



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE INCUBACIÓN
ARTIFICIAL DE HUEVOS, CON CONTROL AUTOMÁTICO DE
TEMPERATURA Y HUMEDAD PARA LA AVÍCOLA GANAZHAPA, EN LA
PARROQUIA TAQUIL DE LA CIUDAD DE LOJA”**

JUAN CARLOS GANAZHAPA MALLA

TRABAJO DE TITULACIÓN

Previa a la obtención del título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

RIOBAMBA – ECUADOR

2017

DEDICATORIA

A mi madre Luz Malla

Por ser mi inmenso apoyo en todo momento, por sus consejos, sus valores, por su fuerza y empuje constante ante mi y mis hermanos, pero más que nada, por ese amor infinito que me ha brindado a lo largo de mi vida.

A mi padre Segundo Ganazhapa

Por su persistencia y apoyo incondicional, por los ejemplos de perseverancia y su inmensa honradez ante todo, por el valor mostrado para salir adelante y por su incondicional apoyo mantenido a través del tiempo sin limitación alguna.

A mis hermanos

Por estar a mi lado, siendo mi aliento de lucha ante cualquier problema que se pueda presentar, por su apoyo y su compañía, confianza y cariño, por estar conmigo compartiendo todos esos sueños y retos y por las aventuras que seguiremos viviendo.

A mi esposa Silvia

Por ser ese apoyo incomparablemente incondicional, por estar conmigo en todo este proceso de mi etapa universitaria, dándome su cariño, confianza y amistad para seguir adelante y poder cumplir una etapa más en mi vida.

A mis amigos Wilian, Héctor, Francisco, Alex, Hortencio

Por brindarme palabras de aliento y apoyo cuando más lo necesité, por su confianza y su compañía en muchas locuras, por esas escapadas cuyo fin tenían hacernos felices, y por todo el tiempo compartido que solo se pueden vivir cuando existe plena confianza.

"El éxito consiste en obtener lo que se desea. La felicidad, en disfrutar lo que se obtiene"

Ralph Waldo Emerson

¡Gracias a todos ustedes por su apoyo y compañía incondicional!

AGRADECIMIENTO

A mi Madre

Gracias madre de mi vida por estar ahí con tú presencia de manera incondicional, tú eres sin duda alguna una de las principales precursoras de este logro obtenido, nunca te desesperaste e hiciste lo imposible para que yo pudiera seguir con mis sueños, por apoyarme en todo momento, por tus consejos, valores, y motivación constante que me ha permitido ser un hombre de bien, desde que tengo memoria he admirado tu manera de ser y tu forma de enfrentarte ante las injusticias de la vida, perdóname por no valorarte como deseearías que lo haga y te doy infinitas gracias por ser el motor de vida que en la felicidad y la tristeza tengo para seguir luchando.

A mi Padre

Gracias padre mio por todo, por no mirar atrás cuando la gente te difamaba por el apoyo que nos brindabas y por ver dentro de ti al futuro que deseas que lleguemos a conseguir, eres mi talón de Aquiles y el pilar en donde puedo arrimarme siempre que esté cansado para saciarme nuevamente de vitalidad ante todo eso que me puede hacer daño.

A mis Hermanos

Por ser lo mejor que Dios y mis padres me pudieron regalar, por ser un gran ejemplo en mi vida, de los cuales aprendo tantas cosas cada día y en momentos difíciles estamos ahí para ayudarnos de manera incondicional de unos a otros.

A mis Familiares y Amigos

A todas las personas que constituyen mi familia y a mis amigos por su voz de aliento y mensajes de motivación continúa, ya que el querer, es poder.

A mi esposa

Por enseñarme cuánto valgo, por tener fe en mí, por empujarme siempre hacia adelante, por guiarme en el correcto camino, por despertarse junto a mí y enseñarme que la felicidad siempre será entre dos.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

Por acogermme todo este tiempo dentro de su establecimiento educativo y en especial a la Facultad de Mecánica, Escuela de Ingeniería Industrial y a cada uno de los profesores por enseñarnos y compartir junto a nosotros sus conocimientos y valores éticos y profesionales.

A mi Director de Tesis

Ing. Jhonny Orozco, quien a lo largo de éste tiempo me ha orientado con sus capacidades y conocimientos en el desarrollo y culminación de mi proyecto de titulación.

ESPOCH

Facultad de Mecánica

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

2016-04-20

Yo recomiendo que el Trabajo de Titulación preparado por:

GANAZHAPA MALLA JUAN CARLOS

Titulado:

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE INCUBACIÓN
ARTIFICIAL DE HUEVOS, CON CONTROL AUTOMÁTICO DE
TEMPERATURA Y HUMEDAD PARA LA AVÍCOLA GANAZHAPA, EN LA
PARROQUIA TAQUIL DE LA CIUDAD DE LOJA”**

Sea aceptado como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

Ing. Carlos José Santillán Mariño
DECANO FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Jhonny Marcelo Orozco Ramos
DIRECTOR

Ing. Eduardo Francisco García Cabezas
ASESOR

ESPOCH

Facultad de Mecánica

EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: JUAN CARLOS GANAZHAPA MALLA

TÍTULO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE INCUBACIÓN ARTIFICIAL DE HUEVOS, CON CONTROL AUTOMÁTICO DE TEMPERATURA Y HUMEDAD PARA LA AVÍCOLA GANAZHAPA, EN LA PARROQUIA TAQUIL DE LA CIUDAD DE LOJA”.

Fecha de Examinación: 2017-02-20

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Marco Almendariz Puente. PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Jhonny Marcelo Orozco Ramos DIRECTOR			
Ing. Eduardo Francisco García Cabezas ASESOR			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES:

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Marco Almendariz Puente.
PRESIDENTE TRIB. DEFENSA

AUTORIZACIÓN DE LA AUTORÍA INTELECTUAL

Yo, **JUAN CARLOS GANAZHAPA MALLA** en calidad de autor del trabajo de titulación realizado sobre el “ **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE INCUBACIÓN ARTIFICIAL DE HUEVOS, CON CONTROL AUTOMÁTICO DE TEMPERATURA Y HUMEDAD PARA LA AVÍCOLA GANAZHAPA, EN LA PARROQUIA TAQUIL DE LA CIUDAD DE LOJA**”, por la presente autorizo a la **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**, hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen o de parte de los que contienen esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación. Los derechos que como autor me corresponden, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a mi favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6, 8, 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento de nuestro país.

Riobamba, 20 de febrero de 2017

FIRMA

C.C: 110417471-7

Correo: jc4d2g@hotmail.com

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Juan Carlos Ganazhapa Malla, declaro que el presente Trabajo de Titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Titulación.

Ganazhapa Malla Juan Carlos

Cédula de Identidad: 110417471-7

Índice de contenidos

CAPÍTULO I: MARCO REFERENCIAL

1.1	Antecedentes.....	6
1.1.1	<i>Las aves.....</i>	7
1.1.2	<i>Manejo en la incubadora.....</i>	7
1.1.2.1	<i>Control de la temperatura.....</i>	8
1.1.3	<i>Regulación de la humedad relativa.....</i>	8
1.1.4	<i>Posición y volteo de los huevos.....</i>	9
1.1.5	<i>Ventilación.....</i>	9
1.2	Planteamiento del problema.....	10
1.3	Justificación.....	10
1.3.1	<i>Justificación teórica.....</i>	10
1.3.2	<i>Justificación metodológica</i>	11
1.3.3	<i>Justificación práctica</i>	11
1.4	Objetivos.....	12
1.4.1	<i>Objetivo general.....</i>	12
1.4.2	<i>Objetivos específicos.....</i>	12

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

1.5	Aspectos generales sobre la parroquia Taquil.....	13
1.5.1	<i>Caracterización general de la parroquia.....</i>	13
1.5.2	<i>División territorial.....</i>	14
1.5.3	<i>Hidrografía.....</i>	15
1.5.4	<i>Atractivos turísticos.....</i>	16
1.6	Aspectos generales sobre “AVÍCOLA GANAZHAPA”.....	17
1.6.1	<i>Logotipo.....</i>	18
1.6.2	<i>Política de la empresa “AVÍCOLA GANAZHAPA”</i>	18
1.6.3	<i>Objetivos de la empresa “AVÍCOLA GANAZHAPA”.....</i>	19
1.6.4	<i>Misión de la empresa “AVÍCOLA GANAZHAPA”.....</i>	19
1.6.5	<i>Visión de la empresa “AVÍCOLA GANAZHAPA”.....</i>	19
1.6.6	<i>Producción en la empresa “AVÍCOLA GANAZHAPA”</i>	19
1.7	<i>Definiciones generales.....</i>	21

1.7.1	<i>Granja avícola</i>	21
1.7.2	<i>Avicultura</i>	21
1.7.2.1	<i>Avicultura tradicional</i>	22
1.7.2.2	<i>Avicultura industrial</i>	22
1.7.3	<i>El huevo</i>	23
1.7.3.1	<i>Partes del huevo</i>	23
1.7.3.2	<i>Calidad del huevo y factores que la afectan</i>	24
1.7.3.3	<i>Producción de huevos de calidad</i>	24
1.7.3.4	<i>Huevos para el consumo</i>	26
1.7.3.5	<i>Huevos para incubar</i>	28
1.7.3.6	<i>Fecundación</i>	29
1.7.3.7	<i>Selección de huevos fértiles</i>	29
1.7.3.8	<i>Peso del huevo según el tipo de ave</i>	30
1.7.3.9	<i>Período de incubación</i>	31
1.7.3.10	<i>Período de volteo antes de la eclosión de las aves</i>	32
1.7.3.11	<i>Desarrollo embrionario</i>	33
1.7.4	<i>Incubación</i>	37
1.7.4.1	<i>Incubación natural</i>	37
1.7.4.2	<i>Manejo del nido</i>	39
1.7.4.3	<i>Numero de huevos</i>	39
1.7.4.4	<i>Colocación</i>	40
1.7.4.5	<i>Cuidados</i>	40
1.7.4.6	<i>Ovoscopía</i>	40
1.7.4.7	<i>Incubación artificial</i>	41
1.7.4.8	<i>Temperatura en la incubadora</i>	42
1.7.4.9	<i>Relación entre la temperatura del aire de la incubadora y los huevos incubados</i>	43
1.7.4.10	<i>Efectos de la temperatura inadecuada durante la incubación</i>	44
1.7.4.11	<i>Humedad</i>	45
1.7.4.12	<i>Efectos del inadecuado manejo de la humedad durante la incubación</i>	46
1.7.4.13	<i>Ventilación</i>	47
1.7.4.14	<i>Posición de los huevos durante la incubación (volteo)</i>	48
1.7.5	<i>Resumen del marco teórico referencial</i>	50
1.7.6	<i>Decisiones del análisis para la selección del método de incubación artificial</i>	55

CAPÍTULO III: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

1.8	Características principales del sistema de incubación artificial.....	57
1.9	Ventajas del sistema de incubación artificial.....	58
1.10	Sistema eléctrico y electrónico del sistema de incubación artificial.....	58
1.11	Material global en que está construido el sistema de incubación artificial.....	59
1.12	Usos más comunes del sistema de incubación artificial.....	64
1.13	Materiales empleados en la fabricación del sistema de control automático.....	64
1.13.1	<i>Arduino Uno R3</i>	64
1.13.2	<i>Servomotor</i>	65
1.13.3	<i>Sensor digital de temperatura DALLAS DS18B20</i>	66
1.13.4	<i>Sensor de temperatura y humedad relativa DHT22</i>	68
1.13.5	<i>LCD 16x2</i>	71
1.13.6	<i>Potenciómetro Rotativo</i>	73
1.13.7	<i>Pulsadores electrónicos</i>	74
1.14	<i>Parámetros de diseño</i>	75
1.14.1	<i>Construcción del equipo</i>	75
1.14.2	<i>Planos</i>	76
1.14.3	<i>Diagrama de explosión</i>	79
1.14.4	<i>Cuerpo o chasis interior</i>	82
1.14.5	<i>Cuerpo o chasis exterior</i>	83
1.14.6	<i>Volteador para colocación y posterior giro de los huevos</i>	85
1.14.7	<i>Nacedora</i>	86
1.15	<i>Cálculo estructural</i>	87
1.15.1	<i>Diagrama de cuerpo libre</i>	87
1.15.2	<i>Cálculo de esfuerzos</i>	87
1.15.3	<i>Diagrama de cuerpo libre</i>	88
1.15.4	<i>Presión sobre el cuerpo</i>	89
1.15.5	<i>Momento Flector</i>	89
1.15.6	<i>Análisis estructural</i>	90
1.16	<i>Variables de diseño</i>	93
1.16.1	<i>Temperatura</i>	93
1.16.2	<i>Humedad relativa</i>	94
1.16.3	<i>Ventilación y reposición de aire</i>	94

1.16.4	<i>Volteo de huevos</i>	95
1.17	Diseño del equipo.....	96
1.17.1	<i>Diseño de unidades funcionales</i>	96
1.17.2	<i>Funcionalidad del equipo</i>	96
1.17.2.1	<i>Configuración – Panel izquierdo</i>	98
1.17.2.2	<i>Configuración - Panel derecho</i>	100
1.17.3	<i>Materiales necesarios</i>	102
1.18	Bitácora de construcción.....	104
1.18.1	<i>Códigos de los programas realizados en Arduino</i>	107
1.18.2	<i>Diagrama de flujo del control de temperatura y humedad</i>	108
1.18.3	<i>Primer código: control de parámetros de incubación</i>	108
1.18.3.1	<i>Librerías que se utilizan en la programación</i>	109
1.18.3.2	<i>Definición de pines de comunicación en Arduino</i>	110
1.18.3.3	<i>Definición de los pines de conexión del LCD</i>	111
1.18.3.4	<i>String para mostrar versión del prototipo</i>	111
1.18.3.5	<i>Creación del símbolo "grado" que deberá aparecer en el LCD</i>	112
1.18.3.6	<i>Definición de pulsadores leídos en "MyButton.h"</i>	112
1.18.3.7	<i>Asignación de funciones a cada pulsador</i>	112
1.18.3.8	<i>Memoria de los pulsadores para la programación (ajustes)</i>	113
1.18.3.9	<i>Definiciones de eeprom</i>	113
1.18.3.10	<i>Definiciones de lecturas máximas y mínimas</i>	113
1.18.3.11	<i>Definición del tipo de datos para temperatura y humedad relativa</i>	113
1.18.3.12	<i>Función Setup</i>	114
1.18.3.13	<i>Función saca mensaje inicio</i>	115
1.18.3.14	<i>Loop a través de cada dispositivo e impresión de rutas leídas</i>	115
1.18.3.15	<i>Función para parpadeo de led cuando existe variación de temp y/o RH.</i> .	116
1.18.3.16	<i>Función de salvado de datos en la EEPROM</i>	116
1.18.3.17	<i>Función para cargar la EEPROM a un estado guardado</i>	116
1.18.3.18	<i>Función para lectura de actualización de tiempo de funcionamiento</i>	117
1.18.3.19	<i>Función para lectura de temperatura y chequeo de la misma</i>	117
1.18.3.20	<i>Función loop</i>	121
1.18.3.21	<i>Función para mostrar valor de temperatura y humedad leídos</i>	123
1.18.3.22	<i>Función para lectura de actualización de tiempo de funcionamiento</i>	124
1.18.3.23	<i>Función para borrado de memoria</i>	126

1.18.3.24	<i>Función para lectura y escaneo de pulsadores de configuración</i>	128
1.18.4	<i>Diagrama de flujo del control de volteo de huevos</i>	130
1.18.5	<i>Segundo código: control de parámetros de volteo de huevos</i>	131
1.18.5.1	<i>Programa para el control de volteo de los huevos</i>	131
1.18.5.2	<i>Asignación de pines para los potenciómetros</i>	132
1.18.5.3	<i>Asignación de la variable miServo</i>	132
1.18.5.4	<i>Función para mostrar la versión del programa</i>	133
1.18.5.5	<i>Función setup</i>	133
1.18.5.6	<i>Función Loop</i>	134
1.18.5.7	<i>Sistema anti rebote por software</i>	135
1.18.5.8	<i>Función inicializando sistema</i>	138
1.18.5.9	<i>Mostrar mensaje minutos</i>	139
1.18.5.10	<i>Función modo test</i>	139
1.18.5.11	<i>Primera pantalla de configuraciones</i>	139
1.18.5.12	<i>Segunda pantalla de configuraciones</i>	142
1.18.5.13	<i>Reutilización del potenciómetro de angulo para leer tiempo LCD</i>	143
1.18.5.14	<i>Reutilización del potenciómetro de minutos para leer los días</i>	143
1.18.5.15	<i>Función mueve huevos</i>	144
1.18.5.16	<i>Función saca mensaje minutos</i>	144
1.18.5.17	<i>Función saca mensaje rotando bandejas</i>	144
1.18.5.18	<i>Función saca mensaje posicionando huevos</i>	145
1.18.5.19	<i>Función saca parámetros</i>	145
1.18.5.20	<i>Función saca mensaje parámetros 1</i>	145
1.18.5.21	<i>Función saca mensaje parámetros 2</i>	146
1.18.5.22	<i>Función saca parámetros random</i>	146
1.18.5.23	<i>Función saca días</i>	147
1.18.5.24	<i>Función saca minutos</i>	147
1.18.5.25	<i>Función mensaje suelte botón</i>	147
1.18.5.26	<i>Función saca mensaje poner potenciómetros al mínimo</i>	148
1.18.5.27	<i>Función delay con lectura de botón/pulsador</i>	149
1.18.5.28	<i>Función mensaje suelte botón 1</i>	149
1.18.5.29	<i>Función mensaje suelte botón 2</i>	149
1.18.5.30	<i>Función saca mensaje inicio</i>	150
1.18.5.31	<i>Función saca mensaje fin configuración</i>	150

1.18.5.32	<i>Función saca mensaje sistema detenido</i>	150
1.18.5.33	<i>Función saca mensaje reactivando sistema</i>	151
1.18.5.34	<i>Función muestra velocidad</i>	151
1.18.5.35	<i>Función muestra ángulo</i>	151
1.18.5.36	<i>Función muestra rotaciones</i>	152
1.18.5.37	<i>Función muestra tiempo</i>	152
1.18.5.38	<i>Función muestra tiempo horas, minutos, segundos</i>	152
1.18.5.39	<i>Función saca tiempo total</i>	153
1.18.5.40	<i>Función eeprom read int</i>	154
1.18.5.41	<i>Función eeprom write int</i>	154
1.18.5.42	<i>Función reset_millis</i>	154
1.18.6	<i>Fotografías del equipo construido</i>	155
1.19	Pruebas y funcionamiento.....	156
1.19.1	<i>Prueba 1</i>	156
1.19.2	<i>Prueba 2</i>	161
1.20	Análisis de resultados.....	165
1.20.1	<i>Cartas de control por variables de medias y rangos X – R</i>	168
1.20.2	<i>Análisis sobre cartas de control</i>	176
1.21	Comparación de mediciones con patrones normalizados.....	177

CAPÍTULO IV: ESTUDIO DE COSTOS

1.22	Costos del proyecto.....	178
1.22.1	<i>Cálculo de costos del proyecto</i>	178
1.22.2	<i>V.A.N.</i>	179
1.22.3	<i>T.I.R.</i>	179
1.22.3.1	<i>Cálculos</i>	179
1.23	Conclusiones.....	183
1.24	Recomendaciones.....	184

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

Índice de tablas

Tabla 2.1: Detalles geográficos de la parroquia Taquil.....	13
Tabla 2.2: Peso de un grupo importante de huevos de aves de corral.....	30
Tabla 2.3: Período de incubación normal en algunas especies de aves.....	31
Tabla 2.4: Tiempo máximo normal aproximado, de volteo de los huevos de distintas especies de aves.....	32
Tabla 2.5: Temperatura y humedad de incubadoras y nacedoras.....	44
Tabla 2.6: Tabla de resultados del marco teórico.....	50
Tabla 2.7: Tabla de ponderaciones comparativas entre incubación natural y artificial...51	
Tabla 2.8: Pros y contras entre el método de incubación natural y el artificial.....	52
Tabla 3.1: Tipos de materiales tecnológicos.....	55
Tabla 3.2: Comparación facilidad de adquisición de algunos materiales tecnológicos. .56	
Tabla 3.3: Conductividad térmica de algunos materiales tecnológicos.....	57
Tabla 3.4: Tabla comparativa entre acero y madera.....	58
Tabla 3.5: Propiedades mecánicas de varios materiales.....	59
Tabla 3.6: Dimensiones de tableros DURATRIPLEX.....	60
Tabla 3.7: Características de los sensores capacitivos DHT11 y DHT22.....	64
Tabla 3.8: Tipos de sensores de humedad relativa y sus respectivas aplicaciones en la industria.....	65
Tabla 3.9: Características técnicas del ventilador XW 8025MS.....	87
Tabla 3.10: Bitácora de construcción y pruebas de incubación.....	99
Tabla 3.11: Resumen de mediciones de las variables con el equipo en pleno funcionamiento.....	157
Tabla 3.12: Resumen de rangos entre mediciones de las variables con el equipo en pleno funcionamiento.....	157
Tabla 3.13: Factores para la construcción de las cartas de control.....	162
Tabla 3.14: Valores medidos de temperatura en la incubadora.....	163
Tabla 3.15: Valores medidos de humedad relativa en la incubadora.....	164
Tabla 4.1: Costos totales del proyecto.....	169
Tabla 4.2: Tasa de interés anual.....	171
Tabla 4.3: Cálculo del V.A.N y la T.I.R.....	171
Tabla 4.4: Período de recuperación del capital invertido.....	172
Tabla 4.5: Cronograma de actividades del desarrollo del proyecto.....	188

Índice de ilustraciones

Ilustración 2.1: Vista de la iglesia de la Parroquia Taquil.....	13
Ilustración 2.2: Mapa Base de la Parroquia.....	14
Ilustración 2.3: Elaboración ollas de barro "Barrio Cera".....	15
Ilustración 2.4: Panorama atractivo de la Parroquia Taquil.....	16
Ilustración 2.5: Logotipo y eslogan de la pequeña empresa “AVÍCOLA GANAZHAPA”.....	18
Ilustración 2.6: Partes del huevo.....	23
Ilustración 2.7: Huevos Fértiles.....	29
Ilustración 2.8: Cambios sucesivos en la posición del embrión y de las membranas embrionarias.....	33
Ilustración 2.9: Desarrollo embrionario del pollo.....	34
Ilustración 2.10: Gallo fecundando gallina.....	35
Ilustración 2.11: Elección del gallo.....	36
Ilustración 2.12: Elección de la gallina.....	36
Ilustración 2.13: Manejo del nido.....	37
Ilustración 2.14: Número de huevos por gallina.....	37
Ilustración 2.15: Ovoscopia del huevo.....	39
Ilustración 2.16: Efecto de temperatura de incubación sobre los porcentajes de huevos fértiles empollados.....	41
Ilustración 2.17: Embrión.....	43
Ilustración 2.18: Desarrollo embrionario - Día quinto.....	47
Ilustración 3.1: Sistema prototipo de incubación artificial de aves de corral.....	53
Ilustración 3.2: Arduino Uno R3.....	61
Ilustración 3.3: Servomotor.....	61
Ilustración 3.4: Conexión de servomotor a fuente externa.....	61
Ilustración 3.5: Sensor de temperatura digital DS18B20.....	62
Ilustración 3.6: Conexión sensor digital de temperatura DS18B20 en Arduino.....	62
Ilustración 3.7: Sensor de temperatura y humedad DHT22.....	64
Ilustración 3.8: Pantalla de cristal líquido LCD 16x2.....	66
Ilustración 3.9: Pines de conexión de un LCD 1602.....	67
Ilustración 3.10: Conexión de LCD 1602 sobre Arduino y control de brillo de LCD....	67
Ilustración 3.11: Potenciómetro rotativo.....	68

