



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y
MECÁNICA**

CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO EN MECATRÓNICA**

**TEMA: INVESTIGACIÓN, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE
UN SISTEMA MECATRÓNICO CON CONTROL INTELIGENTE
Y VISIÓN ARTIFICIAL, PARA OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS
Y DETECCIÓN DE TETRAPLEJIA AVIAR EN LA AVÍCOLA
“POLLOS HERMANOS” DEL BARRIO LA CALERA,
PARROQUIA ELOY ALFARO, CANTÓN LATACUNGA,
PROVINCIA DE COTOPAXI**

AUTORES:

**LENIN JAVIER MANOBANDA CARDENAS
ALEXIS ANDRES SANTAMARÍA CASTILLO**

**DIRECTOR: MSc. ING. ANDRÉS GORDÓN
LATACUNGA**

2017



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA**

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, **“INVESTIGACIÓN, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA MECATRÓNICO CON CONTROL INTELIGENTE Y VISIÓN ARTIFICIAL, PARA OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS Y DETECCIÓN DE TETRAPLEJIA AVIAR EN LA AVÍCOLA “POLLOS HERMANOS” DEL BARRIO LA CALERA, PARROQUIA ELOY ALFARO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”** Realizado por los señores **LENIN JAVIER MANOBANDA CARDENAS** y **ALEXIS ANDRÉS SANTAMARÍA CASTILLO**, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo que cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto, me permito acreditar y autorizar a los señores **LENIN JAVIER MANOBANDA CARDENAS** y **ALEXIS ANDRÉS SANTAMARÍA CASTILLO** para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 10 de agosto del 2017.

Una firma manuscrita en tinta azul que parece decir 'Andrés Gordón'.

ING. ANDRÉS GORDÓN
DIRECTOR



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, **LENIN JAVIER MANOBANDA CARDENAS**, con cédula de ciudadanía número 171725354-4 y **ALEXIS ANDRÉS SANTAMARÍA CASTILLO** con cédula de ciudadanía número 172532053-3 declaramos que este trabajo de Titulación denominado **“INVESTIGACIÓN, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA MECATRÓNICO CON CONTROL INTELIGENTE Y VISIÓN ARTIFICIAL, PARA OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS Y DETECCIÓN DE TETRAPLEJIA AVIAR EN LA AVÍCOLA “POLLOS HERMANOS” DEL BARRIO LA CALERA, PARROQUIA ELOY ALFARO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI.”** Ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaramos que este trabajo es de nuestra autoría, en virtud de ello nos declaramos responsables del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Latacunga, 10 de agosto del 2017.

LENIN JAVIER MANOBANDA CARDENAS
C.C.: 171725354-4

ALEXIS ANDRÉS SANTAMARÍA CASTILLO
C.C.: 172532053-3



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA**

AUTORIZACIÓN

Nosotros, **LENIN JAVIER MANOBANDA CARDENAS** y **ALEXIS ANDRÉS SANTAMARÍA CASTILLO**, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la Biblioteca Virtual de la Institución el presente trabajo de Titulación **“INVESTIGACIÓN, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA MECATRÓNICO CON CONTROL INTELIGENTE Y VISIÓN ARTIFICIAL, PARA OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS Y DETECCIÓN DE TETRAPLEJIA AVIAR EN LA AVÍCOLA “POLLOS HERMANOS” DEL BARRIO LA CALERA, PARROQUIA ELOY ALFARO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI.”** Cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra autoría y responsabilidad.

Latacunga, 10 de agosto del 2017.

LENIN JAVIER MANOBANDA CARDENAS

C.C.: 171725354-4

ALEXIS ANDRÉS SANTAMARÍA CASTILLO

C.C.: 172532053-3

DEDICATORIA

Esta tesis dedico a mi padre Patricio, mi madre Patricia y mis hermanos Erick y Roger, que, con su apoyo, consejos y la confianza que me brindaron; supieron siempre guiarme por el camino correcto para de esta manera poder cumplir una meta.

Lenin Manobanda

DEDICATORIA

La presente dedicatoria es para mis padres y a los diferentes miembros de mi familia quienes con sus sabias enseñanzas y consejos han sabido guiarme a lo largo de las diferentes etapas de mi vida. Finalmente quiero expresar como mis profesores supieron ser los arquitectos que supieron fomentar en mi sus conocimientos, para lograr afrontar los diferentes retos y dificultades que se me presentaron a lo largo de mi vida como estudiante de la prestigiosa institución de la que he formado parte a lo largo de mi carrera.

Alexis Santamaría

AGRADECIMIENTO

Mis más sinceros agradecimientos al tutor quien supo guiarnos en la elaboración de este trabajo, a la avícola “Pollos Hermanos” y a su propietaria Lidia Moreno quien nos supo dar todas las facilidades para el desarrollo de este proyecto, a si también a todas las personas que forman parte de mi vida y ayudaron en mi formación personal y académica.

Lenin Manobanda

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a Dios quien ha guiado mis pasos hasta lograr alcanzar mis metas como profesional. También a todas las personas quienes supieron aportar con un pequeño grano de arena en la conclusión de otra etapa más de mi vida estudiantil, ellos no solo compartieron su sabiduría, sino que supieron apoyarme en los diferentes obstáculos que se me presentaron. Sin sus enseñanzas no hubiera sido posible lograr mis objetivos y concluir esta ardua tarea.

Alexis Santamaría

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN.....	ii
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	iii
AUTORIZACIÓN	iv
DEDICATORIA	1
DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
AGRADECIMIENTO	4
ÍNDICE DE CONTENIDO	5
ÍNDICE DE TABLAS	10
ÍNDICE DE FIGURAS.....	11
RESUMEN	15
ABSTRACT	17

CAPÍTULO

PRINCIPIOS TEÓRICOS DE INVESTIGACIÓN	18
1.1 Planteamiento del problema.....	18
1.2 Justificación e importancia.	18
1.3 Objetivos del proyecto.....	19
1.3.1 Objetivo general	19
1.3.2 Objetivos específicos	19
1.3.3 Hipótesis.	20
1.3.4 Variables de la investigación.....	20
a. Variable independiente.....	20
b. Variable dependiente	20
1.4 MARCO TEÓRICO.....	20
1.4.1 MAGAP	20
a. Misión.....	20
b. Visión	21
c. Estructura.....	21
c.1 Subsecretaría de Acuicultura	21
c.2 Subsecretaría de Recursos Pesqueros.....	22
c.3 Subsecretaría de Ganadería	22
c.4 Subsecretaría de Producción Forestal	23
c.5 Subsecretaría de Agricultura.....	23

1.4.2	Avícolas.....	24
a.	Problemas comunes en avícolas:	25
b.	Clasificación:	26
c.	Cadena agroalimentaria de carne de pollo:.....	26
d.	Avícola “Pollos Hermanos”	26
e.	Avícolas Automatizadas:	27
f.	Tetraplejía	29
f.1	New Castle:.....	30
1.4.3	Sistema Mecatrónico.....	32
a.	Partes de un sistema mecatrónico:	34
b.	Clases de un sistema mecatrónico:	34
1.5.4	Automatización:.....	35
a.	Objetivos de la automatización:	36
b.	Partes principales de la automatización:	36
c.	Niveles de la automatización:.....	36
1.5.5	Control Inteligente	38
a.	Clases de control inteligente	38
a.1	Control neuronal.....	38
a.2	Control difuso (fuzzy control).....	39
1.5.6	Automatización Avícola	39
a.	Comederos.....	39
a.1	Comederos automáticos:	40
b.	Bebedores automáticos:.....	41
c.	Sensor de nivel de agua:.....	41
d.	Extracción de aire:.....	42
1.5.7	Visión artificial	43
a.	Etapas de un sistema de visión artificial	45
a.1	Captura	45
a.2	Procesamiento previo.....	46
a.3	Segmentación	47
a.4	Reconocimiento	48
1.5.8	Software OpenCV	49
1.5.9	Cámaras:.....	49
a.	Tipos de cámaras.....	50
a.1	Cámaras IP DCS-910.....	50

a.2 Cámara web.....	51
---------------------	----

CAPÍTULO II

DISEÑO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES DEL SISTEMA	52
2.1. Introducción.....	52
2.2. Parámetros de la avícola.....	52
2.3. Características de los comederos.	52
2.4. Sistema automático de alimentación.....	52
2.4.1 Sistema de distribución del alimento	52
a. Distribución mediante tornillo de Arquímedes	53
b. Distribución mediante sistema de aire.....	53
c. Selección del sistema.....	54
2.4.2 Diseño de los canales de distribución	55
a. Cálculo del diámetro de tubería	55
2.4.3 Diseño mecánico de apertura y cierre del racionamiento de comida.....	56
a. Sistema de alimentación con apertura tipo palanca	57
b. Sistema de alimentación con abertura tipo manga	57
c. Selección de sistema de tapado	57
2.4.4 Diseño del control de racionamiento	58
2.5. Diseño del sistema de control de temperatura y humedad	61
2.5.1 Diseño del control para la variable de humedad	62
a. Acondicionamiento del sensor de humedad Hs1101	64
2.5.2 Diseño del control para la variable de Temperatura.....	65
a. Diseño del circuito de acondicionamiento para sensor de temperatura.....	66
2.5.3 Diseño del hardware para el control.....	67
2.5.4 Diseño del software para el control	68
a. Selección del control inteligente adecuado	68
b. Actuador final	69
b.1 Cálculo de caudal para la extracción de aire.....	70
b.2 Selección del extractor adecuado	70
2.6. Diseño del control y monitoreo del sistema de hidratación	70
2.6.1 Diseño de control de hidratación	71
2.6.2 Diseño del monitoreo	72
a. Descripción de componentes	73

2.6	Diseño del sistema de visión artificial.....	74
2.7.1	Captura de la imagen.....	78
2.7.2	Pre Procesamiento.....	80
2.7.3	Segmentación.....	83
2.7.4	Reconocimiento.....	87
a.	Modelo HSV.....	87
b.	Modelo estadístico de textura.....	91
b.1	Generación de la matriz probabilística.....	91
2.7	Esquema global del sistema a implementarse.....	95

CAPÍTULO III

	IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA.....	96
3.1	Implementación del sistema distribuidor de alimento.....	96
3.1.1	Implementación de los canales de distribución.....	96
3.1.2	Implementación del sistema de cierre y tapado.....	97
3.1.3	Implementación del control de apertura y cierre.....	97
3.2	Implementación del sistema de control inteligente.....	99
3.2.1	Desarrollo del software de control fuzzy.....	99
a.	Programación del software de control.....	99
b.	Fuzzificación de entradas y salidas.....	100
c.	Reglas.....	102
d.	Respuesta del sistema.....	102
e.	Defuzzificación.....	103
3.3	Implementación del sistema de hidratación.....	104
3.3.1	Bebedero mecánico.....	104
3.3.2	Monitoreo del nivel del tanque de distribución de agua.....	105
3.4	Implementación del sistema de visión artificial.....	105
3.4.1	Colocación de las cámaras.....	105
3.4.2	Red LAN.....	106
3.4.3	Visualización del sistema de observación y detección.....	106
a.	Visualización del sistema en el monitor principal.....	106
b.	Visualización del sistema en el dispositivo portable.....	107

CAPÍTULO IV

	PRUEBAS Y RESULTADOS.....	108
--	----------------------------------	------------

4.1	Prueba del sistema de alimentación.....	108
4.1.1	Tiempos de alimentación:	108
4.1.2.	Error en el racionamiento:	109
4.2	Prueba de control Fuzzy	110
4.2.1	Avícola normal	110
4.2.2.	Avícola Automatizada.....	110
4.3.	Prueba del sistema de hidratación	111
4.3.1.	Avícola normal	111
4.3.2.	Avícola automatizada	111
4.4	Prueba del reconocimiento de tetraplejia	112
4.5	Validación de hipótesis.....	112
4.5.1	Método Estadístico descriptivo.....	112
4.5.2	Método chi cuadrado de Pearson	115

CAPITULO V

	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	117
5.1.	Conclusiones:.....	117
5.2.	Recomendaciones:.....	118
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	119
	ANEXOS.....	124

ANEXO 1: CODIGO PARA DETECCION DE TETRAPLEGÍA

ANEXO 2: TABLA DE DISTRIBUCIÓN CHI CUADRADO DE PEARSON

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Como aplicar las dosis de la Vacuna Newcastle.....	30
Tabla 2: Comedero manual- automatizado.....	39
Tabla 3: Sistemas de distribución de comida.....	54
Tabla 4: Tapado tipo manga y tipo palanca	58
Tabla 5: Tipos de sensores de humedad.....	63
Tabla 6: Características control PID y de un control Inteligente.....	68
Tabla 7: Control Fuzzy y Redes Neuronales	69
Tabla 8: Sistema de hidratación eléctrico y mecánico	70
Tabla 9: Reglas para el control fuzzy.....	99
Tabla 10: Racionamiento: 1 día – 28 días	108
Tabla 11: Racionamiento: 29 días – 50 días.....	108
Tabla 12: Error en el racionamiento.....	109
Tabla 13: Temperatura adecuada y temperatura obtenida	110
Tabla 14: Resultados de la prueba de reconocimiento.....	112
Tabla 15: Datos estadísticos distribución de alimento	113
Tabla 16: Datos estadísticos Control de temperatura.....	114
Tabla 17: Chi cuadrado de Pearson	116

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Subsecretaría de Acuacultura.....	20
Figura 2: Subsecretaría de Recursos Pesqueros	22
Figura 3: Subsecretaría de Ganadería.....	23
Figura 4: Subsecretaría de Producción Forestal.....	23
Figura 5: Subsecretaría de Agricultura	24
Figura 6: Los pollos afectados por la enfermedad de Newcastle pueden estar severamente deprimidos y débiles.....	30
Figura 7: Sistema Mecatrónico	33
Figura 8: Automatización	35
Figura 9: Pirámide de automatización.....	37
Figura 10: Comederos automatizados.....	41
Figura 11: Bebederos automatizados	40
Figura 12: Flujo de aire positivo	42
Figura 13: Flujo de aire negativo.....	43
Figura 14: Esquema general del procesamiento de imágenes	44
Figura 15: Esquema general de visión por computadora.....	45
Figura 16: Resolución de imagen	46
Figura 17: Procesamiento de imagen	47
Figura 18: Imagen dividida.....	48
Figura 19: Representación de la relación por el método de Hough	48
Figura 20: OpenCV en la interfaz de QTcreator.....	49
Figura 21: Cámaras IP DCS-910	50
Figura 22: Cámara web	50
Figura 23: Tornillo de Arquímedes.....	53
Figura 24: Desplazamiento por medio de aire	54
Figura 25: Análisis del movimiento vectorial del fluido.....	56
Figura 26: Apertura tipo Palanca	57
Figura 27: Abertura tipo manga	57
Figura 28: Diagrama de flujo del sistema distribución.....	59
Figura 29: Puente H servomotores	60
Figura 30: Etapa desacople control / potencia.....	60
Figura 31: PCB Circuito de control de racionamiento	619

Figura 32: Diseño 3D del circuito de control de racionamiento	61
Figura 33: Diagrama de flujo control de temperatura y humedad	60
Figura 34: Sensor Hs1101	64
Figura 35: Diseño del circuito de acondicionamiento para el sensor de humedad	64
Figura 36: PCB del Diseño de circuito de acondicionamiento para el sensor de humedad	64
Figura 37: Diseño 3D del circuito de acondicionamiento para el sensor de humedad	65
Figura 38: Sensor LM35	65
Figura 39: Circuito de acondicionamiento sensor de temperatura	66
Figura 40: PCB Circuito de acondicionamiento sensor de temperatura.....	66
Figura 41: Diseño 3D Circuito de acondicionamiento sensor de temperatura.....	67
Figura 42: Hardware del control inteligente	67
Figura 43: Extractor de aire	70
Figura 44: Diagrama de flujo para monitoreo de nivel	71
Figura 45: Diseño de monitoreo.....	73
Figura 46: Tanque almacenador con sensores de presencia	73
Figura 47: Interruptores NPN.....	73
Figura 48: Leds de visualización.....	74
Figura 49: Esquema general del procesamiento de imágenes	74
Figura 50: Diagrama de flujo Visión artificial.....	77
Figura 51: Cámara IP WasCam, modelo HW0024	79
Figura 52: Router TP-LINK TL-WR741ND.....	80
Figura 53: a) Imagen original b) Imagen binarizado por el método threshold	82
Figura 54: a) Threshold sin filtro morfológico b) Threshold con filtro morfológico	82
Figura 55: a) Imagen Threshold b) Imagen Canny	84
Figura 56: a) Imagen original b) Selección de objetos por área y determinación de centro.....	85
Figura 57: a) Imagen segmentada b) Región de interés c) Zoom del objeto	86

Figura 58: Modelo del color HSV	87
Figura 59: Captura calculadora de colores H=60.....	89
Figura 60: Captura calculadora de colores H=49.....	89
Figura 61: a) Zoom imagen segmentada b) Objeto con H y S correctos	90
Figura 62: a) Zoom imagen negativa segmentada b) Objeto con H y S incorrectos	90
Figura 63: Los 8 vecinos del pixel X de acuerdo al ángulo utilizado en el cálculo de la matriz de co-ocurrencia.	91
Figura 64: a) Matriz de la imagen en escala de grises b) Matriz de Concurrencia.....	92
Figura 65: a) Imagen de prueba b) Matriz de Co-ocurrencia1	92
Figura 66: a) Matriz A b) Matriz Ms	90
Figura 67: Matriz probabilística	90
Figura 68: Reconocimiento	94
Figura 69: Esquema global	95
Figura 70: Soportes de pared y cable tensor	96
Figura 71: Canales de distribución.....	97
Figura 72: Apertura y cierre de distribución	97
Figura 73: Soterramiento de cable.....	98
Figura 74: Tarjeta de control de racionamiento	98
Figura 75: Encapsulado del control del sistema de distribución	99
Figura 76: Implementación del control fuzzy.....	99
Figura 77: Código de control fuzzy	100
Figura 78: Creación de entradas y salida	100
Figura 79: Configuración de la entrada de temperatura.....	101
Figura 80: Configuración de la entrada de humedad	101
Figura 81: Configuración de la salida control fuzzy.....	102
Figura 82: Respuesta del control	100
Figura 83: Defuzzificación.....	100
Figura 84: Visualización de entradas y salidas del control fuzzy	104
Figura 85: Bebedero mecánico	104
Figura 86: Circuito indicador de nivel de agua	105
Figura 87: Cámaras IP colocadas.....	105
Figura 88: Router TPLink.....	106

Figura 89: Funcionamiento del sistema de visión	106
Figura 90: Visualización en el dispositivo portable.....	107
Figura 91: Margen error Control Fuzzy	111

RESUMEN

Debido que las aves de corral son susceptibles a diversas enfermedades, se implementó un control automático inteligente en la avícola Pollos Hermanos, el cual efectúa varias actividades que son normalmente realizadas por el avicultor tal como racionamiento de alimento, racionamiento de agua, control de temperatura y humedad y detección de tetraplejia aviar, que es una condición de inmovilidad total en las aves. El sistema automático desarrollado es accesible puesto que los componentes implementados tienen bajo costo y fácil adquisición, igualmente el sistema es versátil pudiéndose implementar en varios galpones independientemente de su tamaño o forma. Para el racionamiento del alimento, se implementó un sistema que se activa cada 4 horas, consta de un motor de aire que permite la distribución mediante ductos con tapas controladas mediante servomotores, ubicados en los 17 comederos. Este sistema se abastece mediante un tanque, que almacena el alimento. Se incluyó también un sistema mecánico automático para el racionamiento de agua que consta de un medidor de nivel en el reservorio de agua que indica 4 niveles: bajo, medio bajo, medio alto y alto. También se implementó un sistema inteligente que permite controlar la temperatura y humedad, consta con sensor de humedad y temperatura que permiten la adquisición de datos para posteriormente ingresarlos al control inteligente FUZZY. Este proporciona una salida de control hacia 4 extractores de aire que sacan el aire caliente junto con la humedad y también disminuir los olores producidos por las heces. Finalmente para la detección de tetraplejia aviar, se implementó 2 cámaras IPs conectadas a la pc vía wifi mediante un enrutador. Las imágenes se obtendrán en el proceso de distribución de alimento para despejar la mayor cantidad de aves que no tengan síntoma, el aviso de detección se realiza en el último racionamiento del día mediante dispositivo portable, computador o alerta ubicada fuera del galpón.

PALABRAS CLAVE:

- **AVES DE CORRAL TETRAPLEJIA**
- **AVICOLA - CONTROL INTELIGENTE**
- **VISION ARTIFICIAL**

- **AVÍCOLA POLLOS HERMANOS**

ABSTRACT

Because barnyard fowl is susceptible to various diseases, an intelligent automatic control was implemented at Pollos Hermanos poultry farm, which performs several activities that are normally carried out by the bird caregiver such as food rationing, water rationing, control of temperature and humidity, and detection of aviplex tetraplegia, which is a condition of total immobility in chickens. The developed automatic system is accessible because the implemented components have low cost and easy acquisition, also the system is versatile and can be implemented in several sheds regardless of its size or shape. For food rationing, a system that activates every 4 hours was implemented, it consists of an air motor that allows the distribution through ducts with caps controlled by means of servomotors, located in the 17 feeders. This system is supplied by a tank, which stores the food. An automatic mechanical system for water rationing was also included, it has a level meter in the water reservoir that indicates 4 levels: low, medium low, medium high and high. An intelligent system that allows temperature and humidity control was also implemented, it has both a humidity and temperature sensors that allow data acquisition to further process it into an intelligent FUZZY control system. This controller provides a control output to 4 air extractors that allow to extract hot air along with humidity and also to diminish the odors produced by the bird feces. Finally, for the detection of aviplex tetraplegia, two IP-type cameras were connected to the computer via wifi through a router. The images were obtained during the food distribution process to clear the largest number of birds that do not have this symptoms, the detection notice is made in the last rationing of the day using a portable device, a computer or an alert outside the chicken shed

KEYWORDS.

- **POULTRY - TETRAPLEGIA**
- **POULTRY FARM - INTELLIGENT SYSTEM**
- **ARTIFICIAL VISIÓN**
- **POULTRY FARM POLLOS HERMANOS**

CAPÍTULO I

1. PRINCIPIOS TEÓRICOS DE INVESTIGACIÓN

1.1 Planteamiento del problema.

En la avícola “Pollos Hermanos”, el racionamiento de alimento, el racionamiento de agua, el control de temperatura, y la detección de tetrapleja aviar se los realiza de forma manual con ayuda de conocimientos empíricos del avicultor, realizar todas estas actividades implica un gran concurrencia del avicultor al galpón pudiendo contaminar el ambiente de los pollos con agentes extraños, además se necesita tener conocimientos y gran habilidad para racionar el alimento, racionar el agua, controlar la temperatura y detectar la tetrapleja, cabe recalcar que no existe un control de humedad esto implica que las aves están más propensas a las enfermedades. Para lo cual se implementará un sistema mecatrónico con control inteligente y visión artificial, que permitirá racionar de manera precisa tanto el alimento como el agua, además podrá controlar la temperatura y humedad de manera automática y finalmente tendrá la capacidad de detectar la tetrapleja aviar.

1.2 Justificación e importancia.

En el proceso de diseño el sistema se dividirá en 4 subsistemas que son para el racionamiento de alimento, racionamiento de agua, control de temperatura, control de humedad y finalmente la detección de tetrapleja, los cuales disminuirán la concurrencia del avicultor hacia el galpón disminuyendo el riesgo de contagio que se producen por agentes externos, por lo cual se justifica el tema.

La presente investigación es relevante, porque servirá como referencia para que avícolas aledañas conozcan esta tecnología, analicen las ventajas y desventajas e inicien la implementación del sistema en el sector ganadero

Esta investigación es de gran interés para la avícola Pollos Hermanos, debido que disponer de tecnología de punta dará solución a los

problemas que tiene el avicultor y las posibles enfermedades que pueda producir a las aves.

1.3 Objetivos del proyecto.

1.3.1 Objetivo general

Investigar, diseñar e implementar un sistema mecatrónico con control inteligente y visión artificial para optimización de recursos y detección de tetraplejia aviar en la avícola “Pollos Hermanos” del barrio la Calera en el Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi”

1.3.2 Objetivos específicos

- Investigar en fuentes bibliográficas y páginas web certificadas acerca de sistemas de automatización y monitoreo en avícolas existentes en el país.
- Investigar el funcionamiento de un control inteligente y cuáles son los efectos de usar este control sobre otro tipo de controles.
- Diseñar el sistema mecatrónico para controlar la temperatura, humedad, alimentación e hidratación de las aves.
- Seleccionar los componentes del sistema mecánico electrónico y de control para el sistema de automatización.
- Implementar el sistema mecánico, electrónico y de control e integrarlos en un solo sistema mecatrónico
- Investigar los diferentes métodos de adquisición de imágenes para el monitoreo de la tetraplejía.
- Diseñar el sistema de vigilancia con todos los lineamientos necesarios para acoplarlo al sistema.
- Implementar el sistema de vigilancia en la avícola para la observación de la tetraplejía.
- Efectuar pruebas de funcionamiento en el sistema mecatrónico global de control y vigilancia.

1.3.3 Hipótesis.

¿La Investigación, diseño e implementación de un sistema mecatrónico con visión artificial permitirá la optimización de recursos, y a su vez detectar la tetrapleja aviar en la avícola “Pollos Hermanos” ubicada en barrio la Calera, Parroquia Eloy Alfaro, Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi?

1.3.4 Variables de la investigación.

a. Variable independiente

- Sistema mecatrónico con control inteligente y visión artificial.

b. Variable dependiente

- Tiempo de exposición del avicultor con los pollos y la detección de tetrapleja aviar

1.4 MARCO TEÓRICO

1.4.1 MAGAP

MAGAP se define como: “El Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca es la institución rectora del multisector, para regular, normar, facilitar, controlar, y evaluar la gestión de la producción agrícola, ganadera, acuícola y pesquera del país; promoviendo acciones que permitan el desarrollo rural y propicien el crecimiento” (Gobierno Nacional del Ecuador, ns)

Además este ministerio posee una misión y visión que ayuda para el desarrollo de sus objetivos a continuación se cita de la página del MAGAP (MAGAP, Ministro de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca)

a. Misión

El Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca es la institución rectora del multisector, para regular, normar, facilitar, controlar, y evaluar la gestión de la producción agrícola, ganadera, acuícola y pesquera del país; promoviendo acciones que permitan el desarrollo rural y propicien el crecimiento sostenible de la producción y productividad del sector

impulsando al desarrollo de productores, en particular representados por la agricultura familiar campesina, manteniendo el incentivo a las actividades productivas en general. (MAGAP, Ministro de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, s.f.)

b. Visión

Para el 2020 el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca contará con un modelo de gestión de calidad basado en sistemas de información y comunicación. Que posibiliten la producción de bienes y servicios que garanticen la seguridad alimentaria del país, el crecimiento y desarrollo equitativo, generando valor agregado con rentabilidad económica, equidad social, sostenibilidad ambiental e identidad cultural. (MAGAP, Ministro de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, s.f.)

c. Estructura

El instituto MAGAP cuenta con 5 subsecretarías:

c.1 Subsecretaría de Acuacultura

Desarrolla una gestión importante para la elaboración y aplicación de las políticas, planes y programas para la regulación, fomento, difusión y aprovechamiento sobre todas las fases necesarias para obtener un producto comercial y de los factores para un desarrollo sustentable de la acuacultura en todo el territorio nacional. (MAGAP, Ministro de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, s.f.)



