.6 kg	4.00
10	Amarillo	173.2 kg	2.5 kg	0 kg	2.6 kg	4.00

Elaboración: los autores

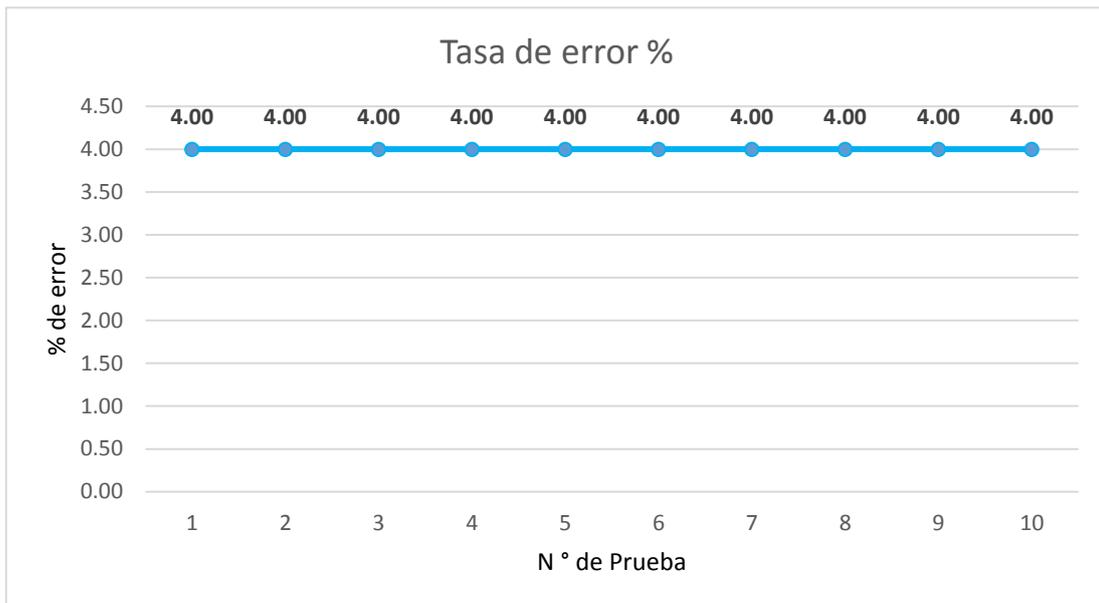


Figura N° 239: Porcentaje de error – Marrana gestante

Elaboración: los autores

5.3 Costos

❖ Costos de los componentes

En la Tabla N° 42 se muestran los costos unitarios de los componentes. Cabe mencionar que se han adquirido más unidades de algunos componentes como contingencia. Las filas de color blanco, son los componentes proporcionados por nosotros y los de color plomo son los que se compraron.

Tabla N° 42: Costos de los componentes

Nombre del Componente	Descripción	Uso	Proveedor	Unidad	Costo/Unid.	Precio
PIC-18F4550	Microcontrolador PIC de gama alta	Elemento encargado de gobernar el resto de módulos	HI FI	3	S/ 45.00	S/ 135.00
Raspberry Pi	3B+	Módulo de procesamiento principal	HI FI	1	S/ 170.00	S/ 170.00
HX711	Driver para captura del peso	Procesador de señal para una celda de carga	HI FI	4	S/ 8.00	S/ 32.00
Adaptador Convertidor Serial	USB 2.0 a TTL RS485	Conectar las dos celdas de carga	HI FI	1	S/ 35.00	S/ 35.00
Módulo conversor	TTL a RS - 485	Conectar el Raspberry a cada placa	HI FI	4	S/ 7.00	S/ 28.00
Motor reductor 12 - 24v	Mecanismos para controlar la velocidad	Uso para el movimiento del tornillo sin fin	Paruro	5	S/ 25.00	S/ 125.00
Módulo HLK-PM01	Convertor de AC /DC	Convertidor de alimentación de 220v a 5v	HI FI	3	S/ 45.00	S/ 135.00

Nombre del Componente	Descripción	Uso	Proveedor	Unidad	Costo/Unid.	Precio
Módulo regleta de Relays	8 Relays de 12v	Controlar los motorreductores	Paruro	1	S/ 55.00	S/. 55.00
Cristal de 4M Hz	Cristal de cuarzo en un montaje electrónico	Para estabilidad de la frecuencia y ruido	HI FI	2	S/ 1.00	S/. 2.00
Celda de carga	0 - 40 kg	Dispositivo de lectura de fuerza	SUMINCO S.A.	1	S/ 30.00	S/. 30.00
Celda de carga	0 - 500 kg	Dispositivo de lectura de fuerza	SUMINCO S.A.	1	S/ 520.00	S/. 520.00
Fuente switching	Fuente de 24v – 5A	Alimentación para el sistema	Mundo LED	1	S/ 36.00	S/ 36.00
Fuente switching	Fuente de 5v – 6A	Alimentación para el sistema	Mundo LED	1	S/ 20.00	S/ 20.00
Rollo de luces Leds 24v	Leds de iluminación	Iluminación para la cámara web	Mundo LED	1	S/ 30.00	S/ 30.00
Sócate de 4 enchufes	conexión	Componente para alimentar con 220v	Paruro	1	S/ 12.00	S/ 12.00
Borneras divisibles 10a	conexiones	Componente para uso de las conexiones	Paruro	1	S/ 3.00	S/ 3.00
Cable apantallado	2 metros de cable de dos hilos	Conexiones	Paruro	2	S/ 5.00	S/ 10.00
Caja acrílica negra	Medidas: 34 x 25 x 15	Caja protectora del primaria	Publicidad K&R	1	S/ 30.00	S/ 30.00
Cajas acrílicas transparentes	Medidas: 13 x 13 x 5	Caja protectora secundaria	Publicidad K&R	2	S/ 45.00	S/ 90.00

