



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**  
**CARRERA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN**

**“CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO ELECTRÓNICO  
INTELIGENTE PARA LA INCUBACIÓN ARTIFICIAL DE  
HUEVOS”**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Dispositivo Tecnológico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN**

**AUTORES:**

**RICARDO PAÚL CABASCANGO TISALEMA**

**ALEX RODRIGO CHASI MASABANDA**

Riobamba – Ecuador

2024



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**  
**CARRERA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN**

**“CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO ELECTRÓNICO  
INTELIGENTE PARA LA INCUBACIÓN ARTIFICIAL DE  
HUEVOS”**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Dispositivo Tecnológico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN**

**AUTORES: RICARDO PAÚL CABASCANGO TISALEMA**

**ALEX RODRIGO CHASI MASABANDA**

**DIRECTORA: ING. SANDRA GABRIELA BARRAZUETA ROJAS**

Riobamba – Ecuador

2024

© 2024, Ricardo Paúl Cabascango Tisalema, Alex Rodrigo Chasi Masabanda

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Nosotros, Ricardo Paul Cabascango Tisalema y Alex Rodrigo Chasi Masabanda, declaramos que el presente Trabajo de Integración Curricular es de nuestra autoría y los resultados presentados son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados según la normativa.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 03 de abril del 2024



**Ricardo Paul Cabascango Tisalema**

**0603954967**



**Alex Rodrigo Chasi Masabanda**

**1804468112**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**  
**CARRERA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN**

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Dispositivo Tecnológico, **“CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO ELECTRÓNICO INTELIGENTE PARA LA INCUBACIÓN ARTIFICIAL DE HUEVOS”**, realizado por los señores: **RICARDO PAÚL CABASCANGO TISALEMA** y **ALEX RODRIGO CHASI MASABANDA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

**FIRMA**

**FECHA**

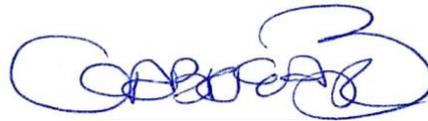
Ing. Ramiro Fernando Isa Jara



2024-04-03

**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

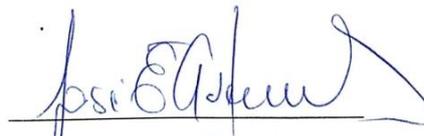
Ing. Sandra Gabriela Barraqueta Rojas



2024-04-03

**DIRECTORA DEL TRABAJO DE  
INTEGRACIÓN CURRICULAR**

Ing. José Enrique Guerra Salazar



2024-04-03

**ASESOR DEL TRABAJO DE  
INTEGRACIÓN CURRICULAR**

## **DEDICATORIA**

A mi familia, este momento es de suma nostalgia para mí, al culminar con una etapa muy importante en mi vida, quiero compartir este logro con ustedes ya que me apoyaron en todos los momentos desde que inicié la carrera y hoy con orgullo puedo decir que lo conseguí. Todo este trayecto ha sido de altos y bajos, pero nunca me he dado por vencido. Quiero agradecer a Dios por la fuerza que me ha brindado para llegar hasta estos momentos.

Ricardo

A mis docentes, compañeros y familia, que fueron una pieza clave en el desarrollo tanto personal como académico, hoy culmino una etapa muy importante para mí y no la hubiera logrado sin el apoyo incondicional de cada uno de ustedes. Quiero agradecerles por sus enseñanzas y estar conmigo en todos los momentos importantes para llegar a este punto y poder sentirme orgulloso de lo que pude conseguir.

Alex

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero expresar mis más sinceros agradecimientos a cada uno de los profesores que me instruyeron en mi vida académica, por darme las bases de los conocimientos esenciales que me permitieron culminar la carrera. Agradezco a mis padres y hermanos por estar siempre en los momentos más difíciles, que a pesar de todo hemos salido adelante. A mi compañero de tesis y amigo Alex Chasi por la dedicación y esfuerzo demostrado en el trabajo. Y sobre todo un agradecimiento especial al Ing. José Enrique Guerra quien fue fundamental en el desarrollo de este trabajo, gracias por guiarnos en todo momento, de igual manera a nuestra directora Ing. Gabriela Barraqueta por el apoyo incondicional en todo el proceso. Gracias por estar siempre conmigo.

Ricardo

Quiero expresar mis más sinceros agradecimientos a mis compañeros de carrera, amigos y mi familia quien han estado presente en todo momento apoyándome de manera incondicional, les agradezco por nunca soltarme y siempre confiar en mí, en lo que realizaba día tras día, cada año que estuve presente en la carrera. A mi amigo Ricardo Cabascango quien supo ser un gran compañero de tesis, por demostrar disciplina, trabajo, constancia y dedicación en todo momento del proceso que se realizó. Un agradecimiento de corazón al Ing. José Guerra quien a través de sus consejos se pudo culminar exitosamente el presente trabajo, por otro lado, agradezco a nuestra directora de tesis Ing. Gabriela Barraqueta quien estuvo dispuesta a ayudarnos en todo momento, por su paciencia y entrega en este trabajo. Mis más sinceras palabras de agradecimiento.

Alex

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xvi
RESUMEN.....	xvii
SUMMARY .....	xviii
INTRODUCCIÓN .....	1

### CAPÍTULO I

1.	DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA .....	2
1.1	Planteamiento del problema .....	2
1.2	Justificación.....	4
1.2.1	<i>Justificación teórica</i> .....	4
1.2.2	<i>Justificación aplicada</i> .....	7
1.3	Objetivos.....	8
1.3.1	<i>Objetivo general</i> .....	8
1.3.2	<i>Objetivo Específico</i> .....	8

### CAPÍTULO II

2.	MARCO TEÓRICO .....	9
2.1	Contextualización del problema .....	9
2.2	Producción avícola en el Ecuador .....	10
2.3	Normas y regulaciones .....	11
2.3.1	<i>Regulaciones y normativas aplicables a la avicultura ecuatoriana</i> .....	12
2.4	Tipos de incubadoras automáticas .....	12

2.5	Parámetros de control .....	15
2.5.1	<i>Temperatura y humedad</i> .....	15
2.5.2	<i>Sistema de distribución de calor</i> .....	18
2.6	Sistema de ventilación y monitoreo de calidad de aire.....	21
2.6.1	<i>Sistemas de oxigenación para una incubación eficiente</i> .....	22
2.6.2	<i>Análisis comparativo de los sistemas de oxigenación</i> .....	22
2.7	Posición y volteo de huevos .....	23
2.7.1	<i>Motor</i> .....	24
2.7.2	<i>Sistemas de giro automatizado en incubadoras de huevos</i> .....	25
2.7.3	<i>Análisis comparativo de los sistemas de giro</i> .....	26
2.8	Sistema de sensores.....	27
2.9	Material de construcción.....	28
2.9.1	<i>Análisis comparativo de los materiales de construcción</i> .....	29
2.10	<i>Tarjetas de desarrollo</i> .....	30
2.10.1	<i>Análisis comparativo de las tarjetas de desarrollo</i> .....	30
2.11	Tecnologías de comunicación inalámbrica.....	31
2.11.1	<i>Análisis comparativo de los sistemas de comunicación</i> .....	32

### CAPITULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO .....	34
3.1	Requerimientos del prototipo electrónico inteligente para la incubadora .....	34
3.2	Concepción de la arquitectura general del prototipo .....	35
3.3	Diseño de la arquitectura del dispositivo.....	37
3.4	Selección de <i>hardware</i> para el prototipo de incubadora .....	39
3.4.1	<i>Microcontrolador ESP WROOM-32</i> .....	39
3.4.2	<i>Sensor de temperatura y humedad DHT22</i> .....	40

3.4.3	<i>Sensor de calidad de aire MQ 135</i> .....	42
3.4.4	<i>Sensor de distancia ultrasónico HC-SR04</i> .....	43
3.4.5	<i>Motor síncrono 49TYJ</i> .....	44
3.4.6	<i>HMI Nextion 7.0 modelo NX8048P070-011C</i> .....	45
3.4.7	<i>Módulo reductor DC/DC LM2596</i> .....	46
3.4.8	<i>Módulo elevador DC/DC CN6009</i> .....	47
3.4.9	<i>Humidificador ultrasónico 24V DC</i> .....	48
3.4.10	<i>Calentador de aire cerámico PTC</i> .....	49
3.4.11	<i>Relé de estado sólido SSR-25 DA</i> .....	51
3.4.12	<i>Módulo de relé de 8 canales</i> .....	52
3.4.13	<i>Ventilador 4010</i> .....	53
3.4.14	<i>Ventilador de refrigeración sin escobillas</i> .....	54
3.4.15	<i>Fuente de poder 12V – 10 A</i> .....	55
3.4.16	<i>Otros elementos hardware</i> .....	56
3.5	<b>Esquema de conexión electrónica del prototipo de incubadora</b> .....	58
3.6	<b>Software de desarrollo para el prototipo de incubadora</b> .....	62
3.6.1	<i>Controlador PID (Proporcional Integral Derivativo) en Matlab</i> .....	62
3.6.2	<i>Base de datos en Firebase</i> .....	64
3.6.3	<b>Programación del microcontrolador ESP32</b> .....	65
3.7	<b>Interfaz de control y visualización</b> .....	68
3.7.1	<i>Interfaz de la pantalla Nextion HMI</i> .....	69
3.7.2	<i>Aplicación móvil</i> .....	71
3.8	<b>Diseño estructural del dispositivo</b> .....	73

## CAPITULO IV

4.	<b>Validación del prototipo</b> .....	81
4.1	<b>Consideraciones generales</b> .....	81

<b>4.2</b>	<b>Validación del sensor de temperatura DHT 22</b> .....	<b>82</b>
<b>4.3</b>	<b>Validación del sensor de humedad DHT 22</b> .....	<b>85</b>
<b>4.4</b>	<b>Prueba de giro de la bandeja</b> .....	<b>88</b>
<b>4.5</b>	<b>Prueba de rendimiento del humidificador</b> .....	<b>90</b>
<b>4.6</b>	<b>Prueba del sensor ultrasónico HC-SR04</b> .....	<b>91</b>
<b>4.7</b>	<b>Prueba del control PID de temperatura</b> .....	<b>94</b>
<b>4.8</b>	<b>Prueba de tiempo de estabilización térmica</b> .....	<b>97</b>
<b>4.9</b>	<b>Pruebas fertilidad de la colecta de huevos</b> .....	<b>98</b>
<b>4.10</b>	<b>Prueba de rendimiento energético</b> .....	<b>100</b>
<b>4.11</b>	<b>Prueba de funcionamiento del prototipo incubadora</b> .....	<b>101</b>
<b>4.12</b>	<b>Análisis económico del prototipo de incubadora</b> .....	<b>107</b>

## **CAPITULO V**

<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>110</b>
---------------------------	------------

<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>111</b>
------------------------------	------------

## **BIBLIOGRAFÍA**

## **ANEXOS**

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 2-1:</b> Comparación entre incubadoras comerciales disponibles en el mercado.....	14
<b>Tabla 2-2:</b> Rangos de temperatura y humedad para la incubación de diferentes especies.....	16
<b>Tabla 2-3:</b> Consideraciones de la variación de temperatura y humedad.....	17
<b>Tabla 2-4:</b> Comparación sistemas de distribución de calor. ....	20
<b>Tabla 2-5:</b> Comparación sistemas de oxigenación.....	22
<b>Tabla 2-6:</b> Datos de frecuencia, duración de giro y tiempo de incubación.....	23
<b>Tabla 2-7:</b> Comparación de los tipos de motor. ....	25
<b>Tabla 2-8:</b> Comparación sistemas de giro.....	26
<b>Tabla 2-9:</b> Características referenciales que deben poseer los sensores. ....	28
<b>Tabla 2-10:</b> Comparación de materiales de construcción. ....	29
<b>Tabla 2-11:</b> Comparación de las tarjetas de desarrollo. ....	31
<b>Tabla 2-12:</b> Comparación sistemas de comunicación.....	33
<b>Tabla 3-1:</b> Principales especificaciones del microcontrolador ESP32 WROOM-32.....	40
<b>Tabla 3-2:</b> Principales especificaciones del sensor de temperatura y humedad DHT22.....	41
<b>Tabla 3-3:</b> Principales especificaciones técnicas del sensor de calidad de aire MQ 135.....	42
<b>Tabla 3-4:</b> Principales especificaciones técnicas del sensor HC SR04.....	44
<b>Tabla 3-5:</b> Principales especificaciones técnicas del motor síncrono 49TYJ. ....	45
<b>Tabla 3-6:</b> Principales características técnicas de la pantalla Nextion 7.0.....	46
<b>Tabla 3-7:</b> Principales especificaciones técnicas del módulo reductor DC/DC LM2596.....	47
<b>Tabla 3-8:</b> Principales especificaciones técnicas del regulador CN6009.....	48
<b>Tabla 3-9:</b> Principales especificaciones técnicas del humidificador de 24V DC.....	49
<b>Tabla 3-10:</b> Principales especificaciones técnicas del calentador de aire cerámico PTC. ....	50
<b>Tabla 3-11:</b> Principales especificaciones técnicas del relé de estado sólido SSR-25 DA.....	51
<b>Tabla 3-12:</b> Principales especificaciones técnicas del módulo de relé de 8 canales. ....	52
<b>Tabla 3-13:</b> Principales especificaciones técnicas del ventilador 4010. ....	53

<b>Tabla 3-14:</b> Principales especificaciones técnicas del ventilador de refrigeración. ....	54
<b>Tabla 3-15:</b> Principales especificaciones técnicas de la fuente de poder 12V – 10 A. ....	56
<b>Tabla 3-16:</b> Dimensiones de la estructura. ....	75
<b>Tabla 4-1:</b> Formas de expresar la incerteza de un resultado mediante el error relativo (%). ....	82
<b>Tabla 4-2:</b> Toma de datos de temperatura. ....	83
<b>Tabla 4-3:</b> Resultados de la prueba de Shapiro Wilk - Temperatura. ....	85
<b>Tabla 4-4:</b> Resultados de la prueba de correlación - Temperatura. ....	85
<b>Tabla 4-5:</b> Toma de datos de humedad. ....	86
<b>Tabla 4-6:</b> Resultados de la prueba de Shapiro Wilk – Humedad. ....	87
<b>Tabla 4-7:</b> Resultados de la prueba de correlación - Humedad. ....	88
<b>Tabla 4-8:</b> Toma de datos del sistema de giro. ....	89
<b>Tabla 4-9:</b> Toma de datos para el rendimiento correcto del humidificador ultrasónico. ....	91
<b>Tabla 4-10:</b> Toma de datos de la medición del nivel del tanque. ....	92
<b>Tabla 4-11:</b> Resultados de la prueba de Shapiro Wilk – Humedad. ....	93
<b>Tabla 4-12:</b> Resultados de la prueba de correlación - Humedad. ....	94
<b>Tabla 4-13:</b> Toma de muestras de temperatura mediante el control PID. ....	95
<b>Tabla 4-14:</b> Resultados de la prueba estadística t Student. ....	96
<b>Tabla 4-15:</b> Toma de datos de tiempo de estabilidad térmica. ....	97
<b>Tabla 4-16:</b> Resultados del análisis estadístico t Student de la estabilización térmica. ....	98
<b>Tabla 4-17:</b> Muestra de 18 huevos para prueba de fertilidad y toma de datos. ....	99
<b>Tabla 4-18:</b> Prueba de consumo de un día del prototipo de incubadora. ....	101
<b>Tabla 4-19:</b> Prueba de funcionamiento del prototipo de incubadora. ....	102
<b>Tabla 4-20:</b> Análisis económico para la implementación del prototipo de incubadora. ....	107
<b>Tabla 4-21:</b> Comparativa entre el prototipo de incubadora e Incubadora TE6000. ....	108

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 2-1:</b> Brinsea Ova – Easy 100.....	13
<b>Ilustración 2-2:</b> Incubadora MG – 70/10.....	13
<b>Ilustración 2-3:</b> Incubadora Heka Basic 2.....	14
<b>Ilustración 2-4:</b> Controlador de temperatura y humedad Feilong XM-18.....	18
<b>Ilustración 2-5:</b> Calefactor tipo radiador.....	19
<b>Ilustración 2-6:</b> Incubadora con ventiladores.....	19
<b>Ilustración 2-7:</b> Incubadora con fuente de agua.....	20
<b>Ilustración 2-8:</b> Posición y volteo de huevos.....	23
<b>Ilustración 2-9:</b> Tipos de sensores.....	27
<b>Ilustración 3-1:</b> Concepción general del prototipo incubadora.....	37
<b>Ilustración 3-2:</b> Diagrama de bloques del prototipo de incubadora.....	38
<b>Ilustración 3-3:</b> Microcontrolador ESP WROOM 32.....	40
<b>Ilustración 3-4:</b> Sensor de temperatura y humedad DHT22.....	41
<b>Ilustración 3-5:</b> Sensor de calidad de aire MQ135.....	42
<b>Ilustración 3-6:</b> Sensor de distancia ultrasónico HC-SR04.....	43
<b>Ilustración 3-7:</b> Motor síncrono 49TYJ.....	44
<b>Ilustración 3-8:</b> HMI Nextion 7.0 NX8048P070-011C.....	45
<b>Ilustración 3-9:</b> Módulo reductor DC/DC LM2596.....	47
<b>Ilustración 3-10:</b> Módulo elevador DC/DC CN6009.....	48
<b>Ilustración 3-11:</b> Humidificador ultrasónico 24V DC.....	49
<b>Ilustración 3-12:</b> Calentador de aire cerámico PTC.....	50
<b>Ilustración 3-13:</b> Relé de estado sólido SSR-25 DA.....	51
<b>Ilustración 3-14:</b> Módulo relé de 8 canales.....	52
<b>Ilustración 3-15:</b> Ventilador 4010.....	53
<b>Ilustración 3-16:</b> Ventilador de refrigeración sin escobillas.....	54

<b>Ilustración 3-17:</b> Fuente de poder 12V – 10 A.....	55
<b>Ilustración 3-18:</b> Indicador LED AD16-22DS. ....	56
<b>Ilustración 3-19:</b> Interruptor basculante de encendido/apagado DPST. ....	57
<b>Ilustración 3-20:</b> Fusible de tipo europeo.....	57
<b>Ilustración 3-21:</b> Interruptor AC con lámpara y porta fusibles. ....	58
<b>Ilustración 3-22:</b> Interconexiones del prototipo de incubadora. ....	60
<b>Ilustración 3-23:</b> Diseño de la placa PCB. ....	61
<b>Ilustración 3-24:</b> Implementación física de la placa PCB. ....	61
<b>Ilustración 3-25:</b> Datos de temperatura obtenidos.....	62
<b>Ilustración 3-26:</b> (A) Grafica respuesta del modelo, (B) Sintonización de la planta.....	63
<b>Ilustración 3-27:</b> Valores obtenidos para el controlador PID. ....	63
<b>Ilustración 3-28:</b> Segmentación de almacenamiento de datos.....	64
<b>Ilustración 3-29:</b> Registro de los parámetros en cada segmento. ....	65
<b>Ilustración 3-30:</b> Diagrama de flujo de la inicialización de la tarjeta ESP32-WROOM.....	68
<b>Ilustración 3-31:</b> Pantalla principal .....	69
<b>Ilustración 3-32:</b> Pantalla de selección de ave.....	70
<b>Ilustración 3-33:</b> Pantalla de monitoreo general.....	71
<b>Ilustración 3-34:</b> Aviso de cancelación de proceso .....	71
<b>Ilustración 3-35:</b> Aplicación móvil.....	72
<b>Ilustración 3-36:</b> Bandeja mixta de incubación de 39/156 huevos.....	73
<b>Ilustración 3-37:</b> Diseño CAD de la estructura del prototipo de incubadora. ....	74
<b>Ilustración 3-38:</b> Estructura física implementada.....	74
<b>Ilustración 3-39:</b> Diseño del tanque de humidificador. ....	75
<b>Ilustración 3-40:</b> Diseño de la tapa del tanque. ....	76
<b>Ilustración 3-41:</b> Diseño completo del sistema de humidificación.....	76
<b>Ilustración 3-42:</b> Implementación física del sistema de humidificación. ....	77
<b>Ilustración 3-43:</b> Cubierta de alucobond y relleno de poliestireno.....	77

<b>Ilustración 3-44:</b> Diseño CAD del prototipo de incubadora.....	78
<b>Ilustración 3-45:</b> Vista frontal del prototipo de incubadora en diseño CAD.....	78
<b>Ilustración 3-46:</b> Vista posterior del prototipo de incubadora en diseño CAD. ....	79
<b>Ilustración 3-47:</b> Diseño de agujeros de ventilación en diseño CAD.....	80
<b>Ilustración 3-48:</b> Implementación física del prototipo de incubadora.....	80
<b>Ilustración 4-1:</b> Prototipo de incubadora. ....	81
<b>Ilustración 4-2:</b> Equipo patrón de medición HTC-01.....	83
<b>Ilustración 4-3:</b> Medición del grado de inclinación de la bandeja.....	89
<b>Ilustración 4-4:</b> Procedimiento de medición.....	90
<b>Ilustración 4-5:</b> Medición del nivel del tanque.....	92
<b>Ilustración 4-6:</b> Pruebas PID Matlab. ....	95
<b>Ilustración 4-7:</b> Colecta de huevos realizada.....	99
<b>Ilustración 4-8:</b> Multímetro Fluke. ....	100
<b>Ilustración 4-9:</b> Huevos seleccionados para el proceso de incubación.....	102
<b>Ilustración 4-10:</b> Nacimiento de los polluelos.....	106
<b>Ilustración 4-11:</b> Día 15 después del nacimiento. ....	106

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A:** MANUAL DE USUARIO

**ANEXO B:** HOJA DE DATOS DE LA TARJETA DE DESARROLLO ESP WROOM – 32

**ANEXO C:** HOJA DE DATOS DEL SENSOR CAPACITIVO DHT22/AM2302

**ANEXO D:** HOJA DE DATOS DEL SENSOR MQ 135

**ANEXO E:** HOJA DE DATOS DEL SENSOR ULTRASÓNICO HC-SR04

**ANEXO F:** HOJA DE DATOS DEL MOTOR SÍNCRONO 49TYJ

**ANEXO G:** HOJA DE DATOS DE LA PANTALLA NEXTION 7.0 - NX8048P070-011C

**ANEXO H:** HOJA DE DATOS DEL MÓDULO REDUCTOR DC/DC LM2596

**ANEXO I:** HOJA DE DATOS DE MÓDULO ELEVADOR DC/DC CN6009

**ANEXO J:** HOJA DE DATOS DEL HUMIDIFICADOR ULTRASÓNICO DE 24V DC

**ANEXO K:** HOJA DE DATOS DEL CALENTADOR CERÁMICO PTC

**ANEXO L:** HOJA DE DATOS DEL RELÉ DE ESTADO SÓLIDO SSR-25 DA

**ANEXO M:** HOJA DE DATOS DEL MÓDULO DE RELÉ DE 8 CANALES

**ANEXO N:** HOJA DE DATOS DEL VENTILADOR 4010 DE 12V DC

**ANEXO O:** HOJA DE DATOS DEL VENTILADOR DE REFRIGERACIÓN DE 12V DC

**ANEXO P:** HOJA DE DATOS DE LA FUENTE DE PODER 12V – 10 A

**ANEXO Q:** PLANO DE LA ESTRUCTURA DE LA INCUBADORA

**ANEXO R:** PLANO DE LA TAPA DEL TANQUE

**ANEXO S:** PLANO DE LA ESTRUCTURA DEL SISTEMA DE HUMIDIFICACIÓN

**ANEXO T:** CÓDIGO EN ARDUINO IDE

**ANEXO U:** CÓDIGO EN ANDROID STUDIO

**ANEXO V:** EQUIPO PATRON DE MEDICIÓN HTC – 01

## RESUMEN

Se ha desarrollado un prototipo de incubadora automatizada para diferentes especies de aves, con una capacidad máxima de 117 huevos de aves grandes o 468 huevos de aves pequeñas. El prototipo se ha dividido en cinco etapas fundamentales. La etapa de selección, ingreso y visualización ofrece a los usuarios poder elegir el tipo de ave a incubar, ajustar los parámetros a través de una interfaz intuitiva y visualizar si el proceso se ha iniciado. La etapa de control y almacenamiento de parámetros, controlado por un microprocesador se encarga de procesar los datos proporcionados por la etapa de sensores como temperatura, humedad, calidad del aire y nivel del tanque de agua del sistema de humidificación, para enviar las respectivas acciones hacia la etapa de actuadores, los cuales condicionan a la incubadora para el proceso de incubación. La etapa de monitoreo se conforma por una aplicación móvil la cual recibe los parámetros del proceso mediante una base de datos. La última etapa representa a la de alimentación del prototipo de incubadora, en esta se presenta la red convencional 110AC además de una fuente de poder de voltaje DC para los diferentes elementos electrónicos. Los resultados muestran una exitosa eclosión de aves, respaldada por pruebas de funcionamiento y un seguimiento fotográfico diario del desarrollo embrionario. Se concluye que este prototipo de incubadora automatizada funciona y es efectivo en cuanto a resultados, las pruebas realizadas validan la precisión de los sensores, la estabilidad del prototipo y el control de los parámetros. Se recomienda seguir con la investigación planteada para obtener nuevos resultados acerca del prototipo, además de promover diferentes líneas de investigación como puede ser el caso de la conservación de aves silvestres.

**Palabras clave:** <PROTOTIPO> <INCUBADORA ARTIFICIAL> <AUTOMATIZACIÓN>  
<ECLOSIÓN DE AVES> <DESARROLLO EMBRIONARIO>

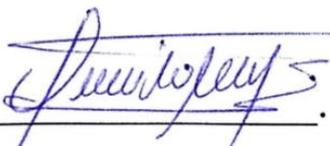
0400-DBRA-UPT-2024



## SUMMARY

A prototype of an automated incubator has been developed for different species of birds, with a maximum capacity of 117 eggs for large birds or 468 eggs for small birds. The prototype has been divided into five fundamental stages. The selection, entry, and visualization stage offers users the ability to choose the type of bird to incubate, adjust the parameters through an intuitive interface, and view if the process has started. The parameter control and storage stage, controlled by a microprocessor, is responsible for processing the data provided by the sensor stage such as temperature, humidity, air quality, and level of the water tank of the humidification system, to send the respective actions to the actuator stage, which conditions the incubator for the incubation process. The monitoring stage is made up of a mobile application that receives the process parameters through a database. The last stage represents the power supply of the incubator prototype, in which the conventional 110AC network is presented as well as a DC voltage power source for the different electronic elements. The results show successful hatching of birds, supported by performance tests and daily photographic monitoring of embryonic development. It is concluded that this automated incubator prototype works and is effective in terms of results; the tests carried out validate the precision of the sensors, the stability of the prototype, and the control of the parameters. It is recommended to continue with the proposed research to obtain new results about the prototype, in addition to promoting different lines of research, such as the conservation of wild birds.

**Keywords:** <PROTOTYPE> <ARTIFICIAL INCUBATOR> <AUTOMATION> <BIRD HATCHING> <EMBRYONIC DEVELOPMENT>.



Lic. Nelly Padilla P.

0603818717

DOCENTE FIE

## INTRODUCCIÓN

La práctica de la incubación artificial de huevos ha sido un proceso fundamental en la producción avícola, la misma que ha ido evolucionando desde los primeros registros que tuvo lugar en China en el año 246 A.C. hasta los desarrollos más recientes (Pitre Barboza 2021) . Desde su aparición en el mercado comercial en 1844 en Estados Unidos, las incubadoras han desempeñado un papel importante en su evolución, llegando a la actualidad con sistemas de control más avanzados y prototipos fácilmente transportables. La incubadora Smith, que consistía prácticamente en una habitación amplia con ventiladores para distribuir el aire caliente en toda la cámara de incubación, fue patentada en 1918, fue una de las precursoras de los modernos y eficientes modelos que se utilizan en la actualidad para la incubación artificial de huevos de diferentes tipos de aves (El sitio avícola 2010).

Uno de los acontecimientos más recientes es la introducción de incubadoras inteligentes que incorporan tecnologías modernas como la inteligencia artificial, procesos automáticos y monitoreo remoto, entre otras innovaciones. Esto representa un cambio revolucionario en la industria avícola permitiendo que este sector pueda expandir su productividad y mejorar el control en su proceso de incubación (Nacheva 2015).

El monitoreo remoto durante el proceso de incubación, el ahorro de tiempo y la mejora del control de los parámetros de incubación como temperatura, humedad, giro de los huevos y el tiempo de incubación, son una parte de las ventajas que pueden llegar a ofrecer las incubadoras inteligentes, pero a su vez los costos elevados, el riesgo de contaminación y la capacidad limitada de las incubadoras inteligentes llegan a ser algunas de las desventajas actualmente (Agroavícola.cl 2023).

En esta investigación, se plantea minimizar las desventajas mencionadas en la construcción de un prototipo electrónico inteligente para la incubación artificial de huevos, centrándonos en el desarrollo y el impacto que se tendría en la industria avícola. Analizaremos paso a paso la construcción de este prototipo de incubadora y su amplia ventaja con relación a incubadoras existentes en el mercado.

# CAPÍTULO I

## 1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

El tema presenta desafíos relacionados a su dependencia de condiciones ambientales variables y a menudo incontrolables, lo que puede resultar en tasas de eclosión irregulares y limitaciones en la investigación avícola. La falta de una supervisión constante en incubadoras automáticas tradicionales ha demostrado ser ineficientes y costosas, esto debido a que las incubadoras convencionales no tienen la capacidad de facilitar la supervisión de manera remota y a distancias considerables. La necesidad de una solución más eficiente y efectiva para la incubación artificial de huevos se hace evidente en pequeños productos que se encuentran dentro de la industria avícola. La construcción de un prototipo electrónico inteligente se presenta como una respuesta innovadora para afrontar estos problemas al proporcionar procesos automatizados, control y monitoreo constante, lo que puede mejorar las tasas de eclosión y permitir una investigación más avanzada en el tema.

### 1.1 Planteamiento del problema

La práctica de la incubación artificial de huevos tiene sus raíces en China en el año 246 A.C. En los Estados Unidos, el diseño, uso y la obtención de patentes para los huevos de incubación artificial comenzaron en 1844. La implementación a gran escala de este método se llevó a cabo mediante una cámara única con capacidad para 36,000 huevos. A lo largo del tiempo, el conocimiento sobre los principios de la incubación ha sido transmitido cuidadosamente de generación en generación (Pitre Barboza 2021). Hoy en día, existen diferentes tipos de incubadoras de huevos, desde diseños domésticos a industriales, que utilizan diferentes materiales y técnicas para controlar variables físicas como temperatura y humedad adecuadas durante el proceso de incubación.

La incubación natural llevada a cabo por las aves es un procedimiento mediante el cual garantizan la temperatura y ventilación necesarias para favorecer el desarrollo del embrión dentro del huevo, el proceso tiene lugar en un nido en forma de platillo y los huevos se colocan en posición horizontal o inclinada. Por otro lado, la incubación artificial reproduce las condiciones de temperatura, aire y humedad requeridas para la incubación y eclosión de los polluelos (Jonathan Vinicio 2022).

Las técnicas de incubación más avanzadas utilizadas en el diseño de incubadoras han recibido un gran impulso desde finales del siglo XIX, cuando se desarrollaron nuevas máquinas con sistemas de control más sencillos, portabilidad y menores requisitos de mantenimiento (Pitre Barboza 2021). La industria avícola utiliza incubadoras de alta tecnología que aseguran un entorno óptimo para el desarrollo embrionario. El control preciso de la temperatura, humedad, y la ventilación garantizar una eclosión precisa y uniforme de los huevos, maximizando así los índices de eclosión (García Hierro et al. 2023).

En 2019, en la ciudad de Riobamba se presentó un proyecto titulado "Creación y desarrollo de un modelo experimental de incubadora con monitoreo inteligente para la eclosión de huevos". Su enfoque se centró en la implementación de un sistema de visión artificial y automatización que eliminó la necesidad de intervención humana en el proceso. El prototipo diseñado se estructuró en tres etapas fundamentales. En la primera etapa, se empleó el microcontrolador Arduino para adquirir, procesar y evaluar los datos recopilados mediante el sensor DTH11 (Ángel Andrés 2019).

La segunda etapa incorporó un sistema de supervisión basado en el algoritmo SIFT utilizando visión artificial a través de una cámara web con una velocidad de cuadros de 60 FPS y una resolución de 1200x800 píxeles. Esta etapa también hizo uso de un software de desarrollo Python en un entorno basado en Linux y de código abierto. La tercera y última etapa implicó la implementación de un sistema de movimiento autónomo con monitoreo de los huevos mediante Python. Como resultado, se logró desarrollar un prototipo de incubadora autónoma con capacidad para albergar hasta 10 huevos, con una eficiencia de eclosión del 70%. Este enfoque redujo significativamente la necesidad de interacción entre humanos y máquinas en el proceso de incubación (Ángel Andrés 2019).

Por esa razón el proyecto realizado en el año 2019 y las incubadoras artificiales actuales para pequeños productores con coste reducido, tienden a presentar el mismo problema, tanto del número de huevos como la baja eficiencia de eclosión. Los días de incubación rondan entre 18 a 21 días, en este periodo de tiempo una gallina puede incubar entre 10 a 12 unidades de huevos. Con el prototipo experimental propuesto se llega a un número de 117 huevos en el mismo intervalo de tiempo. Además, cabe destacar que ya no es necesario aves madre para este proceso por lo cual facilita el proceso de incubación, permitiendo un mayor control de los parámetros a una tasa de eclosión más alto. Según el ingeniero Juan Jairo Vaca Gonzáles docente de la UNAL Sede de La Paz; el control de temperatura de prototipo tiene un efecto significativo, por ejemplo, temperatura que estén por debajo de lo establecido tiene como resultado el retraso interno del

embrión en cuanto a desarrollo, por otro lado, las altas temperaturas realizan el proceso contrario, es decir aceleran el desarrollo que tendría el embrión (Manrique Vindas Segura 2023).

A pesar de la presencia de sistemas de incubación que ya se encuentran en uso y se utiliza en diferentes granjas, estos operan de manera semiautomatizada o de forma artesanal, en esta configuración se colocan una mayor cantidad de huevos, pero requieren una supervisión periódica y manual por parte de una persona para el control de las diferentes variables físicas que intervienen en la eclosión. En contraste con lo mencionado, se presenta este nuevo prototipo automatizado, la intervención del usuario es significativamente menor, por lo que implica una reducción en la necesidad del monitoreo constante (Manrique Vindas Segura 2023).

Otra ventaja significativa es el monitoreo remoto durante el proceso de incubación. Esto es especialmente útil porque ayuda a identificar y prevenir posibles incidentes que podrían afectar negativamente la eclosión de los pollos, bajo este concepto los avicultores van a poder tomar las medidas correctivas de manera oportuna, este sistema de monitoreo en conjunto con el control de temperatura, humedad y volteo automático de los huevos, llegan a ofrecer un ambiente óptimo para el proceso de incubación (Rodríguez Torres et al. 2021).

## **1.2 Justificación**

### ***1.2.1 Justificación teórica***

En la actualidad la tecnología se está desarrollando de una manera muy acelerada y permite la agilización de procesos tanto de la vida cotidiana como en la industria. El consejo de educación superior del Ecuador en su plan de desarrollo menciona que los proyectos de investigación en conjunto con la vinculación son ejes muy importantes que permiten la evolución local de diferentes regiones, así como también a nivel nacional, dando como resultado un aumento en la productividad, competitividad e innovación del país (CES 2022). Estos planes estratégicos promueven la participación del sistema educativo en áreas que impulsan la economía del país, así como en la innovación y creación de dispositivos tecnológicos que puedan contribuir de manera eficiente a la producción, economía y sociedad. Esto se logra aprovechando el avance tecnológico que estamos experimentando en la actualidad.

Al analizar la información que brindan ciertas organizaciones que contribuyen al desarrollo de la agricultura y alimentación como (FAO), se destaca que la producción mundial de carne de ave en el 2020 fue de aproximadamente 125.2 millones de toneladas métricas. Además, en el año 2020 la carne proveniente de aves representó alrededor del 40% de la producción a nivel mundial de

este alimento cárnico (FAO 2024). Muchos de los avances tecnológicos permiten el crecimiento de estas métricas, las tendencias en cuanto a incubadoras permiten mejorar esta producción como, por ejemplo; La integración de la IA que permite un análisis en tiempo real y ajustes precisos de las condiciones de incubación, garantizando una eclosión de huevos más exitosa. Sensores avanzados de temperatura y humedad, junto con sistemas de conectividad y telemetría, brindan un monitoreo en tiempo real y control remoto, optimizando la eficiencia del proceso.

La automatización integral y la capacidad de análisis predictivo reducen la intervención humana y previenen problemas que pueden ser costosos. El control ambiental preciso y la monitorización permiten un desarrollo embrionario óptimo. Esta evolución tecnológica no solo mejora la calidad y la eficiencia de la producción avícola, sino que también promueve un objetivo más sostenible y rentable en cuestión a la crianza de distintos tipos de aves a nivel mundial.

La economía del Ecuador depende en gran medida de actividades extractivas y productivas como por ejemplo la explotación petrolera y maderera, así como también la agricultura y la avicultura en cuanto a producción. De acuerdo con los datos proporcionados por la Corporación Nacional de Avicultores del Ecuador (CONAVE) en el año 2021, la industria avícola desempeñó un papel fundamental como la principal fuente de proteína de origen animal en el país. En ese período, se registró una producción de 255 millones de pollos, equivalente a 480 mil toneladas de carne, además de la producción de 3.507 millones de huevos de consumo. Esto demuestra un gran avance en cuanto a producción de aves, ya que se estima que cada persona consume alrededor de 27,72 kg de carne proveniente de un ave y alrededor de 218 unidades de huevos año per cápita (Agrocalidad.gob.ec 2022).

La industria avícola en el Ecuador se enfrenta a varias limitaciones en cuanto a la integración de nuevas tecnologías, según el estudio realizado por el (ISTCT). Esto ha llevado a las pequeñas empresas dedicadas a la eclosión de huevos a desarrollar incubadoras artificiales semiindustriales. En el país, la mayoría de las incubadoras son fabricadas de modo artesanal y carecen de tecnificación, por lo que no cuentan con un control adecuado, además que no cuentan con sistemas de monitoreo para comprobar en tiempo real que el proceso sigue estando bien (Jonathan Vinicio 2022).

El paro nacional del 2022 en Ecuador ha tenido un impacto significativo en la producción avícola del país. Durante el paro, las carreteras y otras vías de transporte importantes fueron bloqueadas, lo que dificultó la entrega de alimentos y otros suministros necesarios para la producción avícola. Muchas granjas y productores también tuvieron que cerrar sus operaciones debido a la falta de

alimentos y otros suministros, lo que resultó en pérdidas a este sector que rondan los 30 millones de dólares (Primicias.ec 2022).

El Ecuador en los últimos años debido a la pandemia de COVID-19, ha sufrido grandes pérdidas en el ámbito económico, uno de los sectores que sufrió estas pérdidas son los avicultores, ya que la restricción de movilidad afectó al transporte de los productos avícolas y principalmente los precios de adquisición de estos productos llegaron a ser excesivamente costosos (ElSitioAvícola 2023).

El precio de las incubadoras en el Ecuador es muy variable ya que depende de la cantidad de huevos, del material de construcción, entre más factores, actualmente la región con mayor actividad avícola se encuentra en la Costa ecuatoriana, por lo que en ocasiones existe dificultad en el transporte de pollitos, además del estrés físico que pueden sufrir las aves durante largas horas de viaje, la falta de conocimiento en empresas avícolas provocan que el sector avícola tenga dificultades en la transformación industrial en el país (Jonathan Vinicio 2022).

Menos del 20% de los empresarios tienen conocimientos acerca de nuevas tecnologías en la industria avícola, por ello la información y aplicación de nuevas tecnologías en el sector avícola del Ecuador tiene un impacto negativo en su competitividad frente a los demás países. La automatización y el uso de herramientas tecnológicas son fundamentales para que el sector avícola del Ecuador se integre a la industria 4.0, lo cual es urgente ante la alta competitividad del mercado (Jonathan Vinicio 2022).

Rudy Verhelst, director de Desarrollo Empresarial de Petersime, presentó la X-Streamer, una innovadora incubadora inteligente diseñada para mejorar significativamente el proceso de incubación. Esta implementa un sistema denominado "Embryo-Response Incubation", este propone que el porcentaje en cuanto a éxito de incubación sea un valor de 85%, considerando que los polluelos no presenten enfermedades después del nacimiento. El software presentado X-Streamer permite al usuario tomar decisiones para la posterior mejora de la incubadora (Petersime 2021).

El siguiente proyecto tiene como objetivo la creación de una incubadora avícola electrónica que tenga la capacidad de alojar aproximadamente 117 huevos, además de incorporar un sistema de control mediante una pantalla HMI y monitoreo remoto de condiciones. Este innovador prototipo será capaz de regular con precisión diversos parámetros físicos, como la temperatura, la humedad y el giro de posición de los huevos. Todos estos datos, recopilados por una serie de sensores, serán transmitidos a través de un *Gateway* a un servidor central que los presentará en una aplicación

móvil, permitiendo así un monitoreo constante y el seguimiento adecuado del desarrollo embrionario.

En este contexto, se implementará un protocolo de comunicación específico para facilitar el monitoreo de la incubadora artificial. Este protocolo, será una tecnología ampliamente utilizada en aplicaciones relacionadas con el IoT. Esta elección se fundamenta en la necesidad de garantizar una comunicación eficiente y segura entre la incubadora y el servidor central. La introducción de este sistema en la incubadora artificial tiene como resultado principal la posibilidad de supervisar y controlar el proceso de incubación en todas sus etapas de manera remota, lo que reduce significativamente la necesidad de intervención humana y permite una gestión más eficiente y precisa del proceso.

### ***1.2.2 Justificación aplicativa***

La cría de aves es muy importante tanto en la industria agrícola como en la avícola, esto con la finalidad de mejorar el proceso de incubación, dado esto se ha propuesto el desarrollo de un prototipo de incubadora inteligente. Esta permitirá la monitorización remota y el control adecuado de los parámetros requeridos para la incubación, pudiendo crear así un ambiente óptimo para el desarrollo embrionario y a su vez la eclosión de las aves. Además, el prototipo de incubadora contará con una pantalla digital táctil en donde se podrá visualizar los parámetros, como la temperatura, humedad, tiempo restante para la eclosión, nivel de agua del humidificador, todos estos parámetros serán gestionados por un microcontrolador principal, permitiendo realizar las configuraciones necesarias.

Para mantener condiciones ideales, se utilizarán actuadores como es el caso de un calentador de aire PTC para el control de la temperatura, un ventilador para garantizar el flujo de aire adecuado y un motor para simular el giro de los huevos. Además, para el control de la humedad, se implementará un sistema de almacenamiento de agua con un sensor de nivel que asegurará que el nivel de agua siempre esté en su punto adecuado. Esto garantiza que las condiciones de humedad sean óptimas durante todo el proceso de incubación. Sensores de temperatura y humedad se incorporarán para ajustar automáticamente las condiciones en caso de desviaciones de los valores establecidos.

El prototipo de incubadora estará conectada a una red, creando una base de datos en línea que almacena registros de temperatura, humedad, calidad de aire, nivel del tanque del humidificador

y días de incubación, lo que permitirá a los usuarios seleccionar el tipo de ave y configurar automáticamente los ajustes correspondientes. Los usuarios podrán monitorear los parámetros de incubación de manera remota a través de una aplicación móvil.

### **1.3 Objetivos**

#### ***1.3.1 Objetivo general***

Construir de un prototipo electrónico inteligente para la incubación artificial de huevos.

#### ***1.3.2 Objetivo Específico***

- Estudiar los principales parámetros y elementos electrónicos que permiten el control en el proceso de incubación.
- Establecer los requerimientos que debe cumplir el diseño de incubación.
- Definir el diseño que cumpla los requerimientos propuestos.
- Seleccionar el hardware y software necesarios para la implementación del diseño propuesto.
- Evaluar si el prototipo cumple con los requerimientos planteados.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

En este capítulo, se realiza una revisión de la literatura que se enfoca en los elementos esenciales a tener en cuenta en el proceso de investigación relacionado con el desarrollo de un prototipo de incubadora. Se examinan conceptos generales sobre el proceso y los parámetros de incubación, se analizan los componentes críticos, se exploraron las tecnologías inteligentes aplicables y la identificación de los requerimientos, tanto de *hardware* como de *software*, necesarios para la implementación del prototipo.