Figura 1: Subsecretaría de Acuacultura

Fuente: (MAGAP, Ministro de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, s.f.)

c.2 Subsecretaría de Recursos Pesqueros

Desarrolla la gestión estratégica para la elaboración y aplicación de las políticas, planes y programas para la regulación, fomento y aprovechamiento sobre todas las fases necesarias para obtener un producto comercial y de los factores para un desarrollo sustentable de la pesca en todo el territorio nacional. (MAGAP, Ministro de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, s.f.)



Figura 2: Subsecretaría de Recursos Pesqueros

Fuente: (MAGAP, Ministro de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, s.f.)

c.3 Subsecretaría de Ganadería

Impulsa el desarrollo ganadero sostenible del país mediante la formulación de políticas para el sector pecuario a través de acciones directas que apoyen el incremento de la productividad mediante el manejo integral y eficiente de los factores de la producción y recursos naturales; que contribuyan a la consecución de la soberanía alimentaria y del buen vivir rural.



Figura 3: Subsecretaría de Ganadería

Fuente: (MAGAP, Ministro de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, s.f.)

c.4 Subsecretaría de Producción Forestal

Planifica, ejecuta y evalúa la política nacional de forestación y reforestación productiva enfocada en el desarrollo social, económico y ambiental, a través de la producción de madera que abastezca la demanda nacional y genere excedentes exportables, reduciendo la presión sobre el bosque primario.



Figura 4: Subsecretaría de Producción Forestal

Fuente: (MAGAP, Ministro de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, s.f.)

c.5 Subsecretaría de Agricultura

Propone, planea, coordina, articula, gestiona, supervisa y evalúa la ejecución de la Política Nacional Agrícola, aplicable a todos los niveles de Estado.



Figura 5: Subsecretaría de Agricultura

Fuente: (MAGAP, Ministro de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, s.f.)

Dentro de esta subsecretaria encontramos proyectos relacionados a las avícolas que trabajan conjuntamente con AGROCALIDAD.

1.4.2 Avícolas

Una granja avícola es un establecimiento agropecuario para la cría de aves de corral tales como pollos, pavos, patos, y gansos, con el propósito de usarlos como base alimenticia sea matándolos por su carne o recogiendo sus huevos.

Una granja avícola es un establecimiento agropecuario para la cría de aves de corral tales como pollos, pavos, patos, y gansos, con el propósito de usarlos como base alimenticia sea matándolos por su carne o recogiendo sus huevos. Las aves de corral son criadas en grandes cantidades, siendo la cría de pollos y gallinas la de mayor volumen. Anualmente se crían más de 50 000 millones de pollos como fuente de alimento, tanto por su carne como por sus huevos. (CONAVE, s.f.)

La cría de aves en el Ecuador está en aumento. Según la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua Espac-2012, del Instituto Ecuatoriano de Estadística y Censos (INEC), que realizó un análisis sobre la producción avícola del país, seis tipos de aves se crían en el territorio nacional. Estas son pollitos, pollitas, pollos y pollas; gallinas; patos; pavos;

codornices y avestruces. La mayor producción de pollitos y pollos se concentra en la región Sierra, con un 62,33%.

Según el estudio del INEC, en el país se incrementó el número de aves criadas en galpones casi en un 8%, entre los períodos del 2010 y 2011. (Comercio, 2015)

a. Problemas comunes en avícolas:

Muchos factores tienen un impacto negativo en la crianza de las aves para consumo. Una lista parcial de estos incluye:

1. Programa de alimentación inadecuado
2. Mala calidad del alimento
3. Enfermedad
4. Insuficiente suministro de agua o mala calidad del agua
5. Alta densidad de aves
6. Ventilación insuficiente
7. Cambios abruptos de clima
8. Fallas de equipos
9. Mala gestión de la granja

La distribución del alimento debe ser lo suficientemente rápida como para permitir el acceso de las gallinas al alimento, por lo que el alimento se debe distribuir por todo el galpón en menos de cinco minutos. La alimentación debe contener los nutrientes y la energía calculados por el avicultor, Si la calidad del ingrediente es menos de lo proyectado, las aves no se están alimentando adecuadamente. (House, 2013)

El espacio adecuado en el comedero para permitir que todas las gallinas coman es de aproximadamente de 14 a 15 cm por comedero, al respetar esta distancia la alta presencia de aves se reduce para facilitar su adecuada movilidad, todas estas decisiones van de la mano de una buena administración.

Después de realizar los cambios adecuados compruebe primero los factores básicos de gestión. Aunque no hay soluciones universales que

funcionen en todas las situaciones el productor necesita investigar las circunstancias individuales.

b. Clasificación:

- Granja de reproducción para producción de huevos fértiles, destinados a la incubación artificial.
- Granja para la producción comercial de huevos, para consumo humano.
- Granja para la producción comercial de pollos de engorde.
- Granjas de otras especies aviares: patos, pavos, gansos, codornices, avestruces, entre otros. (Hora, 2003)

c. Cadena agroalimentaria de carne de pollo:

La industria agroalimenticia es muy importante en el Ecuador, debido que existen un gran índice de ciudadanos que se dedican a esta labor.

A sociedad demanda un producto con seguridad alimentaria, para que el producto sea de calidad, cantidad, y variedad debido a que si se cumplen estas condiciones cabe considerar que la población tiene garantizada su seguridad alimentaria.

A su vez la cadena agroalimentaria realiza un estudio a los tipos de unidad productiva para poder satisfacer las necesidades el consumidor y productor. (FORERO, 2003)

d. Avícola “Pollos Hermanos”

La avícola “Pollos Hermanos” viene produciendo pollos por algunos años, es difícil precisar cuántos años tiene su funcionamiento, por cuanto no posee datos reales que aporten para resaltar la reseña histórica.

La avícola “Pollos Hermanos” está ubicado en el barrio La Calera de la parroquia Eloy Alfaro, al Noroeste del cantón Latacunga de la provincia de Cotopaxi; cuanta con un área propia, en la mima están ubicados los galpones, para el mejor desenvolvimiento de las actividades productivas.

Posee un sin número de datos históricos, para ello se ha consultado a varias personas, lideres, y emprendedores de la avícola.

Sus comienzos son mínimos, en cuartos pequeños, tiene la oportunidad de comenzar con 100 pollos, gracias a los esfuerzos logran ir creciendo y construyendo galpones más amplios para aumentar la productividad.

Conforme fue pasando los años, va creciendo el número de pollos, ya en los galpones existían 1000 aves que iban creciendo, la calidad de la producción se convierte en una de las principales fortalezas de esta avícola.

MISIÓN

Nuestra avícola “Pollos Hermanos” es generador de la práctica permanente de la calidad de producción de las aves que responde a las necesidades básicas del consumidor precio y servicio a nuestra clientela a través de un sistema de trabajo en que todos colaboran buscando la mejora continua y con eso el crecimiento de la avícola.

VISIÓN

Nuestra visión es una avícola líder en producción y comercialización de las aves y de consumo masivo en Latacunga, con una oferta de productos de primera calidad, al mejor precio y con una atención superior para el cliente.

e. Avícolas Automatizadas:

En avicultura existen una amplia gama de aplicaciones en las granjas avícolas, ahora existen productos totalmente naturales que se emplean en tratamiento de las camas, el control de malos olores, el compostaje de los residuos sólidos y la sanidad de la producción. Es simple y totalmente adaptable a las condiciones existentes en los actuales sistemas de producción de las granjas avícolas.

A veces dichas técnicas son sumamente económicas, seguras, fácil de usar, de alta calidad y produce resultados sustentables en el control de malos olores, en la higienización, en el manejo de los residuos, en la

reducción de costos y en el aumento de la productividad de la granja. (Menezes, 2015)

Los avances tecnológicos y de investigación aplicados en la industria avícola, le han aportado a ésta importantes beneficios como el crecimiento sostenido reportado durante los últimos años, además de: (Muller, 2015)

- Mayor rendimiento y mejor conversión de alimento.
- Disminución de trabajo manual.
- Retorno de inversión a corto plazo.
- Parvadas más homogéneas y saludables.
- Mayor control en la vacunación y el suministro de medicamentos. Menor contacto humano = Menor el riesgo de enfermedades.
- Mayor control en políticas de bioseguridad.

La tecnología es mecanizada en las plantas de beneficio y alimento; en estas últimas, solo una de las empresas posee cierta automatización; mientras que en la fase de engorde el proceso es manual; con respecto a la fuerza de trabajo es poco calificada, siendo en las plantas de beneficio intensiva en cuanto al número de actividades realizadas. Se concluye que, aunque la tendencia mundial es desplazar el trabajo manual por tecnologías automatizadas, los procesos analizados aún conservan la tradición del trabajo manual y en grandes cantidades; esto evidencia la importancia de la fuerza de trabajo en dichos procesos. (Echávarri, 2014)

A su vez se trabaja con el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca para promover tanto la producción como la calidad, es por esta razón que se ha desarrollado proyectos para automatizar las avícolas.

Napo: MAGAP realiza proyecto avícola

El Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP), a través de la Dirección Provincial de Napo y el Programa de Innovación Tecnológica, ejecuta el proyecto de Crianza de pollos de engorde en siete Comunidades de la Junta Parroquial de Puerto Misahuallí, cantón Tena, provincia de Napo.

El propósito de este proyecto es fortalecer las capacidades locales, mediante la crianza de pollos de engorde en las comunidades de la Junta Parroquial de Puerto Misahuallí, que contribuya a mejorar la Seguridad y Soberanía Alimentaria.

Jairo Arroyo, técnico del MAGAP, destacó que con la entrega oficial de los primeros insumos y materiales se fomentará y fortalecerá la actividad avícola en la zona.

Mónica Shiguango, productora de la comunidad Machakuyaku, dijo que este proyecto va a servir para que la comunidad progrese y tenga mayores beneficios económicos para sus familias. (MAGAP, Napo: MAGAP realiza proyecto avícola, 2016)

f. Tetraplejía

Primero que todo se debe conocer la definición tanto en hombres como en el ave para tener una idea amplia del tema a investigar:

La tetraplejía, también conocida como cuadriplejía, es un estado de parálisis que afecta a las cuatro extremidades. Es consecuencia de una lesión situada a un nivel alto de la médula espinal, por encima de la quinta vértebra cervical, en la mayoría de los casos después de un traumatismo o un accidente. La lesión afecta a la médula espinal y la transmisión del influjo nervioso no se puede realizar a nivel de las raíces nerviosas situadas por debajo. La parálisis, representada por la falta de cualquier movimiento, va acompañada de una falta de sensibilidad en las mismas zonas con pérdida de la sensación de dolor y del tacto. Causa un gran hándicap ya que la persona se vuelve dependiente para todas las actividades de la vida diaria. (MARNET, 2013)

Los investigadores han definido también a la enfermedad Newcastle debido a que la tetraplejía se deriva de la misma para conocer las alteraciones que causa en el pollo.



Figura 6: Los pollos afectados por la enfermedad de Newcastle pueden estar severamente deprimidos y débiles.

Fuente: (Aris, WATTAgNet.com, s.f.)

f.1 New Castle:

Es una enfermedad zoonótica de aves altamente contagiosa que afecta a muchas especies de aves domésticas y silvestres, afecta más notoriamente a las aves de corral debido a su alta susceptibilidad y a las posibilidades de impacto severo que una epidemia causa en la industria avícola. (Quintero, 2010)

Agente causal:

Producida por un paramyxovirus. Aunque se conoce solo un serotipo del virus, se han aislado diferentes cepas, que se clasifican de acuerdo a su virulencia o la velocidad con que pueda matar al embrión.

Transmisión:

Esta enfermedad es muy contagiosa y se transmite por medio de las descargas nasales y excremento de las aves infectadas. (Fernandéz, 2011)

Síntomas:

Los primeros síntomas son problemas respiratorios son tos, jadeo, estertores de la tráquea y un piar ronco. La mortalidad puede ser mayor al 50 % en animales jóvenes, en ponedoras, aunque no es tan alta, los síntomas para la enfermedad de Newcastle incluyen:

- Pérdida de apetito
- Pérdida de peso

- Estornudos
- Problemas respiratorios
- Diarrea (usualmente de color amarillo y verde brillante)
- Pérdida de coordinación
- Cabeza oscilante
- Baja en la producción de huevos y huevos con cáscara delgada
- Hinchazón o edema alrededor de los ojos y el cuello

Las etapas avanzadas de la enfermedad de Newcastle pueden causar movimientos espasmódicos e involuntarios, parálisis de las patas y/o alas, contorciones del cuello, una ubicación de la cabeza poco natural y la dilatación de las pupilas de las aves. Sin embargo, no todas las aves infectadas despliegan los síntomas y éstas pueden morir repentinamente antes de desplegar los síntomas. (Quintero, 2010)

Vacuna para controlar:

Una dosis de la vacuna recombinante contra la enfermedad de Newcastle se administra in ovo a los embriones de 18 días de incubación o al nacer, vía subcutánea. Además, en la planta de incubación se puede aplicar una vacuna viva convencional contra la enfermedad de Newcastle para proteger a las aves mientras desarrollan la inmunidad completa con la vacuna recombinante, aproximadamente a las 3 semanas de edad.

Las vacunas recombinantes contra la enfermedad de Newcastle no causan efectos colaterales, no interfieren con otras vacunas respiratorias ni se diseminan en el campo. Al eliminar la necesidad de vacunar en el campo, simplifican el manejo y los avicultores ahorran en costos de mano de obra. (Aris, WATTAgNet.com)

**Tabla 1:
Como aplicar las dosis de la Vacuna Newcastle**

	AGUA DE BEBIDA		No. De AVES	DOSIS Gotas	VÍA
1a Dosis	2da Dosis refuerzo	3ra Dosis refuerzo			

10 días de edad	18-20 días de edad	56-63 días de edad			
250 mL	500 mL	1 Lt	25	25	oral
500 mL	1 Lt	2 Lt	50	50	
1 Lt	2Lt	4 Lt	100	100	
5 Lt	10 Lt	20 Lt	500	500	
10 Lt	20 Lt	40 Lt	1000	1000	

APLICACIÓN DIRECTA			DOSIS	
1a Dosis	2da Dosis refuerzo	3ra Dosis refuerzo	1 gota por ave	
10 días de edad	18-20 días de edad	3-4 meses de edad		

Fuente: (Advac, s.f.)

Debido a la diversidad de patologías es importante hacer una buena exploración para buscar la causa de la alteración de la movilidad, se debe conocer muy bien la anatomía del aparato locomotor y las características de la marcha de un animal sano; se debe establecer un diagnóstico lo antes posible para poder aplicar el tratamiento más adecuado.

En un animal con alteración de la movilidad, diferenciar entre un origen traumatológico u ortopédico de un origen neurológico es muy importante, dado los diferentes protocolos diagnósticos y terapéuticos. La palpación y la visualización de la marcha, junto con la anamnesis, contribuyen en los inicios del diagnóstico, a diferenciar procesos ortopédicos de procesos neurológicos, sin olvidar que ambos grupos pueden solapar sus signos clínicos, de tal manera que una cojera de origen ortopédico podría esconder un déficit neurológico y viceversa. (Fernández, 2011)

1.4.3 Sistema Mecatrónico

Un sistema mecatrónico es aquel que en todo momento está procesando información, registra, procesa, y actúa, puede aprender y mecanizar aparte de poseer un cierto grado de inteligencia, comandado a través de programas, es un sistema inteligente es un ente mecatrónico. (Vargas, 2013)

Los Sistemas Mecatrónicos pueden entonces ser divididos en grupos funcionales, unos que forman los lazos de control mediante módulos eléctricos, magnéticos, térmicos, ópticos, mecánicos y sensores para la recolección de variables a supervisar, actuadores para regular y controlar, así como procesadores para el manejo de la información. El Mecanismo de precisión hace referencia al control de software mediante medios electrónicos, principalmente mediante micro-computadores y donde los elementos ejecutan cada una de las funciones independientemente, los componentes del sistema mecatrónico se podrían comparar con los del ser humano; comparando el computador con el cerebro y los sensores con los cinco sentidos del ser humano; el mecanismo el esqueleto y la fuente de energía el metabolismo. (WhatisMechatronics, 2007)



Figura 7: Sistema Mecatrónico

Fuente: (fanaticomecatronica, 2010)

El sistema mecatrónico de la automatización consta de un brazo de transporte que identifica las piezas metálicas, como lo visto en los laboratorios, ciertos aparatos, succionan el objeto por medio de la presión del aire.

Un sistema mecatrónico típico recoge señales, las procesa y, como salida, genera fuerzas y movimientos. Los sistemas mecánicos son entonces

extendidos e integrados con sensores, microprocesadores y controladores, así estos aparatos cumplen su requisito, es decir, los brazos mecánicos actuar mediante los sensores, así transmiten las señales para su funcionamiento. (WhatisMechatronics, 2007)

a. Partes de un sistema mecatrónico:

Estructura: Es el cuerpo de nuestro sistema, en el irán todos los demás elementos que lo integran.

Sensores: Es un dispositivo capaz de detectar magnitudes físicas o químicas y transformarlas en variables eléctricas.

Actuadores: Los actuadores son, como su nombre lo dice, los que realizan una acción, existen muchos tipos de actuadores, por ejemplo, los motores.

Controladores: Los controladores son los que regulan todas las funciones asociadas de temporización, cadencia y conteo lógico.

Interfaces: es el medio por el cual se conectan dos sistemas o dispositivos.

b. Clases de un sistema mecatrónico:

Clase 1: Los productos principalmente mecánicos con electrónica incorporada para aumentar la funcionalidad. Los ejemplos incluyen las máquinas-herramientas numéricamente controladas y la velocidad variable manejada en la maquinaria industrial. El Torno, es una de las máquinas más antiguas y trabaja mediante el arranque de material mediante unas cuchillas y brocas.

Clase 2: Los sistemas mecánicos tradicionales con dispositivos internos apreciablemente actualizados que incorporan la electrónica. Pero no cambia en gran manera el uso para el usuario externo. Los ejemplos incluyen la máquina de coser moderna y sistemas automatizados de fábricas. Máquina de coser, facilitó el trabajo de la mujer en las labores domésticas y en las fábricas.

Clase 3: Los sistemas que retienen la funcionalidad o el sistema mecánico tradicional, pero los mecanismos internos son reemplazados por la electrónica. Un ejemplo es el reloj digital.

Clase 4: Los productos diseñados con tecnologías mecánicas y electrónicas por la integración sinérgica. Ejemplos son las fotocopiadoras, arandelas y secadores inteligentes, las cocinas de arroz, y hornos automáticos. (WhatisMechatronics, 2007)

1.5.4 Automatización:

La automatización como una disciplina de la ingeniería es más amplia que un mero sistema de control, abarca la instrumentación industrial, que incluye los sensores y transmisores de campo, los sistemas de control y supervisión, los sistemas de transmisión y recolección de datos y las aplicaciones de software en tiempo real para supervisar y controlar las operaciones de plantas o procesos industriales. (fanaticomecatronica, 2010)



Figura 8: Automatización

Fuente: (fanaticomecatronica, 2010)

a. Objetivos de la automatización:

- Mejorar la productividad de la empresa, reduciendo los costes de la producción y mejorando la calidad de la misma.
- Mejorar las condiciones de trabajo del personal, suprimiendo los trabajos penosos e incrementando la seguridad.
- Realizar las operaciones imposibles de controlar intelectual o manualmente.
- Mejorar la disponibilidad de los productos, pudiendo proveer las cantidades necesarias en el momento preciso.
- Simplificar el mantenimiento de forma que el operario no requiera grandes conocimientos para la manipulación del proceso productivo.
- Integrar la gestión y producción. (AUTÓMATAS, 2001)

b. Partes principales de la automatización:

Parte Operativa: es la parte que actúa directamente sobre la máquina. Son los elementos que hacen que la máquina se mueva y realice la operación deseada. Los elementos que forman la parte operativa son los actuadores de las máquinas como motores, cilindros, compresores y los captadores como fotodiodos, finales de carrera.

Parte de Mando: suele ser un autómeta programable (tecnología programada), aunque hasta hace bien poco se utilizaban relés electromagnéticos, tarjetas electrónicas o módulos lógicos neumáticos (tecnología cableada). En un sistema de fabricación automatizado el autómeta programable está en el centro del sistema. Este debe ser capaz de comunicarse con todos los constituyentes de sistema automatizado. (AUTÓMATAS, 2001)

c. Niveles de la automatización:

Nivel de campo: Es el nivel inferior donde podemos encontrar actuadores lineales o rotativos, válvula de proceso, sensores, motores eléctricos, etc.

Nivel de control: En este nivel están los distintos dispositivos de control y monitoreo, tales como PLC, HMI, variadores de frecuencia, servo drive, etc. Este nivel se encarga de monitorear y controlar todos los dispositivos del campo.

Nivele de supervisión: Es el encargado de controlar la interacción entre los distintos dispositivos ubicados en el nivel de control. De esta forma, se puede controlar y monitorear diferentes procesos al mismo tiempo. Incluye PLC's maestros y sistemas SCADA.

Nivel de gestión: Este es el nivel más alto y es el que se encarga de controlar toda la planta. En este nivel también se puede vincular nuestra planta con sistemas de control y monitoreo externos. Contiene PC's industriales. (MiCRO, s.f.)

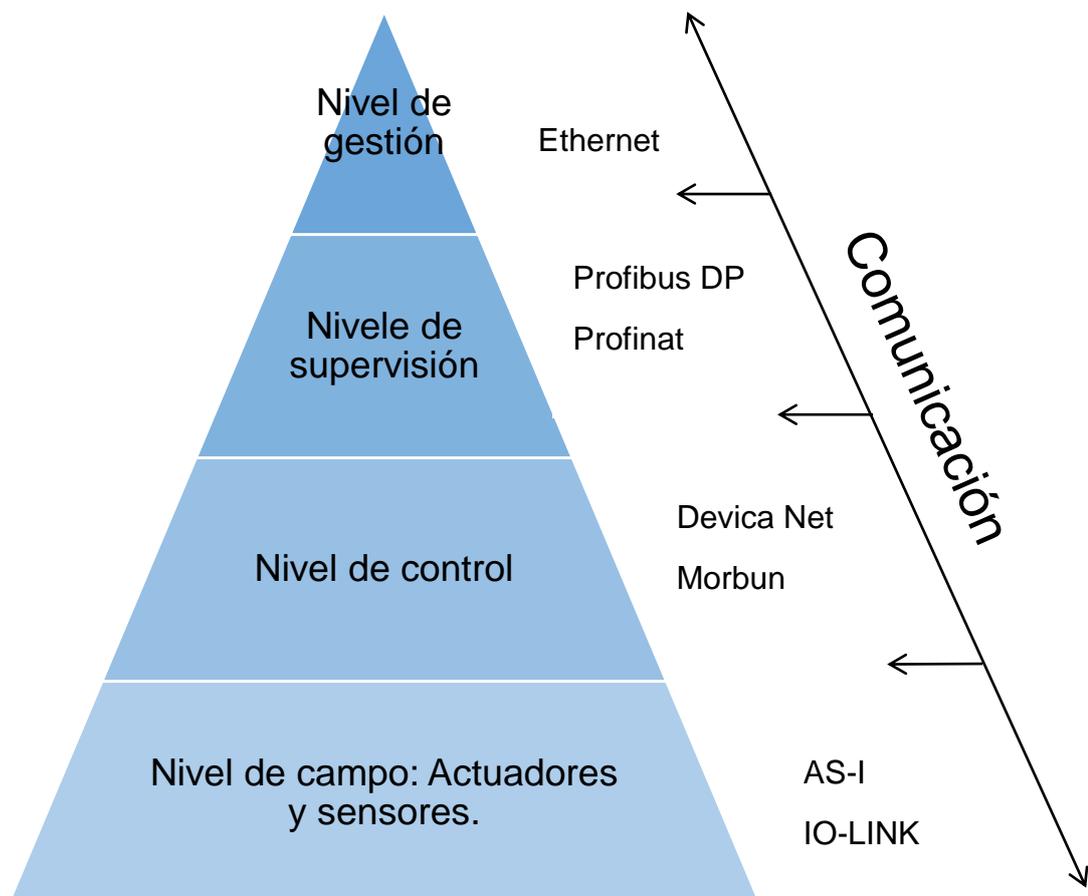


Figura 9: Pirámide de automatización

Fuente: (MiCRO, s.f.)

1.5.5 Control Inteligente

Un sistema que quiera comandar a otro pero que usa otro sistema que basa su operación en una técnica de inteligencia artificial y no es una técnica matemáticamente determinista. En general, el objetivo de un sistema de control automático es encontrar un dispositivo externo al sistema dinámico a controlar (el controlador o compensador) que nos proporcione una señal adecuada para que la salida del sistema tenga unas características deseadas. De este principio surge el concepto de Control Inteligente cuando para diseñar o implementar el controlador se utiliza alguna técnica normalmente del ámbito de la Inteligencia Artificial. (Castrillón, 2014)

El control inteligente comprende una serie de técnicas - tomadas fundamentalmente de la inteligencia artificial- con las que se pretenden resolver problemas de control inabordables por los métodos clásicos. (Sanz, 1990)

En fin, un control inteligente es un sistema que está comprendido de varias series de técnicas de la inteligencia artificial útil para resolver problemas de un control. Un sistema inteligente completo incluye "sentidos" que le permiten recibir información de su entorno. Puede actuar, y tiene una memoria para archivar el resultado de sus acciones. Tiene un objetivo e, inspeccionando su memoria, puede aprender de su experiencia. Aprende cómo lograr mejorar su rendimiento y eficiencia.

a. Clases de control inteligente

Parafraseando del sitio web, Introducción control inteligente, y el autor (Castrillón, 2014) las clases del control inteligente son:

a.1 Control neuronal.

- Inspirado en redes biológicas.
- Aprendizaje implícito.
- Ajustes de los parámetros para minimizar una cierta función de coste.
- Utilizadas inicialmente para modelos experimentales.

- Utilización de topologías específicas de control. (Martinez, 2014)

a.2 Control difuso (fuzzy control)

- Modelad de conceptos ambiguos o que no están bien definidos.
- Pretende incorporar la experiencia del operador.
- Tipo especial de sistema basado en el conocimiento.
- Utilización de lógica específica.
- Multitud de aplicaciones: control de hornos de cemento, control de procesos de depuración de aguas, control de tráfico, conducción automática de trenes, productos domésticos; aire acondicionado, lavadoras, cámaras de videos, cámaras de fotografía, etc. (Martinez, 2014)

1.5.6 Automatización Avícola

Para que una avícola sea automatizada debe tener sistemas los cuales eviten en su mayoría la intervención del avicultor por esto la automatización se divide en subsistemas que son comederos y bebederos.

a. Comederos

Tabla 2:

Comedero manual- automatizado

	COMEDERO MANUAL	COMEDERO AUTOMATICO
VENTAJAS	<ul style="list-style-type: none"> • Económico. • Permanentemente comida en el comedero. • Fácil uso. 	<ul style="list-style-type: none"> • No depende de una persona que suministre el alimento directamente en el comedero, simplemente accionar el motor. • Fácil uso.

DESVENTAJAS

- No hay control de horarios en las raciones.
- No hay control de cantidad de alimento.
- No es uniforme el alimento en los comederos.
- Trituración de alimento por el tornillo.
- Tiempo de dosificación será menor en los más cercanos y mayor en los últimos.
- Es probable que al pasar por el tornillo sin fin se pulverice el alimento después de recorrer toda su longitud.
- No hay control de horarios en las raciones.
- No hay control de cantidad de alimento.