Nombre del Componente	Descripción	Uso	Proveedor	Unidad	Costo/ Unid.	Precio
Placas PBC	Circuito impreso	Eliminación de ruido originado por cables y el protoboard	Jobareci	2	S/ 30.00	S/ 60.00
Borneras de 2 pines	Conexiones de componentes	Conexión de la celda de carga	Paruro	4	S/ 1.00	S/ 4.00
Borneras de 6 pines	Conexiones de componentes	Conexión de la celda de carga	Paruro	2	S/ 2.00	S/ 4.00
Enchufe	15A 125V L/T PVC	Conexión a 220v	Paruro	2	S/ 8.00	S/ 16.00
Base, clavija de alimentación hembra	Tripolar panel 10a	Conector a la caja acrílica negra	Paruro	2	S/ 2.00	S/ 4.00
Cable tipo #16	Cable de 3 hilos con recubrimiento a tierra	Conexiones	Paruro	5	S/ 2.00	S/ 10.00
Cable HDMI	2 metros de largo	Conector de la pantalla Táctil	HI FI	1	S/ 20.00	S/ 20.00
Pantalla LCD táctil 7"	1024 x 600	Visualizar la interfaz gráfica	Amazon	1	S/ 300.00	S/ 300.00
Estructura de las tolvas	Base de acero de	Base de las	Estructuras Metálicas Jhon	1	S/ 250.00	S/ 250.00
Tornillos sin fin	Tornillo helicoidal de forma de tirabuzón	Empleado para el transporte del alimento	Tornero	5	S/ 1500.00	S/ 1500.00
Estructura de la balanza	Soporte de la estructura	Alojamiento de la celda de carga de 500 kg	Estructuras Metálicas Jhon	1	S/ 650.00	S/ 350.00
Estructura del comedero	Estructura para la	Base para el pesaje de la	Estructuras	1	S/ 300.00	S/ 300.00

Nombre del Componente	Descripción	Uso	Proveedor	Unidad	Costo/Unid.	Precio
	recepción del alimento	comida	Metálicas Jhon			
Cámara web LOGITECH	Modelo C920	Para la identificación de los colores	Amazon	1	S/ 300.00	S/ 300.00
Multímetro	Marca Sanelec	Medir voltaje y continuidad	Propio	1	S/ 65.00	S/ 65.00
Cautín	30W	Para soldar los componente a la placa	Paruro	1	S/ 25.00	S/ 25.00
Estaño	Pasta para soldadura	Para la soldar los componentes al PBC	Paruro	1	S/ 4.00	S/ 4.00
SD Card	Memoria Sandisk (32 GB)	Almacenamiento del algoritmo y de los datos guardados	Paruro	2	S/ 28.00	S/ 56.00
Rodajes	Elemento rotativo	Centrar el eje del tornillo sin fin	Paruro	5	S/ 13.00	S/ 65.00
Cable de poder	Conector de 220v	Para conectar las placas	Paruro	3	S/ 8.00	S/ 24.00
Pickit 3	Programador del microcontrolador	Para programar el PIC 18F4550	HI FI	1	S/ 96.00	S/ 96.00
Costo Total						S/ 4,951.00
Disminuye el costo total por los componentes que fueron proporcionados por nosotros						
Costo Total (S/ 4,951.00) – Componentes Proporcionados (S/ 609.00)						S/ 4,342.00

Elaboración: los autores

❖ **Costo Total del Diseño**

En la Tabla N° 43 se aprecia el costo total del diseño, mostrando solo los componentes utilizados en el mismo.

Tabla N° 43: Costos e inversión total del producto final investigación

Nombre del Componente	Descripción	Uso	Proveedor	Unidad	Costo/Unid.	Precio
PIC-18F4550	Microcontrolador PIC de gama alta	Elemento encargado de gobernar el resto de módulos	HI FI	2	S/ 45.00	S/ 90.00
<i>Raspberry Pi</i>	3B+	Módulo de procesamiento principal	HI FI	1	S/ 170.00	S/ 170.00
HX711	Driver para captura del peso	Procesador de señal para una celda de carga	HI FI	2	S/ 8.00	S/ 16.00
Adaptador Convertidor Serial	USB 2.0 a TTL RS485	Conectar las dos celdas de carga	HI FI	1	S/ 35.00	S/ 35.00
Módulo conversor	TTL a RS - 485	Conectar el <i>Raspberry</i> a cada placa	HI FI	2	S/ 7.00	S/ 14.00
Motor reductor 12 - 24v	Mecanismos para controlar la velocidad	Uso para el movimiento del tornillo sin fin	Paruro	5	S/ 25.00	S/ 125.00
Módulo HLK-PM01	Convertor de AC /DC	Convertidor de alimentación de 220v a 5v	HI FI	2	S/ 45.00	S/ 90.00
Módulo regleta de <i>Relays</i>	8 Relays de 12v	Controlar los motor reductores	Paruro	1	S/ 55.00	S/. 55.00
Cristal de 4M Hz	Cristal de cuarzo en un montaje electrónico	Para estabilidad de la frecuencia y ruido	HI FI	2	S/ 1.00	S/. 2.00