#### 2.1 Contextualización del problema

Sin duda, el consumo de carne de pollo en Ecuador ha experimentado un notable aumento en los últimos años. De acuerdo con Juan Francisco Jaramillo, quien ocupa el cargo de Coordinador en la Corporación Nacional de Avicultores del Ecuador (Conave), este incremento ha sido constante, con una tasa promedio de crecimiento del 5% anual. Este fenómeno promete mantenerse hasta finales de 2023, y para ilustrar su magnitud, en 2022 se alcanzó la cifra de 263 millones de pollos, lo que equivale a un impresionante total de 495,000 toneladas de carne. Esta tendencia en el consumo es un tema de gran interés y relevancia, mereciendo una exploración más profunda y detallada en el presente trabajo (El sitio avícola 2023).

En Ecuador la tecnificación de incubadoras presenta grandes carencias, ya que, la mayoría de estas son fabricadas de manera artesanal y por ende no tienen la capacidad de ofrecer un sistema de monitoreo adecuado lo que impide determinar cuando la incubadora no se encuentra en buenas condiciones o cuando presenta inconvenientes durante el proceso (ElDiario 2019). El desarrollo de incubadoras automatizadas en empresas avícolas pequeñas ha sido abordado en varios estudios e investigaciones. Por ejemplo, el Instituto Superior Tecnológico Central Técnico (ISTCT) de la ciudad de Quito, ha llevado un proyecto de investigación que detalla la creación de una incubadora avícola semiindustrial con capacidad de monitoreo remoto utilizando tecnología LoRa (Jonathan Vinicio 2022).

El proceso de incubación en avicultura requiere tener condiciones precisas en relación con la temperatura y humedad, las cuales son fundamentales para el desarrollo embrionario y el éxito en la eclosión. Fluctuaciones mínimas en la temperatura pueden afectar el tamaño del embrión y la eclosión. La humedad debe ajustarse gradualmente para mantener la membrana que rodea al

polluelo húmeda y facilitar su salida del cascarón (Warin 2011a). El monitoreo humano de incubadoras es esencial, pero conlleva el riesgo de errores sin un sistema de monitoreo remoto. La eficiencia de las incubadoras varía de acuerdo con su aplicación: las industriales alcanzan cerca del 90%, con pérdidas económicas de aproximadamente 20 centavos por huevo no incubado; las artesanales y semiindustriales tienen eficiencias del 70% al 85%, con pérdidas económicas más altas de hasta 35 centavos por huevo no incubado (Acosta 2018a).

En Ecuador, la falta de conocimiento sobre nuevas tecnologías en el sector avícola afecta la competitividad. Menos del 20% de los empresarios avícolas están al tanto de innovaciones tecnológicas, lo que contrasta con la competitividad de los países vecinos. Por tanto, se destaca la necesidad urgente de adoptar la Industria 4.0 mediante la automatización y herramientas tecnológicas para mantener la competitividad en el mercado avícola ecuatoriano (Quituzaca 2015).

## **2.2 Producción avícola en el Ecuador**

La Corporación Nacional de Avicultores (CONAVE) agrupa alrededor del 80% de los productores del país, liderando iniciativas en salud animal, medio ambiente y promoción del consumo de proteínas animales. El mercado de la industria está dominado en un 60% por PRONACA, con otras empresas como Grupo Oro, Grupo Anhlazer, POFASA, Avícola Pradera y Andina compartiendo el resto. PRONACA interviene en el 45% de la producción de materia prima a través de programas de apoyo agrícola para medianos productores de maíz y soya. Esta colaboración muestra un compromiso con la sostenibilidad en la industria (Barzallo Núñez y Montero 2019).

Cada una de las cuatro regiones de Ecuador presenta particularidades que influyen en la industria avícola de distintas maneras. La región costera, debido a su clima, se convierte en un entorno favorable para la crianza de pollos destinados a la producción de carne. Mientras tanto, las unidades de producción de huevos comerciales tienden a ubicarse en zonas de clima templado y semi templado, como las provincias de Tungurahua, Manabí, Pichincha y Cotopaxi, que se encuentran en el centro del país (Mero y Baduy 2022).

Según datos del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC 2019), la producción de aves criadas en campo experimentó una disminución del 17% entre 2016 y 2018. En contraste, en los planteles avícolas, se observó una disminución del 19% entre 2016 y 2017, seguida de un modesto aumento del 7% entre 2017 y 2018.

Estos cambios en la producción se vieron influenciados por las medidas económicas implementadas en el país durante esos periodos. En términos de producción de huevos por regiones, la región sierra se destaca como la principal productora, aportando aproximadamente un 85.3% del total, mientras que la región costa contribuye con un 13.9%. Es relevante señalar que estos porcentajes se distribuyen entre la producción de huevos en sistemas de campo y en planteles avícolas (Arias y Lomas 2013).

### **2.3 Normas y regulaciones**

Las regulaciones de seguridad eléctrica son fundamentales tomar a consideración en el desarrollo de una incubadora, ya que así se puede garantizar la protección de los usuarios, prevenir riesgos eléctricos y asegurar el correcto funcionamiento del equipo. Además, es importante cumplir con estas regulaciones y normativas para ser aceptado en el mercado. Algunas de las normas o regulaciones más importantes se presentan a continuación:

- IEC 60335.- Esta norma internacional, desarrollada por la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC), se aplica a electrodomésticos y equipos similares, la cual establece requisitos de seguridad y rendimiento, incluyendo la protección contra descargas eléctricas, el aislamiento de componentes eléctricos y la resistencia a condiciones anormales (Jeff Shepard 2021).
- Normas ISO 9001. - Se centran en la gestión de la calidad, mientras que la ISO 14001 se enfoca en la gestión ambiental. Estas normas de la serie ISO 209 establecen las especificaciones para diferentes formas y productos de aluminio, indicando requisitos específicos de fabricación, tolerancias dimensionales, propiedades mecánicas y químicas, entre otros aspectos.
- Norma ISO 12100. – Menciona acerca de los principios de diseño y evaluación de riesgos, por otro lado, la norma EN 60204-1 se enfoca en la seguridad eléctrica de las máquinas, incluyendo aspectos como el cableado, los dispositivos de seguridad y la protección contra descargas eléctricas que puede existir.
- Resolución DAJ-2013461-0201.0215. -. Establece un manual de procedimientos para la obtención de certificado sanitario de control oficial de granjas avícolas, en el cual se aborda temas como la producción de huevos fértiles para la incubación artificial, además del tratamiento y desinfección adecuado de los mismos.

### **2.3.1 Regulaciones y normativas aplicables a la avicultura ecuatoriana.**

En Ecuador, se ha publicado una guía por parte de CONAVE, en donde se aborda procesos relacionados con la crianza de aves que garantizan la calidad de los productos destinados al consumo humano, además esta guía tiene como objetivo facilitar el desarrollo de estrategias para el manejo y control de las granjas avícolas, la sanidad y bienestar animal, la seguridad ambiental, así como la higiene y salud de los empleados (CONAVE 2018).

Dicha guía ha sido diseñada de manera que pueda adaptarse a cada granja avícola, permitiendo a los avicultores pequeños, medianos y grande, implementar las normas de buenas prácticas para alcanzar los niveles adecuados de sanidad, prevención y control. Estos niveles podrán ser verificados por Agrocalidad o por una entidad certificadora de calidad, ya sea nacional o extranjera, que esté debidamente autorizada para operar en el país y que se encuentre bajo la supervisión correspondiente (CONAVE 2018).

### **2.4 Tipos de incubadoras automáticas**

Los equipos avanzados están diseñados para controlar y gestionar todo el proceso de incubación de huevos de manera automática, minimizando la intervención manual y optimizando las condiciones para el desarrollo embrionario. Este dispositivo de incubación artificial es un equipo electrónico creado para replicar las condiciones naturales de incubación. Su objetivo es mantener los niveles óptimos de temperatura, humedad y ventilación para asegurar la máxima tasa de eclosión (Agroavícola 2023).

- **Brinsea Ova-Easy 100:** Se destaca por su alto rendimiento. Está equipada con una puerta de doble cristal, cuatro ventiladores para distribuir el calor y humedad. Además, permite programar el volteo automático de los huevos. Entre sus ventajas se encuentran la capacidad de adaptarse a huevos de diferentes aves y su amplia capacidad de incubación de 96 huevos de gallina o 250 huevos de codorniz (Incubarbarato 2023a). Este dispositivo se presenta en la *Ilustración 2-1*.



**Ilustración 2-1:** Brinsea Ova – Easy 100.

**Fuente:** Incubarbarato, 2023a.

- **Incubadora MG-70/100 con humificador:** Se destaca por su estructura en acero pre barnizado y revestimiento aislante, brindando la opción de uso exclusivo como nacedera y contando con una bandeja adaptable para huevos de cualquier tipo. Opera a 220/240 V AC, presenta un sistema de volteo automático continuo, ventilación ajustable según las fases de incubación, sensor electrónico de control de humedad. Su capacidad varía según la especie, como en el caso de codornices 300/150 y gallinas 70/35, (Incubarbarato 2023c). Esta incubadora se presenta en la *Ilustración 2-2*.



**Ilustración 2-2:** Incubadora MG – 70/10.

**Fuente:** Incubarbarato, 2023c.

- **Heka Basic 2:** Esta una buena opción para incubar una gran variedad de aves, esta incubadora cuenta con una serie de características, como el control automático de temperatura y humedad, pantalla digital, motor de ventilación, higrómetro, iluminación

en su interior, rejilla de ventilación y recipientes para agua. Además, posee dos bandejas mixtas para incubación con su respectivo sistema de volteo, las dimensiones son de 53x55x59 cm, la capacidad de cada bandeja varía según la especie, para gallinas es de 42 a 48 huevos, para patos o pavos es de 36 huevos, para gansos es de 20 huevos y para codornices es de 200 huevos (Incubarbarato 2023a), la Heka Basic 2 se presenta en la *Ilustración 2-3*.



**Ilustración 2-3:** Incubadora Heka Basic 2.

**Fuente:** Incubarbarato, 2023b.

En la *Tabla 2-1* se muestra una comparación entre las principales características de las incubadoras mencionadas anteriormente:

**Tabla 2-1:** Comparación entre incubadoras comerciales disponibles en el mercado

<b>Características</b>	<b>Ova-Easy 100</b>	<b>FIEM MG-70/100 Family Mini LCD</b>	<b>Heka 2</b>
Construcción	Acero galvanizado y material aislante	Acero pre barnizado y revestimiento aislante	No especificado
Funciones principales	Incubación y nacedera	Incubación y nacedera (opcional)	Incubación y nacedera
Voltaje de funcionamiento	No especificado	220/240V, 50/60Hz	No especificado
Potencia	No especificado	100 vatios	No especificado
Capacidad de huevos (Gallina)	96	70/35	90

Adaptabilidad de bandejas	Sí, universales	Sí, adaptable a cualquier tipo de huevo	Sí, bandejas de incubación personalizables
Voltaje automático	Sí	Sí (opcional)	Sí (opcional)
Control de humedad	Sí	Sí	Sí (con bandeja de nacimiento)
Ventilación ajustable	Sí	Sí	Sí

**Fuente:** (Incubarbarato 2023b).

**Realizador por:** Chasi, A; Cabascango, R; 2024.

Analizando la *Tabla 2-1*, todas las incubadoras podrían beneficiarse de mejoras en aspectos como la distribución uniforme de calor, la precisión en el control de la humedad, la implementación de conectividad Wi-Fi para un monitoreo remoto efectivo. Estas mejoras contribuirían significativamente a la eficiencia y facilidad de uso de las incubadoras, ya que permite proporcionar un ambiente de incubación controlado.

## 2.5 Parámetros de control

Los factores cruciales que determinan el éxito de la incubación representan las magnitudes fundamentales que ejercen una influencia significativa en la viabilidad de los embriones y en la calidad de los polluelos. Su comprensión y la gestión adecuada son de importancia en cualquier investigación relacionada con incubadoras artificiales de huevos (Meteyake et al. 2023).

### 2.5.1 Temperatura y humedad

La temperatura es uno de los factores más críticos en la incubación, ya que, debe mantenerse dentro de un rango específico para permitir el desarrollo embrionario adecuado, dado que la variación excesiva ya sea superior o inferior de los rangos aceptables, puede dar lugar a problemas de desarrollo, como malformaciones o embriones muertos. Las incubadoras modernas utilizan sensores y sistemas de control precisos para mantener una temperatura constante (Shojaeyan et al. 2023).

**Tabla 2-2:** Rangos de temperatura y humedad para la incubación de diferentes especies

Especie de ave	Rango aceptable de temperatura para la	Rango aceptable de humedad para la
	incubación (°C)	incubación (%)
Pollo	37.3 - 37.8	45-55%
Pato	37.3 - 37.8	55-60%
Pavo	37.3 - 37.8	50-60%
Codorniz	37.5 - 37.8	50-60%
Ave Canaria	37.3 - 37.5	50-60%
Ánade real	37.5 - 38.0	55-60%
Pavo Real	37.3 - 37.5	50-60%
Faisán Común	37.3 - 37.8	45-55%
Perdiz Común	37.3 - 37.5	45-55%
Avestruz	35.0 - 36.0	25-35%

**Fuente:** (Franzo et al., 2023).

**Realizador por:** Chasi, A; Cabascango, R; 2025.

Analizando la *Tabla 2-2*, la precisión en la medición de la temperatura es crucial en el estudio del comportamiento térmico de la incubadora, dado que las fluctuaciones suelen ser sutiles. Un sensor con una resolución de 0.5 °C permite captar las mínimas variaciones térmicas que pueden ser indicativas de cambios en el desarrollo del polluelo. De igual manera el rango de humedad es esencial dentro de un intervalo que abarque del 25% hasta el 60%. Un sensor con esta capacidad garantiza la obtención de datos precisos, permitiendo relacionar las variables de temperatura con los niveles de humedad.

#### 2.5.1.1 Alteraciones en los valores de temperatura y humedad

La genética moderna de reproductoras de pollo produce una temperatura embrionaria elevada y por consiguiente el riesgo de embriones sobrecalentados es alto. Las nuevas investigaciones y tecnologías sobre incubadoras han demostrado que las condiciones adversas sobre factores físicos que intervienen en el proceso pueden afectar el rendimiento posterior a la eclosión en las diferentes etapas de la vida (Cobb Hatcher, 2008).

**Tabla 2-3:** Consideraciones de la variación de temperatura y humedad

Temperatura - humedad	Valor	Problemas
Temperatura alta	Mayor del rango establecido	- Nacimiento temprano
		- Polluelos deshidratados
Temperatura baja	Menor del rango establecido	- Absorción reducida del saco vitelino
		- Ombligos sin cicatrizar.
Humedad diferente	Fuera del rango de aceptación de humedad.	- Reducción de la calidad de los polluelos
		- Retrasos en la ventana de nacimiento.
		- Reducen el tamaño de las células de aire, las cuales permite al polluelo hacer el pipterminalg (picado de cáscara)
		- Puede provocar lesiones en los corvejones (codos) del ave.

**Fuente:** (Cobb Hatcher, 2008).

**Realizador por:** Chasi, A; Cabascango, R; 2024.

Como se puede evidenciar en la *Tabla 2-3*, las temperaturas que son demasiado altas como demasiado bajas conllevan riesgos significativos. De igual manera sucede con la humedad, ya que, estos factores son esenciales para un desarrollo adecuado de los embriones y un proceso exitoso de eclosión, ya que desviaciones de estos parámetros pueden resultar en una serie de problemas que afecten la salud y calidad de los polluelos.

#### 2.5.1.2 Control de temperatura

Los métodos más usados en los sistemas de control son el PID y difuso. En un artículo denominado “Estudio comparativo entre control PID y difuso” publicado por A. Ferreyra, R. Fuentes, menciona que el control proporcional en lógica difusa supera al control PID estándar específicamente en aplicaciones de tiempo real y en hardware. Aunque agregar las etapas integral y derivativa al control difuso puede mejorar su rendimiento, también complica su ajuste y uso en aplicaciones críticas que requieran desafíos de precisión y estabilidad. En ese sentido el control PID estándar sigue siendo una opción viable, menos costosa y fácil de implementar en aplicaciones que no demanden altas exigencias (A. Ferreyra 2015).

Las incubadoras en el mercado hacen uso de un controlador PID digital de temperatura y humedad. Uno de los principales es el Feilong XM-18 (referencia) termostato digital controlador de temperatura PID presentado en la Ilustración 2-4, el cual posee un rango de temperatura de 0 a 99°C teniendo un error del  $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ . Esto no representa un problema a la hora de aplicar un controlador PID ya que su error está dentro del rango permitido expresado en *Tabla 2-2*. Es por ello por lo que se ha optado realizar un control PID, siendo una alternativa fácil de implementar, menos costosa y su variación está dentro de parámetros de incubación recomendados.



**Ilustración 2-4:** Controlador de temperatura y humedad Feilong XM-18.

**Fuente:** Focus Technology Co., 2024.

### 2.5.2 Sistema de distribución de calor

Algunos sistemas suministran un volumen de aire fijo a las salas de incubación, lo que puede parecer eficiente, pero puede resultar en un desperdicio de energía. Es más efectivo instalar un sistema con control de presión que ajuste la cantidad exacta de aire según el consume variable de las incubadoras. Si el consumo de aire aumenta o disminuye, la presión correspondiente en el sistema variará en consecuencia. Este enfoque proporciona eficiencia energética y reduce los costos al acondicionar solo la cantidad necesaria de aire en cada momento (Pieterjan Bulteel 2023).

Varios métodos se utilizan para lograr este propósito, entre estos se encuentran:

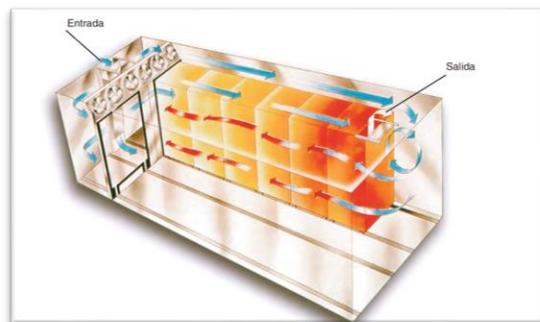
- **Radiador:** Estos sistemas emplean elementos radiantes o resistencias eléctricas para generar calor como se presenta en la *Ilustración 2-5*. Los radiadores pueden estar compuestos por alambres o placas que se calientan mediante el paso de corriente eléctrica (HatchTech Company 2020).



**Ilustración 2-5:** Calefactor tipo radiador.

**Fuente:** (HatchTech Company 2020)

- **Ventiladores:** Son esenciales para distribuir el calor de manera uniforme dentro de la incubadora. Ayudan a evitar puntos calientes y fríos como se presenta en la *Ilustración 2-6*. Además, ayudan a mantener una humedad relativa uniforme (Jamesway Incubator 2019).



**Ilustración 2-6:** Incubadora con ventiladores.

**Fuente:** (Jamesway Incubator 2019)

- **Fuente de agua caliente:** Algunas incubadoras utilizan sistemas de agua caliente para generar calor similar al que se presenta en la *Ilustración 2-7*. Este método implica el uso de sistemas para hervir agua y así generar la temperatura necesaria dentro de la incubadora (Chick Master, 2022).



**Ilustración 2-7:** Incubadora con fuente de agua.

Fuente: (Chick Master 2022)

En la *Tabla 2-4* presenta una comparación con las principales características de los sistemas de distribución.

**Tabla 2-4:** Comparación sistemas de distribución de calor.

Sistema de distribución de calor	Ventajas	Desventajas
Radiador	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Precisión en el control de la temperatura.</li> <li>- Uniformidad en la distribución del calor.</li> <li>- Durabilidad si se realiza un mantenimiento adecuado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Posibilidad de generar puntos calientes si no se instalan correctamente.</li> <li>- Riesgo de sobrecalentamiento y potencial riesgo de incendio si no se manejan adecuadamente.</li> <li>- Posible mayor consumo energético en comparación con otros métodos.</li> </ul>
Ventiladores	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Distribución uniforme del calor en toda la incubadora.</li> <li>- Evitan la formación de condensación en las paredes de la incubadora.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Necesidad de mantenimiento regular para evitar acumulación de suciedad.</li> <li>- Posibilidad de fallo individual en un ventilador, lo que podría generar zonas frías o calientes en la incubadora.</li> </ul>

	- Mejoran la homogeneidad de la temperatura.	
	- Potencialmente más eficiente energéticamente.	- Requiere sistemas de tuberías y una instalación más compleja.
Agua caliente	- Distribución uniforme del calor si está bien diseñado.	- Menor precisión en el control de la temperatura en comparación con otros métodos.
	- Aumenta porcentaje de humedad.	- Posible riesgo de fugas si las tuberías no se mantienen adecuadamente, lo que podría afectar el entorno de la incubadora.

**Fuente:** (Warin, 2011b).

**Realizador por:** Chasi, A; Cabascango, R; 2024.

En base a la *Tabla 2-4*, se ha determinado que los ventiladores en conjunto con los radiadores pueden combinar las ventajas mencionadas anteriormente, para lograr proporcionar una distribución uniforme de calor. Evitando así la corrosión de las paredes debido al exceso de humedad, que puede llegar a generar el sistema de agua caliente.

## 2.6 Sistema de ventilación y monitoreo de calidad de aire

La presencia de oxígeno es importante para el desarrollo del embrión, debido a que hacia sus últimos días de desarrollo requieren mayor cantidad de oxígeno para su metabolismo ya que liberan mayor cantidad de dióxido de carbono. La falta de oxígeno puede provocar que los embriones se mueran, (Mueller, Burggren y Tazawa 2022).

La ventilación en la incubadora debe ser adecuada para permitir que el embrión respire correctamente. Es importante mantener un nivel de oxígeno en la cámara de incubación que esté entre el 21% y el 22% evitando niveles por debajo del 0,5%. Esto es esencial para garantizar un desarrollo embrionario óptimo, ya que niveles extremos de oxígeno pueden provocar retrasos en el proceso de desarrollo (Smith y Sherman 2009).

### 2.6.1 *Sistemas de oxigenación para una incubación eficiente*

- **Sistema de ventilación forzada:** Algunas incubadoras comerciales utilizan este sistema que no solo controla la temperatura, sino que también asegura una distribución uniforme del oxígeno. Este sistema suele estar equipado con sensores para monitorear los niveles de CO<sub>2</sub>, teniendo como consecuencia óptimos niveles de oxígeno (Okur et al. 2022).
- **Sistema de humidificación:** La humedad en la incubadora también está vinculada a la oxigenación eficaz, ya que estos sistemas ayudan a mantener niveles adecuados de humedad, lo que contribuye a una mejor absorción de oxígeno por parte de los huevos (Kroetz Neto et al. 2023).

### 2.6.2 *Análisis comparativo de los sistemas de oxigenación*

En la *Tabla 2-5* se observa los diferentes sistemas de oxigenación con algunas de sus características.

**Tabla 2-5:** Comparación sistemas de oxigenación.

Sistema de oxigenación	Liberación de Oxígeno (L/min)	Consumo de energía (W)	Niveles de calidad de aire (ppm)	Eficiencia de distribución de Oxígeno (%)
Sistema de ventilación forzada	Variable	Moderado - alto	<1000	90-95
Sistema de humidificación	N/A	Bajo - moderado	<1000	85-90

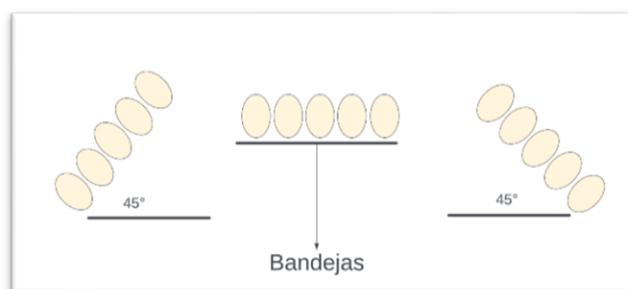
Fuente: (Acosta, 2018b).

Realizador por: Chasi, A; Cabascango, R; 2024.

Según la *Tabla 2-5*, la combinación del "sistema de ventilación forzada" y el "sistema de humidificación" en una incubadora ofrece una solución equilibrada y eficiente para la incubación de huevos, ya que el sistema de ventilación forzada asegura una distribución eficaz del oxígeno con un consumo moderado de energía, mientras que el sistema de humidificación mantiene niveles adecuados de humedad para una mejor absorción de oxígeno. Mantener el nivel de oxigenación óptimo se da por debajo de 1000 ppm, garantizando un ambiente libre de concentraciones elevadas de dióxido de carbono.

## 2.7 Posición y volteo de huevos

En las incubadoras industriales, se utiliza un sistema de temporizadores para controlar el giro de los huevos, generalmente en un ángulo de 45 grados cada hora a una velocidad aproximada de 3 revoluciones por minuto, como se muestra en la *Ilustración 2-8*. Este proceso se mantiene activo hasta aproximadamente 3 días antes de la eclosión (Guzmán 2022).



**Ilustración 2-8:** Posición y volteo de huevos.

**Fuente:** (Chick Master 2022)

El giro de huevos es un aspecto importante en el proceso de incubación, ya que, evita que el embrión se adhiera a la membrana interna del huevo permitiendo un desarrollo equilibrado. Para obtener el mejor resultado en la incubación, es recomendable colocar los huevos con la punta hacia abajo, aunque también se puede posicionar de lado para lograr una eclosión exitosa. La posición incorrecta de los huevos en la incubadora ocurre cuando la parte más ancha se encuentra hacia abajo (Ramón 2019). El giro de los huevos es fundamental para garantizar una distribución uniforme del calor, este proceso de volteo debe llevarse a cabo de forma continua a lo largo del día según el tipo de ave, como se observa en la *Tabla 2-6*.

**Tabla 2-6:** Datos de frecuencia, duración de giro y tiempo de incubación.

Especie de ave	Frecuencia de giro (Horas)	Duración del giro (Días)	Tiempo de incubación (Días)
Pollo	3	18	21
Pato	4 – 6	25	28
Pavo	4 – 6	25	28
Codorniz	3	14	17
Ave Canaria	3	12 – 14	14
Ánade real	4 – 6	25	28

Pavo Real	4 – 6	25	28
Faisán	3	18	24
Común	3	18	23 – 24
Perdiz Común	3	18	23 – 24
Avestruz	No es necesario girar los huevos.	No aplica	42 – 46

**Fuente:** (Ahmed et al., 2022).

**Realizador por:** Chasi, A; Cabascango, R; 2024.

La implementación de un giro automatizado requiere un sistema preciso necesario para optimizar las condiciones de desarrollo embrionario en ambientes controlados. En situaciones donde no se proporciona un volteo adecuado, la tasa de eclosión puede disminuir significativamente, incluso hasta un 30% o menos en comparación con un entorno de incubación ideal (Vasileva et al. 2018). Por esa razón y analizando la *Tabla 2-6*, se determinan los parámetros de funcionamiento de giro para el proceso de incubación de las diferentes aves, teniendo un énfasis en las especies de corral.

### 2.7.1 *Motor*

La elección del motor para el volteo de huevos en una incubadora es importante para la distribución uniforme del calor y humedad. Además, permite cumplir con el tiempo de volteo adecuado para cada especie. La eficiencia energética del motor es un factor que se debe tomar en cuenta para optimizar el costo de operación (Niazi 2016).

- **Motor de engranajes:** son utilizados debido a su capacidad para proporcionar un movimiento preciso y controlado. Estos pueden ser configurados para cumplir con las necesidades específicas como el tiempo de volteo (Amin y Rehmani 2015).
- **Motor paso a paso:** ofrecen una alta precisión al girar los huevos en posiciones específicas. Estos pueden ser controlados electrónicamente y permiten una programación detallada de la frecuencia y el ángulo de giro (Hamanah et al. 2021).
- **Motor de corriente continua (DC):** son versátiles y pueden ser controlados fácilmente mediante sistemas electrónicos. Además, pueden adaptarse para cumplir con diferentes requisitos de frecuencia y velocidad de giro (Liu et al. 2022).
- **Motor síncrono:** son conocidos por su capacidad para mantener una velocidad constante y sincronizada. Este tipo de motores son adecuados para aplicaciones que requieren movimientos regulares (Macdonald 2021).

A continuación, se presenta la *Tabla 2-7* con una comparativa de los diferentes tipos de motores, destacando sus principales características.

**Tabla 2-7:** Comparación de los tipos de motor.

Tipo de motor	Voltaje de alimentación (V)	Corriente por fase (A)	Paso angular (grados)	Eficiencia energética (%)
Motor de engranajes	12-24	0.5-1	7.5	85-90
Motor paso a paso	5-24	0.2-1	1.8	80-95
Motor de corriente continua (DC)	3-12	0.1-0.5	-	75-85
Motor síncrono	AC (Frecuencia fija)	Variable	360	90-95

**Fuente:** (Amin y Rehmani 2015; Hamanah et al. 2021; 2023; Macdonald 2021)

**Realizador por:** Chasi, A; Cabascango, R; 2024

Según la *Tabla 2-7*, para una incubadora que requiere precisión y fuerza en el mecanismo de giro de huevos, el motor síncrono es la opción óptima. Su eficiencia energética es superior a todos y el paso angular es de 360°, lo que se acopla perfectamente para el mecanismo de la bandeja que podrá usar en la incubadora.

### 2.7.2 *Sistemas de giro automatizado en incubadoras de huevos*

- **Sistema de rodillos horizontales:** en este sistema los huevos descansan sobre rodillos horizontales que giran de manera suave y continua. Este método busca evitar que el embrión se adhiera al cascarón y que exista una distribución uniforme de calor. Sin embargo, existe el riesgo que los huevos más pequeños queden atrapados entre los rodillos, lo que podría afectar el proceso y provocar daños (Mero y Baduy 2022).
- **Sistema de brazo oscilante:** este sistema implica el movimiento lateral de uno o varios brazos, aunque puede ser eficaz y ahorrar espacio, si no está diseñado correctamente, algunos huevos podrían recibir menos movimiento lo que afectaría el desarrollo embrionario (Zambrano Gema Bienka 2018).
- **Sistema de bandejas giratorias automáticas:** en este sistema las bandejas de huevos giran automáticamente en intervalos programados, lo que asegura un giro completo y suave. A pesar de sus beneficios, este sistema tiende a ser más costoso (Guzmán 2022).
- **Sistema de inversión automática:** coloca los huevos en un carrusel que gira para invertir su posición. Sin embargo, puede no ser óptimo para ciertos tipos de huevos, ya que no garantiza un giro completo en todas las ocasiones (Barzallo Núñez y Montero 2019).

- **Sistema de balanceo suave:** emplea movimientos de balanceo suaves para proporcionar giros graduales y constantes a los huevos, siendo útil para aquellos más delicados. Sin embargo, podría requerir más espacio y puede ser menos efectivo para huevos de mayor tamaño (Vasileva et al. 2018).

### 2.7.3 Análisis comparativo de los sistemas de giro

Analizando la siguiente *Tabla 2-8* se observa los diferentes sistemas de giro automático de huevos con algunas de sus características:

**Tabla 2-8:** Comparación sistemas de giro.

Sistema de giro	Características relevantes	Desventajas	Estimación de eficiencia (en %)
Rodillos horizontales	Giro suave y continuo. Imita movimiento natural.	Posibilidad de atrapar huevos pequeños.	85-90%
Brazo oscilante	Movimiento lateral para giros. Eficiente en espacio.	Posible falta de uniformidad en el giro.	80-85%
Bandejas giratorias automáticas	Giro suave y completo. Ampliamente utilizado.	Costo inicial más elevado.	90-95%
Inversión automática	Invierte posición de los huevos. Imita inversión natural.	Menos efectivo para ciertos tipos de huevos.	80-85%
Balanceo suave	Movimientos de balanceo graduales. Adecuado para huevos delicados.	Requiere más espacio horizontal. Menos eficaz para huevos grandes.	85-90%

**Fuente:** (Suneetha et al., 2023).

**Realizador por:** Chasi, A; Cabascango, R; 2024.

Según la *Tabla 2-8*, la opción más recomendada es el sistema de bandejas giratorias automáticas. Con una eficiencia estimada entre el 90-95%, este sistema ofrece giros suaves y completos, siendo ampliamente utilizado en entornos comerciales.

## 2.8 Sistema de sensores

Son dispositivos que tienen la capacidad de percibir magnitudes físicas o químicas, las cuales son conocidas como variables de instrumentación, y convertirlas en señales o variables eléctricas. A continuación, en la *Ilustración 2-9*, se observa los diferentes tipos de sensores ya sea de temperatura, humedad y calidad de aire.



**Ilustración 2-9:** Tipos de sensores.

**Realizado por:** Chasi, A; Cabascango, R; 2024.

- **Sensor de temperatura:** son dispositivos eléctricos y electrónicos que permiten medir la temperatura ambiente mediante una señal eléctrica determinada. Esta señal puede ser enviada directamente o mediante el cambio de la resistencia (rechner-sensors, 2023).
- **Sensor de humedad:** se utiliza para controlar la humedad de un entorno. Estos sensores transmiten una señal eléctrica que oscila entre 4 y 20 mA, y también son conocidos como higrómetros (securitasdirect.es,2023).
- **Sensor de calidad de aire:** Es un dispositivo que detecta y mide diferentes contaminantes y parámetros del aire, como gases nocivos y compuestos orgánicos volátiles. A pesar de esto es posible que las mediciones no sean tan precisas como los equipos de monitoreo profesional (Coltein, 2023).

En la siguiente *Tabla 2-9*, se destaca las principales características que deben poseer los tipos de sensores para la incubación.

**Tabla 2-9:** Características referenciales que deben poseer los sensores.

Características	Sensor de temperatura	Sensor de humedad	Sensor calidad de aire
Rango de medición	0 a 50 °C	25% - 60%	0 – 1000 PPM
Objeto o variable detectable	Calor de los huevos	Humedad de los huevos	Niveles de oxígeno en el interior
Tecnología	Termostato, termocuplas, RTD, termistores, infrarrojos	Higroscópicos o higrómetros	Electroquímico, paramagnéticos, conductividad térmica
Señal salida	Digital y analógico	Digital y analógico	Digital y analógico

**Fuente:**(Vargas-Hidalgo et al., 2021).

**Realizador por:** Chasi, A; Cabascango, R; 2024.

## 2.9 Material de construcción

La elección precisa de los materiales de construcción de una incubadora es esencial para mantener condiciones térmicas estables. Elegir adecuadamente los materiales se convierte en un factor determinante para asegurar un entorno propicio durante el proceso de incubación (Rehkopf et al. 2017). A continuación, se mencionan los materiales más utilizados en el desarrollo de incubadoras, cada uno poseen características a destacar.

**Acero inoxidable:** es una aleación de hierro con cromo, níquel y otros elementos que presenta resistencia a la corrosión. La estructura cristalina del acero inoxidable contribuye a su durabilidad y resistencia mecánica (Sangeethaa, Parthasarathi y Jothimani 2024).

**Plástico ABS:** el Acrilonitrilo Butadieno Estireno es un polímero termoplástico, exhibe resistencia y tenacidad debido a cadenas de polímero en su estructura molecular, la adición de monómeros como acrilonitrilo y estireno, junto con butadieno, mejora sus propiedades mecánicas y térmicas, proporcionando resistencia al impacto (Sangeethaa, Parthasarathi y Jothimani 2024).

**Vidrio o Policarbonato transparente:** tanto el vidrio como el policarbonato transparente son materiales translúcidos que permiten la transmisión de luz visible debido a la estructura amorfa del vidrio y la alineación molecular del policarbonato. La durabilidad del policarbonato se basa en su estructura de polímero termoplástico (Lubchenco y Haugan 2023).

**Aluminio:** es un metal ligero con una estructura cristalina, presenta baja densidad y alta conductividad térmica debido a su configuración atómica y enlace metálico, la capa de óxido en la superficie contribuye a su resistencia a la corrosión (Grzybowski et al. 2022).

**Aislamiento térmico:** como el poliestireno expandido y la lana de vidrio, reducen la transferencia de calor al prevenir la conducción y radiación térmica, ya sea mediante celdas de aire atrapadas en una estructura porosa o fibras entrelazadas. Estos materiales minimizan la conducción térmica (Rafiu et al. 2021).

### 2.9.1 Análisis comparativo de los materiales de construcción

A continuación, en la *Tabla 2-10* se presenta una comparación con los diferentes tipos de materiales utilizados en la fabricación de incubadoras:

**Tabla 2-10:** Comparación de materiales de construcción.

Características	Acero inoxidable	Plástico ABS	Vidrio o policarbonato	Aluminio (Alucobond)	Aislamiento térmico
Resistencia al impacto	Alta	Alta	Alta	Moderada	Alta
Susceptible a la corrosión	No	No	No	Moderada	Baja
Dureza (Mohs)	6.0	3.0	6.0	2.5	1.0
Conductividad térmica	Buena	Baja	Moderada	Alta	Baja
Peso	11.89 kg - 356.70 kg	0.98 kg - 1.56 kg	2 kg - 6 kg	2.70 kg - 8.70 kg	0.03 kg - 0.05 kg
Fabricación	Fabricación especial	Relativa facilidad	Herramientas especiales	Relativa facilidad	Fabricación especial
Precio (dólares)	\$150 - \$2000	\$5 - \$20	\$10 - \$50	\$2 - \$10	\$2 - \$15

Fuente: (Rafia et al., 2021)

Realizador por: Chasi, A; Cabascango, R; 2024

Analizando la *Tabla 2-10*, la elección de aluminio es respaldada por una conductividad térmica alta, constituye una opción excelente para la creación de incubadoras, la resistencia a la corrosión y el menor peso en el diseño se complementan con el aislamiento, maximizando la retención de

calor. Esta combinación garantiza un entorno térmico constante, esencial para el desarrollo adecuado de los embriones durante el proceso de incubación. Además, el costo no es tan elevado.

## 2.10 Tarjetas de desarrollo

Estos dispositivos fusionan elementos de *hardware* y *software* con el objetivo principal de facilitar a los desarrolladores el proceso de creación y depuración de código destinado al control de dispositivos electrónicos (Upadhyay y Kumar 2023). En la actualidad, se han creado diversas tarjetas de desarrollo que se detallan a continuación:

**Arduino:** es una plataforma de desarrollo de *hardware* de código abierto que incorpora un microcontrolador. Proporciona un entorno de desarrollo integrado (IDE) que simplifica la creación de prototipos y la implementación de proyectos electrónicos. Diseñada para una amplia gama de usuarios, desde principiantes hasta expertos. Debido a su versatilidad y flexibilidad la convierten en una opción popular para aplicaciones que van desde el control de dispositivos simples hasta proyectos más complejos de IoT (Sainz-Raso et al. 2023).

**Raspberry Pi:** es una computadora de bajo costo y tamaño reducido que opera con un sistema operativo completo. Conocida como una herramienta educativa, también se utiliza para desarrollar soluciones de *software* y *hardware*, desde servidores hasta sistemas integrados. Su capacidad para ejecutar aplicaciones complejas y actuar como un servidor lo hace adecuado para una variedad de aplicaciones profesionales y educativas (Rajeswari et al. 2024).

**Espressif (ESP):** son dispositivos avanzados con capacidades de conectividad Wi-Fi y también Bluetooth dependiendo el modelo. Están diseñados para proyectos de IoT, ya que, ofrecen una plataforma robusta para el desarrollo de soluciones conectadas, su flexibilidad, tamaño compacto y capacidades de bajo consumo de energía los hacen ideales para una variedad de aplicaciones profesionales en el ámbito de la conectividad y automatización (Cujilema Paguay et al. 2023).

### 2.10.1 Análisis comparativo de las tarjetas de desarrollo

A continuación, en la *Tabla 2-11* se observa las principales características relevantes de las tarjetas de desarrollo en estudio.

**Tabla 2-11:** Comparación de las tarjetas de desarrollo.

Atributos	Plataforma Arduino	Raspberry Pi	Espressif (ESP)
<b>Microcontrolador</b>	AVR ATmega	ARM Cortex	Tensilica
<b>Voltaje de alimentación</b>	5 V - 12 V	5 V	3.3 V - 5 V
<b>Terminales digitales</b>	14 - 54	40	17 - 36
<b>Terminales analógicos</b>	6 - 12 (varía según el modelo)	-	1 - 18 (para ESP32), 23 (para ESP8266)
<b>Corriente DC por terminal</b>	20 mA - 40 mA	16 mA	12 mA - 40 mA
<b>Almacenamiento</b>	16 KB - 512 KB	Micro SD	4 MB (ESP32), 4 MB (ESP8266)
<b>RAM</b>	2 KB - 96 KB	512 MB - 4 GB	120 KB - 520 KB
<b>Frecuencia de operación</b>	16 MHz - 84 MHz	700 MHz - 1.5 GHz	80 MHz - 160 MHz
<b>Conexión Wi-Fi</b>	Sí, incluyendo módulos	Sí	Sí
<b>Conexión Bluetooth</b>	Sí, incluyendo módulos	Sí	Sí, solo versión ESP32
<b>Lenguaje de programación</b>	C, C++	Python, C, C++	C, C++, MicroPython (ESP32)
<b>Precio (dólares)</b>	\$12 - \$65	\$30 - \$300	\$8 - \$18

**Fuente:** (Rajeswari et al., 2024).

**Realizador por:** Chasi, A; Cabascango, R; 2024.

En la *Tabla 2-11*, se muestra que las tarjetas de desarrollo ESP tienen la capacidad de proporcionar una conectividad inalámbrica, bajo consumo energético, facilidad de programación y terminales analógicas y digitales. Estas características pueden contribuir a un control adecuado y un monitoreo constante durante el proceso de incubación.

## 2.11 Tecnologías de comunicación inalámbrica

Los protocolos de comunicación son los fundamentos técnicos que permiten la transferencia de datos entre la incubadora y otros dispositivos, como aplicaciones móviles, plataformas web o sistemas de gestión agrícola (Megantoro et al. 2021). La elección de un protocolo adecuado es crucial para asegurar una comunicación eficiente. Algunas de las opciones comunes se muestran a continuación.

**Wi-Fi (Wireless Fidelity):** es un estándar basado en el protocolo IEEE 802.11 que utiliza ondas de radio de alta frecuencia para la transmisión de datos, generalmente en las bandas de 2.4 GHz y 5 GHz. Esta tecnología permite la conexión sin cables a redes locales (LAN) y a Internet, facilitando la transferencia rápida de datos entre dispositivos mediante modulación de amplitud de cuadratura (QAM). Además, proporciona una alta tasa de transferencia de datos y es fundamental para la conectividad inalámbrica en entornos domésticos, empresariales y públicos (Ibrahim y Azzuhri 2024).

**Bluetooth:** es un estándar de corto alcance que opera en la banda de frecuencia ISM (industrial, científica y médica) de 2.4 GHz. Utiliza técnicas de espectro ensanchado para permitir la comunicación entre dispositivos a distancias cortas, generalmente hasta 10 metros. Además, es ampliamente utilizado para la conexión de dispositivos como auriculares, altavoces, impresoras y dispositivos móviles. Su eficiencia energética, bajo costo y facilidad de implementación lo convierten en una opción adecuada para la comunicación entre dispositivos cercanos (Sangeethaa, Parthasarathi y Jothimani 2024).

**Zigbee:** es un protocolo diseñado para aplicaciones de redes de área personal (PAN) y dispositivos de baja potencia. Utiliza el estándar IEEE 802.15.4 para establecer conexiones en la banda de 2.4 GHz. Este protocolo se destaca por su bajo consumo de energía, su capacidad para soportar una gran cantidad de nodos en una red y su enfoque en aplicaciones de control y monitoreo en el ámbito del Internet de las cosas (Das y Bera 2024).

**LoRa (Long Range):** es una tecnología de largo alcance diseñada para redes de área extensa (WAN). Utiliza modulación de espectro ensanchado para permitir la transmisión de datos a distancias significativas, incluyendo entornos urbanos o rurales. Además, es conocido por su eficiencia energética y su capacidad para operar en condiciones de baja potencia. Es comúnmente utilizado en aplicaciones como redes de sensores IoT (Guzmán 2022).

### ***2.11.1 Análisis comparativo de los sistemas de comunicación***

A continuación, en la *Tabla 2-12* se observa las principales características relevantes de los protocolos de comunicación.

**Tabla 2-12:** Comparación sistemas de comunicación.

Protocolo	Estándar	Banda de frecuencia	Rango nominal	Máxima velocidad de transmisión	Tipo de red	Corriente consumida
<b>Wi-Fi</b>	IEEE 802.11n	2.4 GHz y 5 GHz	250 m	600 Mbps	LAN	Variable según el dispositivo
					(Local Area Network)	
<b>Bluetooth</b>	IEEE 802.15.1	2.4 GHz	10 m	720 Kbps	PAN	1-100 mA
					(Personal Area Network)	
<b>Zigbee</b>	IEEE 802.15.4	868 MHz, 900 MHz, 2.4 GHz	10 m	250 Kbps	PAN	15-40 mA
					(Personal Area Network)	
<b>LoRa</b>	Propietario	868 MHz, 900 MHz	Hasta varios km	0.3 Kbps - 50 Kbps	WAN	10-120 mA
					(Wide Area Network)	

**Fuente:** (Sangeethaa et al., 2024; Das & Bera, 2024).

**Realizador por:** Chasi, A; Cabascango, R; 2024.

Tras revisar la *Tabla 2-12*, la inclusión de conectividad Wifi en el diseño de una incubadora ofrece beneficios significativos al permitir el monitoreo remoto en tiempo real. Esto resulta especialmente valioso para los productores avícolas, ya que, muchos cuentan con acceso a internet diario. La conexión Wifi facilita la supervisión y ajuste de parámetros de incubación de forma remota brindando comodidad y eficiencia al proceso incubación.

## CAPITULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

En el presente capítulo se establecen los requerimientos que debe cumplir el prototipo, se detalla la concepción de la arquitectura, los bloques que lo conforman, los elementos de *hardware* y *software*. Además, se describen las conexiones y algoritmos para la implementación del prototipo.

#### 3.1 Requerimientos del prototipo electrónico inteligente para la incubadora

En base a la investigación realizada en el capítulo anterior se plantea los requerimientos necesarios para el diseño e implementación del prototipo de incubadora:

- Se podrá incubar un máximo de 117 huevos de aves grandes de corral, como gallinas, patos, pavos o 468 de aves pequeñas como codorniz.
- La estructura del prototipo de incubadora contará con tres zonas, la primera es la parte aislada para el proceso de incubación que contará con un vidrio para observar la parte interna, debido a que la incubadora no alcanza niveles altos de temperatura se puede hacer uso de este material, la segunda zona es para la parte electrónica y la tercera está destinada al humidificador.
- Utilizar aluminio para la estructura principal del prototipo de incubadora debido a sus propiedades de resistencia y ligereza, la estructura tendrá una medida exterior de 80cm x 45cm x 50cm.
- Considerar la facilidad de limpieza y desinfección de los materiales seleccionados para mantener un entorno higiénico, esto mediante la posibilidad de desmontar todos los elementos de la zona de incubación.
- Se escogen tres bandejas giratorias automáticas mixtas de dimensiones de 36cm x 51cm. Cada bandeja puede contener como máximo hasta 39 huevos grandes o 156 huevos pequeños.
- El sistema de giro de bandeja se establece en 0°, 45° y -45° por medio de un motor síncrono con un control ON/OFF accionado por un relé. Este motor puede mover 4kg a 2RPM lo que garantiza un volteo uniforme durante un intervalo de tiempo descrito en la *Tabla 2-6*.
- Para la generación de calor se usa un calentador cerámico PTC (Coeficiente de Temperatura Positivo). La distribución uniforme de calor se realiza mediante dos ventiladores de 12V.

- Dada las condiciones de relación costo-beneficio, se utilizará un controlador PID para regular la temperatura. Al no presentar un error significativo en comparación a otros controles que tienen a ser más complejos y costosos.
- Incorporar un sensor de temperatura digital con un margen de error de  $\pm 0,5$  grados Celsius y una resolución de  $0.1^{\circ}\text{C}$  en el rango establecido de incubación de las aves mencionado en la *Tabla 2-2*.
- Incorporar un sensor de humedad con un rango de medición que se encuentre dentro de los valores expresados en la *Tabla 2-2*, los cuales mencionan entre 25% al 60% del rango de humedad.
- Integrar un sensor para monitorear los niveles de calidad de aire y garantizar condiciones ideales para el desarrollo embrionario.
- La humedad se genera mediante la combinación del sistema de ventilación forzada y el de humidificación, dicho esto se opta por un humidificador que funciona a 24V, y un pequeño ventilador de 4x4cm que funciona a 12V.
- Integrar un microcontrolador de suficientes salidas y entradas, que cuente con conectividad Wifi para el control central de la incubadora y la gestión de todos los componentes.
- Establecer una base de datos para almacenar los datos de incubación en tiempo real, como temperatura, humedad, tiempo de incubación, calidad de aire y nivel de agua en el tanque de humidificación
- Realizar una aplicación móvil que permita el monitoreo remoto de los parámetros establecidos para el prototipo de incubadora, con una conexión a internet.
- Establecer una interfaz en el HMI que cuente con una página principal, una página de selección del tipo de ave, otra para el ingreso y guardado de una nueva ave y los respectivos avisos para cada proceso.
- Requiere una alimentación a 110V AC y una fuente de 12V DC 10A.

### 3.2 Concepción de la arquitectura general del prototipo

En la *Ilustración 3-1* se puede observar las diversas interconexiones del prototipo de incubadora. Cada etapa es esencial para el desarrollo y la comprensión óptima del prototipo.

**Etapa de selección, ingreso y visualización:** aborda la selección del tipo de ave a incubar. Se ha establecido cuatro aves de granja principales que el usuario puede elegir, pero también se tiene la opción de ingresar a través de la pantalla HMI una nueva especie de ave si lo requiere. Además, esta etapa permite la visualización del proceso de incubación, la selección de ave, los parámetros de monitoreo. Finalmente, se tiene un indicador LED que verifica el funcionamiento.

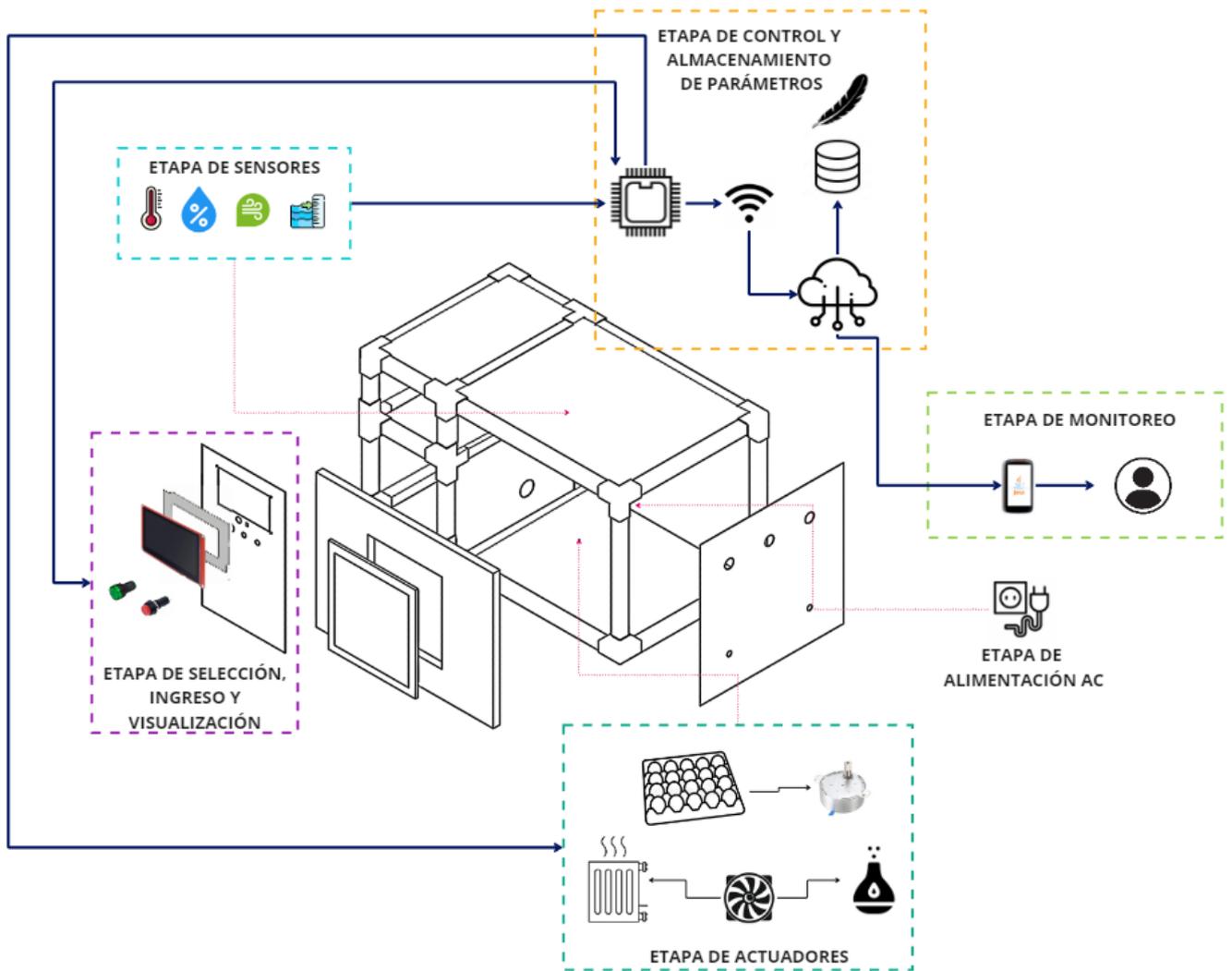
**Etapa de sensores:** incorpora cada uno de los sensores que se ha utilizado para la detección de los parámetros como temperatura, humedad, calidad de aire, y nivel del tanque para la humedad.

**Etapa de actuadores:** recibe las instrucciones r emitida por medio del microcontrolador. Son los encargados de condicionar el ambiente del prototipo de incubadora en los parámetros establecidos, aquí se encuentran los calefactores, humidificador, motor síncrono, ventiladores.

**Etapa de monitoreo:** en esta etapa se envían la información en tiempo real hacia la aplicación móvil que se encuentra conectada con la base de datos. Esto permite monitorear la incubadora de forma remota.

**Etapa de alimentación:** establece una entrada de alimentación de 110V AC para el funcionamiento de todos los componentes utilizados en el prototipo de incubadora.

**Etapa de control y almacenamiento de parámetros:** por medio del microprocesador y una conexión a internet mediante wifi, los parámetros establecidos por el usuario son guardados en la base de datos para su uso posteriormente.

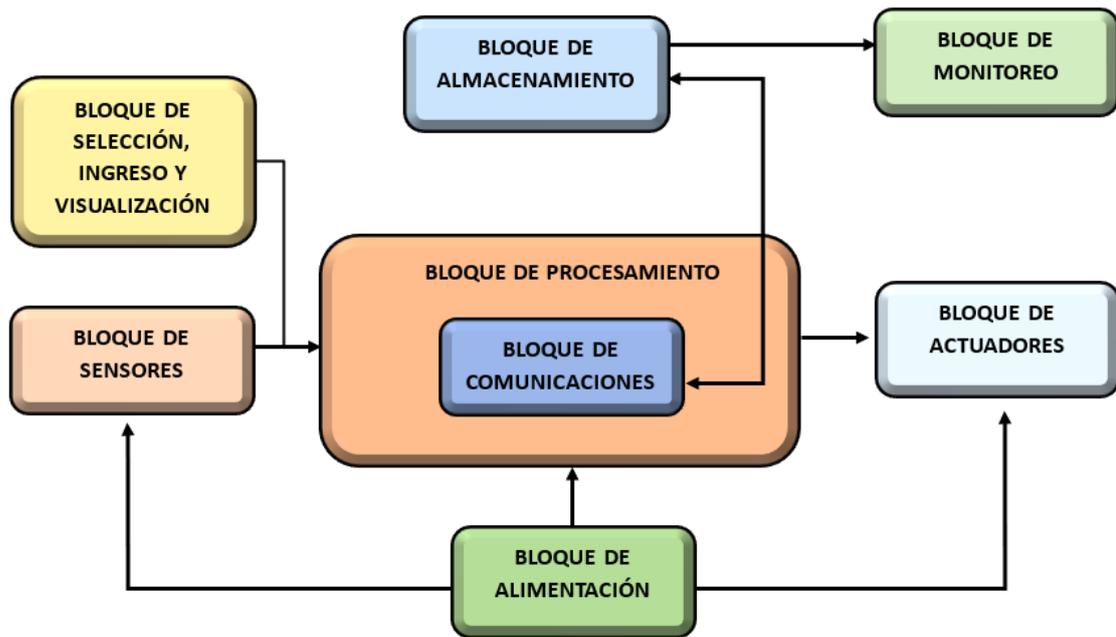


**Ilustración 3-1:** Concepción general del prototipo incubadora.

**Realizado por:** Chasi, A; Cabascango, R; 2024.

### 3.3 Diseño de la arquitectura del dispositivo

En la *Ilustración 3-2* se puede observar el diagrama que explica el funcionamiento de cada bloque que consta el prototipo de incubadora, estos bloques describen el paso a paso de los procesos que se debe llevar a cabo.



**Ilustración 3-2:** Diagrama de bloques del prototipo de incubadora.

**Realizado por:** Chasi, A; Cabascango, R; 2024.

**Bloque de alimentación:** suministra energía tanto al bloque de sensores, bloque de procesamiento como al bloque de actuadores. El prototipo de incubadora funciona con la red convencional a 110V AC, la cual alimenta a los motores síncronos, los calefactores y una fuente convencional que transforma los 110V AC a 12V DC que se dirige al humidificar, luces LED y ventiladores, además esta salida de voltaje continuo va hacia un módulo elevador y reductor que distribuye mediante procesos de control el voltaje necesario que consumen los demás componentes.

**Bloque de selección, ingreso y visualización:** el usuario tiene la capacidad de escoger el tipo de ave para incubar o ingresar esta información, esto mediante el HMI, los parámetros escogidos van al bloque de procesamiento el cual se encarga de establecer las condiciones para la incubación del ave seleccionada, además se tiene la parte de visualización de todo el proceso por medio de la pantalla HMI.

**Bloque de sensores:** se encarga de obtener la información del proceso, esta se dirige al bloque de procesamiento para adecuar el proceso según lo haya establecido el usuario, este bloque se compone de los sensores de humedad, temperatura, calidad de aire y sensor de nivel.

**Bloque de procesamiento:** conformado por el microcontrolador, esta etapa recibe la información tanto de las entradas del bloque de sensores como el de selección o ingreso, procesa la información

y envía a los demás bloques del proceso de incubación. Este incluye al bloque de comunicación que mediante la red wifi e internet envía los parámetros hacia la base de datos.

**Bloque de almacenamiento:** una vez ingresado una nueva especie de ave o seleccionado una establecida en el bloque de ingreso, se envía todos los parámetros que fueron procesados hacia la base de datos, la cual almacena en cada módulo específico esta información para que pueda hacerse uso posteriormente.

**Bloque de monitoreo:** en este bloque interviene una aplicación móvil que recibe toda la información de la base de datos para que el usuario pueda monitorear de forma remota, desde cualquier lugar únicamente con conexión a internet. Los parámetros que va a observar el usuario son temperatura, humedad, calidad de aire, nivel de agua y días restantes del proceso.

**Bloque de actuadores:** se compone de los calefactores, ventiladores, motores, humidificador. Estos elementos reciben la información del control asociado a cada parámetro, proporcionado por el bloque de procesamiento, para su activación respectiva.

### 3.4 Selección de *hardware* para el prototipo de incubadora

A continuación, se presentan las características más relevantes de los componentes *hardware* empleados para la construcción del prototipo.

#### 3.4.1 *Microcontrolador ESP WROOM-32*

Creado por Espressif Systems y fabricado por TSMC, este microcontrolador está dirigido a una amplia gama de aplicaciones como se puede observar en la *Ilustración 3-3*, desde redes de sensores de bajo consumo hasta tareas más exigentes como codificación de audio, decodificación y transmisión. La parte central de este módulo es el chip ESP32-D0WDQ6, cuenta con dos núcleos de CPU que se pueden ser controlados por separado, la frecuencia de reloj de la CPU se puede ajustar entre 80 MHz y 240 MHz. El usuario también puede desactivar el procesador y utilizar el coprocesador de baja potencia. Ayuda en el monitoreo continuo de periféricos para detectar cambios o cruce de umbrales de sensores táctiles capacitivos, sensores Hall, interfaz de tarjeta SD, Ethernet, SPI de alta velocidad, UART, I2S y I2C (Espressif Systems 2019).



**Ilustración 3-3:** Microcontrolador ESP WROOM 32.

**Realizado por:** Chasi, A; Cabascango, R; 2024.

En la *Tabla 3-1* se describe las especificaciones técnicas en base al datasheet de la ESP WROOM 32. Para obtener información adicional, véase el ANEXO B.

**Tabla 3-1:** Principales especificaciones del microcontrolador ESP32 WROOM-32.

<b>Característica</b>	<b>Descripción</b>
Procesador	Dual-core Tensilica LX6 (32-bit)
Velocidad de reloj	Hasta 240 MHz
Memoria RAM	520 KB SRAM
Memoria Flash	4 MB
Conectividad	Wi-fi 802.11 b/g/n; Bluetooth 4.2 BLE
Interfaces	UART, SPI, I2C, I2S, ADC, DAC
GPIOs	36 GPIO
Consumo de corriente	Menos de 5 $\mu$ A en modo de bajo consumo
Temperatura de operación	-40°C a 125°C
Dimensiones	18mm x 25.5mm

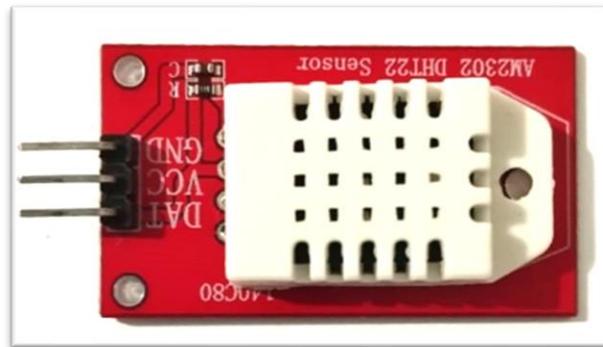
**Fuente:** (Espressif Systems, 2019).

**Realizador por:** Chasi, A; Cabascango, R; 2024.

### **3.4.2 Sensor de temperatura y humedad DHT22**

Fabricado por la empresa Asair Aosong, este sensor tiene la capacidad de medir tanto temperatura como humedad. Como se puede observar en la *Ilustración 3-4*, está integrado con un NTC dedicado para medir temperatura y un microcontrolador de 8 bits que permite generar datos en serie. Al ser pequeño y de forma compacta es apto para diversas aplicaciones de control, puede

medir temperatura de -40°C a 80°C y el rango de humedad es de 0% a 100% (SIMAC Electronics GmbH 2019).



**Ilustración 3-4:** Sensor de temperatura y humedad DHT22.

**Realizado por:** Chasi, A; Cabascango, R; 2024.

En la *Tabla 3-2* se describe las especificaciones técnicas del sensor de temperatura y humedad DHT22. Para obtener información adicional, véase el ANEXO C.

**Tabla 3-2:** Principales especificaciones del sensor de temperatura y humedad DHT22.

Especificación técnica	Descripción
Alimentación	$3.3V_{cc} \leq V_{cc} \leq 6V_{dc}$
Consumo de corriente	1-1.5mA
Rango de medición de temperatura	-40°C a 80°C
Precisión de medición de temperatura	$\pm 0.5^{\circ}C$
Resolución de temperatura	0.1°C
Rango de medición de humedad	0% a 100% RH
Precisión de medición de humedad	2% RH
Resolución de humedad	0.1% RH
Temperatura de operación mínima	-40°C
Temperatura de operación máxima	80°C
Dimensiones	20mm x 15mm x 8mm
Peso	3 gramos

**Fuente:** (SIMAC Electronics GmbH, 2019).

**Realizador por:** Chasi, A; Cabascango, R; 2024.

### 3.4.3 Sensor de calidad de aire MQ 135

Fabricado por la empresa Atomic Market, este sensor de control de calidad de aire es usado para la detección de contaminación presente dentro de un ambiente, este sensor se presenta en la *Ilustración 3-5*. Permite la detección de gases peligrosos como amoníaco (NH<sub>3</sub>), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), alcohol, sulfuros, benceno (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>) y monóxido de carbono (CO). La salida del sensor puede usarse tanto de forma análoga como digital; La señal es directamente proporcional al aumento en la concentración de gas. Además, una señal digital representa niveles TTL y puede ser procesada por un microcontrolador o Arduino. Es importante tener en cuenta que se requiere un período de calentamiento de aproximadamente 20 segundos después de encender el sensor, ya que tiene un calentador interno que es necesario para una medición precisa del gas (Zhengzhou Winsen 2015).



**Ilustración 3-5:** Sensor de calidad de aire MQ135.

**Realizado por:** Chasi, A; Cabascango, R; 2024.

En la *Tabla 3-3* se describe las especificaciones técnicas del sensor de calidad de aire MQ 135. Para obtener información adicional, véase el ANEXO D.

**Tabla 3-3:** Principales especificaciones técnicas del sensor de calidad de aire MQ 135.

Especificación técnica	Descripción
Alimentación	5V
Consumo de corriente	150mA
Rango de detección	10-1000ppm (Partes por millón)
Potencia de consumo	800mW
Humedad de operación	<95% RH
Temperatura de operación	-20°C a 70°C

Concentración de oxígeno	21%
Tiempo de respuesta	≤10s
Tiempo de recuperación	≤30s
Resistencia de calentamiento	31Ω ± 3Ω
Corriente de calefacción	≤180mA
Energía de calefacción	≤180mW

**Fuente:** (Zhengzhou Winsen 2015)

**Realizador por:** Chasi, A; Cabascango, R; 2024

### 3.4.4 Sensor de distancia ultrasónico HC-SR04

Fabricado por OSEPP Electronics como se observa en la *Ilustración 3-6*, dispone de dos transductores: un emisor piezoeléctrico y un receptor. El actuador piezoeléctrico emite ocho pulsos ultrasónicos (40KHz) después de recibir una orden del terminal TRIG. Las ondas sonoras viajan por el aire y rebotan cuando golpean un objeto y son detectadas por un dispositivo piezoeléctrico. El terminal ECHO por otro lado, cambia su estado en alto (5V), durante aproximadamente el mismo tiempo que tarda en detectar la forma de onda después de la transmisión. El microcontrolador mide la sincronización del pulso ECHO para determinar la distancia al objeto. La luz del sol o los objetos oscuros no afectan el funcionamiento del sensor (Itead Studio 2010).



**Ilustración 3-6:** Sensor de distancia ultrasónico HC-SR04.

**Realizado por:** Chasi, A; Cabascango, R; 2024.

En la *Tabla 3-4* se describe las especificaciones técnicas del sensor ultrasónico HC-SR04. Para obtener información adicional, véase el ANEXO E.

**Tabla 3-4:** Principales especificaciones técnicas del sensor de distancia ultrasónico HC SR04.

Especificación técnica	Descripción
Alimentación	5V
Consumo de corriente	15 mA
Rango de medición	2 cm a 450cm
Corriente de reposo	< 2mA
Precisión de medición	±3mm
Temperatura de operación	-20 °C ~ +55 °C
Humedad de operación	≤ 95% RH
Ángulo de apertura	15° grados
Frecuencia de ultrasonido	40KHz
Duración mínima del pulso de disparo TRIG (nivel TTL)	10 μS
Duración del pulso ECO de salida (nivel TTL)	100-25000 μS

**Fuente:** (Itead Studio, 2010).

**Realizador por:** Chasi, A; Cabascango, R; 2024.

### 3.4.5 Motor síncrono 49TYJ

Estos micromotores fabricados por la empresa ZJTEX Electric Group, se utilizan frecuentemente en pequeños electrodomésticos, El modelo 49TYJ se puede observar en la *Ilustración 3-7*. Se caracterizan por tener una velocidad de giro constante en sincronía con la frecuencia de la fuente de alimentación de corriente alterna. (pclinetechnology 2015).



**Ilustración 3-7:** Motor síncrono 49TYJ.

**Realizado por:** Chasi, A; Cabascango, R; 2024.

En la *Tabla 3-5*, se describe las especificaciones técnicas del motor síncrono utilizado. Para obtener información adicional, véase el ANEXO F.

**Tabla 3-5:** Principales especificaciones técnicas del motor síncrono 49TYJ.

Especificación técnica	Descripción
Alimentación	AC 110V/220V
Consumo de corriente	0.036 A
Temperatura de operación	-10 ~ + 60 °C
Potencia	≤ 4W
Velocidad	2.5/3r/min de CW/CCW
Tamaño del motor	Diámetro 49.4 mm
Grosor	16.9 mm

**Fuente:** (pclinetechnology 2015)

**Realizador por:** Chasi, A; Cabascango, R; 2024

### 3.4.6 HMI Nextion 7.0 modelo NX8048P070-011C

Desarrollado por Nextion Tech, esta pantalla cuenta con un *hardware* y *software* desarrollados para aplicaciones de interfaz máquina hombre (HMI) como se observa en la *Ilustración 3-8*. Cuenta con un solo puerto serie (TTL) para alimentar y conectar periféricos como placas Arduino y Raspberry Pi. También a diferencia de otras HMI esta pantalla tiene 8 GPIO adicionales (incluidos 2 terminales PWM) para conectar dispositivos externos. La Nextion cuenta con un módulo RTC que permite el control en tiempo real de estos dispositivos (Nextion 2019).



**Ilustración 3-8:** HMI Nextion 7.0 NX8048P070-011C.

**Realizado por:** Chasi, A; Cabascango, R; 2024.

En la *Tabla 3-6*, se describe los detalles técnicos de la pantalla HMI utilizada. Para más información revisar el ANEXO G.

**Tabla 3-6:** Principales características técnicas de la pantalla Nextion 7.0 modelo NX8048P070-011C.

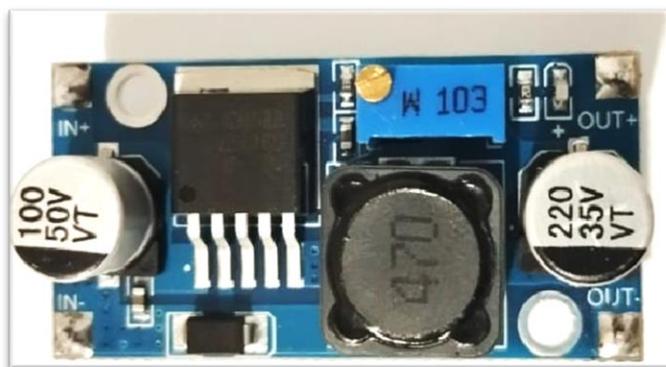
<b>Especificación técnica</b>	<b>Descripción</b>
Alimentación	5V DC
Consumo de corriente	430mA
Temperatura de operación	-20 ~ + 70 °C
Humedad de operación	10 a 90% RH
Display tamaño	7.0"
Resolución	800 x 480 pixel
Touch panel	RTP/CTP
MCU	200 MHz
Flash	128 MB
SRAM	512 KB
GPIOs	8
RTC	Si

**Fuente:** (Nextion, 2019).

**Realizador por:** Chasi, A; Cabascango, R; 2024.

### **3.4.7 Módulo reductor DC/DC LM2596**

La empresa Kuongshun Electronic es uno de los fabricantes y proveedores de este componente, el cual se observa en la *Ilustración 3-9*. Este módulo permite obtener un voltaje regulado desde una fuente de alimentación con voltaje más bajo, como convertir 12V a 5V, 3.3V, 2.2V, etc. Es ideal para microcontroladores como Arduino, PICs, Raspberry Pi, LEDs, ESP32, etc. El LM2596 puede manejar corrientes de hasta 3A con una regulación precisa y bajo rizado. Al ser una fuente de conmutación, supera en eficiencia a los reguladores lineales, especialmente con voltajes de entrada elevados (National Semiconductor 2002).



**Ilustración 3-9:** Módulo reductor DC/DC LM2596.

**Realizador por:** Chasi, A; Cabascango, R; 2024.

En la *Tabla 3-7* se describe las especificaciones técnicas del Regulador de voltaje DC/DC Step Down LM2596. Para obtener información adicional, véase el ANEXO H.

**Tabla 3-7:** Principales especificaciones técnicas del módulo reductor DC/DC LM2596.

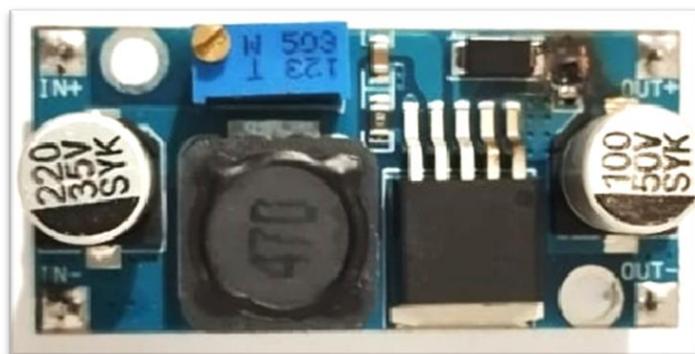
Especificación técnica	Descripción
Voltaje de entrada	4.5V - 40V
Voltaje de salida	1.5V - 35V (Ajustable)
Corriente de salida	Máxima 3A
Temperatura de operación	-45°C ~ 85°C
Dimensiones	43mm x 20mm x 14mm
Frecuencia de switching	150 KHz

**Fuente:** (National Semiconductor, 2002).

**Realizador por:** Chasi, A; Cabascango, R; 2024.

### 3.4.8 Módulo elevador DC/DC CN6009

El fabricante de este módulo es la empresa XLSEMI, este módulo integra el regulador XL6009 que es un convertidor DC/DC de modo de corriente y amplio rango de entrada, es capaz de generar voltajes de salida positivo o negativo. Se puede configurar como convertidor boost, flyback, SEPIC o inversor. El XL6009 integra un mosfet de potencia de canal N y un oscilador de frecuencia fija, la arquitectura de modo actual da como resultado un funcionamiento estable en una amplia gama de voltajes de suministro y salida. El regulador tiene un diseño compacto y pequeño, como el que se presenta en la *Ilustración 3-10*, lo que es ideal para aplicaciones electrónicas portátiles de diseño reducido (Kylinchip Electronic 2002).



**Ilustración 3-10:** Módulo elevador DC/DC CN6009.

**Realizado por:** Chasi, A; Cabascango, R; 2024

En la *Tabla 3-8* se describe las especificaciones técnicas del elevador DC/DC CN6009. Para obtener información adicional, véase el ANEXO I.

**Tabla 3-8:** Principales especificaciones técnicas del regulador CN6009.

Especificación técnica	Descripción
Voltaje de entrada	3V - 32V DC
Voltaje de salida	5V - 35V DC (Ajustable)
Corriente de salida	Máx. 4A
Eficiencia de conversión	Máx. 94%
Frecuencia de conmutación	400KHz
Ondulación de salida	50mV
Regulación de voltaje	± 0.5%
Temperatura operativa	-40 °C ~ + 85 °C
Dimensiones	43 mm x 21 mm x 14 mm

**Fuente:** (Kylinchip Electronic, 2002).

**Realizador por:** Chasi, A; Cabascango, R; 2024.

### 3.4.9 *Humidificador ultrasónico 24V DC*

Opera a 24V DC y cuenta con una cabeza de nebulizar avanzada. El atomizador ultrasónico que incorpora cuenta con una oscilación de alta frecuencia para lograr una fuerza de atomización eficiente. El humidificador comprende una pieza de conexión y un circuito que aportan una niebla espesa ideal para aplicaciones en donde se necesiten una gran cantidad de humedad. Al contener iones de aire, esta niebla hace que aumente la humedad y proporcione una sensación de frescura.

Se recomienda cambiar el agua semanalmente y mantener limpio el recipiente para un mejor funcionamiento, con una alimentación de 24VDC y 1A de corriente como mínimo (naylampmechatronics 2023). El humidificador ultrasónico se presenta en la *Ilustración 3-11*.



**Ilustración 3-11:** Humidificador ultrasónico 24V DC.

**Realizado por:** Chasi, A; Cabascango, R; 2024.

En la *Tabla 3-9* se describe las especificaciones técnicas del humidificador de 24V. Para obtener información adicional, véase el ANEXO J.

**Tabla 3-9:** Principales especificaciones técnicas del humidificador de 24V DC.

Especificación técnica	Descripción
Alimentación	24V DC
Consumo de corriente	800mA
Diseño	Sumergible
Longitud del cable	30cm
Color	Negro
Diámetro	36 mm
Altura	25 mm

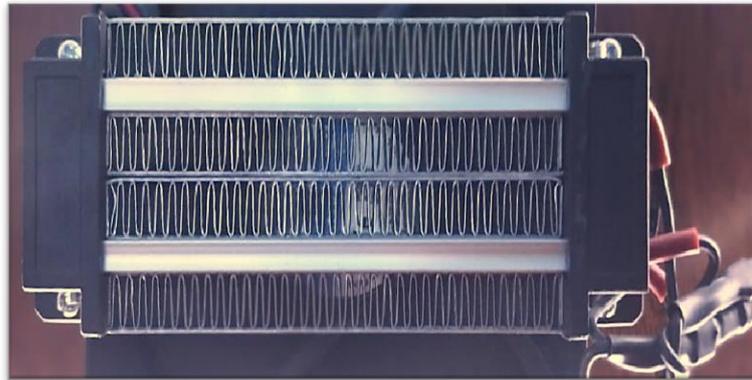
**Fuente:** (naylampmechatronics, 2023).

**Realizador por:** Chasi, A; Cabascango, R; 2024.

#### 3.4.10 *Calentador de aire cerámico PTC*

Shanghai Yidu Electronics es la empresa que fabrica estos calentadores de aire como el que se indica en la *Ilustración 3-12*. Tienen una baja resistencia térmica y buena transferencia de calor. Presenta un acabado superficial y alta seguridad para diferentes aplicaciones. Cuenta con

funciones de calentamiento automático y funciones de ahorro de energía. Como voltaje de entrada se tiene 110V / 220V (la línea neutra se conecta independientemente de los polos positivo y negativo, es posible un voltaje fijo). Se utiliza principalmente para pequeños dispositivos que ahorran espacio y que deben enfriarse a temperatura ambiente (Ptcyidu 2023).



**Ilustración 3-12:** Calentador de aire cerámico PTC.

**Realizado por:** Chasi, A; Cabascango, R; 2024

En la *Tabla 3-10* se describe las especificaciones técnicas del calefactor PTC. Para obtener información adicional, véase el ANEXO K.

**Tabla 3-10:** Principales especificaciones técnicas del calentador de aire cerámico PTC.

Especificación técnica	Descripción
Alimentación	110 V/220 V
Consumo corriente	9A
Temperatura chip calentador integrado	230°C máximo
Temperatura de superficie	200°C
Temperatura de superficie (ventilador)	120°C
Peso	318 g/11.2 oz
Material de calefacción	Termistor PTC
Modo de calefacción	Calor a través del flujo de aire
Potencia	1000W
Material	Aluminio y plástico
Tamaño	140 x102 x 26mm

**Fuente:** (Ptcyidu, 2023).

**Realizador por:** Chasi, A; Cabascango, R; 2024.

### 3.4.11 Relé de estado sólido SSR-25 DA

La empresa taiwanesa Fotek es una de las proveedoras de este relé. Permite controlar altas cargas de CA con bajo voltaje de CC. Los relés de estado sólido tienen ventajas importantes en comparación a los relés mecánicos, como un nivel de voltaje mucho más bajo para activar la carga y una corriente de mantenimiento más baja, una conmutación más rápida y una vida útil más larga sin fallas causadas por piezas mecánicas faltantes. Este relé se presenta en la *Ilustración 3-13*, el cual admite corrientes de carga de hasta 25 A y está controlado por 3-32 VCC (Fotek 2010).



**Ilustración 3-13:** Relé de estado sólido SSR-25 DA.

**Realizado por:** Chasi, A; Cabascango, R; 2024

En la *Tabla 3-11* se describe las especificaciones técnicas del relé de estado sólido. Para obtener información adicional, véase el ANEXO L.

**Tabla 3-11:** Principales especificaciones técnicas del relé de estado sólido SSR-25 DA.

Especificación técnica	Descripción
Voltaje de entrada	3V - 32V DC
Voltaje de salida	24 - 380VAC
Corriente de salida	25A
Voltaje de trabajo	250V
En voltaje	$\leq 1V$
Tiempo respuesta	$\leq 10$ ms
Corriente de fuga	$\leq 2$ mA
Color	Blanco
Dimensiones	2.362 x 1.772 x 0.906 in

Fuente: (Fotek 2010)

Realizador por: Chasi, A; Cabascango, R; 2024

### 3.4.12 Módulo de relé de 8 canales

Los fabricantes son SainStore Inc, este módulo funciona a 5V DC y se caracteriza por sus componentes de conmutación y asilamiento clasificado para 110VAC/ 30VDC y 10A, posee transistores de conmutación que amplifican la señal de entrada para la activación, como se indica en la *Ilustración 3-14*. Además, cuenta con diodos de rueda libre para protección y LEDs indicadores para mostrar el estado activo o inactivo de los relés. Sus pines son de tornillo, facilitando las conexiones de entrada (Componentes 2023).



**Ilustración 3-14:** Módulo relé de 8 canales.

Realizado por: Chasi, A; Cabascango, R; 2024.

En la *Tabla 3-12* se describe las especificaciones técnicas del módulo relé de 8 canales. Para obtener información adicional, véase el ANEXO M.

**Tabla 3-12.** Principales especificaciones técnicas del módulo de relé de 8 canales.

Características	Detalles
Modelo	SRD-05VDC-DL-C
Voltaje de operación	5V DC
Máxima salida del relevador	DC 30V/10A, AC 250V/10A
Corriente	10 A
Protocolo de comunicación	TTL (3.3 V o 5 V)
Tiempo de acción	10 ms/ 5 ms

Tamaño	138 mm x 56 mm x 19 mm (largo, ancho, alto)
Peso	118 gramos

**Fuente:** (Componentes, 2023).

**Realizador por:** Chasi, A; Cabascango, R; 2024.

### 3.4.13 Ventilador 4010

Se alimenta a 12 V DC, sus dimensiones son de 40x40x10 mm, como se presenta en la *Ilustración 3-15*. Esto hace que el ventilador sin escobillas sea versátil y eficiente para la implementación del prototipo. Su diseño compacto y robusto lo convierte en una solución práctica y fiable para las necesidades específicas de refrigeración de una gran variedad de entornos electrónicos (Cuidevices 2022).



**Ilustración 3-15:** Ventilador 4010.

**Realizado por:** Chasi, A; Cabascango, R; 2024.

En la *Tabla 3-13* se describe las especificaciones técnicas del ventilador 4010. Para obtener información adicional, véase el ANEXO N.

**Tabla 3-13.** Principales especificaciones técnicas del ventilador 4010.

Características	Detalles
Alimentación	12V DC
Corriente de consumo	0.06 A
Velocidad	4500 ± 10% RPM
Ruido	18 dBA
Tipo de motor	Brushless

Velocidad de viento	1.5 M/s
Volumen de aire	15.5 CFM
Rodamiento	Oil bearing
Vida útil	30000 horas
Largo de cable	27 cm (aprox.)
Dimensiones	40mm x 40mm x 10mm

**Fuente:** (Cuidevices 2022).

**Realizador por:** Chasi, A; Cabascango, R; 2024.

### 3.4.14 Ventilador de refrigeración sin escobillas

Es un dispositivo utilizado para disipar el calor generado por componentes electrónicos. Utiliza un motor sin escobillas para una operación más eficiente y silenciosa. Sus dimensiones son de 120mm x 120mm x 25mm, como se presenta en la *Ilustración 3-16*. El diseño sin escobillas permite el control electrónico para modular la velocidad del rotor, lo que resulta en una operación eficiente energéticamente en comparación con los ventiladores con escobillas tradicionales (Jacky 2023).



**Ilustración 3-16:** Ventilador de refrigeración sin escobillas.

**Realizado por:** Chasi, A; Cabascango, R; 2024.

En la *Tabla 3-14* se describe las especificaciones técnicas del ventilador de refrigeración sin escobillas. Para obtener más información, revisar el ANEXO O.

**Tabla 3-14.** Principales especificaciones técnicas del ventilador de refrigeración sin escobillas.

Características	Detalles
-----------------	----------

Tamaño	120x120x25 mm
Voltaje de operación	12V
Corriente de consumo	0.45A
Conexión	2 pines
Tipo de ventilador	Sin escobillas

**Fuente:** (Jacky 2023)

**Realizador por:** Chasi, A; Cabascango, R; 2024

### 3.4.15 Fuente de poder 12V – 10 A

Es un componente clave en dispositivos electrónicos, ya que, proporciona una salida estable de 12V con una corriente máxima de 10 A y una potencia de 120W. Permite operar en un amplio rango de temperatura (-10°C a +50°C). El voltaje de entrada es de 110 VCA y su diseño facilita la instalación adecuada para diferentes proyectos (Matysiak 2024). Como se presenta en la *Ilustración 3-17*.



**Ilustración 3-17:** Fuente de poder 12V – 10 A.

**Realizado por:** Chasi, A; Cabascango, R; 2024

En la *Tabla 3-15* se describe las especificaciones técnicas de la fuente de poder. Para obtener información adicional, véase el ANEXO O.

**Tabla 3-15:** Principales especificaciones técnicas de la fuente de poder 12V – 10 A.

Especificación técnica	Descripción
Alimentación	AC110-220V 50/60Hz
Consumo de corriente	1A
Potencia máxima de salida	120W
Dimensiones	19.8x10x4.2cm (L * W * H)
Protección	Cortocircuito / sobrecarga / sobretensión
Temperatura de trabajo	-10°C a ~+50°C
Humedad ambiente	20% ~ 95 % sin condensación
Material de shell	Metal / base de aluminio
Peso	396 g

**Fuente:** (Matysiak, 2024).

**Realizador por:** Chasi, A; Cabascango, R; 2024.

### 3.4.16 Otros elementos hardware

A continuación, se abordarán los elementos complementarios para el desarrollo del prototipo de incubadora, los cuales desempeñan roles fundamentales que contribuyen al funcionamiento integral y eficiente.

**Indicador LED AD16-22DS:** se utiliza en sistemas de control automático y se conoce como "luz piloto". Se caracteriza por su bajo consumo, tamaño compacto de 22 mm de diámetro y larga vida útil como se muestra en la *Ilustración 3-18*. El modelo funciona a 12VDC con una tolerancia de +/- 20%. Su diseño eficaz y flexible lo convierte en una opción fiable para una amplia gama de aplicaciones (Electronics 2024).



**Ilustración 3-18:** Indicador LED AD16-22DS.

**Realizado por:** Chasi, A; Cabascango, R; 2024.

**Interruptor basculante de encendido/apagado DPST:** tiene unas dimensiones de paquete de 4.72 x 2.13 x 0.94 pulgadas y un peso de 0.63 onzas como se muestra en la *Ilustración 3-19*. Su modelo es A100 y tiene una corriente nominal de 20 A, con un voltaje de operación de 250 VAC y 125 VAC. Se monta en paneles y tiene un conector con 4 terminales. Su modo de operación es ON-OFF, con un tipo de contacto DPST y un actuador tipo basculante. El material del contacto es de plata, mientras que el material del interruptor es plástico (Inc 2024).



**Ilustración 3-19:** Interruptor basculante de encendido/apagado DPST.

**Realizado por:** Chasi, A; Cabascango, R; 2024.

**Fusible de tipo europeo:** destaca por su eficiencia y fiabilidad, confeccionado en cristal para proporcionar protección esencial contra corrientes excesivas y cortocircuitos en equipos electrónicos. Con capacidad de 11 A, valor que fue determinado por la medición de consumo mediante un multímetro Fluke un voltaje máximo de 250VCD/VCA. Sus dimensiones compactas de 20 mm de longitud y 5 mm de diámetro facilitan su integración en dispositivos con limitaciones de espacio (Stereon 2023). Como se presenta en la *Ilustración 3-20*.



**Ilustración 3-20:** Fusible de tipo europeo.

**Realizado por:** Chasi, A; Cabascango, R; 2024.

**Interruptor AC con lámpara y porta fusibles:** está equipado con un conector IEC320 C14 de 3 polos y un interruptor de 3 polos. Tiene una tensión nominal de 250 VCA a 15 A. Está fabricado con aislamiento de plástico y cable de latón niquelado, lo que garantiza un rendimiento fiable y duradero. El interruptor retroiluminado en rojo proporciona una clara indicación visual. El portafusibles, diseñado para 6 A y 250 V CA, 10 A y 125 V CA, este kit ofrece funciones compactas y eficaces para el control de corriente y la protección de circuitos (Mantilla 2023). Como se presenta en la *Ilustración 3-21*.