Ilustración 3.12: Esquema electrónico de un potenciómetro.....	68
Ilustración 3.13: Pulsadores electrónicos.....	69
Ilustración 3.14: Esquema eléctrico de un pulsador.....	69
Ilustración 3.15: Vista frontal del equipo.....	71
Ilustración 3.16: Vista lateral del equipo.....	72
Ilustración 3.17: Vista superior del equipo.....	72
Ilustración 3.18: Esquema electrónico y eléctrico de conexiones del panel de configuración izquierdo, realizado en KiCad.....	72
Ilustración 3.19: Esquema electrónico y eléctrico de conexiones del panel de configuración derecho, realizado en KiCad.....	73
Ilustración 3.20: Vista de explosión del prototipo de incubación artificial.....	75
Ilustración 3.21: Chasis interior.....	75
Ilustración 3.22: Chasis exterior.....	77
Ilustración 3.23: Volteador de huevos.....	78
Ilustración 3.24: Nacedora.....	79
Ilustración 3.25: Momento flector.....	82
Ilustración 3.26: Tablero de control principal.....	89
Ilustración 3.27: Tablero de configuración principal – Panel izquierdo.....	90
Ilustración 3.28: Resistencia pull-up y pull-down en PIC.....	91
Ilustración 3.29: Resistencias pull-up y pull down en Arduino.....	92
Ilustración 3.30: Tablero de configuración principal – Panel izquierdo.....	93
Ilustración 3.31: Diagrama de flujo de configuración principal del primer código.....	100
Ilustración 3.32: Diagrama de flujo de configuración principal del segundo código....	121
Ilustración 3.33: Máquina de incubación artificial de huevos de aves de corral.....	146
Ilustración 3.34: Mayor valor de temperatura leída en el sistema de incubación.....	150
Ilustración 3.35: Menor valor de temperatura leída en el sistema de incubación.....	150
Ilustración 3.36: Valor mínimo de humedad relativa en el sistema de incubación.....	151
Ilustración 3.37: Valor máximo de humedad relativa en el sistema de incubación.....	151
Ilustración 3.38: Idea y elementos de una carta de control.....	159
Ilustración 3.39: Gráfica de control de temperatura media en el sistema de incubación artificial.....	165
Ilustración 3.40: Gráfica de intervalos de variación de humedad relativa en el sistema de incubación artificial.....	166

SIMBOLOGÍA

F	Fuerza	N
P	Presión	Pa
A	Área	mm ²
D	Dimensión	mm
V	Volumen del equipo	cm ³
T	Temperatura	°C
RH	Humedad relativa	%
σ	Esfuerzo	Pa
ε	Deformación	mm
L	Longitud	mm
f	Flexión	mm
E	Módulo de elasticidad	MPa
W	Watts (vatios)	W
Vdc	Voltaje en corriente directa	V
Vac	Voltaje en corriente alterna	V
R	Resistencia	ohm
m	Masa	kg
d	Días	día
W	Peso	Kg

LISTA DE ABREVIACIONES

E/S	Entradas/Salidas
CPU	Unidad Central de Procesamiento
EEPROM	ROM programable y borrable eléctricamente
ARDUINO	Microcontrolador
PUL	Pulsadores electrónicos
POT	Potenciómetros rotativos
LCD	Liquid Crystal Display (pantalla de cristal líquido)
TEMP	Temperatura en grados celsius (°C)
HUM	Humedad relativa en porcentaje (%)
RLY	Relay
CONT	Contactador
INCUB	Incubación
ROT	Rotación/Volteo de bandejas

LISTA DE ANEXOS

- Anexo 1** Planos de ensamble de la máquina incubadora automática
- Anexo 2** Planos del chasis interior de la máquina incubadora automática
- Anexo 3** Planos del chasis exterior de la máquina incubadora automática
- Anexo 4** Planos del volteador de huevos de la máquina incubadora automática
- Anexo 5** Planos de la nacedora de la máquina incubadora automática
- Anexo 6** Fotografías de la construcción del sistema prototipo de incubación artificial
- Anexo 7** Fotografías de ovoscopía, lecturas de variables de la primera y segunda prueba de incubación y fases de desarrollo embrionario
- Anexo 8** Cronograma de actividades

RESUMEN

El presente proyecto tiene como finalidad el desarrollo de un sistema de incubación artificial para huevos de aves de corral con énfasis en la incubación de huevos de gallina, mediante la programación en Arduino. El equipo tiene a disposición un panel de control con dos pantallas de cristal líquido y paneles de configuración basados en pulsadores electrónicos y potenciómetros analógicos rotativos, para cada sección indicada. La temperatura interna se consigue gracias a una niquelina de calefacción de aire de 250 vatios, mientras que la humedad se obtiene por medio de la vaporización forzada de agua que se logra por una niquelina de calefacción sumergida de 700 vatios a 110 voltios de corriente alterna. Mediante el uso de los sensores DS18B20 y DHT22, se evaluó el prototipo mediante pruebas con el sistema en pleno funcionamiento cubriendo un rango de medición de temperatura entre 35,5 y 50 °C y de humedad relativa de 25 al 100% con resoluciones de 0.1°C y 0.1% RH, respectivamente. Con este equipo, se concluye que, el usuario tiene: la posibilidad de configurar la cantidad de días a incubar, así como el control del giro o rotación de los huevos a través de un menú configurable por potenciómetros rotativos colocados en el panel de control derecho; en el menú de control izquierdo, al cual le rige un control mediante pulsadores electrónicos, el usuario podrá programar y observar en tiempo real los valores de las variables que rigen el proceso, específicamente temperatura, humedad relativa, y días transcurridos desde la colocación de los huevos hasta la eclosión de los pollitos. Antes de utilizar el sistema de incubación, se recomienda realizar un pre-calentamiento previo de la cámara de incubación, para lograr que el sistema se acondicione correctamente a las necesidades del proceso.

PALABRAS CLAVE: <INCUBADORA (EQUIPO)>, <HUEVOS (CIGOTO)>, <TEMPERATURA (CONTROL)>, <HUMEDAD RELATIVA (VARIABLE)>, <POSICIÓN DEL HUEVO (MECANISMO)>, <BRICSCAD FOR LINUX (SOFTWARE)>, <SIEMENS NX FOR LINUX (SOFTWARE)>, <SENSORES (INSTRUMENTACIÓN)>

ABSTRACT

The present research is carried out to develop an artificial incubation system for poultry eggs with an emphasis on the hatching of hen's eggs, by programming in Arduino. The equipment has a control panel with two liquid crystal displays and configuration panels based on electronics pushbuttons and rotatory analog potentiometers, for each section indicated. A 250-watt air heating nickel achieves the internal temperature, while humidity is obtained by the forced vaporization of water, which is achieved by a submerged heating nickel from 700-watts to 110 volts of alternating current. With the DS18B20 and DHT22 sensors, the prototype was evaluated by tests with the system in full operation covering a range of temperature measure between 35.5 and 50°C. In addition relative humidity from 25 to 100% with resolutions of 0.1°C and 0.1% RH, respectively. It is concluded that the user has the possibility setting up the number days for being incubated like the control of rotation from eggs; through, an menu configurable by rotatory potentiometer, it placed right and panel left control menu, which a control is governed by electronic pushbuttons. The user can program and observe real time values of the variables that govern process like specially temperature, relative humidity and days elapsed since the placement of eggs until the hatching of chicks. Before using the incubation system, it is recommended to preheat the incubation chamber to ensure that the system is correctly fitted to the needs of the process.

Key words: <IINCUBATOR (EQUIPMENT)>, <EGGS (ZIGOTE)>, <TEMPERATURE (CONTROL)>, <RELATIVE HUMIDITY (VARIABLE)>, <POSITION OF THE EGG (MECHANISM)>, <BRICSCAD FOR LINUX (SOFTWARE)>, <SIEMENS NX FOR LINUX (SOFTWARE)>, <SENSORS (INSTRUMENTATION)>

INTRODUCCIÓN

Desde tiempos muy remotos, las aves han constituido una importante fuente de alimentación para los seres humanos, debido a que éstas proporcionan gran cantidad de proteínas para el crecimiento, las defensas y la regeneración de los tejidos de nuestro cuerpo. Así mismo, la reproducción de aves forma un arte y una disciplina muy exitosa en cuanto al ámbito económico, puesto que existe una gran variedad de especies con diferentes cualidades y para propósitos distintos. Al respecto, en la Web Wikipedia (2016) se afirma que a la explotación de aves se le ha puesto un nombre específico, que es la avicultura; la cual se define como la práctica de cuidar y criar aves como animales domésticos.

A través de los años el consumo de aves se ha ido incrementando, lo que ha generado la necesidad de buscar una alternativa para multiplicar la producción avícola, es así como el ser humano comienza a incubar los huevos de manera artificial.

Azcoytlá (2009), sostiene que Egipto fue el primer pueblo en incubar artificialmente huevos en lugares semi-subterráneos mediante el calor producido por el estiércol de camello, más adelante esta técnica se fue mejorando dando origen a lo que actualmente se conoce como incubadora eléctrica, que se refiere a un dispositivo que tiene la función común de crear un ambiente con la humedad y temperatura adecuadas para el crecimiento o reproducción de seres vivos (Web Wikipedia 2016). Actualmente, las incubadoras son utilizadas en el campo avícola para una mayor producción de aves, principalmente de pollos y codornices, sin embargo los medios de incubación no siempre son los idóneos para tal propósito.

El objetivo de éste proyecto es desarrollar un concepto de diseño para el sistema de incubación artificial avícola, enfocado al pollo; que realice las acciones que garanticen su funcionamiento y reduzcan la responsabilidad del avicultor en la regulación y control del mismo.

El diseño y construcción de este prototipo para incubación, a más de la implementación y adaptación del equipo para funcionamiento ininterrumpido en condiciones favorables o no, comprende un estudio de los parámetros más influyentes en el proceso de incubación y su importancia o prioridad dentro del mismo.

Los parámetros de control dentro de la incubadora artificial son la temperatura, humedad relativa, ventilación y volteo; variables físicas controladas de manera autónoma e interrelacionadas por hardware y software a través de Arduino. Para la temperatura se utiliza controles pwm con un bloque de segmento de niquelina de calefacción de aire de 250W en configuración mixta (serie-paralelo), así como dispersores de calor (ventiladores) de 12Vdc. De igual forma para la generación de humedad relativa se utiliza un bloque de segmento de niquelina calefactora de agua de 700W, el mismo que genera humedad caliente dentro del sistema de incubación.

La ventilación reemplaza el aire combustionado (Dióxido de carbono CO₂) proveniente del embrión en desarrollo dentro de los compartimientos de incubación y eclosión, por aire puro (21% de oxígeno), para lo cual se permite la circulación libre de aire a través de 2 orificios ubicados en la puerta de la incubadora. El orificio derecho cuenta con un ventilador, el mismo que ayuda a la absorción y reposición de aire del medio externo mientras que por el orificio ubicado al lado izquierdo se expulsa el aire combustionado.

Para el control de volteo se ha construido un mecanismo a base de un servomotor cuyo torque máximo es de 15 kg y unas bandejas en las cuales se colocarán los huevos; el servomotor permite una transmisión a baja velocidad y gran torque para soportar el peso de los huevos.

En este sistema se utiliza la programación en Arduino, la cual permite además del control del volteo de los huevos, controlar el tiempo máximo que el sistema debe estar ejecutándose antes de entrar en una etapa de receso, según el tipo de ave que se vaya a incubar, antes de su eclosión.

Por último, el equipo permite la comunicación usuario-máquina y configuración de

parámetros en tiempo de ejecución a lo largo de todo el proceso, así como también incluye señalización visual y pulsadores para iniciar y/o detener el sistema en caso de fallas imprevistas.

Este documento ha sido realizado con la ayuda de la suite ofimática LibreOffice

Licencia Pública General Reducida de GNU LGPLv3

Disponible bajo los términos de licencia pública de Mozilla, versión 2.0

2000 – 2016

1 CAPÍTULO I

MARCO REFERENCIAL

1.1 Antecedentes

“La incubación artificial de los huevos en industrias avícolas es una práctica muy antigua. (DURÁN Ramírez 2004) menciona que, la aplicación de los principios de incubación era un secreto celosamente guardado, que pasaba de una generación a otra.

La temperatura adecuada se juzgaba al colocar un huevo incubado en la órbita del ojo de una persona para hacer una determinación precisa. Los cambios de temperatura se efectuaban en la incubadora al mover los huevos, al añadir más de éstos para usar el calor del desarrollo embrionario de los huevos más viejos y mediante la regulación del flujo de aire fresco a través del área de nacimientos”.

Bajo esta conceptualización, las empresas avícolas nacen debido a que en sus inicios como granjas, se mostraba un bajo crecimiento económico y productivo. En sus nidales se producían únicamente las cantidades de huevos necesarios para cubrir la inversión de alimentos para todas sus aves.

Para satisfacer la demanda de consumo de huevo y pollo, el ser humano ha construido a lo largo de la historia diversos dispositivos con el fin de reproducir las condiciones de incubación natural. Por ello, empezando por la selección de huevos para vender e incubar y, terminando por la venta de pollitos, las empresas avícolas ven en la incubación artificial el medio preciso para elevar tanto la producción de huevos, como la cantidad de pollitos que se incuban en un período de 21 días.

Con el paso del tiempo se fueron conociendo con mayor detalle las condiciones de operación que debe tener la incubadora, lo que permitió obtener mejores resultados en la producción. En 1742 un físico en París, construyó un dispositivo usando una caja de madera, a la cual le colocó un termómetro para poder medir y controlar la temperatura y en 1922, surgió la primera incubadora que usaba energía eléctrica.

1.1.1 Las aves.

Los periodos de incubación varían de 11 días a 85 días, algunas especies comienzan a incubar con el primer huevo, de modo que los polluelos eclosionan a tiempos diferentes, otros comienzan al poner el último, de modo que los polluelos eclosionan a la vez.

Depende mucho el tamaño de las mismas y la capacidad de incubar huevos, ya que no todas las hembras tienen esa capacidad. Los períodos de incubación varían de especie a especie, sin embargo para huevos de gallina y codorniz, en la práctica siempre se emplean los mismos periodos de tiempo de incubación (21 días aproximadamente)

1.1.2 Manejo en la incubadora.

Al respecto, en (ECURED 2010) “antes de cargar los huevos en las máquinas de incubación, deben pasar por un período de pre-calentamiento, con objeto de evitar un cambio brusco de temperatura entre la mantenida en la sala de conservación y la de las máquinas de incubación, lo que daría lugar al "sudado" de los huevos.”

(SAUVEUR 1993) lo denomina como pre-incubación, y “lo que se pretende es anular los efectos del aprovisionamiento sobre la velocidad de desarrollo del embrión”.

En su artículo, (LEMBCKE 2001) menciona que existen dos métodos principales de precalentamiento:

- Aumentar la temperatura durante ciertos períodos de tiempo en varias ocasiones a lo largo del almacenamiento
- Incrementar la temperatura durante unas horas inmediatamente antes de ponerlos a incubar

Quizás el primer método sea el más seguro, pero también el más pesado de realizar.

1.1.2.1 Control de la temperatura

Según (SAUVEUR 1993), “La temperatura de incubación de las especies domésticas se sitúa en un estrecho margen, entre los 37 y los 38°C. Para las gallinas en concreto, la

temperatura ideal de incubación es de 37,5 a 37,7°C”. “También parece que el valor de la temperatura ideal es distinto según se trate de incubadoras de carga continua o de carga única, debido a que en éstas últimas la temperatura se puede ajustar al valor adecuado al estado de desarrollo del embrión durante el período de incubación.

“La mínima precaución que se debe tomar en consideración, es que la temperatura de los huevos destinados a ser introducidos en la máquina se equipare con la que hay en la sala de incubación (23°C). Cuando se efectúa una carga única de la incubadora es preciso forzar el calentamiento de los huevos durante la primera semana; por esta razón, algunas plantas de incubación trabajan esa semana a 38°C”.(ENSMINGER 1976)

1.1.3 Regulación de la humedad relativa.

“La humedad en donde se desarrolla la incubación requiere un riguroso control, en virtud de obtener una óptima tasa de eclosión y un tamaño correcto del polluelo, ya que ambos parámetros están afectados por la pérdida de peso que sufre el huevo durante la incubación. Esta pérdida de peso se debe únicamente a la pérdida de agua, puesto que el intercambio respiratorio del embrión no implica cambios en la masa del huevo. Esta pérdida de agua depende de:

- La humedad de la incubadora.
- La conductividad de la cáscara.

La humedad relativa durante el proceso de incubación debe situarse entre el 50 y el 60%. (ENSMINGER 1976)

“Para conseguir la humedad necesaria se suelen emplear o bien boquillas nebulizadoras o bien bloques de níquelina calefactoras de fluidos. Las primeras operan reguladas mediante una válvula solenoide, aunque tienen el inconveniente de que pueden obturarse con aguas muy duras. De ahí que sean preferibles los sistemas basados en los bloques segmentados de níquelinas, accionadas automáticamente y situadas sobre una cubeta llena de agua, la que proyectan en el interior de las máquinas cuando ello se requiere”(Colectivos de autores 2008).

1.1.4 Posición y volteo de los huevos.

(BUXADE 1987) menciona que, “los huevos se deben de colocar con la parte grande hacia arriba para obtener mejores resultados. Sin embargo, se puede obtener una eclosión muy buena si los huevos se colocan de lado. Una muy mala eclosión va a ocurrir si los huevos se colocan en la incubadora con la parte puntiaguda hacia arriba”.

“Los huevos se pueden voltear varias veces al día para obtener una mejor incubabilidad. Esto garantizará que no se pegue el embrión al cascarón. Se debe repetir el volteo a lo largo del día de 24 horas. Sin embargo, el volteo en la noche se puede eliminar, siempre y cuando se haga uno al final de la tarde y otro temprano en la mañana. (ECURED 2010)

Los huevos se deben de voltear al menos cuatro veces durante un período de 24 horas y voltearse en un plano imaginario vertical de 90 grados lo más suavemente posible. El volteo se debe continuar hasta uno a tres días antes del nacimiento o hasta que los huevos “piquen”; después de esto, la posición y el volteo no van a tener efecto sobre los nacimientos” (DURÁN Ramírez 2004).

1.1.5 Ventilación.

“Ya que el embrión en desarrollo recibe oxígeno de la atmósfera y libera dióxido de carbono, debe incorporarse a la incubadora la capacidad de ventilación. Mientras más huevos haya en el compartimiento de la incubadora y más viejo sea el embrión, más oxígeno se va a requerir” (ECURED 2010).

1.2 Planteamiento del problema

En la actualidad se cuenta con diversos modelos de incubadoras que funcionan de forma muy aceptable, pero hay que supervisar constantemente los parámetros de operación y modificarlos haciendo uso de instrumentos analógicos (como son los termostatos de diafragma y termómetros analógicos), además de que su respuesta es lenta, se tienen que calibrar estos instrumentos cada vez que se hace un cambio de lote para incubación.

La baja producción de pollitos a partir del método de incubación natural, tiende a ser eliminada en el sector avícola a mediana y a gran escala, debido a la deficiente producción que este supone. Detener la producción de huevos durante la incubación natural representa grandes pérdidas en los sectores avícolas, que ven en la incubación artificial el método más óptimo para eliminar estas problemáticas y así aumentar la producción en el sector.

Realizar la implementación de un modelo automático de incubación de huevos, es una de las mejores alternativas que la empresa tiene para incrementar su producción de aves y por ende, la producción paralela de huevos. Un sistema de incubación artificial, no solo aumenta lo que se mencionó anteriormente, sino también la población de aves para su posterior venta y/o distribución en los sectores en los que la empresa esté situada estratégicamente.

1.3 Justificación

1.3.1 Justificación teórica.

Realizar un proyecto de tales magnitudes ayudará principalmente a que la producción de aves de corral aumente considerablemente y además, que la producción de huevos, en especial de las gallinas, no se vea afectada por el período de incubación de los mismos, logrando de esta manera que el proyecto sea viable desde dos ejes paralelos que son la producción y la economía.

1.3.2 Justificación metodológica.

La metodología empleada en el desarrollo final del proyecto, está basada en el diseño factorial 2^k y la realización de cartas de control X-S, considerando que los factores a medir son la temperatura, la humedad, el tiempo de incubación, ventilación, reposición de aire y el volteo de los huevos, durante cada ciclo de incubación. El diseño experimental arroja los resultados de cuáles son los factores y/o parámetros más importantes, y a los cuales se los debe controlar con mayor vigor; las cartas de control sirven especialmente para representar gráficamente como se comportan los cambios en la temperatura y la humedad relativa dentro del sistema de incubación artificial. Con

esto se logra implementar técnicas de control de temperatura y humedad que, en el mismo ciclo de incubación, serán las que ayuden a que el sistema sea implementado totalmente en el sector avícola.

1.3.3 Justificación práctica.

La utilidad del sistema de incubación artificial de huevos de aves, traza el camino para que la industria avícola crezca productiva y económicamente. La utilización de este sistema autónomo, ayuda a que el usuario final solo tenga que realizar un control visual del medio, para comprobar que el proceso se esté llevando a cabo. Decidir emplear un sensor digital de temperatura y otro para lectura de humedad relativa, son los puntos duros en el desarrollo del sistema de incubación artificial, ya que con ellos se logra que el encendido y/o apagado de los elementos de generación de temperatura y de humedad, se accionen únicamente cuando las condiciones así lo ameriten.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general.

- Diseño y construcción de un prototipo de incubación artificial de huevos, con control automático de temperatura y humedad para la Avícola GANAZHAPA, en la parroquia Taquil de la ciudad de Loja.

1.4.2 Objetivos específicos.

- Implementar técnicas de control de temperatura y humedad relativa, en un sistema de incubación artificial de huevos de gallina.
- Diseñar el sistema de incubación artificial para huevos de gallina.

- Construir el chasis y el modelo completo para el sistema de incubación artificial.
- Evaluar el prototipo a través de pruebas con el sistema en pleno funcionamiento.
- Proponer el diseño para la implementación luego de haber concluido las pruebas correspondientes.

2 CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Aspectos generales sobre la parroquia Taquil

2.1.1 Caracterización general de la parroquia.



Ilustración 2.1: Vista de la iglesia de la Parroquia Taquil

Fuente 1: Municipio de Loja

Autor: Desconocido

“La Parroquia Taquil se ubica al sur de la República del Ecuador, al nor-occidente del Cantón Loja perteneciente a la Provincia de Loja” (Municipio de Loja 2016).

Detalles de la parroquia	
Nombre del GAD	GOBIERNO AUTÓNOMO PARROQUIAL TAQUIL
Fecha de creación parroquia	16 de Abril de 1911
Población total al 2014	La Parroquia Cuenta con una población total de 3.663 habitante
Extensión	90,26 Km2 de superficie total
Límites	Norte: Parroquia de Santiago Sur: Cantón Catamayo (La Toma) Este: Ciudad de Loja Oeste: Parroquia Chantaco y Cantón Catamayo
Rango altitudinal	Varía desde los 1.180 a 2.230 m.s.n.m.

Tabla 2.1: Detalles geográficos de la parroquia Taquil

Fuente 2: Municipio de Loja

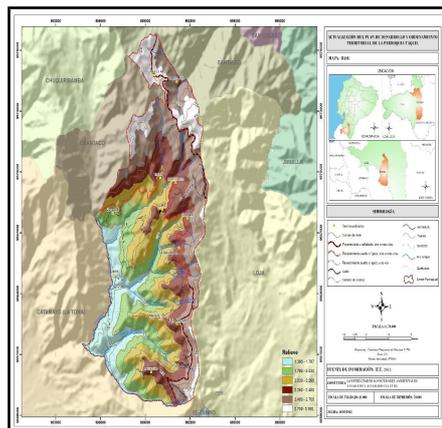
2.1.2 División territorial.