Nombre del Componente	Descripción	Uso	Proveedor	Unidad	Costo/Unid.	Precio
Celda de carga	0 - 40 kg	Dispositivo de lectura de fuerza	SUMINCO S.A.	1	S/ 30.00	S/. 30.00
Celda de carga	0 - 500 kg	Dispositivo de lectura de fuerza	SUMINCO S.A.	1	S/ 520.00	S/. 520.00
Fuente switching	Fuente de 24v – 5A	Alimentación para el sistema	Mundo LED	1	S/ 36.00	S/ 36.00
Fuente switching	Fuente de 5v – 6A	Alimentación para el sistema	Mundo LED	1	S/ 20.00	S/ 20.00
Rollo de luces Leds 24v	Leds de iluminación	Iluminación para la cámara web	Mundo LED	1	S/ 30.00	S/ 30.00
Sócate de 4 enchufes	conexiones	Componente para alimentar con 220v	Paruro	1	S/ 12.00	S/ 12.00
Borneras divisibles 10a	conexiones	Componente para uso de las conexiones	Paruro	1	S/ 3.00	S/ 3.00
Cable apantallado	2 metros de cable de dos hilos	Conexiones	Paruro	1	S/ 5.00	S/ 5.00
Caja acrílica negra	Medidas: 34 x 25 x 15	Caja protectora del primaria	Publicidad K&R	1	S/ 30.00	S/ 30.00
Cajas acrílicas transparentes	Medidas: 13 x 13 x 5	Caja protectora secundaria	Publicidad K&R	2	S/ 45.00	S/ 90.00
Placas PBC	Circuito impreso	Eliminación de ruido originado por cables y el <i>protoboard</i>	Jobareci	2	S/ 30.00	S/ 60.00
Borneras de 2 pines	Conexiones de componentes	Conexión de la celda de carga	Paruro	4	S/ 1.00	S/ 4.00

Nombre del Componente	Descripción	Uso	Proveedor	Unidad	Costo/Unid.	Precio
Borneras de 6 pines	Conexiones de componentes	Conexión de la celda de carga	Paruro	2	S/ 2.00	S/ 4.00
Enchufe	15A 125V L/T PVC	Conexión a 220v	Paruro	1	S/ 8.00	S/ 8.00
Base, clavija de alimentación hembra	Tripolar panel 10a	Conector a la caja acrílica negra	Paruro	2	S/ 2.00	S/ 4.00
Cable tipo #16	Cable de 3 hilos con recubrimiento a tierra	Conexiones	Paruro	1	S/ 2.00	S/ 2.00
Cable HDMI	2 metros de largo	Conector de la pantalla Táctil	HI FI	1	S/ 20.00	S/ 20.00
Pantalla LCD táctil 7"	1024 x 600	Visualizar la interfaz gráfica	Amazon	1	S/ 300.00	S/ 300.00
Estructura de las tolvas	Base de acero de	Base de las	Estructuras Metálicas Jhon	1	S/ 250.00	S/ 250.00
Tornillos sin fin	Tornillo helicoidal de forma de tirabuzón	Empleado para el transporte del alimento	Tornero	5	S/ 1500.00	S/ 1500.00
Estructura de la balanza	Soporte de la estructura	Alojamiento de la celda de carga de 500 kg	Estructuras Metálicas Jhon	1	S/ 350.00	S/ 350.00
Estructura del comedero	Estructura para la recepción del alimento	Base para el pesaje de la comida	Estructuras Metálicas Jhon	1	S/ 300.00	S/ 300.00
Cámara web LOGITECH	Modelo C920	Para la identificación de los colores	Amazon	1	S/ 300.00	S/ 300.00
SD Card	Memoria Sandisk (32 GB)	Almacenamiento del algoritmo y	Paruro	1	S/ 28.00	S/ 28.00

Nombre del Componente	Descripción	Uso	Proveedor	Unidad	Costo/Unid.	Precio
		de los datos guardados				
Rodajes	Elemento rotativo	Centrar el eje del tornillo sin fin	Paruro	5	S/ 13.00	S/ 65.00
Cable de poder	Conector de 220v	Para conectar las placas	Paruro	3	S/ 8.00	S/ 24.00
Pickit 3	Programador del microcontrolador	Para programar el PIC 18F4550	HI FI	1	S/ 96.00	S/ 96.00
Costo Total						S/ 4,688.00

Elaboración: los autores

CONCLUSIONES

1. El voltaje de alimentación de todos los componentes electrónicos (microcontrolador, amplificador, celda de carga) debe ser constante, de otra manera provocará cambios en la medición de los resultados.
2. La celda de carga debe estar debidamente fijada a la base de la estructura, debido a que la mínima flexión de esta podría ocasionar una lectura de datos errados.
3. El plato y las tuercas sobre la celda de carga representan “el peso muerto” del sistema y estos son eliminados desde el algoritmo usando la escala adecuada.
4. La frecuencia de oscilación que proporciona el cristal externo al microcontrolador PIC18F4550 debe ser previamente calculada para determinar el tiempo de instrucción por ciclo para la correcta ejecución del algoritmo.
5. Si no se ha considerado en la celda de carga las posiciones de e+, e- (excitaciones), y las variaciones de voltajes (a+ y a-) el sistema se suspende.
6. Se validó el diseño de la estructura con la correcta identificación y dosificación para las cuales fueron sometidas las cuatro etapas del cerdo joven y de la marrana gestante.
7. Se estableció una clasificación empleando PDI, validando los seis colores utilizados (debe haber una correcta iluminación en el área donde está ubicada la estructura).

RECOMENDACIONES

1. Emplear una estructura firme para evitar fallos de lectura, ya sea en la balanza de pesaje del animal o la balanza de pesaje de la comida.
2. Usar en futuras implementaciones una celda de carga industrial para la balanza del comedero, porque posee mayor durabilidad al ambiente y a grandes pesos, si se pesa una mayor cantidad de comida.
3. Usar más colores profundos para el sistema de identificación por colores y ver el alcance que tienen para una mayor precisión al momento de la clasificación de cada cerdo joven y de las marranas gestantes.
4. Tener un procesador como el *Raspberry pi 3B+*, ya que tiene mejor sincronización con varios dispositivos electrónicos y con el lenguaje *Python*, por lo cual hacen que la sincronización sea perfecta durante las pruebas directas e indirectas que vendrían a ser en el campo.