**Ilustración 3-21:** Interruptor AC con lámpara y porta fusibles.

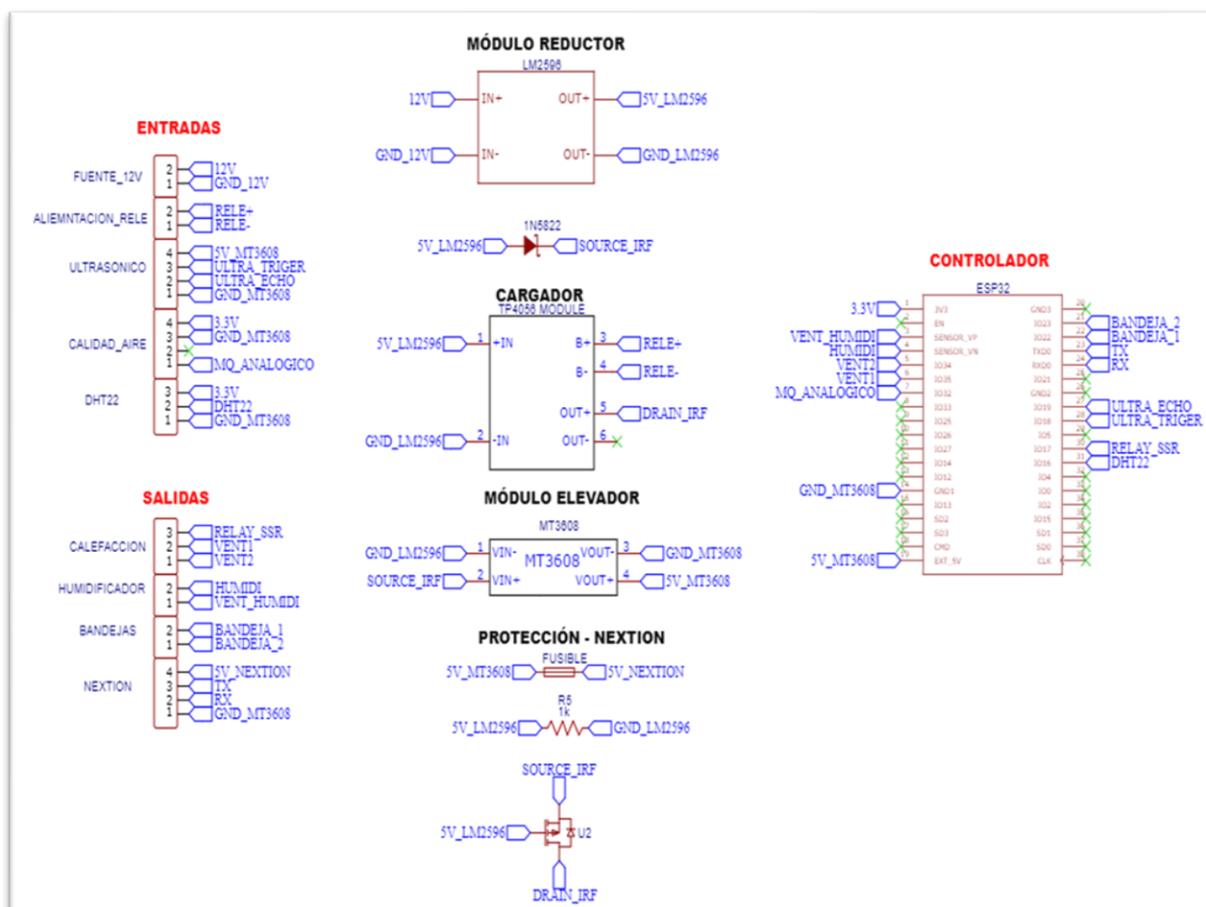
**Realizado por:** Chasi, A; Cabascango, R; 2024.

### 3.5 Esquema de conexión electrónica del prototipo de incubadora

En la *Ilustración 3-22* se evidencian las interconexiones del dispositivo, el cual está compuesto por la tarjeta de desarrollo ESP WROOM - 32. Este dispositivo incluye salidas destinadas a la activación de relés para el control del sistema de calefacción, humidificación y volteo de los huevos. Asimismo, incorpora entradas para los sensores de temperatura, humedad, calidad del aire y nivel del tanque del sistema de humidificación.

Adicionalmente, se han integrado módulos reductores de voltaje diseñados para diversos amperajes, como el LM2596. Además, se incluyen módulos como el elevador MT3608, con el objetivo de garantizar el suministro de energía necesario para el funcionamiento de todos los componentes del sistema. A continuación, se presenta el esquema detallado de las conexiones de hardware para el prototipo de la incubadora desarrollada.

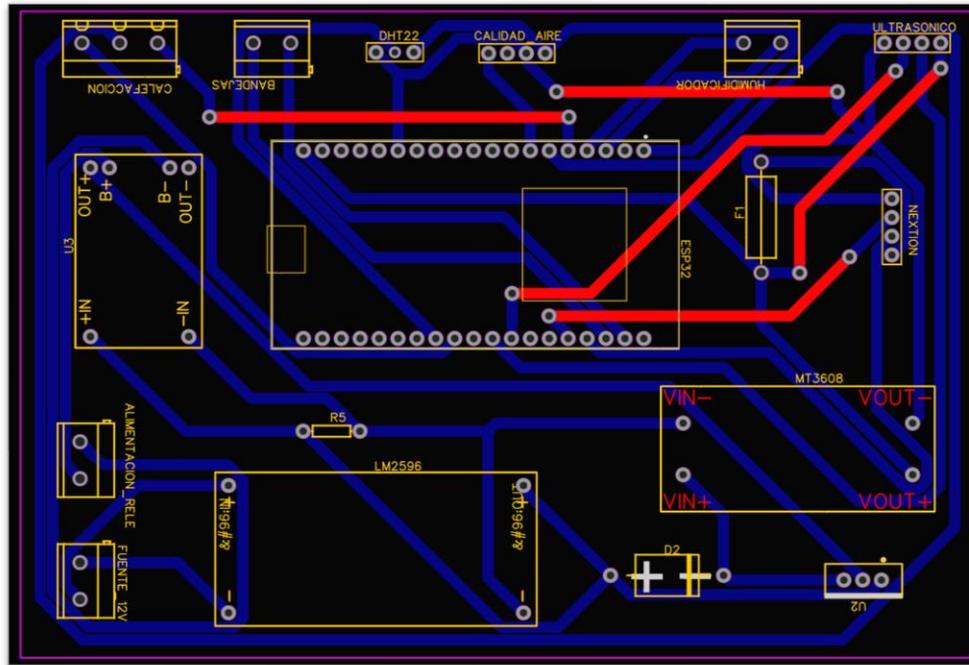
- El sistema funciona con una fuente de alimentación de 12V que tiene dos terminales V+ y dos terminales COM. Para conectar los módulos reguladores de voltaje LM2596, se utiliza un terminal V+ junto con un terminal COM, en el orden especificado, que se conecta a los terminales de entrada IN+ e IN- de los mencionados módulos.
- Para activar el módulo de relé de 6 canales, responsable de controlar la calefacción, humidificación y volteo de huevos, se conecta a una fuente de 5V proveniente del terminal OUT+ del módulo MT3608. El terminal GND del módulo de relé se conecta al terminal OUT- del mismo módulo.
- El terminal VIN+ del módulo elevador MT3608 se conecta al cátodo del diodo Schottky y al SOURCE del MOSFET, mientras que el terminal VIN- se conecta al terminal OUT- del módulo reductor LM2596. Con relación a los terminales de salida del módulo MT3608, VOUT+ y VOUT- se conectan a los terminales 5V y GND tanto de la ESP32 como del HMI Nextion. La alimentación de este último pasa a través de un fusible.
- Para la ESP32, se realiza la conexión de los terminales SENSOR\_VN y SENSOR\_VP al humidificador (HUMIDI) y al ventilador correspondiente (VENT\_HUMIDI). Por otro lado, los terminales IO35 e IO34 se utilizan para activar los ventiladores del sistema de calefacción (VENT1 y VENT2), mientras que los terminales IO22 e IO23 se emplean para activar las bandejas encargadas del volteo de huevos (BANDEJA1 y BANDEJA2). Estos seis terminales mencionados anteriormente proporcionan salidas que se conectan al módulo de relé. Además, el terminal IO17 se utiliza para activar el relé de estado sólido SSR.
- El sensor DHT22 se conecta al terminal IO16, mientras que el sensor de calidad de aire se enlaza al TERMINAL IO32. Ambos componentes reciben alimentación de los 3.3 voltios proporcionados por la ESP32. Por otro lado, el sensor ultrasónico tiene sus terminales TRIGGER y ECHO conectados a los terminales IO18 e IO19, respectivamente, y se alimenta con 5 voltios obtenidos del módulo MT3608.
- En cuanto al HMI Nextion, sus terminales TX y RX se conectan a los terminales RXD y TXD de la tarjeta de desarrollo ESP32.



**Ilustración 3-22:** Interconexiones del prototipo de incubadora.

**Realizado por:** Chasi, A; Cabascango, R; 2024.

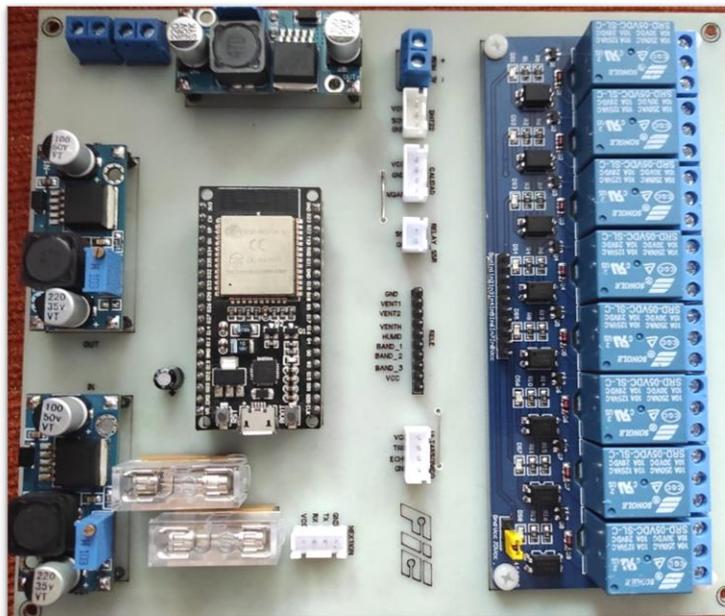
Terminadas las conexiones de los componentes, el siguiente paso consiste en llevar a cabo el diseño de la placa PCB (*Printed Circuit Board*). Para este propósito, se emplea el software EasyEDA en su versión 6.5.37. Este programa destaca como una herramienta de automatización para el diseño electrónico, proporcionando a los diseñadores de placas de circuito impreso una plataforma integral que facilita la conexión fluida entre diagramas esquemáticos, la disposición de componentes y el enrutamiento de las PCB. EasyEDA simplifica significativamente el proceso de diseño, permitiendo una integración eficiente de todas las etapas del desarrollo electrónico. Para visualizar el resultado de este proceso, se incluye el diseño de la placa PCB en la *Ilustración 3-23*.



**Ilustración 3-23:** Diseño de la placa PCB.

**Realizado por:** Chasi, A; Cabascango, R; 2024.

La implementación física de los componentes *Hardware* en la placa PCB, se muestra en la *Ilustración 3-24*.



**Ilustración 3-24:** Implementación física de la placa PCB.

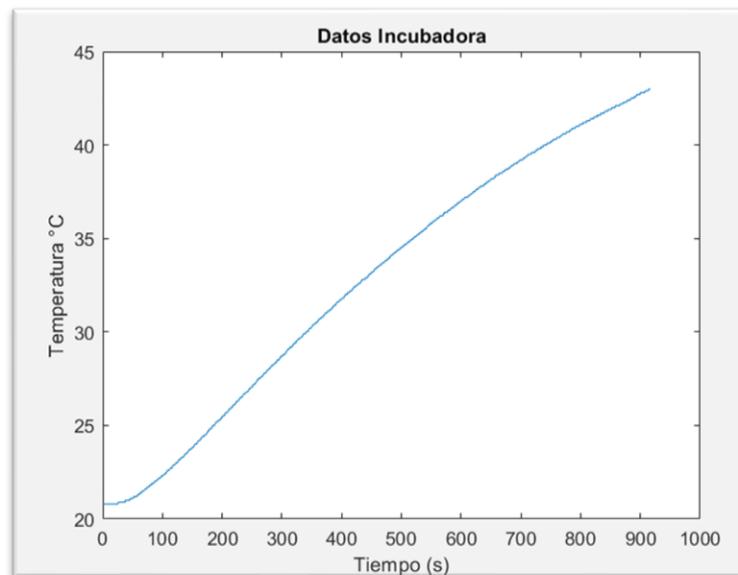
**Realizado por:** Chasi, A; Cabascango, R; 2024.

### 3.6 Software de desarrollo para el prototipo de incubadora

Las siguientes secciones describen el *software* seleccionado para programar los elementos de *Hardware* presentados anteriormente, así como varios diagramas de flujo que ilustran las funciones realizadas por el microcontrolador ESP32 y varias interfaces gráficas de control y visualización.

#### 3.6.1 Controlador PID (Proporcional Integral Derivativo) en Matlab

El controlador desarrollado es el PID (Proporcional Integral Derivativo) para la temperatura. El primer paso para realizar este controlador es la toma de muestras que la incubadora genera desde que se enciende. Para ello se adquieren 1834 datos de temperatura en 15 minutos como se observa en la *Ilustración 3-25*

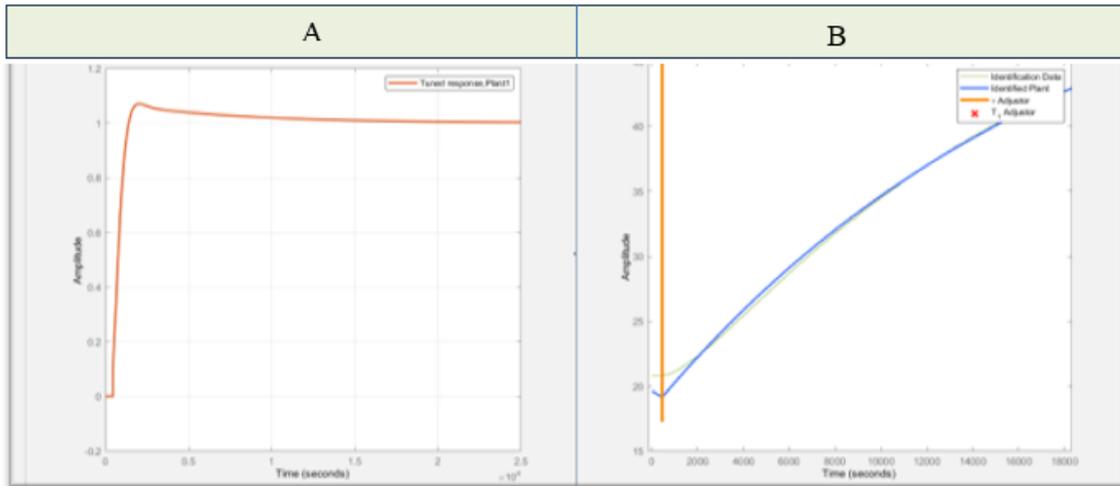


**Ilustración 3-25:** Datos de temperatura obtenidos.

**Realizado por:** Chasi, A; Cabascango, R; 2024.

Dentro del Command Window del *software* Matlab se llama a la herramienta pidTuner la cual se encarga de realizar los correspondientes cálculos para determinar los valores de las constantes del controlador PID. Se cargan los datos obtenidos y se procede a ajustar lo más posible la función de transferencia a los datos experimentales que se obtuvieron, dando como resultado una estimación de los datos del 94,23% del PID.

Con la probabilidad de los datos se procede a obtener la planta del modelo. Aquí se selecciona el tipo de controlador a diseñar, la ganancia y un valor de set point para el modelo. Como se observa en la *Ilustración 3-26* se tiene al lado izquierdo (A) el gráfico de respuesta del modelo cuando inicia el controlador y cuando se estabiliza, teniendo una buena estabilidad. Al lado derecho (B) se puede observar cómo se ha ajustado la planta para obtener los valores más acertados de  $k_p$ ,  $k_i$  y  $k_d$ .



**Ilustración 3-26:** (A) Grafica respuesta del modelo, (B) Sintonización de la planta  
 Realizado por: Chasi, A; Cabascango, R; 2024.

Una vez terminado el proceso de sintonización se muestran los valores obtenidos del controlador PID, como se observa en la *Ilustración 3-27*.

Controller Parameters	
	Tuned
$K_p$	0.4062
$K_i$	5.2636e-05
$K_d$	32.6618
$T_f$	n/a

**Ilustración 3-27:** Valores obtenidos para el controlador PID.  
 Realizado por: Chasi, A; Cabascango, R; 2024

### 3.6.2 Base de datos en Firebase

El monitoreo de una incubadora puede facilitar la supervisión en tiempo real de los parámetros como la temperatura, humedad, calidad de aire, días restantes de incubación y el nivel de agua del tanque de humidificación, lo cual contribuye al análisis para las continuas mejoras durante el proceso

El microcontrolador ESP WROOM – 32, desempeña un papel fundamental para establecer la conexión con la base de datos de Firebase, para la recepción y transmisión de datos. Por otro lado, Firebase se encarga de almacenar los parámetros de incubación a través de nodos personalizables por el usuario. La *Ilustración 3-28*, muestra la segmentación creada para la gestión de los datos del prototipo de incubadora.

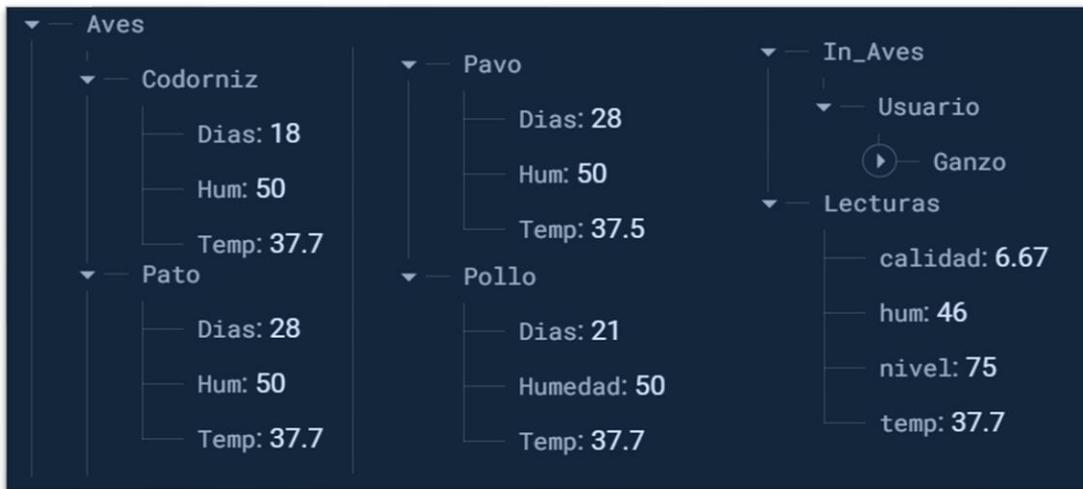


**Ilustración 3-28:** Segmentación de almacenamiento de datos.

**Realizado por:** Chasi, A; Cabascango, R; 2024

Dentro de cada segmento, es posible crear registros para organizar de forma estructurada los parámetros de incubación. Por ejemplo, en el segmento "Aves", se pueden incluir el nombre de cada ave, la temperatura, la humedad y los días de incubación correspondientes. En el segmento "In\_Aves", se registrar la temperatura, la humedad y los días de incubación.

Por otro lado, el nodo "Lectura" se utiliza para almacenar los datos medidos por el sensor DHT22, que incluyen la temperatura (temp) y la humedad (hum). Además, se registra el nivel del tanque (nivel) de humidificador obtenido del sensor HCSR04 y la lectura del sensor de calidad de aire (calidad) del sensor MQ-135. Este enfoque estructurado permite una gestión clara y eficiente de la información relevante en cada categoría, como se indica en la *Ilustración 3-29*.



**Ilustración 3-29:** Registro de los parámetros en cada segmento.

Realizado por: Chasi, A; Cabascango, R; 2024

### 3.6.3 Programación del microcontrolador ESP32

La programación se realiza utilizando el software Arduino IDE versión 1.8.19 basado en el lenguaje de programación C. Mediante el gestor de placas de Arduino IDE, es posible instalar complementos para programar tarjetas de desarrollo diferentes a las fabricadas por Arduino. Las librerías se las puede encontrar en el gestor de librerías de Arduino ID, el código completo de programación del prototipo de incubadora se podrá observar en el ANEXO S.

- **FirestoreESP32.h:** permite la conexión entre ESP32 y proyectos basados en Firestore para la sincronización de datos en tiempo real.
- **DHT.h:** simplifica la lectura de sensores de temperatura y humedad de la serie DHT en proyectos de monitorización ambiental.
- **NuevoTerminalg.h:** optimiza la medición de distancias con sensores ultrasónicos, útil para proyectos que requieren detección de proximidad o control de movimiento.
- **PIDv1.h:** se utiliza para implementar un controlador PID en proyectos Arduino, facilitando la definición y el mantenimiento permanente de variables controladas, como la posición o la temperatura, mediante la modificación de la señal de control del sistema.

## Configuración inicial

- **Importar librerías:** se importan las librerías necesarias para el proyecto, incluyendo FirebaseESP32 para la comunicación con Firebase, DHT para el sensor de temperatura y humedad, y NewTerminalg para el sensor ultrasónico.
- **Definición de constantes:** se definen las constantes como el nombre de la red Wi-Fi, la contraseña, terminales de conexión de sensores y actuadores, la URL de Firebase y la clave secreta para la autenticación.
- **Inicialización de variables y objetos:** se inicializan las variables y objetos necesarios, incluyendo el objeto FirebaseData, el objeto DHT para el sensor DHT22, y el objeto NewTerminalg para el sensor ultrasónico.

## Configuración del entorno

- **Configuración de Arduino y Firebase:** se configura el entorno de Arduino, se inicia la comunicación serial para la depuración y se establece la conexión con la red WiFi y Firebase.

## Bucle principal

- **Lecturas de sensores:** en cada iteración del bucle, se realizan lecturas de los sensores: temperatura y humedad con el sensor DHT, nivel del tanque con el sensor ultrasónico, y calidad del aire.
- **Envío y recepción de datos en Firebase:** las lecturas de los sensores obtenidas por el microcontrolador se transfieren a Firebase utilizando el objeto `FirebaseData`.
- **Verificación de especie seleccionada:** se verifica si se ha seleccionado una especie de ave desde la interfaz Nextion. Este paso simula la interacción con la pantalla táctil de Nextion. Dependiendo de la implementación, podría ser necesario utilizar métodos específicos para la comunicación.
- **Obtención de parámetros de la especie:** si se ha seleccionado una especie, se obtienen los parámetros específicos de esa especie desde Firebase. Estos parámetros podrían incluir la temperatura objetivo, entre otros. Se asume la existencia de un segmento en Firebase llamado "/ParametrosAves" que contiene la información necesaria.

## Control

- **Control PID de temperatura:** se realiza el control de la temperatura en función de la especie seleccionada. Si la temperatura actual es menor que la temperatura objetivo, se activan los relés de control del sistema, mediante los valores de  $k_p$ ,  $k_i$  y  $k_d$  obtenidos en la sección de control PID.
- **Control del humidificador:** se controla en base a la humedad actual proporcionada por el sensor. Cuando la humedad se encuentra por debajo del valor establecido, los relés del sistema de humidificación se activan para lograr alcanzar el valor de humedad establecido para la incubación.
- **Control del giro de huevos:** se implementa un control para el giro de huevos cada 3 horas. Se activa el relé correspondiente durante 14 segundos cada 3 horas, para cada una de las bandejas.

A continuación, en la *Ilustración 3-30*, se presenta un diagrama principal que ilustra la estructura del código, donde se muestra el funcionamiento general de las funciones principales que se utilizaron, las cuales son:

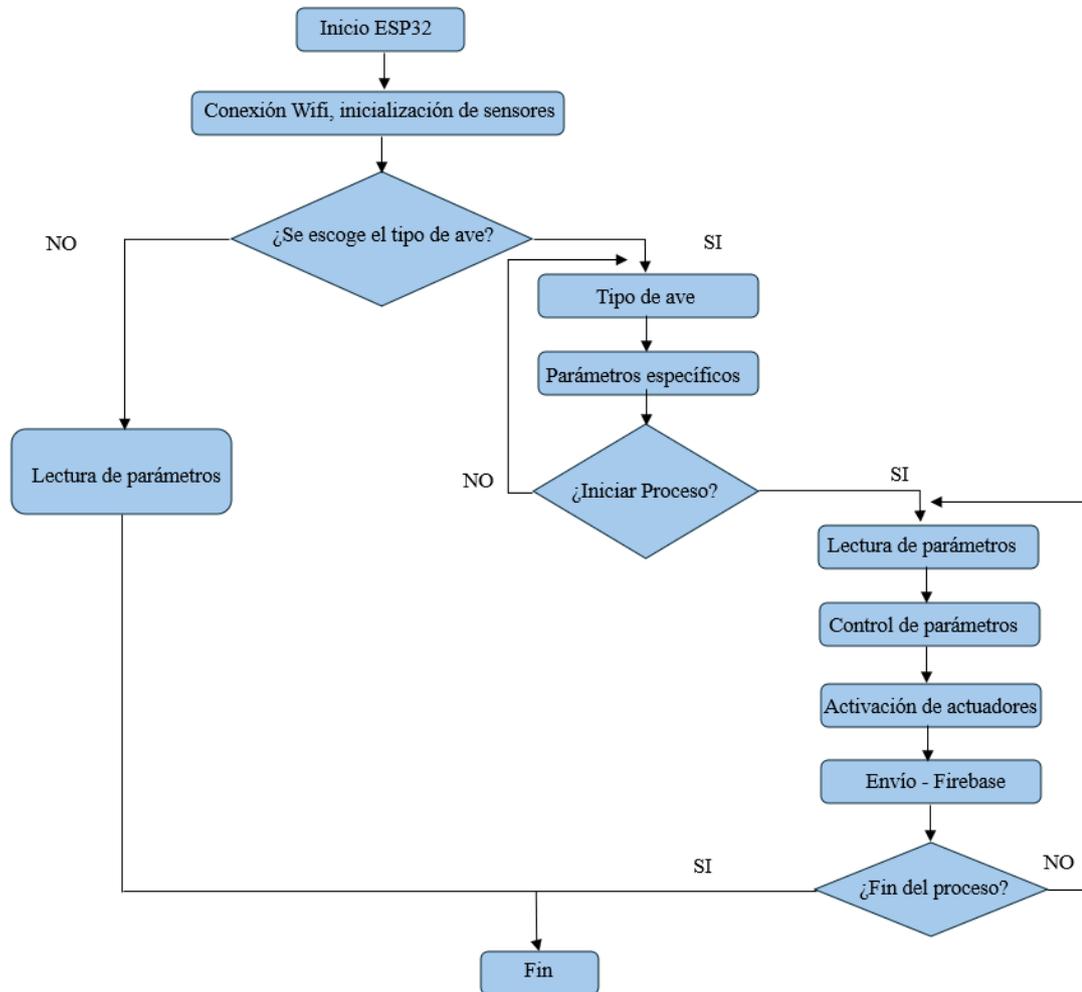
**enviraFirebase():** esta función se encarga de enviar y recibir los datos de temperatura, humedad, nivel de agua en el tanque y calidad del aire a Firebase, para esto se utiliza la librería `FirebaseESP32`.

**readTemperatureAndHumidity():** esta función lee los valores de temperatura y humedad ambiental utilizando un sensor DHT22, lo que permite calcular el error entre el valor de temperatura actual y un setpoint deseado, luego, aplica un control PID para ajustar un relé de estado sólido con el fin de mantener la temperatura dentro de los límites deseados. Además, controla la humidificación del ambiente en base al valor de humedad leído.

**readTankLevel():** la función se encarga de medir el nivel del tanque utilizando un sensor de ultrasónico. Calcula el nivel del tanque en porcentaje en función de la distancia medida por el sensor y la convierte en porcentaje.

**readAirQuality():** esta función mide la calidad del aire utilizando un sensor de gas MQ-135, este convierte la lectura analógica en una lectura de concentración de CO<sub>2</sub> en partes por millón, utilizando una fórmula específica proporcionada por el fabricante del sensor.

**activateRelay():** sta función activa un conjunto de relés por un intervalo de tiempo específico, los relés se activan durante un tiempo determinado, cada cierto intervalo. Esta función se utiliza para el control de las bandejas giratorias.



**Ilustración 3-30:** Diagrama de flujo de la inicialización y función principal de la tarjeta ESP32-WROOM.

**Realizado por:** Chasi, A; Cabascango, R; 2024.

### 3.7 Interfaz de control y visualización

El prototipo de incubadora tiene dos tipos de visualización. La primera es la pantalla HMI que posibilita la selección de distintos modos de funcionamiento y la ejecución de tareas en cualquiera de ellos. La segunda es la interfaz de la aplicación móvil, que facilita el monitoreo de los parámetros de incubación.

### 3.7.1 Interfaz de la pantalla Nextion HMI

La pantalla Nextion cuenta con su propio *software* que permite desarrollar la interfaz gráfica, así como también poder simular todos los procesos de la pantalla. El programa en específico Nextion Editor ofrece la posibilidad de agregar componentes necesarios para el desarrollo de la interfaz, como son; botones, cuadros de texto, imágenes, etc, cada uno con sus determinados atributos. La versión con la que se trabajó fue la 1.65.1, que se la puede encontrar en la página web de Nextion, además de distinta documentación de como empezar a utilizar una de estas pantallas.

El diseño se realizó en base a los requerimientos mencionados como es una página principal que permita observar los sensores a temperatura ambiente antes de empezar con un proceso, una segunda pantalla que permite elegir el tipo de ave, seguido de indicaciones de los parámetros, avisos y por último una página de monitoreo general. Por otro lado, el diseño, los colores, la disposición de los botones, el tipo de letra, las figuras, los fondos y otros elementos utilizados en la elaboración de la interfaz, se basó en las normas de implementación para aplicaciones HMI, elaborado por gerencia de comunicaciones y automatismos de Argentina (Aguas y Saneamientos Argentinos S.A. 2016).

Una vez escogidos los colores para el diseño los cuales no deben ser llamativos, se procedió a elaborar cada una de las imágenes, el software de desarrollo que se escogió fue Krita, esta es una aplicación de pintura digital y edición de imágenes de código abierto. La interfaz HMI está compuesta por un conjunto de pantallas, dentro de las cuales se encuentra la pantalla principal que se muestra en la *Ilustración 3-31*, en esta se presenta un espacio para la visualización de los datos de los diferentes sensores y un botón dirige a la siguiente página de selección.



**Ilustración 3-31:** Pantalla principal

Realizado por: Chasi, A; Cabascango, R; 2024

En la pantalla de selección de aves, se presentan cinco botones distintos, cuatro de los cuales representan aves de corral ya implementadas en el desarrollo de la tesis. Además, se ha diseñado un botón adicional para permitir el ingreso y almacenamiento de información sobre una nueva especie de ave. Esto se ha ideado considerando posibles modificaciones en el proceso de incubación de un ave específica, tal como se muestra en detalle en la *Ilustración 3-32*.



**Ilustración 3-32:** Pantalla de selección de ave

Realizado por: Chasi, A; Cabascango, R; 2024

Una vez que el usuario elige el tipo de ave, la siguiente pantalla proporciona información detallada sobre los parámetros relevantes para la incubación. Esta información permite al usuario familiarizarse con los parámetros establecidos durante el proceso. Se han incluido dos botones: uno para continuar con el proceso y otro para retroceder a la página anterior. Una vez seleccionado el tipo de ave y confirmados los parámetros, se muestra una pantalla de confirmación para asegurar que el usuario esté de acuerdo con el proceso.

Posteriormente, se accede a la pantalla de monitorización, que muestra todos los parámetros relevantes para el proceso de incubación. Esta pantalla incluye un modo de reposo (sleep) que reduce el consumo de energía y está programado para activarse después de 10 minutos. Para reactivar la pantalla basta con un simple toque.

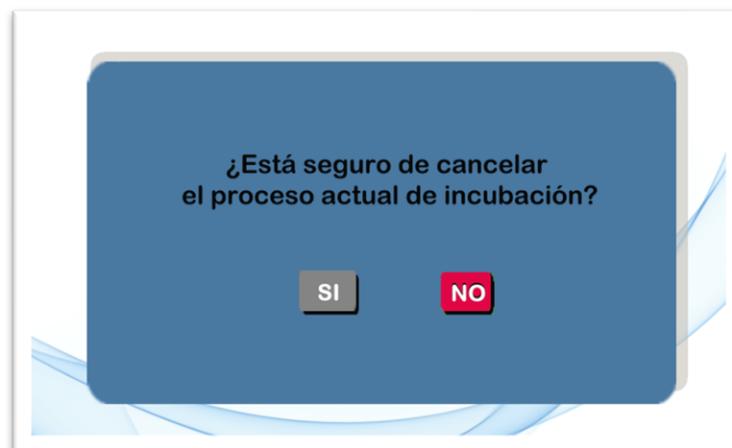
Además, se incorpora un botón de cancelación que, al ser seleccionado, despliega un aviso adicional confirmando la acción a tomar, esta pantalla se observa en la *Ilustración 3-33*. Si se opta por cancelar el proceso, se redirige a otra pantalla con la opción de confirmar la cancelación y así mandar al usuario a la pantalla principal, como se observa en la *Ilustración 3-34*, en caso

contrario, se permanece en la misma página de monitorización para seguir supervisando el proceso de incubación hasta su finalización.



**Ilustración 3-33:** Pantalla de monitoreo general

Realizado por: Chasi, A; Cabascango, R; 2024



**Ilustración 3-34:** Aviso de cancelación de proceso

Realizado por: Chasi, A; Cabascango, R; 2024

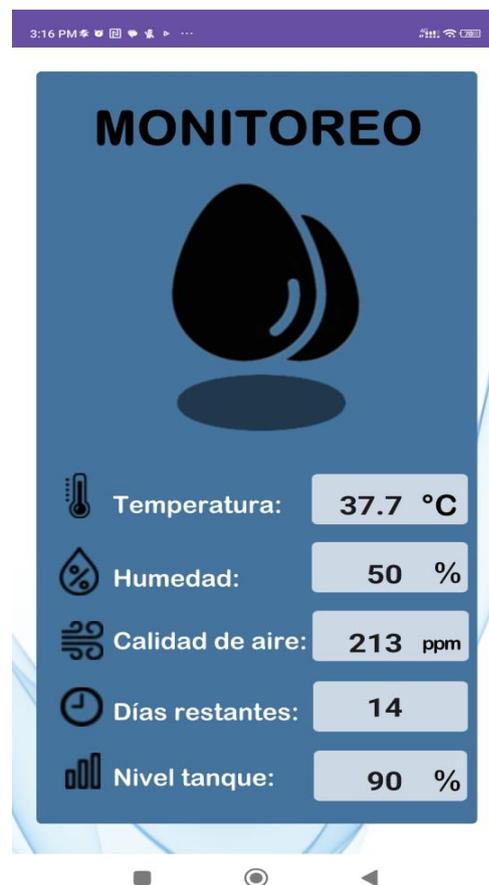
Una vez terminado el proceso satisfactoriamente al usuario se le indicará otra pantalla de aviso que finaliza el proceso y lo dirige a la pantalla principal.

### 3.7.2 *Aplicación móvil*

El prototipo de incubadora puede ser monitoreada a través de una aplicación diseñada para dispositivos móviles, la cual fue desarrollada utilizando Android Studio. Este software permite

integrar elementos como botones, cuadros de texto y controles deslizantes, permitiendo así personalizar la interfaz de acuerdo con los requerimientos establecidos. La aplicación fue desarrollada en Java. La documentación completa sobre la programación de la aplicación móvil se encuentra detallada en el ANEXO U para una referencia adicional.

En la *Ilustración 3-35*, se puede observar el funcionamiento de la aplicación móvil para el monitoreo de los parámetros de temperatura, humedad, calidad de aire, días restantes de incubación y el porcentaje de nivel de agua del sistema de humidificación, todos estos parámetros se encuentran en sus respectivas unidades de medición, esta aplicación se puede visualizar desde cualquier dispositivo móvil Android que cuente con internet, así se puede monitorear el proceso desde cualquier parte, a cualquier hora y en diferentes dispositivos móviles, se puede observar también que el diseño realizado mantiene los colores y gráficos de la interfaz HMI que se implementó, en concordancia a la normativa de colores seleccionada para el HMI.



**Ilustración 3-35:** Aplicación móvil.

Realizado por: Chasi, A; Cabascango, R; 2024

La aplicación móvil desarrollada permite solamente el monitoreo de la incubadora. Debido a esto la interfaz de visualización está estructurada por la parte de etiquetado de los parámetros, la

medición de cada uno de los mismos y sus respectivas unidades de medición, para salir de la aplicación se deben usar los botones predeterminados por el sistema operativo Android, estos botones generalmente se encuentran ubicados en la parte inferior al abrir cualquier aplicación.

### 3.8 Diseño estructural del dispositivo

Para el desarrollo estructural del prototipo de incubadora se estableció una dimensión 74cm x 46cm x 45cm basándose en los elementos hardware ya mencionados. Se utilizó el *software* Fusion 360 en la versión 2.0.17954 x86\_64 para realizar primero un diseño CAD. Este permite crear modelos en 3D de manera precisa. En este *software* se pueden diseñar tanto la estructura de la incubadora, como la cubierta y otros elementos necesarios para la implementación.

#### a) Estructura

Para el diseño estructural del prototipo de incubadora se utilizó como referencia una bandeja mixta de incubación de 39/156 huevos, la cual mide 36 cm x 51 cm, ofreciendo suficiente espacio para colocar los huevos, como se presenta en la *Ilustración 3-36*. Esta configuración particular de la bandeja ha sido adaptada para integrar un motor síncrono, cuya función es realizar la rotación necesaria durante el proceso de incubación (Nuñez 2023).



**Ilustración 3-36:** Bandeja mixta de incubación de 39/156 huevos.

**Realizado por:** Chasi, A; Cabascango, R; 2024.

La estructura cuenta con tubos de aluminio con base de pintura de color negro para su protección, con medidas de 4 cm de lado, considerando que estos son de forma cuadrada. La estructura se divide en tres zonas principales: la zona de incubación, la zona para la parte electrónica y la zona

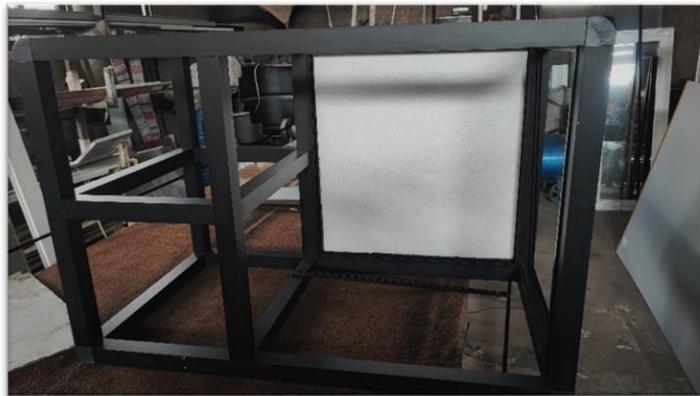
para el sistema de humidificación, como se muestra en la *Ilustración 3-37*. Estos materiales ayudan a mantener un ambiente térmicamente aislado dentro de la incubadora, lo que contribuye a mantener una temperatura estable y adecuada para el desarrollo de los huevos o crías.



**Ilustración 3-37:** Diseño CAD de la estructura del prototipo de incubadora.

**Realizado por:** Chasi, A; Cabascango, R; 2024.

En la *Ilustración 3-38*, se puede observar la implementación física de la estructura.



**Ilustración 3-38:** Estructura física implementada.

**Realizado por:** Chasi, A; Cabascango, R; 2024.

En la *Tabla 3-16*, se describe las medidas optadas para el desarrollo estructural.

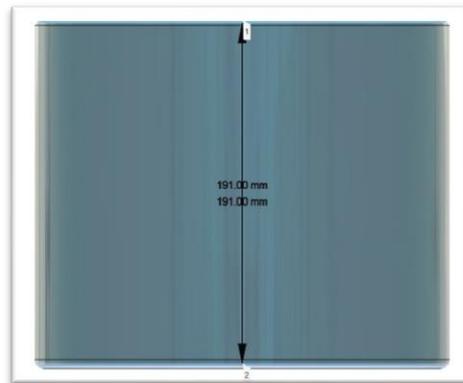
**Tabla 3-16:** Dimensiones de la estructura.

Zona	Ancho (cm)	Largo/Profundidad (cm)	Alto (cm)
Incubación	54	46	45
Parte electrónica	20	46	25
Humificador	20	46	20

**Realizador por:** Chasi, A; Cabascango, R; 2024.

### b) Sistema de humidificación

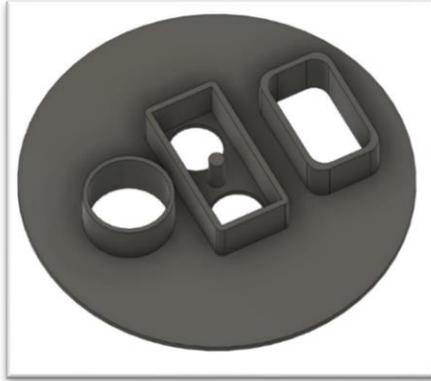
El sistema implementado se basó en un nebulizar tradicional, para lo cual, se ha realizado un análisis del funcionamiento del humidificador ultrasónico. El diseño del tanque de agua se ha creado con la finalidad de tener en cuenta las perturbaciones generadas por el humidificador. Tiene una forma cilíndrica con una altura de 191 mm y un diámetro de 240 mm, como se muestra en la *Ilustración 3-39*. Tiene una capacidad de 3.5 litros y un nivel de agua de 70 mm, dado esto se deja un espacio libre en el tanque para proteger el sensor ultrasonico de las partículas de agua y asegurar lecturas correctas del nivel de agua.



**Ilustración 3-39:** Diseño del tanque de humidificador.

**Realizado por:** Chasi, A; Cabascango, R; 2024.

La parte superior del tanque alberga elementos importantes, como un ventilador para dirigir las partículas de agua hacia la zona de incubación, un sensor ultrasónico para el monitoreo del nivel de agua, y una salida diseñada para las pequeñas gotas producidas por el humidificador, esto se puede observar en la *Ilustración 3-40*, para más información revisar el ANEXO R.



**Ilustración 3-40:** Diseño de la tapa del tanque.

**Realizado por:** Chasi, A; Cabascango, R; 2024.

En la *Ilustración 3-41* se presenta el diseño CAD del sistema de humidificación, para mas información revisar ANEXO S en el cual se incluyen los planos de diseño.



**Ilustración 3-41:** Diseño completo del sistema de humidificación.

**Realizado por:** Chasi, A; Cabascango, R; 2024.

El desarrollo físico del sistema de humidificación se aprecia en la *Ilustración 3-42*.



**Ilustración 3-42:** Implementación física del sistema de humidificación.

**Realizado por:** Chasi, A; Cabascango, R; 2024.

### c) Cubierta

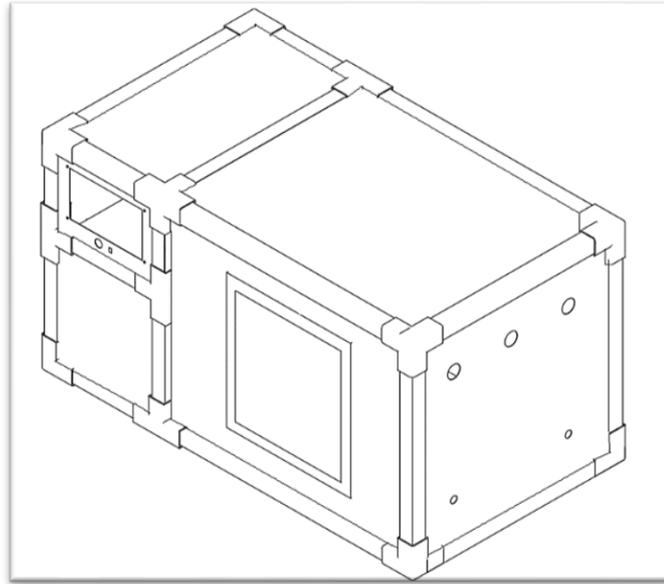
El prototipo de Incubadora está realizada con aluminio, en particular con alucobond. La zona de incubación esta cubierta con una doble capa de alucobond y con una capa de esponja de poliestireno en el medio. Esto tiene la finalidad de mantener el calor dentro de la zona de incubación y garantizar un ambiente térmicamente estable, como se puede observar en la *Ilustración 3-43*.



**Ilustración 3-43:** Cubierta de alucobond y relleno de poliestireno.

**Realizado por:** Chasi, A; Cabascango, R; 2024.

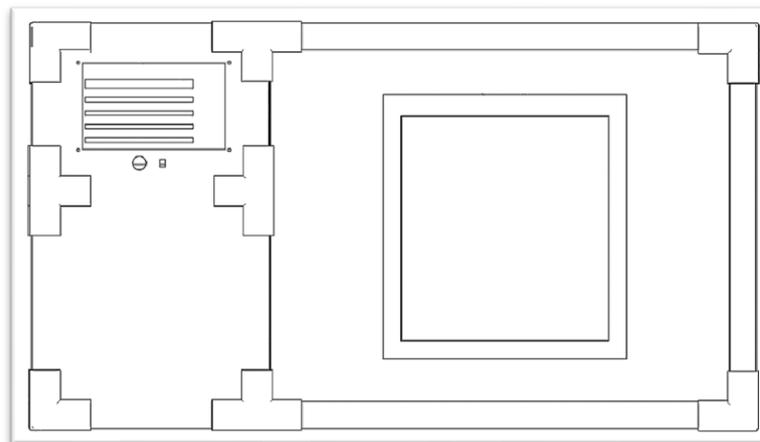
En la *Ilustración 3-44* se muestra el diseño CAD del prototipo de incubadora.