Fuente: (SARMIENTO & VARGAS, 2014)

a.1 Comederos automáticos:

El funcionamiento básico de este sistema es mediante el tornillo de Arquímedes que son la más común mente utilizados por las grandes empresas que implementan este tipo de mecanismos, el tubo que conforma el sistema cuenta con galvanizado exterior y galvanizado interior además se

El Sin-fin o tornillo de Arquímedes con que cuenta el sistema broilermatic, se manufactura con una aleación muy específica, que asegura y garantiza una máxima resistencia y durabilidad para estas condiciones de trabajo. (Duran, 2014)



Figura 10: Comederos automatizados.**Fuente:** (Duran, 2014)**b. Bebederos automáticos:**

En el sistema de bebedero automático Prolife se siguieron los mismos lineamientos y estándares para asegurar en las instalaciones avícolas el máximo nivel de salud en las aves y de sanidad en las casetas; los nipples utilizados son de fabricación Alemana por la marca Holandesa IMPEX bajo estrictas normas de calidad, éstos además son calibrados de manera individual en planta antes de salir a embarque , para evitar las fugas en la caseta, bajando con esto al máximo los niveles de humedad en la cama y al mismo tiempo mantener agua fresca y limpia para todas las aves disponible en todo momento; de la misma forma los tubos, mangueras, rompedores de presión, inicios y finales de línea así como todos los elementos plásticos utilizados en el sistema, son fabricados con materiales vírgenes de primera calidad, con aditivos y filtros UV de la mejor calidad para evitar al máximo los contaminantes y la posible formación de algas, hongos o bacterias que pudieran degradar el agua que consumirán las aves. (Duran, 2014)

**Figura 11: Bebederos automatizados****Fuente:** (Duran, 2014)**c. Sensor de nivel de agua:**

Un sensor de nivel para líquido tipo flotador con interruptor de ángulo recto es un dispositivo utilizado para detectar el nivel de líquido en un

tanque. El interruptor puede accionar una bomba, un indicador, una alarma u otro dispositivo. (Garzón & San Lucas, 2011)

d. Extracción de aire:

El sistema de ventilación y extracción de aire debe diseñarse con base en las características y necesidades específicas, por ejemplo, el nivel de temperatura que se requieran en cada una de las áreas. Hoy en día diversos proveedores se encargan de realizar el diseño del sistema ventilación y extracción con base en los volúmenes de extracción calculados y a las especificaciones en la calidad del aire requeridas. (Fitzpatrick, 1994)

Presión de aire positiva: Se forma cuando el flujo de aire que se introduce al interior tiene una presión mayor que el aire presente en el interior. Para lograrlo se realizan cálculos de recambios de aire por hora (RAH) para garantizar que el aire que se está inyectado tiene la suficiente presión para expulsar (reemplazar) al aire en el interior. El proveedor especializado realizará los cálculos requeridos de acuerdo a los volúmenes de aire ocupados en cada espacio y con base en ello propondrá las capacidades de los equipos de ventilación y extracción. (Fitzpatrick, 1994)

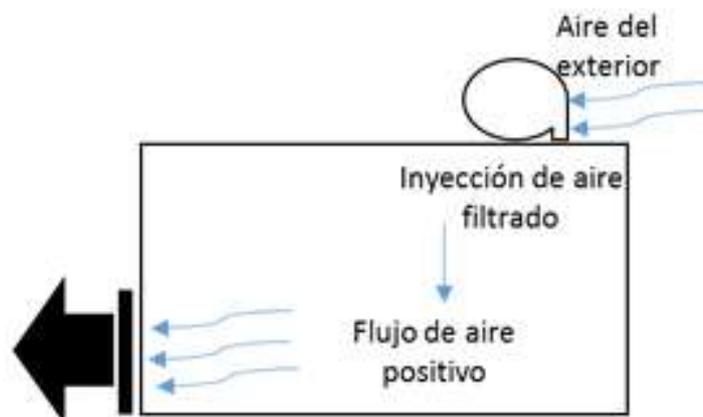


Figura 12: Flujo de aire positivo

Fuente: (Fitzpatrick, 1994)

Presión de aire negativa: Se refiere al flujo del aire que ocurre de una zona de baja presión a una zona de alta presión. Ésta se presenta cuando el flujo de aire fluye hacia el interior de un espacio. Esta presión es recomendable para áreas de servicio a empleados como sanitarios,

vestidores, donde el flujo de aire al tener una menor calidad no deberá fluir hacia áreas donde se requieren ambientes muy controlados de aire tales como áreas de proceso. (Fitzpatrick, 1994)

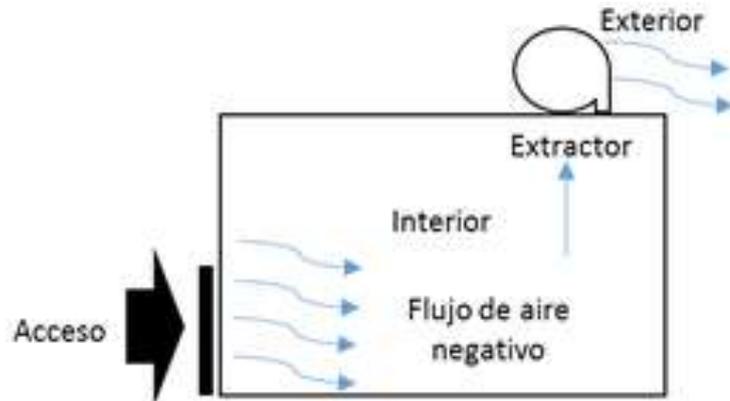


Figura 13: Flujo de aire negativo

Fuente: (Fitzpatrick, 1994)

1.5.7 Visión artificial

Conocida como Visión por Computadora. Conjunto de todas aquellas técnicas y modelos que nos permiten la adquisición, procesamiento, análisis y explicación de cualquier tipo de información espacial del mundo real obtenida a través de imágenes digitales. (Ecuared, 2015)

Visión es un proceso que produce, a partir de las imágenes del mundo exterior, una descripción que es útil para el observador y que no tiene información irrelevante. (Marr, 1982)

La ventana al mundo de muchos organismos es la visión, cuya función es reconocer y localizar objetos que se encuentran a su alrededor, realizando el respectivo procesamiento de las imágenes. Debido a la interpretación correcta de las imágenes captadas en el medio que nos rodea se puede realizar diversas tareas que permitan el desempeño del organismo.

Esta definición se acerca a la idea actual a la visión artificial donde existen tres aspectos importantes a tomar en cuenta:

- Visión como un proceso computacional

- La descripción es dependiente del observador
- Eliminar la información irrelevante.

Se debe tomar muy en cuenta la diferencia entre procesamiento de imágenes y visión por computador, la primera se refiere al mejoramiento de una imagen para la posterior interpretación por una persona; mientras que la visión por computador se refiere a la interpretación de imágenes por una máquina. (Sugar & Gómez, 2011)

El procesamiento de imágenes es un área muy ligada a visión por computadora, no obstante, sus objetivos difieren uno del otro, siendo el objetivo del procesamiento de imágenes mejorar la calidad de la imagen para una posterior interpretación como, por ejemplo:

- Remover problemas causados por movimiento o desenfoque
- Mejorar características como color, estructura, contraste, etc.
- Agregar colores a imágenes monocromáticas.

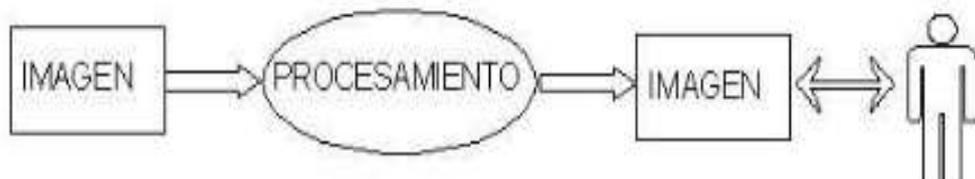


Figura 14: Esquema general del procesamiento de imágenes

Fuente: (Sugar & Gómez, 2011, pág. 2)

Por otra parte, el objetivo claro de la visión por computadora es extraer las características más sobresalientes de la imagen, para que sean interpretadas por la computadora, por ejemplo:

- Descomponer el objeto de la imagen en diferentes partes
- Construir una representación en tres dimensiones del objeto
- Determinar la opción del objeto en la imagen

La descripción útil de la imagen permite realizar una o varias tareas, para poder llevar a cabo esta tarea se realiza modificaciones en los atributos de la imagen. Se extraen los atributos de la imagen de entrada, obteniendo a la salida la descripción de la imagen analizada.

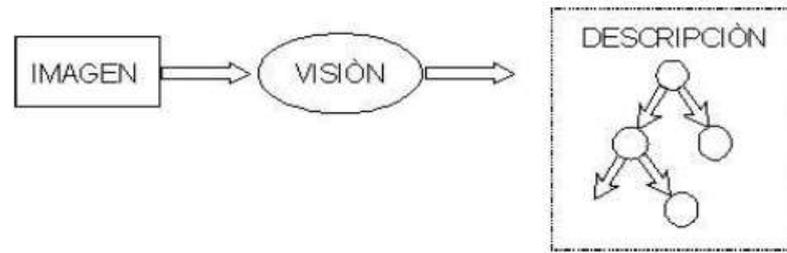


Figura 15: Esquema general de visión por computadora

Fuente: (Sugar & Gómez, 2011, pág. 2)

Las aplicaciones de la visión artificial se han concentrado en los campos de la robótica como la de la medicina, en colaboración con empresas y centros hospitalarios se ha desarrollado desde el agarre de objetos desconocidos a la evaluación de osteoporosis o el análisis morfométrico y clínico de la columna vertebral (Somolinos, 2002).

Pero en la actualidad destacan áreas como la video vigilancia, control de calidad en objetos manufacturados y frutos para el consumo humano. Entre otras más podemos mencionar las siguientes:

- Robótica móvil y vehículos autónomos.
- Interpretación de imágenes obtenidas de satélites, destinadas a la predicción del clima.
- Interpretación de dibujos, planos y reconocimiento de texto conocido como reconocimiento de caracteres
- En el área de la astronomía, donde la imagen obtenida por telescopio es procesada para localizar e identificar los objetos en el espacio.

a. Etapas de un sistema de visión artificial

Las cuatro etapas principales de un sistema de visión artificial: captura, procesamiento previo, segmentación y reconocimiento (Alonso & Dominguez, 2014).

a.1 Captura

La captura es realizada mediante un dispositivo óptico el cual obtiene información de una escena, esta información es digitalizada constituyendo elementos denominados “pixel” (picture element), cada uno almacena información fundamental para la representación de la imagen como el nivel de brillo, profundidad de color, color, entre otros.

Según (Marugán, 2011), se debe tener claro algunas definiciones cuando se maneja imágenes digitales, entre los cuales se puede enunciar:

- Resolución: Cantidad de pixeles en una determinada longitud tanto en centímetros o pulgadas, mientras más pixeles por longitud, mejor se verá la imagen, obteniendo mejor información.
- Tamaño: Es la dimensión en pixeles de ancho y alto de una imagen.
- Profundidad de color: Es el número de colores diferentes que puede tener un pixel.
- Modo de color: Método usado para dar el color a un pixel. Los más utilizados son el RGB (Rojo - Verde - Azul) y el CMYK (Cian - Magenta – Amarillo - Negro). (Marugán, 2011)

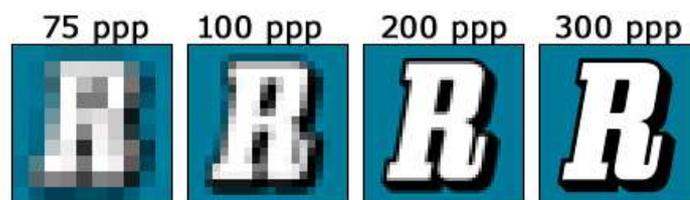


Figura 16: Resolución de imagen

Fuente: (imprentaonline, 2006)

a.2 Procesamiento previo

El procesamiento previo o pre procesamiento permite realiza operaciones y trasformaciones necesarias para eliminar partes de la imagen o realzarlas. La figura 17 se muestra como la imagen original ubicada ala izquierda es previamente procesada por un filtro el cual mejora la calidad presentando como resultado la imagen situada a la derecha. (Marugán, 2011)

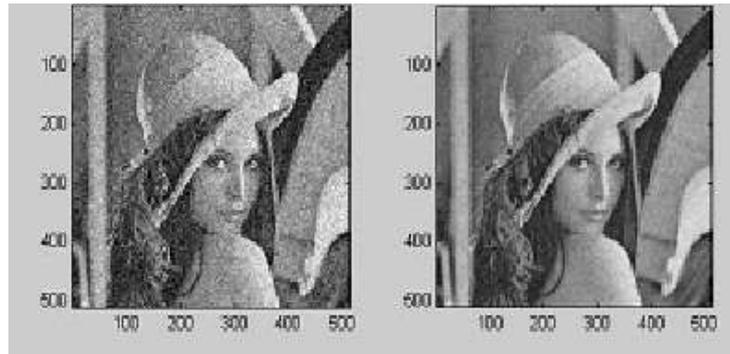


Figura 17: Procesamiento de imagen

Fuente: (Calvopiña, 2010)

a.3 Segmentación

Se centra en como aislar objetos o partes de los objetos del resto de la imagen, permitiendo extraer regiones que sean de mayor utilidad para la etapa de reconocimiento, en videos de seguridad el fondo es el mismo durante largas horas, que realmente no es de interés. Lo que es de interés es cuando personas o vehículos entran en la escena, para posteriormente aislar esos eventos eliminando interminables horas donde no sucede nada.

Según (Muñoz, 2010) los métodos de segmentación se pueden agrupar en cuatro clases diferentes:

- Métodos basados en píxeles, que a su vez pueden ser:
 - Locales (basadas en las propiedades de los píxeles y su entorno)
 - Globales (basadas en la información global obtenida, por ejemplo, con el histograma de la imagen).
- Métodos basados en bordes: Parten de un píxel del contorno y van determinando la sucesión correspondiente de bordes locales hasta llegar de nuevo al píxel inicial.
- Métodos basados en regiones, que utilizan las nociones de homogeneidad y proximidad geométrica, como las técnicas de crecimiento, fusión o división: La regla de homogeneidad obedecerá a algún criterio de similitud de los píxeles de la misma región y se basa en dichos descriptores, los píxeles que corresponde a los picos del histograma pueden ser una buena elección.

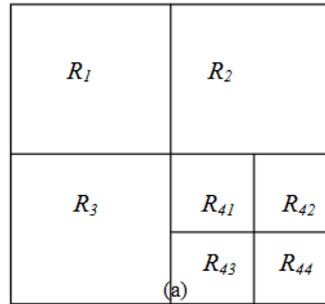


Figura 18: Imagen dividida

Fuente: (Muñoz, 2010)

- Métodos basados en modelos: La transformación punto a curva que aplica cada punto del plano cartesiano (X, Y) en una curva sinusoidal del plano (θ, r) , donde los puntos de dicha curva se corresponde con las rectas del haz de todas las rectas que pasan por el punto del plano cartesiano, se conoce con el nombre de la transformación de Hough 1962. Esto implica un gran costo computacional, ya que el punto con mayor coincidencia de rectas es tomado como un punto homogéneo para realizar el o los contornos de la imagen.

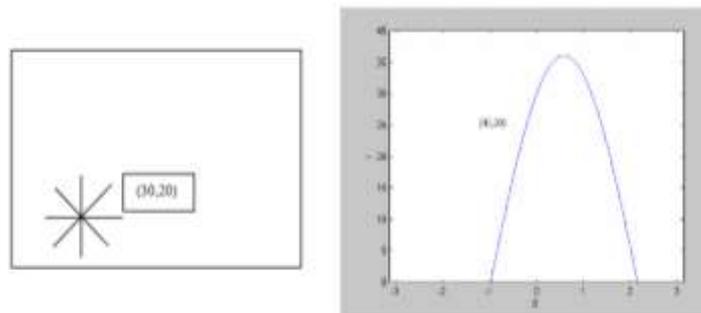


Figura 19: Representación de la relación por el método de Hough

Fuente: (Muñoz, 2010)

a.4 Reconocimiento

En esta etapa se evalúa los resultados de las etapas anteriores y se repite este procedimiento sucesivamente, de no obtener una solución satisfactoria se puede proceder con la modificación de los parámetros de las

anteriores etapas. Su validación deberá ser realizada por un conocedor del área donde el sistema de visión artificial se a implementar. (Marugán, 2011)

1.5.8 Software OpenCV

OpenCV es una fuente de código libre, está escrita en lenguaje C y C++, puede ser ejecutada en sistemas operativos como Linux, Windows, Mac. Su desarrollo permite compatibilidad con Python, Ruby, Matlab y otros idiomas.

Uno de los objetivos de OpenCV es proporcionar una infraestructura de visión por computadora simple de usar, que ayuda a las personas a construir aplicaciones de visión bastante sofisticadas rápidamente conteniendo más de 500 funciones que abarcan muchas áreas de la visión, Inspección de productos, imágenes médicas, seguridad, interfaz de usuario, calibración de cámara, estéreo Visión y robótica (Bradski & Kaehler, 2008).

La versión 3.5.1 se utilizará para el desarrollo de esta tesis, en la figura 20 se puede observar la interfaz gráfica que el programa presenta al usuario para poder empezar a desarrollar el código correspondiente.



Figura 20: OpenCV en la interfaz de QtCreator

Desde su creación por Intel con su primera versión alfa en 1999 ha destacado como uno de los programas pioneros para realizar proyectos relacionados en el procesamiento de imágenes en tiempo real.

1.5.9 Cámaras:

La cámara fotográfica es un dispositivo tecnológico que tiene como objetivo o función principal el tomar imágenes quietas de situaciones, personas, paisajes o eventos para mantener memorias visuales de los mismos. Las cámaras fotográficas son las responsables del nacimiento de dos ciencias o artes: la fotografía y, posteriormente, el cine. Las primeras cámaras fotográficas fueron creadas a principios del siglo XIX aunque las mismas no mantenían muchas de las características típicas de un dispositivo de este tipo si no que eran versiones muy primitivas del mismo. Hoy en día, las cámaras fotográficas han evolucionado en gran modo y podemos grabar y reproducir imágenes de nuestro entorno de modo inmediato gracias a las novedades tecnológicas de los últimos años. (ABC, 2007)

a. Tipos de cámaras

a.1 Cámaras IP DCS-910

La cámara IP DCS-910 es la solución Home-Solo costo para monitoreo remoto.

Características principales:

- Monitoreo y grabación de video remoto, Software de monitoreo D-ViewCam 2.0 incluido.
- Sensor CMOS con lentes de vidrio para una excelente calidad de la imagen.
- Sensor CMOS de 1 lux que permite captura de video en entornos de baja luminosidad.
- Soporte de stream de video JPEG para monitoreo remoto
- Envío de Snap-shots a servicio FTP o vida E-mail
- Soporte UPnP & DDNS para facilidad de configuración de los parámetros de red. (Garzón & San Lucas, 2011)



Figura 21: Cámaras IP DCS-910

Fuente: (D-Link, ns)

a.2 Cámara web

Una webcam o cámara web suelen ser los dos términos, en inglés y en español, utilizados para definir a cualquier cámara que genera imágenes a las que se puede acceder a través de un servidor de Internet o enchufarse a una PC, generalmente a través de un puerto USB. (InformaticaHoy, 2011)



Figura 22: Cámara web

Fuente: (InformaticaHoy, 2011)

CAPÍTULO II

2. DISEÑO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES DEL SISTEMA

2.1. Introducción

Este capítulo tiene como finalidad realizar un diseño que permita solucionar los problemas que se pudiesen encontrar en el desarrollo de la investigación, a si también seleccionar componentes adecuados para la implementación de este proyecto.

2.2. Parámetros de la avícola

Se tiene un volumen 180 m^3 con un área de 60m^2 , considerando esta área el número máximo de pollos que se puede alojar es de 1080 pollos según esto equivale a una granja de nivel medio según José Moreno Martínez (Martínez, 2011)

2.3. Características de los comederos.

Según el veterinario para que el pollo se acostumbre a los comederos estos se los coloca sobre el piso a medida que crecen los comederos se deberán alzar hasta la altura de su espalda, de esta manera evitaremos el desperdicio de alimento.

Por lo cual el sistema debe ser de fácil movilidad tanto para el levantamiento de comederos como para su limpieza.

2.4. Sistema automático de alimentación.

Mediante la investigación se observó la necesidad de dividir el distribuidor de alimentos en subsistemas los cuales son:

- Distribución de alimento.
- Canales de distribución
- Apertura y cierre del racionamiento
- Control del sistema

2.4.1 Sistema de distribución del alimento

Para realizar el diseño del sistema de distribución es necesario determinar la mejor opción y a si tener un óptimo funcionamiento en el sistema, tomando en cuenta los sistemas existentes en el mercado.

a. Distribución mediante tornillo de Arquímedes

El tornillo de Arquímedes consta de espas en forma de espiral las cuales permiten el desplazamiento de materiales que estén inmersos en estas como se muestra en la figura 23.

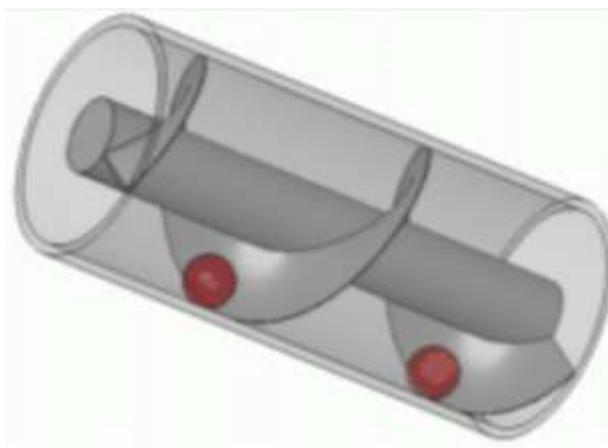


Figura 23: Tornillo de Arquímedes

Fuente: (SIBYLA, 2009)

La distribución consta de un sistema de almacenamiento un motor acoplado a el tornillo de Arquímedes este sistema convencional y el más utilizado no consta de un sistema tipo de reloj es decir no tienen horarios en las raciones únicamente consta de un sensor de presión el cual permite que el sistema siempre conste de comida para las aves, este no es uniforme puesto que el sensor está ubicado en la parte final de los comederos y no en todos estos.

La aplicación de este sistema representa una gran inversión por parte del avicultor y para que este sea rentable debe el sistema emplearse en galpones de 5000 pollos en adelante.

b. Distribución mediante sistema de aire

La propuesta viene dada como una nueva alternativa diferente a las utilizadas en la actualidad, debido a que con ella podemos reservar el

alimento por algunos días y racionarlo en horas específicas, evitando que el productor tenga la necesidad de cargar el alimento a cada momento.

Esta idea es menos costosa, debido a que solo consta de tubería y un motor expulsor de aire y su sistema de control respectivo que tienen como principal función el racionamiento adecuado en el momento justo.

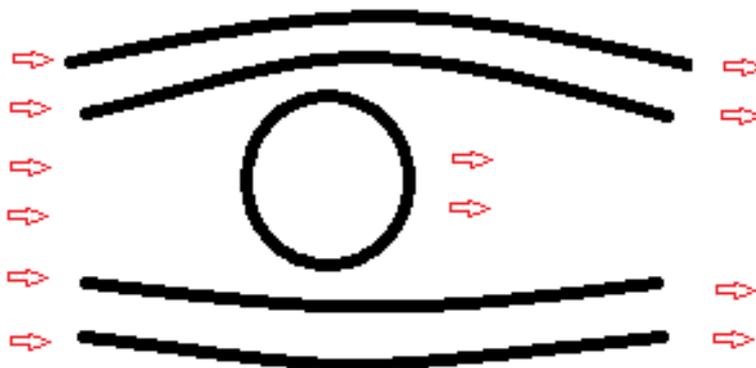


Figura 24: Desplazamiento por medio de aire

c. Selección del sistema

Los dos tipos de sistema de distribución de comida serán analizados en la siguiente tabla, para de esta manera determinar la selección adecuada para poner en funcionamiento en la avícola.

**Tabla 3:
Sistemas de distribución de comida**

Sistema tornillo de Arquímedes		Distribución mediante aire	
VENTAJAS	DESVENTAJAS	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Moviliza grandes cantidades	Costoso	Barato	Complicada manipulación del aire
Es fácil su manipulación	Complicada implementación	Es fácil su manipulación	
Fácil manipulación del tornillo	Difícil limpieza	Fácil de limpiar	
	Tubería sólida difícil de manipular	Fácil implementación	

En conclusión, el sistema tornillo de Arquímedes tiene un alto costo y no es factible su implementación debido a que la avícola puede tener un

máximo de 1080 pollos y esta cantidad no representaría una ganancia óptima para su implementación.

Por lo que la propuesta de distribución mediante aire viene dada como una nueva alternativa diferente a las utilizadas en la actualidad, debido a su bajo coste de implementación y mejor control para una mejor distribución del racionamiento de la alimentación, es por este motivo que se optó por la implementación de este sistema.

Para realizar un sistema de distribución es necesario un buen diseño de canales para un buen desplazamiento del alimento que se lo realizará en el ítem siguiente

2.4.2 Diseño de los canales de distribución

a. Cálculo del diámetro de tubería

El sistema constará de un motor expulsor de aire el cual permitirá el desplazamiento del alimento por la tubería para esto deberemos determinar el diámetro correcto de la tubería y esta se calcula con la Ecuación 1 (Streeter, 2000)

$$D = \sqrt{\frac{4\dot{m}}{\pi \frac{P}{RT} v}}$$

Ecuación 1: Diámetro de tubería en función del caudal másico

Donde:

\dot{m} : Caudal másico de comida a trasportar

P: Presión de Latacunga $104.011 \frac{KN}{m^2}$

T: temperatura absoluta del ambiente de crianza de las aves 303.15Kelvin

R: Constante universal de los gases ideales $290.7 \frac{Nm}{KgKelvin}$

v: Velocidad de flujo de aire por la sopladora de $644 \frac{Km}{s}$

De la investigación desarrollada la distribución de la comida debe ser máximo en 5 segundos llenado los 17 distribuidores con 1 libra, por lo que se obtiene como caudal másico de:

$$\dot{m}: \frac{17 * 1lb}{5s} = \frac{17lb}{5s} = \frac{7.71107Kg}{5s} = \frac{1.542214Kg}{s}$$

$$D = \sqrt{\frac{41.542214}{\pi \frac{104.011}{290.7 * 303.15} 644000}}$$

$$D = 0.05m = 1.9inch$$

$$D \approx 2inch$$

El diámetro de la tubería se aproxima al diámetro que se consigue en el mercado de tubería de plástico a nivel local.

En la figura 25 se muestra mediante la simulación de un software de diseño mecánico, como el fluido del aire recorre tubería a través de una compuerta de distribución.