GLOSARIO

Agalaxia. - La agalaxia contagiosa suele presentar una alta difusión dentro del rebaño afectado, manteniéndose una elevada cantidad de animales portadores una vez los signos clínicos de la enfermedad han desaparecido.

Balanza. - Es un instrumento que sirve para medir la masa de los objetos.

Comedero. - Un comedero es un recipiente en donde se vierte la comida para los animales de cría o domésticos. Los comederos suelen consistir en cuencos de metal, madera o plástico.

Elasticidad. - Propiedad de un cuerpo sólido para recuperar su forma cuando cesa la fuerza que la altera.

HTML. - *HyperText Markup Language*, es decir, Lenguaje de Marcas de Hipertexto. Es un lenguaje de marcado que se utiliza para el desarrollo de páginas de Internet.

IEEE. - Las siglas en inglés "*Institute of Electrical and Electronics Engineers*", significa "El Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica" es una asociación mundial de ingenieros dedicada a la normalización y el desarrollo en áreas técnicas.

Mastitis. - La mastitis es una inflamación del tejido mamario.

Marrana. - Hembra del cerdo.

Monocroma. - Que es de un solo color.

Metritis. - La metritis es una inflamación del útero normalmente debido a una infección microbiana que se produce durante los 21 días posteriores al parto.

OpenCV. - Es una biblioteca libre de visión artificial originalmente desarrollada por Intel.

PDI. - Procesamiento digital de imágenes

Porqueriza. - Establo para criar de cerdos.

Pixel. - Un **píxel** o **pixel**, plurales píxeles (acrónimo del inglés picture element,

'elemento de imagen'), es la menor unidad homogénea en color que forma parte de una imagen digital

Primípara. - Mujer o hembra que pare por primera vez.

PHP. - Acrónimo recursivo en inglés de **PHP**: *Hypertext Preprocessor* (preprocesador de hipertexto), es un lenguaje de programación.

Pienso. - Alimento seco que se les da a los cerdos jóvenes y a las marranas gestantes.

Policroma. - Que es de varios colores.

PCB. - En electrónica, una “placa de circuito impreso” (del inglés: *Printed Circuit Board*, PCB), es una superficie constituida por caminos, pistas o buses de material conductor laminadas sobre una base no conductora.

UART. - Son las siglas en inglés de *Universal Asynchronous Receiver-Transmitter*, en español: Transmisor-Receptor Asíncrono Universal, es el dispositivo que controla los puertos y dispositivos serie.

UNALM. - Universidad Nacional Agraria La Molina.

Wheatstone. - Sir Charles Wheatstone fue un científico e inventor británico, que destacó durante la época victoriana, incluyendo el estereoscopio, la técnica Playfair de codificación, y el caleidófono.

FUENTES DE INFORMACIÓN

BIBLIOGRÁFICAS

Bolton, W. (2013). *Mecatrónica: Sistemas de control electrónico en la ingeniería mecánica y eléctrica un enfoque multidisciplinario*. 5º ed. México: Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V.

Datasheet del microcontrolador PIC18F2455/2550/4455/4550. (s.f.). Extraído el 12 de Abril de 2019 desde

<https://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/39632c.pdf>

Esquer Aceves. G. (2013). *Determinación De La Sensibilidad Y Efectos De Agentes Externos En Galgas Extensométricas*. (Tesis para obtener el Grado de Maestro en Ciencias en Ingeniería Mecánica, Escuela Superior de Ingeniería y Eléctrica). Recuperado de

<https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/17813/1/Determinacion%20de%20la%20sensibilidad%20y%20efectos%20de%20agentes%20externos%20en%20galgas%20extensometricas.pdf>

García Santillán E. (2008). *Detección y clasificación de objetos dentro de un salón de clases empleando técnicas de procesamiento digital de imágenes*. (Tesis maestría, Universidad Autónoma Metropolitana, México D. F.). Recuperado de <https://docplayer.es/12217475-Deteccion-y-clasificacion-de-objetos-dentro-de-un-salon-de-clases-empleando-tecnicas-de-procesamiento-digital-de-imagenes.html>

González Pérez C. (2016). *Detección y seguimiento de objetos por colores en una plataforma Raspberry Pi*. (Tesis de grado, Universidad Politécnica de Madrid). Recuperado de <http://oa.upm.es/43161/>

Liu T., Teng G. & Fu W. (2011) “*Investigación y desarrollo de la estimación del peso del cerdo Sistema basado en el procesamiento de imagen*”. [International Conference on Electronics, Communications and Control \(ICECC\), 2-3. DOI: 10.1109/ICECC.2011.6066503](#)

Males Hinojosa, D. (2017). *Diseño de dispensador automático de alimentos para animales*. (Tesis de grado, Universidad Tecnológica Equinoccial de Ecuador). Recuperado de: <http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/10893/9148/1/CB-0527751.pdf>

Mercado, C; Cisneros, J. & Romero, V. (2006). *Báscula Electrónica Controlada con PIC 16F873*. (Tesis de grado, Universidad Autónoma de Zacatecas, México). Recuperado de: <https://studylib.es/doc/7764996/bascula-electr%C3%B3nica-controlada-con-pic16f873--inicio>

Navarrete Andino J. & Viteri Aguilar L. (2011). *Construcción de un sistema dosificador por diferencia de pesos para materiales sólidos homogéneos*. (Tesis de grado, Escuela Politécnica Nacional de Ecuador). Recuperado de: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/4041>