La parroquia Taquil (Miguel Riofrío) con su cabecera parroquial Taquil, está constituida territorialmente por 12 barrios distribuidos de la siguiente manera:

- Taquil
- Cera
- Gonzabal
- Macainuma
- Limón
- Naranjito
- Duraznillo
- Cachipamba
- Cenen Alto
- Paja Blanca

Dentro de la parroquia encontramos algunas instituciones públicas y privadas que aportan con el desarrollo de la localidad.

- Subcentros de Salud
- Colegio
- Escuelas
- Tenencia Política
- UPC - Unidad de Policía Comunitaria
- Centro Artesanal



*Ilustración 2.2: Mapa Base de la Parroquia
Fuente 3: Fuente: Senplades Zona 7, 2015
Elaborado por: Consultores y Constructores Alvarado & Alvarado*

En la parroquia se encuentra uno de los sectores eminentemente productivos ya sea en el ámbito agrícola como en el artesanal.

De igual modo, una producción desde hace mucho tiempo atrás de vasijas de barro elaboradas por mujeres artesanas que se han organizado y capacitado para proveer al mercado de un producto de calidad con agradables diseños aptos para la comercialización”.(PATIÑO Cartuche 2015)

2.1.3 Hidrografía.

“El sistema hídrico de la parroquia cuenta con vertientes y quebradas que dan vida a los habitantes, a la flora y fauna.



Ilustración 2.3: Elaboración ollas de barro "Barrio Cera"

Fuente 4: Municipio de Loja

Autor: Desconocido

Desde sus ancestros y en la actualidad los moradores, una parte se dedican a la agricultura y ganadería, otros como profesionales en diferentes ramas del quehacer humano, contribuyendo con su trabajo para el desarrollo de la Provincia sin olvidar su lugar natal.

Es muy importante destacar la elaboración de cerámicas de arcilla en los barrios Cera y Cachipamba. La Parroquia de Taquil cuenta con un sistema productivo de calidad, referenciada en los mercados de Catamayo y Loja” (Municipio de Loja 2016).

Actividades económicas no explotadas

- Ecoturismo
- Artesanías
- Música
- Agricultura orgánica
- Microempresas agropecuarias y artesanales

2.1.4 Atractivos turísticos.

“Esta parroquia con un área de 180 Km², con orografía muy accidentada que lo constituye en un verdadero laberinto de cerritos, pequeñas cordilleras y lomas alrededor de la Hoya de Loja que es de relieve bastante irregular.

Con abundantes quebradas que contribuyen a la fertilidad del suelo, se trata de un verdadero sistema orográfico formado por las cordilleras de Sayocruz, Cajatamas, Sacama, Hatillo, Jindo, Guindona y otros lomerios de menor importancia.

Su arquitectura es de tipo republicano tradicional que conjuga la belleza de su entorno. Otro de los atractivos lo constituye la artesanía de la comunidad de Cera, esta práctica alfarera tradicional constituye la muestra más significativa y representativa de la cerámica comunitaria lojana, en cuya elaboración el conocimiento y habilidad de las artesanías han venido transmitiéndose de generación en generación hasta nuestros días”.¹ (Municipio de Loja 2016)



*Ilustración 2.4: Panorama atractivo de la Parroquia Taquil
Fuente 5: Municipio de Loja
Autor: Desconocido*

2.2 Aspectos generales sobre “AVÍCOLA GANAZHAPA”

Hacia el año 2015, con el sueño de lograr expandirse a nivel del sector en el que actualmente se encuentra generando beneficios económicos, nace AVÍCOLA GANAZHAPA, una empresa familiar representada por su dueño y gerente propietario el señor Segundo Ganazhapa (padre) y Luz Malla (madre).

Su fin es el de favorecer el crecimiento de la industria local atendiendo los requerimientos de los clientes, proveyendo pollos en pie y huevos frescos y sanos al por mayor y menor.

Está ubicada en el sector “El Panecillo”, en la Parroquia Taquil de la ciudad y provincia de Loja, a pocos metros de la plazoleta principal de la parroquia mencionada, es una empresa familiar que dedica su tiempo a la crianza y venta de otras especies de animales

¹ <http://www.loja.gob.ec/contenido/taquil>

como cuyes y conejos, al igual que a la producción de pollitos y codornices bebés. Su gerente propietario, el señor Segundo Juan Ganazhapa, menciona que *“la producción de pollo ha crecido considerablemente en los últimos años y está extendida a nivel nacional e internacional, sobre todo en climas templados y cálidos, esto gracias a su alta rentabilidad, excelente acogida en el mercado, facilidades para encontrar muy buenas razas y alimentos concentrados y de alta calidad”*

Para completar el proyecto avícola se deben tener en cuenta los siguientes cuatro factores:

- *el tipo de ave y la raza,*
- *el alimento,*
- *el control sanitario; y por último*
- *el manejo que se le da al aprovechamiento de este tipo de explotación”.*

Además, indica que “las buenas razas de aves son aquella que tienen una gran habilidad para convertir el alimento consumido en carne para consumo en poco tiempo”.

2.2.1 Logotipo.

El eslogan publicitario, sugiere que *“EL HUEVO QUE ES CONSUMIDO POR PARTE DE LA CIUDADANÍA, ES AQUEL QUE LA EMPRESA PUEDE PROPORCIONAR Y ENTREGARLO EN LAS MEJORES CONDICIONES AL CLIENTE FINAL, GARANTIZANDO SU FRESCURA Y SU JUSTO PRECIO”.*



*Ilustración 2.5: Logotipo y eslogan de la pequeña empresa “AVÍCOLA GANAZHAPA”
Fuente: Autor*

2.2.2 Política de la empresa “AVÍCOLA GANAZHAPA”

En “AVÍCOLA GANAZHAPA S.A.”, nos declaramos altamente comprometidos con el bienestar de nuestros clientes mediante el permanente mejoramiento de los procesos de producción y servicio de atención a nuestros clientes luego de la compra de pollos y huevos para su consumo.

2.2.3 Objetivos de la empresa “AVÍCOLA GANAZHAPA”.

1. Producir y comercializar de forma mayorista: pollos bebé y de engorde.
2. Producir y comercializar de forma mayorista: huevos de gallina y de codorniz.
3. Ser competentes y crear, mejorando la línea de producción mediante el empleo de nuevas tecnologías, para satisfacer la demanda de nuestros clientes.
4. Lograr una mayor participación en el mercado local para llegar a ser una marca reconocida y lograr un incremento de las ventas en un 80%.

2.2.4 Misión de la empresa “AVÍCOLA GANAZHAPA”.

Producir y comercializar, huevos de gallina y codorniz, así como pollos pesados que cumplan con los exigentes estándares de calidad que contribuyan al óptimo crecimiento de la empresa.

2.2.5 Visión de la empresa “AVÍCOLA GANAZHAPA”.

Posicionar el nombre de AVÍCOLA GANAZHAPA S.A., como opción preferente de la industria avícola parroquial, cantonal y local, por el valor y confianza derivados de la

calidad de su gente, sus productos avícolas y sus procesos derivados de las nuevas tecnologías empleadas.

2.2.6 Producción en la empresa “AVÍCOLA GANAZHAPA”.

Con una producción actual, mediante incubación natural de 11 pollitos por cada cuatro aves hembra, en un ciclo de incubación comprendido de 21 días y, 4 codornices en un ciclo de incubación comprendido de 17 días, de cinco codornices hembras con las que se cuenta, AVÍCOLA GANAZHAPA ve en la incubación artificial un método para solventar problemas como:

- falta de espacios para la incubación natural,
- temperaturas variables muy altas o muy bajas,
- excesiva humedad relativa,
- falta de gallinas y codornices ponedoras para la incubación natural.

Tal como manifiesta textualmente su gerente, *“creo que con un sistema de incubación artificial, podré lograr una mayor producción de pollitos y codornices en los mismos tiempos y con menos preocupación de que las aves dejen de producir huevos durante su período de incubación”*

Con esta producción actual, según señala, logra solventar únicamente los gastos de compra de balanceados y maíz para la alimentación de las mismas aves, razón por la cual, y según información recolectada por sí mismo, sabe que este método de incubación es el mejor que puede tener en su pequeña empresa.

La producción que demandan a su empresa son, principalmente:

- Pollos de engorde
- Pollos camperos
- Codornices
- Huevos de gallinas
- Huevos de codorniz

2.3 Definiciones generales

(VIZCAÍNO Cabezas y BETANCOURT 2013) menciona, que “la cría de aves es considerada una fuente alternativa de ingresos económicos; por tales se presenta como una eficiente alternativa, el uso de las incubadoras artificiales de tipo casero y más aún las automáticas, para el proceso de incubación de huevos, estas tienen una capacidad de incubar un número ilimitado de huevos por cada proceso de incubación, dependiendo del tamaño de la incubadora”.

2.3.1 Granja avícola.

Según el medio de información especializada en avicultura, (COMPASSION 2017), “una granja avícola es un establecimiento agropecuario para la cría de aves de corral tales como pollos, pavos, patos, y gansos, con el propósito de usarlos como base alimenticia sea matándolos por su carne o recogiendo sus huevos. Las aves de corral son criadas en grandes cantidades, siendo la cría de pollos y gallinas la de mayor volumen.

Anualmente se crían más de 50 000 millones de pollos como fuente de alimento, tanto por su carne como por sus huevos. Solo en el Reino Unido se consumen más de 29 millones de huevos por día”.²

2.3.2 Avicultura.

En (ECURED 2010) se menciona que, “la palabra “avicultura”, designa genéricamente a toda actividad relacionada con la cría y el cuidado de las aves, como así también el desarrollo de su explotación comercial.

Pero “avicultura” es un término que en su significado más íntimo se halla vinculado con el desarrollo de una actividad “cultural”, la cual transforma a la persona que la ejerce en “avicultor. Decir “avicultor”, es decir persona que consagra su vida al conocimiento y cuidado de las aves pero no necesariamente con una finalidad económica.

(DURÁN Ramírez 2004), menciona que “la palabra avicultura en realidad es muy

2 <http://www.ciwf.org.uk/farm-animals/chickens/>

abarcativa, ya que bajo esta denominación se incluye el cuidado y explotación comercial de distintas especies avícolas, como son las gallinas, pavos, patos, gansos, codornices, faisanes, aves canoras y hasta especies consideradas silvestres como el ñandú y la perdiz colorada.

La producción avícola ha pasado de ser una actividad auxiliar y secundaria dentro de las explotaciones agropecuarias, para convertirse en una verdadera industria, siendo hoy, entre las producciones pecuarias la más intensificada, no sólo en adopción de tecnología dura, sino también en cuanto al desarrollo y aplicación de conocimiento zootécnico. En la actividad avícola de pollos y gallinas se han distinguido dos conceptos: “Avicultura tradicional” e “Industria Avícola” (también denominada “Avicultura Industrial”).

2.3.2.1 Avicultura tradicional.

(VARGAS González 2015) menciona que ésta “engloba a los criadores de aves de raza (exposiciones rurales). Si bien persiguen lucro con sus actividades, éstas no presentan un plan de negocios de complejidad como lo manifiestan las empresas dedicadas a la “Avicultura Industrial”. Por lo general esta actividad ha quedado reducida a un círculo cada vez más estrecho, que en muchos casos reviste dimensiones de “hooby” sin tener significación para la economía tradicional”.

2.3.2.2 Avicultura industrial.

Así mismo, (VARGAS González 2015) indica que “La “Avicultura Industrial” se guía en dos direcciones: La producción de carne de pollos y la producción de huevos para consumo, ambas, con características organizacionales distintas.

La primera se caracteriza por estar organizada casi en su totalidad bajo el sistema de Integración vertical.

Este sistema se denomina así por la relación de subordinación que existe entre una empresa y propietarios de granjas de engorde (granjeros)”.’

2.3.3 El huevo.

(ROJAS, A 2015) indica que, “el huevo de ave es una maravilla de la naturaleza y uno de los alimentos más completos que existen, como lo prueba su contenido equilibrado de proteínas, grasas, hidratos de carbono, minerales y vitaminas, del cual depende exclusivamente la subsistencia del pollito en desarrollo durante los 20 días que permanece dentro cascarón. Además, es uno de los pocos alimentos que se producen con envase previo”.

2.3.3.1 Partes del huevo.

En la ilustración 2.6 se representa esquemáticamente la estructura del huevo. En la ilustración 2.6 se representa esquemáticamente la estructura del huevo. “La cubierta protectora, conocida como cáscara, está compuesta principalmente por carbonato de calcio, y tiene de 6,000 a 8,000 poros microscópicos que permiten el paso de compuestos volátiles”.(ENSMINGER 1969)

“La cámara de aire, ubicada en el polo más obtuso del huevo (parte roma), se forma al separarse las membranas testácea interna y externa de la cáscara. La chalaza, en forma de cordón, mantiene a la yema en el centro del huevo.

Como se observa, la yema está rodeada de una membrana, conocida como vitelina”. (ENSMINGER 1976)

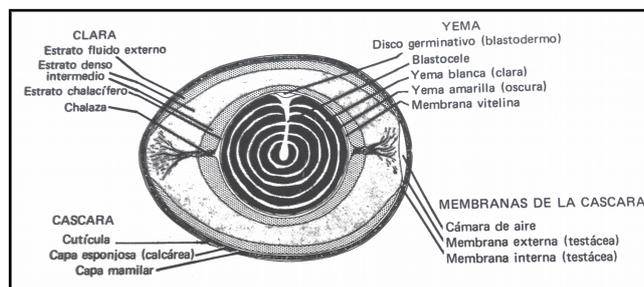


Ilustración 2.6: Partes del huevo
Fuente 6: Ensminger, Zootecnia General

2.3.3.2 Calidad del huevo y factores que la afectan.

(ENSMINGER 1969) señala que, “la calidad de los huevos producidos por los planteles comerciales de la actualidad se está volviendo progresivamente superior mediante el

perfeccionamiento de las crías, la alimentación, el manejo y comercialización. Sin embargo, los huevos son productos perecederos, y deben ser manipulados en forma apropiada.

Es de gran importancia, por consiguiente, que los productores, distribuidores y minoristas mantengan ese nivel de calidad”.

(ENSMINGER 1976) hace gran referencia, en que “los consumidores reclaman huevos que parezcan recién puestos por su aspecto, de sabor agradable y alto valor nutritivo. Las cascaras deben ser consistentes y limpias; la clara (o albúmina) debe ser espesa y transparente, y la yema, de color amarillo claro y libre de manchas de sangre”.

2.3.3.3 Producción de huevos de calidad.

(DURÁN Ramírez 2004) aclara, que a pesar de la creencia generalizada, no todos los huevos que se recogen del nido son necesariamente de primera calidad. Sin embargo, se puede producir una gran proporción de huevos de calidad superior mediante la adopción de las siguientes prácticas:

1. Seleccionar una estirpe de gallinas que ponen huevos de alta calidad. La gran capacidad hereditaria de producir huevos de alta calidad reviste indudable importancia.

La forma del huevo, el color de la calidad de la cascara, su consistencia, la calidad de la albumina y la incidencia de manchas de sangre son factores que pueden ser influidos por medio de la cría selectiva. La mayoría de los avicultores prestan considerable atención esta posibilidad. Para ese fin, datos de las pruebas de muestreo al azar tienen gran valor

2. Suministrar raciones bien balanceadas. Las deficiencias de calcio, fósforo, manganeso y vitamina D₂ conducen a la mala calidad de la cáscara. El color de la yema depende casi enteramente de la ración. Los bajos niveles de vitamina A pueden aumentar la incidencia de manchas de sangre.

3. Mantener al plantel libre de enfermedades. Ciertas enfermedades, especialmente la de Newcastle y la bronquitis infecciosa, son la causa frecuente de que las aves pongan huevos con la cáscara mal-formada y blanda, o sin cascara.
4. Reemplazar las ponedoras cuando tiene entre 18 y 20 meses de edad. Los huevos de mas fina calidad son puestos por pollas. Las gallinas de mas edad producen huevos que carecen de calidad aceptable en la cascara y de firmeza en la albúmina.
5. Producir huevos sin fecundar para el mercado. Deben mantenerse a los machos apartados del plantel de postura.

2.3.3.4 Huevos para el consumo.

(CASTELLÓ C. 1999), menciona que la observación de las siguientes reglas contribuirá a mantener la calidad del producto hasta que llegue al consumidor:

1. Recolectar los huevos con frecuencia. Los huevos deben ser recogidos en canastas bien ventiladas o en cartones portahuevos tres o cuatro veces por día.

Las recolecciones frecuentes reducen la exposición de los huevos al calor corporal y, además, permiten que disminuya el número de huevos rotos o agrietados.

2. Producir huevos limpios. Los huevos se hallan generalmente limpios cuando la gallina los pone. Si se recolectan con frecuencia, se suministra abundante material de cama seco para el nido y se lo cambia cuando sea necesario, muy pocos se ensuciarán.
3. Limpiar los huevos manchados para evitar el excesivo manoseo, se deben limpiar todos los huevos en vez de separar los que están sucios. Los elementos

esenciales para la correcta limpieza de las cáscaras son sumergir a los huevos en soluciones con un detergente desinfectante apropiado y una máquina lavadora. Se utilizará agua limpia, a una temperatura de 45 a 50° C, y se agregará a ella el detergente de acuerdo con las instrucciones del fabricante, para cerrar los poros de la cáscara.

4. Tratar la cáscara con aceite. Para impedir que el anhídrido carbónico del huevo se difunda en la atmósfera, se cubrirá la cáscara con aceite mineral liviano, inodoro, incoloro e insípido. El aceite puede aplicarse automáticamente con las instalaciones de procesamiento en línea o mediante un pulverizador manual.

5. Enfriar los huevos en forma correcta. El enfriamiento de los huevos inmediatamente después de recolectarlos elimina el calor y retarda cualquier reacción que pudiera conducir al deterioro de su calidad. Lo más adecuado es que permanezcan entre 10 y los 13 °C, con una humedad relativa del 75 al 80 por ciento.

6. Examinar los huevos al trasluz. Esta es la forma más práctica de determinar la calidad de los huevos. El objeto es descubrir y eliminar los que presentan manchas de sangre y grietas. La cáscara debe estar sana, libre de rajaduras y tener una consistencia apropiada.

7. Clasificar los huevos por el peso. Después de examinarlos a la luz, los huevos deben ser clasificados por su peso. En los grandes establecimientos comerciales, la operación se realiza utilizando una serie de balanzas, por lo cuales son pasados sucesivamente, hasta obtener el peso uniforme para un envase determinado.

8. Envasar los huevos correctamente. Los huevos deben ser envasados con los extremos más agudos hacia abajo. Cuando el polo obtuso del huevo es colocado hacia abajo, puede suceder que la cámara de aire se desplace hacia el extremo menor. También es importante mantener limpias las cajas de cartón y los cajones. Ello impide que se forme moho y los huevos adquieran por esa causa un gusto extraño.

9. Efectuar entregas frecuentes. Los huevos deben ser llevados al mercado con la mayor rapidez posible, por lo menos dos veces por semana. Además es esencial mantenerlos frescos durante su transporte. Después que son entregados al distribuidor o al minorista, el mantenimiento de la calidad es responsabilidad del intermediario.

2.3.3.5 *Huevos para incubar.*

Según (BUXADE 1987), en el momento de la postura el huevo fértil está generalmente en una etapa bastante avanzada del desarrollo, y por tanto, lo ideal sería que fuese incubado inmediatamente, de manera que el desarrollo pudiera proseguir sin detenerse. Evidentemente esto no es asequible en la mayor parte de los casos, puesto que deben ser mantenidos durante períodos variables. El problema consiste, por consiguiente, en mantenerlos en un estado de suspensión del desarrollo sin destruir al embrión en crecimiento.

Con este objeto, se recomienda tener en cuenta los siguientes factores:

1. Recolección. Por lo general, los huevos para incubar son recolectados con más frecuencia que los que se destinan al consumo. Cuando la temperatura es moderada serán suficientes tres o cuatro recolecciones diarias; si las temperaturas son extremadamente cálidas o frías, deben ser recolectados cada hora.
2. Periodo de mantenimiento. Los huevos para incubación se deben mantener durante el menor tiempo posible, pues la proporción de nacimientos disminuye en la misma medida en que se prolonga ese lapso. El período máximo de mantenimiento no ha de exceder de 10 días. Continuamente, las empresas comerciales los ponen a incubar dos veces por semana.
3. Temperatura de mantenimiento. Tan pronto como sea posible, los huevos deben ser enfriados a una temperatura de 15 a 21° C, con una humedad relativa que oscile entre el 70 y el 80 por ciento. Cuando sea necesario mantener los huevos

durante más de siete días, se recomienda calentarlos a 38° C, durante una a cinco horas, a comienzos del período de mantenimiento.

4. Posición. Los huevos para incubación generalmente son envasados con el polo obtuso (parte roma) hacia arriba, igual que en el caso de los huevos para consumo. También pueden ser colocados en posición horizontal para no deformar la cámara de aire. Si es preciso mantenerlos durante más de cinco días, se los debe cambiar de posición para impedir que la yema se adhiera a la cascara. Ello puede realizarse volviendo rápidamente la caja. Se aconseja proceder al volteo de los huevos dos veces por día.

2.3.3.6 Fecundación.

“La gallina puede producir el huevo sin el servicio del gallo, pero de ese huevo no nacerán pollitos. El macho tiene dos testículos situados dentro del cuerpo a cada lado de la columna vertebral, los cuales producen el espermatozoide. Si el gallo sirve y fecunda a la gallina, el espermatozoide se une con el óvulo, que se encuentra en el infundíbulo o trompa. Este huevo es fértil” (BUXADE 1987)

2.3.3.7 Selección de huevos fértiles.

Tal como menciona (QUINTANA 1999), “la mayoría de los productores colocan tantos huevos como producen sus reproductores. Si el espacio de la incubadora es el factor limitante, es más rentable seleccionar los huevos de mejor calidad para incubarlos”.

Así entonces, (QUITUIZACA 2015) cita en su trabajo de titulación, que se pueden establecer algunos consejos que se deben seguir al seleccionar los huevos fértiles desde el nidal:

- “Seleccionar huevos de reproductoras que (1) están bien desarrolladas, maduras y sanas; (2) que sean compatibles con sus compañeras y produzcan un alto porcentaje de huevos fértiles; (3) que no estén muy perturbadas durante la temporada de apareamiento; (4) que estén alimentadas con una dieta completa

para reproductoras; y (5) que no estén directamente relacionadas (hermanos, hermanas, madre, padre, etc.).

- Evitar los huevos excesivamente grandes o pequeños. Los huevos grandes no eclosionan bien y los huevos pequeños producen pollitos pequeños.
- Evitar los huevos con cáscaras agrietadas o delgadas. Estos huevos tienen dificultad para retener la humedad necesaria para el desarrollo correcto del pollito. El ingreso de enfermedades aumenta en huevos con fisuras.
- No incubar huevos excesivamente deformes.
- Para incubar se debe mantener solo los huevos limpios. No lave los huevos sucios ni limpie los huevos con un paño húmedo. Esto quita la capa protectora del huevo y lo expone a que entren enfermedades. La acción de lavar y frotar también sirve para forzar los organismos de las enfermedades a través de los poros de la cáscara”.



Ilustración 2.7: Huevos Fértiles
Fuente 7: <http://www.elsitioavicola.com>

2.3.3.8 Peso del huevo según el tipo de ave.

Según indica (ENSMINGER 1976), el peso de los huevos no siempre es el mismo, sin embargo se ha llegado a obtener una media de estos pesos, de un grupo de distintas aves.

El peso del huevo es de suma importancia debido a que mientras más peso existe, mayor será el factor respecto del volteo de los huevos que ha de soportar un sistema de incubación artificial.