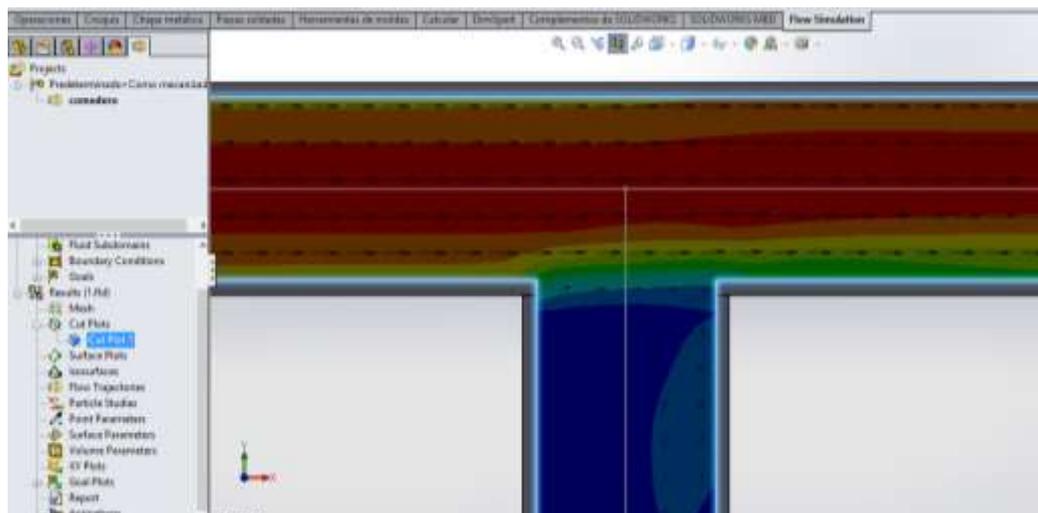


Figura 25: Análisis del movimiento vectorial del fluido

Por lo tanto, el diseño final de los canales de distribución quedaría de la siguiente manera:

2.4.3 Diseño mecánico de apertura y cierre del racionamiento de comida

El sistema de alimentación debe tener la capacidad de distribuir el alimento en 17 comederos distanciados uno del otro 1 metro, teniendo en

cuenta el peso de la comida en cada contenedor, se tiene dos alternativas según el tipo de tapado.

a. Sistema de alimentación con apertura tipo palanca

Para poder racionarlo se coloca una tapa en tipo palanca en todos los distribuidores de comida de tal manera que mediante la actuación de un motor abra o cierre las compuertas para la alimentación.

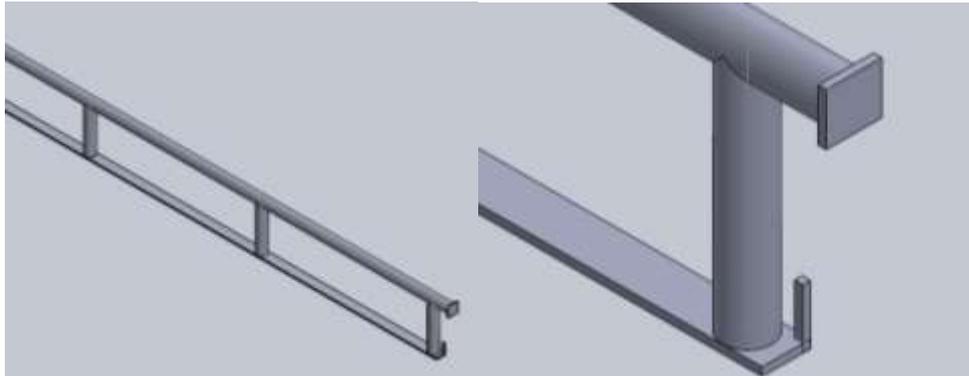


Figura 26: Apertura tipo Palanca

b. Sistema de alimentación con abertura tipo manga

Este sistema de abertura consta de una manga hermética flexible, la cual se cierra o abre mediante su servomotor individual, permitiendo un mejor control en el racionamiento de la comida.



Figura 27: abertura tipo manga

c. Selección de sistema de tapado

Los dos tipos de racionamiento de comida para las aves de crianza serán analizados y ponderados acorde a los siguientes parámetros.

Tabla 4:
Tapado tipo manga y tipo palanca

Tipo Palanca		Tipo Manga	
VENTAJAS	DESVENTAJAS	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Fácil implementación	Costoso	Barato	Difícil de controlar
Fácil de controlar	Complicada implementación	Fácil implementación	
Barato	No es hermético	La comida no se adhiere a las tapas	
Mejor control	Comida adherida en las tapas	Es hermético	

El sistema con tapado tipo palanca necesita que la tapa este totalmente limpia para que no se produzca ninguna obstrucción al momento del tapado, puesto que la comida es de composición grasosa la tapa necesariamente se ensuciará, por ende, un mal tapado y esto producirá una fuga de comida.

La mejor opción es el sistema con tapado hermético ya que este permite tener un mejor control del aire que ingresa al sistema. Este sistema no permita fuga de comida y un mejor proporciona un buen tapado.

2.4.4 Diseño del control de racionamiento

En el siguiente diagrama de flujo se observa cómo será el funcionamiento del sistema de control, comenzando con el botón de inicio de doble posicionamiento que permite energizar o des energizar el sistema, dando paso el encendido de un motor expulsor de aire durante 10 segundos, luego se encenderán los 17 motores, posteriormente tendrá una espera de vasiado de las tuberías de 10 segundos, para dar paso al tapado con la activación de los motores en sentido contrario finalmente tendrá una espera de 4 horas para poder repetir el ciclo.

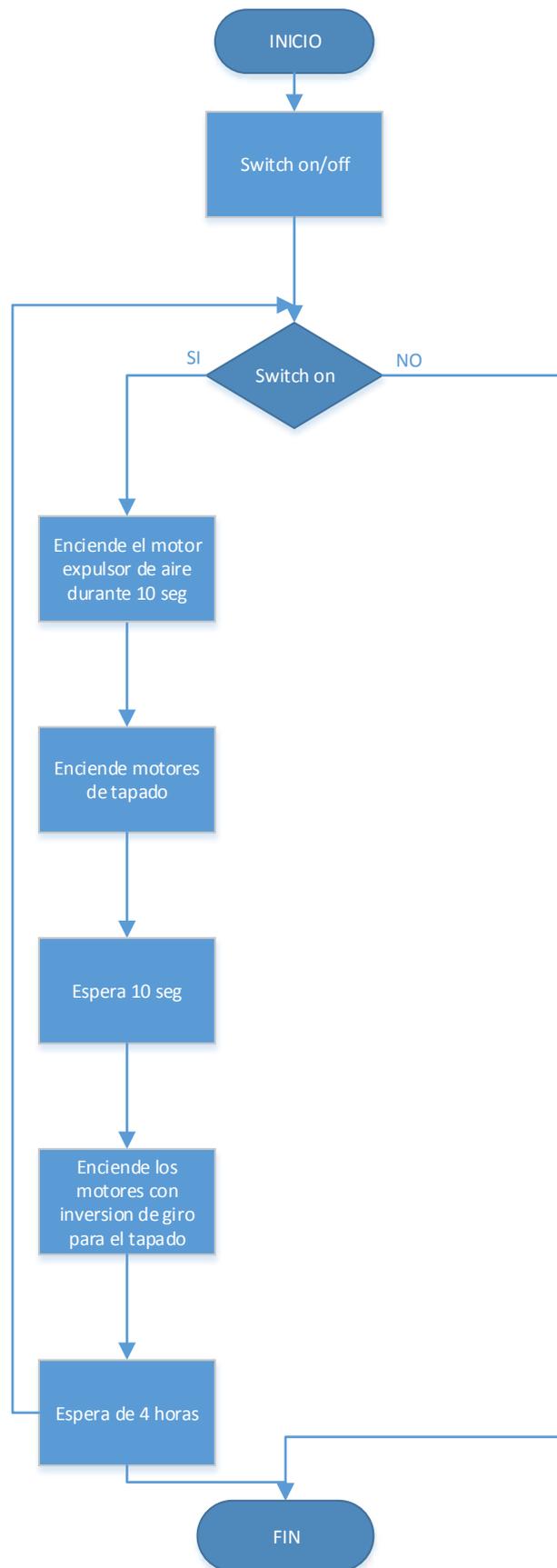


Figura 28: Diagrama de flujo del sistema distribución

El diseño se realizó en software de diseño electrónico donde logramos tener una idea clara del funcionamiento del sistema.

En la figura 29 se observa el diagrama electrónico de la etapa de potencia de los servomotores y el puente H para la inversión de giro de los motores.

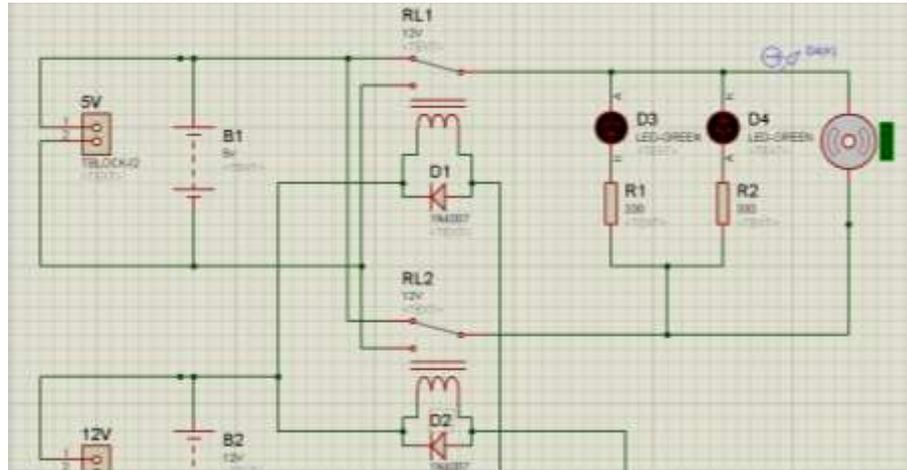


Figura 29: Puente H servomotores

Diagrama eléctrico correspondiente a la etapa de desacoplamiento del circuito de potencia y control, la figura 30 muestra como mediante el uso de opto-transistores NPN los relés son controlados.

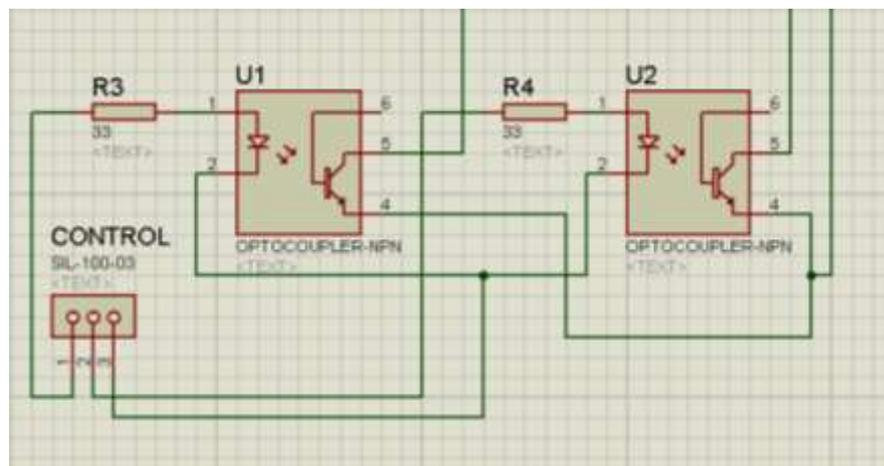


Figura 30: Etapa desacople control / potencia

En conjunto las etapas del circuito de control de racionamiento trabajan para dar un adecuado manejo de la abertura y cierre de los distribuidores de comida para las aves, en la siguiente figura se muestra el circuito completo.

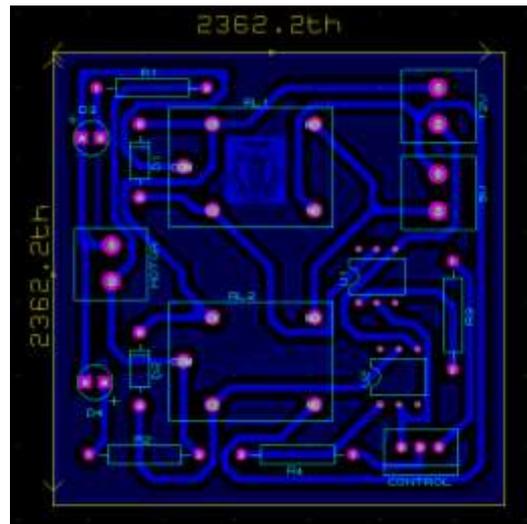


Figura 31: PCB Circuito de control de racionamiento

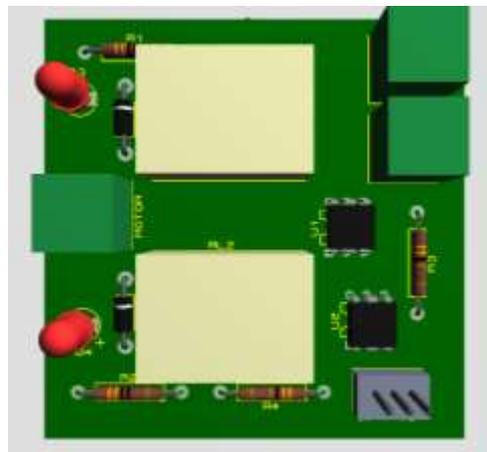


Figura 32: Diseño 3D del circuito de control de racionamiento

2.5. Diseño del sistema de control de temperatura y humedad

Para el sistema de control se optó por un control del tipo inteligente. El diagrama de flujo siguiente muestra el funcionamiento del sistema para controlar la temperatura y humedad. En primer lugar encenderemos la PC con el software Fuzzy, una vez encendida la pc esta encenderá el arduino el que se encarga de procesar los datos para luego enviarlos al controlador Fuzzy, para que este finalmente nos dé una salida que va a actuar directamente con los extractores de aire. A medida que la temperatura y la humedad aumentan los ventiladores giraran con mayor velocidad

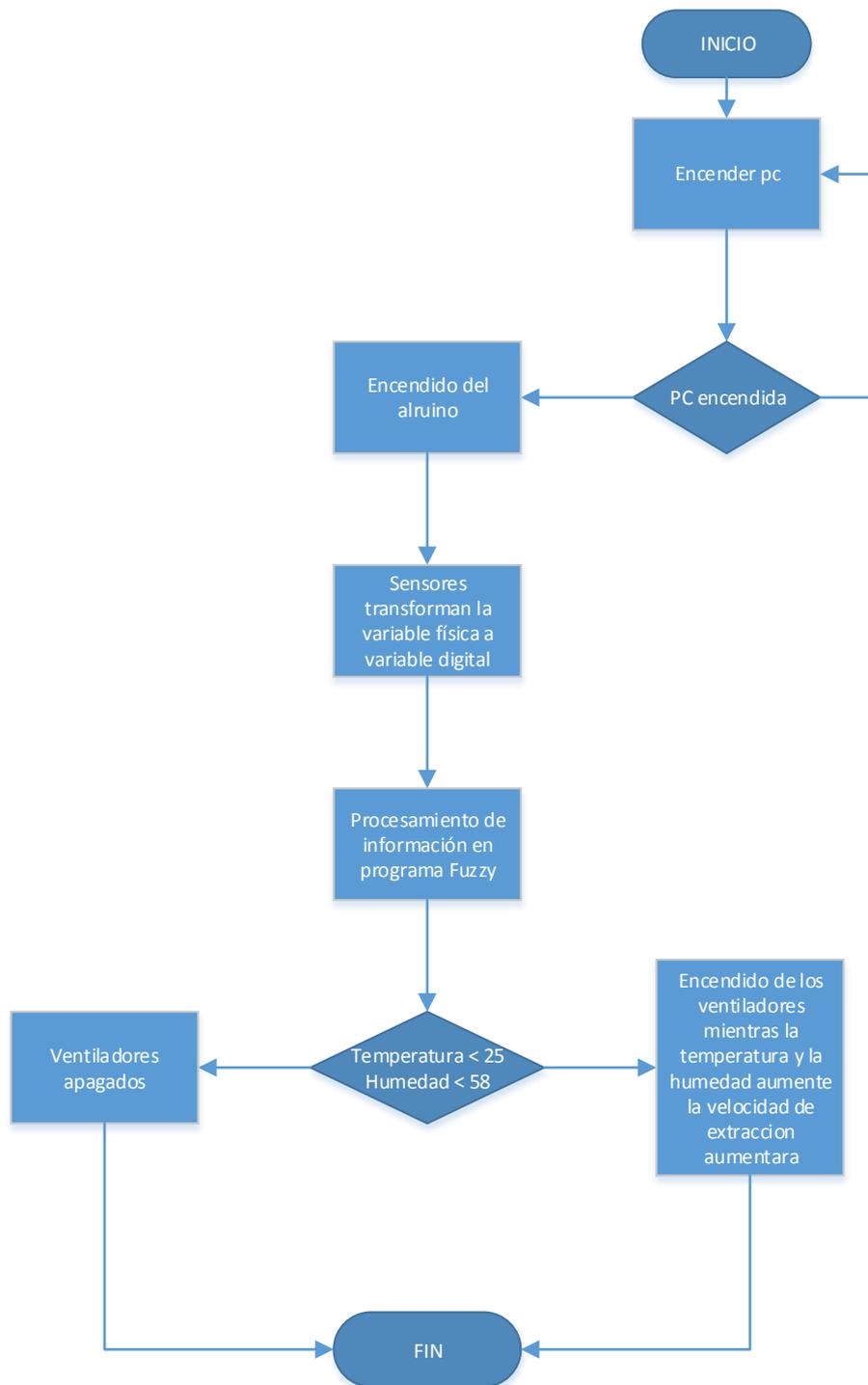


Figura 33: Diagrama de flujo control de temperatura y humedad

2.5.1 Diseño del control para la variable de humedad

Para determinar el mejor sensor que se adapte a los requerimientos necesarios para el sistema realizaremos una tabla comparativa dando a conocer los diferentes sensores que existen viendo a su las ventajas y desventajas.

Tabla 5:
Tipos de sensores de humedad

SENSOR	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Bulbo Húmedo/Seco	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Método más popular ➤ Alta exactitud ➤ Fácil de operar ➤ Fácil de repara 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ A baja humedad Bajo desempeño ➤ Mantenimiento Continuo
Condensación	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Depende de la temperatura 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ El gas debe ser transparente ➤ El gas no debe contener impurezas
Mecánicos	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Fácil realización ➤ Aprovecha los cambios en materiales en presencia de humedad 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ No es robusto ➤ No tiene aplicabilidad industrial
Capacitivos	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Ambientes con altas Temperaturas ➤ Alto grado de sensibilidad ➤ Baja humedad respuesta rápida 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Se satura fácilmente ➤ No es lineal

Para el ambiente en el cual se implementará el sensor, un adecuado sensor es del tipo capacitivo debido a que este va a estar expuesto a altas temperaturas, a un ambiente contaminado y necesariamente debe tener una buena sensibilidad.

Un ejemplar de este tipo de sensor, es el Hs1101 este sensor tiene como características:

- Para grandes volúmenes
- Bajo costo
- Desaturación instantánea
- Respuesta rápida
- Alta fiabilidad



Figura 34: Sensor Hs1101

a. Acondicionamiento del sensor de humedad Hs1101

En la figura siguiente se encuentra la conexión para el sensor de humedad hs1101 que consta de un 555 para capacitores y resistencias configurado como astable en donde C2 y C3 sirven para estabilizar el voltaje de entrada y los pulsos de salida C4 es el sensor Hs1101

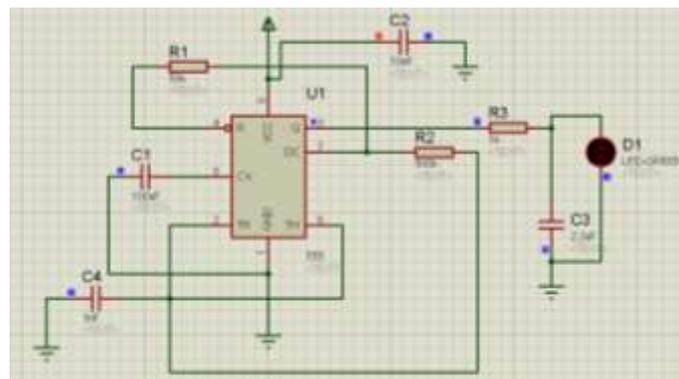


Figura 35: Diseño del circuito de acondicionamiento para el sensor de humedad

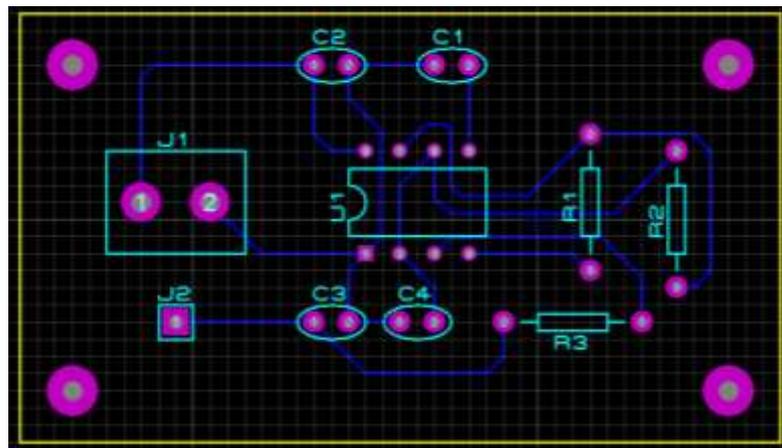


Figura 36: PCB del Diseño de circuito de acondicionamiento para el sensor de humedad

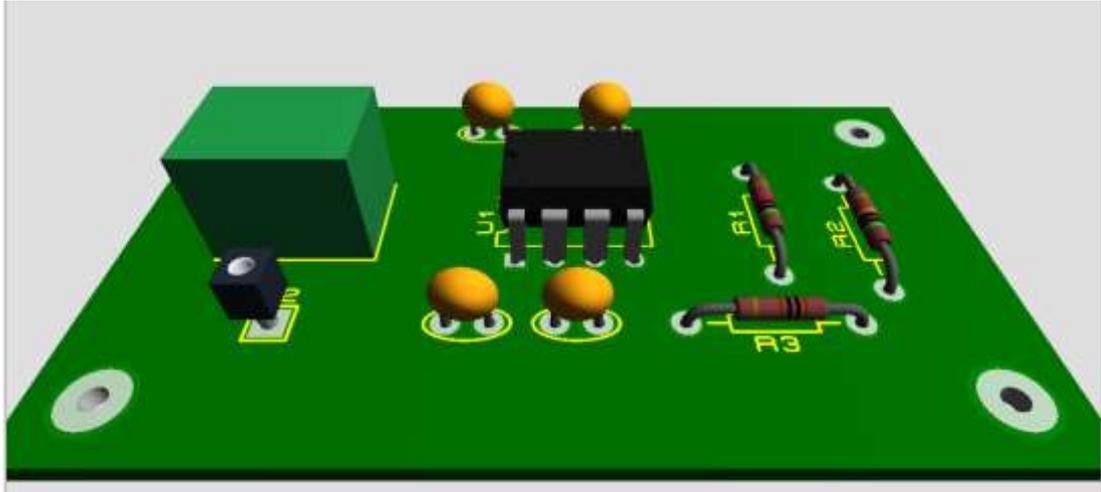


Figura 37: Diseño 3D del circuito de acondicionamiento para el sensor de humedad

2.5.2 Diseño del control para la variable de Temperatura

Se selecciona el sensor LM35 puesto que va a estar expuesto a temperaturas de entre 25 a 35 grados y el rango que este sensor nos proporciona es de -55° a 150°C . La salida que nos proporciona es lineal lo que nos facilita la manipulación de los datos arrojados.

El tipo de encapsulado que común mente se utiliza es el To-92 el cual consta de 3 pinas como muestra la figura:

- 1) Voltaje 5V ó Vs
- 2) Voltaje de salida ó Vout
- 3) GND

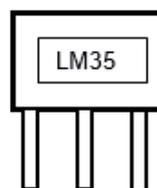


Figura 38: Sensor LM35

Las características principales de este sensor son las siguientes:

- Alimentación de 4 a 30 V
- Salida lineal $10\text{mV}/^{\circ}\text{C}$
- Alta precisión

- Bajo costo
- Baja impedancia de salida

a. Diseño del circuito de acondicionamiento para sensor de temperatura

Para el circuito de acondicionamiento del sensor de humedad utilizaremos el software de diseño electrónico.

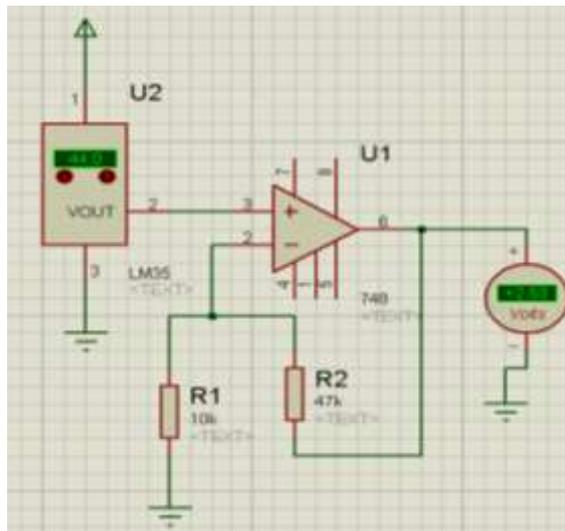


Figura 39: Circuito de acondicionamiento sensor de temperatura

En la figura anterior muestra un sensor de temperatura el cual esta acondicionado con un amplificador operacional el mismo que permite amplificar la señal del sensor de 0 a 5V para que pueda ser fácilmente manipulable la señal del sensor

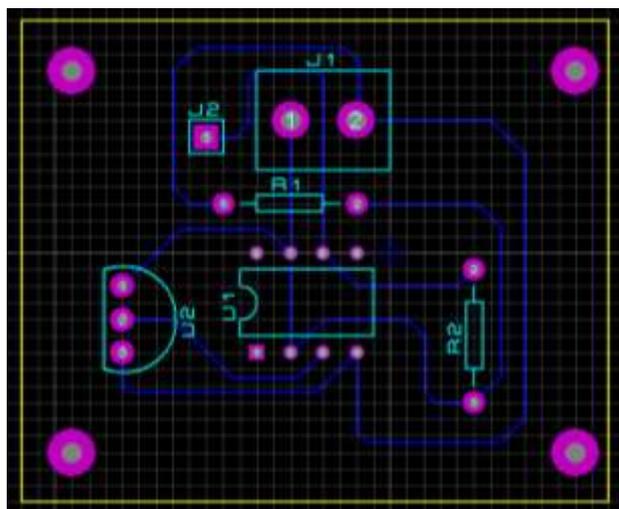


Figura 40: PCB Circuito de acondicionamiento sensor de temperatura

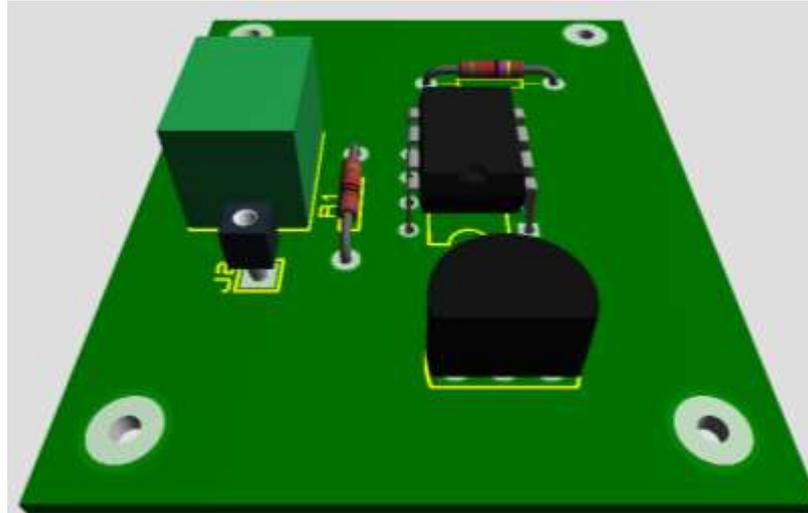


Figura 41: Diseño 3D Circuito de acondicionamiento sensor de temperatura

2.5.3 Diseño del hardware para el control

Para diseñar el hardware nos ayudaremos con un software de diseño electrónico y utilizaremos también la placa arduino para la adquisición de datos puesto que este hardware es de fácil manejo es de uso libre es robusto y puede ser acoplado a diferentes sistemas de control

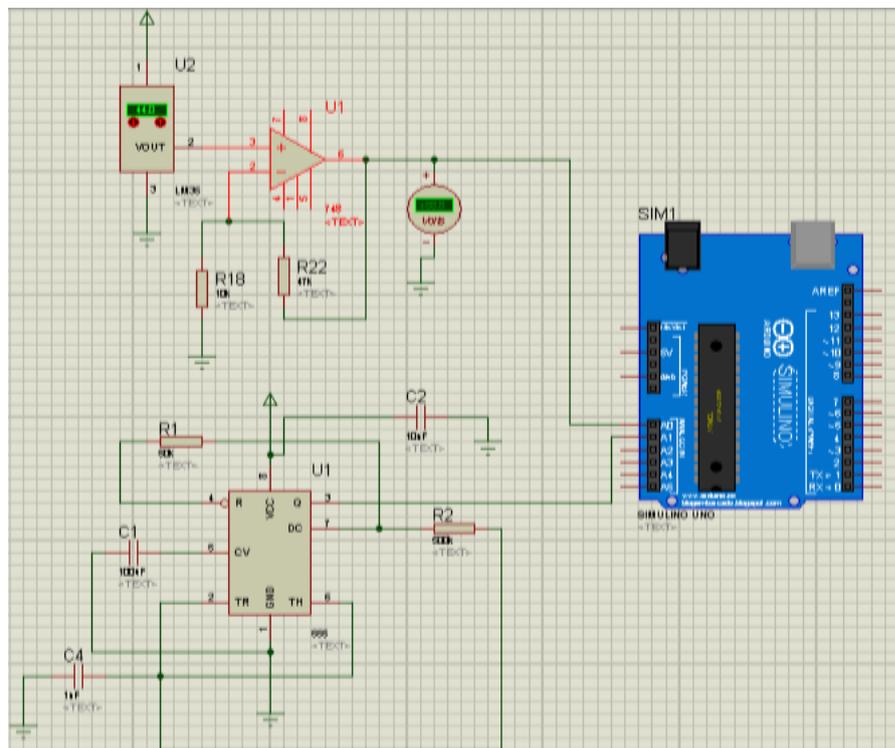


Figura 42: Hardware del control inteligente

En la figura anterior podemos observar los circuitos de acondicionamiento de la humedad y de temperatura acoplados a un arduino, el cual nos permite manipular fácilmente las variables de entrada para posteriormente su control

2.5.4 Diseño del software para el control

Para determinar el tipo de control que cumpla con los requerimientos necesarios para un buen funcionamiento del sistema es necesario la comparación de un control PID que es la comúnmente utilizado y un control inteligente.