**Ilustración 3-44:** Diseño CAD del prototipo de incubadora.

**Realizado por:** Chasi, A; Cabascango, R; 2024.

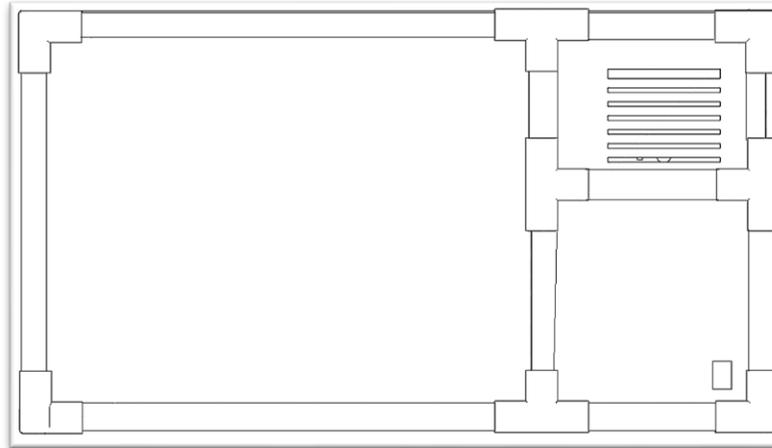
En la *Ilustración 3-45*, se puede observar la parte frontal de la incubadora, en donde están ubicados varios elementos relacionados con la parte electrónica. Estos incluyen una pantalla HMI, un indicador y un interruptor. La pantalla HMI permite mostrar y controlar los parámetros. En la parte frontal se encontrará una puerta con un cuadro de vidrio que permite observar el interior de zona de incubación sin necesidad de abrirla, lo que ayuda a mantener un ambiente estable y evitar la pérdida de calor.



**Ilustración 3-45:** Vista frontal del prototipo de incubadora en diseño CAD.

**Realizado por:** Chasi, A; Cabascango, R; 2024.

En el ANEXO Q se incluyen los planos del diseño. Estos diagramas son esenciales para comprender la estructura y funcionalidad del dispositivo, siendo una guía tanto para su construcción inicial como para futuras actualizaciones. En la parte trasera como se muestra en la *Ilustración 3-46*, se ubican los elementos descritos a continuación.



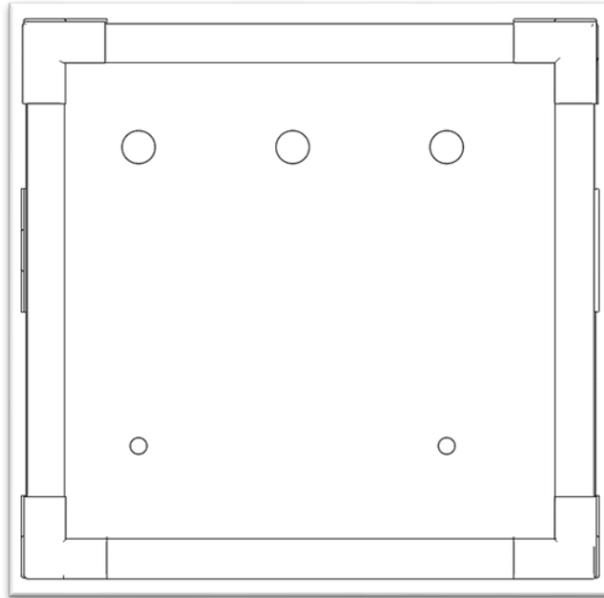
**Ilustración 3-46:** Vista posterior del prototipo de incubadora en diseño CAD.

**Realizado por:** Chasi, A; Cabascango, R; 2024.

- **Zona de incubación:** se encuentra la resistencia para la calefacción, la cual se encarga de generar el calor necesario para mantener la temperatura. También se colocan los ventiladores para distribuir el calor de manera uniforme.

- **Parte electrónica:** se ubica el circuito principal para el control del prototipo. Además, se coloca la pantalla HMI para el registro y visualización de los parámetros de incubación.

La presencia de agujeros en la parte lateral de la zona de incubación, están diseñados con el propósito de proporcionar ventilación y oxigenación como se observa en la *Ilustración 3-47*. Esta característica es crucial, ya que facilita la gestión de la temperatura interna. En situaciones en las que la temperatura alcanza niveles elevados, estos agujeros desempeñan un papel vital al permitir la circulación del aire, la liberación del aire caliente acumulado y promover la renovación del aire.



**Ilustración 3-47:** Diseño de agujeros de ventilación en diseño CAD.

**Realizado por:** Chasi, A; Cabascango, R; 2024.

La implementación física completa de la estructura del prototipo de incubadora se puede observar en la *Ilustración 3-48*.



**Ilustración 3-48:** Implementación física del prototipo de incubadora.

**Realizado por:** Chasi, A; Cabascango, R; 2024.

## CAPITULO IV

### 4. VALIDACIÓN DEL PROTOTIPO

En este capítulo se examina el rendimiento del *hardware* y *software* del prototipo de incubadora automatizada al medir la temperatura, humedad, tiempo de incubación, nivel de agua y calidad del aire. Este prototipo se muestra en la *Ilustración 4-1*. Se llevaron a cabo pruebas exhaustivas que comprendieron la validación de los diversos sensores empleados en la incubadora y la estabilidad de este. Se utilizaron diferentes pruebas estadísticas para evaluar la precisión y confiabilidad de dichos sensores.



**Ilustración 4-1:** Prototipo de incubadora.

**Realizado por:** Chasi, A; Cabascango, R; 2024.

#### 4.1 Consideraciones generales

A la hora de determinar el tamaño de la muestra se deben tener en cuenta, entre otras cosas, los objetivos establecidos, la disponibilidad de recursos y las condiciones para realizar las evaluaciones, para obtener resultados estadísticos aceptables se debe partir del análisis estadístico de Shapiro Wilk, el cual ayuda a determinar si los datos registrados en las pruebas tienen una distribución normal, pudiendo así determinar si estos requirieren un análisis estadístico paramétrico o no paramétrico. La prueba t de Student requiere que las muestras sigan una

distribución normal y sean independientes entre sí. En estadística, el coeficiente de correlación de Pearson es una medida de dependencia lineal entre dos variables aleatorias cuantitativas, además la correlación de Pearson ayuda a determinar si existe diferencia significativa entre grupos de datos registrados (Sánchez Turcios 2023). La imprecisión vinculada al valor de una magnitud física es comúnmente conocida como error experimental. Este error puede manifestarse de diversas maneras, tales como error absoluto, error relativo o error relativo porcentual. Este caso se ha optado por el error relativo porcentual ya que, según los autores, Marisa Santos y Graciela Lecumberry el error relativo porcentual ( $e_r$  %) se emplea como indicador de calidad de un resultado como se muestra en la *Tabla 4-1*.

**Tabla 4-1:** Formas de expresar la incerteza de un resultado mediante el error relativo (%).

Error relativo porcentual (%)		
$e_r$ %	< 1%	Muy bueno
$e_r$ %	5% - 10%	Aceptable
$e_r$ %	> 10%	Poco fiable

**Fuente:** (Santo Lecumberry, 2005).

**Realizador por:** Chasi, A; Cabascango, R; 2024.

La *Tabla 4-1* indica que si un valor es inferior al 1% el resultado experimental es de buena calidad. Por otro lado, si el valor se sitúa en el rango del 5% al 10%, se considera que el resultado es aceptable. En contraste, si el error relativo supera el 10%, se percibe que el resultado carece de fiabilidad (Santo Lecumberry 2005).

## 4.2 Validación del sensor de temperatura DHT 22

El objetivo de esta prueba es validar la precisión y confiabilidad del sensor DHT22 en la medición de temperatura, para este propósito, se empleó el equipo HTC-01, el cual presenta un rango de medición de temperatura de 0°C a 50°C, con una precisión de aproximadamente  $\pm 1^\circ\text{C}$  en temperatura, para más información revise el ANEXO V. Para obtener mediciones precisas, se colocó el sensor DHT22 cerca del equipo HTC-01, como se muestra en la *Ilustración 4-2*. Durante esta evaluación, se recopilieron 24 lecturas de temperatura, hasta llegar a un valor establecido, proporcionadas tanto por el DHT22 como por el equipo patrón HTC-01 de manera simultánea.



**Ilustración 4-2:** Equipo patrón de medición HTC-01.

**Realizado por:** Chasi, A; Cabascango, R; 2024.

En este caso, es fundamental tener en cuenta que al no disponer de un equipo patrón con la misma precisión que el sensor DHT22, se deben sumar los errores de medición para calcular el error absoluto anticipado en relación con el sensor HTC-01. En este escenario, el DHT22 presenta un error de  $\pm 0.5$  °C, mientras que el equipo HTC-01 tiene un error aproximado de  $\pm 1$  °C, resultando en un error absoluto previsto de  $\pm 1.5$  °C. Con estos datos, se procede a determinar el error absoluto y relativo de cada medición, como se detalla en la *Tabla 4-2*. Este análisis corrobora que el error absoluto registrado no excede el error absoluto previsto, ratificando así la precisión y fiabilidad de ambos sensores en la medición de temperatura.

**Tabla 4-2:** Toma de datos de temperatura.

No.	Instrumento de medición HTC – 01 (°C)	Temperatura DHT22 (°C)	Error absoluto	Error relativo (%)
1	35	35	0	0.00
2	35.1	35.1	0	0.00
3	35.2	35.1	0.1	0.28
4	35.3	35.2	0.1	0.28
5	35.3	35.2	0.1	0.28
6	35.4	35.4	0	0.00
7	35.6	35.5	0.1	0.28
8	35.9	35.7	0.2	0.56

9	36	35.9	0.1	0.28
10	36.3	36.1	0.2	0.55
11	36.3	36.1	0.2	0.55
12	36.4	36.3	0.1	0.28
13	36.5	36.4	0.1	0.27
14	36.6	36.5	0.1	0.27
15	36.6	36.8	0.2	0.54
16	36.7	36.9	0.2	0.54
17	36.9	37	0.1	0.27
18	37	37.1	0.1	0.27
19	37.2	37.3	0.1	0.27
20	37.3	37.3	0	0.00
21	37.5	37.5	0	0.00
22	37.6	37.7	0.1	0.27
23	37.6	37.7	0.1	0.27
24	37.7	37.8	0.1	0.26
<b>Error relativo porcentual mínimo</b>			<b>0%</b>	
<b>Error relativo porcentual máximo</b>			<b>0.56%</b>	

Realizador por: Chasi, A; Cabascango, R; 2024.

De acuerdo con los resultados presentados en la *Tabla 4-2*, se puede observar que se obtuvo un error relativo mínimo de 0% y un error relativo máximo de 0.56%. Estos valores se encuentran dentro del rango establecido previamente, menor al 1%, con esto se verifica que el resultado experimental es “muy bueno”, como se especifica en la *Tabla 4-1*. Además, se identificó un error absoluto máximo de 0.2°C, el cual no supera el error absoluto esperado, lo cual valida que el prototipo de incubadora está cumpliendo con los requerimientos de temperatura establecidos.

Se realizó una prueba de estadística de Shapiro-Wilk en el software RStudio, para determinar si las medidas obtenidas durante la recopilación de datos del sensor DHT22 y del equipo patrón HTC-01 presentan una distribución normal. Se establecieron las siguientes hipótesis:

- **H0:** La variable presenta una distribución normal.
- **H1:** La variable no presenta una distribución normal.

Los resultados obtenidos en el software estadístico RStudio se presentan en la *Tabla 4-3*.

**Tabla 4-3:** Resultados de la prueba de Shapiro Wilk - Temperatura.

Grupo	Estadístico W	Valor p
Sensor DHT22	0.92781	0.08711
Equipo HTC - 01	0.94764	0.241

**Realizador por:** Chasi, A; Cabascango, R; 2024.

En base a los resultados obtenidos, se puede determinar que las medidas del sensor DHT22 y del equipo HTC - 01 presentan una distribución normal, además mediante la obtención de los valores de p los cuales son mayores a 0.05, se concluye que la hipótesis nula no se rechaza.

Ahora, tras un análisis realizado mediante software estadístico RStudio, se evaluó la correlación entre las mediciones del sensor DHT22 y del equipo patrón HTC-01, cuyos resultados se resumen en la Tabla 4-4. En base a esto, se formularon dos hipótesis:

- **H0:** Ausencia de correlación entre ambos conjuntos de datos ( $\rho = 0$ ), y
- **H1:** Existencia de una correlación significativa ( $\rho \neq 0$ ). Estos resultados son esenciales para determinar la validez del sensor DHT22 en relación con el equipo patrón HTC-01.

**Tabla 4-4:** Resultados de la prueba de correlación - Temperatura.

Resultado	Valor
Coefficiente de correlación (r)	0.96479
Valor p	3.018e-14
Intervalo de confianza (95%)	[0.919, 0.981]
Interpretación	Correlación positiva moderadamente fuerte y estadísticamente significativa entre las medidas del sensor DHT22 y las del equipo patrón HTC-01.

**Realizador por:** Chasi, A; Cabascango, R; 2024.

Al existir una correlación positiva moderadamente fuerte y estadísticamente significativa entre las medidas del DHT22 y las del equipo patrón HTC-01, además se rechaza la hipótesis nula donde se plantea la ausencia de correlación entre ambos conjuntos de datos, dando como conclusión que el sensor DHT22 funciona correctamente.

### 4.3 Validación del sensor de humedad DHT 22

El objetivo de esta evaluación es asegurar que el prototipo de incubadora no registre valores excedentes de error en el porcentaje de humedad tomados por el sensor DHT22 y el equipo HTC-01, cuya precisión de medición se especifica en  $\pm 5\%$ . Con el fin de determinar la precisión del

sensor, se realizaron 24 mediciones con el sensor DHT22 como con el HTC-01, de manera simultánea. De manera similar a la sección anterior, se sumaron los errores de medición que tienen los dispositivos utilizados, para así conseguir el error absoluto para las pruebas. En este contexto, el HTC-01 muestra un error de  $\pm 5\%$ , mientras que el DHT22 tiene un error de  $\pm 2\%$ . Esto resulta en un error absoluto esperado de  $\pm 7\%$ . Los resultados detallados del error absoluto y relativo para cada lectura se presentan exhaustivamente en la *Tabla 4-5*.

**Tabla 4-5:** Toma de datos de humedad.

No	Instrumento de medición HTC – 01	Temperatura DHT22	Error	Error relativo
.	(%)	(%)	absoluto	(%)
1	30	30	0	0.00
2	30	31	1	3.23
3	32	33	1	3.03
4	33	34	1	2.94
5	35	35	0	0.00
6	36	35	1	2.86
7	37	36	1	2.78
8	38	37	1	2.70
9	39	38	1	2.63
10	39	40	1	2.50
11	40	41	1	2.44
12	40	43	3	6.98
13	42	44	2	4.55
14	43	45	2	4.44
15	44	45	1	2.22
16	46	47	1	2.13
17	47	48	1	2.08
18	48	49	1	2.04
19	49	51	2	3.92
20	49	51	2	3.92
21	50	52	2	3.85
22	53	54	1	1.85
23	54	54	0	0.00

24	55	55	0	0.00
<b>Error relativo porcentual mínimo</b>			<b>0%</b>	
<b>Error relativo porcentual máximo</b>			<b>4.55%</b>	

**Realizador por:** Chasi, A; Cabascango, R; 2024.

En base a los resultados recopilados en la *Tabla 4-5*, se resalta un error relativo mínimo de 0% y un error relativo máximo de 4.55% en el caso de la variable de humedad. Estos valores se encuentran dentro del intervalo predeterminado de 1% a 5%, con esto se verifica que el resultado experimental es “aceptable”, tal como se especificó previamente en la *Tabla 4-1*. Además, se registra un error absoluto máximo de 3% de humedad, cifra que se mantiene por debajo del error absoluto estimado de 7% de humedad, lo cual es aceptable para los requerimientos planteados en un inicio.

Se realizó una prueba de estadística de Shapiro-Wilk en el software RStudio, para determinar si las medidas obtenidas durante la recopilación de datos del sensor DHT22 y del equipo patrón HTC-01 presentan una distribución normal. Se establecieron las siguientes hipótesis:

- **H0:** La variable presenta una distribución normal.
- **H1:** La variable no presenta una distribución normal.

Los resultados obtenidos en el software estadístico RStudio se presentan en la *Tabla 4-6*.

**Tabla 4-6:** Resultados de la prueba de Shapiro Wilk – Humedad.

<b>Grupo</b>	<b>Estadístico W</b>	<b>Valor p</b>
Sensor DHT22	0.9637	0.5172
Equipo HTC – 01	0.94596	0.2212

**Realizador por:** Chasi, A; Cabascango, R; 2024.

En base a los resultados obtenidos, se puede determinar que las medidas del sensor DHT22 y del equipo HTC - 01 presentan una distribución normal, además mediante la obtención de los valores de p los cuales son mayores a 0.05, se concluye que la hipótesis nula no se rechaza, determinando una distribución normal en cada grupo.

Ahora, tras un análisis realizado mediante software estadístico RStudio, se evaluó la correlación entre las mediciones del sensor DHT22 y del equipo patrón HTC-01, cuyos resultados se resumen en la *Tabla 4-7*. En base a esto, se formularon dos hipótesis:

- **H0:** Ausencia de correlación entre ambos conjuntos de datos ( $\rho = 0$ ), y
- **H1:** Existencia de una correlación significativa ( $\rho \neq 0$ ). Estos resultados son esenciales para determinar la validez del sensor DHT22 en relación con el equipo patrón HTC-01.

**Tabla 4-7:** Resultados de la prueba de correlación - Humedad.

Resultado	Valor
Coefficiente de correlación (r)	0.990804
Valor p	2.2e-16
Intervalo de confianza (95%)	[0.9785, 0.9960]
Interpretación	Correlación positiva moderadamente fuerte y estadísticamente significativa entre las medidas del sensor DHT22 y las del equipo patrón HTC-01.

**Realizador por:** Chasi, A; Cabascango, R; 2024.

Al existir una correlación positiva moderadamente fuerte y estadísticamente significativa entre las medidas del DHT22 y las del equipo patrón HTC-01, además se rechaza la hipótesis nula donde se plantea la ausencia de correlación entre ambos conjuntos de datos, dando como conclusión que el sensor DHT22 funciona correctamente.

#### 4.4 Prueba de giro de la bandeja

Determinar el error porcentual del mecanismo de giro de la bandeja, para esto se utilizó el análisis estadístico de error relativo porcentual. Se registraron 24 muestra en un intervalo de 3 horas , utilizando un dispositivo móvil como se observa en *Ilustración 4-3*. Para el proceso de medición se colocó el teléfono móvil sobre una de las filas de la bandeja, cuya fila previamente fue programada para que ejecute un giro hasta una posición de  $-45^\circ$ ,  $0^\circ$  o  $45^\circ$ .



**Ilustración 4-3:** Medición del grado de inclinación de la bandeja.

**Realizado por:** Chasi, A; Cabascango, R; 2024.

En la *Tabla 4-8*, se muestra las mediciones realizadas con la aplicación móvil y la activación de los motores síncronos en el ángulo deseado.

**Tabla 4-8:** Toma de datos del sistema de giro.

No.	Posición del motor síncrono		Medición aplicación móvil				Error absoluto antihorario	Error absoluto 0°	Error absoluto horario	Error relativo antihorario (%)
	Giro antihorario	Inicio 0°	Giro horario	Giro antihorario	Inicio 0°	Giro horario				
	45°	0°	45°	44.5°	0°	45°				
1	45	0	45°	44.1	0	45°	0.5	0	0	1.11
2	45	0	45°	44	0	45°	1	0	0	2.22
3	45	0	45°	44.4	0	45°	0.6	0	0	1.33
4	45	0	45°	44.2	0	45°	0.8	0	0	1.77
5	45	0	45°	44.3	0	45°	0.7	0	0	1.55
6	45	0	45°	44.5	0	45°	0.5	0	0	1.11
7	45	0	45°	44.3	0	45°	0.7	0	0	1.55
8	45	0	45°	44.2	0	45°	0.8	0	0	1.77
<b>Error relativo porcentual mínimo</b>									<b>1.11%</b>	
<b>Error relativo porcentual máximo</b>									<b>2.22%</b>	

**Realizador por:** Chasi, A; Cabascango, R; 2024.

De la *Tabla 4-8*, se aprecia que tanto en el giro horario de 45° y en la posición inicial de 0° no presenta un error absoluto por ende el valor del del error relativo porcentual es de 0%, lo que daría como resultado “muy bueno” como ya se mencionó en la *Tabla 4-1*. Por otro lado, dentro de las mediciones en el giro antihorario no fue el caso, ya que se obtuvo un porcentaje de error en la medición, el error relativo porcentual máximo de 2.22 %, y el mínimo de 1.11%. Estos valores se encuentran dentro del intervalo predeterminado de 1% a 5%, con esto se verifica que el resultado experimental es “aceptable”, lo cual valida el requerimiento de giro de las bandejas del prototipo de incubadora.

#### 4.5 Prueba de rendimiento del humidificador

El objetivo de esta prueba es determinar a qué distancia el humidificador funciona de manera adecuada, por ende se busca identificar el nivel de agua específico en el que el humidificador puede generar la mayor cantidad de humedad, esto mediante un análisis de tiempo. Se realizaron seis mediciones para el desarrollo de esta prueba. El método empleado consistió en utilizar un cronómetro, midiendo el tiempo empleado para alcanzar un nivel de humedad del 85%, partiendo de una humedad del 53%, como se muestra en la *Ilustración 4-4*.



**Ilustración 4-4:** Procedimiento de medición.

**Realizado por:** Chasi, A; Cabascango, R; 2024.

En la *Tabla 4-9*, se muestran los resultados obtenidos de la medición del nivel del tanque para que el humidificador ultrasónico tenga un rendimiento adecuado.

**Tabla 4-9:** Toma de datos para el rendimiento correcto del humidificador ultrasónico.

<b>Humidificador sumergido pruebas</b>			
<b>Nivel tanque (cm)</b>	<b>Humedad inicial</b>	<b>Humedad final</b>	<b>Tiempo</b>
5	53%	85%	00'53''17
6	53%	85%	00'49''29
7	53%	85%	00'46''80
8	53%	85%	00'48'49
9	53%	85%	01'31''17
10	53%	85%	01'45''56

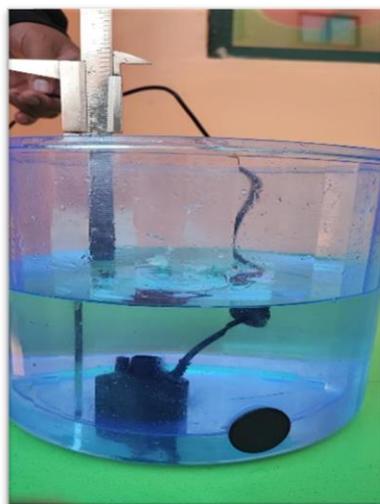
**Mejor rendimiento del humidificador a: 7cm**

**Realizado por:** Chasi, A; Cabascango, R; 2024.

En la *Tabla 4-9*, se presenta el análisis que revela la condición más favorable, donde se determinó que a un nivel de 7 cm de agua el humidificador es aprovechado totalmente y el nivel de agua sugerido para un buen funcionamiento está en el rango de 5 cm a 10 cm.

#### **4.6 Prueba del sensor ultrasónico HC-SR04**

El objetivo de la prueba es determinar la confiabilidad del sensor de nivel, que permite detectar la cantidad de agua que existe en el tanque, esto mediante el análisis estadístico del error relativo porcentual, así como también Shapiro Wilk para determinar la distribución de los datos y la prueba de correlación para verificar si existe una diferencia significativa entre las mediciones del sensor y las mediciones del equipo patrón. Para llevar a cabo esta prueba, se tomaron 24 muestras y se utilizó como equipo patrón un calibrador como se observa en la *Ilustración 4-5*, esto permite obtener una referencia adecuada para compararla con la del sensor. La prueba garantiza una correcta lectura del sensor por lo que se espera al final de los datos experimentales se garantice una lectura correcta del nivel de agua del recipiente.



**Ilustración 4-5:** Medición del nivel del tanque.

**Realizado por:** Chasi, A; Cabascango, R; 2024

En la *Tabla 4-10*, se muestra las diferentes mediciones realizadas con el equipo patrón conocido como calibrador y el sensor ultrasónico HC – SR04.

**Tabla 4-10:** Toma de datos de la medición del nivel del tanque.

Muestras	Distancia medida con calibrador (cm)	Distancia medida del sensor ultrasónico (cm)	Error absoluto (cm)	Error relativo (%)
1	7	7.2	0.2	2.99
2	7.4	7.5	0.1	1.35
3	7.3	7.4	0.1	1.37
4	7.2	7.4	0.2	2.78
5	7.1	7.2	0.1	1.41
6	7.0	7.2	0.2	2.86
7	6.9	7.1	0.2	2.90
8	6.8	7.1	0.3	4.41
9	6.7	6.9	0.2	2.99
10	6.6	6.8	0.2	3.03
11	6.5	6.8	0.3	4.62
12	6.4	6.6	0.2	3.12
13	6.3	6.5	0.2	3.17

14	6.2	6.5	0.3	4.84
15	6.1	6.2	0.1	1.64
16	6.0	6.1	0.1	1.67
17	5.9	6.1	0.2	3.39
18	5.8	6.0	0.2	3.45
19	5.7	5.8	0.1	1.75
20	5.6	5.8	0.2	3.57
21	5.5	5.6	0.1	1.82
22	5.4	5.6	0.2	3.70
23	5.3	5.5	0.2	3.77
24	5.2	5.4	0.2	3.85
<b>Error relativo porcentual mínimo</b>				<b>1.37%</b>
<b>Error relativo porcentual máximo</b>				<b>4.84%</b>

**Realizador por:** Chasi, A; Cabascango, R; 2024.

De la *Tabla 4-10* se obtiene como resultados que un error relativo porcentual máximo de 4.84 %, y el valor mínimo es de 1.37%. Estos valores se encuentran dentro del intervalo entre 1 % y 5 %, lo cual indica que los resultados experimentales obtenidos son considerados “aceptables”, lo que valida el cumplimiento de uno de los requerimientos planteados previamente con respecto a la medición del nivel del tanque de agua.

Se realizó una prueba de estadística de Shapiro-Wilk en el software estadístico RStudio, para determinar si las medidas obtenidas durante la recopilación de datos del sensor HC – SR04 y del equipo patrón presentan una distribución normal. Se establecieron las siguientes hipótesis:

- **H0:** La variable presenta una distribución normal.
- **H1:** La variable no presenta una distribución normal.

Los resultados obtenidos en el software estadístico RStudio se presentan en la *Tabla 4-11*.

**Tabla 4-11:** Resultados de la prueba de Shapiro Wilk – Humedad.

Grupo	Estadístico W	Valor p
Sensor HC – SR04	0.95471	0.3416
Calibrador	0.92885	0.09188

**Realizador por:** Chasi, A; Cabascango, R; 2024.

En base a los resultados obtenidos, se puede determinar que las medidas del sensor HC – SR04 y las medidas del calibrador presentan una distribución normal, además mediante la obtención de los valores de p los cuales son mayores a 0.05, se concluye que la hipótesis nula no se rechaza, determinando una distribución normal en cada grupo.

Ahora, tras un análisis realizado mediante software estadístico RStudio, se evaluó la correlación entre las mediciones del sensor HC – SR04 y del calibrador, cuyos resultados se resumen en la Tabla 4-12. En base a esto, se formularon dos hipótesis:

- **H0:** No hay correlación entre ambos conjuntos de datos ( $\rho = 0$ ), y
- **H1:** Hay correlación significativa ( $\rho \neq 0$ ).

Estos resultados son esenciales para determinar la validez del sensor HC – SR04 en relación con el equipo patrón calibrador.

**Tabla 4-12:** Resultados de la prueba de correlación – Medición de nivel

Resultado	Valor
Coefficiente de correlación (r)	0.9956
Valor p	2.2e-16
Intervalo de confianza (95%)	[0.990, 0.998]
Interpretación	Correlación positiva moderadamente fuerte y estadísticamente significativa entre las medidas del sensor HC – SR04 y las medidas del calibrador.

**Realizador por:** Chasi, A; Cabascango, R; 2024.

Al existir una correlación positiva moderadamente fuerte y estadísticamente significativa entre las medidas del HC – SR04 y las del equipo patrón en este caso el calibrador, se rechaza la hipótesis nula donde se plantea la ausencia de correlación entre ambos conjuntos de datos, dando como conclusión que el sensor HC – SR04 funciona correctamente.

#### 4.7 Prueba del control PID de temperatura

El objetivo de esta prueba es evaluar el rendimiento del control, que tan preciso y adecuado es para el proceso de incubación mediante análisis estadístico, para este caso se optó por la prueba t Student. En la *Ilustración 4-6* se observa el proceso de recolección de datos, se tomaron 24 muestras en un intervalo de 1 hora.

```

COM5
|
Setpoint: 37.70 | Temperatura: 38.00 | Humedad: 49 | Salida PID: -0.12
Setpoint: 37.70 | Temperatura: 38.00 | Humedad: 49 | Salida PID: -0.12
Setpoint: 37.70 | Temperatura: 38.00 | Humedad: 49 | Salida PID: -0.12
Setpoint: 37.70 | Temperatura: 38.00 | Humedad: 49 | Salida PID: -0.12
Setpoint: 37.70 | Temperatura: 38.00 | Humedad: 49 | Salida PID: -0.12
Setpoint: 37.70 | Temperatura: 38.00 | Humedad: 49 | Salida PID: -0.12
Setpoint: 37.70 | Temperatura: 38.00 | Humedad: 49 | Salida PID: -0.12
Setpoint: 37.70 | Temperatura: 38.00 | Humedad: 49 | Salida PID: -0.12
Setpoint: 37.70 | Temperatura: 38.00 | Humedad: 49 | Salida PID: -0.12

```

**Ilustración 4-6: Pruebas PID Matlab.**

Realizado por: Chasi, A; Cabascango, R; 2024.

En la *Tabla 4-13*, se muestre los datos de temperatura medidos durante el control PID, tomando como setpoint un valor de 37.7 grados centígrados.

**Tabla 4-13:** Toma de muestras de temperatura mediante el control PID.

Datos del control PID de temperatura				
N°	Setpoint (°C)	DHTT22 (°C)	Error PID de Matlab	Error relativo porcentual (%)
1	37.7	37.7	0	0.0
2	37.7	37.7	0	0.0
3	37.7	37.8	0.04	0.1
4	37.7	37.7	0	0.0
5	37.7	37.7	0	0.0
6	37.7	37.8	0.04	0.1
7	37.7	37.7	0	0.0
8	37.7	37.6	0.04	0.1
9	37.7	37.7	0	0.0
10	37.7	37.9	0.08	0.2
11	37.7	37.7	0	0.0
12	37.7	37.7	0	0.0
13	37.7	37.7	0	0.0
14	37.7	37.9	0.09	0.2
15	37.7	37.9	0.09	0.2
16	37.7	37.7	0.01	0.0

17	37.7	37.6	0.04	0.1
18	37.7	37.7	0.01	0.0
19	37.7	37.9	0.09	0.2
20	37.7	37.7	0	0.0
21	37.7	37.6	0.04	0.1
22	37.7	37.6	0.04	0.1
23	37.7	37.8	0.04	0.1
24	37.7	37.7	0.16	0.0
<b>Error relativo porcentual mínimo</b>			<b>0%</b>	
<b>Error relativo porcentual máximo</b>			<b>0.2%</b>	

**Realizador por:** Chasi, A; Cabascango, R; 2024.

De la *Tabla 4-13* se obtiene un error relativo porcentual máximo de 0.2 %, y el valor mínimo es de 0%. Estos valores se encuentran dentro del intervalo de menor al 1%, lo cual indica que los resultados experimentales obtenidos del control PID son considerados “muy buenos”. Con esto se puede concluir que los valores de las variables de  $k_p$ ,  $k_i$  y  $k_d$  obtenidos anteriormente son adecuados para el control de temperatura aplicado al prototipo de incubadora.

Se realizó la prueba estadística t Student en RStudio, donde se comparó las mediciones del sensor de temperatura DHT22 y el valor de setpoint, cuyos resultados se resumen en la *Tabla 4-14*. En base a esto, se formularon dos hipótesis:

- **H<sub>0</sub>:** No hay diferencia significativa entre las medias de las temperaturas medidas y el setpoint de 37.7°C, y
- **H<sub>1</sub>:** Hay de una diferencia significativa entre las medias de las temperaturas medidas y el setpoint de 37.7°C. Estos resultados son esenciales para determinar la validez del control PID.

**Tabla 4-14.** Resultados de la prueba estadística t Student.

<b>Resultado</b>	<b>Valor</b>
Estimación de la diferencia de medidas	$37.70000 - 37.72917 = -0.02917$
Valor p	0.148
Intervalo de confianza (95%)	[-0.069, 0.011]
Interpretación	No hay una diferencia significativa entre las medias de las temperaturas medidas y el setpoint de 37.7°C, con un nivel de significancia de 0.05.

**Realizador por:** Chasi, A; Cabascango, R; 2024.

No se encontró una diferencia significativa entre las medias de las temperaturas medidas y el setpoint de 37.7°C, lo que sugiere que el controlador PID podría estar funcionando adecuadamente para mantener la temperatura cerca del setpoint deseado.

#### 4.8 Prueba de tiempo de estabilización térmica

El objetivo es evaluar el tiempo necesario en el cual el prototipo de incubadora alcanza una temperatura estable, para esto se utilizó como equipo patrón un cronómetro, con el cual se registra los valores de tiempo en el que la temperatura alcanza un valor de 37.7 °C partiendo de una temperatura inicial de 20°C, para esto se llevó a cabo 10 pruebas diferentes para analizar la consistencia del proceso de calentamiento en distintos escenarios como se observa en la *Tabla 4-15*.

**Tabla 4-15:** Toma de datos de tiempo de estabilidad térmica.

No.	Temperatura inicial	Temperatura final	Tiempo (minutos)	Tiempo (Segundos)
1	20	37.7	10'26"00	626
2	20	37.7	10'32"00	632
3	20	37.7	10'19"00	619
4	20	37.7	10'29"00	629
5	20	37.7	10'30"00	630
6	20	37.7	10'27"00	627
7	20	37.7	10'15"00	615
8	20	37.7	10'33"00	633
9	20	37.7	10'23"00	623
10	20	37.7	10'35"00	635

**Realizador por:** Chasi, A; Cabascango, R; 2024.

Los resultados de la *Tabla 4-15*, muestran una consistencia en el rendimiento del prototipo de incubadora, con tiempos de estabilización térmica que oscilan entre 10 minutos y 26 segundos y 10 minutos y 35 segundos. Este rango relativamente estrecho establece una uniformidad en la eficiencia del proceso de calentamiento, previo a la ejecución del proceso de incubación.

Mediante análisis estadístico t Student en el software RStudio, se planteó determinar si la diferencia de tiempo existente entre las medias es significativa o a su vez es despreciable, esto en

base al cálculo de la media con un valor de 626.9 s, partiendo de esto se planteó las siguientes hipótesis:

- **H0:** La media de los datos de tiempo es 626,9 s.
- **H1:** La media de los datos de tiempo no es 626.9 s.

En la Tabla 4-16, se presentan los resultados estadísticos obtenidos en el software RStudio.

**Tabla 4-16:** Resultados del análisis estadístico t Student de la estabilización térmica.

Parámetro	Valor
Media	626.9 s
Desviación estándar	6.35 s
Valor p	1
Intervalo de confianza (95%)	[622.36 s, 631.44 s]

**Realizador por:** Chasi, A; Cabascango, R; 2024.

Según los resultados obtenidos, no se encontró una diferencia significativa entre la media de los tiempos observados y la media de 626.9 segundos, además se obtuvo un valor p de 1, esto sugiere que la diferencia de tiempo en segundos es despreciable, por lo tanto, el tiempo de estabilización no posee una variación significativa.

#### 4.9 Pruebas fertilidad de la colecta de huevos

El objetivo de esta prueba es obtener un valor porcentual que represente el índice de fertilidad de los huevos utilizados para el proceso de incubación, partiendo con 75 huevos, la obtención de esta cantidad fue posible gracias a la ayuda de la Dra. Paula Toalombo, coordinadora de la carrera de medicina veterinaria de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, del total se escogió una muestra de 18 huevos para el análisis de fertilidad, los cuales presentaban fisuras en el cascarón o no se encontraban en buen estado, de esta muestra se desea determinar la calidad de los huevos, además, si estos son o no fértiles para extrapolar los resultado obtenidos de la muestra hacia la colecta general, ahora, restando los que se utilizaron en la prueba, se quedó a la final con un total de 57 huevos que se incubaron, para obtener un mejor control de estos huevos se enumeraron cada uno para el proceso como se puede observar en la *Ilustración 4-7*.



**Ilustración 4-7:** Colecta de huevos realizada

**Realizado por:** Chasi, A; Cabascango, R; 2024

En la *Tabla 4-17*, se muestra los datos registrados de cada uno de los huevos utilizados en esta prueba.

**Tabla 4-17:** Muestra de 18 huevos para prueba de fertilidad y toma de datos.

N°	Diámetro mayor (mm)	Diámetro menor (mm)	Volumen de la clara (ml)	Volumen yema (ml)	Peso (g)	Fértil
1	53.33	39.45	22.5	20	47.9	NO
2	53.33	40.63	30	19	50.3	NO
3	52.5	41.48	20	20	52.11	NO
4	57.3	42.09	30	20	57.9	NO
5	53.63	42.29	31	18	55.16	NO
6	54.92	40.74	30	19	50.28	NO
7	53.25	40.04	30	19	47.73	NO
8	52.84	40.26	22	20	48.2	SI
9	57.03	40.95	30	20	53.31	SI
10	51.77	48.18	23	20	47.75	SI
11	57.04	40.37	30	18	52.19	SI
12	57.31	40.52	30	19	54.77	SI
13	51.51	41.03	25	18	49.6	SI
14	59.84	42.61	31	19	59.16	SI
15	54.9	41.27	25	20	52.41	SI
16	55.67	40.65	29	18	51.61	SI
17	55.04	41.22	20	28	52.94	SI

18	51.94	39.56	25	17	46.88	SI
<b>Número de huevos fértiles:</b> 11 huevos						
<b>Número de huevos infértiles:</b> 7 huevos						

**Realizador por:** Chasi, A; Cabascango, R; 2024.

De la *Tabla 4-17* se puede obtener el resultado que de la muestra el 61% es fértil y el 39% restante no es fértil debido a factores que presentó durante el desarrollo de la prueba de fertilidad, como la suciedad, fisuras y tiempo de almacenamiento, ya que después de 7 días de ser almacenados la incubabilidad disminuye 0.5 a 1.5% por día, considerando esto se puede determinar que la colecta realizada no es buena, ya que en Latinoamérica el porcentaje de huevos que se puede incubar esta alrededor del 95% al 96%, lo que quiere decir que de cada 100 huevos 4 o 5 son huevos no aptos, valores inferiores al 95% indican problemas con el manejo de la reproducción o en el manejo y control de huevos (Solano 2016).

#### 4.10 Prueba de rendimiento energético

El objetivo de la prueba de consumo energético es medir el consumo eléctrico del dispositivo durante su funcionamiento. Para ello, se utilizó un multímetro Fluke conectado al cable de entrada del prototipo de incubadora, junto con la pinza amperimétrica Fluke I410, para más información revisar el ANEXO V, para medir la corriente de manera correcta y segura, como se evidencia en la *Ilustración 4-8*. Se registraron las lecturas de corriente en intervalos regulares mientras operaba bajo diferentes condiciones, como variaciones de temperatura, humedad y activación de los actuadores.



**Ilustración 4-8:** Multímetro Fluke.

**Realizado por:** Chasi, A; Cabascango, R; 2024

Los datos recopilados se analizaron para calcular el consumo energético total y evaluar la eficiencia del prototipo de incubadora en términos de consumo eléctrico por unidad de tiempo. El equipo utilizado tiene una salida de 1mV por cada 1A de corriente medida. Estos resultados servirán para identificar áreas de mejora y optimización en el diseño y funcionamiento del dispositivo. A continuación, se muestra en la *Tabla 4-18* los resultados obtenidos.

**Tabla 4-18:** Prueba de consumo de un día del prototipo de incubadora.

Parámetros	Calefactor	Motores síncronos	Fuente de alimentación
Watts (W)	1000	4	120
Tiempo encendido (Horas)	2.34	0.033	2.34
Total consumo (Wh)	2340	0.132	280.8
<b>Consumo total del dispositivo (kWh)</b>		2,62	

Realizador por: Chasi, A; Cabascango, R; 2024.

De la *Tabla 4-18* se puede observar que en un día de uso consumo alrededor de 2.62 kWh, según el ministerio de recursos y energía del Ecuador el costo por kWh es de 10 centavos (Recursosyenergia.gob.ec 2023), por lo que realizando una estimación del valor que consume el prototipo de incubadora por día, es de 20 centavos.

#### 4.11 Prueba de funcionamiento del prototipo incubadora

El objetivo de esta prueba final es verificar que el funcionamiento del prototipo de incubadora cumple con los requisitos mencionados en un principio. Para obtener los datos del funcionamiento se procedió a registrar el proceso de incubación durante cada día con la finalidad de corroborar que la incubadora cumple con su propósito. Cada día se estableció una comparativa y registro del estado de uno de los huevos, el cual se acompaña de una foto para evidenciar el proceso que se está obteniendo. Cabe mencionar que el proceso de incubación se realizó al inicio con un total de 57 huevos como se observa en la *Ilustración 4-9*, durante la ovoscopia en la primera semana se descartaron una cantidad de 8 huevos debido a que no se observó un desarrollo dentro del huevo, y en los últimos 5 días se descartaron 26 huevos que no presentaron un desarrollo significativo para la eclosión, teniendo una total de 23 huevos en su último proceso.



**Ilustración 4-9:** Huevos seleccionados para el proceso de incubación.

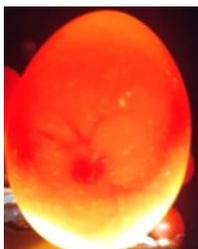
**Realizado por:** Chasi, A; Cabascango, R; 2024

A continuación, en la *Tabla 4-19* se observa el proceso que se llevó a cabo en la incubadora comparando los resultados obtenidos de cada día de incubación con fotos referenciales de la página web “Gallina Castellana negra” (Juan Villalon 2024) , el cual presenta información acerca del proceso de incubación con sus respectivas fotos, esto se realiza con el propósito de observar las posibles diferencias que puede tener el proceso. Además, en la tabla se puede notar ciertas observaciones que se fueron presentando cada día.

**Tabla 4-19 :** Prueba de funcionamiento del prototipo de incubadora.

Nº Día	Observaciones	Foto (Incubadora)	Foto referencia (Juan Villalon)
1	Se confirma la fertilidad del huevo al observar una zona oscura en el huevo. Además, se verifica que el huevo estaba en un buen estado.		
2	Se observa ciertas líneas de color rojo que representaba cierta formación de venas en el interior del huevo.		
3	En este día el huevo mostró casi las mismas características del día dos, no se presentaron cambios significativos.		

4 Se pudo observar con más claridad las líneas de color rojo que representan las formaciones de redes de venas.



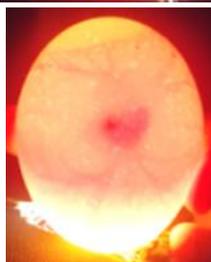
5 No presentó mayores cambios, aumentó un poco de tamaño, el punto negro que es el embrión en desarrollo.



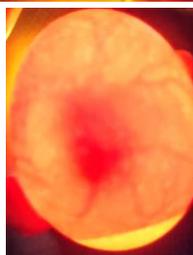
6 En comparación con el día cinco se puede decir que fue más evidente las ramas de las venas como conectan con el embrión.



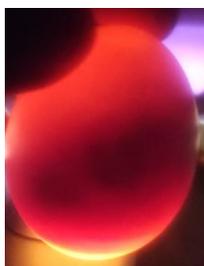
7 En este día se pudo notar de forma clara los notables cambios que tuvo el embrión en cuanto a su desarrollo, la red de venas se hace más evidente al igual que el embrión.