Lo expuesto, se muestra en la siguiente tabla:

Tipo de Ave	Peso total del huevo (g)
Oca gris	155
Pata Pekín	92
Pava (pesada)	80-90
Pata Berbería	75-85
Pata Khaki	55-65
Gallina Gallus	50-70
Pintada	35-45
Faisona	29-32
Paloma	18
Codornices	8-10

Tabla 2.2: Peso de un grupo importante de huevos de aves de corral

Fuente 8: Ensminger, Producción Avícola

2.3.3.9 Período de incubación.

El período de incubación de los huevos, es de muchísima importancia al momento de realizar la incubación de estos, sobre todo por medios artificiales.

No todas las aves tienen el mismo ciclo de incubación.

Así por ejemplo, los huevos de paloma se incuban hasta los 18 días, mientras que los de cisne hasta en un período que va desde los 35 a los 42 días de incubación.

Si no se considera este dato importantísimo, la incubación, tanto natural como la artificial, no se llevará a cabo de la mejor manera.

En la tabla 2.3, se dan a conocer el período normal de incubación en distintas especies de aves de corral.

Es importante considerar esto, debido a que no se puede producir aves sin tener previo conocimiento de este importantísimo particular, muchos avicultores, tienen el pensamiento de que todas las aves eclosionan al mismo tiempo; con ello se logra un mal proceso de incubación de aves, pudiendo las mismas nacer con al formaciones.

Nombre común	Período de incubación (en días)
Pollo	21
Pavo	28
Pato	28
Pato almizclado	33-35
Ganso	28-32
Gallina de Guinea	26-28
Paloma	18
Faisán	24
Codorniz	18-24
Pavo real	28
Avestruz	42
Cisne	35-40

Tabla 2.3: Período de incubación normal en algunas especies de aves

Fuente 9: Ensminger, Zootecnia General

2.3.3.10 *Período de volteo antes de la eclosión de las aves.*

En la siguiente tabla se muestra un estimado, en días, sobre el período normal de volteo que deben tener los huevos, durante su fase de incubación.

Se debe destacar además, que es importante que un sistema de volteo sea automático, debido a que en los últimos días antes de la eclosión, las aves se mantienen totalmente inmóviles en el período de incubación natural, con el fin de que el embrión ya desarrollado, se acondicione para su posterior nacimiento, así entonces, el volteo automático debe detenerse en los días que se hayan programado para la incubación.

Es indispensable que el volteo de los huevos siempre se produzca en los períodos que se muestran en la tabla, sin embargo, estos valores no son cien por ciento obligatorios, ya que se pueden variar durante las noches, para simular las condiciones naturales en que las aves madres (las que están incubando los huevos) están en reposo.

La condición principal respecto de los valores de tiempo para el volteo de los huevos, es que en sistemas automáticos de incubación de huevos de aves, estos deben finalizar para permitir el acondicionamiento del embrión para su nacimiento, tal como se

mencionó con anterioridad.

Nombre común	Período máximo de volteo (en días)
Pollo	18
Pavo	26
Pato	26
Pato almizclado	31-33
Ganso	26-30
Gallina de Guinea	24-26
Paloma	16
Faisán	22
Codorniz	16-22
Pavo real	26
Avestruz	40
Cisne	35-40

Tabla 2.4: Tiempo máximo normal aproximado, de volteo de los huevos de distintas especies de aves

Fuente 10: Ensminger, Zootecnia General

2.3.3.11 Desarrollo embrionario.

(ENSMINGER 1976) conceptúa que, los fenómenos que ocurren en el huevo desde el momento de su fecundación hasta el nacimiento del polluelo son sumamente interesantes y han sido objeto de estudios minuciosos.

Después de la fecundación y mientras el huevo permanece al rededor de 24 horas en el interior del cuerpo de la gallina (aproximadamente a 41,6°C), en el disco germinativo se producen las primeras etapas del desarrollo embrionario.

Tres horas después de la fecundación la célula recién constituida (cigoto) se divide y da lugar a dos células (blastómeros) y luego a cuatro, ocho, dieciséis, etc., hasta que en uno de los polos del huevo (polo animal) la agrupación celular es visible como un disco pequeño y blanquecino (blastoderma).

Cuando el huevo es puesto y su temperatura desciende por debajo de 26,6°C, cesa el desarrollo. El enfriamiento a temperaturas ordinarias no daña el embrión, que comenzará desarrollarse nuevamente cuando el huevo sea incubado.

Mantener los huevos a temperaturas superiores a 26,6°C antes de incubarlos, provocará el retardo del crecimiento del embrión, que se debilitará y finalmente morirá.

Durante la incubación tienen lugar diversos procesos, y especialmente los que conciernen a las respiración, la excreción, la nutrición y la protección. Los fenómenos más importantes, dentro del desarrollo embrionario, se presentan en la ilustración 2.8.

Los pollitos recién nacidos pueden ser transportados a grandes distancias (hasta 17 horas de viaje) sin alimento.

La yema no es utilizada totalmente por el embrión, y se encuentra dentro del cuerpo del pollito en el decimonoveno día, justo antes de la ruptura del cascarón. La yema es muy rica en principios nutritivos y suministra vitaminas, minerales y agua durante las primeras horas de vida.

Después de su utilización gradual, desaparece por completo a los 10 días del nacimiento.

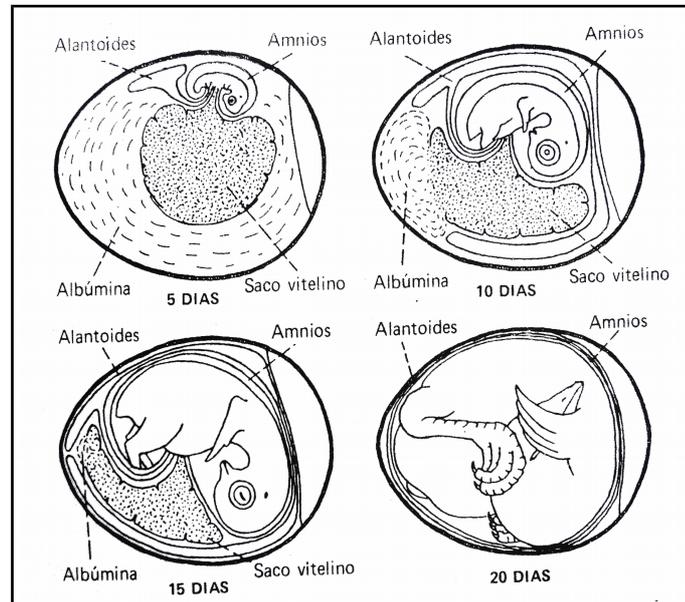


Ilustración 2.8: Cambios sucesivos en la posición del embrión y de las membranas embrionarias.

(De A. L. Romanoff, Cornell Rural School Leaflet, Set. 1939.)

Fuente 11: Ensminger, Zootecnia General

Así mismo, (SAUVEUR 1993) menciona las mismas etapas del desarrollo embrionario del pollito, sin embargo, es más enfático indicando que el huevo de gallina que se está incubando, debe permanecer en reposo absoluto a partir del día 18 desde que haya

iniciado su incubación.



Ilustración 2.9: Desarrollo embrionario del pollo
Fuente 12: Sauveur, El Huevo Para Consumo: Bases Productivas

2.3.4 Incubación.

La incubación, tal cual indica (SAUVEUR 1993), es el proceso mediante el cual el embrión se desarrolla y se convierte en pollito, y tiene por objeto suministrar a los huevos la temperatura, la aireación y la humedad necesaria para que el germen se transforme en embrión y este se desarrolle normalmente. Termina con la eclosión o salida del pollito del huevo.

La incubación puede ser:

- Natural, cuando es realizada por el animal vivo (gallina, pava, etc)
- Artificial, cuando es realizada por una máquina incubadora.

2.3.4.1 Incubación natural.

Se denomina natural porque en ella participa la gallina, no se utilizan máquinas como la incubadora artificial. Los elementos que intervienen en esta incubación son los huevos,

la gallina y el nidal.

Respecto a los huevos, su selección y cuidado es el mismo para incubación natural como artificial. El período de incubación del huevo de gallina es de aproximadamente, 21 días. Todavía se emplea en el medio rural por su bajo costo y su sencillez. Partiendo de huevos con una cierta garantía se pueden obtener resultados satisfactorios.



Ilustración 2.10: Gallo fecundando gallina

Fuente 13: <http://www.uabcs.mx/maestros/descartados/mto01/imagenes/empadre.JPG>

Autor: Desconocido

El proceso se inicia de la siguiente manera:

ELECCIÓN DEL GALLO .- El gallo para ser un buen reproductor tiene que haber terminado su desarrollo (18 meses), y si no tiene posteriormente ningún accidente puede emplearse como reproductor hasta llegar a la edad de 3,5 años.	
	<p>Al fecundar varias gallinas y ejercer una influencia directa en todas las crías del grupo reproductor, el gallo no ha de tener el más leve defecto en las características que se admiten como tipo o standard de la raza, ya que por muy buenas que sean las gallinas, que forman el grupo, si la calidad del gallo no acompaña, los pollitos/as obtenidos tendrán una calificación deficiente.</p> <p>Ha de gozar de buena salud y un desarrollo adecuado a la raza, caracterizándose este por: una buena alzada, mucha anchura de pecho, alas fuertes y patas grandes y robustas. Además ha de tener la cresta derecha y de un color rojo encendido.</p>
<p>Gallo reproductor perteneciente al CCEA de Mahón (Menorca)</p>	

Ilustración 2.11: Elección del gallo

Fuente 14: http://www.uabcs.mx/maestros/descartados/mto01/imagenes/gallo_elec.JPG

Deben destinarse a la incubación únicamente las aves buenas, madres comprobadas y entre éstas las de mayor tamaño, para que cubran mejor y más cantidad de huevos.

Durante este período, la gallina que empolla los huevos se llama clueca y no produce huevos (no ovula) debido a que desarrolla su instinto natural y se bloquea la secuencia hormonal normal que rige este proceso.



Ilustración 2.12: Elección de la gallina

Fuente 14: http://www.uabcs.mx/maestros/descartados/mto01/imagenes/gallina_elec.JPG

2.3.4.2 Manejo del nido.



Ilustración 2.13: Manejo del nido

Fuente 15: <http://www.uabcs.mx/maestros/descartados/mto01/imagenes/nidal.JPG>

El nidal deberá tener un tamaño adecuado al de la gallina que lo utilice, siendo conveniente que este provisto de una tapa para evitar que la gallina abandone los huevos. El nido se prepara poniendo primeramente una capa de arena (opcional), después, otra capa de hierba o forraje fresco para proporcionarle humedad, por lo que en los meses menos calurosos puede suprimirse; y por último, una capa de paja limpia y seca. Finalmente, el nidal deberá tener cierta concavidad para la colocación de los huevos.

2.3.4.3 *Numero de huevos.*

El número de huevos que se puede colocar en una gallina depende del tamaño de ésta y también de la temperatura ambiente. Por ejemplo, en tiempo frío no conviene pasar de 12, y en tiempo caluroso de 16 huevos

2.3.4.4 *Colocación de gallinas en el nidal.*

NÚMERO DE HUEVOS POR GALLINA		
RAZA (TIPO)	CLIMA FRÍO	CLIMA CALUROSO
PESADAS	12	16
LIGERAS (Menorquina)	8	12
ENANAS	6	8

Ilustración 2.14: Número de huevos por gallina

Fuente 16: <http://www.uabcs.mx/maestros/descartados/mto01/imagenes/numhuevos.JPG>

Las gallinas cluecas deben colocarse en un cuarto ligeramente oscuro. Pueden ponerse varias gallinas en el mismo local, cada una en su nido. El momento más favorable para iniciar la incubación es al anochecer, porque se estresan menos que durante el día.

2.3.4.5 *Cuidados.*

El local de incubación ha de estar desinfectado y desparasitado. La gallina ha de estar libre de parásitos externos, para ello se espolvoreará su cuerpo, si es necesario, con algún producto insecticida. Los huevos también deben examinarse de vez en cuando, para comprobar si se ha roto alguno y retirarlo inmediatamente. Este se realiza entre el quinto y el séptimo día de incubación con un ovoscopio, el cual es un aparato muy útil o por lo menos debería serlo, que nos sirve para ver el estado del embrión dentro del huevo, hay algunos que son muy buenos y sofisticados, pero impagables para una producción a pequeña escala de pollos o para uso doméstico. Es por eso que mucha gente se lo fabrica con los medios que puede encontrar.

A partir del día 19 de incubación se debe procurar por todos los medios que la gallina

permanezca sobre su nidal, por lo menos hasta la eclosión del primer huevo.

2.3.4.6 *Ovoscopía.*

Durante la incubación artificial, cada pocos días los huevos son observados en el ovoscopio. Este aparato, compuesto por un tubo opaco y una fuente de luz fría, permite visualizar el desarrollo embrionario, así como los movimientos del feto. Este examen, junto con los datos procedentes de la pérdida de peso del huevo, los días de incubación y las condiciones de humedad y temperatura de la incubadora, es crucial para verificar el correcto transcurso de todo el proceso de incubación.

Además, ya en estados iniciales, puede detectarse la presencia de un entramado de vasos sanguíneos con forma enmarañada, señal inequívoca de la fertilidad del huevo. Sin embargo, los huevos infértiles permanecerán con el fondo claro durante todo el tiempo que estén siendo incubados.

Pocos días antes del nacimiento, la cámara de aire, situada en el polo chato del huevo, aumenta de tamaño y se va desplazando lateralmente. Paralelamente, el feto va orientando la cabeza en dirección a la cámara de aire. Una vez el pollito ha picado la cámara de aire comienza su respiración pulmonar. Poco tiempo después picará el cascarón. En este momento el huevo es trasladado a la nacedora.



Ilustración 2.15: Ovoscopía del huevo

Fuente 17 <http://www.uabcs.mx/maestros/descartados/mto01/imagenes/ovoscoopia.JPG>

2.3.4.7 *Incubación artificial.*

La posibilidad de producir miles y miles de pollitos diarios descansa en la incubación

artificial.

Comparadas con otros animales domesticados, las poblaciones de gallinas pueden expandirse muy rápidamente, pues una hembra de 3,5 kg de peso puede producir, en un año, más de 150 crías que significan más de 300 kg de carne.

Esta elevada capacidad de reproducción es la principal razón de la eficiencia del pollo y el huevo en la alimentación de los humanos.

(ENSMINGER 1969) menciona que, “los cambios que tienen lugar en el huevo durante la incubación se presentan ordenados y regidos por leyes naturales.

Estos cambios se producen, con normalidad, solamente bajo niveles determinados de:

- Temperatura,
- Humedad,
- Posiciones del huevo (Volteo), y
- Ventilación”

2.3.4.8 Temperatura en la incubadora.

El calentamiento de los huevos durante toda la etapa de incubación artificial, se produce mediante el intercambio de calor entre el aire y los huevos. La temperatura en el interior se logra mediante dispositivos eléctricos o electrónicos que facilitan la generación de aire caliente dentro de un medio aislado.

La temperatura de trabajo en las incubadoras se enmarca entre 37 y 38°C. Los muerte instantánea de los se produce con la existencia de temperatura inferiores a los 35 y mayores de los 40°C.

(DURÁN Ramírez 2004) hace una mención muy importante, en el cual indica que, “el nivel de temperatura óptimo a aplicar depende de:

- El tipo de incubadora
- La calidad y el tamaño de los huevos

- La edad de los embriones
- Además de la especie de que se trate

En todos los casos, es necesario disminuir el nivel de temperatura durante los últimos días (2 a 3) de incubación; es decir, la temperatura se diferencia de acuerdo a las etapas de incubación a 36,5°C”. Por su lado, (ENSMINGER 1969) aclara que, “el mantenimiento de la temperatura adecuada es de primordial importancia para la incubación de los huevos fértiles. Además, según el tipo de incubadora las temperaturas óptimas oscilan entre 36.6 a 37.7 C. En las máquinas comunes de aire caliente, la temperatura debe mantenerse alrededor de 37.5”.

El sobrecalentamiento es mucho más peligroso que las temperaturas demasiado bajas, pues acelera el desarrollo, provoca anomalías embrionarias y disminuye la proporción de nacimientos”.

En la ilustración 2.16 demuestra el efecto de la temperatura sobre el porcentaje de huevos fértiles. Aquí se puede apreciar que en un rango de temperatura de entre 36.5 a 38.5° C, se puede alcanzar un 75% aproximadamente de eclosión de pollitos en un proceso artificial de incubación.

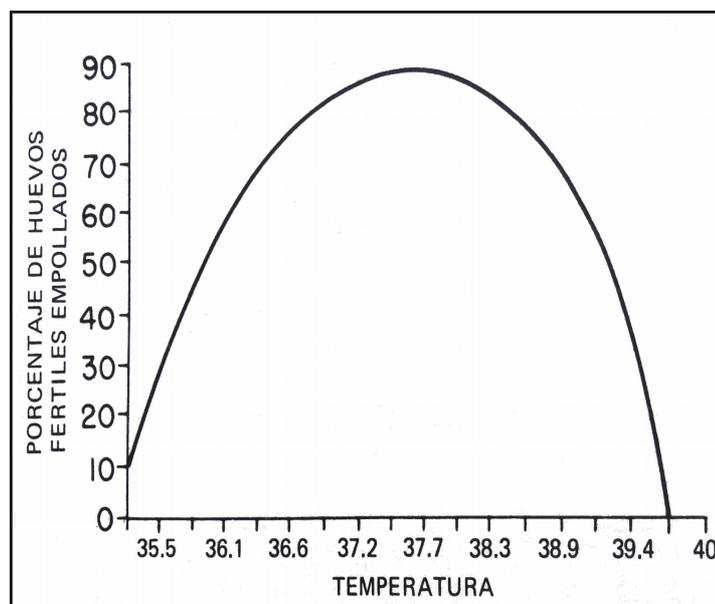


Ilustración 2.16: Efecto de temperatura de incubación sobre los porcentajes de huevos fértiles empollados. Humedad relativa del 60%, concentración de oxígeno del 21% y nivel de anhídrido carbónico inferior al 0.5% (The University of Connecticut College of Agriculture Extension Service, en la publicación titulada “Incubation and Embriology of Chick”, pág. 3.) Fuente 18: Ensminger, Producción Avícola

2.3.4.9 Relación entre la temperatura del aire de la incubadora y los huevos incubados.

(DURÁN Ramírez 2004) afirma que, “al comienzo de la incubación, los embriones no están preparados funcionalmente (ni orgánicamente) para emitir calor. Por esto, reaccionan como los organismos de sangre fría; es decir, cuando la temperatura del aire se eleva, aumenta el metabolismo de los embriones.

Si la temperatura disminuye, el metabolismo decrece igualmente. Por lo tanto, el aumento de la temperatura favorece la multiplicación celular, la formación de las capas y las membranas embrionarias, así como la nutrición.

En resumen, se incrementa el ritmo de crecimiento y desarrollo de los embriones”.

“Al final de la incubación, cuando ya la emisión de calor es alta, la disminución de la temperatura (dentro de los límites normales) actúa, por su parte, de forma completamente inversa; estimula el consumo de los nutrimentos o lo que es lo mismo, acelera el metabolismo y el desarrollo en los embriones.”(DURÁN Ramírez 2004)

2.3.4.10 Efectos de la temperatura inadecuada durante la incubación.

En su presentación, (ROJAS, A 2015), menciona que “si durante la incubación, se registraron promedios bajos de temperatura en las incubadoras, se retardarán los huevos unas horas más en la incubadora antes de pasarlos a las nacedoras. Las inadecuadas temperaturas ocasionan una gran reducción en el porcentaje de incubabilidad, disminuyendo la liberación de CO₂ ya que si durante los primeros siete días es baja, el embrión muere rápidamente, debido a la anemia que le ocasiona el mal desarrollo de los vasos sanguíneos o al volumen muy reducido de la cámara de aire dentro del huevo”.

Así mismo, (CASTELLÓ C. 1999) indica que “las altas temperaturas también suponen un gran problema, puesto que por la alta temperatura, puede existir sangre en los líquidos amniótico y alantoideo del huevo, por lo que aumentará la producción de embriones anormales, con principios de malformaciones en la cabeza y en los ojos antes de los 11 días, principalmente cuando la temperatura es alta durante los primeros siete días de incubación”.

“Los pollitos muertos se observan secos y pegados al cascarón, congestionados y con la cabeza metida bajo el ala izquierda o entre las patas.”(ENSMINGER 1976)

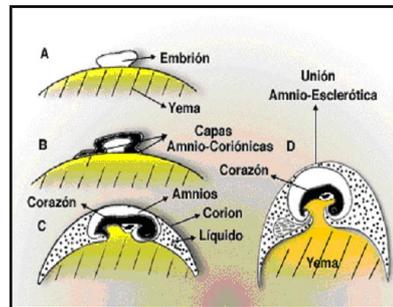


Ilustración 2.17: Embrión

Fuente 19: <http://www.uabcs.mx/maestros/descartados/mto01/imagenes/embrión1.JPG>

2.3.4.11 Humedad.

El huevo, pierde agua durante todo el período de incubación, es decir, sufre un proceso de desecamiento. Por este motivo, el embrión está expuesto a pegarse a las membranas internas de la cáscara, lo que puede provocar su muerte, en particular durante los primeros seis días de incubación.

A esto contribuye el hecho de que el peso específico del embrión lo lleva a mantenerse en la parte superior de la yema, durante los primeros días, por debajo y muy cercano a la cáscara, en la zona de la cámara de aire.

Por lo que es importante considerar los siguientes aspectos:

- La humedad relativa ideal de incubación es de 50 a 55% para huevos blancos y de 55 a 60 para huevos color café, y variarán según el tamaño del huevo y el color del mismo. Así, en cuanto mayor sea el peso o el tamaño, menor será el requerimiento de humedad.
- El humedecimiento del aire en las incubadoras y las nacedoras se produce con ayuda de la aspersión de agua y su consiguiente evaporación y diseminación por todas las zonas de la cámara de incubación.
- Durante la incubación, el huevo pierde agua constantemente, lo que es imposible de evitar, no obstante, el régimen de humedad que se establezca ha de ir dirigido

a disminuir la evaporación de agua de los huevos durante la primera semana de incubación y acelerarla a partir de la mitad de la incubación.

- Al final del proceso de incubación, se hace necesario elevar la humedad del gabinete de nacimiento (nacedora) a 75 - 80% para huevos blancos y de 80 a 85 para huevos color café, a fin de facilitar el reblandecimiento de las membranas de la cáscara y, con ello, el picaje de la misma.

	Temperatura (°C)	(termómetro graduado en °C de bulbo húmedo)	Porcentaje de humedad
Incubadora	37.5	28 para huevo blanco	De 50 a 55
		29 para huevo café	De 55 a 60
Nacedora	36.5	34 para huevo blanco	De 75 a 80
		35 para huevo café	De 80 a 85

Tabla 2.5: Temperatura y humedad de incubadoras y nacedoras

Fuente 20: Sauveur, El Huevo Para Consumo: Bases Productivas

2.3.4.12 *Efectos del inadecuado manejo de la humedad durante la incubación.*

(SEGARRA 2014) menciona que, el exceso de humedad ocasiona anemia en el embrión de 6 a 11 días, observándose hipertrofia del corazón y color verdoso en el saco y membrana vitelinos; la cámara de aire se observa reducida y existe una reducción en el porcentaje de eclosión. La falta de humedad ocasiona un mayor porcentaje de pollitos que pican el cascarón y no eclosionan, pues se secan dentro de él. Algunos nacen pequeños y duros (deshidratados), otros nacen con plumón corto.

La cámara de aire aumenta y se presentan hemorragias del blastodermo; además, se presentan embriones hemorrágicos, hipertróficos y con degeneración de hígado y riñones y la presencia de ácido úrico en el líquido alantoideo.