Tabla 6:
Características control PID y de un control Inteligente

Control PID	Control Inteligente
Necesita que las constantes estén establecidas correctamente	Necesita de conjuntos
Es robusto	Es robusto
No permite la selección de una determinada acción ante entradas confusas	Permite una selección rápida ante entradas confusas
Es compleja su implementación	Es fácil su implementación

La tabla anterior nos muestra las características de dos grandes sistemas de control, los cuales nos permiten tener un buen manejo de variables a controlar, debido a que nuestro sistema consta de 2 variables las cuales tienen cambios bruscos y por ende confusos, es necesaria la implementación de un control inteligente debido también a su fácil implementación.

a. Selección del control inteligente adecuado

Para el diseño del software del control inteligente tenemos dos métodos posibles control Fuzzy y control mediante redes neuronales.

Tabla 7:
Control Fuzzy y Redes Neuronales

CONTROL FUZZY		REDES NEURONALES	
VENTAJAS	DESVENTAJAS	VENTAJAS	DESVENTAJAS
No necesita un modelado matemático preciso	La velocidad de procesamiento depende de la precisión	Modela sistemas no lineales	Gran cantidad de datos
Toma de decisiones en ambientes de titubeo	Con gran cantidad de variables el sistema se vuelve lento	Aprende automáticamente	Entrenamiento de la red muy extenso
Tratan con información difusa	No aprende de errores sin cálculos complejos	Tratan con información con ruido	No se puede interpretar lo que aprende

- El control difuso puede tratar información confusa en un ambiente de duda sin necesidad de un complejo modelado matemático, el sistema es lento cuando procesa una gran cantidad de variables y no aprende de errores.
- Una red neuronal puede tratar con ruido aprende automáticamente y puede modelar sistemas no lineales. Necesita un extenso entrenamiento y necesita una gran cantidad de datos para obtener un resultado preciso.

En el análisis anterior elegimos el control fuzzy debido a que el sistema solo necesita procesar dos variables, esto produce una gran precisión con una gran velocidad de procesamiento.

b. Actuador final

Para la selección del actuador correcto es necesario realizar el cálculo de extracción de aire y el tiempo que este se demora en realizar esta actividad:

b.1 Cálculo de caudal para la extracción de aire

Se empieza determinando el volumen total del galpón mediante los siguientes datos ancho 2m, largo 20m y altura 3m. Esto nos da un volumen de 120m^3 por lo cual se requiere extraer este volumen de aire en el menor tiempo posible.

b.2 Selección del extractor adecuado

En el mercado existen extractores de diferente caudal de extracción, por lo que se recurrió a elegir el más adecuado para un tiempo y volumen de extracción menor a 1 hora, por lo cual se optó adquirir 4 extractores de aire con un caudal de $60\text{m}^3 / \text{hr}$ figura 39, lo que nos da un total de extracción de $240\text{m}^3 / \text{hr}$, en nuestro sistema el tiempo que tardara en extraer el aire caliente del galpón es de 30 minutos.



Figura 43: Extractor de aire

2.6. Diseño del control y monitoreo del sistema de hidratación

En el diagrama de flujo podemos observar que los sensores de nivel permitirán el activado o desactivado de los transistores los que permiten el encendido de 4 leds los cuales se encenderán dependiendo el nivel en que este se encuentre.

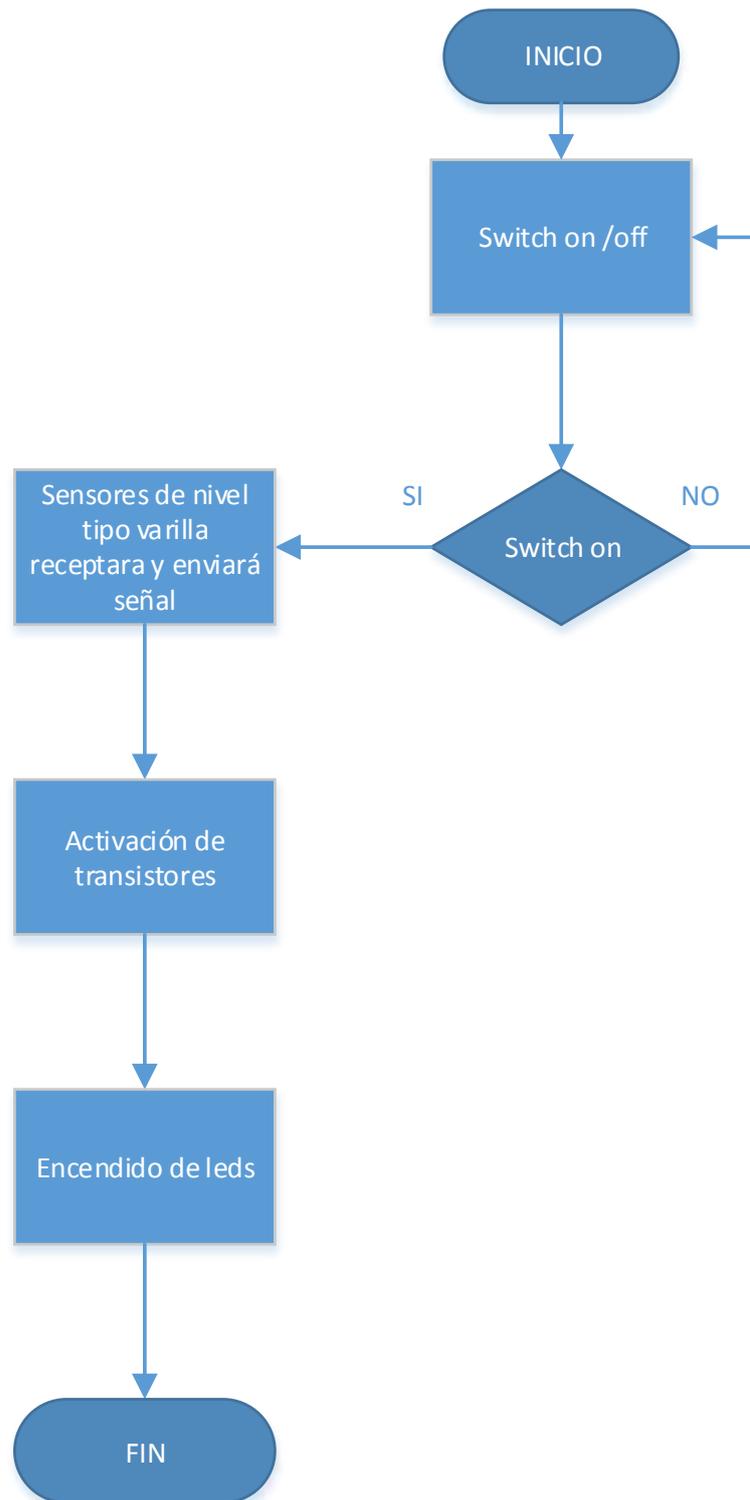


Figura 44: Diagrama de flujo para monitoreo de nivel

2.6.1 Diseño de control de racionamiento de agua

Para el control del sistema se realizó el análisis de dos tipos de control electrónico y mecánico:

Tabla 8:
Sistema de hidratación eléctrico y mecánico

Sistema de hidratación electrónico.		Sistema de hidratación mecánico.	
Ventajas	Desventajas	Ventajas	Desventajas
Es preciso el racionamiento	Es costoso	Tiene un bajo costo	No tiene un preciso racionamiento
Se puede controlar	Difícil implementación	Fácil de implementar	Es voluminoso
Es compacto	Mantenimiento costoso	El mantenimiento no es costoso	

- Se tiene dos alternativas la primera es un sistema electrónico el cual tiene como ventajas su precisión su fácil control y su forma física sus desventajas es su alto costo, su difícil implementación y su mantenimiento costoso.
- La segunda alternativa tiene como ventajas su bajo costo su fácil implementación y su fácil mantenimiento. Sus desventajas son su precisión y su forma física ya que esta es voluminosa.

Por medio del análisis anterior la mejor opción es el sistema de hidratación mecánico puesto que tiene un bajo costo de implementación fácil el mantenimiento fácil de manipular y fácil su implementación.

2.6.2 Diseño del monitoreo

Para el diseño del monitoreo utilizamos el software de diseño electrónico, este sistema de monitoreo debe ser de fácil visualización fácil implementación y debe ser robusto, por esto se diseñará un sistema el cual consta de sensores de nivel, leds para visualización y un encapsulado.

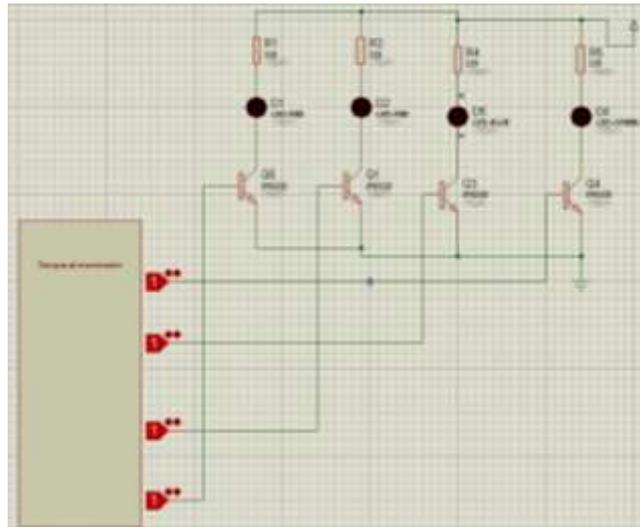


Figura 45: Diseño de monitoreo

a. Descripción de componentes

En la figura siguiente encontramos los sensores de nivel que enviarán 1L o 0L dependiendo si detecta presencia de agua o no.

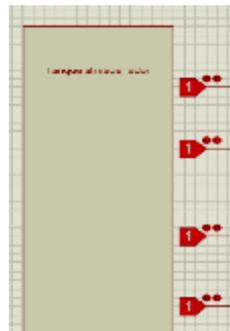


Figura 46: Tanque almacenador con sensores de presencia

En la figura siguiente encontramos el sistema de interruptores electrónicos 2N2222 los cuales permiten el paso o no de corriente dependiendo de la señal que ingresa a la base.

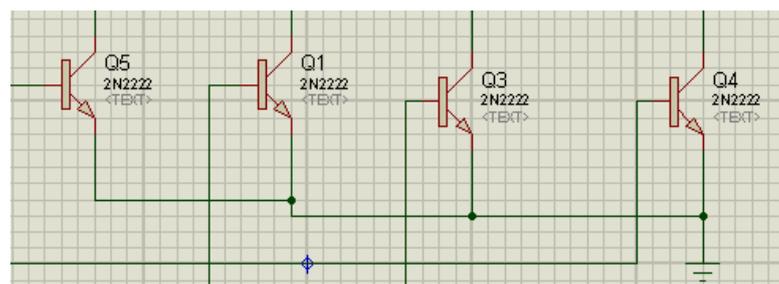


Figura 47: Interruptores NPN

En la figura siguiente se encuentra 4 leds de visualización que permiten al avicultor saber a qué nivel del tanque se encuentra el agua

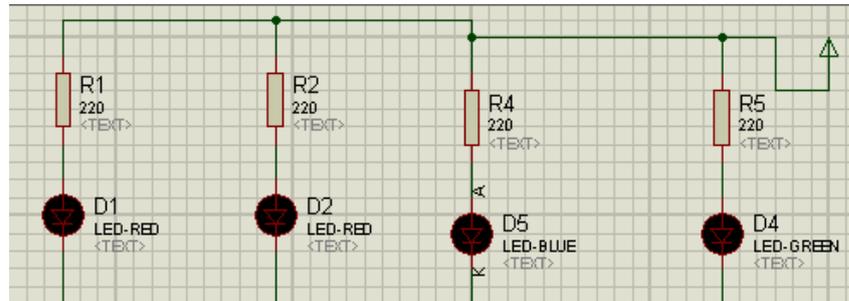


Figura 48: Leds de visualización

2.6 Diseño del sistema de visión artificial

En este literal se aborda el diseño del sistema de visión artificial para la detección de pollos con el síntoma de tetraplejía. En la figura 44 se muestra las etapas que sigue simultáneamente el procesamiento digital de las imágenes, para obtener como resultado la solución del problema.

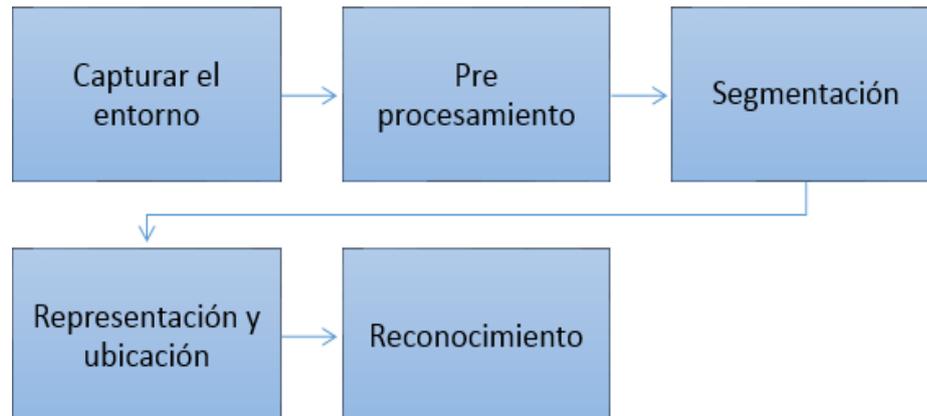
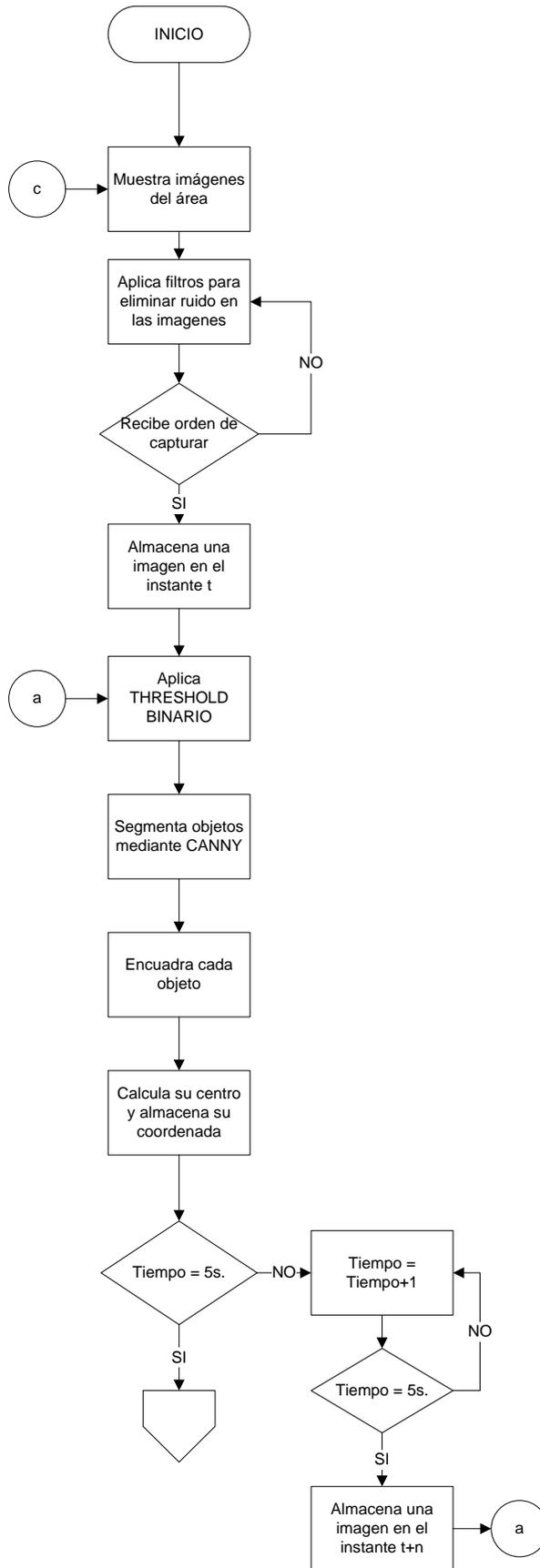


Figura 49: Esquema general del procesamiento de imágenes

Para detectar el síntoma de tetraplejía que prevalece en el ave enferma, el sistema de visión artificial se basa resumidamente en las cinco etapas antes mencionadas, donde la posición del ave es fundamental para detectar su inmovilidad en el entorno capturado por la cámara y posterior a esto realizando el reconocimiento mediante patrones de homogeneidad,

disminuyendo errores de reconocimiento como muestra el siguiente flujograma



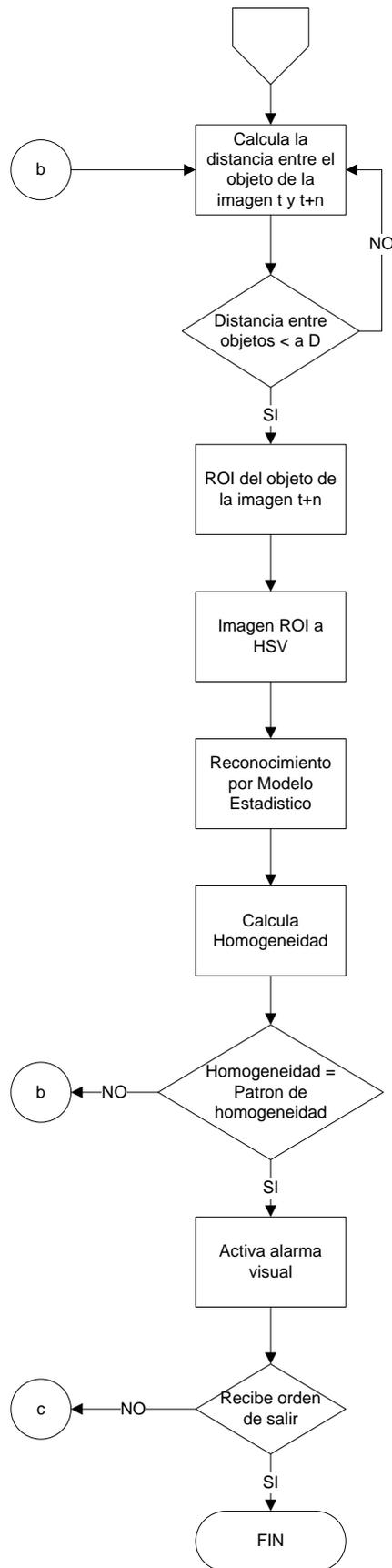


Figura 50: Diagrama de flujo Visión artificial

2.7.1 Captura de la imagen

La captura de los elementos alrededor de su entorno es la primera etapa de un sistema de visión artificial, esta información debe ser digitalizada para que el computador pueda procesarla en las siguientes etapas. Debido a que el entorno donde las aves se desempeñan es grande, las cámaras deben disponer lo siguiente:

- Auto enfoque para evitar distorsiones por cambio en las distancias de los objetos y de esta manera la captura de la imagen sea lo mejor posible permitiendo una detección más confiable
- La distancia de visualización de objetos debe ser mínimo de 10m, y cubrir un área visual de 25m²
- El envío de las capturas del entorno debe ser de forma inalámbrica, para de esta manera disminuir el uso de cableado excesivo debido a la longitud de la avícola, por lo que se utilizara cámaras IP (internet Protocol) las cuales comprimen la imagen digital en una imagen que contiene menos datos para permitir una transferencia más eficiente a través de la Red que permiten aplicar esta metodología a la hora de adquirir la imagen.

Para el presente proyecto se utilizará una cámara IP marca WasCam, modelo HW0024 en la figura 45 se muestra la cámara cuyas características se presentan a continuación:

- Calidad de imagen 720HD H.264 y resolución de 1 mega pixel (1280*720) a 25fps
- 10 led, distancia del IR 10m y lente de 3.6mm
- Audio de dos vías
- Wi-Fi 802.11/b/g/n, PC CMS para control de múltiples cámaras
- Detección de movimiento, FTP upload
- Mascara de video
- Soporte en navegación Firefox, Safari, Chrome
- Soporte Micro SD Card de 32,64 y 128gb
- Fuente de alimentación de 5V DC



Figura 51: Cámara IP WasCam, modelo HW0024

Fuente (Techresources, 2017)

Esta cámara cumple con todos los requerimientos, en distancia de visión, resolución y área de cobertura visual, inclusive su costo es relativamente bajo en comparación a otros de las mismas características de marcas reconocidas en el mercado; esta cámara está diseñada para interiores lo cual es adecuada para el uso interno en la avícola donde se realizará la captura de su entorno.

Para el envío de imágenes al computador mediante tecnología Wi-Fi se requiere de un Router el cual debe disponer de una velocidad de transmisión igual o mayor a la que la cámara envía, para de esta manera evitar retrasos en el procesamiento de la imagen. El Router elegido para este propósito es el modelo TL-WR741ND de la marca TP-LINK, cuyas características son ampliadas a continuación:

- Velocidad Wireless 150Mbps
- Soporta encriptación WPA/WPA2
- Tecnología compatible con 802.11b/g/n
- Peso 0.4kg
- Dimensiones 15*15*8cm
- Compatible con Windows 2000/XP/Vista/7 Linux o MAC
- Alimentación 12 V DC



Figura 52: Router TP-LINK TL-WR741ND

Fuente (TECNIT, 2017)

Como se observa en la figura 52, el router que se utiliza para el envío de imágenes desde la cámara IP al computador para su posterior etapa cumple con los requerimientos necesarios, fundamentalmente en velocidad lo que evita retrasos en la imagen, su instalación es fácil y compatible con gran variedad de dispositivos, entre esos cámaras IP.

2.7.2 Pre Procesamiento

Previo a la obtención de la imagen, muchas veces es necesario mejorar la imagen para resaltar aspectos deseados y eliminar los no deseados, tales como el ruido. Esta tarea tiene un campo muy amplio de estudio, en la etapa de pre procesamiento se utilizan tres tipos de técnicas. (Sugar & Gómez, 2011, pág. 15)

- Operaciones puntuales
- Filtrado
- Ecuación por histograma

La técnica que se utilizara para esta etapa dentro de operaciones puntuales es la de binarización por umbral, su forma básica es una típica

operación puntual la cual entrega una imagen binaria de una transformación no lineal de la imagen de entrada obteniendo una imagen de salida donde cada pixel puede tomar alguno de los dos valores ya sea 0 (negro) o 1 (blanco), para realizar esto se toma un valor de umbral T conocido como threshold cuya ecuación característica es:

$$S[x, y] = 1, E[x, y] > T$$

Ecuación 2. Threshold Binario positivo

Cuando el pixel ubicado en la posición $(x;y)$ supera el umbral threshold este es binarizado a 1, obteniendo el color blanco.

$$S[x, y] = 0, E[x, y] \leq T$$

Ecuación 3. Threshold Binario negativo

Muy diferente de la ecuación 2, cuando el pixel ubicado en la posición $(x;y)$ es menor o igual al umbral, este es binarizado a 0, obteniendo el color negro.

En la figura 53 se observa el uso de la técnica de operación puntual por threshold binario, el cual cuyo valor T de umbral es designado por el usuario en la previa configuración del sistema; El valor óptimo para separar los caracteres del fondo, es de prueba y error, ya que el valor del umbral cambia entre las imágenes, como para diferentes condiciones de iluminación y escenas a procesar. (Sugar & Gómez, 2011, p. 17)

Lo que quiere decir que después de realizar un filtro para eliminar ruido mediante el uso de filtro avanzado morfológico el cual captura objetos de dimensiones $N \times M$ pixeles y los elimina de la imagen original el algoritmo procede a transformar la imagen de color RGB a escala de gris y tal como las ecuaciones 2 y 3 procede a realizar la binarización de la imagen.

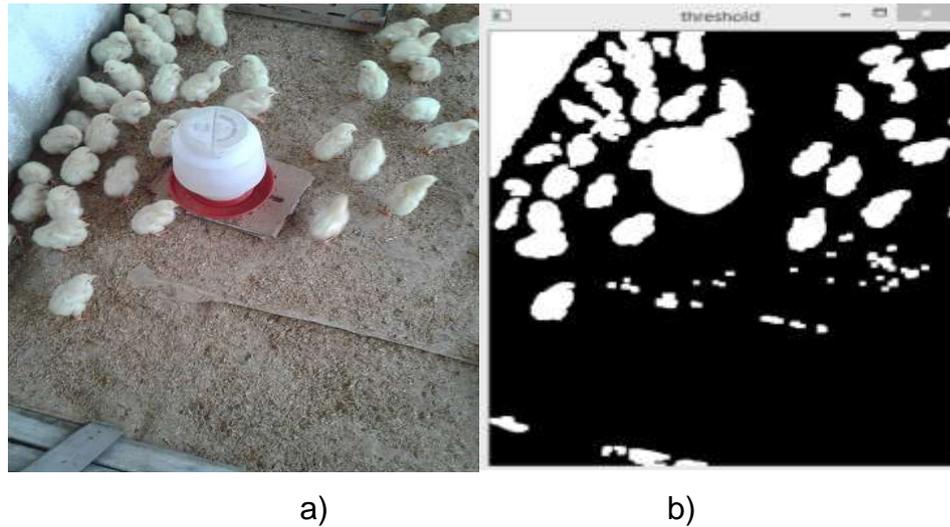


Figura 53: a) Imagen original b) Imagen binarizado por el método threshold

Como se puede observar en esta etapa aún no se reconoce a las aves a plenitud, pero el previo procesamiento elimino en su gran mayoría del piso o llamada cama que es donde los pollos se movilizan, después de aplicar el algoritmo threshold se vuelve aplicar un filtro avanzado de ruido que elimina segmentos rectangulares de la imagen de ancho y largo pre establecidos en la configuración del sistema por el usuario, en la figura 54 se observa la eliminación de ciertas áreas que cumplen con las medidas; esta técnica suprime los elementos que cumplen con el área especificada y es rellenado por color negro.