8 En comparación con el día anterior no presentó cambios significativos, se mantuvo casi los mismos cambios progresivos.



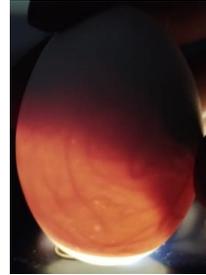
9 Se empezó a notar redes de venas más pronunciadas que tomaban cierta forma en el interior del huevo.



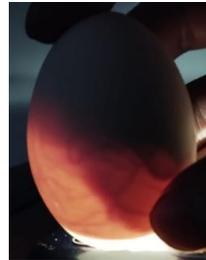
10 Se notó que el embrión presentó un mayor tamaño y su color oscuro es más evidente.



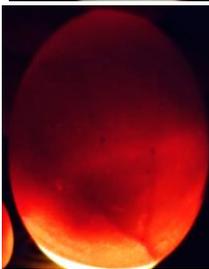
11 Se notó como la porción del color negro tomó más relevancia dentro del huevo, esto quiere decir que se está formando el embrión.



12 Se pudo observar en el interior del huevo como el embrión toma más tamaño en su interior.



13 Se observa como la parte negra aumenta su nivel y las venas son más notorias, el embrión se está desarrollando correctamente.



14 En este día se comprueba que el desarrollo del embrión es notorio, toman un color más oscuro.

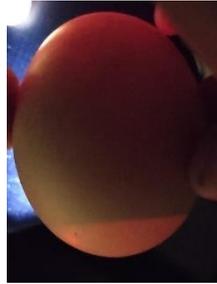


15 Se observa que el embrión toma un color oscuro más notorio.



16

Se pudo apreciar la formación del embrión.



17

En este día al igual que el anterior, se pudo notar que el embrión aumenta su tamaño y está próxima a desarrollarse completamente.



18

Presenta características similares a las del día 17.



19

En este día se pudo observar como el embrión ya ocupa la mayor parte del huevo, señal de que se encuentra próximo a nacer.



20

Ya no se pudo observar con claridad el interior del huevo, ya que el polluelo está próximo a formarse por completo.



21

Último día de incubación, a partir de este día el polluelo formado empieza el proceso de eclosión.



Como se observa en la *Tabla 4-19* el progreso del embrión dentro del huevo es significativo, en cada uno de los días se presentan ciertos cambios que demuestran que los parámetros de incubación controlados por el prototipo de incubadora es correcto hasta el último día, de igual manera se desarrolló una comparativo para establecer ciertas semejanzas en el desarrollo del embrión dentro del huevo, en esta comparativa se demuestra que las características de cada día son similares, demostrando así que la formación del embrión tiende a un proceso correcto. Como se puede observar en la *Ilustración 4-10* se pudo obtener el nacimiento de los polluelos, corroborando el funcionamiento del prototipo de incubadora en la primera prueba. Además, se presenta el desarrollo saludable de los polluelos después de 15 días de haber eclosionado en la *Ilustración 4-11*.



**Ilustración 4-10:** Nacimiento de los polluelos.

**Realizado por:** Chasi, A; Cabascango, R; 2024



**Ilustración 4-11:** Día 15 después del nacimiento.

**Realizado por:** Chasi, A; Cabascango, R; 2024

#### 4.12 Análisis económico del prototipo de incubadora

En la *Tabla 4-20* se presentan los costos totales requeridos para la implementación del prototipo de incubadora, los costos de adquisición son correspondientes a la compra en Ecuador sin considerar las horas de ingeniería aplicadas.

**Tabla 4-20:** Análisis económico para la implementación del prototipo de incubadora.

Material	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Alucobond	2	\$38.00	\$76.00
Tubos de aluminio	4	\$10.00	\$40.00
Poliestireno	3	\$1.25	\$3.75
Bandejas de incubación	3	\$30.00	\$90.00
Microcontrolador ESP WROOM-32	1	\$13.00	\$13.00
Sensor de temperatura y humedad DHT22	1	\$8.50	\$8.50
Sensor de calidad de aire MQ 135	1	\$4.50	\$4.50
Sensor de distancia ultrasónico HC-SR04	1	\$4.50	\$4.50
HMI Nextion 7.0 modelo NX8048P070-011C	1	\$150.00	\$150.00
Módulo reductor DC/DC LM2596	2	\$4.50	\$9.00
Módulo elevador DC/DC CN6009	1	\$4.50	\$4.50
Humidificador ultrasónico 24V DC	1	\$19.00	\$19.00
Calentador de aire cerámico PTC	1	\$60.00	\$60.00
Relé de estado sólido SSR-25 DA	1	\$10.00	\$10.00
Módulo de relé de 8 canales	1	\$10.00	\$10.00
Ventilador 4010	1	\$3.00	\$3.00
Ventilador de refrigeración sin escobillas	2	\$10.00	\$20.00
Fuente de poder 12V – 10 A	1	\$12.00	\$12.00
Impresión 3D	1	\$20.00	\$20.00
Elementos varios	1	\$60.00	\$60.00
<b>Costo total del prototipo de incubadora</b>			<b>\$617.75</b>

**Realizador por:** Chasi, A; Cabascango, R; 2024.

En base a la información de la *Tabla 4-20*, se determina que el costo total de implementación del prototipo de incubadora es de 617.75 dólares americanos (USD). Con el costo obtenido es posible realizar una tabla costo-beneficio en comparación con la Incubadora de pollos automática modelo

TE6000, la cual posee características similares al prototipo desarrollado. En la se establece dicha comparación.

**Tabla 4-21:** Comparativa entre el prototipo de incubadora e Incubadora TE6000.

Característica	Prototipo de incubadora	Incubadora TE6000
Capacidad máxima de huevos	117 huevos de pollo, pato, pavo y 468 huevos de codorniz	144 huevos de pollo, pato, pavo y codorniz
Tipo de bandeja	Giratoria automática mixta	Giratoria automática estándar
Sistema de giro de bandeja	Motor síncrono con control ON/OFF	Motor síncrono con control ON/OFF
Generación de calor	Calentador cerámico PTC con ventiladores de distribución	Niquelina con alambre de Cobre – Níquel
Control de temperatura	Controlador PID con sensor digital de temperatura	Termostato con sensor analógico de temperatura
Control de humedad	Sensor digital de humedad con humidificador y ventilador	Termostato con sensor digital de humedad sin humidificador
Monitoreo de calidad del aire	Sensor de calidad de aire integrado	No integra
Microcontrolador	Con conectividad WiFi y cronómetro en tiempo real	No especificado
Alimentación eléctrica	110V AC	110V AC
Almacenamiento de parámetros	Se puede almacenar parámetros de incubación personalizados	El parámetro de temperatura es ingresado de forma manual y los parámetros no se almacena.
Tamaño exterior	80cm x 45cm x 50cm	60cmx45cmx110cm
Zonas de la incubadora	3 zonas: incubación, electrónica, humidificación	2 zonas: incubación y electrónica
Interfaz de usuario	HMI con página principal y páginas específicas para funciones	Mini pantalla digital
Características de seguridad	Interruptor de iluminación e indicador luminoso de encendido	Interruptor de iluminación e indicador luminoso de encendido
	Integra	No integra

---

Aplicación de monitoreo		
Base de datos	Base de datos local y en la nube para almacenar parámetros	No integra
Costo	\$ 617.75	\$ 596.00

---

**Realizador por:** Chasi, A; Cabascango, R; 2024.

Al comparar el prototipo de incubadora diseñada con la Incubadora TE6000, según se detalla en la tabla *Tabla 4-21*, se observa una clara ventaja en términos de características técnicas y funciones, el prototipo de incubadora presenta mejoras significativas en varios aspectos, como el control adecuado control de temperatura y humedad, monitoreo de calidad del aire, conectividad WiFi y capacidad de almacenamiento de datos en la nube.

En cuanto al costo, el prototipo de incubadora diseñada tiene un precio ligeramente superior, siendo \$617.75 en comparación con los \$596.00 de la incubadora TE6000. Esto representa una diferencia de costo del 3.65%, es decir el prototipo de incubadora desarrollado es un poco más costoso, pero posee mejor características que las incubadoras comerciales.

## CAPITULO V

### CONCLUSIONES

- Se ha creado un prototipo de incubadora con la capacidad de incubar 117 huevos de aves grandes o 468 huevos de aves pequeñas, esta posee bandejas giratorias automáticas, sistema de calefacción y un sistema de ventilación para la correcta distribución del calor y mantener las condiciones óptimas de temperatura y humedad, el prototipo de incubadora se encuentra controlado por un microcontrolador con conectividad Wifi, permitiendo así el monitoreo remoto a través de una aplicación móvil, posee una pantalla HMI para el control y monitoreo.
- La prueba de validación del sensor de temperatura determina que el error relativo máximo en sus mediciones es de 0.8%, por lo que el sensor ha demostrado estar dentro del rango de 0% a 1% lo cual determina que el funcionamiento del sensor es muy bueno.
- De la prueba realizada al sensor de humedad, se determinó un error relativo máximo de 4.35%, valor que se encuentra dentro del rango de 1% y 5%, lo que representa que su funcionamiento es aceptable, de esta manera el sensor implementado en el prototipo presenta mediciones correctas.
- Luego de realizar las pruebas en cuanto al giro de las bandejas, se ha determinado que el giro horario de 0° y 45° no registró ningún error absoluto, lo que resulta en un error relativo porcentual del 0% indicando una precisión muy buena, sin embargo, en el giro antihorario de 0° y -45° se registró un error relativo máximo de 2.22% lo que determina que el giro es aceptable.
- A partir de la prueba para determinar el rendimiento del humidificador, se llegó a identificar que cuando el nivel de agua del tanque se encuentra a 7cm el rendimiento del humidificador es muy bueno.
- La prueba de validación del sensor de nivel, registro un error relativo porcentual máximo de 4.84%, lo que determina que las mediciones realizadas por el sensor son aceptables, en términos de precisión y fiabilidad.
- La prueba realizada al control PID de temperatura, determina que los resultados experimentales son considerados muy buenos, esto respalda que los valores de  $k_p$ ,  $k_i$ , y  $k_d$  obtenidos son los recomendados para el control del sistema.
- El tiempo de estabilización térmica del prototipo de incubadora, oscila entre 10 minutos con 26 segundos y 10 minutos con 35 segundos, lo cual demuestra una uniformidad notable en la eficiencia del proceso de calentamiento.

- El análisis de fertilidad de los huevos revela que solo el 61% de la muestra es fértil mientras que el 39% restante no lo es, esto indica que la eficacia de la colecta realizada no es del todo óptima en términos de porcentaje de incubación.

## **RECOMENDACIONES**

- Explorar la ampliación del alcance de las pruebas de funcionamiento para identificar posibles mejoras en el diseño del prototipo, considerando la incubación de huevos certificados como fértiles de distintas especies avícolas.
- Investigar la factibilidad de optimizar las dimensiones del prototipo para crear un diseño más compacto y adaptable a las necesidades de granjas avícolas de distintos tamaños, con el fin de prepararlo para una eventual producción a escala comercial.
- Seleccionar temas de investigación en concordancia con las regulaciones institucionales que promuevan el desarrollo y la comercialización del dispositivo.
- Desarrollar prototipos de incubadoras vinculados a la inteligencia artificial para promover la innovación de sistemas automatizados.
- Llevar a cabo nuevas pruebas aplicando diferentes métodos de control sobre temperatura y humedad, para determinar diferencias en cuanto a rendimiento y estabilidad del sistema, con el objetivo de establecer mejoras en el proceso de control.
- Realizar un estudio sobre el impacto y la viabilidad de la incubación de huevos de diversas especies de aves con un enfoque a la conservación, este estudio debe considerar el bienestar animal, las necesidades específicas de cada especie y los posibles efectos ambientales.

## BIBLIOGRAFÍA

1. **FERREYRA, R.F.** ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE CONTROL PID Y DIFUSO. [en línea]. 2015. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/242298676>.
2. **ACOSTA, N.** Producción de pollos criollos con una incubadora artesanal de huevos en la comuna San Vicente cantón Santa Elena. [en línea]. 2018. [consulta: 12 noviembre 2023].
3. **AGROAVÍCOLA.** Descubre los beneficios de usar una incubadora de huevos automática. [en línea]. 2023. [consulta: 21 febrero 2024]. Disponible en: <https://www.agroavicola.cl/descubre-los-beneficios-de-usar-una-incubadora-de-huevos-automatica/>.
4. **AGROCALIDAD.GOB.EC.** AGROCALIDAD INFORMA ACCIONES ANTE CASOS DE INFLUENZA AVIAR EN EL CONTINENTE. [en línea]. 2022. [consulta: 28 febrero 2024]. Disponible en: <https://www.agrocalidad.gob.ec/agrocalidad-informa-acciones-ante-casos-de-influenza-aviar-en-el-continente/>.
5. **AGUAS Y SANEAMIENTOS ARGENTINOS S.A.,** 2016. D-AUT-005 - Normas de aplicaciones HMI - v1. [en línea]. 2019. [consulta: 18 noviembre 2023].
6. **AHMED, S.M.M., ZEYAD, M.** Smart Agriculture Application for Monitoring Environment of Poultry Farm with Energy-Efficiency Measure. *IEEE Global Energy Conference, GEC*. S.l.: s.n., pp. 65-70. ISBN 9781665497510. DOI 10.1109/GEC55014.2022.9987058. [en línea]. 2022. [consulta: 18 noviembre 2023].
7. **AMIN, M. y REHMANI, M.H.** *Operation, construction, and functionality of direct current machines*. S.l.: s.n. ISBN 9781466684423. [en línea]. 2015. [consulta: 24 noviembre 2023].
8. **ÁNGEL ANDRÉS, R.M.** *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE INCUBADORA CON SUPERVISIÓN INTELIGENTE PARA LA ECLOSIÓN DE HUEVOS*. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. [en línea]. 2019. [consulta: 23 noviembre 2023].
9. **ARIAS, C. y LOMAS, P.** UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE QUITO Tesis previa a la obtención del título de: INGENIERO EN. [en línea]. 2013. [consulta: 5 noviembre 2023]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5864/1/UPS-QT04167.pdf>.
10. **BARZALLO NÚÑEZ, D. y MONTERO, D.B.** ANALYSIS OF THE ECUADORIAN POULTRY TECHNOLOGICAL INNOVATION IN THE

- CONTEXT OF INDUSTRY 4.0. [en línea]. 2019. Disponible en: <http://provinciasdelecuadorbyana>.
11. **CES.** Plan de desarrollo del sistema del sistema de educación del Ecuador. [en línea]. 2022. [consulta: 12 noviembre 2023].
  12. **CHICK MASTER, I.Co.** Cámara Dedicada al Calentamiento y Enfriamiento de Huevo. [en línea]. 2022. [consulta: 23 noviembre 2023].
  13. **COMPONENTES.** Handson Technology User Guide 8 Channel 5V Optical Isolated Relay Module. [en línea]. 2023. Disponible en: [www.handsontec.com](http://www.handsontec.com).
  14. **CONAVE.** GUÍA DE BUENAS PRÁCTICAS AVÍCOLAS RESOLUCIÓN TÉCNICA N° 0017. [en línea]. 2018. [consulta: 28 febrero 2024]. Disponible en: <https://conave.org/wp-content/uploads/2018/07/Guia-de-Buenas-Practicas-Avicolas-MAGAP-AGROCALIDAD.pdf>.
  15. **CUIDEVICES.** Ventilador CFM-40V. [en línea]. 2022. [consulta: 17 noviembre 2023].
  16. **CUJILEMA PAGUAY, J.A.** Secure home automation system based on ESP-NOW mesh network, MQTT and Home Assistant platform. [en línea]. 2023. [consulta: 18 noviembre 2023].
  17. **DAS, R. y BERA, J.N.** Self-reconfigurable partial mesh using ZigBee control board towards fail-proof and reliable home area networking. [en línea]. 2024. [consulta: 18 enero 2024].
  18. **EL SITIO AVÍCOLA.** Introducción a los tiempos y condiciones óptimas de la incubación en una serie de especies aviares, por Joe G. Berry, Especialista en Extensión Avícola de la Universidad del Estado de Oklahoma. [en línea]. 2010. [consulta: 20 marzo 2024]. Disponible en: <https://www.elsitioavicola.com/articles/1802/incubacion-artificial/>.
  19. **EL SITIO AVÍCOLA.** Avicultura ecuatoriana apunta a exportar carne de pollo a Asia. [en línea]. 2023. [consulta: 20 marzo 2024]. Disponible en: <https://www.elsitioavicola.com/poultrynews/34406/avicultura-ecuatoriana-apunta-a-exportar-carne-de-pollo-a-asia/>.
  20. **ELDIARIO.** Usan máquinas para incubar los huevos. [en línea]. 2019. [consulta: 27 octubre 2023]. Disponible en: <https://www.eldiario.ec/noticias-manabi-ecuador/498211-usan-maquinas-para-incubar-los-huevos/>.
  21. **ELECTRONICS, U.** Indicador LED AD16-22DS. [en línea]. 2024. [consulta: 17 enero 2024]. Disponible en: <https://uelectronics.com/producto/ad16-22d-indicador-de-luz-verde-rojo-amarillo-220v/>.
  22. **ELSITIOAVÍCOLA.** Avicultura ecuatoriana apunta a exportar carne de pollo a Asia. [en línea]. 2023. [consulta: 03 noviembre 2023].

23. **ESPRESSIF SYSTEMS.** ESP32-WROOM-32 Datasheet. [en línea]. 2019. [consulta: 14 noviembre 2023]. Disponible en: [www.espressif.com/en/subscribe](http://www.espressif.com/en/subscribe).
24. **FAO.** Producción y productos avícolas. [en línea]. 2024. [consulta: 28 enero 2024]. Disponible en: <https://www.fao.org/poultry-production-products/production/es/>.
25. **FOCUS TECHNOLOGY CO., L.** Pid inteligente huevo incubadora controlador de humedad Digital de Temperatura Termostato para incubadora Xm-18. [en línea]. 2024. [consulta: 5 febrero 2024]. Disponible en: [https://es.made-in-china.com/co\\_shjtzdh/product\\_Intelligent-Pid-Egg-Incubator-Digital-Temperature-Humidity-Controller-Thermostat-for-Incubator-Xm-18\\_uouruhhng.html](https://es.made-in-china.com/co_shjtzdh/product_Intelligent-Pid-Egg-Incubator-Digital-Temperature-Humidity-Controller-Thermostat-for-Incubator-Xm-18_uouruhhng.html).
26. **FOTEK.** SSR40DA.[en línea]. 2019. [consulta: 12 noviembre 2024].
27. **FRANZO, G., LEGNARDI, M.** When Everything Becomes Bigger: Big Data for Big Poultry Production. [en línea]. 2023. [consulta: 18 noviembre 2023].
28. **GARCÍA HIERRO, J.** Plataforma de control de bajo coste para incubadoras de perdices basada en sensores ambientales y de gases. [en línea]. 2023. [consulta: 20 noviembre 2023].
29. **GRZYBOWSKI, B.A.** Materials, assemblies and reaction systems under rotation. [en línea]. 2022. [consulta: 23 noviembre 2023].
30. **GUZMÁN, J.** *Incubadora avícola electrónica semiindustrial con monitoreo remoto de las condiciones de incubación a partir de tecnología LoRa* [en línea]. 2022. [consulta: 27 octubre 2023]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/36144>.
31. **HAMANAH, W.M.** Dual-axis tracking electrical drives for solar power tower. [en línea]. 2021. [consulta: 18 diciembre 2023].
32. **HAMANAH, W.M.** Solar Power Tower Drives: A Comprehensive Survey. [en línea]. 2023. [consulta: 08 noviembre 2023].
33. **HATCHTECH COMPANY.** HatchTech MicroClimer Incubadoras y Nacedoras. . [en línea]. 2020. [consulta: 07 diciembre 2023].
34. **IBRAHIM, M.M. y AZZUHRI, S.R.** *Coexistence of Wi-Fi 6E with LTE-U/LAA in the 5 GHz Frequency Band.* [en línea]. 2024. [consulta: 14 febrero 2024].
35. **INC, E.** Interruptor basculante de encendido/apagado DPST Red Light 4 pines 16A/250V. [en línea]. 2024. [consulta: 17 enero 2024]. Disponible en: [https://www.ebay.com/itm/325984020367?chn=ps&\\_trkparms=ispr%3D1&amdata=enc%3A1aj1-G8wdSyuJgovkveasHg94&norover=1&mkevt=1&mkrid=711-167022-078873-5&mkcid=2&itemid=325984020367&targetid=295222477609&device=c&mktype=pla&googleloc=1005380&poi=&campaignid=20797524929&mkgroupid=158705738369&rlsatarget=pla-](https://www.ebay.com/itm/325984020367?chn=ps&_trkparms=ispr%3D1&amdata=enc%3A1aj1-G8wdSyuJgovkveasHg94&norover=1&mkevt=1&mkrid=711-167022-078873-5&mkcid=2&itemid=325984020367&targetid=295222477609&device=c&mktype=pla&googleloc=1005380&poi=&campaignid=20797524929&mkgroupid=158705738369&rlsatarget=pla-)

295222477609&abcId=&merchantid=5088339594&gad\_source=1&gclid=CjwKC  
AiA8sauBhB3EiwAruTRJrB3wE1wqIKnOXfJKMs7FShV3SqiTuCWbXVKsWQA  
s6719cCfaJze1hoCP3IQA vD\_BwE.

36. **INCUBARBARATO.** Brinsea Ova-Easy 100. [en línea]. 2023a. [consulta: 5 febrero 2024]. Disponible en: [https://www.incubarbarato.com/producto/270-brinsea-ova-easy-100.html#/37-medidas-ova\\_nacedora\\_advance\\_refbon](https://www.incubarbarato.com/producto/270-brinsea-ova-easy-100.html#/37-medidas-ova_nacedora_advance_refbon).
37. **INCUBARBARATO.** Heka Basic 2. [en línea]. 2023b. [consulta: 5 febrero 2024]. Disponible en: [https://www.incubarbarato.com/producto/281-heka-basic-2.html#/43-medidas-heka\\_semiautomatica](https://www.incubarbarato.com/producto/281-heka-basic-2.html#/43-medidas-heka_semiautomatica).
38. **INCUBARBARATO.** INCUBADORA MG-70/100 CON HUMIFICADOR. [en línea]. 2023c. [consulta: 5 febrero 2024]. Disponible en: <https://www.incubarbarato.com/producto/26-incubadora-mg-70100-family-mini-lcd.html>.
39. **INEC.** Manual del encuestador y supervisor “Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua ESPAC”. [en línea]. 2019. [consulta: 27 octubre 2023]. Disponible en: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas-agropecuarias-2/>.
40. **ITEAD STUDIO.** Ultrasonic ranging module : HC-SR04. [en línea]. 2019. [consulta: 18 noviembre 2023]. Disponible en: [www.iteadstudio.com](http://www.iteadstudio.com).
41. **JACKY,** 2023. 12V DC BRUSHLESS COOLING FAN 120X120X25MM 127.5M3H 34DBA 3 WIRES. [en línea]. 2019. [consulta: 28 noviembre 2023].
42. **JAMESWAY INCUBATOR.** Sistemas de Incubación Jamesway. [en línea]. 2019. [consulta: 25 noviembre 2023].
43. **JEFF SHEPARD.** Cómo cumplir los requisitos de alimentación de la norma IEC 60335 para los electrodomésticos y los dispositivos IoT. [en línea]. 2021. [consulta: 28 febrero 2024]. Disponible en: <https://www.digikey.com/es/articles/how-to-meet-iec-60335-power-supply-requirements-for-home-appliances-and-iot-devices#:~:text=La%20norma%20IEC%2060335%20cubre,cumplir%20todos%20los%20aparatos%20dom%3%A9sticos>.
44. **JONATHAN VINICIO, G.Z.** *Incubadora avícola electrónica semiindustrial con monitoreo remoto de las condiciones de incubación a partir de tecnología LoRa* [en línea]. 2022. Ambato: Universidad Técnica de Ambato. [consulta: 27 octubre 2023]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/36144>.
45. **JUAN VILLALON.** Desarrollo Embrionario y Nacimiento. [en línea]. 2024. [consulta: 25 febrero 2024]. Disponible en: <https://www.tri-tro.com/incubacion-pollito-castellano/nacimiento-pollito-castellano/>.

46. **KROETZ NETO, F.L** Beneficial Impact of Hypercapnic Conditions During Early Incubation on Broiler Hatchability. [en línea]. 2019. [consulta: 18 noviembre 2023].
47. **KYLINCHIP ELECTRONIC**. XL6009-DC-DC-Converter-Datasheet. [en línea]. 2020. [consulta: 09 noviembre 2023].
48. **LIU, C., ZHENG, W.** Effect of elevated carbon dioxide on chicken eggs during the early and late incubation periods. [en línea]. 2022. [consulta: 19 noviembre 2023].
49. **LUBCHENCO, J. y HAUGAN, P.M.** *The Blue Compendium: From Knowledge to Action for a Sustainable Ocean Economy*. [en línea]. 2019. [consulta: 13 noviembre 2023].
50. **MACDONALD, A.** *Life at High Pressure: In the Deep Sea and Other Environments*. [en línea]. 2021. [consulta: 06 diciembre 2023].
51. **MANRIQUE VINDAS SEGURA**. Sistema de incubación automatizado mejora la producción avícola. *Universidad de Costa Rica* [en línea]. 2023. [consulta: 13 noviembre 2023]. Disponible en: <https://vinv.ucr.ac.cr/es/noticias/sistema-de-incubacion-automatizado-mejora-la-produccion-avicola#:~:text=Sistema%20de%20incubaci%C3%B3n%20automatizado%20mejora%20la%20producci%C3%B3n%20av%C3%ADcola,-DiCyT%20FUNAL&text=El%20prototipo%20de%20un%20sistema,podr%C3%ADa%20favorecer%20la%20producci%C3%B3n%20av%C3%ADcola>.
52. **MANTILLA, Q.** Montaje de un circuito eléctrico simple. [en línea]. 2023. [consulta: 06 diciembre 2023].
53. **MATYSIAK, M.** Delta-Opti Datasheet-12V\_10A\_P. [en línea]. 2024. [consulta: 16 febrero 2024].
54. **MEGANTORO, P.** Real-time monitoring system for weather and air pollutant measurement with html-based ui application. [en línea]. 2021. [consulta: 06 diciembre 2023].
55. **MERO, U. y BADUY, A.** PRODUCCIÓN AVÍCOLA Y SU INCIDENCIA EN EL DESARROLLO ECONÓMICO DEL CANTÓN OLMEDO, PROVINCIA DE MANABÍ POULTRY PRODUCTION AND ITS IMPACT ON THE ECONOMIC DEVELOPMENT OF OLMEDO CANTON, MANABÍ PROVINCE. *Cárdenas; / Journal Business Science* [en línea]. 2021. [consulta: 22 diciembre 2023]. Disponible en: [https://revistas.ulead.edu.ec/index.php/business\\_science](https://revistas.ulead.edu.ec/index.php/business_science) LicenciadeCreativeCommons.
56. **METEYAKE, H.T.** Naked neck gene and intermittent thermal manipulations during embryogenesis improve posthatch performance and thermotolerance in slow-growing chickens under tropical climates. [en línea]. 2023. [consulta: 12 diciembre 2023].

57. **MUELLER, C.A.** *The physiology of the avian embryo*. [en línea]. 2022. [consulta: 27 diciembre 2023].
58. **NACHEVA, R.** Principles of User Interface Design: Important Rules that Every Designer Should Follow. [en línea]. 2016. [consulta: 06 diciembre 2023]. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/285574677>.
59. **NATIONAL SEMICONDUCTOR, C.** LM2596. [en línea]. 2022. [consulta: 28 noviembre 2023]. Disponible en: [www.addicore.com/info@addicore.com](http://www.addicore.com/info@addicore.com).
60. **NAYLAMPMECHATRONICS**, 2023. HUMIDIFICADOR ULTRASÓNICO 24V DC. *Humidificador ultrasónico 24V DC* [en línea]. [consulta: 17 febrero 2024]. Disponible en: <https://naylampmechatronics.com/actuadores/266-humidificador-ultrasonico-24vdc.html>.
61. **NEXTION**. Nextion Models Nextion Type Intelligent Series Nextion Models NX8048P070-011C (7.0 inch capacitive touchscreen without enclosure). [en línea]. 2019. [consulta: 06 diciembre 2023].
62. **IAZI, S.K.** *Biosimilars and Interchangeable Biologics: Tactical Elements*. [en línea]. 2021. [consulta: 06 diciembre 2023].
63. **NUÑEZ, D.** Inicio Nosotros Productos Catálogos Únete a Max Farmer Contáctanos CUBETA MIXTA PARA INCUBAR 39/156 HUEVOS CON MOTOR 110V 50/60HZ. [en línea]. 2023. [consulta: 17 enero 2024]. Disponible en: <https://max-farmer.com/producto/cubeta-mixta-para-incubar-39156-huevos-con-motor-110v-5060hz/>.
64. **OKUR, N.** Effects of incubator oxygen and carbon dioxide concentrations on hatchability of fertile eggs, some blood parameters, and histopathological changes of broilers with different parental stock ages in high altitude. [en línea]. 2022. [consulta: 19 diciembre 2023].
65. **PCLINETECHNOLOGY**. Synchronou motor 49TYJ.XXX. [en línea]. 2021. [consulta: 03 diciembre 2023].
66. **PETERSIME**. Presentamos la X-Streamer<sup>TM</sup>: La nueva incubadora de Petersime que transforma los datos en un rendimiento máximo de la planta de incubación. [en línea]. 2021. [consulta: 28 febrero 2024]. Disponible en: <https://www.petersime.com/es/noticias/presentamos-la-x-streamer-la-nueva-incubadora-de-petersime-que-transforma-los-datos-en-un-rendimiento-m%C3%A1ximo-de-la-planta-de-incubaci%C3%B3n>.
67. **PIETERJAN BULTEEL**. Eficiencia energética en planta de incubación sostenible. [en línea]. 2023. [consulta: 14 noviembre 2023]. Disponible en: <https://avinews.com/eficiencia-energetica-en-la-planta-de-incubacion-sostenible/>.

68. **PITRE BARBOZA, C.A.** DISEÑO DE UNA INCUBADORA DE HUEVOS DE GALLINA PARA LAS GRANJAS PRODUCTORAS Y COMERCIALIZADORAS AVÍCOLAS EN EL MUNICIPIO DE BECERRIL-CESAR. 2021. [en línea]. 2021. [consulta: 06 diciembre 2023].
69. **PRIMICIAS.EC.** La producción de huevos podría caer hasta 10% por el paro nacional. [en línea]. 2022. [consulta: 28 febrero 2024]. Disponible en: <https://www.primicias.ec/noticias/economia/produccion-huevo-pollo-paro-nacional/>.
70. **PTCYIDU.** Calentador de aire PTC aislado/doble fila. [en línea]. 2023. <https://www.ptcyidu.com/productHtml/ProductIDetail05.asp>.
71. **QUITUIZACA, I.** Instalación y evaluación de una incubadora modelo para la facultad de ciencias pecuarias. [en línea]. 2015. Riobamba - Ecuador: [consulta: 27 octubre 2023]. Disponible en: <http://dspace.esoch.edu.ec/bitstream/123456789/5258/1/TESIS.pdf>
72. **RAFIU, O.** Development of a Steam Powered Incubator with Solar Supported System. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. [en línea]. 2021. [consulta: 11 diciembre 2023].
73. **RAJESWARI, KUMAR, N.V.** *IoT-based smart home security alert system for continuous supervision*. [en línea]. 2024. [consulta: 17 febrero 2024].
74. **RAMÓN, Á.** Diseño y construcción de un prototipo de incubadora con supervisión inteligente para la eclosión de huevos. [en línea]. 2019. Riobamba: [consulta: 27 octubre 2023]. Disponible en: <http://dspace.esoch.edu.ec/handle/123456789/13693>.
75. **RECURSOSYENERGIA.GOB.EC.** Costo de la tarifa eléctrica se mantiene para sectores residencial y comercial; industriales recibirán incentivos por autogeneración de energía. [en línea]. 2023. [consulta: 21 febrero 2024]. Disponible en: <https://www.rekursyenergia.gob.ec/costo-de-la-tarifa-electrica-se-mantiene-para-sectores-residencial-y-comercial-industriales-recibiran-incentivos-por-autogeneracion-de-energia/#:~:text=Quito%20D.M.%2C%2001%20de%20diciembre%20de%202023&text=A%20pesar%20de%20que%20el,10%20centavos%20por%20kilovatio%20h%20ora>.
76. **REHKOPF, A.C.** Advanced Oxidation Process sanitization of hatching eggs reduces Salmonella in broiler chicks. *Poultry Science*, vol. 96, no. 10. [en línea]. 2017. DOI 10.3382/ps/pex166.
77. **RODRÍGUEZ TORRES, M.E.** SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL REMOTO DE TEMPERATURA EN INCUBADORA DE HUEVO DE AVES BASADO EN INTERNET DE LAS COSAS. *Tecnológico Nacional de México en*

- Celaya Pistas Educativas* [en línea]. 2021. México: Disponible en: <http://itcelaya.edu.mx/ojs/index.php/pistas>.
78. **SAINZ-RASO, J.** Security Management on Arduino-Based Electronic Devices. *IEEE Consumer Electronics Magazine*, vol. 12, no. 3. [en línea] 2023. [consulta: 29 octubre 2023].
  79. **SÁNCHEZ TURCIOS, R.A.** t-Student. Usos y abusos. [en línea] 2023. [consulta: 27 noviembre 2023].
  80. **SANGEETHAA, S.N.** *Enabling Technologies in IoT: Energy, Sensors, Cloud Computing, Communication, Integration, Standards*. [en línea] 2024. S.l. [consulta: 29 octubre 2023].
  81. **SANTO LECUMBERRY, M.G.** El proceso de medición: Análisis y comunicación de datos experimentales. [en línea]. 2005. [consulta: 12 diciembre 2023]. Disponible en: <http://www.unrc.edu.ar>.
  82. **SHOJAEEYAN, M.** Determination of moisture content and contaminated blank dried figs (*Ficus carica* L.) using dielectric property and artificial neural network. *Agrosystems, Geosciences and Environment*, vol. 6, no. 3. [en línea] 2023. [consulta: 27 octubre 2023].
  83. **SIMAC ELECTRONICS GMBH.** Datasheet SEN-DHT22. [en línea]. 2019. [consulta: 12 diciembre 2023].
  84. **SMITH, M.C. y SHERMAN, D.M.** *Goat Medicine*. [en línea]. 2009. [consulta: 27 octubre 2023].
  85. **SOLANO, C.** MANEJO DE HUEVOS FÉRTILES PARA INCUBACIÓN. [en línea]. 2016. S.l.: Disponible en: [www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar).
  86. **STEREN.** Fusible de tipo europeo. [en línea]. 2023. [consulta: 17 enero 2024]. Disponible en: <https://www.steren.com.ec/fusible-europeo-de-10-a-250-vca.html>.
  87. **SUNEETHA, J.** *A Novel Approach to Universal Egg Incubator Using Proteus Design Tool and Application of IoT*. S.l.: s.n. vol. 313. [en línea]. 2023. [consulta: 21 diciembre 2023].
  88. **UPADHYAY, K. y KUMAR, D.** Home Automation Using a Cloud Environment. *Proceedings of the 5th International Conference on Inventive Research in Computing Applications, ICIRCA 2023*. S.l.: s.n., pp. 1123-1130. ISBN 9798350321425. [en línea]. 2023. [consulta: 18 noviembre 2023]
  89. **VARGAS-HIDALGO, J.S.** Parámetros productivos en la incubación de huevos considerados como no aptos procedentes de reproductoras pesadas. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía* [en línea]. 2021. vol. 6, no. 12, [consulta: 27 octubre 2023]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8040087>.

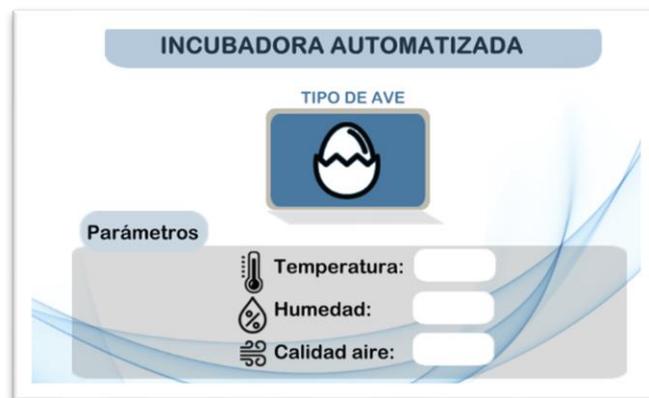
90. **VASILEVA, A.V.** Assessing exterior egg quality indicators using machine vision. *British Poultry Science*, vol. 59, no. 6. [en línea]. 2018. DOI 10.1080/00071668.2018.1523535.
91. **WARIN, S.** Incubación Cobb. [en línea]. 2011. [consulta: 19 diciembre 2023]. Disponible en: [www.cobb-vantress.com](http://www.cobb-vantress.com).
92. **ZAMBRANO GEMA BIENKA, D.** "ANÁLISIS DE LA PRODUCTIVIDAD DE LA INDUSTRIA AVÍCOLA "GENÉTICA AUTORA. [en línea]. 2018.
93. **ZHENGZHOU WINSEN, E.T.Co., L.** MQ135 WINSEN | Alldatasheet. [en línea]. 2015. [consulta: 12 diciembre 2023]. Disponible en: [www.winsen-sensor.com](http://www.winsen-sensor.com).

## ANEXOS

### ANEXO A: MANUAL DE USUARIO

#### MANUAL DE USO DE LA INTERFAZ HMI DEL PROTOTIPO DE INCUBADORA

Al encenderlo se encuentra con esta pantalla principal la cual indica el estado actual de cada uno de los sensores, se integra un botón para elegir el tipo de ave que se requiera incubar, como se observa a continuación.



Una vez seleccionado el tipo de ave, se puede elegir el tipo de ave predeterminado los cuales son 4 aves de granja; pavo, pollo, pato y codorniz. En esta pantalla se puede ingresar una nueva ave la cual va a estar en la base de datos y se puede hacer uso posteriormente, como se indica en la siguiente imagen.





**INGRESE LOS PARÁMETROS**

Nombre:

Temperatura:

Humedad:

Tiempo en días:

**ATRÁS** **CONTINUAR**

Una vez que el usuario elige el tipo de ave, la siguiente página proporciona información detallada sobre los parámetros relevantes para la incubación. Esta información permite al usuario familiarizarse con los valores que la incubadora monitoreará durante el proceso. Se han incluido dos botones: uno para continuar con el proceso y otro para retroceder a la página anterior, como se muestra a continuación.



**PATO**

**PARÁMETROS**

Temperatura: 37.2 - 37.5 °C

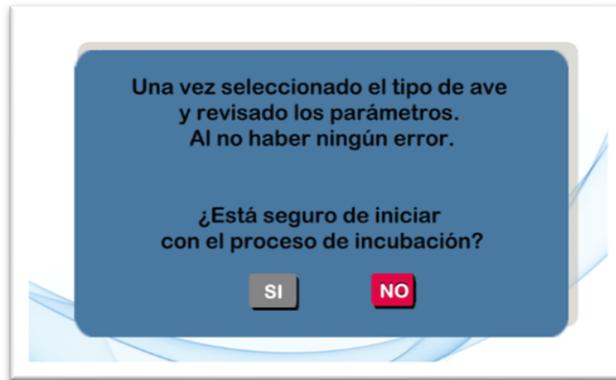
Humedad: 55 - 60 %

Tiempo Incubación: 28 Días

Frecuencia giro: 3 Horas

**ATRÁS** **CONTINUAR**

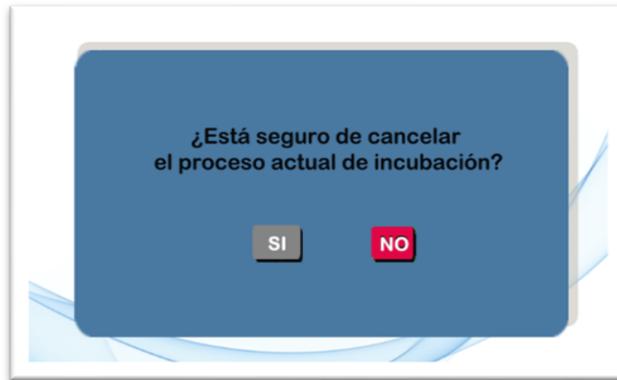
Una vez seleccionado el tipo de ave y confirmados los parámetros, se muestra una página de confirmación para asegurar que el usuario esté de acuerdo con el proceso, tal como se detalla en la siguiente imagen.



Posteriormente, se accede a la pantalla de monitorización, que muestra todos los parámetros relevantes para el proceso de incubación. Esta pantalla incluye un modo de reposo (sleep) que reduce el consumo de energía y está programado para activarse después de 10 minutos.



Si se opta por cancelar el proceso, se redirige a otra página con la opción de confirmar la cancelación y así mandar al usuario a la pantalla principal, como se observa a continuación.



Una vez terminado el proceso satisfactoriamente al usuario se le indicará el siguiente aviso que finaliza el proceso y lo dirige a la pantalla principal, esto es muy importante ya que permite saber que se ha culminado con la incubación, el mensaje se muestra en la siguiente imagen.



# ANEXO B: HOJA DE DATOS DE LA TARJETA DE DESARROLLO ESP WROOM – 32

1. Overview

## 1. Overview

ESP32-WROOM-32 is a powerful, generic Wi-Fi+BT+BLE MCU module that targets a wide variety of applications, ranging from low-power sensor networks to the most demanding tasks, such as voice encoding, music streaming and MP3 decoding.

At the core of this module is the ESP32-D0WQ06 chip\*. The chip embedded is designed to be scalable and adaptive. There are two CPU cores that can be individually controlled, and the CPU clock frequency is adjustable from 80 MHz to 240 MHz. The user may also power off the CPU and make use of the low-power co-processor to constantly monitor the peripherals for changes or crossing of thresholds. ESP32 integrates a rich set of peripherals, ranging from capacitive touch sensors, Hall sensors, SD card interface, Ethernet, high-speed SPI, UART, PS and PC.

**Note:**  
\* For details on the part numbers of the ESP32 family of chips, please refer to the document [ESP32 Datasheet](#).

The integration of Bluetooth, Bluetooth LE and Wi-Fi ensures that a wide range of applications can be targeted, and that the module is all-around: using Wi-Fi allows a large physical range and direct connection to the Internet through a Wi-Fi router, while using Bluetooth allows the user to conveniently connect to the phone or broadcast low energy beacons for its detection. The sleep current of the ESP32 chip is less than 5  $\mu$ A, making it suitable for battery powered and wearable electronics applications. The module supports a data rate of up to 150 Mbps, and 20 dBm output power at the antenna to ensure the widest physical range. As such the module does offer industry-leading specifications and the best performance for electronic integration, range, power consumption, and connectivity.

The operating system chosen for ESP32 is freeRTOS with LwIP, TLS 1.2 with hardware acceleration is built in as well. Secure (encrypted) over the air (OTA) upgrade is also supported, so that users can upgrade their products even after their release, at minimum cost and effort.

Table 1 provides the specifications of ESP32-WROOM-32.

**Table 1: ESP32-WROOM-32 Specifications**

Categories	Items	Specifications
Hardware	Audio	CVSD and SBC
	Module interfaces	SD card, UART, SPI, SDIO, PC, LED PWM, Motor PWM, I <sup>2</sup> S, I <sup>2</sup> C, pulse counter, GPIO, capacitive touch sensor, ADC, DAC
	On-chip sensor	Hall sensor
	Integrated crystal	40 MHz crystal
	Integrated SPI flash	4 MB
	Operating voltage/Power supply	3.0 V ~ 3.6 V
	Operating current	Average: 80 mA
	Minimum current delivered by power supply	500 mA
	Recommended operating temperature range	-40 °C ~ +85 °C
	Package size	(18.00±0.10) mm × (25.50±0.10) mm × (3.10±0.10) mm
Moisture sensitivity level (MSL)	Level 3	

Espressif Systems 1 ESP32-WROOM-32 Datasheet V2.9

1. Overview

**Table 1: ESP32-WROOM-32 Specifications**

Categories	Items	Specifications
Hardware	Audio	CVSD and SBC
	Module interfaces	SD card, UART, SPI, SDIO, PC, LED PWM, Motor PWM, I <sup>2</sup> S, I <sup>2</sup> C, pulse counter, GPIO, capacitive touch sensor, ADC, DAC
	On-chip sensor	Hall sensor
	Integrated crystal	40 MHz crystal
	Integrated SPI flash	4 MB
	Operating voltage/Power supply	3.0 V ~ 3.6 V
	Operating current	Average: 80 mA
	Minimum current delivered by power supply	500 mA
	Recommended operating temperature range	-40 °C ~ +85 °C
	Package size	(18.00±0.10) mm × (25.50±0.10) mm × (3.10±0.10) mm
Moisture sensitivity level (MSL)	Level 3	

Espressif Systems 2 ESP32-WROOM-32 Datasheet V2.9

2. Pin Definitions

## 2. Pin Definitions

### 2.1 Pin Layout

**Figure 1: ESP32-WROOM-32 Pin Layout (Top View)**

### 2.2 Pin Description

ESP32-WROOM-32 has 38 pins. See pin definitions in Table 2.