Suarez Aguirre, D. & Manrique Pérez, D. (2016). *Integración de un sistema dosificador de alimento para ganado bovino*. (Tesis de grado, Universidad Tecnológica de Pereira de Colombia). Recuperado de <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/6950/621815S939.pdf?sequence=1>

Zapa Valencia, J. & Gil Agudelo, D. (2017). *Diseño e implementación de un prototipo de dispensador automático de comida para animales basado en Raspberry pi controlado mediante una aplicación móvil*. (Tesis de grado,

Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia). Recuperado de <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/8054/6817664Z35.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

HEMEROGRÁFICAS

Barba Guamán L., Calderón Córdova C. y Quezada Sarmiento P. (2017). “*Detección de objetos en movimiento a través de la umbralización del color*”. (Paper, Universidad Técnica Particular de Loja, Ecuador). Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/316585712_Deteccion_de_objetos_en_movimiento_a_traves_de_la_umbralizacion_del_color

Delgado Gutiérrez M., Herrera Guillén D. & Medina Barragán L. (2017). Implementación de un sistema de procesamiento de imágenes integrado con Raspberry PI 2B para reconocimiento y recolección de fresas maduras. *Revista Politécnica*, 13(25), pp. 75-85. Recuperado de: <http://revistas.elpoli.edu.co/index.php/pol/article/view/1146/947>

Delgado Gutiérrez M., Herrera Guillén D. & Medina Barragán L. (2017). Implementación de un sistema de procesamiento de imágenes integrado con Raspberry PI 2B para reconocimiento y recolección de fresas maduras. *Revista Politécnica ISSN 1900-2351 (Impreso), ISSN 2256-5353 (En línea)*, 13(25). Recuperado de <https://pdfs.semanticscholar.org/9d90/26ca882088b6cd8d97aa6bd1d772a2aa574f.pdf>

González R. y Woods R. (2002). *Digital Imagen Processing (Second Edition)*. Estados Unidos: Prentice Hall Upper Saddle River, New Jersey 07458

La Serna Palomino N. & Román Concha U. (2009). Técnicas de Segmentación en Procesamiento Digital de Imágenes. *Revista de Ingeniería de Sistemas e Informática*, 6 (2), pp.11-15. Recuperado de http://sisbib.unmsm.edu.pe/BibVirtual/Publicaciones/risi/2009_n2/v6n2/a02v6n2.pdf

Paredes Guerra, A. (30 agosto, 2017). Diseño mecánico de transportadores de tornillo sin fin (Tópicos de manufactura) [Mensaje en un blog].

Recuperado de: <http://mecanotecnia.blogspot.com/2017/08/diseño-mecanico-de-transportadores-de.html>

Paulino. J (07 octubre, 2006). Alimentación de la Cerda Gestante. Recuperado de <https://www.engormix.com/porcicultura/articulos/alimentacion-cerda-gestante-t26631.htm>

Pineda W. (2014). Benchmark LATAM. *Análisis de la industria porcina Latinoamérica*, 13, pp. 28. Recuperado de http://www.piclatam.com/news/galeria/upload/documentos/tQEYFq_Benchmark%20Latam,%20Febrero%202015.pdf

Pineda W. (2014). Benchmark LATAM. *Análisis de la industria porcina Latinoamérica*, 13, pp. 29. Recuperado de: http://www.piclatam.com/news/galeria/upload/documentos/tQEYFq_Benchmark%20Latam,%20Febrero%202015.pdf

Pineda W. (2014). Benchmark LATAM. *Análisis de la industria porcina Latinoamérica*, 13, pp. 32-33. Recuperado de: http://www.piclatam.com/news/galeria/upload/documentos/tQEYFq_Benchmark%20Latam,%20Febrero%202015.pdf

Pineda W. (2014). Benchmark LATAM. *Análisis de la industria porcina Latinoamérica*, 13, pp. 28, 29, 32,33. . Recuperado de: http://www.piclatam.com/news/galeria/upload/documentos/tQEYFq_Benchmark%20Latam,%20Febrero%202015.pdf

Rosales, S. (21 de mayo, 2019). Producción peruana de cerdo crecería 5% y sustituiría importaciones ante peste en China. *Diario Gestión*. Recuperado de: <https://gestion.pe/economia/produccion-peruana-carne-cerdo-creceria-sustituiria-importaciones-pestes-porcina-china-267505>

Tito G., Padilla W., Pesántez G. Pozo F. (2017). Dispensador automático de alimento para mascotas. *FIGEMPA: Investigación y Desarrollo*. 1(2).

Recuperado de:

<http://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/RevFIG/article/view/75>

ELECTRÓNICAS

[1] Campabadal C. (2009). Guía técnica para alimentación de cerdos, MAG – Gobierno de Costa Rica, Recuperado de <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/L02-7847.PDF>

[2] Ciscar Martínez, V. Trabajo de instrumentación industrial, Galgas extensiométricas, pág. 10–11. Recuperado de https://www.academia.edu/33072046/Galgas_extensiom%C3%A9tricas

[3] Estación de alimentación Delaval: <https://www.delaval.com/es-es/>

[4] Estación de alimentación Nedap: <https://porcino-26ex1sw6hijbg4oa.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/2018/12/Estacion-alimentacion-cerda.pdf>

[5] Estación de alimentación Bigdutchman: <https://www.bigdutchman.es/es/manejo-de-cerdos/noticias/fotografias/manejo-de-cerdas/#media-gallery-811-10>

[6] Estación de alimentación Bigdutchman: <https://www.bigdutchman.es/es/manejo-de-cerdos/noticias/fotografias/manejo-de-cerdas/#media-gallery-811-6>

[7] Estación de alimentación Eurogan: <http://www.interempresas.net/Ganadero/Articulos/48898-estacion-alimentacion-automatica-para-cerdas-gestantes-alojadas-grupo-novedad-Eurogan.html>

[8] Estación de alimentación por gravedad para mascotas:

<https://www.amazon.es/Mmnas-Dispensador-autom%C3%A1tico-dispensador-autodispensador/dp/B07MQVDPZ4>

[9] Estación de alimentador electrónico para mascotas:

<https://animalplanetmascotas.com/tienda/Alimentador-Electronico>

[10] Guillermo Kemper, V. (2017). Procesamiento Digital de Imágenes (PDI). pág. 1–12. Recuperado de diapositivas de clase. Universidad de San Martín de Porres (USMP) – Facultad de Ingeniería y Arquitectura – Facultad de Ingeniería Electrónica.