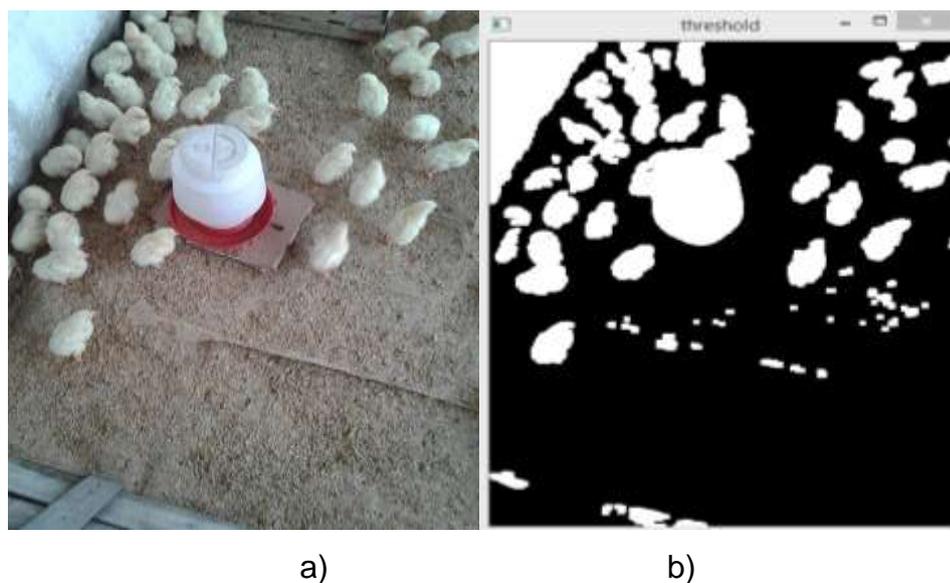


Figura 54: a) Threshold sin filtro morfológico b) Threshold con filtro morfológico

Una vez concluida la etapa de pre procesamiento, se pasa a la etapa de segmentación en la cual eliminaremos aún más los elementos que no son de interés para su reconocimiento.

2.7.3 Segmentación

La segmentación es la penúltima etapa del sistema de visión artificial; Una forma de segmentar las imágenes es mediante la determinación de bordes, el separar la imagen en unidades significativas es un paso importante en visión computacional para llegar al reconocimiento de objetos, ayudando a tener una versión más compacta de información. (Sugar & Gómez, 2011, p. 107).

Al obtener las regiones de los objetos se deja de lado una gran cantidad de píxeles que componen la imagen disminuyendo el costo computacional, el cerebro humano utiliza una amplia gama de información visual como el color, textura, distancias, contornos, etc.; para realizar la segmentación en este proceso se utiliza la detección de bordes o findContours utilizada en OpenCV. Para que la detección de bordes sea más eficiente se aplica otra función conocida como Canny; El detector Canny Edge fue desarrollado por John F. Canny en 1986. También conocido por muchos como el detector óptimo, el algoritmo de Canny pretende satisfacer tres criterios principales: (Canny, 1986)

- Baja tasa de error: Significa una buena detección de los bordes existentes.
- Buena localización: La distancia entre los píxeles del borde detectados y los píxeles del borde real debe minimizarse.
- Respuesta mínima: Sólo una respuesta del detector por borde.

En la figura 55 se muestra la aplicación de la función Canny en la imagen binarizado por umbral threshold.

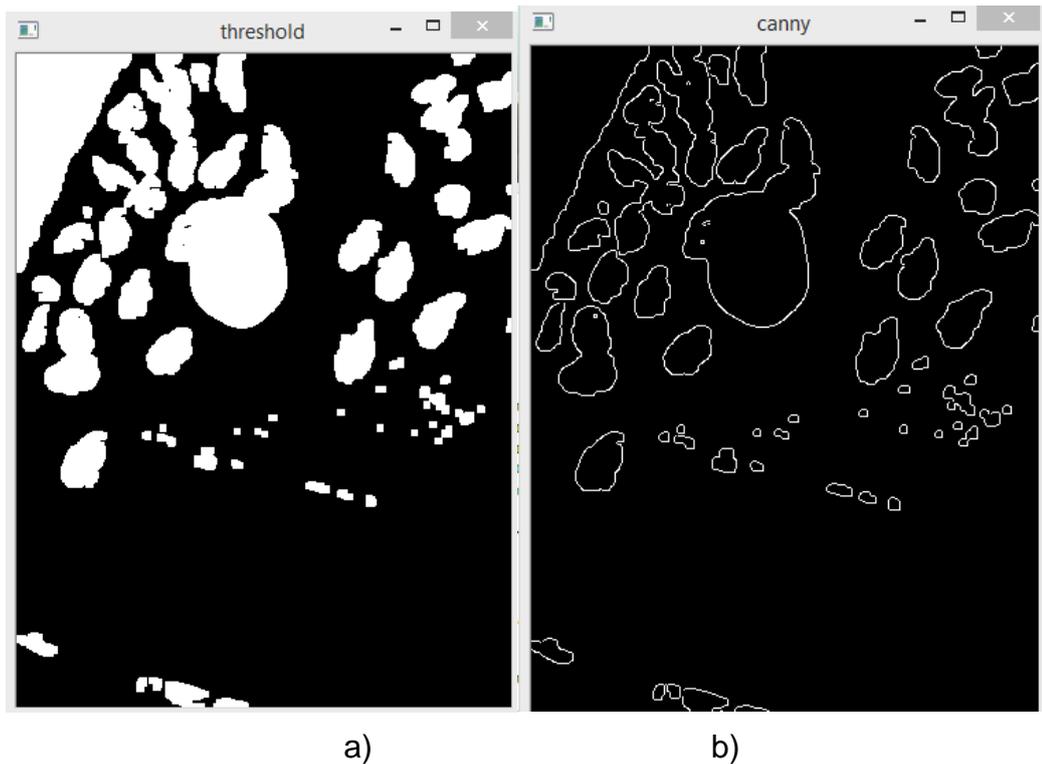
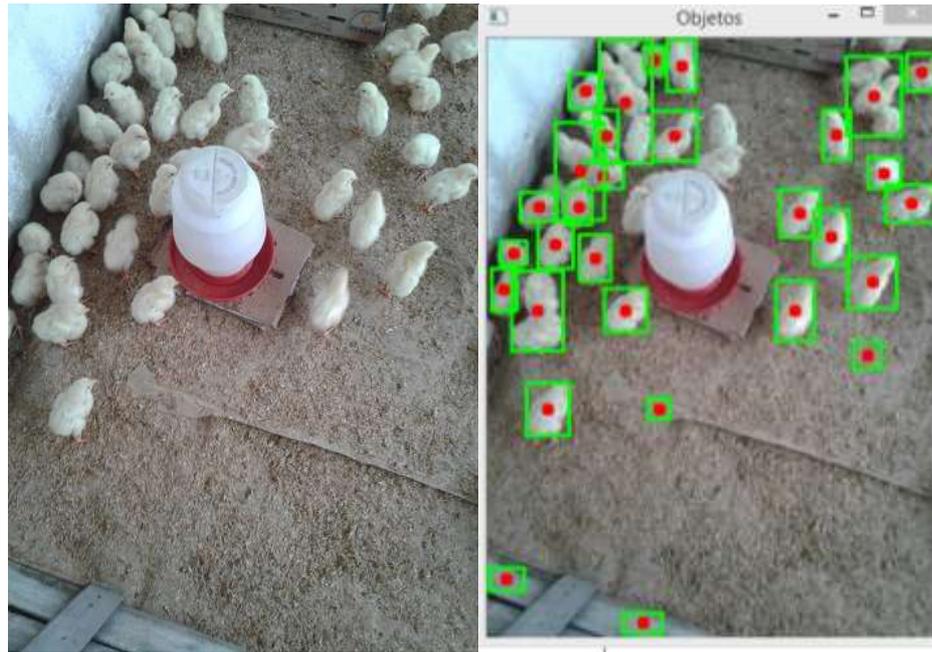


Figura 55: a) Imagen Threshold b) Imagen Canny

Una vez resaltado los bordes de los objetos de la imagen, se aplica el buscador de contornos, el mismo que localiza contornos cerrados y los almacena, de esta manera se podrá acceder a cada objeto y determinar características como su área mediante un previo encuadre individual y su posición realizando cálculos de centro de área del objeto que previamente fue enmarcado. En la figura 56 se observa como los objetos detectados por el algoritmo findContours son seleccionados por un área mínima y máxima especificada en la configuración realizada por el usuario.



a)

b)

Figura 56: a) Imagen original b) Selección de objetos por área y determinación de centro

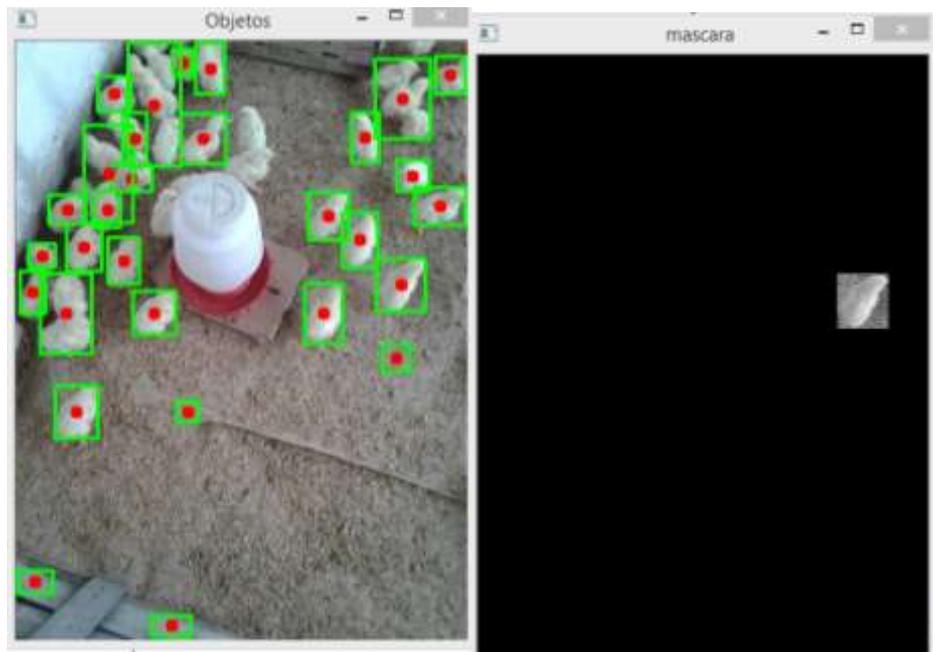
Cada elemento seleccionado por su contorno es enmarcado y mediante las dimensiones del rectángulo de color verde en la figura 56 b) se determina su punto centro, cada uno de estos puntos centros son posiciones, las cuales son almacenadas en un vector bidimensional, para que con otra imagen capturada en un intervalo de tiempo transcurrido se coteje posiciones anteriores y actuales, determinando si existió o no movimiento.

$$Dis = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

Ecuación 4. Distancia entre puntos

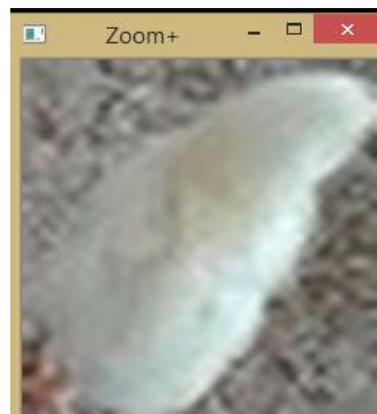
Mediante la ecuación 4 se determina la distancia del punto centro del objeto con respecto a otro objeto capturado después de un tiempo transcurrido. Si la distancia de estos dos elementos se encuentra dentro de una longitud tolerada se procede a crear una región de interés o ROI (Region of Interest) para cada uno de los objetos y de esta manera dedicar

al sistema a reconocer el objeto. En la figura 57 b) se observa la creación de la región de interés



a)

b)



c)

Figura 57: a) Imagen segmentada b) Región de interés c) Zoom del objeto

Adicionalmente se realiza un zoom del objeto que se encuentra dentro del área de interés, para poder determinar parámetros como forma y color que serán de gran ayuda en la etapa de reconocimiento.

2.7.4 Reconocimiento

La última etapa del sistema de visión artificial es el reconocimiento del objeto, en esta parte se implementará varias técnicas basadas en el comportamiento de la naturaleza para el reconocimiento del ave, la cual presenta el síntoma de tetraplejía causando como resultado inmovilidad del animal.

Las técnicas para el reconocimiento que se implementa tiene cierta similitud con la percepción humana; Estas técnicas generalmente se utilizan para una representación en base a los parámetros perceptuales: Tono (H), Saturación (S) e Intensidad (I). (Sugar & Gómez, 2011)

a. Modelo HSV

Después de pasar por las etapas anteriores, la imagen segmentada es transformada al modelo HSV para identificar el color característico del ave y sus diferentes tonalidades, las cuales variaran mientras este se desarrolla en su entorno de crianza.

Para ello ajustamos la tonalidad H que contenga el color del ave, como el modelo HSV es una pirámide hexagonal invertida como se muestra de forma geométrica en la figura 58; En el vértice se tiene el color negro, en las esquinas del hexágono los 3 primarios y secundarios y en su centro el color blanco. (Sugar & Gómez, 2011)

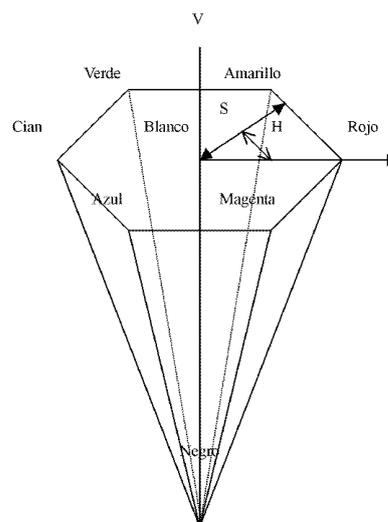


Figura 58: Modelo del color HSV

Fuente: (Sugar & Gómez, 2011, p. 59)

El ángulo de proyección horizontal denominado Hue (H) o tonalidad se debe calcular para determinar el valor correspondiente al color característico del ave, esto se logra mediante el uso de las siguientes ecuaciones

$$Sim = B; H = 120 (G - m)/(R + G - 2m)$$

Ecuación 5. Hue cuando Azul es mínimo

$$Sim = R; H = 120 (B - m)/(B + G - 2m)$$

Ecuación 6. Hue cuando Rojo es mínimo

$$Sim = G; H = 120 (R - m)/(R + B - 2m)$$

Ecuación 7. Hue cuando Verde es mínimo

Donde $m = \text{Min}(R, G, B)$, el valor va de 0 a 255 para cada uno de los colores, siguiendo el argumento de la ecuación se procede a determinar el color que se quiere convertir, como las aves son de color amarillo el cual se genera mediante la combinación del verde y rojo, en este caso el color azul es el mínimo color el cual nos referencia a la ecuación 5 para poder obtener el ángulo de proyección para determinar la tonalidad H.

Siendo $\text{Min}(R, G, B) = \text{Min}(255, 255, 0) = m = 0$; Se reemplaza los valores en la ecuación 5

$$Sim = B; H = 120 (255 - 0)/(255 + 255 - 2 * 0)$$

$$H = 30600/(510)$$

$$H = 60$$

Como resultado, el ángulo de proyección horizontal es de 60, en la figura 59 la cual es una captura de un programa en línea que calcula los valores para modelos RGB, HSV y HSL se puede comprobar que dicho valor H arroja el color amarillo puro.



Figura 59: Captura calculadora de colores H=60

Fuente: (Calculadoraconvertor, 2017)

El valor de tono es ingresado al algoritmo, el ajuste se da mediante pruebas en el entorno donde esta implementado el sistema de visión artificial, este ajuste en la etapa de reconocimiento arroja un valor adecuado para el ángulo de proyección horizontal de 49, este valor es contrastado en el programa anterior que determina el color según la tonalidad, la figura 60 muestra el valor obtenido con el nuevo valor H.



Figura 60: Captura calculadora de colores H=49

Fuente: (Calculadoraconvertor, 2017)

Como se puede observar es un color muy similar al de las aves, de esta manera el programa puede admitir cierta tonalidad reconociendo el objeto por su color característico excluyendo así otros elementos que no son de interés para el sistema de visión artificial.

Para evitar error en el reconocimiento, el programa evita el uso del canal de brillo (V), al separar el brillo de la imagen, se evita problemas con la luz externa ya sea esta proveniente del sol o iluminación artificial directa o indirecta en el área de crianza de las aves. En la figura 61 se observa como

el objeto entra en el patrón de reconocimiento utilizando el modelo HSV, de esta manera se separa elementos ajenos que lograron esquivar las anteriores etapas.

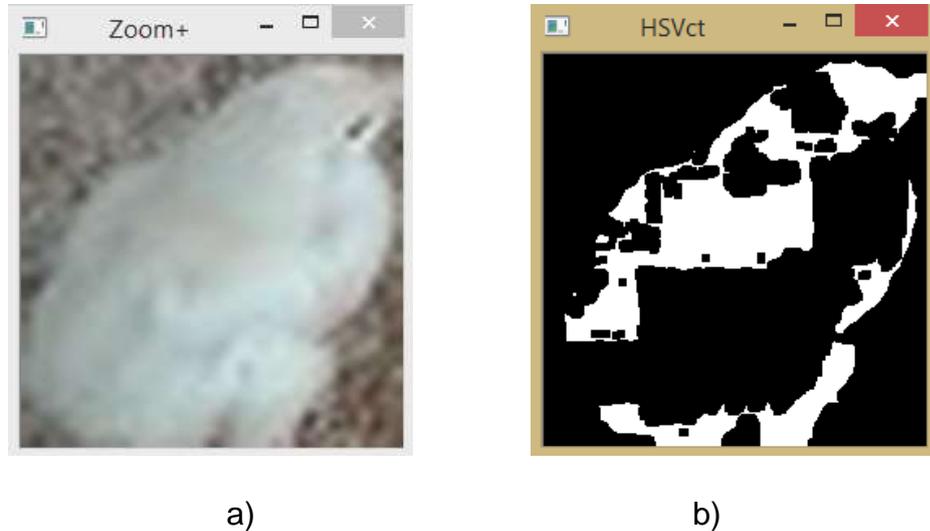


Figura 61: a) Zoom imagen segmentada b) Objeto con H y S correctos

No obstante, la figura 62 presenta la segmentación de un objeto que no cumple con las particularidades de tonalidad H y saturación S de un ave, que previamente fue programado en el algoritmo del sistema de visión artificial.

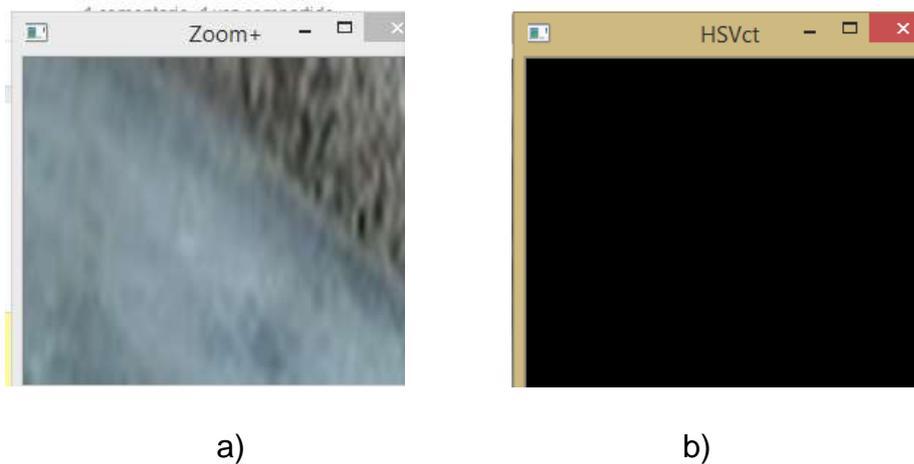


Figura 62: a) Zoom imagen negativa segmentada b) Objeto con H y S incorrectos

b. Modelo estadístico de textura

b.1 Generación de la matriz probabilística

Muchas texturas no tienen una estructura tan regular y uniforme, por lo que es más adecuado describirlas en términos de modelos estadísticos. Para esto se utilizan técnicas de reconocimiento estadísticos de patrones. (Sugar & Gómez, 2011)

El método estadístico utilizado es el histograma de niveles de grises en combinación con el método de matriz de Co-ocurrencia; Una vez que la imagen pasa el modelo HSV, el modelo estadístico de textura entra a trabajar para reconocer el tipo de textura que presenta la imagen, para esto se calcula el histograma y se almacena la posición y cantidad de tono de cada pixel

La información textural en una imagen está contenida en la relación espacial que los tonos de gris tienen entre ellos. Esas relaciones están especificadas en la matriz de Co-ocurrencia espacial (o de niveles de gris) que son computadas en una dirección específica (o bien para todas: 0° , 45° , 90° y 135°) entre los píxeles vecinos dentro de una ventana móvil dentro en la imagen. (Guerrero & Del Pilar, 2017).

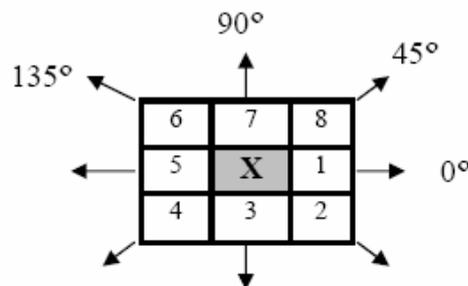


Figura 63: Los 8 vecinos del píxel X de acuerdo al ángulo utilizado en el cálculo de la matriz de co-ocurrencia.

Fuente: (Guerrero & Del Pilar, 2017, p. 23)

Después de obtener la información de la imagen se determina la matriz de Co-ocurrencia, el algoritmo identifica el píxel vecino a la derecha del píxel de referencia y almacena cuantas veces se repite la combinación, como se muestra en la figura 64 b) las filas representan el valor del píxel

vecino y las columnas el valor del pixel de referencia, este modo de ubicación determina el lugar donde se almacena el valor de repetición de la combinación, creando así la matriz de co-ocurrencia.

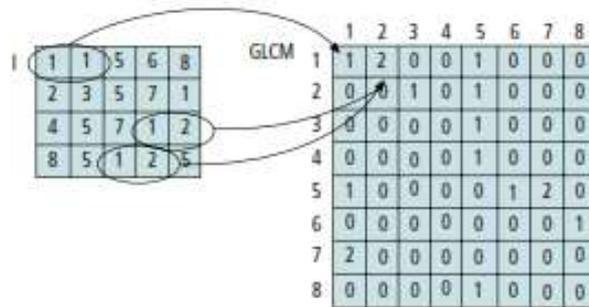


Figura 64: a) Matriz de la imagen en escala de grises b) Matriz de Co-ocurrencia

Fuente: (Ríos, Martínez, & Baño, 2009, pág. 94)

Siguiendo el mismo procedimiento para la obtención de la matriz de Co-ocurrencia de la figura 64, se determina la misma matriz para una imagen de cuatro tonos en escala de gris, la figura 65 a) muestra un segmento de imagen de cuatro filas y cuatro columnas y los valores de cada una de sus celdas, mientras que b), muestra la matriz de co-ocurrencia.

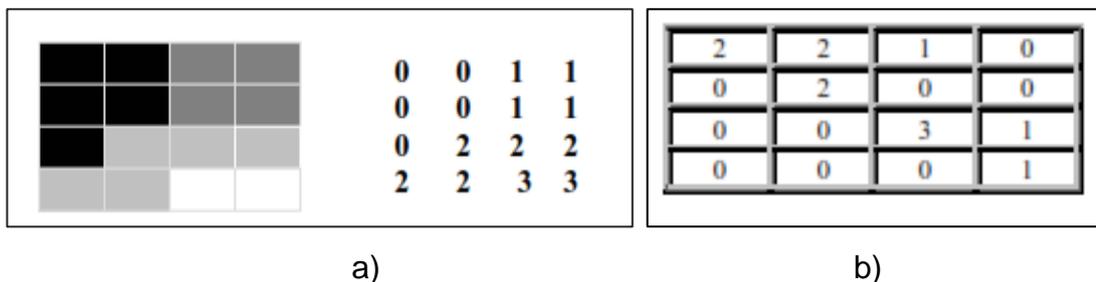


Figura 65: a) Imagen de prueba b) Matriz de Co-ocurrencia1

Fuente: (Presutti, 2004, p. 4)

Posteriormente se genera la matriz simétrica de la matriz de co-ocurrencia, esto se realiza de una manera rápida utilizando la ecuación 8, la cual describe la suma de una matriz A y su transpuesta.

$$Ms = A + A^t$$

Ecuación 8. Matriz simétrica

En la figura 66 se observa cómo queda la matriz de simetría Ms en comparación con la matriz de co-ocurrencia A.

2	2	1	0
0	2	0	0
0	0	3	1
0	0	0	1

4	2	1	0
2	4	0	0
1	0	6	1
0	0	1	2

a)

b)

Figura 66: a) Matriz A b) Matriz Ms**Fuente:** (Presutti, 2004, p. 4)

Una vez que se determina la matriz simétrica, se procede a generar la matriz como probabilidad, cuyos valores de cada una de sus celdas se calcula mediante la ecuación 9.

$$P_{i,j} = \frac{V_{i,j}}{2 * N * (N - 1)}$$

Ecuación 9. Probabilidad de celda de una matriz

Donde:

- $P_{i,j}$ es la probabilidad de la celda en i,j
- $V_{i,j}$ es el valor de la celda de la matriz simétrica
- N es el número de filas o columnas

En la figura 67 muestra el valor probabilístico de cada una de las celdas mediante la ecuación 9, las matrices generadas con estos valores son almacenadas para que posteriormente el programa utilice esos valores en el reconocimiento de la textura del ave, cotejando los datos obtenidos en tiempo real con los que se encuentran en la memoria del sistema de visión artificial.

0.166 (4/24)	0.083 (2/24)	0.042 (1/24)	0 (0/24)
0.083	0.166	0	0
0.042	0	0.250	0.042
0	0	0.042	0.083

Figura 67: Matriz probabilística**Fuente:** (Presutti, 2004, p. 5)

b.2 Homogeneidad

Hasta este punto se ha detallado como se crea una matriz expresada como probabilidad, para una determinada relación espacial entre dos píxeles vecinos. Una vez construida, de esta matriz pueden derivarse diferentes medidas de textura, para determinar la textura del ave se utiliza la medida de la homogeneidad cuyo cálculo se determina usando la ecuación 10.

$$H = \sum_{i=0, j=0}^{N-1} \frac{P_{i,j}}{1 + (i,j)^2}$$

Ecuación 10. Homogeneidad

Esta ecuación se utiliza para determinar la homogeneidad de la textura de las imágenes filtradas por el modelo HSV y se compara su valor con los datos de homogeneidad de una muestra realizada a 300 imágenes de aves capturadas en el lugar donde el sistema de visión artificial va a trabajar.