2.3.4.13 *Ventilación.*

La ventilación tiene tres funciones importantes:

1. Permitir la respiración del embrión, al mantener un mínimo de 21 a 22% de

oxígeno en incubadoras y nacedoras. Debido a que a una altura de 915 metros sobre el nivel del mar ocurre un 10% de mortalidad embrionaria y a 2000 se eleva a 21%, se recomienda añadir oxígeno extra hasta 22%, pues el embrión es incapaz de producir suficiente hemoglobina que compense la disminución de oxígeno en la incubadora.

2. Limitar el O₂ de la atmósfera en un nivel inferior de 0.5% y nunca rebasar el 1%, pues provocaría lento desarrollo embrionario y, como consecuencia, retardo en el nacimiento, hemorragias en el blastodermo y amnios, mal-posiciones del embrión y menor índice de nacimiento.
3. Repartir uniformemente la temperatura y humedad, por lo cual se deben conservar limpias las aspas de los ventiladores y las entradas y salidas de aire. La salida de aire debe localizarse cerca de las máquinas incubadoras, con el fin de extraerle todo el aire viciado. Si falla la ventilación cuando el pollito está naciendo, deberán sacarse las charolas y dejar abiertas las puertas o pasar el pollito a otra incubadora.

El problema de la ventilación debe ser abordado desde dos ángulos:

- La circulación de aire propiamente dicha, ya que mediante el aire que circula en el interior del gabinete de incubación, llega a los huevos el calor y la humedad necesarias. Además, el aire refresca el medio que rodea los huevos, en algunos casos y en otros contribuye a calentarlo
- La re-ventilación o recambio de aire (reposición), pues el recambio de aire constante es necesario para la extracción del exceso de calor que pudiera acumularse en el interior del gabinete de incubación y asegurar la pureza del aire.

Durante la incubación, el huevo absorbe oxígeno y elimina anhídrido carbónico en gran cantidad. Solamente una adecuada reposición de aire garantiza buenos resultados en la incubación.

La correcta circulación de aire en el gabinete se garantiza mediante el funcionamiento

de:

- Ventiladores
- Los inyectores o los extractores de aire
- Las compuertas u orificios de entrada y salida, etc.

Para que la circulación de aire sea eficiente es importante también un buen funcionamiento del sistema de volteo, ya que el aire se mueve mejor entre las bandejas, cuando las mismas se hallan en posición inclinada.

2.3.4.14 Posición de los huevos durante la incubación (volteo).

Según (VIZCAÍNO Cabezas y BETANCOURT 2013), el desarrollo de los embriones transcurre normalmente sólo cuando los huevos son volteados (virados) periódicamente durante los primeros 18 días de incubación.

En la incubación natural, la gallina voltea los huevos que incuba con cierta frecuencia (cada hora en promedio durante el día y la noche y en ocasiones hasta 10 veces en tan solo dos horas), de ahí que en el proceso de incubación artificial sea necesario repetir este procedimiento mediante medios mecánicos.

El cambio de posición de los huevos durante la incubación ejerce una gran influencia en el desarrollo, pues evita la adherencia de los embriones a las membranas del huevo.

Dentro de las incubadoras, los huevos se colocan con el polo obtuso ligeramente elevado y formando un ángulo de 45 a 55° sobre la vertical, ya que la cabeza del pollito normalmente sale por el polo obtuso del huevo. La frecuencia de volteo óptima es de una vez cada una o dos horas. El giro debe alcanzar los 90 grados y los huevos son mantenidos a 45 grados de una vertical imaginaria.

(CASTELLÓ C. 1999) indica que todos los huevos deben ser volteados ocho o más veces cada 24 horas, operación esencial durante las dos primeras semanas de incubación y pierde importancia durante el tiempo en que están en la nacedora (día 19, 20 y 21).

En las incubadoras industriales, el volteo se realiza en forma automática cada una o dos horas.

La incubabilidad aumenta si se hace más de 8 veces diarias. Si se voltean los huevos en una sola dirección, se provocará ruptura de vasos sanguíneos y de yemas, ocasionando alta mortalidad embrionaria.

Ahora bien, si se llegara a colocar los huevos a incubar con la punta aguda hacia arriba, se reduciría el índice de eclosión, debido a que la cabeza del embrión se dirige hacia dichas puntas, con lo cual se dificulta la respiración.

En estas circunstancias, solo nacerá una tercera parte de los pollitos. Por otra parte, la posición del huevo influye sobre la posición futura que adoptará el pollito en el momento de prepararse para la eclosión. Lo que es de vital importancia para obtener un alto por ciento de nacimiento.

La posición del embrión se define ya desde las 36 a 48 horas de incubación. En este momento el embrión descansa en la yema, de manera transversal, a lo largo del eje menor.

Con posterioridad la cabeza del embrión comienza a separarse de la yema y girar hacia la izquierda. Hacia el quinto día de incubación, el embrión se halla cerca de la cámara de aire.

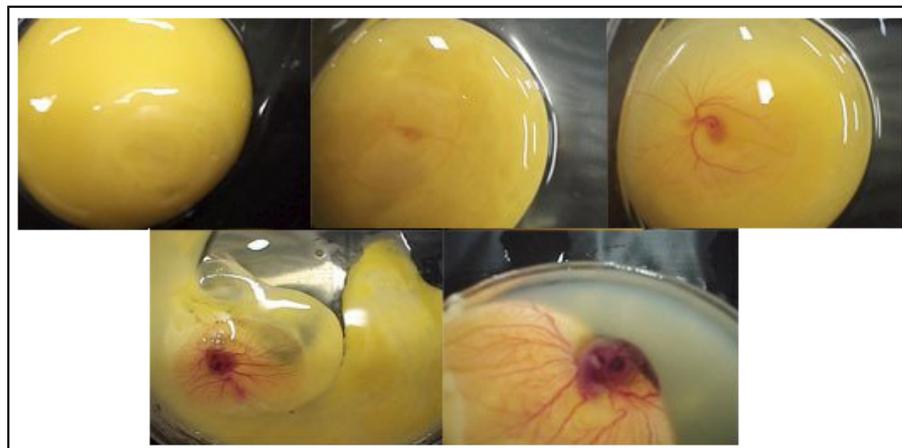


Ilustración 2.18: Desarrollo embrionario - Día quinto
Fuente 21: (Vizcaino Cabezas y Betancourt 2013)

2.3.5 Resumen del marco teórico referencial.

De la tabla 2.6 se concluye:

- El método de incubación natural es recomendado siempre y cuando se cuente con las aves necesarias y con las especificaciones indicadas para poder realizar el proceso. Además, se debe contar con un número adicional de gallinas ponedoras para que la producción de huevos no se paralice.
- Para una buena incubación natural, se debe contar con espacios muy grandes para tal finalidad; además del respectivo conocimiento por parte del avicultor sobre la edad de las aves que incuban los huevos.
- La incubación artificial tiene una desventaja fundamental frente al método natural, y es que se debe utilizar energía eléctrica para poder realizar la generación de la temperatura, humedad relativa, ventilación por aire forzado y el volteo de los huevos; no obstante, se pueden incubar mayores cantidades de huevos en espacios muy reducidos.
- La producción se eleva en los métodos de incubación artificial, las gallinas siguen poniendo huevos sin las pausas presentadas en el método de incubación natural, se aumentan los ingresos económicos los mismos que pagan el consumo de energía eléctrica.
- Por todo lo expuesto, la incubación artificial en máquinas incubadoras automáticas, es el mejor método ha utilizarse en una empresa avícola.

2.3.6 Decisiones del análisis para la selección del método de incubación artificial.

De las tablas 2.7 y 2.8 se concluye lo siguiente:

- Dentro de la cámara de incubación de la máquina, se alcanza una temperatura de 37,5°C y una humedad relativa del 55%.

- La ventilación es efectuada mediante el uso de ventiladores para generar aire forzado, la misma que es constante durante todo el ciclo de incubación.
- El volteo de huevos por medios electromecánicos se puede configurar al gusto del operador de la máquina.
- Si se cuenta con más espacios físicos para la incubación artificial, se puede pensar en cambiar la máquina de incubación artificial moderna por una cámara de incubación controlada a mayores escalas y para innumerables cantidades de huevos según se desee utilizar este método.

	Incubación Natural	Incubación Artificial
TEMPERATURA	Muy adecuado - 37.7°C.	Altamente adecuado - 37.5°C – 37.7°C.
HUMEDAD RELATIVA	Muy adecuado - 70% RH a temperatura aproximada media de 37.3°C.	Altamente adecuado - 60% - 70% RH a temperatura entre 37°C a 37.5°C.
VENTILACIÓN	Adecuado - Si la ave hembra es madura. No adecuado - Si la ave es joven.	Altamente adecuado - Accionado durante todo el proceso
VOLTEO DE HUEVOS	Adecuado - Los huevos se voltean a tiempos no constantes. No adecuado - Los huevos se pueden romper por golpes bruscos.	Altamente adecuado - Volteo cada dos horas por control de software y hardware - No existe peligro de rotura de huevos
ESPACIO PARA INCUBACIÓN	Adecuado - Solo si existe. - Buena cantidad de aves para incubar. Inadecuado - Espacios reducidos. - Poca ventilación. - Espacios muy cerrados	Altamente adecuado - Apto para espacios reducidos. - Mayor cantidad de huevos para incubar. - La máquina es de fácil maniobrabilidad.
RESULTADOS	La incubación natural es el mejor método siempre y cuando se cuente con un buen espacio, con aves grandes que abarquen más huevos. Sin embargo es un método que requiere de atención por parte del avicultor principalmente para tener cuidado en que las aves no se coman los huevos, que la hembra no se levante por muchos períodos de tiempo ya que esto hace que el huevo se enfríe con mucha frecuencia y el embrión muera. No se requiere el uso de energía eléctrica, salvo en los casos en que la temperatura sea muy baja.	El proceso de incubación artificial es el más óptimo debido a que con este medio se aumenta el nivel de producción de manera considerable, no se requiere mucha atención por parte del avicultor, la temperatura y la humedad relativa se mantienen siempre constantes en rangos mínimos. Las condiciones son muy parecidas a las existentes en un medio natural, pero con la ventaja de decidir producir ciclicamente o en serie por lotes y aumentar mucho más la producción. Una gran desventaja es el uso de energía eléctrica que, en relación a la producción se satisface considerablemente.

Tabla 2.6: Tabla de resultados del marco teórico

Fuente 22: Autor

	Incubación Natural	Incubación Artificial
TEMPERATURA	Altas durante el verano y bajas durante el invierno. Esto causa que el embrión muera por sobrecalentamiento o por no alcanzarse la temperatura adecuada para su desarrollo. Promedio 37.7°C.	Temperatura controlada por software mediante sensores. La variable se puede controlar durante todo el proceso de incubación del polluelo. Fallo si el flujo eléctrico se corta inesperadamente. Promedio entre 37.5°C a 37.8°C.
HUMEDAD RELATIVA	Controlada naturalmente alrededor del 70% durante todo el proceso de incubación. Cuando la temperatura se eleva la humedad lo hace de igual manera, aquí existe la posibilidad que el exceso de oxígeno mate al embrión en pleno desarrollo. Si la humedad disminuye cuando la temperatura lo hace, el polluelo puede mal desarrollarse por falta de oxígeno y en el peor de los casos, el embrión morirá y no se desarrollará. Depende mucho de la especie. Temperatura aproximada media de 37.3°C.	Controlada en varios niveles mediante sensor de humedad relativa. EL software puede programarse para distintos niveles de lecturas de humedad y da la posibilidad de la incubación de varias especies. Temperatura entre 37°C a 37.5°C.
VENTILACIÓN	Depende del nido en que las hembras estén incubando. Si el nido es muy pequeño, el aleteo de las gallinas no ayudará necesariamente a que se ventilen los huevos ni que se oxigenen adecuadamente. Si el nido es muy grande, existirá una adecuada ventilación y por ende el embrión se desarrollará adecuadamente. Hay que tener en alta consideración si las aves hembras son jóvenes o ya son adultas.	Accionado por ventiladores ubicados internamente, la ventilación es controlada durante todo el proceso de incubación. No depende del tamaño de la incubadora sino, del lugar en que se encuentre ubicado el ventilador para que el flujo de aire circule alrededor de la caja interna, de manera adecuada.
VOLTEO DE HUEVOS	Volteo natural en ciclos que varían entre 10 y 14 veces durante el día. El volteo lo realiza la gallina al momento de “raspar” y “aletear” para que el huevo cambie de posición. No existe un valor exacto para el volteo de huevos, y depende mucho de la raza de gallina que incuba, debido a que unas son “ociosas” y no realizan debido trabajo y el polluelo muera.	El volteo es controlado por software y hardware. Se puede programar el número de giros de las cubetas en distintos valores para que el ciclo de volteo sea aparentemente igual que el movimiento natural. Se utilizan motores que hacen girar la cubeta o bandeja contenedora con huevos, a un ángulo aproximado de 140° en un eje vertical imaginario.
ESPACIO PARA INCUBACIÓN	Es indispensable tener un espacio amplio para la incubación de cada especie de ave de corral; si el espacio es muy pequeño, el número de gallinas utilizadas para la incubación serán reducidos, y de igual manera, se deben seleccionar solo gallinas de tamaños promedios para que el número de huevos a incubar sea adecuado al tamaño del espacio con que se cuente.	Mientras más grande sea el espacio contenido en la incubadora, mayor será el número de huevos a incubar. Una gallina de tamaño promedio puede alcanzar a abarcar hasta 10 huevos, mientras que un sistema de incubación artificial con un volumen de 0.06912 m ³ y dimensiones 0.48 cm x 0.30 cm x 0.48 cm, se pueden incubar hasta 100 pollos, de tal modo que el número de producción es altamente suficiente.

Tabla 2.7: Tabla de ponderaciones comparativas entre incubación natural y artificial
Fuente 23: Autor

PROS Y CONTRAS ENTRE EL MÉTODO DE INCUBACIÓN NATURAL Y EL ARTIFICIAL.

Incubación Natural

Incubación Artificial

PROS

- Se alcanza un 90% de eclosión de polluelos.
- Las aves recién nacidas generalmente son sanas.
- La ventilación y aireación es muy buena.
- El ave hembra pica el huevo como ayuda para que el polluelo nazca en el día indicado.
- Pocas veces el avicultor, debe interferir en el proceso de incubación de las aves para realización de inspecciones.

- Se alcanza entre 70% y 80% de eclosión pero con un aumento muy significativo de la producción.
- El usuario programa los valores de las variables y se procede a la incubación.
- Se puede programar la máquina para que la incubación sea cíclica, igual que en el método natural.
- Se puede programar la máquina para que la incubación sea realizada por bloques, y así aumentar la producción cuando apenas se culmine el primer ciclo de incubación y obtener una producción en serie diaria.
- Como las aves no incuban durante los ciclos de incubación, éstas se mantienen produciendo huevos con total naturalidad, logrando que siempre se cuente con dicho producto.

CONTRAS

- No todas las gallinas son buenas para incubar.
- Se debe dotar de alimento y agua para la ave hembra, de tal modo que pueda alimentarse y recuperar energías perdidas por el acto de incubar.
- El número de huevos a incubar depende del tamaño de las aves hembras.
- Algunas aves hembra, por ser jóvenes para la incubación, terminan comiéndose los huevos.
- Baja productividad.
- Las aves hembras dejan de poner huevos durante el proceso de incubación; de este modo la producción de huevos durante cada ciclo es cero.

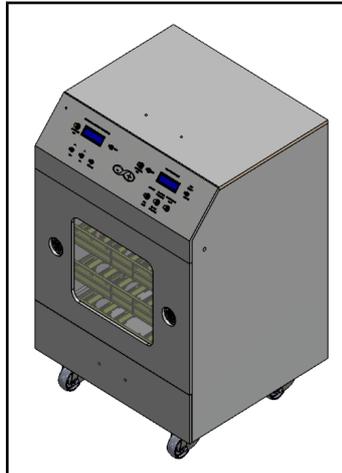
- Si el flujo de energía es cortado, la incubación es interrumpida y por ende el embrión muere.
- El usuario siempre debe mantener registro activo de los valores de temperatura, humedad relativa, cantidad de agua dentro de la incubadora, así como el correcto funcionamiento del motor para el sistema de volteo de los huevos y del funcionamiento del ventilador para la circulación del aire.

Tabla 2.8: Pros y contras entre el método de incubación natural y el artificial.

Fuente 24: Autor

3 CAPÍTULO III

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN



*Ilustración 3.1: Sistema prototipo de incubación artificial de aves de corral
Fuente 25: Autor*

El sistema prototipo de incubación artificial con control automático, consta de cuatro partes fundamentales en el diseño y la construcción del mismo.

Estas parte son:

1. Cuerpo o chasis interior
2. Cuerpo o chasis exterior
3. Volteador para colocación y posterior giro de los huevos
4. Cajón para colocación de pollitos o aves bebés, luego de su eclosión.

A esto se suma la parte más esencial de este proyecto, el cual es la programación de todo el conjunto de acciones que deberá realizar el sistema de incubación. El control automático total, está programado bajo el IDE Arduino (Entorno Interactivo de Desarrollo por sus siglas en inglés Integrated Development Environment) y su hardware respectivo Arduino Uno R3, mediante la utilización de sensores digitales de altos rangos de mediciones y rangos muy bajos y precisos.

Existen dos pantallas de cristal líquido (LCD) de 16 segmentos y dos líneas, para la visualización de los parámetros de configuración, que facilitarán al usuario su uso.

La configuración se la realizará mediante el panel de control que consta de dos partes; la parte uno situada a la izquierda del panel, sirve para el seteo de las variables temperatura y humedad relativa, mediante pulsadores electrónicos; la segunda parte, situada al lado derecho, es la que sirve para el control del volteo de los huevos mediante potenciómetros rotativos conectados a entradas analógicas que controlan un servomotor de 15kg de torque máximo.

En la parte trasera se encuentra un switch para el encendido del sistema conectado en serie a un fusible de 15A para protección por sobrecargas, así mismo, se dispone de un switch de palanca que sirve para encender y apagar la iluminación interna de manera manual cuando sea requerido por el usuario.

3.1 Características principales del sistema de incubación artificial

- Sistema de volteo automático configurable por el usuario; para huevos de gallina se recomienda que el ángulo sea de 45° cada 2 horas.
- Puerta con vista panorámica con cristal transparente.
- Luz interna para mejorar la visibilidad e inspección del proceso.
- Cuenta con un depósito de agua para mantener la humedad dentro de la incubadora.
- Flujo de agua controlado por un flotador en depósito de 1.5 lts. con llave de paso.
- Altura de 710 mm, frente 570 mm y fondo 525 mm.

3.2 Ventajas del sistema de incubación artificial

- Ruedas para facilitar su manejo y su transporte
- Ventilación interior a base de ventiladores.
- Fácil acceso de partes y refacciones.
- Manijas en puertas y picaportes para fácil apertura y un buen cierre y seguro del sistema, respectivamente.
- Bandejas volteadoras de huevos de fácil ensamble y sencilla conexión.

- Nacedora incluida en la parte inferior de la cámara interna del sistema de incubación.
- Láminas de poliestireno expandido (EPS - espumaflex) de 20 mm de espesor, que ayudan como aislante térmico entre las paredes de la máquina de incubación.

3.3 Sistema eléctrico y electrónico del sistema de incubación artificial

- Conexión directa a 110V CA.
- Centro de carga con protección de fusible de 15 Amp. para protección contra descargas eléctricas.
- Panel de configuración y control automático de temperatura y humedad relativa, mediante pulsadores electrónicos, programado en IDE Arduino.
- Panel de configuración y control automático de volteo de huevos, utilizando entradas analógicas, con potenciómetros rotativos, programado en IDE Arduino.
- Consumo de energía monofásico de 300 watts.

3.4 Material global en que está construido el sistema de incubación artificial

- Fabricación en madera (trípex)

La selección del material se realizó identificando los distintos materiales tecnológicos que se presentan en la tabla 3.1.

En la tabla 3.2, se presenta una comparación sobre la facilidad de adquisición de estos materiales tecnológicos, sus costos en el comercio local y la rentabilidad de utilizar estos para la construcción de una máquina para el sistema de incubación artificial.

Adicionalmente, la identificación de las principales propiedades mecánicas de los materiales ayudó a que se logre una correcta selección del material; en la tabla 3.3, se puede apreciar una comparación entre algunas de las más importantes propiedades físicas que tiene la madera y el acero.

MADERA	PLÁSTICOS	METALES
- Se obtiene de la parte leñosa de los árboles.	- Se obtienen artificialmente a partir de polímeros sintéticos en su mayoría	- Se extraen de los minerales que forman parte de las rocas.
- Se utiliza como combustible, para la industria papelera, para la fabricación de muebles, elementos de construcción (vigas, escaleras, etc), decorativos (esculturas, marcos de fotografías).	- Los plásticos se utilizan para fabricar tuberías, embalajes, juguetes, recipientes, revestimiento de cables.	- Los metales se utilizan para estructuras y piezas de máquinas, herramientas, elementos de unión, componentes electrónicos, marcos de ventanas, muebles.
PÉTREOS	CERÁMICOS	TEXTILES
- Se extraen de las rocas.	- Se obtienen moldeando arcillas y sometiéndola después a un proceso de cocción a altas temperaturas en un horno.	- Estos materiales se utilizan en forma de hilos para elaborar tejidos. Pueden ser naturales o sintéticos.
- Son materiales pétreos el mármol, la pizarra, el vidrio, el yeso, el cemento y las cales.	- Un ladrillo y una teja, una vajilla e, incluso, un inodoro son productos fabricados con materiales cerámicos	- Son materiales textiles la lana, el algodón, la seda, el lino, o el nailon y la lycra.
- Normalmente se utilizan como materiales de construcción.		

Tabla 3.1: Tipos de materiales tecnológicos
Fuente 26: Autor

	Madera	Plásticos	Metales
Facilidad de adquisición	Fácil	Medio	Fácil
Costos	Bajos	Altos	Medios
Relación de costos	Lámina de 50 cm x 50 cm x 9 mm	Lámina de 50 cm x 50 cm x 9 mm	Lámina de 50 cm x 50 cm x 9 mm
	\$ 3,50	\$ 49,65	\$ 95,37
Fuentes	EDIMCA	Comercio	Aceros del SUR
Rentabilidad en construcción	Alta	Alta	Alta
	Pétreos	Cerámicos	Textiles
Facilidad de adquisición	Difícil	Difícil	Difícil
Costos	Altos	Medios	Bajos
Relación de costos	Lámina de 50 cm x 50 cm x 9 mm	Lámina de 50 cm x 50 cm x 9 mm	
	\$ 54,26	\$ 65,50	
Fuentes	Comercio local	Comercio local	Comercio local
Rentabilidad en construcción	Medio	Medio	Baja

Tabla 3.2: Comparación facilidad de adquisición de algunos materiales tecnológicos
Fuente 27: Autor

(ALVAREZ N. 1991), menciona que, es de sobra conocida la utilización de la madera y de sus productos derivados como aislantes térmicos en la edificación, principalmente en paredes y cubiertas.

La madera y demás materiales celulósicos son malos conductores del calor debido a que estos cuerpos tienen escasez de electrones libres, que son los responsables de una fácil transmisión de esta forma de energía (lo contrario de lo que ocurre en los metales).

También debido a que la madera y sus productos derivados son cuerpos porosos y por consiguiente su amplitud conductora tiene un valor intermedio entre los de sus componentes sólidos y los del aire contenido en los poros.

La conductividad térmica de los materiales corrientemente empleados en la construcción es muy superior a la que presentan los productos forestales, como se puede apreciar en los valores siguientes:

	Kcal/m.h.°C
Aluminio	172
Acero	39
Hormigón	1
Ladrillo macizo	0.75
Vidrio	0.6
Yeso	0.45
Madera de frondosas	0.15
Madera de coníferas	0.11
Tablero de partículas	0.08
Tablero de fibras	0.06

*Tabla 3.3: Conductividad térmica de algunos materiales tecnológicos
Fuente 28: ALVAREZ Noves. p.1*

En todas las aplicaciones prácticas de aislamiento térmico desempeña un papel importante el coeficiente de conductividad térmica λ que puede definirse técnicamente como aquella cantidad de calor, en Kcal, que atraviesa por hora, en régimen permanente, un cubo de un metro de arista, desde una de sus caras a la opuesta, cuando entre éstas existe una diferencia de temperatura de 1° C.