**Table 2: Pin Definitions**

Name	No.	Type	Function
GND	1	P	Ground
3V3	2	P	Power supply
EN	3	I	Module-enable signal. Active high.
SENSOR_VP	4	I	GPIO36, ADC1_CH0, RTC_GPIO0
SENSOR_VN	5	I	GPIO39, ADC1_CH3, RTC_GPIO3
IO34	6	I	GPIO34, ADC1_CH6, RTC_GPIO4
IO35	7	I	GPIO35, ADC1_CH7, RTC_GPIO5
IO32	8	IO	GPIO32, XTAL_32K_P (32.768 kHz crystal oscillator input), ADC1_CH4, TOUCH8, RTC_GPIO9
IO33	9	IO	GPIO33, XTAL_32K_N (32.768 kHz crystal oscillator output), ADC1_CH5, TOUCH8, RTC_GPIO8

Espressif Systems 3 ESP32-WROOM-32 Datasheet V2.9

2. Pin Definitions

**Table 2: Pin Definitions**

Name	No.	Type	Function
IO25	10	IO	GPIO25, DAC_1, ADC2_CH8, RTC_GPIO6, EMAC_RXD0
IO26	11	IO	GPIO26, DAC_2, ADC2_CH9, RTC_GPIO7, EMAC_RXD1
IO27	12	IO	GPIO27, ADC2_CH7, TOUCH7, RTC_GPIO17, EMAC_RX_DV
IO14	13	IO	GPIO14, ADC2_CH6, TOUCH6, RTC_GPIO16, MTMS, HSPICLK, HS2_CLK, SD_CLK, EMAC_TXD2
IO12	14	IO	GPIO12, ADC2_CH5, TOUCH5, RTC_GPIO15, MTDI, HSPIO, HS2_DATA2, SD_DATA2, EMAC_TXD3
GND	15	P	Ground
IO13	16	IO	GPIO13, ADC2_CH4, TOUCH4, RTC_GPIO14, MTCCK, HSPID, HS2_DATA3, SD_DATA3, EMAC_RX_ER
SHD/SD0*	17	IO	GPIO9, SD_DATA2, SPIHD, HS1_DATA2, U1RXD
SWP/SD0*	18	IO	GPIO10, SD_DATA3, SWP/HS1_DATA3, U1TXD
SCS/CMD*	19	IO	GPIO11, SD_CMD, SPICSS0, HS1_CMD, U1RTS
SOX/CLK*	20	IO	GPIO6, SD_CLK, SPICLK, HS1_CLK, U1CTS
SDO/SD0*	21	IO	GPIO7, SD_DATA0, SPIQ, HS1_DATA0, U2RTS
SDV/SD1*	22	IO	GPIO8, SD_DATA1, SPIQ, HS1_DATA1, U2CTS
IO15	23	IO	GPIO15, ADC2_CH3, TOUCH3, MTD0, HSPICSS0, RTC_GPIO13, HS2_CMD, SD_CMD, EMAC_RXD3
IO2	24	IO	GPIO2, ADC2_CH2, TOUCH2, RTC_GPIO12, HSPWRP, HS2_DATA0, SD_DATA0
IO0	25	IO	GPIO0, ADC2_CH1, TOUCH1, RTC_GPIO11, CLK_OUT1, EMAC_TX_CLK
IO4	26	IO	GPIO4, ADC2_CH0, TOUCH0, RTC_GPIO10, HSPHD, HS2_DATA1, SD_DATA1, EMAC_TX_ER
IO16	27	IO	GPIO16, HS1_DATA4, U2RXD, EMAC_CLK_OUT
IO17	28	IO	GPIO17, HS1_DATA5, U2TXD, EMAC_CLK_OUT_180
IO5	29	IO	GPIO5, VSPICSS0, HS1_DATA6, EMAC_RX_CLK
IO18	30	IO	GPIO18, VSPICLK, HS1_DATA7
IO19	31	IO	GPIO19, VSPIO, UOCTS, EMAC_TXD0
NC	32	-	-
IO21	33	IO	GPIO21, VSPHD, EMAC_TX_EN
RXD0	34	IO	GPIO3, UORXD, CLK_OUT2
TXD0	35	IO	GPIO1, UOTXD, CLK_OUT3, EMAC_RXD2
IO22	36	IO	GPIO22, VSPWRP, UORTS, EMAC_TXD1
IO23	37	IO	GPIO23, VSPID, HS1_STROBE
GND	38	P	Ground

**Notice:**  
\* Pins SOX/CLK, SDO/SD0, SDV/SD1, SHD/SD2, SWP/SD3 and SCS/CMD, namely, GPIO6 to GPIO11 are connected to the integrated SPI flash integrated on the module and are not recommended for other uses.

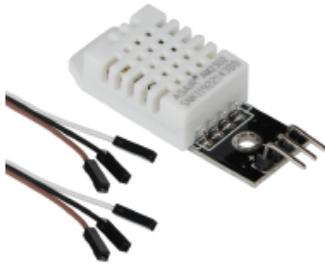
### 2.3 Strapping Pins

ESP32 has five strapping pins, which can be seen in Chapter 6 Schematics.

Espressif Systems 4 ESP32-WROOM-32 Datasheet V2.9

## SEN-DHT22

Temperature & Humidity Sensor



This sensor measures the humidity and temperature of the surrounding air with its capacitive humidity probe and thermistor and displays a digital signal output.



### MAIN FEATURES

Chip type	DHT22 / AM2302
Compatible with	Raspberry Pi, Arduino
Special Features	Very good Long-time-stability high-distance-signal transmission fully replaceable measures relative data
Size	45 x 15 x 10 mm
Items delivered	Sensor, Jumper cable

### FURTHER SPECIFICATIONS

Voltage input	3,3 - 5V
Interface	3 Pins: 1x VCC, 1x Digital Out, 1x GND
Communication protocol	1-Wire-Bus
Resolution accuracy	0.1
Temperature measurem. range	-40 - 80 °C
Temper. measurem. accuracy	± 0,5 °C
Humidity measurem. range	0 - 100 %
Humidity measurem. accuracy	± 2% relative humidity
Current consumption	1 - 1,5mA
Current consumption standby	40 - 50µA
Sampling rate	2 seconds

### FURTHER DETAILS

Article No.	SEN-DHT22
EAN:	4250236819624
Customs Tariff No.	90269000

# ANEXO D: HOJA DE DATOS DEL SENSOR MQ 135



Air Quality Gas Sensor  
(Model: MQ135)

## Manual

Version: 1.4  
Valid from: 2015-03-10

Zhengzhou Winsen Electronics Technology Co., Ltd



烁盛科技 Zhengzhou Winsen Electronics Technology Co., Ltd [www.winsen-sensor.com](http://www.winsen-sensor.com)

### MQ135 Semiconductor Sensor for Air Quality

#### Profile

Sensitive material of MQ135 gas sensor is SnO<sub>2</sub>, which with lower conductivity in clean air. When target pollution gas exists, the sensor's conductivity gets higher along with the gas concentration rising. Users can convert the change of conductivity to correspond output signal of gas concentration through a simple circuit.

MQ135 gas sensor has high sensitivity to ammonia gas, sulfide, benzene series steam, also can monitor smoke and other toxic gases well. It can detect kinds of toxic gases and is a kind of low-cost sensor for kinds of applications.

#### Features

It has good sensitivity to toxic gas in wide range, and has advantages such as long lifespan, low cost and simple drive circuit &etc.

#### Main Applications

It is widely used in domestic gas alarm, industrial gas alarm and portable gas detector.

#### Technical Parameters

Table.1

Model		MQ135	
Sensor Type		Semiconductor	
Standard Encapsulation		Ball-in-hole, Metal cap	
Target Gas		ammonia gas, sulfide, benzene series steam	
Detection range		10~1000ppm (ammonia gas, toluene, hydrogen, smoke)	
Standard Circuit Conditions	Loop Voltage	V <sub>L</sub>	±24V DC
	Heater Voltage	V <sub>H</sub>	5.0V/20.1V AC or DC
	Load Resistance	R <sub>L</sub>	Adjustable
Sensor character under standard test conditions	Heater Resistance	R <sub>H</sub>	290±30 (room tem.)
	Heater consumption	P <sub>H</sub>	≤950mW
	Sensitivity	S	R <sub>s</sub> (in air)/R <sub>s</sub> (in 400ppm H <sub>2</sub> )≥5
	Output Voltage	V <sub>S</sub>	2.0V~4.0V (in 400ppm H <sub>2</sub> )
Standard test conditions	Concentration Slope	α	±0.6(R <sub>2000ppm</sub> /R <sub>1000ppm</sub> )
	Tem. Humidity	20°C±2°C; 55%±5%RH	
	Standard test circuit	V <sub>L</sub> =5.0V/20.1V; V <sub>H</sub> =5.0V/20.1V	
Preheat time	Over 48 hours		

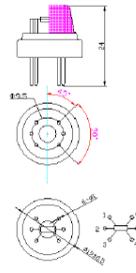


Fig1. Sensor Structure  
Unit: mm

NOTE: Output voltage (V<sub>S</sub>) is V<sub>in</sub> in test environment.

Tel: 86-371-6716909/67169670 Fax: 86-371-60932968

Email: sales@winsensor.com

# ANEXO E: HOJA DE DATOS DEL SENSOR ULTRASÓNICO HC-SR04



**Tead Studio**  
Make Innovation easier

Tech Support: [info@teadstudio.com](mailto:info@teadstudio.com)

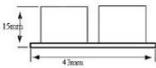
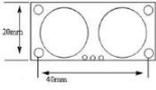
---

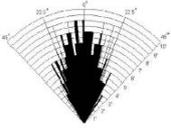
## Ultrasonic ranging module : HC-SR04

**Specifications:**

- power supply :5V DC
- quiescent current : <2mA
- effectual angle: <15°
- ranging distance : 2cm – 500 cm
- resolution : 0.3 cm





Practical test of performance.  
Best in 30 degree angle

HC-SR04
[www.teadstudio.com](http://www.teadstudio.com)
03.11.2010

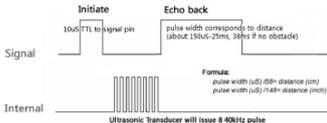


**Tead Studio**  
Make Innovation easier

Tech Support: [info@teadstudio.com](mailto:info@teadstudio.com)

---

## Sequence chart



Formula:  
pulse width (µs) / 29µs = distance (cm)  
pulse width (µs) / 143µs = distance (inch)

A short ultrasonic pulse is transmitted at the time 0, reflected by an object. The sensor receives this signal and converts it to an electric signal. The next pulse can be transmitted when the echo is faded away. This time period is called cycle period. The recommend cycle period should be no less than 50ms. If a 10µs width trigger pulse is sent to the signal pin, the Ultrasonic module will output eight 40kHz ultrasonic signal and detect the echo back. The measured distance is proportional to the echo pulse width and can be calculated by the formula above. If no obstacle is detected, the output pin will give a 38ms high level signal.

Library:  
<http://teadstudio.com/store/images/produce/Robot/HCSR04/Ultrasonic.rar>

HC-SR04
[www.teadstudio.com](http://www.teadstudio.com)
03.11.2010



# ANEXO G: HOJA DE DATOS DE LA PANTALLA NEXTION 7.0 - NX8048P070-011C

## NX8048P070-011C



**Overview**

Nextion is a Human Machine Interface (HMI) solution combining an onboard processor and memory touch display with Nextion Editor software for HMI GUI project development. Using the NEXTION Editor software, you can quickly develop the HMI GUI by drag-and-drop components (graphics, text, button, slider etc.) and ASCII text based instructions for coding how components interact at display side. Nextion HMI display connects to peripheral MCU via TTL Serial (5V, TX, RX, GND) to provide event notifications that peripheral MCU can act on, the peripheral MCU can easily update progress and status back to Nextion display utilizing simple ASCII text based instructions.

The Intelligent Series products have more powerful hardware in terms of MCU, Flash storage and SRAM compared with Basic Series and Enhanced Series. What's more and new? The audio, video and animation play functions enriches user's project HMI interaction. The Intelligent Series supports advanced software features and functions such as transparent component, page loading effect, component Move and Drag .etc.

**Package includes:**

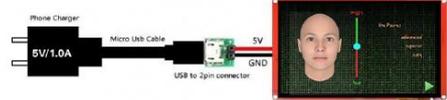
Nextion NX 8048P070-011C HMI Display\*1,  
XH2.54 4P wire\*1,  
power supply test board\*1.

Note: the small power supply test board and connecting wire inside the package allow

you to test if the electrical supply is enough or not. See the image below on how to use it.

**Caution:**

Working under insufficient power supply condition will damage the Nextion model easily.  
Blurred screen? Flashing? You may be suffering from power shortages. Power off at the first possible moment. No more repeated attempts to damage your Nextion model.  
A small connector is included in the package. Please try to power Nextion with your phone charger through the connector to check if Nextion works well.  
A high quality usb cable is required.



**Nextion Models**

Nextion Type	Intelligent Series
Nextion Models	NX8048P070-011C (7.0 inch capacitive touchscreen without enclosure)

**Specifications**

	Data	Description
Color	65K 65536 colors	16 bit 565, 5R-6G-5B
Layout size	181mm(L)*108mm(W)*9.3mm(H)	NX8048P070-011C
Active Area (A.A.)	164.90mm(L)*100.00mm(W)	
Visual Area (V.A.)	154.08mm(L)*85.92mm(W)	
Resolution	800*480 pixel	Also can be set as 480*800
Touch type	Capacitive	

Touches	> 1 million	
Backlight	LED	
Backlight lifetime (Average)	>30,000 Hours	
Brightness	300nit	0% to 100%, the interval of adjustment is 1%
Weight	310g	

**Electronic Characteristics**

Test Conditions	Min	Typical	Max	Unit
Operating Voltage	4.75	5	6.5	V
Operating Current	VCC=+5V, Brightness is 100%	430	-	mA
	SLEEP Mode	170	-	mA

Power supply recommend: 5V, 1.0A, DC

**Working Environment & Reliability Parameter**

Test Conditions	Min	Typical	Max	Unit	
Working Temperature	5V, Humidity 60%	-20	25	70	°C
Storage Temperature		-30	25	85	°C
Working Humidity	25°C	10%	60%	90%	RH

**Interfaces Performance**

Test Conditions	Min	Typical	Max	Unit	
Serial Port Baudrate	Standard	2400	9600	921600	bps
Output High Voltage (TXD)	IOH=1mA	3.0	5.0	Vin	V
Output Low Voltage(TXD)	IOL=-1mA		0.1	0.2	V
Input High Voltage(RXD)		3.0	5.0	Vin	V
Input Low Voltage(RXD)		-0.7	0.0	1.3	V

Serial Port Mode	3.3V/5.0V TTL
Serial Port	4Pin_2.54mm
USB interface	NO
SD card socket	Yes (FAT32 format), support maximum 32G Micro SD Card * microSD card socket is exclusively used to upgrade Nextion firmware /HMI design
Extended IO	8 Digital extended GPIO IO0-IO7 support input, output and component binding event IO6-IO7 support PWM
RTC	built-in RTC support (Battery type: CR1220,not included)

Vin: the input voltage of power supply

**Memory Features**

Memory Type	Test Conditions	Min	Typical	Unit
FLASH Memory	Store fonts and images			MB
User Storage	EEPROM			BYTE
RAM Memory	Store variables			KB
Instruction Buffer	Instruction Buffer			BYTE

**Audio Features**

Speaker	Parameter	Min	Typical	Max	Unit
Power	-	0.5	-	1.5	W

Audio Connector Type: 1.25T-2-2A (1.25mm pitch 2-pin housing)

# ANEXO H: HOJA DE DATOS DEL MÓDULO REDUCTOR DC/DC LM2596


May 2002

## LM2596 SIMPLE SWITCHER® Power Converter 150 kHz 3A Step-Down Voltage Regulator

### General Description

The LM2596 series of regulators are monolithic integrated circuits that provide all the active functions for a step-down (buck) switching regulator, capable of driving a 3A load with excellent line and load regulation. These devices are available in fixed output voltages of 3.3V, 5V, 12V, and an adjustable output version.

Requiring a minimum number of external components, these regulators are simple to use and include internal frequency compensation, and a fixed-frequency oscillator.

The LM2596 series operates at a switching frequency of 150 kHz thus allowing smaller sized filter components than what would be needed with lower frequency switching regulators. Available in a standard SMD TO-220 package with several different lead bend options, and a 5-lead TO-253 surface mount package.

A standard series of inductors are available from several different manufacturers optimized for use with the LM2596 series. This feature greatly simplifies the design of switch-mode power supplies.

Other features include a guaranteed ±4% tolerance on output voltage under specified input voltage and output load conditions, and ±15% on the oscillator frequency. External shutdown is included, featuring typically 80 µA standby current. Self protection features include a two stage frequency reducing current limit for the output switch and an over temperature shutdown for complete protection under fault conditions.

### Features

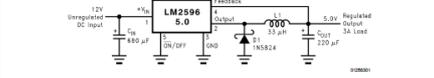
- 3.3V, 5V, 12V, and adjustable output versions
- Adjustable version output voltage range: 1.2V to 37V
- ±4% max over line and load conditions
- Available in TO-220 and TO-253 packages
- Guaranteed 3A output load current
- Input voltage range up to 40V
- Requires only 4 external components
- Excellent line and load regulation specifications
- 150 kHz fixed frequency internal oscillator
- TTL shutdown capability
- Low power standby mode,  $I_Q$  typically 80 µA
- High efficiency
- Users readily available standard inductors
- Thermal shutdown and current limit protection

### Applications

- Simple high-efficiency step-down (buck) regulator
- On-card switching regulators
- Positive to negative converter

Note: Pinout Number 634324.

### Typical Application (Fixed Output Voltage Version)



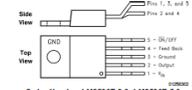
LM2596 SIMPLE SWITCHER and Switcher Mode Regulator are registered trademarks of National Semiconductor Corporation.

© 2002 National Semiconductor Corporation D0012583

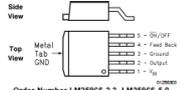
www.national.com

## Connection Diagrams and Ordering Information

### Bent and Staggered Leads, Through Hole Package 5-Lead TO-220 (T)



### Surface Mount Package 5-Lead TO-253 (S)



Order Number LM2596T-3.3, LM2596T-5.0, LM2596T-12 or LM2596T-ADJ  
See NS Package Number T650

Order Number LM2596S-3.3, LM2596S-5.0, LM2596S-12 or LM2596S-ADJ  
See NS Package Number T55B

www.national.com

2

Absolute Maximum Ratings (Note 1)		Human Body Model (Note 2)		2 kV
If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.		Lead Temperature		
Maximum Supply Voltage		S Package		
SW/OFF Pin Input Voltage		Vapor Phase (80 sec.)		+215°C
Feedback Pin Voltage		Infrared (10 sec.)		+245°C
Output Voltage to Ground		T Package (Soldering, 10 sec.)		+260°C
(Steady State)		Maximum Junction Temperature		+150°C
Power Dissipation		Operating Conditions		
Storage Temperature Range		Temperature Range		-40°C ≤ T <sub>J</sub> ≤ +125°C
ESD Susceptibility		Supply Voltage		4.5V to 40V

LM2596-3.3 Electrical Characteristics					
Specifications with standard type face are for T <sub>J</sub> = 25°C, and those with boldface type apply over full Operating Temperature Range					
Symbol	Parameter	Conditions	Typ (Note 3)	Limit (Note 4)	Units (Limits)
<b>SYSTEM PARAMETERS (Note 5) Test Circuit Figure 1</b>					
V <sub>OUT</sub>	Output Voltage	4.75V ≤ V <sub>IN</sub> ≤ 40V, 0.2A ≤ I <sub>LOAD</sub> ≤ 3A	3.3	3.188/3.135 3.432/3.465	V V (min) V (max)
η	Efficiency	V <sub>IN</sub> = 12V, I <sub>LOAD</sub> = 3A	73		%

LM2596-5.0 Electrical Characteristics					
Specifications with standard type face are for T <sub>J</sub> = 25°C, and those with boldface type apply over full Operating Temperature Range					
Symbol	Parameter	Conditions	Typ (Note 3)	Limit (Note 4)	Units (Limits)
<b>SYSTEM PARAMETERS (Note 5) Test Circuit Figure 1</b>					
V <sub>OUT</sub>	Output Voltage	7V ≤ V <sub>IN</sub> ≤ 40V, 0.2A ≤ I <sub>LOAD</sub> ≤ 3A	5.0	4.800/4.750 5.200/5.250	V V (min) V (max)
η	Efficiency	V <sub>IN</sub> = 12V, I <sub>LOAD</sub> = 3A	80		%

LM2596-12 Electrical Characteristics					
Specifications with standard type face are for T <sub>J</sub> = 25°C, and those with boldface type apply over full Operating Temperature Range					
Symbol	Parameter	Conditions	Typ (Note 3)	Limit (Note 4)	Units (Limits)
<b>SYSTEM PARAMETERS (Note 5) Test Circuit Figure 1</b>					
V <sub>OUT</sub>	Output Voltage	15V ≤ V <sub>IN</sub> ≤ 40V, 0.2A ≤ I <sub>LOAD</sub> ≤ 3A	12.0	11.52/11.40 12.48/12.60	V V (min) V (max)
η	Efficiency	V <sub>IN</sub> = 20V, I <sub>LOAD</sub> = 3A	90		%

3

www.national.com

LM2596-ADJ Electrical Characteristics					
Specifications with standard type face are for T <sub>J</sub> = 25°C, and those with boldface type apply over full Operating Temperature Range					
Symbol	Parameter	Conditions	LM2596-ADJ		Units (Limits)
			Typ (Note 3)	Limit (Note 4)	
<b>SYSTEM PARAMETERS (Note 5) Test Circuit Figure 1</b>					
V <sub>FB</sub>	Feedback Voltage	1.5V ≤ V <sub>IN</sub> ≤ 40V, 0.2A ≤ I <sub>LOAD</sub> ≤ 3A V <sub>OUT</sub> programmed for 3V, Circuit of Figure 1	1.230	1.193/1.160 1.267/1.280	V V (min) V (max)
η	Efficiency	V <sub>IN</sub> = 12V, V <sub>OUT</sub> = 3V, I <sub>LOAD</sub> = 3A	73		%

All Output Voltage Versions Electrical Characteristics					
Specifications with standard type face are for T <sub>J</sub> = 25°C, and those with boldface type apply over full Operating Temperature Range. Unless otherwise specified, V <sub>IN</sub> = 12V for the 3.3V, 5V, and Adjustable version and V <sub>IN</sub> = 24V for the 12V version. I <sub>LOAD</sub> = 500 mA					
Symbol	Parameter	Conditions	LM2596-XX		Units (Limits)
			Typ (Note 3)	Limit (Note 4)	
<b>DEVICE PARAMETERS</b>					
I <sub>B</sub>	Feedback Bias Current	Adjustable Version Only, V <sub>FB</sub> = 1.3V	10	50/100	nA nA (max)
f <sub>O</sub>	Oscillator Frequency	(Note 6)	150	127/110 173/173	kHz kHz (min) kHz (max)
V <sub>SAT</sub>	Saturation Voltage	I <sub>OUT</sub> = 3A (Notes 7, 8)	1.16	1.4/1.5	V V (max)
DC	Max Duty Cycle (ON)	(Note 8)	100		%
	Min Duty Cycle (OFF)	(Note 9)	0		%
I <sub>CL</sub>	Current Limit	Peak Current (Notes 7, 8)	4.5	3.8/3.4 6.9/7.5	A A (min) A (max)
I <sub>L</sub>	Output Leakage Current	Output = 0V (Notes 7, 8) Output = -1V (Note 10)	2	50	µA (max) mA (max)
I <sub>Q</sub>	Quiescent Current	(Note 9)	5	10	mA mA (max)
I <sub>STBY</sub>	Standby Quiescent Current	ON/OFF pin = 5V (OFF) (Note 10)	80	200/250	µA µA (max)
θ <sub>JC</sub>	Thermal Resistance	TO-220 or TO-263 Package, Junction to Case	2		°C/W
θ <sub>JA</sub>		TO-220 Package, Junction to Ambient (Note 11)	50		°C/W
θ <sub>JA</sub>		TO-263 Package, Junction to Ambient (Note 12)	50		°C/W
θ <sub>JA</sub>		TO-263 Package, Junction to Ambient (Note 13)	30		°C/W
θ <sub>JA</sub>		TO-263 Package, Junction to Ambient (Note 14)	20		°C/W
<b>ON/OFF CONTROL Test Circuit Figure 1</b>					
V <sub>TH</sub>	ON/OFF Pin Logic Input Threshold Voltage	Low (Regulator ON) High (Regulator OFF)	1.3	0.6 2.0	V V (max) V (min)

www.national.com

4

# ANEXO I: HOJA DE DATOS DE MÓDULO ELEVADOR DC/DC CN6009

XL6009

400KHz 60V4A Switching Current Boost / Buck-Boost / Inverting DC/DC Converter

**Features**

- Wide 5V to 32V Input Voltage Range
- Positive or Negative Output Voltage Programming with a Single Feedback Pin
- Current Mode Control Provides Excellent Transient Response
- 1.25V reference adjustable version
- Fixed 400KHz Switching Frequency
- Maximum 4A Switching Current
- SW PIN Built in Over Voltage Protection
- Excellent line and load regulation
- EN PIN TTL shutdown capability
- Internal Optimize Power MOSFET
- High efficiency up to 94%
- Built in Frequency Compensation
- Built in Soft-Start Function
- Built in Thermal Shutdown Function
- Built in Current Limit Function
- Available in TO263-5L package

**Applications**

- EPC / Notebook Car Adapter
- Automotive and Industrial Boost / Buck-Boost/Inverting Converters
- Portable Electronic Equipment

**General Description**

The XL6009 regulator is a wide input range, current mode, DC/DC converter which is capable of generating either positive or negative output voltages. It can be configured as either a boost, flyback, SEPIC or inverting converter. The XL6009 built in N-channel power MOSFET and fixed frequency oscillator, current-mode architecture results in stable operation over a wide range of supply and output voltages.

The XL6009 regulator is special design for portable electronic equipment applications.



**TO263-5L**

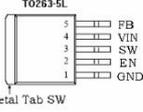
Figure1. Package Type of XL6009

www.kylinchip.com

XL6009

400KHz 60V4A Switching Current Boost / Buck-Boost / Inverting DC/DC Converter

**Pin Configurations**



Metal Tab SW

Figure2. Pin Configuration of XL6009 (Top View)

Table 1 Pin Description

Pin Number	Pin Name	Description
1	GND	Ground Pin.
2	EN	Enable Pin. Drive EN pin low to turn off the device, drive it high to turn it on. Floating is default high.
3	SW	Power Switch Output Pin (SW).
4	VIN	Supply Voltage Input Pin. XL6009 operates from a 5V to 32V DC voltage. Bypass Vin to GND with a suitably large capacitor to eliminate noise on the input.
5	FB	Feedback Pin (FB). Through an external resistor divider network, FB senses the output voltage and regulates it. The feedback threshold voltage is 1.25V.

www.kylinchip.com

XL6009

400KHz 60V4A Switching Current Boost / Buck-Boost / Inverting DC/DC Converter

**Function Block**

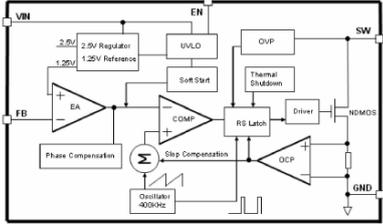


Figure3. Function Block Diagram of XL6009

**Typical Application Circuit**

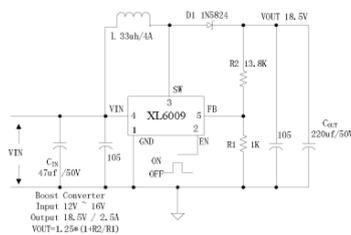


Figure4. XL6009 Typical Application Circuit (Boost Converter)

www.kylinchip.com

XL6009

400KHz 60V4A Switching Current Boost / Buck-Boost / Inverting DC/DC Converter

**Ordering Information**

Package	Temperature Range	Part Number	Marking ID	Packing Type
		Lead Free	Lead Free	
		XL6009E1	XL6009E1	Tube
		XL6009TRE1	XL6009E1	Tape & Reel

# ANEXO J: HOJA DE DATOS DEL HUMIDIFICADOR ULTRASÓNICO DE 24V DC

20/04, 22:15 Humidificador Ultrasonico 24V DC

PRODUCTOS IMPRESIÓN 3D TUTORIALES NOTICIAS

BUSCAR EN CATEGORÍA

Inicio > Actuadores > Humidificador Ultrasonico 24V DC



### HUMIDIFICADOR ULTRASONICO 24V DC

SKU: 000266

Genera vapor de agua de forma rápida mediante ultrasonido y aumenta la humedad relativa en el aire.

S/ 40,00

En stock

Añadir Al Carrito

Código QR Compartir

A Lista De Deseos

#### DESCRIPCIÓN

##### INFO

Aumentar la humedad relativa (HR) dentro de un ambiente no es una tarea sencilla, la técnica más simple es la evaporación de agua por calor (con la desventaja de un alto consumo de energía). Existe un método alternativo para lograr una neblina de agua utilizando ultrasonido donde una superficie piezoeléctrica es excitada a una frecuencia elevada en el orden de los MHz que al contacto con el agua líquida hace que se forme instantáneamente gotas de diámetro de hasta 1 micrómetro. El humidificador ultrasonido se puede utilizar para aumentar la humedad relativa en ambientes muy secos como: en hogares en zonas áridas, o en cámaras frigoríficas para mantener la frescura de los alimentos.

Se recomienda cambiar el agua líquida regularmente y mantener limpio el recipiente. Para el funcionamiento del humidificador es necesario una fuente de alimentación (no incluida) de 24VDC y mínimo 1A (se puede usar fuentes de mayor capacidad de corriente sin problema), tener cuidado de no invertir la polaridad del dispositivo.

Para su uso con sistemas digitales como Arduino/PIU/ESP8266 solo debemos agregar un módulo [24v a 5v](#) o [3.3v](#) a modo de driver entre el Arduino y el Humidificador.

NOTA: No incluye Fuente de alimentación de 24V DC

#### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- Voltaje de Operación: 24V DC

<https://maylampmechatronics.com/actuadores/266-humidificador-ultrasonico-24vdc.html>

1/3

20/04, 22:15 Humidificador Ultrasonico 24V DC

PRODUCTOS IMPRESIÓN 3D TUTORIALES NOTICIAS

- Funciona sin necesidad de cable ni de químicos
- Diseño sumergible
- Longitud del cable: 30cm
- Carcasa de plástico negro
- Diámetro: 30mm
- Altura: 25mm

#### RECOMENDACIONES

- Verifica la correcta polarización de la alimentación
- Cambiar el agua regularmente

#### LINKS

- [Concepto de humidificador](#)

#### PRODUCTOS RELACIONADOS

 <p>Agotado</p> <p>Fuente de Alimentación Convertida 24VDC/1A [Descontinuado]</p> <p>SKU: 000565</p> <p>S/ 25,00</p>	 <p>En stock</p> <p>Cable Pothier TECC-12706</p> <p>SKU: 000046</p> <p>S/ 20,00</p>	 <p>En stock</p> <p>Módulo Relay ZCH 5VDC</p> <p>SKU: 000031</p> <p>S/ 12,00</p>	 <p>En stock</p> <p>Sensor De Temperatura</p> <p>SKU: 0000</p> <p>S/ 10,00</p>
---	--	--	---

#### BOLETIN

Regístrate en nuestro boletín para recibir las últimas ofertas y novedades.  Acepto los términos y condiciones y la política de privacidad

Tu correo electrónico:

SOPORTE

- Contactarnos
- Mapa del sitio
- Envíos y Entregas
- Métodos de Pago
- Condiciones de Uso
- CATÁLOGO
- Promociones especiales
- Nuestros productos
- ¿Por qué nosotros?
- ¡¡¡¡¡¡¡
- Mi cuenta
- Mis pedidos
- Mis direcciones

INFORMACIÓN DE CONTACTO

<https://maylampmechatronics.com/actuadores/266-humidificador-ultrasonico-24vdc.html>

2/3

## ANEXO K: HOJA DE DATOS DEL CALENTADOR CERÁMICO PTC

+86 136 8171 1873 +86 21 5843 0336 ptoyidu@ptoyidu.com IdiomaEstados UnidosCI

Electrónica Co., Ltd. de Shanghai Yidu. Introducción de la Compañía Pantalla del produc

Aplicaciones Centro de Noticias Contáctenos

Doble fila

### Calentador de aire PTC aislado/doble fila



**Descripción del Producto**

Productos de la serie Champion, combinación p chips. Estructura totalmente de aluminio, fijada c aislantes resistentes a altas temperaturas, disipa calor en forma de gotas de agua, ahorro de ener funcionamiento duradero, múltiples combinacion control de temperatura, adecuadas para una var entornos. Puede trabajar con una variedad de fa

dimensión física	140x51x26mm
Tamaño de la pieza de calefacción	96x50mm
Distancia del orificio de instalación	120x42mm
Tamaño del orificio de montaje	Orificio en forma de U de 8
Voltaje	12V-240V
fuerza	500W
Protección de control de temperatura	Se puede instalar

Se puede desmontar, monta utilizar en múltiples grupos d conexiones.

Se puede personalizar la est de doble fila, diferentes volta potencias.

Adecuado para armarios de mediano como secadoras, p máquinas expendedoras, etc

# ANEXO L: HOJA DE DATOS DEL RELÉ DE ESTADO SÓLIDO SSR-25 DA

**FOTEK SSR SERIES SOLID STATE RELAY**

- ★ High Reliability by S.M.T. & TOC (Surface Mounting Technology)
- ★ High Isolation over than 50MΩ / 500VDC
- ★ High Dielectric over than 2.5KV
- ★ Low Enable Current less than 7.5mA / 12VDC
- ★ CMOS IC or TTL Compatible
- ★ Low EMI / EFT & Surge by Zero Cross Trigger Method.
- ★ High Surge Current Duration Over 10 Times of Rated Current / One Cycle
- ★ High Surge Voltage Duration by Snubber Circuit.
- ★ 表面貼片技術及全面品質管理，提供最可靠的 SSR。
- ★ 低觸發電流小於 7.5mA / 12VDC，可與 CMOS IC 及 TTL 匹配。
- ★ 低電壓觸發方式避免電磁 / 高頻干擾。
- ★ 高耐過電流，超過 10 倍額定電流 / 一週期。
- ★ 具備電阻保護可吸收瞬時突波。

### Guiding of Model

#### Terminal Type

**Ex. SSR-40 DA-H**  
① ② ③ ④ ⑤

#### PCB Type

**Ex. SSR-P 03 D A**  
① ② ③ ④ ⑤

- Product 產品別**  
SSR-SINGLE PHASE SOLID STATE RELAY  
單相固態繼電器  
STR-THREE PHASE SOLID STATE RELAY  
三相固態繼電器
- Output Current 輸出電流**  
10 : 10A 25 : 25A  
40 : 40A 50 : 50A  
75 : 75A
- Input Voltage 輸入方式**  
D:DC3W~32V-ON/OFF  
A:AC80~250V-ON/OFF  
L:4~20mA(linear)  
V:VARIABLE RESISTOR
- Output Voltage 輸出電壓**  
A:AC VOLTAGE  
D:DC VOLTAGE
- Output Voltage Range 輸出電壓範圍**  
H : High Voltage Type < 90 ~ 480VAC >  
Non: Standard Type < 24 ~ 380VAC >

**SSR SERIES**

### Control Method

#### Zero Cross Trigger Method

Output TURN ON or TURN OFF only on Zero Cross Point of sine wave, may avoid surge or EMI / RFI occurring.  
Specially suited to control resistive, capacitive and Non - saturated inductive loads.  
輸出只在正弦波的零點才會動作或復歸，可避免產生突波或 EMI / RFI，特別適合於控制阻性、電容性和不飽和感性等負載。

#### Variable Resistance Control Method < Trimmer Control Method >

Power Output is Controlled by the Trigger Angle of Triac with Variable Resistor 250K Ω / 110VAC, 500K Ω / 220VAC  
輸出功率以可變電阻 250K Ω / 110VAC, 500K Ω / 220VAC 控制 Triac 觸發角決定輸出功率。

### Application Hints

Input	NPN	Output	NO	Input	PNP	Output	NO	Input	L.S	Output	NO
NPN			PNP			L.S					

**FOTEK SSR SERIES DC TO AC SOLID STATE RELAY**

### Specification

Type	Terminal Type					PCB Type
Model	SSR-10DA	SSR-25DA	SSR-40DA	SSR-25DA-H	SSR-40DA-H	SSR-P03DA
Rated Load Current	10A	25A	40A	25A	40A	3A
<b>Input Data</b>						
Operating Voltage	3~32VDC					
Min. ON / OFF Voltage	ON > 2.4V, OFF < 1.0V					
Trigger Current	7.5mA / 12V					
Control Method	Zero Cross Trigger					
<b>Output Data</b>						
Operating Voltage	24~380VAC		90~480VAC		24~380VAC	
Min. Blocking Voltage	600 VAC < Repetitive >					
Voltage Drop	1.6V / 25°C					
Max. Durated Current	135A	275A	410A	275A	410A	135A
Leakage Current	3.0mA	3.0mA	3.0mA	5.0mA	5.0mA	3.0mA
Response Time	ON < 10ms, OFF < 10ms					
<b>General Data</b>						
Dielectric Strength	Over 2.5KVAC / 1min.					
Isolation Strength	Over 50MΩ / 500VDC					
Operating Temperature	-20°C ~ +80°C					
Housing Material	Intensive ABS					
Weight	Appr. 105g				Appr. 15g	
<b>Connection Diagram</b>						

**FOTEK SSR SERIES HIGH CURRENT DC TO AC SOLID STATE RELAY**

### Specification

Type	Terminal Type			
Model	SSR-50DA	SSR-75DA	SSR-80DA-H	SSR-75DA-H
Rated Load Current	50A	75A	50A	75A
<b>Input Data</b>				
Operating Voltage	3~32VDC			
Min. ON / OFF Voltage	ON > 2.4V, OFF < 1.0V			
Trigger Current	7.5mA / 12V			
Control Method	Zero Cross Trigger			
<b>Operating Data</b>				
Operating Voltage	24~380VAC		90~480VAC	
Min. Blocking Voltage	600 VAC < Repetitive >			
Voltage Drop	1.6V / 25°C			
Max. Durated Current	550A	820A	550A	820A
Leakage Current Max.	6.0mA	6.0mA	6.0mA	6.0mA
Response Time	ON < 10ms, OFF < 10ms			
<b>General Data</b>				
Dielectric Strength	Over 2.5KVAC / 1min.			
Isolation Strength	Over 50MΩ / 500VDC			
Operating Temperature	-20°C ~ +80°C			
Housing Material	Intensive ABS			
Weight	Appr. 125g			
<b>Connection Diagram/Dimension</b>				

# ANEXO M: HOJA DE DATOS DEL MÓDULO DE RELÉ DE 8 CANALES

HT
Handson Technology

User Guide

8 Channel 5V Optical Isolated Relay Module

This is a LOW Level 5V 8-channel relay interface board, and each channel needs a 15-20mA driver current. It can be used to control various appliances and equipment with large current. It is equipped with high-current relays that work under AC250V 10A or DC30V 10A. It has a standard interface that can be controlled directly by microcontroller. This module is optically isolated from high voltage side for safety requirement and also prevent ground loop when interface to microcontroller.




SKU: [AMDU1064](#)

**Brief Data:**

- Relay Maximum output: DC 30V/10A, AC 250V/10A.
- 8 Channel Relay Module with Opto-coupler, LOW Level Trigger expansion board, which is compatible with Arduino control board.
- Standard interface that can be controlled directly by microcontroller ( 8051, AVR, \*PIC, DSP, ARM, ARM, MSP430, TTL logic).
- Relay of high quality low noise relays SPDT. A common terminal, a normally open, one normally closed terminal.
- Opto-Coupler isolation, for high voltage safety and prevent ground loop with microcontroller.
- Module Board: 138 x 56 mm.

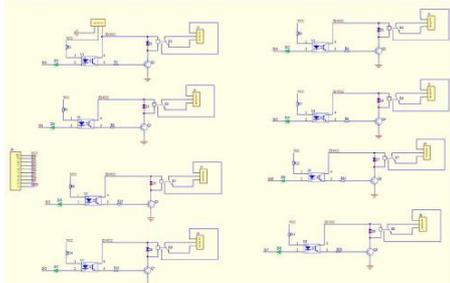
1 |
[www.handsontec.com](http://www.handsontec.com)

**Schematic:**

VCC and RY-VCC are also the power supply of the relay module. When you need to drive a large power load, you can take the jumper cap off and connect an extra power to RY-VCC to supply the relay, connect VCC to 5V of the MCU board to supply input signals.

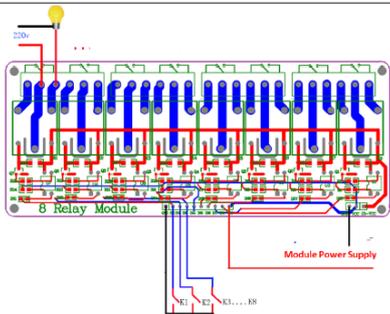
NOTES: If you want complete optical isolation, connect "Vcc" to Arduino +5 volts but do NOT connect Arduino Ground. Remove the Vcc to JD-Vcc jumper. Connect a separate +5 supply to "JD-Vcc" and board Gnd. This will supply power to the transistor drivers and relay coils.

If relay isolation is enough for your application, connect Arduino +5 and Gnd, and leave Vcc to JD-Vcc jumper in place.



8 Channel Relay Module Schematic

2 |
[www.handsontec.com](http://www.handsontec.com)



It is sometimes possible to use this relay boards with 3.3V signals, if the JD-VCC (Relay Power) is provided from a +5V supply and the VCC to JD-VCC jumper is removed. That 5V relay supply could be totally isolated from the 3.3V device, or have a common ground if opto-isolation is not needed. If used with isolated 3.3V signals, VCC (To the input of the opto-isolator, next to the IN pins) should be connected to the 3.3V device's +3.3V supply.

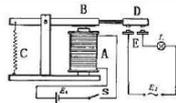
NOTE: Some Raspberry-Pi users have found that some relays are reliable and others do not actuate sometimes. It may be necessary to change the value of R1 from 1000 ohms to something like 220 ohms, or supply +5V to the VCC connection.

NOTE: The digital inputs from Arduino are Active LOW: The relay actuates and LED lights when the input pin is LOW, and turns off on HIGH.

**Operating Principle:**

See the picture below: A is an electromagnet, B armature, C spring, D moving contact, and E fixed contacts. There are two fixed contacts, a normally closed one and a normally open one. When the coil is not energized, the normally open contact is the one that is off, while the normally closed one is the other that is on.

3 |
[www.handsontec.com](http://www.handsontec.com)



Supply voltage to the coil and some currents will pass through the coil thus generating the electromagnetic effect. So the armature overcomes the tension of the spring and is attracted to the core, thus closing the moving contact of the armature and the normally open (NO) contact or you may say releasing the former and the normally closed (NC) contact. After the coil is de-energized, the electromagnetic force disappears and the armature moves back to the original position, releasing the moving contact and normally closed contact. The closing and releasing of the contacts results in power on and off of the circuit.

**Input:**

VCC : Connected to positive supply voltage (supply power according to relay voltage)

GND : Connected to supply ground

IN1: Signal triggering terminal 1 of relay module

IN2: Signal triggering terminal 2 of relay module

IN3: Signal triggering terminal 3 of relay module

IN4: Signal triggering terminal 4 of relay module

IN5: Signal triggering terminal 5 of relay module

IN6: Signal triggering terminal 6 of relay module

IN7: Signal triggering terminal 7 of relay module

IN8: Signal triggering terminal 8 of relay module

**Output:**

Each module of the relay has one NC (normally close), one NO (normally open) and one COM (Common) terminal. So there are 8 NC, 8 NO and 8 COM of the channel relay in total. NC stands for the normal close port contact and the state without power. NO stands for the normal open port contact and the state with power. COM means the common port. You can choose NC port or NO port according to whether power or not.

**Testing Setup:**

When a low level is supplied to signal terminal of the 8-channel relay, the LED at the output terminal will light up. Otherwise, it will turn off. If a periodic high and low level is supplied to the signal terminal, you can see the LED will cycle between on and off.