[11] Industrias Metálicas Govi es una página de parideras y jaulas de gestación: <https://www.govi.es/equipamientos-ganaderos/jaulas-de-maternidad/paridera-001-balance-n8/>

[12] José Ramón Mejía V. (2004). Procesamiento digital de imágenes – Área de Computación e Informática, pág. 1–12. Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP) - Facultad de Ingeniería - México Recuperado de http://read.pudn.com/downloads159/ebook/711796/Procesamiento_Digital_de_Imagenes.pdf

[13] Load Cell and Weigh Module Handbook. Extraído el 28 de Marzo de 2019 desde <https://www.ricelake.com/en-us/resources/catalogs>

[14] Naylamp Mechatronics es un excelente sitio web para ver y comprar dispositivos electrónicos: <https://naylampmechatronics.com/drivers/31-modulo-relay-2-canales-5vdc.html>

[15] Módulo HX711 Transmisor de celda de carga. (s.f.). Extraído el 02 de Abril de 2019 desde https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/ForceFlex/hx711_english.pdf

[16] Peig ganadera es una página para ver estructuras de jaulas de maternidad para cerdas: <https://peigganadera.com/equipamiento-ganadero/jaula-maternidad-cerdas/>

[17] Porcino es una buena página web para ver información sobre los porcinos: <https://porcino.info/productos/estacion-de-alimentacion-de-cerdas-nedap-agrogi/>

[18] SPC es una página de sistemas de pesaje y control industriales: <https://www.ispc.com.mx/articulos/celdas-de-carga>

[19] Suminco es un excelente sitio web para ver los tipos de balanzas y sus categorías: <http://suminco-peru.com/balanzas-de-plataforma/#>

[20] Salas Arriarán, S. (2015). *Todo sobre sistemas embebidos. Arquitectura, programación y diseño de aplicaciones prácticas con el PIC18F*. Lima. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.

ANEXOS

Anexo N° 1: Datasheet del microcontrolador PIC18F4550

Anexo N° 2: Datasheet del módulo HX711

Anexo N° 3: Ingreso de bienes a la UNALM – Demostración del diseño

ANEXOS

[1] Datasheet del microcontrolador PIC18F4550



MICROCHIP PIC18F2455/2550/4455/4550

28/40/44-Pin High-Performance, Enhanced Flash USB Microcontrollers with nanoWatt Technology

Universal Serial Bus Features:

- USB V2.0 Compliant SIE
- Low-speed (1.5 Mb/s) and full-speed (12 Mb/s)
- Supports control, interrupt, isochronous and bulk transfers
- Supports up to 32 endpoints (16 bidirectional)
- 1-Kbyte dual access RAM for USB
- On-board USB transceiver with on-chip voltage regulator
- Interface for off-chip USB transceiver
- Streaming Parallel Port (SPP) for USB streaming transfers (40/44-pin devices only)

Power Managed Modes:

- Run: CPU on, peripherals on
- Idle: CPU off, peripherals on
- Sleep: CPU off, peripherals off
- Idle mode currents down to 5.8 μ A typical
- Sleep current down to 0.1 μ A typical
- Timer1 oscillator: 1.1 μ A typical, 32 kHz, 2V
- Watchdog Timer: 2.1 μ A typical
- Two-Speed Oscillator Start-up

Flexible Oscillator Structure:

- Five Crystal modes, including High-Precision PLL for USB
- Two External RC modes, up to 4 MHz
- Two External Clock modes, up to 40 MHz
- Internal oscillator block:
 - 8 user selectable frequencies, from 31 kHz to 8 MHz
 - User tunable to compensate for frequency drift
- Secondary oscillator using Timer1 @ 32 kHz
- Fail-Safe Clock Monitor
 - Allows for safe shutdown if any clock stops

Peripheral Highlights:

- High current sink/source: 25 mA/25 mA
- Three external interrupts
- Four Timer modules (Timer0 to Timer3)
- Up to 2 Capture/Compare/PWM (CCP) modules:
 - Capture is 16-bit, max. resolution 6.25 ns (Tcy/16)
 - Compare is 16-bit, max. resolution 100 ns (Tcy)
 - PWM output: PWM resolution is 1 to 10-bit
- Enhanced Capture/Compare/PWM (ECCP) module:
 - Multiple output modes
 - Selectable polarity
 - Programmable dead-time
 - Auto-Shutdown and Auto-Restart
- Addressable USART module:
 - LIN bus support
- Master Synchronous Serial Port (MSSP) module supporting 3-wire SPI™ (all 4 modes) and I²C™ Master and Slave modes
- 10-bit, up to 13-channels Analog-to-Digital Converter module (A/D) with programmable acquisition time
- Dual analog comparators with input multiplexing

Special Microcontroller Features:

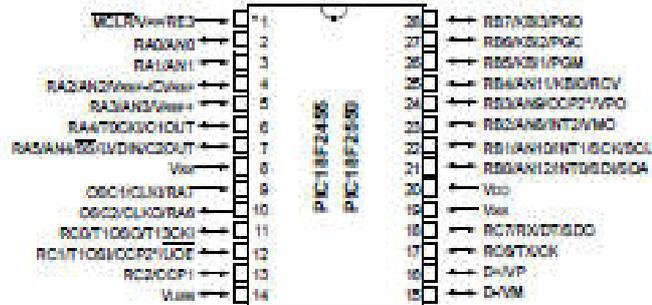
- C compiler optimized architecture with optional extended instruction set
- 100,000 erase/write cycle Enhanced Flash program memory typical
- 1,000,000 erase/write cycle data EEPROM memory typical
- Flash/data EEPROM retention: > 40 years
- Self-programmable under software control
- Priority levels for interrupts
- 8 x 8 Single Cycle Hardware Multiplier
- Extended Watchdog Timer (WDT):
 - Programmable period from 41 ms to 131s
- Programmable Code Protection
- Single-supply 5V In-Circuit Serial Programming™ (ICSP™) via two pins
- In-Circuit Debug (ICD) via two pins
- Wide operating voltage range (2.0V to 5.5V)

Device	Program Memory		Data Memory		I/O	10-bit A/D (ch)	CCP/ ECCP (PWM)	SPP	MSSP		EA/USART	Comparators	Timers 8/16-bit
	FLASH (bytes)	# Single-Word Instructions	SRAM (bytes)	EEPROM (bytes)					SPI	Master I ² C			
PIC18F2455	24K	12288	2048	256	24	10	2/0	No	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F2550	32K	16384	2048	256	24	10	2/0	No	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F4455	24K	12288	2048	256	35	13	1/1	Yes	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F4550	32K	16384	2048	256	35	13	1/1	Yes	Y	Y	1	2	1/3

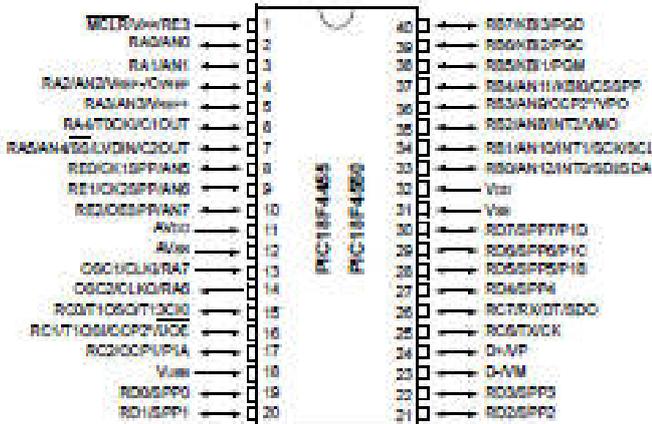
PIC18F2455/2550/4455/4550

Pin Diagrams

28-Pin SDIP, SOIC



40-Pin PDIP



Note: Pinouts are subject to change.

* Assignment of this feature is dependent on device configuration.

24-Bit Analog-to-Digital Converter (ADC) for Weigh Scales

DESCRIPTION

Based on Avia Semiconductor's patented technology, HX711 is a precision 24-bit analog-to-digital converter (ADC) designed for weigh scales and industrial control applications to interface directly with a bridge sensor.

The input multiplexer selects either Channel A or B differential input to the low-noise programmable gain amplifier (PGA). Channel A can be programmed with a gain of 128 or 64, corresponding to a full-scale differential input voltage of $\pm 20\text{mV}$ or $\pm 40\text{mV}$ respectively, when a 5V supply is connected to AVDD analog power supply pin. Channel B has a fixed gain of 32. On-chip power supply regulator eliminates the need for an external supply regulator to provide analog power for the ADC and the sensor. Clock input is flexible. It can be from an external clock source, a crystal, or the on-chip oscillator that does not require any external component. On-chip power-on-reset circuitry simplifies digital interface initialization.

There is no programming needed for the internal registers. All controls to the HX711 are through the pins.

FEATURES

- Two selectable differential input channels
- On-chip active low noise PGA with selectable gain of 32, 64 and 128
- On-chip power supply regulator for load-cell and ADC analog power supply
- On-chip oscillator requiring no external component with optional external crystal
- On-chip power-on-reset
- Simple digital control and serial interface: pin-driven controls, no programming needed
- Selectable 10SPS or 80SPS output data rate
- Simultaneous 50 and 60Hz supply rejection
- Current consumption including on-chip analog power supply regulator:
 - normal operation < 1.5mA, power down < 1uA
- Operation supply voltage range: 2.6 ~ 5.5V
- Operation temperature range: -40 ~ +85°C
- 16 pin SOP-16 package

APPLICATIONS

- Weigh Scales
- Industrial Process Control

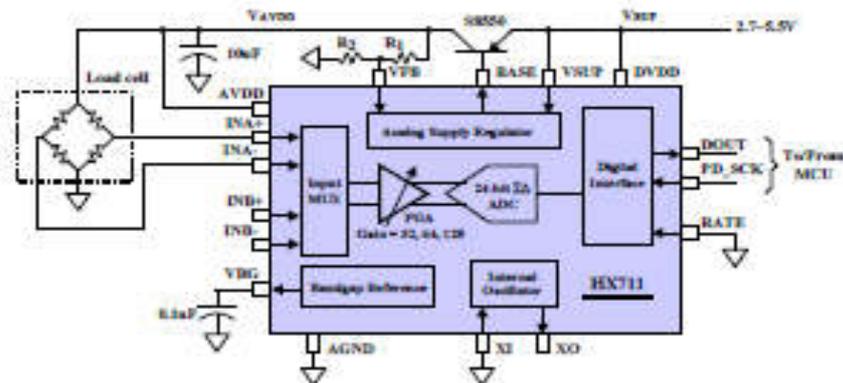
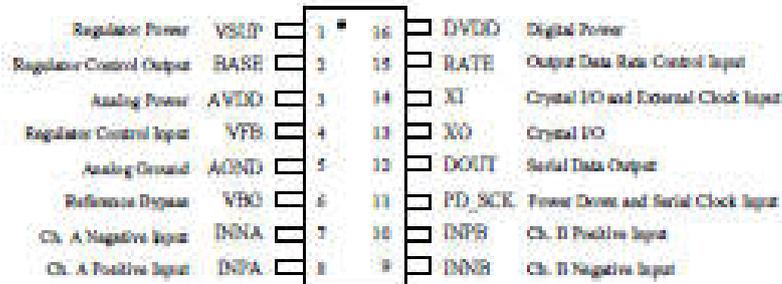