La madera tiene un calor específico muy elevado, comparado con los materiales citados anteriormente en la tabla 3.5, es decir, que al suministrarle una cantidad determinada de calor, la temperatura que alcanza es mucho más baja que en otros cuerpos de menor calor específico.

Por ello, la madera es definitivamente un material perfecto como aislamiento térmico pero sobre todo, idóneo para ser empleado como material global en el diseño del sistema de incubación artificial.

ACERO**MADERA**

- Los perfiles de acero suelen ser de pared delgada frente a las piezas de madera que suelen ser macizas.

- Por su alta conductividad térmica, si se calienta un punto del perfil del acero, éste se perfora inmediatamente.

- El metal con la temperatura se plastifica, es decir se deforma hasta que, cuando esta sea eliminada, vuelva a su anterior forma.

- Al alcanzar la temperatura de fusión, el acero simplemente se derrite.

- El metal es muy conductor del calor y eso hace que la exposición al fuego de una parte pueda afectar a toda la pieza porque se calienta toda.

- Las paredes de los perfiles de madera, dependiendo de sus espesores, suelen ser macizas.

- Por su baja conductividad térmica, si se calienta un punto de la madera, ésta se combustiona superficialmente y no se llegará fácilmente al núcleo de la sección.

- La madera no posee la propiedad de la deformación plástica, si se aplica temperatura a la madera, esta se combustiona.

- Tiene resistencia residual, es decir, se va quemando gradualmente hasta llegar al núcleo o a su sección mínima resistente, es por ello que es muy utilizada en las construcciones.

- Por ser mucho menos conductora, se daña la parte en contacto directo con el fuego, pero apenas transmite temperatura al resto de la pieza.

Tabla 3.4: Tabla comparativa entre acero y madera

Fuente 29: Autor

MATERIAL	Tensión de rotura en kg/cm ²	Densidad kg/m ³	Relación resistencia-peso
Bambú	1400	800	1,75
Madera laminada	400	500	0,80
Aluminium	1900	2 700	0,70
Madera seleccionada	300	500	0,60
Acero	4400	7800	0,56
Madera común	200	500	0,40
Hormigón pretensado	670	2 300	0,29
Hormigón armado	370	2 300	0,16

Tabla 3.5: Propiedades mecánicas de varios materiales
Fuente 30: <http://infomadera.net>

Duratriplex (Contrachapado Tríplex):

En **(ENDESA BOTROSA 2016)** mencionan que su tableros de contrachapado triplex, son productos de uso interior, que está fabricado a partir de chapas desenrolladas de especies tropicales.

- El tablero es de excelente calidad, con color uniforme.
- Viene lijado por ambas caras.
- Tolera golpes, rasguños, cargas e impactos.
- Es un tablero que permite minimizar las deformaciones por humedad y cambios de temperatura.
- Posee un bajo coeficiente de conductividad térmica, lo que permite mantener las condiciones estables de temperatura durante su utilización, evitando fisuras y encogimientos.
- Puede ser trabajado en un sin número de formas: machimbrado, perforado, cortado, canteado, clavado y atornillado.
- Utilizando correctamente el tablero puede ser rehusado hasta 20 veces.
- Se recomienda sellar los cantos con pintura de esmalte u otros impermeabilizantes.

Usos y aplicaciones: Se utiliza en la fabricación industrial o artesanal de mueblería, instalaciones de interiores y closets, estanterías para equipos electrónicos, puertas,

embalajes, cajas, juguetes, muebles de cocina y baños, y otras aplicaciones de ebanistería. Adicionalmente en la industria de la construcción el contrachapado (trípex) tiene múltiples aplicaciones.

Dimensión		
<i>Espesor mm</i>	<i>Tamaño m x m</i>	<i>Densidad* kg/m3</i>
9	1.22 x2.44	550 - 600
12	1.22 x2.44	550 - 600
15	1.22 x2.44	550 - 600
18	1.22 x2.44	550 - 600

*Densidad depende de la especie

Tabla 3.6: Dimensiones de tableros DURATRIPLEX

Fuente 31: (ENDESA BOTROSA 2016)

3.5 Usos más comunes del sistema de incubación artificial

El sistema de incubación se puede utilizar para la incubación de distintas aves, variando únicamente el tiempo de incubación según cada especie, entre las que se encuentran: pollo, codorniz, pavo, pato criollo, pato de raza, pavo real, ganso, entre otras aves más de corral.

3.6 Materiales empleados en la fabricación del sistema de control automático

3.6.1 Arduino Uno R3.

Arduino es una plataforma de prototipos electrónica de código abierto (open-source) basada en hardware y software flexibles y fáciles de usar. Está pensado para artistas, diseñadores, como hobby y para cualquiera interesado en crear objetos o entornos interactivos. El micro-controlador de la placa se programa usando el Arduino Programming Language (basado en Wiring) y el Arduino Development Environment (basado en Processing).



Ilustración 3.2: Arduino Uno R3
Fuente 32: <https://www.arduino.cc/>

3.6.2 Servomotor.

Un servomotor es un dispositivo pequeño que tiene un eje de rendimiento controlado. Este puede ser llevado a posiciones angulares específicas al enviar una señal codificada. Con tal de que una señal codificada exista en la línea de entrada, el servo mantendrá la posición angular del engranaje. Arduino envía una señal desde el PIN11 hacia el servomotor, el mismo que es alimentado externamente por una fuente de poder, para evitar que consuma más de los 5VDC que arduino proporciona en su salida. En la ilustración 3.4 realizada en el software libre “Fritzing” muestra la conexión de un servomotor a una fuente de alimentación externa de energía directa.



Ilustración 3.4: Servomotor
Fuente 34: <https://www.arduino.cc/>

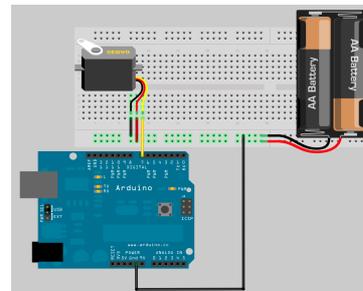


Ilustración 3.3: Conexión de servomotor a fuente externa
Fuente 33: Autor

3.6.3 Sensor digital de temperatura DALLAS DS18B20.

El sensor de temperatura DS18B20 es un dispositivo que se comunica de forma digital. Cuenta con tres terminales: Vcc, GND y el pin Data. Este sensor utiliza comunicación OneWire, este protocolo permite enviar y recibir datos utilizando un solo cable, a diferencia de la mayoría de los protocolos que requieren dos cables.

Características del DS18B20

- Sensor Digital
- Resolución de 9 y 12 bits
- Rango de operación de -50 a 125 grados centígrados
- Precisión +- 0.5 grados

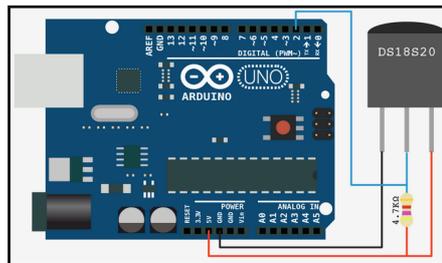


Ilustración 3.5: Conexión sensor digital de temperatura DS18B20 en Arduino

Fuente 35: <https://www.arduino.cc/>

Protocolo OneWire: Para leer el sensor DS18B20 con un arduino es necesario utilizar dos librerías que deben ser instaladas antes de cargar el código a la placa de desarrollo. Las librerías son las siguientes:

- Dallas Temperature.
- OneWire

Diagrama de conexiones:

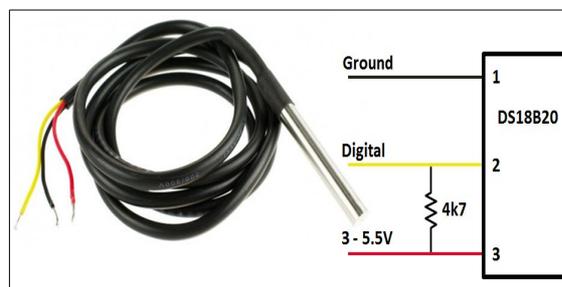


Ilustración 3.6: Sensor de temperatura digital DS18B20

Fuente 36: <https://www.arduino.cc/>

Para el correcto funcionamiento del sensor hay que colocar una resistencia de 4.7K del pin de Datos y Vcc, Normalmente este sensor viene blindado en un cable largo para

aplicaciones donde es necesario sumergirlo en líquidos u otras sustancias. Esta presentación del sensor solo trae 3 terminales o cables de conexión. El pin de Vcc es el cable Rojo, GND es el cable Negro y el Cable de datos puede ser de color Amarillo o Blanco.

Arduino recibe los datos que el sensor lee desde el pin analógico A3, y los convierte señales digitales que se visualizan en una pantalla de cristal líquido, con lo cual se puede interactuar en tiempo real con los cambios de temperatura que se presentan dentro de la cámara del sistema de incubación.

3.6.4 Sensor de temperatura y humedad relativa DHT22.

El uso principal de este sensor es la de recibir señales analógicas y convertirlas en digitales, para la medición de la humedad relativa dentro de la cámara de incubación; el mismo que se encuentra conectado al pin analógico A2 de Arduino.

Se seleccionó este sensor debido a su bajo costo y sus grandes prestaciones en la industria, además porque su conexión es sencilla y su instalación no requiere de espacios demasiado amplios. De entre los sensores capacitivos se tienen los de la serie DHT, mismos que tienen comunicación directa con Arduino.

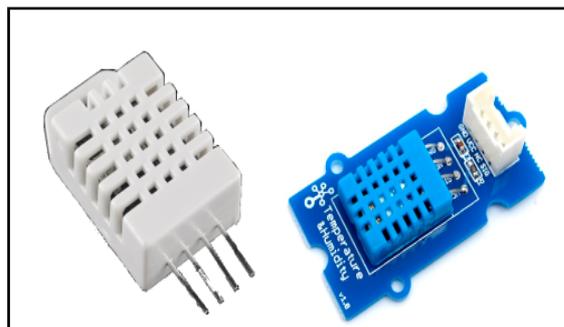


Ilustración 3.7: Sensor de temperatura y humedad DHT22
Fuente 37: <https://www.arduino.cc/>

En la tabla 3.7 se hace una comparación de las características que tiene el sensor DHT11³ frente al DHT22⁴

3 (D Robotics UK 2010)

4 (Aosong Electronics 2011, p. 22)

Características de cada uno de los sensores capacitivos de la serie DHT		
Parámetro	DHT11	DHT22
Alimentación	3Vdc ≤ Vcc ≤ 5Vdc	3.3Vdc ≤ Vcc ≤ 6Vdc
Señal de Salida	Digital	Digital
Rango de medida Temperatura	De 0 a 50 °C	De -40°C a 80 °C
Precisión Temperatura	±2 °C	<±0.5 °C
Resolución Temperatura	0.1°C	0.1°C
Rango de medida Humedad	De 20% a 90% RH	De 0 a 100% RH
Precisión Humedad	4% RH	2% RH
Resolución Humedad	1%RH	0.1%RH
Tiempo de respuesta	1s	2s
Tamaño	12 x 15.5 x 5.5mm	14 x 18 x 5.5mm

Tabla 3.7: Características de los sensores capacitivos DHT11 y DHT22

Fuente 38: Datasheets DHT11 y DHT22

Este sensor de temperatura y humedad se trata de un sensor digital básico de bajo costo de temperatura y humedad.

Se utiliza un sensor de humedad capacitivo y un termistor para medir el aire circundante, y envía una señal digital en el pin de datos (no son necesarios pines de entrada analógicos).

La conexión de los dos sensores es exactamente la misma, y la programación igual, su diferencia radica en el rango de precisión de la humedad relativa y en la resolución de la misma; mientras que en el sensor DHT11 se mide solamente números enteros, en el DHT22 se pueden medir decimales.

Respecto del costo, un DHT22 oscila entre los \$13 y un DHT11 entre los \$5. Indistintamente por el precio, el sensor DHT22 es el dispositivo que se usa debido a que su rango de medición y precisión en humedad, son más exactos.

Además, se pueden leer los datos del sensor directamente generando y leyendo las señales temporizadas según el protocolo del DHTXX. En general, lo normal es que empleemos una librería existente para simplificar el proceso.

En la tabla 3.8⁵ se puede observar que los sensores del tipo capacitivo junto con los infrarrojos, muestran características similares de uso en la industria, no obstante, los sensores capacitivos tienen un costo muy inferior y económicamente accesible frente a los infrarrojos. Así mismo, los sensores capacitivos vienen encapsulados en

5 (GARCÍA y KOURO 2001)

dimensiones muy pequeñas y para usos muy amplios; los infrarrojos necesitan un excitador externo para que lea los datos y su instalación requiere de más cables.

Características de cada uno de los sensores capacitivos de la serie DHT		
Parámetro	DHT11	DHT22
Alimentación	$3Vdc \leq Vcc \leq 5Vdc$	$3.3Vdc \leq Vcc \leq 6Vdc$
Señal de Salida	Digital	Digital
Rango de medida Temperatura	De 0 a 50 °C	De -40°C a 80 °C
Precisión Temperatura	± 2 °C	$<\pm 0.5$ °C
Resolución Temperatura	0.1°C	0.1°C
Rango de medida Humedad	De 20% a 90% RH	De 0 a 100% RH
Precisión Humedad	4% RH	2% RH
Resolución Humedad	1%RH	0.1%RH
Tiempo de respuesta	1s	2s
Tamaño	12 x 15.5 x 5.5mm	14 x 18 x 5.5mm

*Tabla 3.8: Tipos de sensores de humedad relativa y sus respectivas aplicaciones en la industria
Fuente 39: www.ingeborda.com*

3.6.5 LCD 16x2.



*Ilustración 3.8: Pantalla de cristal liquido LCD 16x2
Fuente 40: <https://www.arduino.cc/>*

La pantalla de cristal liquido o LCD (Liquid Crystal Display) es un dispositivo Controlado de visualización gráfico para la presentación de caracteres, símbolos o incluso dibujos (en algunos modelos), es este caso dispone de 2 filas de 16 caracteres cada una y cada carácter dispone de una matriz de 5x7 puntos (píxeles), aunque los hay de otro números de filas y caracteres.

Este dispositivo esta gobernado internamente por un micro-controlador y regula todos los parámetros de presentación, este modelo es el mas comúnmente usado.

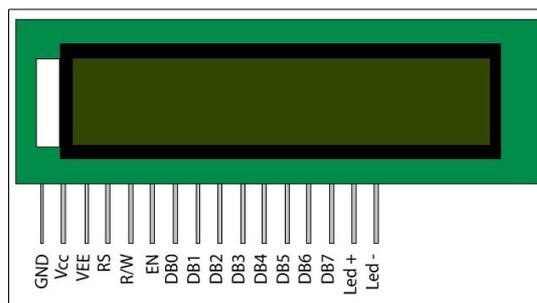
El uso de este dispositivo electrónico como parte del sistema de visualización en tiempo real, es para facilitar al usuario de la máquina de incubación la fácil lectura de los datos

y el monitoreo de los sucesos que se presentan durante todo el período de incubación de los huevos de las aves, hasta su eclosión dentro del gabinete de la incubadora. La razón de emplear dos de estos dispositivos, es por facilitar dos tipos de configuraciones deslindadas una de la otra.

En primera instancia un primer LCD sirve para la visualización en tiempo real de los cambios en las variables temperatura y humedad relativa, según se haya configurado, y el otro LCD sirve para la visualización del control del movimiento del servomotor en la configuración del volteo. En este punto es importante indicar que, solamente para este control, cuando la configuración del tiempo de volteo culmine, y el servomotor deje de girar, se puede eliminar la alimentación de energía del Arduino que realiza este control, con el fin de realizar solamente el control en las variables principales que son la temperatura y la humedad relativa, del panel de control izquierdo, con el que cuenta el sistema de incubación.

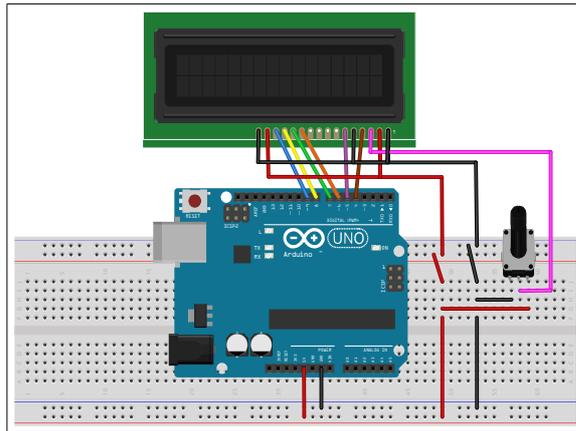
En la ilustración 3.9 se puede observar los pines que tiene un LCD 1602 para poder realizar su posterior conexión en Arduino, destacando que el controlador gráfico está dominado por un chipset común de interfaz paralela HD44780.

No tiene importancia si la luz de iluminación del LCD es verde o azul, puesto que su configuración es exactamente la misma.



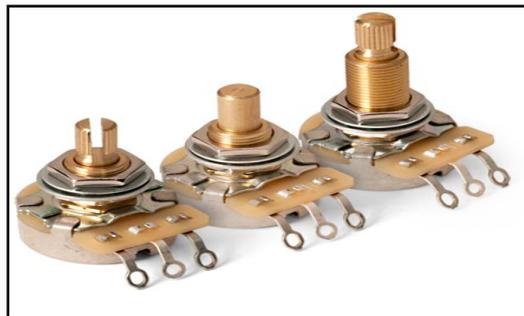
*Ilustración 3.9: Pines de conexión de un LCD 1602
Fuente 41: <http://panamahitek.com>*

En la ilustración 3.10 se aprecia el circuito de conexión de un LCD 1602 sobre Arduino realizado en el software libre “Fritzing”, en el cual se incluye un potenciómetro 10K con el cual se puede realizar el control de brillo de la pantalla cuando esté conectada a la fuente de poder de 5VDC.



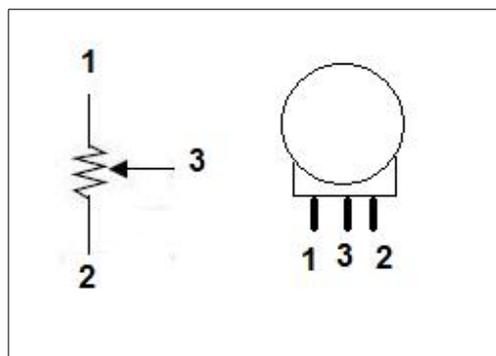
*Ilustración 3.10: Conexión de LCD 1602 sobre Arduino y control de brillo de LCD
Fuente 42: Autor*

3.6.6 Potenciómetro Rotativo.



*Ilustración 3.11: Potenciómetro rotativo
Fuente 43: <https://www.arduino.cc/>*

Un potenciómetro es un resistor cuyo valor de resistencia es variable. De esta manera, indirectamente, se puede controlar la intensidad de corriente que fluye por un circuito si se conecta en paralelo, o la diferencia de potencial al conectarlo en serie.



*Ilustración 3.12: Esquema electrónico de un potenciómetro
Fuente 44: Autor*

3.6.7 Pulsadores electrónicos.

Un botón o pulsador es un dispositivo utilizado para realizar cierta función. Los pulsadores son de diversas formas y tamaño y se encuentran en todo tipo de dispositivos, aunque principalmente en aparatos eléctricos y electrónicos.



Ilustración 3.13: Pulsadores electrónicos
Fuente 45: <https://www.arduino.cc/>

Los pulsadores son por lo general activados, al ser pulsados con un dedo. Permiten el flujo de corriente mientras son accionados. Cuando ya no se presiona sobre él vuelve a su posición de reposo. Puede ser un contacto normalmente abierto en reposo NA o NO (Normally Open en Inglés), o con un contacto normalmente cerrado en reposo NC.

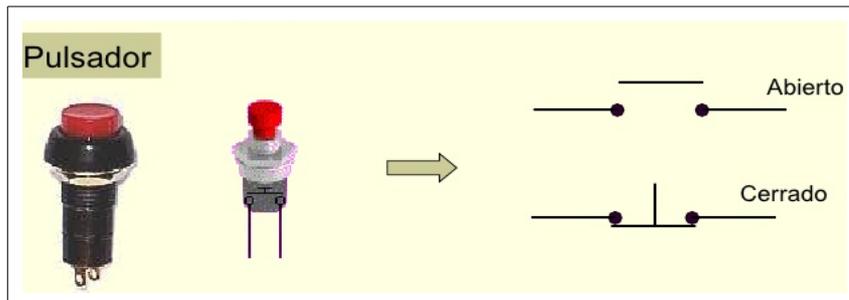


Ilustración 3.14: Esquema eléctrico de un pulsador
Fuente 46: tutoelectro.com

3.7 Parámetros de diseño

3.7.1 Construcción del equipo.

El equipo está construido en tríplex de 9mm de espesor. Se realizó la adquisición de los materiales a partir del modelado del prototipo en el software “BRICSCAD V16

ACADEMIC for LINUX”. Su construcción física tomó aproximadamente 25 días, tiempo coincidente con el cronograma de las actividades programadas inicialmente, y en el cual se presentaron algunas novedades como el no poder adquirir cinta adhesiva de aluminio para realizar el recubrimiento interno del tríplice, el cual tiene como funciones: servir como aislante térmico en el interior de la incubadora y dar protección a la madera ante la humedad.

Todo se realizó únicamente en la construcción de un prototipo, ya que este requiere de investigación, rediseños e incluso reparaciones cuando la idea planteada no es práctica, como se planteó originalmente o el prototipo simplemente no funciona.

Sin embargo el conocimiento y las habilidades técnicas se perfeccionan con la práctica, con la experiencia obtenida durante la construcción del prototipo se prevé que un sistema de incubación artificial de huevos de aves se puede realizar en únicamente 5 días trabajando en una jornada de 8 horas, y otro día para realizar pruebas y ajustes al sistema, todo ello, contando previamente con los materiales y equipos necesarios para poderlo realizar; este tiempo no incluye la adquisición de los materiales ni la programación de Arduino que supone ser la misma en el caso de producir más unidades operativas del prototipo expuesto.

La construcción del prototipo fue parte fundamental en el proceso de investigación y desarrollo tecnológico, siendo una de las mayores fuentes de información para los análisis de factibilidad desarrollados.

Consta principalmente de:

- chasis interior
- chasis exterior
- volteador de huevos
- nacedora

3.7.2 Planos.

Con base en los criterios de diseño expresados anteriormente, se presentan los planos del prototipo de incubación artificial de huevos de aves con control automático en

conjunto, la ilustración 3.15 muestra la vista frontal del equipo ensamblado.

- En la ilustración 3.16 se muestra el equipo en vista lateral,
 - la ilustración 3.17 muestra el equipo en vista superior,
 - la ilustración 3.18 muestra el diagrama eléctrico y conexiones electrónicas del panel de configuración izquierdo y,
 - por último la ilustración 3.19 muestra el diagrama eléctrico y conexiones electrónicas del panel de configuración derecho, utilizado por el sistema.
-
- Ver **ANEXO 1**.