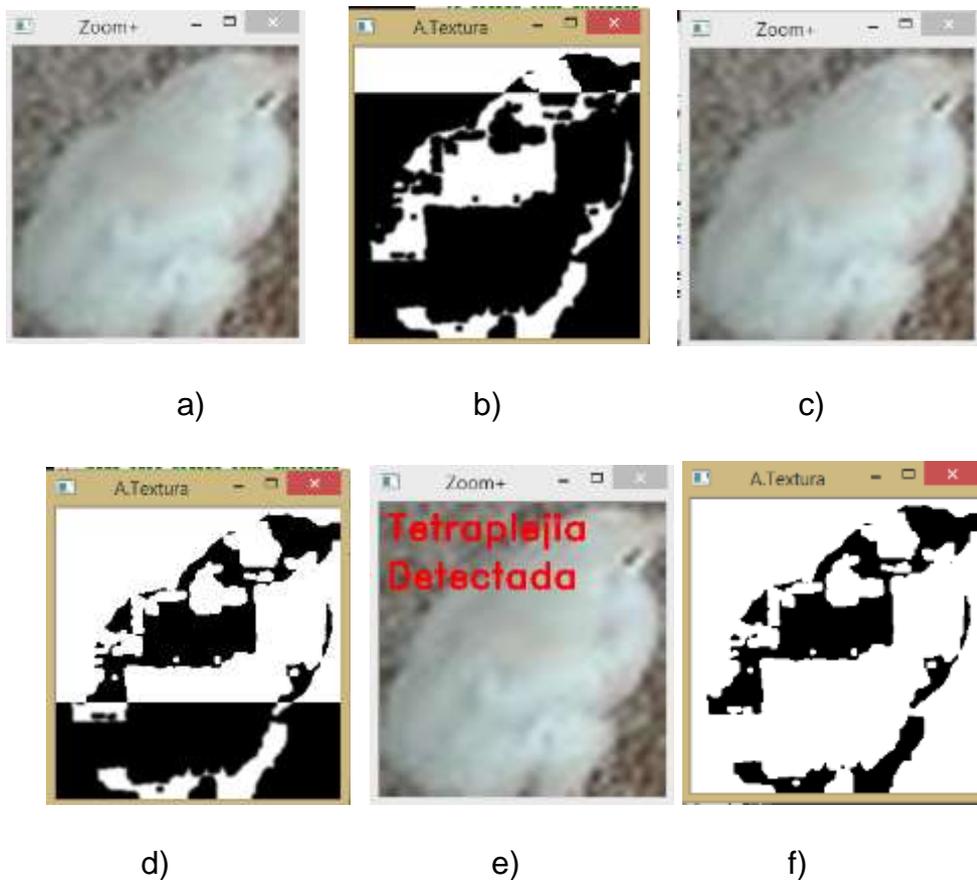


Figura 68: Reconocimiento

En la figura 68 a),c),e) se muestra la imagen segmentada después de superar el modelo HSV y el b), d), f) muestra como el sistema calcula la homogeneidad de la imagen, mostrando en pantalla si se trata o no de un caso de tetrapleja.

2.7 Esquema global del sistema a implementarse

La figura 69 muestra el sistema en general el cual consta de 4 extractores de aire distanciados 5 metros uno del otro, dos cámaras que enfocan los dos lados del galpón cada uno 10m, 2 bebederos a 6.5 m de distancia, un canal de distribución suministrado por una bomba de aire y con 17 servomotores para la apertura y sierra de la alimentación, dos sensores controlados por un computador que se encuentra al lado izquierdo del galpón y finalmente el tanque almacenador de agua con monitoreo.

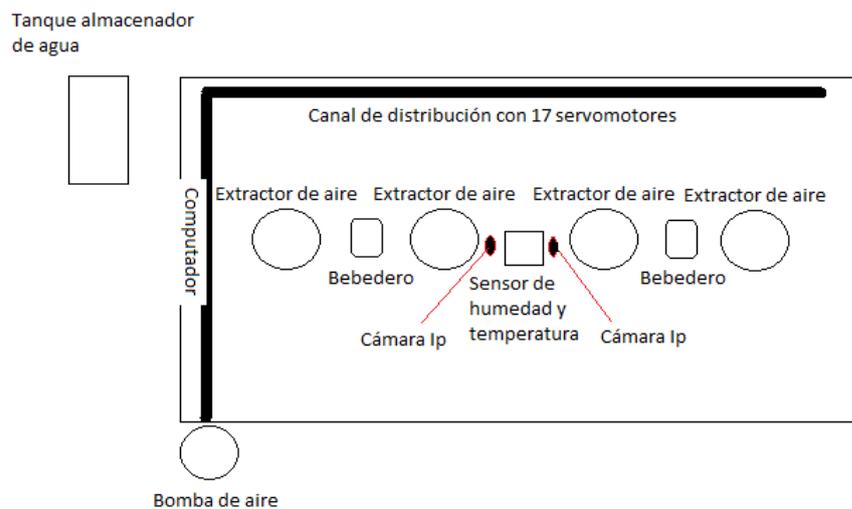


Figura 69: Esquema global

CAPÍTULO III

3 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

3.1 Implementación del sistema distribuidor de alimento

En este ítem se detallará cada uno de los pasos que se realizaron para el montaje de los elementos que conforman el sistema distribuidor de alimento para las aves corral.

3.1.1 Implementación de los canales de distribución

Para la implementación de los canales de distribución fue necesario la colocación de soportes acoplados a la pared y distanciados 4 metros uno de otro, así también fue necesidad el uso de cables tensores como se muestra en la figura 70.



Figura 70: Soportes de pared y cable tensor

Los canales de distribución fueron implementados con tubería PVC de diámetro de 2 pulgadas teniendo salidas hacia los comederos con distancia de 1 metro cada uno.



Figura 71: Canales de distribución

3.1.2 Implementación del sistema de cierre y tapado

Para la implementación se utilizó plástico negro, el cual brinda gran flexibilidad y acople a los tubos distribuidores para sellarlos herméticamente, evitando que la comida escape mientras se distribuye la misma a lo largo del canal de distribución, estos son controlados por un servomotor los cuales permiten la apertura y cierre como se muestra en la figura 72.



Figura 72: Apertura y cierre de distribución

3.1.3 Implementación del control de apertura y cierre

Para el control es necesario contar con las instalaciones eléctricas adecuadas para proporcionar el voltaje adecuado que permita un óptimo funcionamiento de los sistemas eléctricos electrónicos, debido que este

galpón no disponía de instalación eléctrica alguna fue necesario su implementación mediante la utilización de cable con una longitud de 100 metros el cual fue entubado y soterrado teniendo en cuenta las medidas de seguridad correspondientes tal como se muestra en la figura 73.



Figura 73: Soterramiento de cable

La tarjeta de control encargada de abrir y cerrar el sistema de manga de distribución para cada uno de los 17 comederos se almacena de forma segura en una caja metálica que evita que el circuito sea contaminado con impurezas propias del ambiente al cual está expuesto.



Figura 74: Tarjeta de control de racionamiento

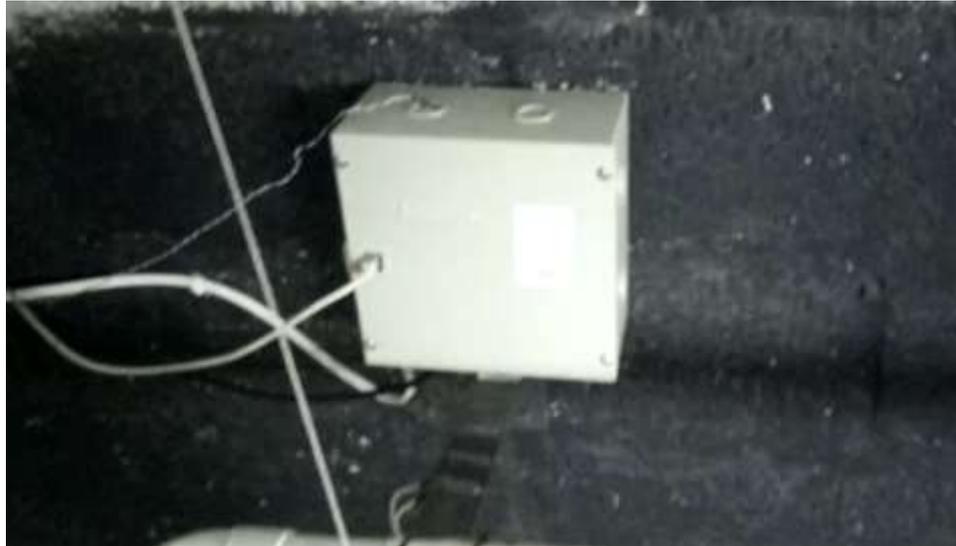


Figura 75: Encapsulado del control del sistema de distribución

3.2 Implementación del sistema de control inteligente

Los datos se obtienen a través de la placa Arduino, para luego ser procesado en el software y proporcionando también una salida que actúan directamente con los extractores de aire como se muestra en la figura 76.



Figura 76: Implementación del control fuzzy

3.2.1 Desarrollo del software de control fuzzy

El control fue desarrollado en software de control, puesto que dispone de las herramientas necesarias y suficientes para realizar este tipo de control.

a. Programación del software de control

En la figura 77 se muestra el código del programa el cual se utiliza para recibir las señales de entradas y llamar a la librería de control fuzzy para proporcionar una salida de control.

```

1 - clear;
2 - delete(find('usb',('COM*')));
3 - arduino('COM*');
4 - arduino(10, 'Output');
5 - arduino(8, 'Output');
6
7 - in0=0;
8 - in1=1;
9 - out=0;
10 - while(1)
11 - {
12 -   clear;
13 -   in0=analogRead(1)*100/1024;
14 -   in1=analogRead(2)*100/1024;
15 -   TEMPERATURA=in0;
16 -   HUMEDAD=in1;
17 -   out=fuzzy([in0, in1], tesis1);
18 -   CONTROL_FUZZY = out;
19 -   %fuzz=0
20 -   pause(0.1);
21 -   if (out<=0.02 || out>=3.98)
22 -     arduinoWrite(10,0);
23 -     arduinoWrite(8,0);
24 -   else
25 -     if (out<=0.38 || out>=7.52)
26 -       arduinoWrite(10,1);
27 -       arduinoWrite(8,0);
28 -     else
29 -       if (out>=11) || (out<=7.52)

```

Figura 77: Código de control fuzzy

b. Fuzzificación de entradas y salidas

En la figura 78 se muestra dos entradas la cual pertenecen al sensor de temperatura y de humedad respectivamente, dando como resultado una única salida llamada ventilador.

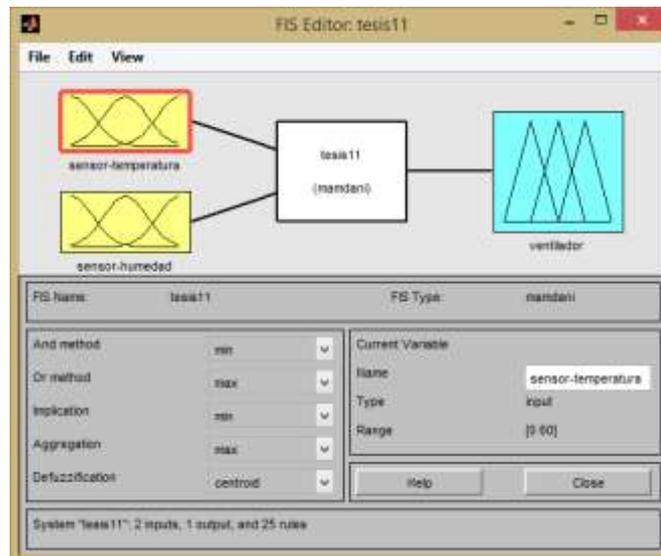


Figura 78: Creación de entradas y salida

En la figura 79 se configura la entrada del sensor de temperatura dando la siguiente connotación, muy bajo 0 a 22 Celsius (MB), bajo de 15 a

30 Celsius (B), normal de 29 a 31 Celsius (N), alto de 30 a 45 Celsius (A) y muy alto de 38 a 60 Celsius (MA).

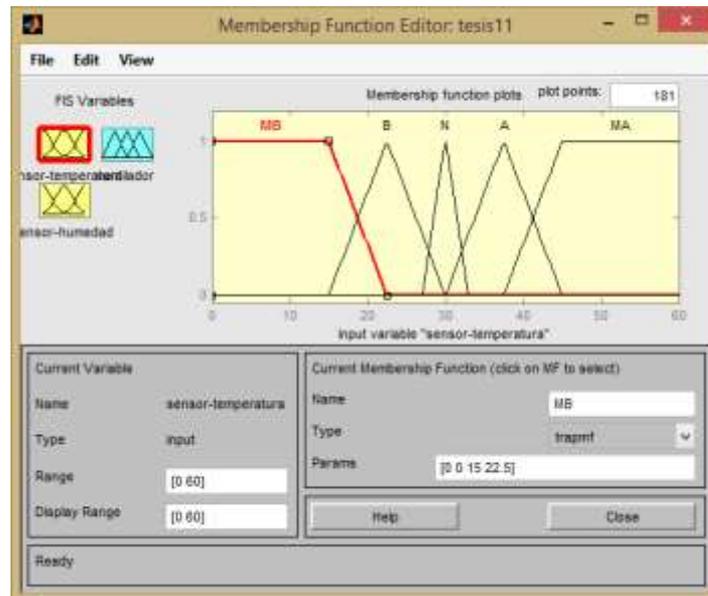


Figura 79: Configuración de la entrada de temperatura

En la figura 80 se configura la entrada del sensor de humedad dando la siguiente connotación, muy bajo 0 a 20 % (MB), bajo de 10 a 40 % (B), normal de 30 a 50 % (N), alto de 40 a 70 % (A) y muy alto de 60 a 100 % (MA).

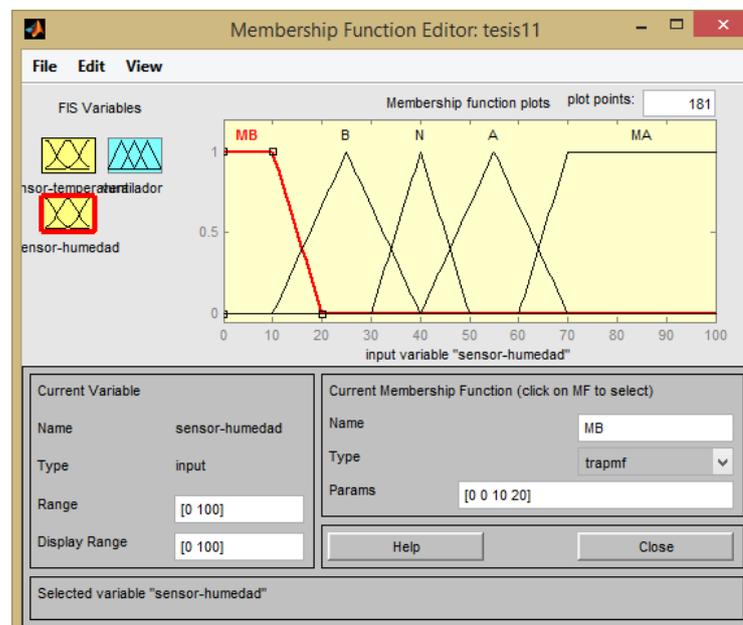


Figura 80: Configuración de la entrada de humedad

En la figura 77 se configura la salida del control dando la siguiente connotación, bajada grande -15 a -7 (BG), bajada normal -10 a -3 (BN), mantener de -1 a 1 (M), subida pequeña de 0 a 7 (SP), subida normal de 3 a 7 (SN) y subida grande de 7 a 15 (SG).

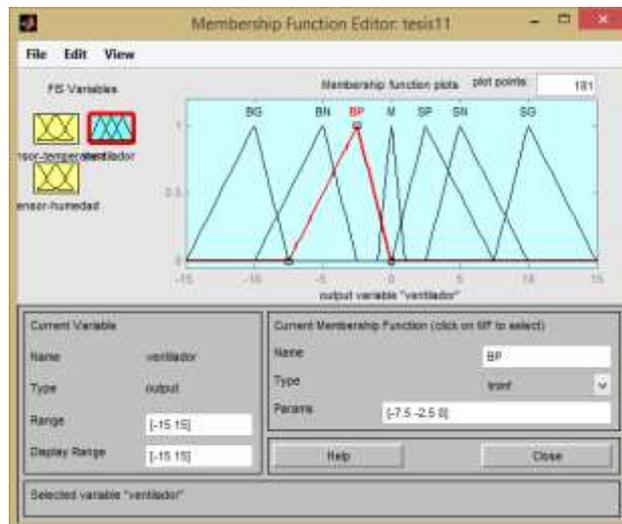


Figura 81: Configuración de la salida control fuzzy

c. Reglas

En base a estas reglas cuando se cumplen una serie de condiciones resulta entonces una serie de consecuencias.

**Tabla 9:
Reglas para el control fuzzy**

	Humedad				
Temperatura	MB	B	N	A	MA
MB	SN	SN	SG	SG	SG
B	M	M	SP	SP	SN
N	M	M	M	M	BP
A	M	M	BP	BP	BN
MA	BP	BN	BN	BG	BG

d. Respuesta del sistema

Mediante la utilización de toolbox fuzzy nos permite la visualización de la respuesta del sistema, este diagrama nos permite tener una idea clara de los valores de respuesta ante cualquier circunstancia de entrada

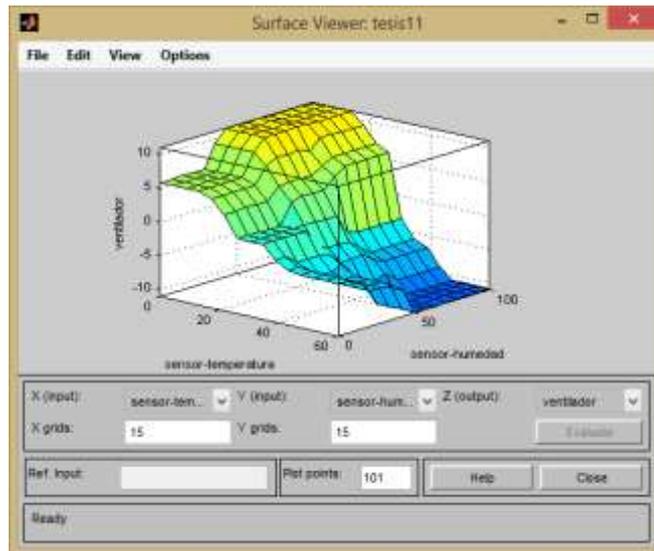


Figura 82: Respuesta del control

e. Defuzzificación

En esta etapa se toma como entrada el conjunto difuzzo que obtuvimos en la respuesta del control para dar un valor de salida, este defuzzificado que arroja el algoritmo es el que influye directamente con el ambiente a controlar, disminuyendo su temperatura.

Esta acción es realizada por modulación de ancho de pulso PWM que actúa directamente con los extractores de aire.

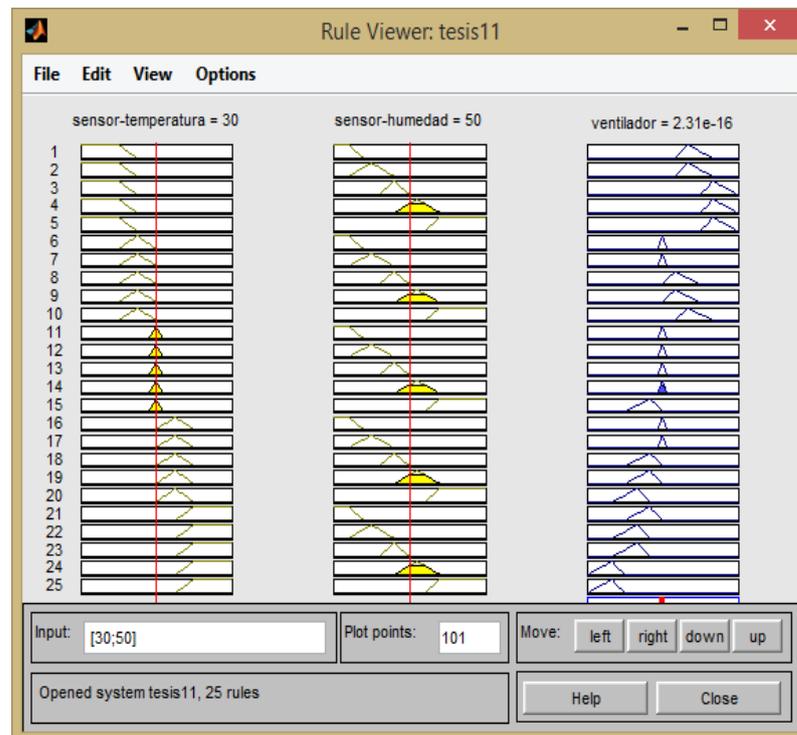


Figura 83: Defuzzificación

En la figura 84 se encuentran los indicadores tanto de entrada como temperatura y humedad, así como el de salida

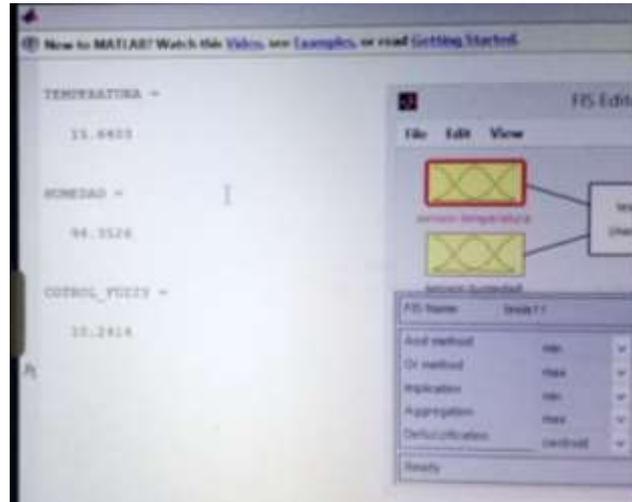


Figura 84: Visualización de entradas y salidas del control fuzzy

3.3 Implementación del sistema de hidratación

En este ítem se verá paso a paso la implementación de los componentes que conforman el sistema de hidratación.

3.3.1 Bebedero mecánico

Se adquirió bebederos mecánicos los cuales permiten a las aves hidratarse de manera autónoma cuando estas las requieran, el principio de funcionamiento del bebedero se basa en el peso de llenado de agua en el plato, este nivel de agua en el bebedero es regulado por una rosca, la cual al pasar el peso requerido cierra el paso de agua por medio de un muelle.



Figura 85: Bebedero mecánico

3.3.2 Monitoreo del nivel del tanque de distribución de agua

Este circuito consta de 4 leds, los cuales permiten una rápida visualización del nivel en el que se encuentra el tanque de reserva de agua.



Figura 86: Circuito indicador de nivel de agua

3.4 Implementación del sistema de visión artificial

En este literal se describirá la implementación del sistema de visión artificial para la detección de tetrapleja.

3.4.1 Colocación de las cámaras

Las cámaras fueron ubicadas estratégicamente para que enfoquen todo el galpón, abarcando cada cámara la distancia de 10 metros, cubriendo la totalidad de los 20 metros del galpón como muestra la figura 87.

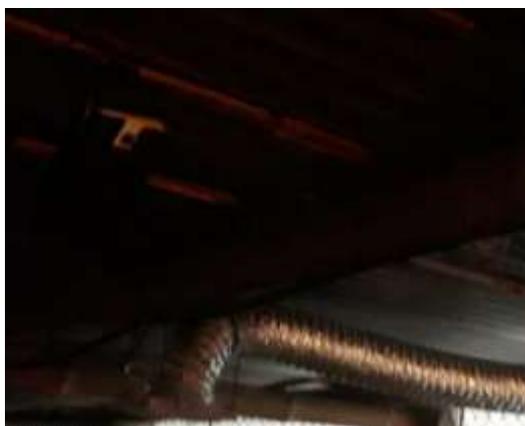


Figura 87: Cámaras IP colocadas

3.4.2 Red LAN

Para construir la red de área local se utiliza un router el cual interconecta las cámaras con la pc mediante tecnología WIFI, en la figura 88 se muestra su colocación.



Figura 88: Router TPLink

3.4.3 Visualización del sistema de observación y detección

a. Visualización del sistema en el monitor principal

El monitor del computador muestra el correcto funcionamiento de la red local del sistema de observación del interior del galpón y detección.

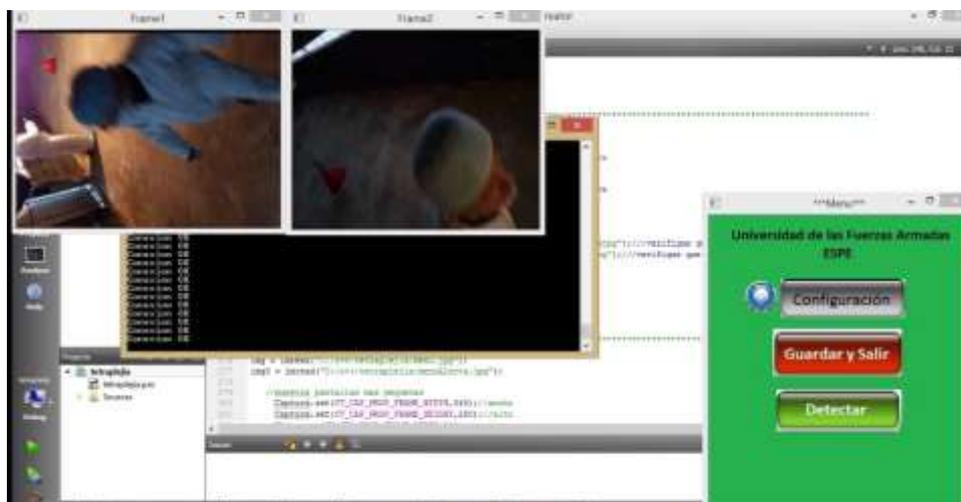


Figura 89: Funcionamiento del sistema de visión

b. Visualización del sistema en el dispositivo portable

Para la proyección remota del monitor principal en un dispositivo externo fue necesaria la instalación de una aplicación llamada TouchRemote, la cual se encuentra gratis en la AppStore y PlayStore.



Figura 90: Visualización en el dispositivo portable

CAPÍTULO IV

4. PRUEBAS Y RESULTADOS

4.1 Prueba del sistema de alimentación

4.1.1 Tiempos de alimentación:

Para el sistema de alimentación se ha realizado una comparación de tiempos y cantidad, para lo cual se ha realizado las siguientes tablas

Tabla 10:
Racionamiento: 1 día – 28 días

Avícola normal		Avícola Automatizada	
Horas de racionamiento	Cantidad de racionamiento	Horas de racionamiento	Cantidad de racionamiento
7h00 - 7h30	0.8lbs- 1.2lbs	7h00	1 lb
12h00 – 13h00	0.8lbs- 1.2lbs	12h00	1 lb
15h00 – 16h00	0.8lbs- 1.2lbs	15h00	1 lb

Tabla 11:
Racionamiento: 29 días – 50 días

Horas de racionamiento	Cantidad de racionamiento	Horas de racionamiento	Cantidad de racionamiento
7h00 - 7h30	1.8lbs- 2.2lbs	7h00	2 lbs
12h00 – 13h00	1.8lbs- 2.2lbs	12h00	2 lbs
15h00 – 16h00	1.8lbs- 2.2lbs	15h00	2 lbs

En las tablas anteriores notamos la enorme diferencia y un beneficio a la vez, debido a que las avícolas normales no cuentan con horarios y raciones fijos, por lo cual muchas de las veces se desperdiciaba alimento. Ahora gracias a la automatización se distribuirá de mejor manera y a horarios estables.