Fig. 1 Typical weigh scale application block diagram

Pin Description


SOP-16L Package

Pin #	Name	Function	Description
1	VSUP	Power	Regulator supply: 2.7 ~ 5.5V
2	BASE	Analog Output	Regulator control output (NC when not used)
3	AVDD	Power	Analog supply: 2.6 ~ 5.5V
4	VFB	Analog Input	Regulator control input (connect to AGND when not used)
5	AGND	Ground	Analog Ground
6	VBG	Analog Output	Reference bypass output
7	INA-	Analog Input	Channel A negative input
8	INA+	Analog Input	Channel A positive input
9	INB-	Analog Input	Channel B negative input
10	INB+	Analog Input	Channel B positive input
11	PD_SCK	Digital Input	Power down control (high active) and serial clock input
12	DOUT	Digital Output	Serial data output
13	XO	Digital I/O	Crystal I/O (NC when not used)
14	XI	Digital Input	Crystal I/O or external clock input, 0: use on-chip oscillator
15	RATE	Digital Input	Output data rate control, 0: 10Hz, 1: 80Hz
16	DVDD	Power	Digital supply: 2.6 ~ 5.5V

Table 1 Pin Description

KEY ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Parameter	Notes	MIN	TYP	MAX	UNIT
Full scale differential input range	$V(\text{inp})-V(\text{inm})$	$\pm 0.5(\text{AVDD}/\text{GAIN})$			V
Common mode input		AGND+1.2		AVDD-1.3	V
Output data rate	Internal Oscillator, RATE = 0		10		Hz
	Internal Oscillator, RATE = DVDD		80		
	Crystal or external clock, RATE = 0		$f_{\text{clk}}/1,105,920$		
	Crystal or external clock, RATE = DVDD		$f_{\text{clk}}/138,240$		
Output data coding	2's complement	800000		7FFFFFFF	HEX
Output settling time ⁽¹⁾	RATE = 0		400		ms
	RATE = DVDD		50		
Input offset drift	Gain = 128		0.2		mV
	Gain = 64		0.4		
Input noise	Gain = 128, RATE = 0		50		nV(rms)
	Gain = 128, RATE = DVDD		90		
Temperature drift	Input offset (Gain = 128)		± 6		$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
	Gain (Gain = 128)		± 5		$\mu\text{mV}/^\circ\text{C}$
Input common mode rejection	Gain = 128, RATE = 0		100		dB
Power supply rejection	Gain = 128, RATE = 0		100		dB
Reference bypass (V_{ref})			1.25		V
Crystal or external clock frequency		1	11.0592	20	MHz
Power supply voltage	DVDD	2.6		5.5	V
	AVDD, VSUP	2.6		5.5	
Analog supply current (including regulator)	Normal		1400		μA
	Power down		0.3		
Digital supply current	Normal		100		μA
	Power down		0.2		

(1) Settling time refers to the time from power up, reset, input channel change and gain change to valid stable output data.

Table 2 Key Electrical Characteristics

[3] Ingreso de bienes a la UNALM – Demostración del diseño

INGRESO DE BIENES A LA UNALM PROPIEDAD DE TERCEROS
 FORMATO N° 3

No.: _____

A) PROCEDENCIA:

FDA:
 CONVENIO:
 PROYECTO:
 PROPIETARIO:
 OTROS:

DURACION: _____
 DURACION: _____
 DURACION: _____
 DNI: _____
 CONDICION: _____

CIP:
 D/I:

* C.I.P.: Comprobante de Pago
 * D.I.J.: Declaración Jurada

PROGRAMA DE INVESTIGACION EN CIENCIAS
 UNALM

LOCAL: _____
 AREA: _____
 OFICINA: _____
 RESPONSABLE DEL BIEN: _____
 AUTORIZADOR/JEFE DE AREA: _____
 FECHA DE INGRESO: 21/06/19

Equipo usado para la investigación práctica

FIRMA: _____
 FIRMA: _____
 FIRMA: _____

B) DECLARACION JURADA:

Yo, _____, identificado con DNI N° _____, declaro bajo juramento que el(los) bien(es) detallado(s) son el(los) mismo(s) que no cuenta(n) con el(los) comprobante(s) respectivo(s), siendo el CUIDADO Y PERMANENCIA del USUARIO RESPONSABLE.

ITEM	CODIGO DEL BIEN	DENOMINACION DEL BIEN	MARCA	MODELO	SERIE	COLOR	FACTURA	No. BOLETA DE VENTA	No. GUIA DE REMISION	PROVEEDOR
	9/c	Jaula para investigación de laboratorio	S/m	S/m	S/S	plomo	9/c			

VºBº VIGILANCIA
 VºBº JEFE DE OFICINA ADMINISTRATIVA DE SERVICIOS GENERALES
 VºBº DIVISION DE CONTROL DE BIENES PATRIMONIALES

Fecha: _____
 Fecha: _____
 Fecha: _____

Nota: Formato llenado sin borradores, ni enmendaduras.