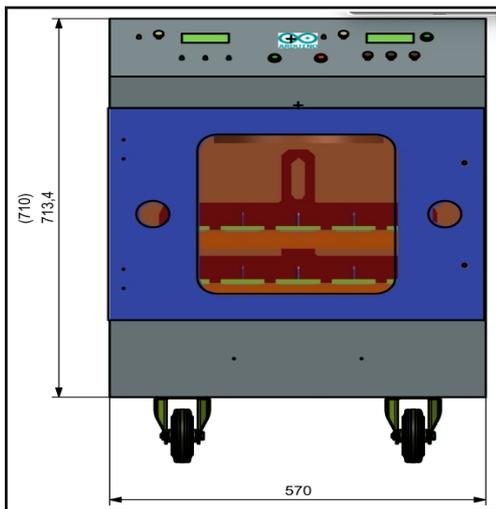


Ilustración 3.16: Vista frontal del equipo
Fuente 48: Autor

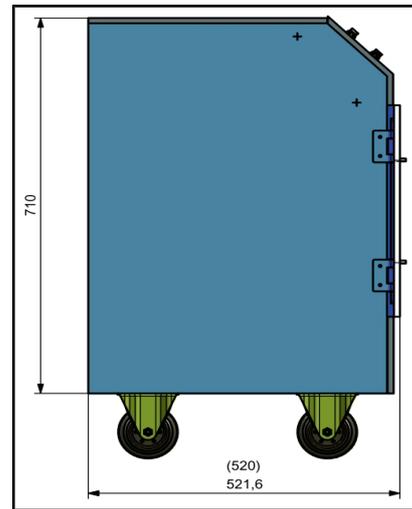


Ilustración 3.15: Vista lateral del equipo
Fuente 47: Autor

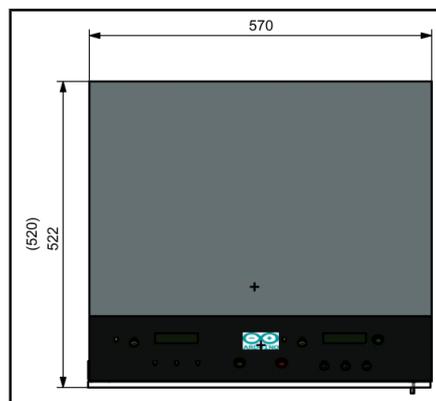


Ilustración 3.17: Vista superior del equipo
Fuente 49: Autor

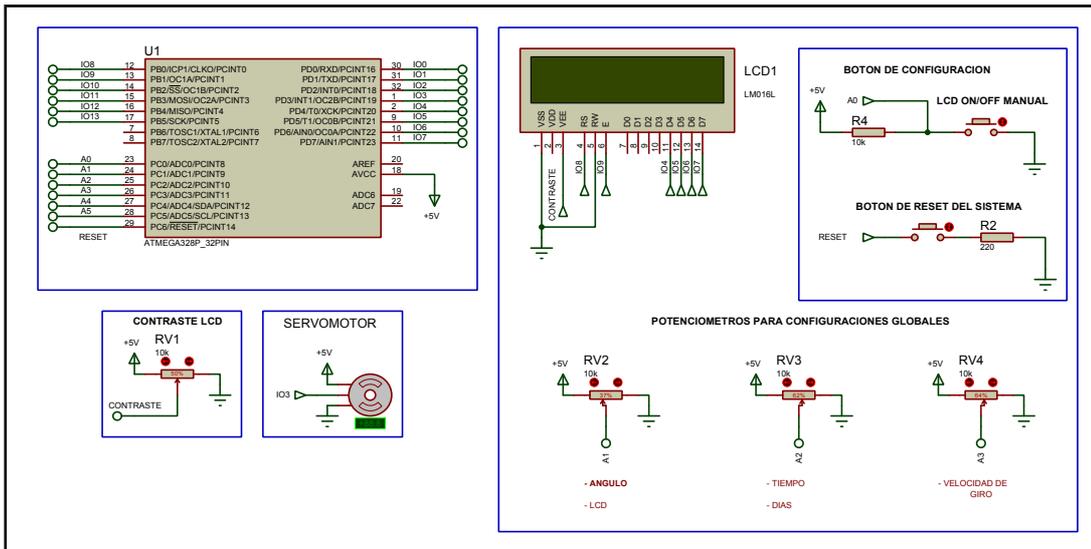


Ilustración 3.18: Esquema electrónico y eléctrico de conexiones del panel de configuración derecho, realizado en KiCad
Fuente 50: Autor

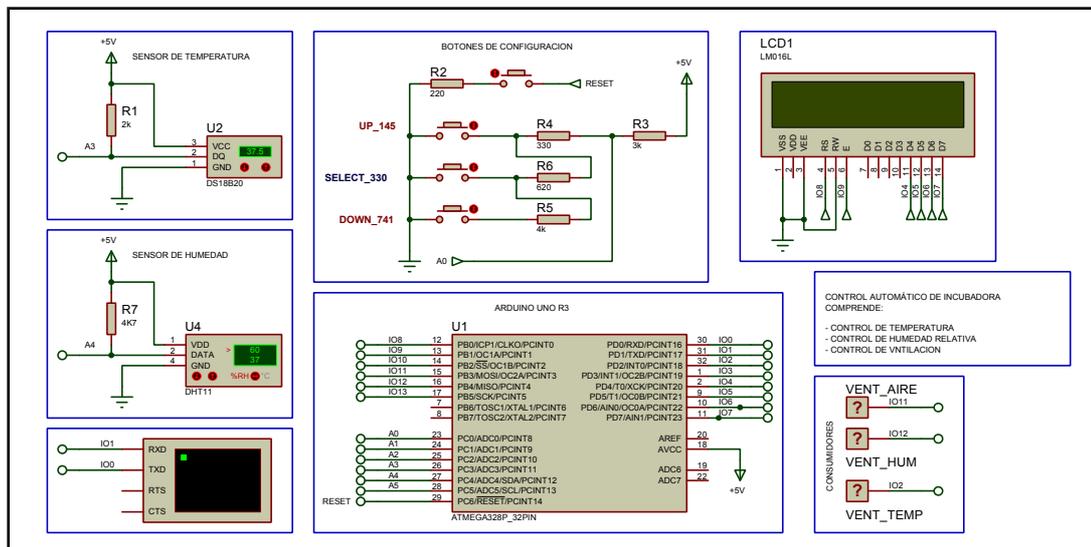


Ilustración 3.19: Esquema electrónico y eléctrico de conexiones del panel de configuración izquierdo, realizado en KiCad
Fuente 51: Autor

3.7.3 Diagrama de explosión.

El diagrama de explosión, ilustración 3.20, tiene como objetivo la visualización de todos los elementos que conforman la incubadora de huevos, para comprender de mejor manera la disposición y la función que ejercen dentro del sistema.

1. **Puerta:** La puerta es un ensamble de madera y vidrio transparente, con dos placas de malla de aluminio. Contiene dos orificios que sirven para la reposición

del aire desde el exterior y la eliminación del aire combustionado desde el interior de la cámara de incubación, respectivamente.

2. **Nacedora:** Sirve para colocar los huevos cuando estos hayan cumplido 18 días de incubación , aquí eclosionarán los pollitos a partir del día 21, según sea la incubación del tipo de ave, a la cual se haya programado el tiempo de volteo total.
3. **Chasis interior:** También denominado cámara de incubación, tiene la característica principal que las paredes internas están forradas con cinta adhesiva de aluminio, con el fin de permitir la conductividad térmica en el interior, la cual es producida por las bobinas de calefacción de aire y agua. Además, dentro están colocados los ventiladores, los elementos de calefacción, los volteadores de huevos, el recipiente con agua y los sensores de humedad y temperatura. En las paredes externas (laterales y posterior) de la cámara, se encuentran láminas de poliestireno expandido (espumaflex) de 20 mm de espesor, los cuales tienen la función de ayudar a mantener la energía calorífica del interior de la cámara, logrando que el sistema tenga pérdidas mínimas de calor hacia el exterior.
4. **Chasis exterior:** Es la parte externa visible de la máquina de incubación, está colocada sobre la cámara de incubación atornillada en ciertos puntos para facilitar el mantenimiento del equipo. Aquí se colocan el talero de control, el circuito eléctrico y electrónico, la puerta y los visualizadores de las variables a controlar.
5. **Tablero de control:** Comprende el lugar en donde están instalados los elementos de configuración para los parámetros indicados (pulsadores, potenciómetros) y los visualizadores LCD 16x2.
6. **Ruedas giratorias:** Sirven para mejorar la transportabilidad el equipo ensamblado.
7. **Circuito de control:** Comprende todas las conexiones eléctricas y electrónicas para el control del sistema de incubación.

8. **Volteador:** El lugar en donde se colocarán los huevos y el que brinda el cambio de posiciones de los huevos en un ángulo de 45°, en una vertical imaginaria.

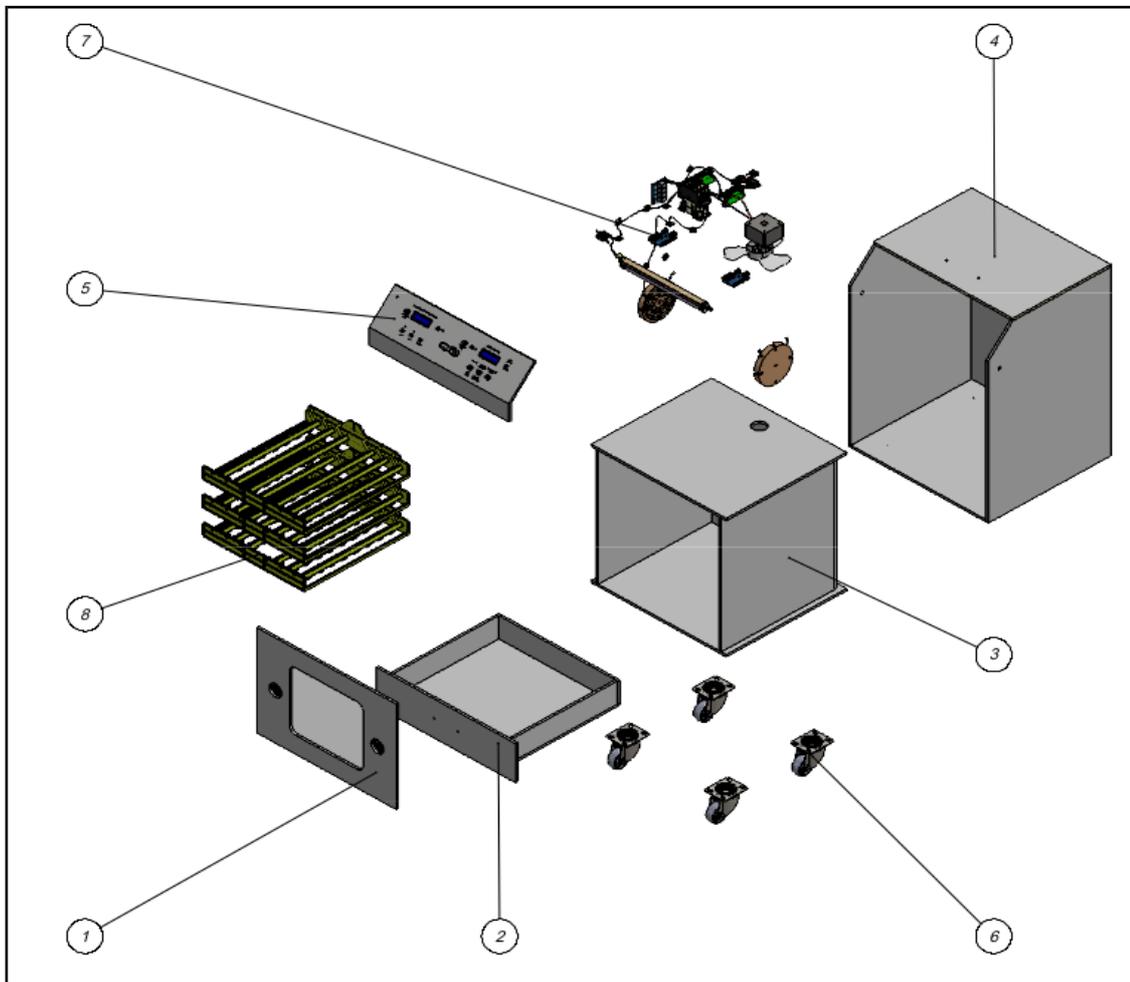


Ilustración 3.20: Vista de explosión del prototipo de incubación artificial

Fuente 52: Autor

3.7.4 Cuerpo o chasis interior.

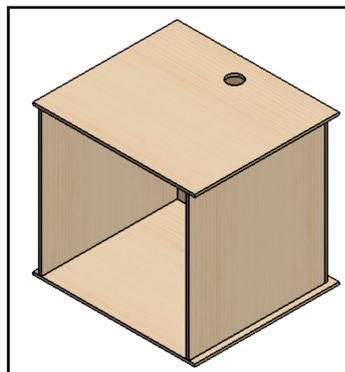


Ilustración 3.21: Chasis interior

Fuente 53: Autor

El cuerpo interior o chasis interior, es la parte en donde se colocará el volteador con los huevos que se vayan a incubar. Aquí se alojan los bloques de segmentos de níquelinas calefactoras de aire y de agua que generarán la temperatura en el interior de la cámara de incubación y la humedad, respectivamente. Contiene un forro de cinta adhesiva de aluminio en toda su parte interior con el fin de brindar una mejor transferencia del calor en el interior del sistema, debido a la baja conductividad que presenta la madera.

Principalmente consta de:

- 2 placas de tríplex de 550 x 490 x 9-10 mm, una es el piso interno del chasis y el otro la parte superior en donde se coloca el ventilador que sirve para la circulación del aire dentro del sistema en pleno funcionamiento.
- 2 placas de tríplex de 495 x 460 x 9-10 mm, que son los laterales del chasis en mención; a su vez, éstos laterales sirven del apoyo principal para que los volteadores de los huevos se pueden colocar con mucha facilidad.
- 1 tablero de tríplex de 510 x 495 x 9-10 mm, que es el elemento que cierra el chasis en la parte posterior del mismo. Aquí, va colocado el servomotor que ayudará a que el giro de las cubetas en el volteador giren el ángulo que el usuario seleccione, cuando configure su sistema.
- Sus medidas en bruto son alto=515, ancho=550, fondo= 490 mm; para más detalles, remitirse al **ANEXO 2**.

3.7.5 *Cuerpo o chasis exterior.*

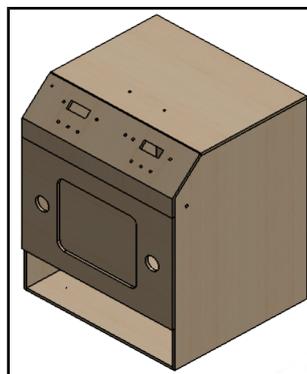


Ilustración 3.22: Chasis exterior
Fuente 54: Autor

El cuerpo exterior o chasis exterior, es el ensamble en el cual va montada la puerta, el

sistema eléctrico y electrónico, las pantallas LCD 16x2. Dentro de éste se coloca el chasis interior.

Desde este elemento, se puede visualizar, por medio de una puerta con vista panorámica con cristal, que el sistema funcione correctamente, sobre este está montado el tablero de control principal de todo el sistema, desde el cual el usuario podrá realizar las respectivas configuraciones.

Para mantener la temperatura en el medio, se dispone de planchas de poliestireno expandido (espumaflex) de espesor 20 mm, alrededor del chasis interior antes del montaje del chasis exterior, que brindan al sistema un aislamiento completo.

Su armazón principalmente consta de:

- 2 tableros de tríplex para los laterales de 700 x 500 x 9-10 mm con un biselado de 100 x 100 mm en una de sus esquinas.
- 1 tablero de tríplex para la base exterior de 550 x 490 x 9-10 mm.
- 1 tablero de tríplex para la parte posterior de 690 x 550 x 9-10 mm.
- 1 tablero de tríplex para la puerta de 570 x 400 x 9-10 mm. La puerta tiene dos orificios a los lados, que ayudan a la reposición del aire desde el exterior y a la eliminación del aire combustionado (CO₂) que se encuentra dentro del sistema de incubación.
- 1 tablero de tríplex para la tapa de la cubierta de 570 x 400 x 9-10 mm.
- 1 armazón de tríplex para el panel de control principal. El tablero de control lleva perforaciones para colocar los dos LCD 16x2, los pulsadores electrónicos y los potenciómetros rotativos.
- Las dimensiones en bruto del chasis exterior son de alto=710, ancho=570, fondo= 510 mm; para más detalles, remitirse al **ANEXO 3**.

3.7.6 Volteador para colocación y posterior giro de los huevos.

El volteador, es un sencillo mecanismo que está construido a base de plástico termo-resistente y es el encargado de lograr que los huevos sean volteados en un eje imaginario vertical a los grados que el usuario seleccione, consta de seis depósitos de con capacidad de ocho huevos de gallinas cada uno, sumando un total de 96 espacios

disponibles para la colocación e incubación de huevos de gallina como máxima capacidad actual.

Es de fácil ensamble y está provisto de agujeros que facilitan su montaje y desmontaje cuando se requiera realizarlo.

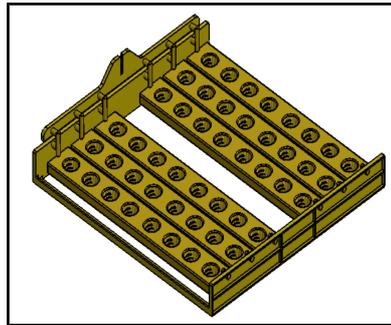


Ilustración 3.23: Volteador de huevos
Fuente 55: Autor

- Las dimensiones en bruto del sistema de volteo son: altura con dos bandejas = 190 – 280 mm, ancho = 430 mm y fondo = 430 mm.
- Los compartimentos del volteador miden longitud = 340 mm, ancho = 67 mm, alto = 32 mm. Remitirse al **ANEXO 4**.
- Los diámetros de los agujero de los compartimentos son de 45 mm para huevos de gallina.

3.7.7 Nacedora.

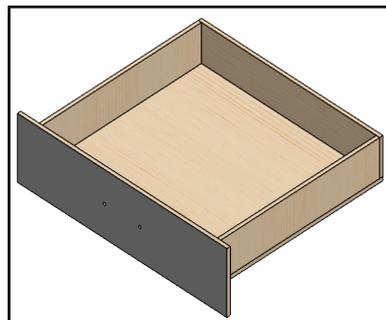


Ilustración 3.24: Nacedora
Fuente 56: Autor

El ensamble de esta base, en la cual se colocarán los huevos que estén a punto de eclosionar, al finalizar el programa de volteo de huevos, tiene unas dimensiones en bruto de: altura = 145 mm, ancho = 570 mm, fondo = 470 mm.

En su parte interior, tiene un forro de cinta de adhesiva aluminio, la misma que proporciona una mejor transferencia de calor dentro del sistema, cuándo esté en pleno funcionamiento.

En el **ANEXO 5** se muestran las dimensiones de las partes que conforman la nacedora que consta de los siguientes elementos:

- 2 placas de tríplex para los laterales de 75 x 460 x 9-10 mm.
- 1 placa de tríplex para el fondo de 470 x 75 x 9-10 mm.
- 1 placa de tríplex para la base de 490 x 460 x 9-10 mm.
- 1 placa de tríplex para la parte frontal de 570 x 145 x 9-10 mm.

3.8 Cálculo estructural

El cálculo estructural ayuda a determinar si el diseño del equipo se realizó correctamente, y sobre por medio de una estudio técnico, el cual abalice que el diseño final sea factible de construir y producir.

3.8.1 Diagrama de cuerpo libre.

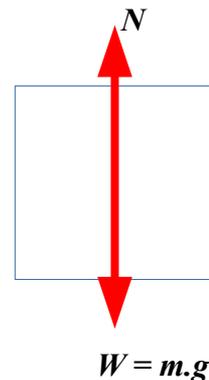
El diagrama de cuerpo libre (DCL), ayuda a determinar todas y cada una de las fuerzas que actúan sobre el cuerpo que se ha de estudiar.

Así entonces:

DATOS:

Masa total: **32 Kg**

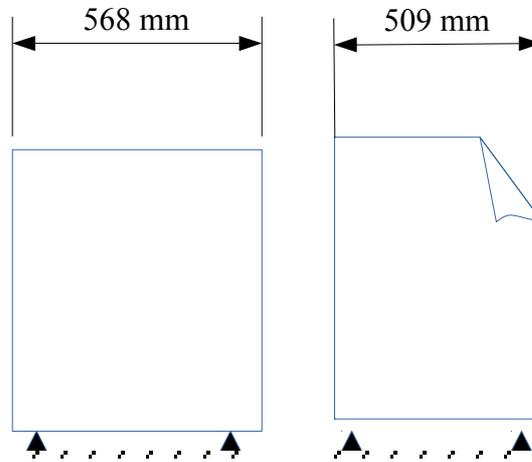
g: **9.81 m/s²**



$$W = m \cdot g: \quad 32 \text{ Kg} \cdot 9.81 \text{ m/s}^2 = \mathbf{313.92 \text{ N}}$$

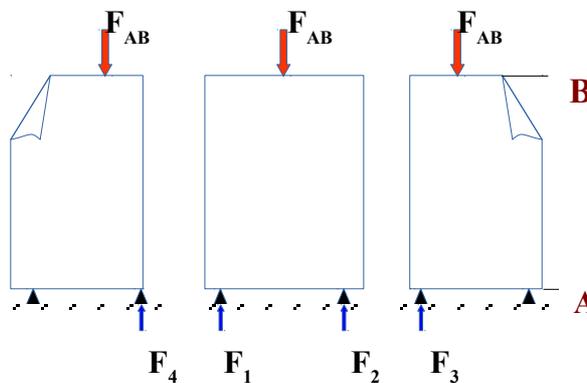
$$E: \quad \mathbf{1200 \text{ Mpa}}$$

3.8.2 Cálculo de esfuerzos.



Para el cálculo de los esfuerzos existentes en el modelo, se parte de idealizar el sólido para un estudio estático de fuerzas y esfuerzos de su estructura, en dos dimensiones.

3.8.3 Diagrama de cuerpo libre.



La estructura principal cuenta con cuatro puntos de apoyo que son las ruedas giratorias en la parte inferior del equipo construido.

$$\sum F_y = 0$$

$$4 F_{AB} = -N \quad A = (56.8 \cdot 50.9) \text{ cm}^4$$

$$\underline{\underline{F_{AB} = 313.92 \text{ N}}} \quad \underline{\underline{A = 2891.12 \text{ cm}^2}}$$

$$\sigma_{AB} = \frac{F_{AB}}{S}$$

$$\sigma_{AB} = \frac{78.48 \text{ N}}{2891.12 \text{ cm}^2}$$

$$\sigma_{AB} = \frac{78.48 \text{ N}}{0.289112 \text{ m}^2}$$

$$\sigma = 271.452 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

$$\sigma = 271.452 \text{ Pa}$$

3.8.4 Presión sobre el cuerpo.

$$P = \frac{F}{S}$$

$$P = \frac{313.92 \text{ N}}{0.289112 \text{ m}^2}$$

$$P = 271.452 \text{ Pa}$$

3.8.5 Momento Flector.

Se denomina momento flector (o también "flexor"), o momento de flexión, a un momento de fuerza resultante de una distribución de tensiones sobre una sección transversal de un prisma mecánico flexionado o una placa que es perpendicular al eje longitudinal a lo largo del que se produce la flexión.