4.1.2. Error en el racionamiento:

Para determinar el error en el racionamiento se pesó la cantidad de comida que posee cada comedero a distintas horas y se realizó la siguiente tabla:

Tabla 12:
Error en el racionamiento

Nº de Comedero	Peso		
	7h00	12h00	15h00
1	1.2 lb	1.3 lb	1.3 lb
2	1.15 lb	1.20 lb	1.1 lb
3	1.09 lb	1.1 lb	1.1 lb
4	1 lb	1.1 lb	0.98 lb
5	1 lb	1 lb	0.96 lb
6	1 lb	1 lb	1 lb
7	1 lb	1 lb	1 lb
8	1 lb	1 lb	1.1 lb
9	1 lb	1 lb	1.1 lb
10	1 lb	1 lb	0.9 lb
11	1 lb	1 lb	1 lb
12	0.9 lb	1 lb	1 lb
13	0.96 lb	0.92 lb	0.99 lb
14	0.94 lb	0.93 lb	0.95 lb
15	0.99 lb	0.97 lb	0.99 lb
16	0.98 lb	1.1 lb	0.99 lb
17	1 lb	1.1 lb	1.02 lb
TOTAL	17.21 lb	17.72 lb	17.48
PROMEDIO	1.0123 lb	1.0423 lb	1.0282 lb
% de error	2.79 %		

En la tabla anterior podemos apreciar que el margen de error al momento de la distribución del alimento es de 2.79%, por lo tanto, el sistema es el adecuado para el suministro dando ventajas al avicultor y a una apropiada distribución del balanceado.

4.2 Prueba de control Fuzzy

4.2.1 Avícola normal

Anteriormente el avicultor tenía que ir a verificar la temperatura y la humedad adecuada para que el pollo pueda crecer sanamente, utilizando su intuición, conociendo empírico y años de experiencia.

Se realizaba el control manualmente bajando las cortinas dependiendo del calor que existía en el galpón y de los días del ave, a su vez para el frío debería visitar al galpón nuevamente para volver a subir dichas cortinas. Esta cortina no solamente controlaba la temperatura, sino también los olores de las heces de los pollos, conforme van creciendo posee mayor humedad el galpón y se debía bajar las cortinas.

4.2.2. Avícola Automatizada

Actualmente se ha disminuido el ingreso del avicultor al galpón, debido a que se ha implementado un control inteligente el cual nos permite tener una temperatura y humedad; constante, adecuada y eficiente. Para determinar los resultados que este sistema nos proporciona fue necesario la realización de la siguiente tabla realizada en un día y tomando apuntes de los cambios de temperatura que existieron cada hora.

Tabla 13:
Temperatura adecuada y temperatura obtenida

HORA	Temperatura de ambiente adecuado	Temperatura de ambiente obtenido
7	30	31
8	30	33
9	30	30
10	30	29
11	30	33
12	30	31
13	30	34
14	30	31
15	30	34
16	30	32
17	30	28
18	30	31
PROMEDIO	30	31,42
%ERROR	0	4,73

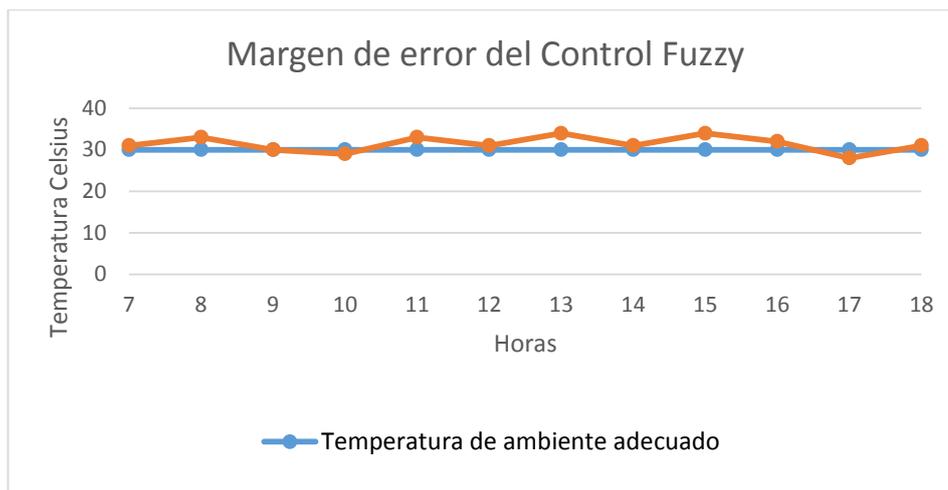


Figura 91: Margen error Control Fuzzy

Según los datos de la tabla 13 y la figura 91 se observa que; el error es del $\pm 4,73\%$ que equivale a 1.42°C . Entonces, la precisión de la temperatura varia en 2.84°C

4.3. Prueba del sistema de hidratación

4.3.1. Avícola normal

Para la hidratación del ave; el avicultor poseía unos bebederos aproximadamente de dos litros de agua para lo cual tenía que acudir a llenarlos cada vez que lo consumían, por esta razón, visitaba unas 5 a 9 veces dependiendo las semanas de crecimiento del pollo.

4.3.2. Avícola automatizada

Actualmente el tanque se utilizaba para el relleno individual de los bebederos se utilizó para contener el agua y suministrar en 4 bebederos automáticos, que distribuyen el agua para todo el galpón. Se implementó un indicador de nivel de agua para precautelar la seguridad del avicultor debido a que el tanque se encuentra alto y alertar que el agua está por terminarse.

Para el resultado final de este nuevo mecanismo se comprobó que es conveniente debido a la realización de una observación pertinente la cual demuestra una facilidad en la distribución del agua y así se obtiene excelentes resultados en cuanto a la hidratación de las aves.

4.4 Prueba del reconocimiento de tetrapleja

Para efectuar las pruebas de funcionamiento del sistema de detección de tetrapleja se realizaron los ensayos con 50 imágenes capturadas previamente, 25 corresponde a imágenes con aves que presentan el síntoma de tetrapleja y 25 corresponden a imágenes con aves en buen estado.

Tabla 14:
Resultados de la prueba de reconocimiento

Tipo de muestra	Cantidad	Sin síntoma	Con síntoma
correcto	41	21	20
incorrecto	9	4	5
Total	50	25	25
Error %	18%		

El error equivalente al 18% de error nos muestra una precisión que dé, cada 50 muestras tomadas en 50 días, tan solo 9 de estas presentan una información incorrecta

4.5 Validación de hipótesis

Para validar la hipótesis fue necesario la utilización de dos herramientas de validación, la primera es por medio de estadística descriptiva y la segunda por el método de chi cuadrado de Pearson

El método estadístico descriptivo se utiliza para validar una parte de la hipótesis que hace referencia a la optimización de recursos. Este método será utilizado conjuntamente con las tablas 12 y 13.

El método chi cuadrado de Pearson se utiliza para validar una parte de la hipótesis que hace referencia a la detección de tetrapleja. Para este método utilizaremos los datos de la tabla 14

4.5.1 Método Estadístico descriptivo

En primer lugar, el método estadístico descriptivo será utilizado para tabular los datos referentes al racionamiento del alimento. En este método es necesario la utilización de software estadístico, en el que se procesa la información de la tabla 12. Este a su vez arroja los siguientes datos.

Tabla 15:
Datos estadísticos distribución de alimento

<i>Datos Estadísticos</i>	
Media	1,01235294
Error típico	0,01754258
Mediana	1
Desviación estándar	0,07232992
Varianza de la muestra	0,00523162
Mínimo	0,9
Máximo	1,2
Suma	17,21
Cuenta	17
Nivel de confianza (95,0%)	0,03718861

De la tabla podemos obtener los siguientes datos:

El error con nivel de confianza 95% que es igual a 0.03718861. La media que equivale a 1.01235

Ahora determinamos los límites tanto inferior como superior con las siguientes formulas:

Límite inferior: $\text{media} - \text{error} = 1.01235 - 0.03718861 = 0.97516139$

Límite Superior: $\text{media} + \text{error} = 1.01235 + 0.03718861 = 1.04953861$

Se demuestra que el valor óptimo de 1lb está en el rango del límite inferior y superior

En segundo lugar, el método estadístico descriptivo será utilizado para tabular los datos referentes al control de temperatura. En este método es necesario la utilización de software estadístico, en el que se procesa la información de la tabla 13. Este a su vez arroja los siguientes datos.

Tabla 16:
Datos estadísticos Control de temperatura

<i>Datos Estadísticos</i>	
Media	31,4166667
Error típico	0,54297627
Mediana	31
Desviación estándar	1,88092498
Varianza de la muestra	3,53787879
Mínimo	28
Máximo	34
Suma	377
Cuenta	12
Nivel de confianza (98,0%)	1,4758525

De la tabla podemos obtener los siguientes datos:

El error con nivel de confianza 98% que es igual a 1,4758525. La media que equivale a 31,4166667

Ahora determinamos los límites tanto inferior como superior con las siguientes fórmulas:

Límite inferior: $\text{media} - \text{error} = 31,4166667 - 1,4758525 = 29.94$

Límite Superior: $\text{media} + \text{error} = 31,4166667 + 1,4758525 = 32.89$

Se demuestra que el valor óptimo de 30°C está en el rango del límite inferior y superior

Entonces se concluye que la Investigación, diseño e implementación de un sistema mecatrónico con visión artificial permitirá la optimización de recursos, en la avícola “Pollos Hermanos” ubicada en barrio la Calera, Parroquia Eloy Alfaro, Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi

4.5.2 Método chi cuadrado de Pearson

Los valores utilizados para la distribución chi son los valores resultantes de la cantidad de detecciones correctas e incorrectas mostrada en la siguiente tabla 14

Establecida la tabla de valores para la distribución chi se procede a determinar las frecuencias teóricas de cada uno de los datos utilizando la ecuación siguiente

$$ft = \frac{(total\ de\ la\ columna)(total\ de\ la\ fila)}{total\ de\ datos}$$

Frecuencia teórica para detección correcta

$$ft_{21} = \frac{(25)(41)}{50} = 20.5$$

$$ft_{20} = \frac{(9)(25)}{50} = 4.5$$

Frecuencia teórica para capturas sin síntoma

$$ft_4 = \frac{(25)(41)}{50} = 20.5$$

$$ft_5 = \frac{(9)(25)}{50} = 4.5$$

Ahora se determina el grado de libertad V para esto se utiliza la siguiente ecuación

$$V = (\#de\ filas - 1) * (\#de\ columnas - 1)$$

$$V = (2 - 1) * (2 - 1) = 1$$

El siguiente paso es aplicar la fórmula del chi cuadrado de Pearson

$$x^2 = \sum \frac{(f - ft)^2}{ft}$$

$$x^2 = \frac{(21 - 20.5)^2}{20.5} + \frac{(20 - 4.5)^2}{4.5} + \frac{(4 - 20.5)^2}{20.5} + \frac{(5 - 4.5)^2}{4.5}$$

$$x^2 = 0.012 + 53.38 + 13.28 + 0.055 = 66.727$$

Tabla 17:
Chi cuadrado de Pearson

V/p	0,001	0,0025	0,005	0,01	0,025	0,05	0,1
1	10,8274	9,1404	7,8794	6,6349	5,0239	3,8415	2,7055
2	13,815	11,9827	10,5965	9,2104	7,3778	5,9915	4,6052
3	16,266	14,3202	12,8381	11,3449	9,3484	7,8147	6,2514
4	18,4662	16,4238	14,8602	13,2767	11,1433	9,4877	7,7794
5	20,5147	18,3854	16,7496	15,0863	12,8325	11,0705	9,2363
6	22,4575	20,2491	18,5475	16,8119	14,4494	12,5916	10,6446
7	24,3213	22,0402	20,2777	18,4753	16,0128	14,0671	12,017
8	26,1239	23,7742	21,9549	20,0902	17,5345	15,5073	13,3616
9	27,8767	25,4625	23,5893	21,666	19,0228	16,919	14,6837
10	29,5879	27,1119	25,1881	23,2093	20,4832	18,307	15,9872

Finalmente se compara el chi obtenido con el chi de la tabla de Pearson

$$66.727 > 3.8415$$

$$x^2_{calculada} > x^2_{tabla}$$

Como el chi calculado es mayor que el chi de tabla entonces se anula la hipótesis nula H0 por lo que se verifica que se acepta la hipótesis alternativa H1. Entonces se puede concluir que la implementación de un sistema mecatrónico con visión artificial permitió detectar la tetrapleja aviar en la avícola "Pollos Hermanos" ubicada en barrio la Calera, Parroquia Eloy Alfaro, Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi

Finalmente se concluye que la Investigación, diseño e implementación de un sistema mecatrónico con visión artificial permitirá la optimización de recursos, y a su vez detectar la tetrapleja aviar en la avícola "Pollos Hermanos" ubicada en barrio la Calera, Parroquia Eloy Alfaro, Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones:

- Mediante la investigación acerca de sistemas de automatización y monitoreo en avícolas, se concluye que la información en fuentes bibliográficas de nuestro país es escasa, pero con páginas web y artículos científicos se complementa el conocimiento y se resuelve las inquietudes de los investigadores.
- En definitiva, la investigación acerca de los distintos tipos de controles permitió conocerlos de mejor manera, sus distintos usos y características; los cuales ayudaron a seleccionar el control inteligente como la mejor opción para este tipo de aplicaciones.
- El diseño del sistema mecatrónico debido a su sinergia entre la mecánica, control, la electrónica y el software permite una versatilidad al momento de realizar una automatización eficiente en la avícola brindando beneficios al avicultor, en comodidad, seguridad, salud y mejorando la calidad en la producción avícola.
- Los componentes se seleccionaron tomando en cuenta los diferentes aspectos como la eficiencia y costo para la realización del sistema mecánico, electrónico y de control, la cual ayudará a tener una eficiente automatización en la avícola.
- La implementación de un sistema mecatrónico en la avícola facilita distintas actividades tales como alimentación, hidratación, control de temperatura y humedad, contribuyendo en la eficiencia de la avícola y así mismo disminuye la concurrencia del avicultor hacia el galpón.
- Con la investigación realizada se observó que no existe métodos para la detección de la tetraplejia, por ello se optó en combinar métodos como la detección de movimiento y detección de textura.
- El sistema de vigilancia fue diseñado para acoplarse dependiendo de la necesidad que se presente y el envío de información es a través de una red LAN, la misma que se procesa en el software libre Open C.V.

- El sistema de vigilancia implementado no es invasivo de ninguna forma, por lo que no afecta el desarrollo de las aves de corral durante todo el periodo de crecimiento.
- El proyecto de investigación funciona correctamente tanto de forma global y parcial, es decir que si falla uno de los sistemas no alterara ningún otro sistema; dando como resultado un proyecto eficiente e independiente de sus subsistemas tal como fue previsto por los investigadores.

5.2. Recomendaciones:

- Indagar de manera eficiente en diferentes fuentes bibliográficas, sitios web y artículos científicos para realizar una investigación de calidad.
- Tener precaución al momento de seleccionar un control debido a que de este depende directamente del número de variables a controlar y el tipo de sistema en donde se implementará.
- Para la creación de un sistema mecatrónico se debe tener precaución al momento de realizar las tarjetas de control, deberá estar desacoplarlas de los dispositivos eléctricos de alta potencia.
- Tener en cuenta al momento de seleccionar los componentes que se encuentren disponibles en el mercado local.
- Realizar una inspección espontanea por parte del avicultor, hacia el funcionamiento del sistema mecatrónico implementado en la avícola.
- Elegir métodos correctos y acordes a los parámetros requeridos para el procesamiento de imágenes en la detección de la tetrapleja.
- Seleccionar una IP estática para cada cámara y de esta manera no se tendrá conflictos en los direccionamientos y en el procesamiento de la información.
- Se debe implementar componentes que no sean nocivos en las avícolas, para no perjudicar a las aves.
- Realizar las pruebas de error y funcionamiento de los sistemas implementados en el galpón sin que se encuentren las aves de esta manera asistir al problema ocasionado y no alterar el desarrollo del pollo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABC, D. (ns de ns de 2007). Tu diccionario hecho facil. Recuperado el 2016 de 10 de 01, de Cámara. Obtenido de: <http://www.definicionabc.com/tecnologia/camara-fotografica.php>
- Advac. (s.f.). Animal Heath. Recuperado el 2016 de 12 de 19, de 12 Advac Newcastle. Obtenido de: http://www.adler-la.com/files/dosis_newcastle.jpg
- AGRO, E. (29 de 04 de 2015). REVISTA EL AGRO. Recuperado el 2016 de 10 de 01 Obtenido de <http://www.revistaelagro.com/2015/04/29/el-agro-y-su-importancia-en-la-economia/>
- Alonso, R., & Dominguez, V. (2014). Reconocimiento de Caracteres en Imagen Digital, una Aplicación al Reconocimiento de Placas de Vehículos. Obtenido de http://une.edu.py:82/fpune_scientific/index.php/fpunescientific/article/viewFile/41/46
- Aris, M. (s.f.). WATTAgNet.com. Recuperado el 2016 de 12 de 02, de Enfermedades. Obtenido de: <http://www.wattagnet.com/ext/resources/uploadedimages/WattAgNet/Articles/Poultry/IA/13/1104IANewcastle1.jpg>
- Aris, M. (s.f.). WATTAgNet.com. Recuperado el 2016 de 12 de 02, de Enfermedades y Sanidad. Obtenido de: <http://www.wattagnet.com/articles/8863-la-enfermedad-de-newcastle-es-una-grave-amenaza-para-las-parvadas-comerciales-en-america-latina>
- AUTÓMATAS. (ns de 12 de 2001). LA AUTOMATIZACIÓN . Recuperado el 2016 de 11 de 28, de AUTOMATIZACIÓN. Obtenido de: <http://www.sc.ehu.es/sbweb/webcentro/automatica/WebCQMH1/PAGINA%20PRINCIPAL/index.htm>
- Bradski, G., & Kaehler, A. (2008). Learning OpenCV. USA: O'Reilly.
- Calculadoraconvertor. (2017). calculadoraconvertor. Obtenido de <https://www.calculadoraconvertor.com/convertor-de-colores/>
- Calvopiña, S. (10 de Junio de 2010). Blogger. Obtenido de http://imagenes-pablo.blogspot.com/2010_06_01_archive.html
- Canny, J. F. (1986). OpenCV. Obtenido de http://docs.opencv.org/2.4/doc/tutorials/imgproc/imgtrans/canny_detector/canny_detector.html?highlight=canny

- Castrillón, A. (n/s de 10 de 2014). Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid. Recuperado el 05 de 12 de 2016, de ingeniería en instrumentación y control - Control Inteligente. Obtenido de: http://controlinteligente.netai.net/index_archivos/page0004.htm
- Comercio, E. (2015). Más de 50 millones de aves se crían en los campos y galpones. LIDERES, 1.
- CONAVE. (s.f.). CONAVE. Recuperado el 2016 de 12 de 20, de Corporación Nacional de avicultores del Ecuador. Obtenido de: <http://www.conave.org/index.html>
- D-Link. (ns de ns de ns). Building Networks for people . Recuperado el 2016 de 10 de 15, de DCS-910. Obtenido de: http://www.dlinkla.com/arch/styles/img_780x400/public/productos/DCS-910/dcs-910_wired_internet_ip_camera_a1_image_sideright_l.jpg
- Duran, G. L. (27 de 06 de 2014). Blogger. Recuperado el 2016 de 11 de 26, de curiosidades ,mitos y logica. Obtenido de: <http://elbuscadordeciencialuis.blogspot.com/2014/07/tecnologia-aplicada-en-la-produccion.html>
- Echávarri, V. (2014). Informe de Precios mundial de la carne de la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias. Chile: ns. Obtenido de Enciclopedia de Clasificaciones. Obtenido de: <http://www.tiposde.org/cotidianos/420-tipos-de-baterias/>
- Ecuared. (n/s de n/s de 2015). Conocimiento con todos y para todos. Recuperado el 05 de 11 de 2016, de Visión Artificial. Obtenido de: https://www.ecured.cu/Visi%C3%B3n_Artificial
- fanaticomecatronica. (04 de 02 de 2010). Hello world! Recuperado el 2016 de 11 de 25, de ¿Que es Mecatronica?. Obtenido de: <https://fanaticomecatronica.wordpress.com/>
- Fernández, P. (2011). Atlas de Enfermedades. ns: ns.
- Fitzpatrick, B. (1994). FoodSafetyInnovation. Obtenido de <http://www.ideafoodsafetyinnovation.com/newsletters/2014/03/importancia-del-sistema-de-ventilacion-y-extraccion-de-aire/>
- FORERO, J. (2003). Aportes para la discusión sobre seguridad alimentaria. En Campesina y Sistema Alimentario en Colombia. Bogota: Pontificia Universidad Javariana.
- Garzón, S. D., & San Lucas, A. I. (ns de 02 de 2011). Control y monitoreo de un criadero avícola controlado por microcontrolador desde un sitio web dinámico. Recuperado el 2016 de 11 de 15, de Proyecto Final. Obtenido de: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1664/12/UPS-GT000235.pdf>

- Gobierno Nacional del Ecuador. (2015 de ns de ns). El ministerio. Recuperado el 2017 de 01 de 21, Obtenido de: <http://www.agricultura.gob.ec/valores-mision-vision/>
- Guerrero, J., & Del Pilar, M. (2017). Biblioteca Universidad de Sevilla. Obtenido de <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11494/fichero/PROYECTO%252FCapitulo+5.pdf>.
- Hora, L. (18 de 08 de 2003). Construcción de granjas tiene su regulación. La Hora Nacional, pág. 12.
- House, B. (Noviembre de 2013). El Sitio Avícola. Obtenido de <http://www.elsitioavicola.com/articles/2490/solucian-a-los-problemas-de-produccion-de-huevos-fertiles/>
- imprensaonline. (2006). Obtenido de <http://www.imprensaonline.net/resolucion.php>
- InformaticaHoy. (ns de ns de 2011). Aprender Informatica. Recuperado el 2016 de 10 de 17, de Cámara Web. Obtenido de: <http://www.informatica-hoy.com.ar/aprender-informatica/Que-es-una-Camara-web.php>
- MAGAP. (ns de ns de 2016). Napo: MAGAP realiza proyecto avícola. Recuperado el 2016 de 11 de 14, de Ganado de carne. Obtenido de <http://www.agricultura.gob.ec/napo-magap-realiza-proyecto-avicola/>
- MAGAP. (s.f.). Ministro de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. Recuperado el 2017 de 01 de 24, Obtenido de: <http://www.agricultura.gob.ec/>
- MARNET, D. (06 de 12 de 2013). CCM. Recuperado el 2016 de 12 de 18, de Salud. Obtenido de: <http://salud.ccm.net/faq/9777-tetraplejia-definicion>
- Marr, D. (n/s de n/s de 1982). Vision. San Francisco: Freema. Recuperado el 21 de 12 de 2016, de Departamento de Informática y Análisis Numérico. Obtenido de: <http://www.uco.es/users/ma1fegan/2011-2012/vision/Temas/Vision-artificial.pdf>
- Martínez, J. A. (2011). Instalaciones para pollos de engorde . Especial instalaciones, 13.
- Martinez, V. J. (18 de 01 de 2014). SlideShare. Recuperado el 2016 de 10 de 01, de Teoría, Práctica y exámenes de control inteligente. Obtenido de: <https://es.slideshare.net/balzasbravas/control-inteligente>
- Marugán, F. (19 de Noviembre de 2011). I.E.S. "Ciudad de Los Ángeles". Obtenido de <http://instituto.iescla.org/wp-content/uploads/2011/11/Integraci...pdf>
- Menezes, B. (ns de ns de 2015). SISTEMATIZACIÓN DE EXPERIENCIAS DEL SECTOR PRODUCTOR. Recuperado el 2016 de 11 de 28,

Obtenido de: <http://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/346/1/T-UTEQ-0008.pdf>

MiCRO. (s.f.). Automatización y control. Recuperado el 2016 de 11 de 29, de Introducción Obtenido de: http://www.microautomacion.com/catalogo/10Automatizacion_y_control.pdf

Muller, M. (15 de 08 de 2015). Operarios se enfrentan a nuevos procesos de tecnificación. ns, ns, ns: ns. Obtenido de EcoPotencia: <http://www.ecopotencia.com/incidencia.html>

Muñoz, J. (2010). Página Personal de José Muñoz Pérez. Obtenido de http://www.lcc.uma.es/~munozp/documentos/procesamiento_de_imagenes/temas/pi_cap6.pdf

Presutti, M. (13 de 8 de 2004). Obtenido de www.inpe.br/unidades/cep/atividadescep/jornada/programa/t-9_trab_27.pdf

Quintero, N. L. (26 de 02 de 2010). Blogger. Recuperado el 2016 de 12 de 28, de Patología Aviar. Obtenido de: <http://luispabloq.blogspot.com/2010/02/enfermedad-newcastle.html>

Ríos, J., Martínez, J., & Baño, M. (11 de 6 de 2009). Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=163013077004>

Sanz, R. (1990). Arquitectura de Control. España: n/s.

SARMIENTO, D. M., & VARGAS, V. P. (ns de ns de 2014). Proyecto de grado. Recuperado el 2016 de 11 de 27, de COMEDERO AUTOMATIZADO PARA POLLOS DE ENGORDE: Obtenido de: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/4463/6213815S246.pdf?sequence=1>

SIBYLA. (18 de 09 de 2009). QuHist. Recuperado el 30 de 07 de 2017, de QuHist. Obtenido de: <https://quhist.com/tornillo-de-arquimedes-minas-hispania-imperio-romano/>

Somolinos, J. (2002). Avances en robótica y visión por computador . Murcia: Ediciones de la Universidad de Castilla.

Streeter, V. L. (2000). Mecánica de fluidos. Madrid: McGRAW-HILL.

Sugar, L., & Gómez, G. (2011). Visión computacional. Puebla: Instituto de Astrofísica, Óptica y Electrónica.

Techresources. (2017). Obtenido de <http://recursos-tecnologicos.com/>

TECNIT. (2017). Obtenido de <http://www.tecnit.com.ec/>

Vargas, H. (23 de 04 de 2013). miblogmecatronica. Recuperado el 2016 de 12 de 25, Obtenido de:

<http://miblogmecatronica.blogspot.com/2013/04/q-ue-es-un-sistema-mecatronico-o-u-n.html>

WhatisMechatronics. (ns de ns de 2007). Sistema Mecatrónico. Recuperado el 2016 de 12 de 13, de Sistema Mecatrónico. Obtenido de: <https://whatismechatronics.wikispaces.com/Sistema+Mecatr%C3%B3nico>

ANEXOS



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

CERTIFICACIÓN

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por los señores **LENIN JAVIER MANOBANDA CARDENAS Y ALEXIS ANDRÉS SANTAMARÍA CASTILLO..**

En la ciudad de Latacunga, a los 14 días del mes de Agosto del año 2017.

Ing. Andrés Gordón.

DIRECTOR DEL PROYECTO.

APROBADO POR:



Ing. Vicente Hallo.

DIRECTOR DE CARRERA.

Dr. Carlos Vaca.

SECRETARIO ACADÉMICO.