**Arduino Application Examples for 4-Channel Relay Board:**

Step 1:

4 |
[www.handsontec.com](http://www.handsontec.com)

# ANEXO N: HOJA DE DATOS DEL VENTILADOR 4010 DE 12V DC

Additional Resources: [Product Page](#) | [3D Model](#) date 08/12/2022  
page 1 of 11

**CUI DEVICES**

**SERIES: CFM-40V | DESCRIPTION: DC AXIAL FAN**

**FEATURES**

- omniDC™ bearing system
- 40 x 40 mm frame
- multiple speed options for different cooling needs
- tachometer signal and rotation detect options available
- auto restart protection standard on all models



**MODEL**

Model	input voltage range (Vdc)	input current max (mA)	input power max (W)	rated speed <sup>1</sup> typ (RPM/10%)	air flow <sup>2</sup> typ (CFM)	static pressure <sup>3</sup> max (inch H <sub>2</sub> O)	noise <sup>4</sup> max (dBA)	
CFM-4010V-058-206	5	3.5-8	109	0.55	5800	7.0	0.12	20.6
CFM-4010V-070-273	5	3.5-8	157	0.78	7000	8.0	0.19	27.3
CFM-4010V-150-157	12	4.5-13.8	39	0.46	5000	5.4	0.09	15.7
CFM-4010V-158-206	12	4.5-13.8	48	0.58	5800	7.0	0.12	20.6
CFM-4010V-170-273	12	4.5-13.8	59	0.71	7000	8.0	0.19	27.3
CFM-4010V-185-314	12	4.5-13.8	101	1.22	8500	9.9	0.25	31.4
CFM-4020V-060-165	5	3.5-6	87	0.44	5000	5.3	0.11	16.5
CFM-4020V-080-210	5	3.5-6	124	0.62	6000	7.7	0.17	21.0
CFM-4020V-070-255	5	3.5-6	173	0.87	7000	8.9	0.22	25.5
CFM-4020V-145-153	12	4.5-13.8	39	0.46	4500	5.5	0.10	15.3
CFM-4020V-150-185	12	4.5-13.8	48	0.58	5000	6.3	0.11	18.5
CFM-4020V-160-210	12	4.5-13.8	54	0.65	6000	7.7	0.17	21.0
CFM-4020V-170-255	12	4.5-13.8	67	0.81	7000	8.9	0.22	25.5
CFM-4020V-180-275	12	4.5-13.8	92	1.11	8000	10.8	0.29	27.5
CFM-4020V-260-310	24	6-27.6	30	0.72	6000	7.7	0.17	21.0
CFM-4020V-270-255	24	6-27.6	39	0.84	7000	8.9	0.22	25.5
CFM-4020V-280-275	24	6-27.6	45	1.08	8000	10.8	0.29	27.5

**PART NUMBER KEY**

CFM-4010V-058-206 - XX - CXX

Base Number | Fan Signals (blank = no signals, T1 = rotation detector signal, T2 = tachometer signal) | Reserved for Custom Configurations

Additional Resources: [Product Page](#) | [3D Model](#) date 08/12/2022 | page 2 of 11

**CUI DEVICES | SERIES: CFM-40V | DESCRIPTION: DC AXIAL FAN**

**INPUT**

parameter	conditions/description	min	typ	max	units
operating input voltage <sup>1</sup>	5 Vdc input models	3.5	5	6	Vdc
	12 Vdc input models	4.5	12	13.8	Vdc
starting voltage <sup>2</sup>	5 Vdc input models		3.5		Vdc
	12 Vdc input models		4.5		Vdc

**PERFORMANCE<sup>3</sup>**

parameter	conditions/description	min	typ	max	units
rated speed	at rated voltage, 25°C, after 10 minutes	4500		8500	SPM
air flow	at 0 inch H <sub>2</sub> O, see performance curves		5.4	10.8	CFM
static pressure	at 0 CFM, see performance curves	0.09		0.29	inch H <sub>2</sub> O
noise	at 1 m	12.3		31.4	dBA

**PROTECTIONS / FEATURES<sup>4</sup>**

parameter	conditions/description	min	typ	max	units
auto restart	on all models				
rotation detector signal	available on "T1" models				
tachometer signal	available on "T2" models				

**SAFETY & COMPLIANCE**

parameter	conditions/description	min	typ	max	units
insulation resistance of frame	at 500 Vdc between internal stator and positive lead wire	10			MΩ
dielectric strength	across 500 Vac for 1 minute between housing and positive lead wire				
safety approvals	UL/ULX 507, TUV (EN 60950-1)				
EMI/EMC	EN 61000-6-1:2007, EN 61000-6-2:2007-A1				
life expectancy	at 40°C, 65% RH			70,000	hours
RoHS	yes				

**ENVIRONMENTAL**

parameter	conditions/description	min	typ	max	units
operating temperature		-10		70	°C
storage temperature		-40		70	°C

Additional Resources: [Product Page](#) | [3D Model](#) date 08/12/2022 | page 8 of 11

**CUI DEVICES | SERIES: CFM-40V | DESCRIPTION: DC AXIAL FAN**

**MECHANICAL**

parameter	conditions/description	min	typ	max	units
motor	4 pole DC brushless				
bearing system	omniDC™				
direction of rotation	counter-clockwise viewed from front of fan blade				
dimensions	CFM-4010V models: 40 x 40 x 10 CFM-4020V models: 40 x 40 x 20				mm
material	PBT (UL94V-0)				
weight	CFM-4010V models CFM-4020V models		15.6 28		g

**MECHANICAL DRAWINGS**

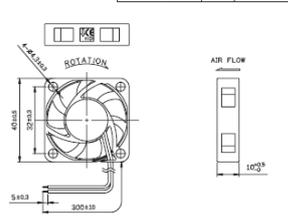
units: mm  
wires: UL 1007, 26 AWG

MOUNTING SCREW (Pan Head)			
Screw Type	Size	Standard	Torque
Machine Screw	M4	JIS B1111-1074	3-4 kgf-cm
Self-tapping Screw	M5	JIS B1122 Type 2	6-8 kgf-cm

**CFM-4010V**

**WIRE CONNECTIONS**

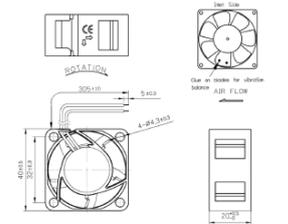
Wire Color	Function
Red	+Vin
Black	-Vin
White*	RD Signal
Yellow*	Tach Signal



**CFM-4020V**

**WIRE CONNECTIONS**

Wire Color	Function
Red	+Vin
Black	-Vin
White*	RD Signal
Yellow*	Tach Signal



Additional Resources: [Product Page](#) | [3D Model](#) date 08/12/2022 | page 9 of 11

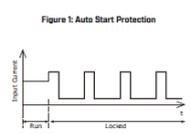
**CUI DEVICES | SERIES: CFM-40V | DESCRIPTION: DC AXIAL FAN**

**APPLICATION NOTES**

**Auto Restart Protection**

When the fan motor is locked by an external force, the device will temporarily turn off electrical power to the motor and restart automatically when the locked rotor condition is released.

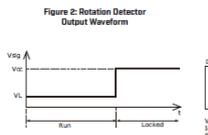
**Figure 1: Auto Start Protection**



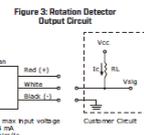
**Rotation Detector Signal (White Wire)**

The rotation detector signal is used to detect if the fan motor is operating or stopped. The output will be logical low (VL) when fan is operating and be logical high (Vcc) when fan motor is locked. (See Figures 2-3 below).

**Figure 2: Rotation Detector Output Waveform**



**Figure 3: Rotation Detector Output Circuit**

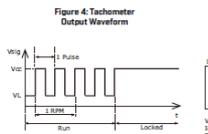


**Tachometer Signal (Yellow Wire)**

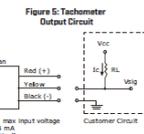
The tachometer signal is for detecting the rotational speed of the fan motor. The output will be a square wave when fan is operating and logical high (Vcc) when fan motor is locked (See Figures 4-5 below). The relationship between RPM & output pulses from the signal wire is as follows:

1 RPM = 2 Pulses

**Figure 4: Tachometer Output Waveform**



**Figure 5: Tachometer Output Circuit**



# ANEXO O: HOJA DE DATOS DEL VENTILADOR DE REFRIGERACIÓN DE 12V DC

## SUNON

**SPECIFICATION FOR APPROVAL**

**CUSTOMER :**  
**DESCRIPTION :** DC BRUSHLESS FAN  
**DIMENSIONS :** 120X120X25 mm  
**M O D E L :** EEC0251B3-000U-G99  
**SUNON SPEC. NO. :** D12017030G-00  
**CUSTOMER APPROVAL NO. :**  
**APPROVED BY :**  
**CUSTOMER (AUTHORIZED)**

DRAWN	Pan 10/8	CHECKED	<i>Calco</i>	APPROVED	<i>Jac by 10/8</i>	SPEC. NO	D12017030G-00
						ISSUE DATE	10.08.2009
						EDITION	0
						REVISION DATE	
						E.SPEC	E10700033

建華電機工業股份有限公司  
 SUNONWEALTH ELECTRIC MACHINE INDUSTRY CO., LTD.  
 NO. 30, LN. 296, XINYA RD., QIANZHEN DIST., TAIWAN (R.O.C)  
 KAOHSIUNG CITY 80673, TAIWAN (R.O.C)  
 URL: <http://www.sunon.com>

建華電機  
 SUNONWEALTH  
 Page 1 of 16

2009.11.02  
 發行章

### I. MODEL NUMBERING SYSTEM

EE	C0	25	1	B	3	-	000U	-	G99
----	----	----	---	---	---	---	------	---	-----

**Series Code**: EE, C0  
**Voltage**: 0: 5VDC, 1: 12VDC, 2: 24VDC, 3: 36VDC, 4: 48VDC  
**Speed**: X: Super High, 1: High, 2: Medium, 3: Low  
**Bearing**: V: Vapo, B: 2 Ball, O: 1 Ball, S: Sleeve  
**Size**: 25, 1  
**Thickness**: B, 3  
**Function Code**: 000U, G99  
**Customer Code**: -

編號	尺寸(mm)	編號	尺寸(mm)	編號	尺寸(mm)	編號	尺寸(mm)
01-09	1-9	A0-A9	100-109	K0-K9	200-209	V0-V9	300-309
10-19	10-19	B0-B9	110-119	L0-L9	210-219	W0-W9	310-319
20-29	20-29	C0-C9	120-129	M0-M9	220-229	X0-X9	320-329
30-39	30-39	D0-D9	130-139	N0-N9	230-239	Y0-Y9	330-339
40-49	40-49	E0-E9	140-149	P0-P9	240-249	Z0-Z9	340-349
50-59	50-59	F0-F9	150-159	Q0-Q9	250-259		
60-69	60-69	G0-G9	160-169	R0-R9	260-269		
70-79	70-79	H0-H9	170-179	S0-S9	270-279		
80-89	80-89	I0-I9	180-189	T0-T9	280-289		
90-99	90-99	J0-J9	190-199	U0-U9	290-299		

建華電機  
 SUNONWEALTH  
 Page 2 of 16

2009.11.02  
 發行章

### II. SPECIFICATION

#### 1. MECHANICAL CHARACTERISTIC

MOTOR DESIGN	2 phases, 4-poles Brushless DC motor
BEARING SYSTEM	Precision ball bearing system
DIMENSIONS	See Page 6
MATERIALS OF FRAME	Thermoplastic PBT of UL 94V-0
MATERIALS OF FAN BLADE	Thermoplastic PBT of UL 94V-0
DIRECTION OF ROTATION	Counter-clockwise viewed from front of fan blade
MOUNTING HOLES	Diameter 4.3 mm in 8 holes
WEIGHT	187 g

#### 2. ELECTRIC CHARACTERISTIC

RATED VOLTAGE	12 VDC
RATED CURRENT	161 mA / Max. 185 mA
RATED POWER CONSUMPTION	1.9 WATTS / Max. 2.22 WATTS
OPERATING VOLTAGE RANGE	6-13.8 VDC
STARTING VOLTAGE	6 VDC (25 deg. C POWER ON/OFF)
OPERATING TEMPERATURE RANGE	-10 to + 70 deg. C
STORAGE TEMPERATURE RANGE	-40 to + 70 deg. C

建華電機  
 SUNONWEALTH  
 Page 3 of 16

2009.11.02  
 發行章

### DIMENSIONS

UL1007 #24AWG  
 +: RED(+) / -: BLACK(-)  
 YELLOW(⚡): 3rd Wire

建華電機  
 SUNONWEALTH  
 Page 6 of 16

2009.11.02  
 發行章

## ANEXO P: HOJA DE DATOS DE LA FUENTE DE PODER 12V – 10 A



### DATA SHEET

Code: 12V/10A/P

#### SWITCHING ADAPTER 12V/10A/P

Power adapter with two pairs of output terminals.

Attention! If the power adapter is using for continuous work (24H) the rated current of the adaptor should be less than 80% of the maximal current. Please pay attention for proper cooling conditions of the power adaptor during work! Inside Rack cabinets and at poor conditioning places we recommend to use together with adaptor the following elements: A19-W12 Rack Fan and FR-1 Fan Speed Control.

**Attention!** Both terminals of V- have a physical contact to each other, as well as the both terminals of V+

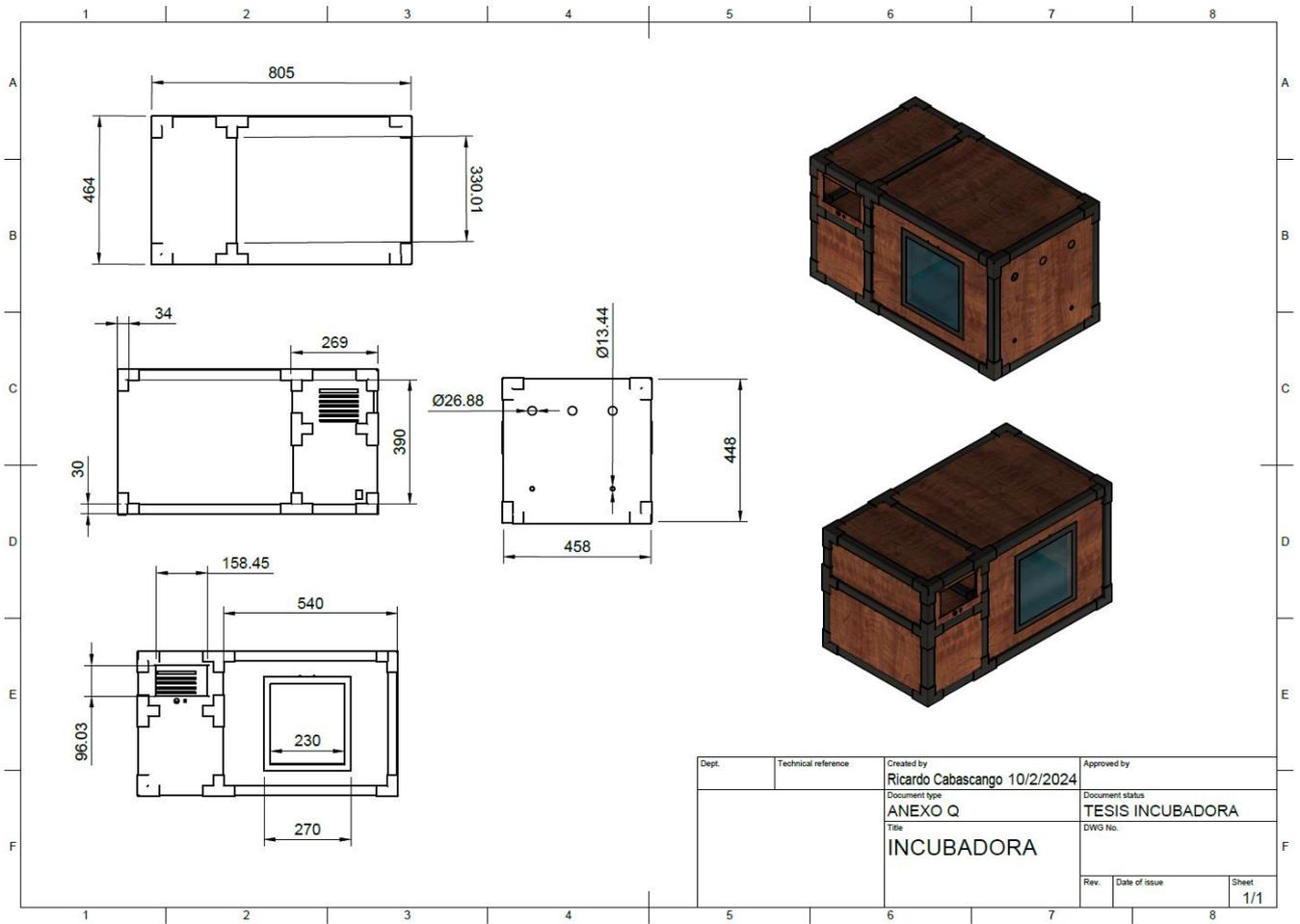


Adapter type:	Switching
Power voltage:	230 V AC
Output voltage:	12 V DC
Output voltage adjustment:	10.2 ... 15 V
Maximal load:	10 A
Output power:	120 W
Number of outputs:	2 pcs
Protections:	<ul style="list-style-type: none"><li>• Short-circuit</li><li>• Overload</li></ul>
Operation temp. / Relative humidity:	-10 °C ... 50 °C / 20 % ... 90 %
Weight:	0.452 kg
Dimensions:	200 x 98 x 42 mm
Guarantee:	2 years



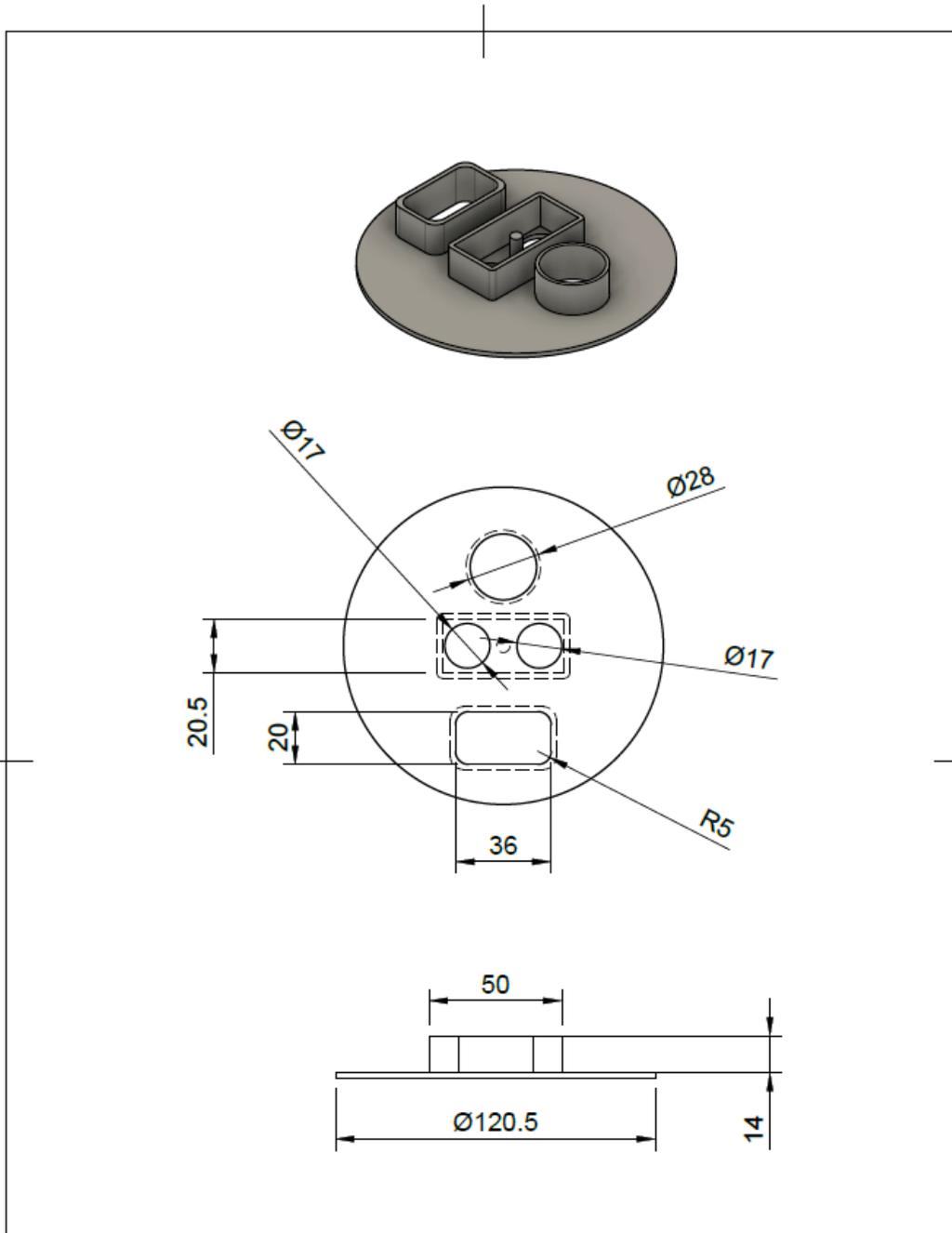
DELTA-OPTI Monika Matysiak: <https://www.delta.poznan.pl>  
POL: 60-713 Poznań; Graniczna 10  
e-mail: [delta-opti@delta.poznan.pl](mailto:delta-opti@delta.poznan.pl); tel: +(48) 61 864 69 60

# ANEXO Q: PLANO DE LA ESTRUCTURA DE LA INCUBADORA



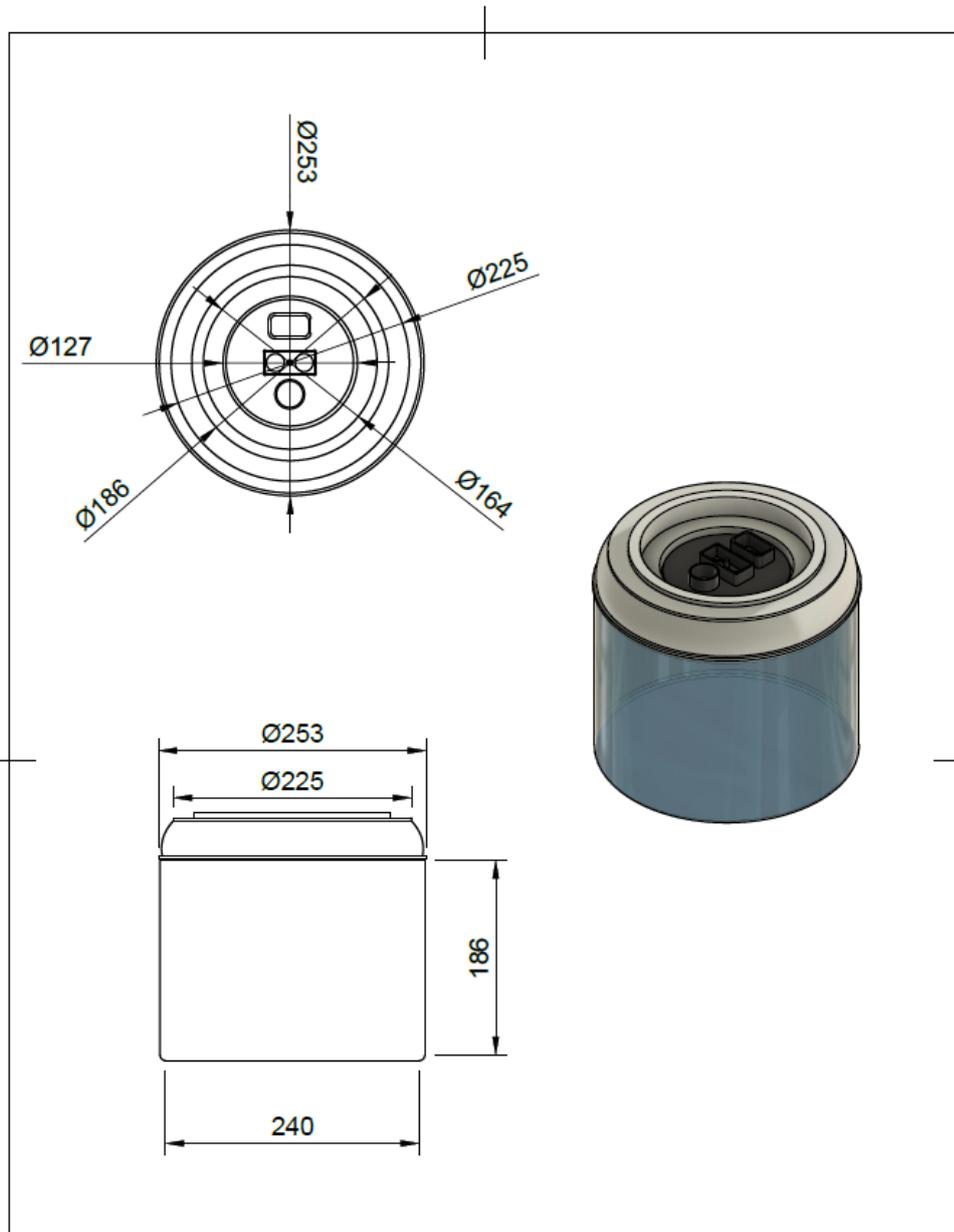
Dept.	Technical reference	Created by Ricardo Cabascango 10/2/2024	Approved by
		Document type ANEXO Q	Document status TESIS INCUBADORA
		Title INCUBADORA	DWG No.
		Rev.	Date of issue
			Sheet 1/1

**ANEXO R: PLANO DE LA TAPA DEL TANQUE**



Dept.	Technical reference	Created by <b>Ricardo Cabascango 10/2/2024</b>	Approved by
		Document type <b>ANEXO S</b>	Document status <b>TESIS INCUBADORA</b>
		Title <b>TAPA NEBULIZADOR</b>	DWG No.
		Rev.	Date of issue
			Sheet <b>1/1</b>

**ANEXO S: PLANO DE LA ESTRUCTURA DEL SISTEMA DE HUMIDIFICACIÓN**



Dept.	Technical reference	Created by <b>Ricardo Cabascango 10/2/2024</b>	Approved by
		Document type <b>ANEXO R</b>	Document status <b>TESIS INCUBADORA</b>
		Title <b>NEBULIZADOR</b>	DWG No.
		Rev.	Date of issue
			Sheet <b>1/1</b>

## ANEXO T: CÓDIGO EN ARDUINO IDE

```
#include <FirebaseESP32.h>
#include <DHT.h>
#include <NewPing.h>
#include <WiFi.h> // Se agrega la libreria WiFi

#define ssid "Redmi_A"
#define pass "1804468112"

#define DHT22_PIN 27
#define TRIGGER_PIN 26
#define ECHO_PIN 33
#define PIN_MQ_ANALOGICO 32
#define RELAY_PIN 23 // Pin del relé de estado sólido SSR-25 DA
#define VENT1 21
#define VENT2 22
#define HUMIDI 18
#define VENTHUMIDI 19
#define RELAY1_PIN 15 // Pin del relé 1
#define RELAY2_PIN 16 // Pin del relé 2
#define RELAY3_PIN 17 // Pin del relé 3

#define URL "incubadoraapp=34910-default-rtfdb.firebaseio.com"
#define secreto "Tf1rX1sbHTXuBkO4UrOAA0aSeQZqMQL0MAwyUa5"
#define MAX_DISTANCE 400

FirebaseData myFirebaseData;
FirebaseJson myJson;
FirebaseJsonData myJsonData;

int intervalo = 1000;
unsigned long actual = 0, ultimo = 0;
float T, H, C;
int N;
DHT dht(DHT22_PIN, DHT22); // Se cambia DHT22 por
```

```
DHTTYPE DHT22
NewPing sonar(TRIGGER_PIN, ECHO_PIN, MAX_DISTANCE);

bool case1 = false;
bool case2 = false;
bool case3 = false;
bool case4 = false;

double kp = 0.4062; // Constante proporcional
double ki = 5.2636e-05; // Constante integral
double kd = 32.6618; // Constante derivativa

double inputTemp, output, error, lastError;
double integral, derivative;
unsigned long tTempInicio;
unsigned long duracionDia = 86400000; // 24 horas en milisegundos
unsigned long duracionMinuto = 60000; // Duración de un minuto en milisegundos

// Prototipos de funciones
void tempPavo();
void tempPolo();
void tempPato();
void tempCodorniz();
void diaPavo();
void diaPolo();
void diaPato();
void diaCodorniz();
void readTankLevel();
void readAirQuality();
void enviaFirebase();
void activareRelay();

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  pinMode(RELAY_PIN, OUTPUT);
  pinMode(VENT1, OUTPUT);
```

```
void tempPavo() {
  double setpoint = 37.7;
  T = dht.readTemperature();
  H = dht.readHumidity();
  inputTemp = dht.readTemperature();
  int hum = dht.readHumidity();
  error = setpoint - inputTemp;
  integral += error;
  derivative = error - lastError;
  output = kp * error + ki * integral + kd * derivative;
  if (output > 0) {
    digitalWrite(RELAY_PIN, HIGH);
    digitalWrite(VENT1, LOW);
    digitalWrite(VENT2, LOW);
  } else {
    digitalWrite(RELAY_PIN, LOW);
    digitalWrite(VENT1, HIGH);
    digitalWrite(VENT2, HIGH);
  }
  if (hum < 48) {
    digitalWrite(HUMIDI, LOW);
    digitalWrite(VENTHUMIDI, LOW);
  } else if (hum > 50) {
    digitalWrite(HUMIDI, HIGH);
    digitalWrite(VENTHUMIDI, HIGH);
  }
  char tempBuffer[20];
  char humiBuffer[20];
  dtostrf(T, 5, 2, tempBuffer);
  dtostrf(H, 5, 0, humiBuffer);
  Serial.print("temp.txt=");
  Serial.print(tempBuffer);
  Serial.print("\n");
  Serial.print(" \x0B0 C");
  Serial.write(0xFF);
  Serial.write(0xFF);
  Serial.write(0xFF);
  Serial.print("humi.txt=");
  Serial.print(humiBuffer);
```

```
error = setpoint - inputTemp;
integral += error;
derivative = error - lastError;
output = kp * error + ki * integral + kd * derivative;
if (output > 0) {
  digitalWrite(RELAY_PIN, HIGH);
  digitalWrite(VENT1, LOW);
  digitalWrite(VENT2, LOW);
} else {
  digitalWrite(RELAY_PIN, LOW);
  digitalWrite(VENT1, HIGH);
  digitalWrite(VENT2, HIGH);
}
if (hum < 48) {
  digitalWrite(HUMIDI, LOW);
  digitalWrite(VENTHUMIDI, LOW);
} else if (hum > 50) {
  digitalWrite(HUMIDI, HIGH);
  digitalWrite(VENTHUMIDI, HIGH);
}
char tempBuffer[20];
char humiBuffer[20];
dtostrf(T, 5, 2, tempBuffer);
dtostrf(H, 5, 0, humiBuffer);
Serial.print("temp.txt=");
Serial.print(tempBuffer);
Serial.print("\n");
Serial.print(" \x0B0 C");
Serial.write(0xFF);
Serial.write(0xFF);
Serial.write(0xFF);
Serial.print("humi.txt=");
Serial.print(humiBuffer);
}
```

```

digitalWrite(VENT1, LOW);
digitalWrite(VENT2, LOW);
} else {
digitalWrite(RELAY_PIN, LOW);
digitalWrite(VENT1, HIGH);
digitalWrite(VENT2, HIGH);
}
if (hum < 48) {
digitalWrite(HUMIDI, LOW);
digitalWrite(VENTHUMIDI, LOW);
} else if (hum > 50) {
digitalWrite(HUMIDI, HIGH);
digitalWrite(VENTHUMIDI, HIGH);
}
char tempBuffer[20];
char humiBuffer[20];
dtostrf(T, 5, 2, tempBuffer);
dtostrf(H, 5, 0, humiBuffer);
Serial.print("temp.txt=");
Serial.print(tempBuffer);
Serial.print(" \x00 C\x00");
Serial.write(0xff);
Serial.write(0xff);
Serial.write(0xff);
Serial.print("humi.txt=");
Serial.print(humiBuffer);
Serial.print(" %\n");
Serial.write(0xff);
Serial.write(0xff);
Serial.write(0xff);
}

void tempPato() {
double setpoint = 37.7;
T = dht.readTemperature();
H = dht.readHumidity();
inputTemp = dht.readTemperature();
int hum = dht.readHumidity();
error = setpoint - inputTemp;
integral += error;
derivative = error - lastError;
output = kp * error + ki * integral + kd * derivative;
if (output > 0) {
digitalWrite(RELAY_PIN, HIGH);
}
}

```

```

if (strcmp(receivedData, "pavol") == 0) {
case1 = true;
} else if (strcmp(receivedData, "pollo1") == 0) {
case2 = true;
} else if (strcmp(receivedData, "pato1") == 0) {
case3 = true;
} else if (strcmp(receivedData, "codorniz1") == 0)
{
case4 = true;
}
}

if (case1) {
tempPavo();
} else if (case2) {
tempPollo();
} else if (case3) {
tempPato();
} else if (case4) {
tempCodorniz();
}
cnviraFirebase();
ultimo = actual;
}

void tempPollo() {
double setpoint = 37.5;
T = dht.readTemperature();
H = dht.readHumidity();
inputTemp = dht.readTemperature();
int hum = dht.readHumidity();
error = setpoint - inputTemp;
integral += error;
derivative = error - lastError;
output = kp * error + ki * integral + kd * derivative;
if (output > 0) {
digitalWrite(RELAY_PIN, HIGH);
}
}

```

```

pinMode(VENT2, OUTPUT);
pinMode(HUMIDI, OUTPUT);
pinMode(VENTHUMIDI, OUTPUT);
pinMode(RELAY1_PIN, OUTPUT);
pinMode(RELAY2_PIN, OUTPUT);
pinMode(RELAY3_PIN, OUTPUT);
tiempoinicio = millis();
dht.begin();
Serial.print("Conectando a la red: ");
Serial.println(ssid);
WiFi.begin(ssid, pass);
while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
Serial.print(".");
delay(500);
}
Firebase.begin(URL, secreto);
Firebase.reconnectWiFi(true);
Serial.println("Conectado con éxito");
}

void loop() {
actual = millis();
if (actual - ultimo >= intervalo) {
if (Serial.available() > 0) {
char receivedData[10];
int count = 0;
while (Serial.available() > 0 && count < 9) {
receivedData[count] = Serial.read();
count++;
delay(2);
}
receivedData[count] = '\0';

case1 = false;
case2 = false;
case3 = false;
case4 = false;
}
}
}

```

```

Serial.print(" %\n");
Serial.write(0xff);
Serial.write(0xff);
Serial.write(0xff);
}

void tempCodorniz() {
double setpoint = 37.7;
T = dht.readTemperature();
H = dht.readHumidity();
inputTemp = dht.readTemperature();
int hum = dht.readHumidity();
error = setpoint - inputTemp;
integral += error;
derivative = error - lastError;
output = kp * error + ki * integral + kd * derivative;
if (output > 0) {
digitalWrite(RELAY_PIN, HIGH);
digitalWrite(VENT1, LOW);
digitalWrite(VENT2, LOW);
} else {
digitalWrite(RELAY_PIN, LOW);
digitalWrite(VENT1, HIGH);
digitalWrite(VENT2, HIGH);
}
}

if (hum < 48) {
digitalWrite(HUMIDI, LOW);
digitalWrite(VENTHUMIDI, LOW);
} else if (hum > 50) {
digitalWrite(HUMIDI, HIGH);
digitalWrite(VENTHUMIDI, HIGH);
}
}

lastError = error;
char tempBuffer[20];
char humiBuffer[20];
dtostrf(T, 5, 2, tempBuffer);
dtostrf(H, 5, 0, humiBuffer);
Serial.print("temp.txt=");
}
}

```

```

Serial.print("dias.txt=\n");
Serial.print(minutosBuffer);
Serial.print("\n");
Serial.write(0xff);
Serial.write(0xff);
Serial.write(0xFF);
}

void diaPello() {
  unsigned long tiempoActual = millis();
  unsigned long tiempoTranscurrido = tiempoActual -
  tiempoInicio;
  unsigned long minutosTranscurridos =
  tiempoTranscurrido / duracionMinuto;
  if (minutosTranscurridos == 2) {
    Serial.print("page pagell");
    Serial.write(0xFF);
    Serial.write(0xFF);
    Serial.write(0xFF);
  }
}

void diaPato() {
  unsigned long tiempoActual = millis();
  unsigned long tiempoTranscurrido = tiempoActual -
  tiempoInicio;
  unsigned long minutosTranscurridos =
  tiempoTranscurrido / duracionMinuto;
  if (minutosTranscurridos == 2) {
    Serial.print("page pagell");
    Serial.write(0xff);
    Serial.write(0xFF);
    Serial.write(0xFF);
  }
}

void diaCodorniz() {
  unsigned long tiempoActual = millis();

```

```

    Firebase.setFloat(myFireBaseData, "/Lecturas/calidad",
    C);
  }

void activateRelay() {
  static unsigned long relayStartTime = 0;
  static bool relayActive = false;
  if (!relayActive && (millis() - relayStartTime >= 3 *
  60 * 60 * 1000)) {
    digitalWrite(RELAY1_PIN, LOW);
    digitalWrite(RELAY2_PIN, LOW);
    digitalWrite(RELAY3_PIN, LOW);
    relayStartTime = millis();
    relayActive = true;
  } else if (relayActive && (millis() - relayStartTime
  >= 8 * 1000)) {
    digitalWrite(RELAY1_PIN, HIGH);
    digitalWrite(RELAY2_PIN, HIGH);
    digitalWrite(RELAY3_PIN, HIGH);
    relayActive = false;
  }
}

void diaPavo() {
  unsigned long tiempoActual = millis();
  unsigned long tiempoTranscurrido = tiempoActual -
  tiempoInicio;
  unsigned long diasTranscurridos = tiempoTranscurrido /
  (24 * 60 * 60 * 1000); // Se corrige la conversión a dias;
  if (diasTranscurridos == 28) {
    Serial.println(7);
    Serial.print("page pagell");
    Serial.write(0xff);
    Serial.write(0xFF);
    Serial.write(0xFF);
  }
}

char minutosBuffer[10];
itoa(diasTranscurridos, minutosBuffer, 10);

```

```

Serial.print(tempBuffer);
Serial.print(" \x000 C\n");
Serial.write(0xFF);
Serial.write(0xFF);
Serial.write(0xFF);
Serial.print("humid.txt=\n");
Serial.print(humiBuffer);
Serial.print(" %\n");
Serial.write(0xff);
Serial.write(0xFF);
Serial.write(0xFF);
}

void readTankLevel() {
  unsigned int distancia = sonar.ping_cm();
  N = 100 - ((distancia - 3) / 0.19);
  Serial.print("Nivel: ");
  Serial.print(N);
  Serial.println("%");
}

void readAirQuality() {
  int medidaAnalogica = analogRead(PIN_MQ_ANALOGICO);
  double tension = medidaAnalogica * (5.0 / 1023.0);
  double resistencia = 1000 * ((5 - tension) / tension);
  C = (245 * pow(resistencia / 5463, -2.26)) / 1000;
  int decimales = 2;
  C = round(C * pow(10, decimales)) / pow(10, decimales);
  Serial.print("CO2: ");
  Serial.print(C);
  Serial.println(" ppm");
}

void enviraFirebase() {
  Firebase.setFloat(myFireBaseData, "/Lecturas/temp", T);
  Firebase.setFloat(myFireBaseData, "/Lecturas/hum", H);
  Firebase.setFloat(myFireBaseData, "/Lecturas/nivel",
  N);
}

```

```

  unsigned long tiempoTranscurrido = tiempoActual -
  tiempoInicio;
  unsigned long minutosTranscurridos =
  tiempoTranscurrido / duracionMinuto;
  if (minutosTranscurridos == 2) {
    Serial.print("page pagell");
    Serial.write(0xff);
    Serial.write(0xFF);
    Serial.write(0xFF);
  }
}

```

## ANEXO U: CÓDIGO EN ANDROID STUDIO

```
File - C:\Users\fr_m\AndroidStudioProjects\INCUBADORA\app\src\main\java\com\example\incubadora\MainActivity.java
1 package com.example.incubadora;
2
3 import androidx.annotation.NonNull;
4 import androidx.appcompat.app.AppCompatActivity;
5
6 import android.graphics.drawable.Drawable;
7 import android.os.Bundle;
8 import android.widget.LinearLayout;
9 import android.widget.RelativeLayout;
10 import android.widget.TextView;
11
12 import com.google.firebase.database.DataSnapshot;
13 import com.google.firebase.database.DatabaseError;
14 import com.google.firebase.database.DatabaseReference;
15 import com.google.firebase.database.FirebaseDatabase;
16 import com.google.firebase.database.ValueEventListener;
17
18 public class MainActivity extends AppCompatActivity {
19     RelativeLayout relativeLayout;
20     TextView temp,hum, nive, cali, dias;
21     FirebaseDatabase database = FirebaseDatabase.
22     getInstance();
23     DatabaseReference referenceEntrada1 = database.
24     getReference("Lecturas");
25     @Override
26     protected void onCreate(Bundle savedInstanceState) {
27         super.onCreate(savedInstanceState);
28         setContentView(R.layout.activity_main);
29
30         relativeLayout=findViewById(R.id.linearL);
31         Drawable d = getResources().getDrawable(R.
32         drawable.ap);
33         relativeLayout.setBackground(d);
34
35         temp=findViewById(R.id.tem);
36         hum=findViewById(R.id.hum);
37         nive=findViewById(R.id.niv);
38         cali=findViewById(R.id.cali);
39
40     }
41 }
```

Page 1 of 2

```
File - C:\Users\fr_m\AndroidStudioProjects\INCUBADORA\app\src\main\java\com\example\incubadora\MainActivity.java
36     dias=findViewById(R.id.dia);
37
38
39     referenceEntrada1.addValueEventListener(new
40     ValueEventListener() {
41         @Override
42         public void onDataChange(@NonNull
43         DataSnapshot dataSnapshot) {
44             String T = dataSnapshot.child("temp"
45             ).getValue().toString();
46             temp.setText(T);
47             String H = dataSnapshot.child("hum").
48             getValue().toString();
49             hum.setText(H);
50             String N = dataSnapshot.child("nive"
51             ).getValue().toString();
52             nive.setText(N);
53             String C = dataSnapshot.child("cali"
54             ).getValue().toString();
55             cali.setText(C);
56             String D = dataSnapshot.child("dias"
57             ).getValue().toString();
58             dias.setText(D);
59         }
60     }
61
62     @Override
63     public void onCancelled(@NonNull
64     DatabaseError error) {
65
66     }
67
68     });
69
70 }
71 }
```

Page 2 of 2

**METRAVI**

**DIGITAL THERMO-HYGRO METER**

**HTC-01**

#### FEATURES

- Display Temperature, Humidity and time simultaneously
- Memory of MAX & MIN measuring value
- 12-hour / 24-hour displaying system selectable
- °C / °F unit selectable
- Integral-hour Alarm Function
- Alarm Function
- Clock & Calendar Function (month and date)
- Desk-top placing or Wall Hanging
- Large-character LCD Display
- Multi-function
- Low Power Consumption
- High stability & accuracy

#### SPECIFICATION

- **Temperature Range** : - 50 ~ + 70°C (-58 ~ + 158°F)
- **Humidity Range** : 20%~99% RH
- **Resolution** :
- **Temperature** : 0.1°C (0.1°F)
- **Humidity** : 1% RH
- **Accuracy** :
- **Temperature** : ± 1°C (1.8°F)
- **Humidity** : ± 5% RH (40% ~ 80%)
- **Power Supply** : 1.5V (AAA size) x 1
- **Product Dimension** : 100 x 108 x 20 mm
- **Weight** : Approx. 160g
- **Storage Condition** : -20°C ~ 60°C, 20 ~ 80% RH



\*Technical Specifications & Appearance are subject to change without prior notice

**THE QUALITY LEADER**

**www.metravi.com**



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO DE LA GUÍA PARA**  
**NORMALIZACIÓN DE TRABAJOS DE FIN DE GRADO**

**Fecha de entrega:** 27/03/2024

<b>INFORMACIÓN DE LOS AUTORES</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> Ricardo Paúl Cabascango Tisalema Alex Rodrigo Chasi Masabanda
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> Informática y Electrónica
<b>Carrera:</b> Electrónica y Automatización
<b>Título a optar:</b> Ingeniero en Electrónica y Automatización
 Ing. Sandra Gabriela Barraqueta Rojas <b>Directora del Trabajo de Integración Curricular</b>
 Ing. José Enrique Guerra Salazar <b>Asesor del Trabajo de Integración Curricular</b>