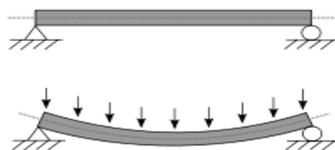


Ilustración 3.25: Momento flector
Fuente 57: Gonzáles, José Antonio, Tensiones y deformaciones en materiales elásticos

$$M_{fp} = \frac{P_{fp} \cdot L}{4}$$

P_{fp} : Carga de proporcionalidad de 0.002 de L

L : Distancia entre los apoyos

$$L_1 = 445 \text{ mm}$$

$$L_2 = 390 \text{ mm}$$

$$P_{fp} = F = 319.92 \text{ N}$$

$$M_{fp1} = \frac{319.92 \text{ N} * 445 \text{ mm}}{4}$$

$$M_{fp2} = \frac{319.92 \text{ N} * 390 \text{ mm}}{4}$$

$$\underline{\underline{M_{fp1} = 35.59115 \text{ N} \cdot \text{m}}}$$

$$\underline{\underline{M_{fp2} = 31.1922 \text{ N} \cdot \text{m}}}$$

MOMENTO FLECTOR TOTAL

$$M_{fpT} = \frac{M_{fp1} + M_{fp2}}{2}$$

$$M_{fpT} = \frac{35.59115 + 31.1922 \text{ N} \cdot \text{m}}{2}$$

$$\underline{\underline{M_{fpT} = 33.39165 \text{ N} \cdot \text{m}}}$$

Momento resistor en x

Deflexión (flexión total)

$$W_x = \frac{M_{fp}}{\sigma_{AB}}$$

$$f = \frac{1}{48} \frac{F \cdot L^3}{E \cdot I_x}$$

$$W_x = \frac{33.3916 \text{ N} \cdot \text{m}}{271.452 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}}$$

$$f = \frac{1}{48} \frac{319.92 \text{ N} * 0.495 \text{ m}}{1200 * 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} * 0.0168 \text{ m}^4}$$

$$\underline{\underline{W_x = 0.123 \text{ m}^3}}$$

$$\underline{\underline{f = 7.7079 * 10^{-6} \text{ m}^{-1} \approx 0.0077079 \text{ mm}^{-1}}}$$

3.8.6 Análisis estructural.

Con la ayuda del diseño realizado con el software Siemens NX, se realizó la simulación con la aplicación de las cargas calculadas.

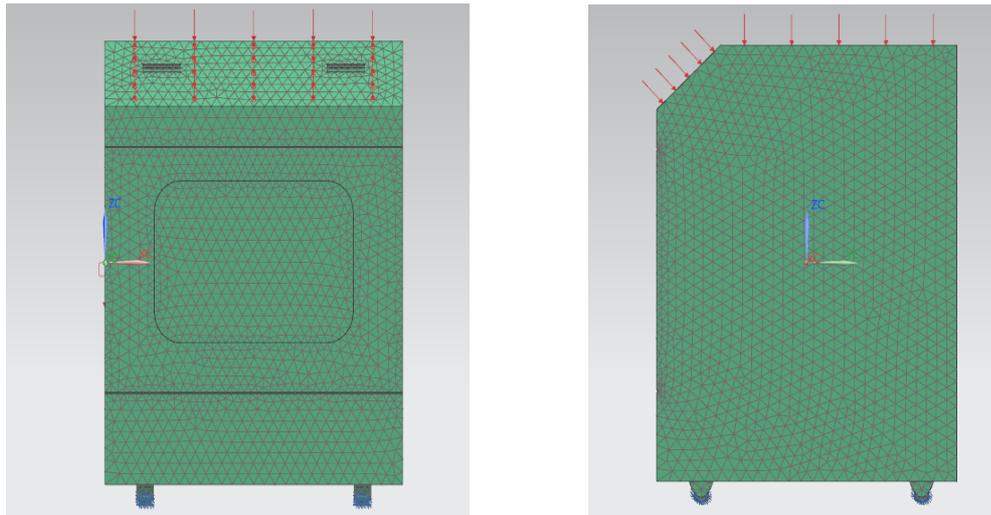
Al cuerpo le rigen la masa total, la gravedad y la presión que actúa sobre todo el cuerpo.

Peso = 32 Kg

$$G = 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$P = 271.452 \text{ Pa}$$

Se consolidaron cuatro puntos de apoyo, cada uno en la base las ruedas de la máquina de incubación artificial y, la aplicación de las cargas, anteriormente indicadas, fueron sobre la superficie superior de la máquina.



Los resultados del análisis fueron:

$$\text{Deformación máxima} = 0.0409 \text{ mm}$$

$$\text{Esfuerzo último, } F_u = 740 \text{ N/m}^2$$

$$\text{Esfuerzo admisible, } F_a = 271.452 \text{ N/m}^2$$

$$\text{Módulo de elasticidad, } E = 1200 \text{ Mpa}$$

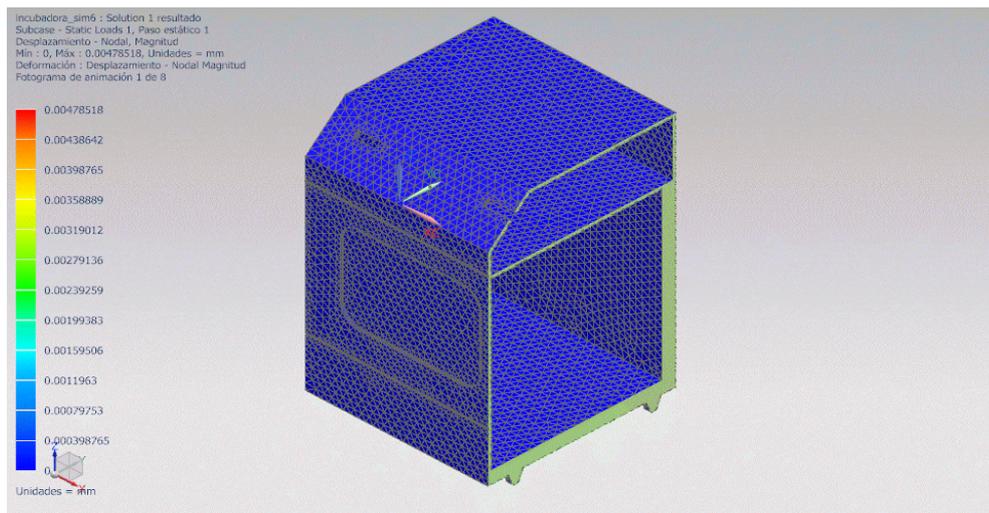
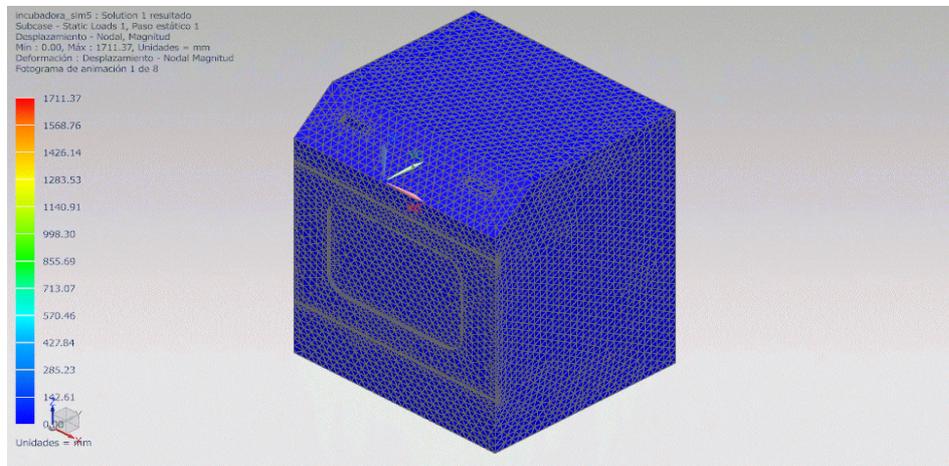
Coefficiente de seguridad

$$FS = \frac{\text{Esfuerzo último}}{\text{Esfuerzo admisible}}$$

$$FS = \frac{740 \text{ N/m}^2}{271.452 \text{ N/m}^2}$$

$$\underline{\underline{FS = 2.72}}$$

El factor de seguridad indica que el diseño puede soportar hasta un máximo de 2.7 veces más de lo que en los cálculos se ha determinado, por ende podrá ser re-diseñado hasta alcanzar la máxima carga permisible, dada por el fabricante.



3.9 Variables de diseño

Las variables principales de control para el diseño del sistema de incubación artificial, son:

- Temperatura interna.
- Humedad relativa del medio aislado.

- Ventilación y reposición de aire.
- Volteo de huevos durante el período de incubación.

3.9.1 Temperatura.

La temperatura se logra mediante un bloque de segmento de niquelina calefactora de aire de 250W que está ubicado dentro del chasis interior, sus niveles máximos y mínimos, se controlarán por medio de un sensor de temperatura digital, específicamente el sensor DS18B20 el cual tiene una precisión muy aceptable de $\pm 0,5$ grados.

Este sensor, utiliza el protocolo OneWire de fácil conexión y con un rango de mediciones que van desde -50 a 125 grados centígrados.

3.9.2 Humedad relativa.

La humedad relativa es generada por medio de un bloque de segmento de niquelina calefactora de agua de 700W la cual genera humedad caliente; a su vez será controlada por medio del sensor de temperatura y humedad relativa DHT22, el mismo que tiene una precisión de medición de humedad igual al 2% RH, una resolución Humedad de 0.1%RH y un tiempo de sensado de 2 segundos.

Al igual que el sensor de temperatura digital DS18B20 hace uso del protocolo de conexión OneWire para una conexión rápida y muy simple.

3.9.3 Ventilación y reposición de aire.

El control de la ventilación y la reposición de aire, está a cargo de tres ventiladores XW 8025MS cuyas características técnicas se aprecian en la tabla 3.9.

Este ventilador permanecerá siempre encendido hasta que el proceso de incubación termine. Su ubicación física en la máquina es:

- el primer está ubicado en la parte superior interna,

- el segundo al lado izquierdo superior de la parte interna, y
- el tercero justo en un respiradero de la parte derecha de la puerta.

Características	
Lugar de origen:	China(continente)
Tensión	12 V DC
Amperaje	0.14 A
Velocidad de giro	12000 RPM
Marca:	EXPORTISE
Número do Modelo:	FSY27X12H
Tipo:	Ventilador de flujo axial
Tipo da corriente eléctrica:	C.C.
Potencia	1.44 W
Peso	6g
Tamaño	25x25x7mm
Material	Plástico

Tabla 3.9: Características técnicas del ventilador XW 8025MS

Fuente 58: Shenzhen Exportise Technology Co., Ltd.

3.9.4 Volteo de huevos.

El volteo de los huevos está a cargo de un servomotor, el cual se podrá configurar desde el panel de control de la parte derecha. El volteo consta básicamente de los parámetros de configuración del tiempo de volteo máximo antes de la eclosión de los huevos, el ángulo de giro del servomotor, la velocidad en grados por minuto y el tiempo que debe existir por cada rotación del sistema. El movimiento es transmitido hacia el brazo conectado en las bandejas volteadoras y podrá ser configurado según crea necesario le usuario final.

La configuración del tiempo máximo de volteo dependerá del tipo de huevo del ave que se vaya a incubar; este tiempo que se configure, será el tiempo de ejecución de volteo días antes de la eclosión de las aves bebé. Un ejemplo claro es el de los pollos, éstos deben mantenerse girando durante 18 días para que en los restantes 3 días, el polluelo se acomode dentro del cascarón para su posterior eclosión le día 21.

3.10 Diseño del equipo

El equipo está diseñado para trabajar en cualquier ambiente, la estructura de madera con acabados superficiales en pintura y recubrimientos internos con cinta de aluminio, proveen una gran protección de la misma para todo tipo de medio al cual se vaya a emplazar. En la parte superior está la tapa que oculta las conexiones eléctricas y electrónicas; esta cubierta está unida mediante bisagras y un seguro para mantener esta sección aislada y al mismo tiempo, para poder realizar mantenimiento eléctrico cuando sea necesario.

3.10.1 Diseño de unidades funcionales.

Las unidades funcionales planificadas fueron dos, las de control derecho y las de control izquierdo del panel de control principal del prototipo de incubadora para huevos de aves.

3.10.2 Funcionalidad del equipo.

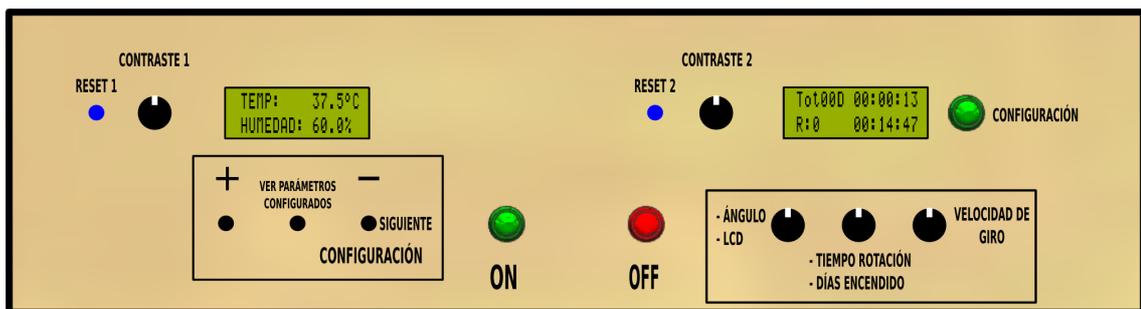


Ilustración 3.26: Tablero de control principal

Fuente 59: Autor

El equipo funciona de tal modo que, al ubicarse frente del panel de control, el usuario se encontrará un tablero tal como se muestra en la ilustración 3.19. El sistema está programado y diseñado, de tal modo que el usuario se encuentre con dos sub-paneles de control, muy fáciles de utilizar.

- **Panel izquierdo:** De uso exclusivo para configuración de parámetros de control

de las variables:

- Temperatura
 - Humedad relativa (RH)
 - Ventilación y reposición de aire
- ***Panel derecho:*** De utilización exclusiva para la configuración de parámetros de la variable volteo de huevos, y consta de:
 - Control de ángulo de giro del servomotor
 - Control de velocidad del servomotor
 - Tiempo de funcionamiento del sistema antes de la eclosión. Este depende de la clase de huevo de ave que se vaya a incubar.
 - Tiempo de encendido del LCD 16x2. Cuando éste tiempo culmine, el LCD se apagará automáticamente.

3.10.2.1 Configuración – Panel izquierdo.



Ilustración 3.27: Tablero de configuración principal – Panel izquierdo
Fuente 60: Autor

En el panel de la izquierda, ilustración 3.20, el usuario al presionar el pulsador con designación “CONFIGURACIÓN”, inicia el modo de configuración uno, en el cual podrá establecer los parámetros que se necesitan para la incubación de los huevos de aves, la primera pantalla es para los parámetros de temperatura el cual está controlado por el sensor digital de temperatura DS18B20; para pasar a la siguiente pantalla de configuración, el usuario deberá presionar el pulsador “CONFIGURACIÓN” y así podrá entrar en la segunda pantalla de ajustes que hace referencia a los parámetros de humedad relativa controlados por el sensor DHT22, al presionar nuevamente

“CONFIGURACIÓN”, el usuario completará la configuración del sistema.

Los pulsadores están conectados en configuración con resistencias pull-up en vez de pull-down, conectadas en el pin analógico A0. Para entender estas incógnitas que surgen en las conexiones de pulsadores con Arduino, se debe entender que significa y que hace cada configuración de resistencias indicadas.

Cuando se habla de resistencias pull-up y pull-down se está haciendo mención a Divisores de Tensión dentro de la electrónica digital. Un caso particular del tema de los Divisores de Tensión consiste en su uso conjunto con pulsadores, conmutadores y/o pulsadores.

En este caso una de las dos resistencias, R_{top} o R_{bottom} la sustituimos por uno de estos dispositivos.

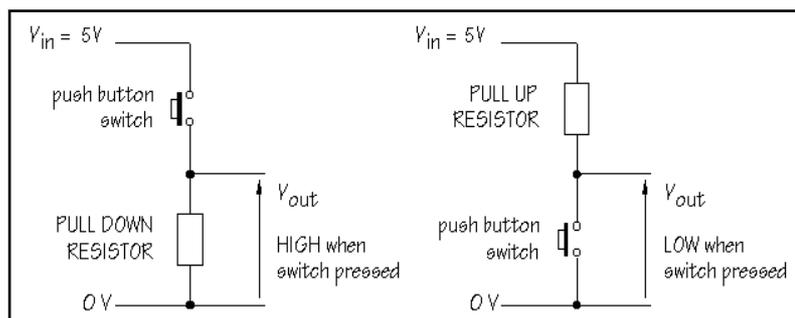


Ilustración 3.28: Resistencia pull-up y pull-down en PIC

Fuente 61: Foro electrónica básica

URL: <http://www.todopic.com.ar/foros/index.php?topic=14129.0>

Como puede verse en la ilustración 3.21, el pin del Arduino lo conectamos a V_{out} y así nos aseguramos que este pin no queda nunca "al aire", cosa nada conveniente en ningún caso.

El funcionamiento es evidente por si mismo. En el caso del esquema de la izquierda V_{out} esta conectado a masa a través de la resistencia Pull-Down, cuando pulsamos el pulsador entonces V_{out} se conecta a V_{cc} y el pin del Arduino recibe un High ó "1" lógico.

Por el contrario en el caso del esquema de la derecha V_{out} esta conectado a V_{cc} a través de la resistencia Pull-Up, cuando pulsamos el pulsador entonces V_{out} se conecta a masa y el pin de Arduino recibe un Low ó "0" lógico.

Para entender mejor lo dicho, la conexión indicada anteriormente se puede observar en la ilustración 3.22.

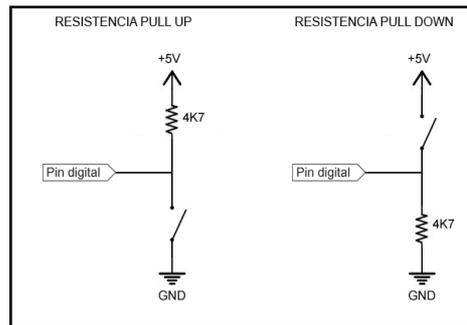


Ilustración 3.29: Resistencias pull-up y pull down en arduino

Fuente 62: Foro electrónica digital con Arduino

URL: <http://www.luisllamas.es/2014/09/leer-un-pulsador-con-arduino/>

En otras palabras (extraído textualmente de (LLAMAS 2016) :

- “La resistencia de Pull-Up fuerza HIGH cuando el pulsador está abierto. Cuando está cerrado el PIN se pone a LOW, la intensidad que circula se ve limitada por esta resistencia”.
- “La resistencia de Pull-Down fuerza LOW cuando el pulsador está abierto. Cuando está cerrado el PIN se pone a HIGH, y la intensidad que circula se ve limitada por esta resistencia”.(LLAMAS 2016)

3.10.2.2 Configuración - Panel derecho.

El panel derecho del tablero, ilustración 3.23, es el encargado del control del volteo de los huevos. Aquí, cuando el usuario desee configurar los parámetros, deberá mantener presionado durante 5 segundos, luego de presionar el pulsador RESET 2, el pulsador CONFIGURACIÓN y de esta manera podrá entrar en el menú de configuraciones de dicho sistema. Al ingresar en esta pantalla, se le pedirá al usuario que coloque los potenciómetros al mínimo girándolos hacia la izquierda, seguido de ello, se deberá presionar nuevamente el botón de configuración para pasar a la siguiente pantalla en donde inician las configuraciones del sistema de volteo.

La primera pantalla de configuración de parámetros se presenta para configurar él

ángulo de giro del servomotor mediante el potenciómetro número uno, la velocidad de giro del servomotor con el potenciómetro número tres y el tiempo de volteo de los huevos el mismo que se repetirá durante todo el ciclo de incubación.



Ilustración 3.30: Tablero de configuración principal – Panel izquierdo
Fuente 63: Autor

Se deberá presionar nuevamente el pulsador de configuración, y en la siguiente y última pantalla de configuración de parámetros, se reutilizan los potenciómetros dos y uno, para configurar el número de días que deberá estar activo el sistema antes de detenerse automáticamente y el tiempo que el display debe estar encendido antes de entrar en el modo de ahorro de energía, respectivamente.

Al presionar nuevamente el pulsador de configuración se da por terminada la programación del sistema de volteo. Adicional a esto, cuando el sistema de volteo esté en pleno funcionamiento, se dispone del mismo pulsador de configuración para encender y/o apagar manualmente el display LCD 16x2.

3.10.3 *Materiales necesarios.*

Durante el proceso de construcción se necesitaron insumos como máquinas o herramientas, a continuación se listan el material y equipo, necesarios para la construcción de la incubadora de huevos de aves con control automático.

- ***Herramientas:*** todo material utilizado para la fabricación del equipo pero no

conforma parte de él.

- Sierra caladora eléctrica
 - Lijadora eléctrica
 - Flexómetro
 - Escuadras (regla de 90° y falsa)
 - Sierra de corte (segueta)
 - Serrucho
 - Lija de distintos tamaños de grano
 - Destornilladores
 - Playo
 - Martillo
 - Formón
- **Recursos:** todo recurso utilizado durante la construcción del equipo.
 - Energía eléctrica
 - Tiempo de mano de obra
 - **Materiales:** todo material que forma parte del prototipo de incubación artificial.
 - Trípex de 9 mm de espesor, distintas medidas
 - Bisagras
 - Ruedas locas (garruchas)
 - Poliestireno expandido (espumaflex), láminas de 20 mm de espesor.
 - Cinta adhesiva de aluminio
 - Clavos 1”
 - Tornillos 1”, 1/2”
 - Vidrio transparente 4 líneas, para visualización en tiempo real
 - Cables pequeños
 - Cable sólido
 - Cinta de cable de 24 hilos separados
 - Baquelita perforada

- Bloque derelays 5V DC – 110V AC
- Pulsador NC.
- Arduino Uno R3
- Borneras

- Pantalla de cristal líquido (LCD) 16 x 2

- Potenciómetros rotativos

- Bloque de segmento de niquelina de 250W

- Bloque de segmento de niquelina de 700W

- Ventiladores 12V DC

- Pintura

3.11 Bitácora de construcción

Durante el proceso de construcción se llevó un registro de las actividades realizadas para llegar a la culminación del prototipo de incubación artificial, en la tabla 3.10 se presenta el resumen de cómo transcurrió el proceso de construcción sin tomar en cuenta la búsqueda de materiales y otros inconvenientes que se presentaron a lo largo del tiempo indicado.

Así mismo, se incluye el tiempo de las dos pruebas del proceso de incubación; también están comprendidos los tiempos en que se llevaron los respectivos cambios para que el sistema quede totalmente funcional.

Los ensayos de factibilidad corresponden a la toma de mediciones y las comparaciones con otros elementos de control de las variables mediad, como son temperatura y humedad relativa.

SEMANA	DÍA	ACCIONES
1	1	Compra de materiales
	2	Medición del material
	3	Corte de materiales a medidas necesarias
	4	Corte de materiales a medidas necesarias
	5	Revisión de medidas y pre-ensamble
	6	Colado de fillos y ensamble de chasis interior
	7	Medición de poliestireno expandido (espumaflex) para forrar laterales externos del chasis interior y ensamble final de chasis interior.
2	8	Ensamble de chasis exterior. No se ensambla por completo el fondeo del chasis interior para poder realizar las conexiones eléctrica y electrónicas del sistema
	9	Medición y corte de agujero en parte superior de chasis interior. Medición y corte de forma en la puerta. Medición y corte de perfil en tablero de control principal.
	10	Corte de fillos a 45° de perfiles del tablero de control principal, masillado y lijado provisional exterior.
	11	Espera hasta que la masilla aplicada se seque
	12	Espera hasta que la masilla aplicada se seque
	13	Espera hasta que la masilla aplicada se seque
	14	Colocación de ruedas, picaportes, bisagras, vidrio, mallas para reposición del aire y colocación de manija.
3	15	Lijado de contornos entre laterales del chasis exterior y tablero de control principal. Realización de agujeros en el tablero de control.
	16	Colocación de cinta adhesiva de aluminio en las paredes internas del chasis interior de la incubadora, en la puerta y en la caja nacedora.
	17	Lijado de chasis exterior.
	18	Pintado de las partes externas del chasis exterior
	19	Espera hasta que la pintura se seque completamente
	20	Espera hasta que la pintura se seque completamente
	21	Conexiones eléctricas del servomotor, niquelinas y ventiladores
4	22	Conexiones electrónicas de LCD, pulsadores y potenciómetros.
	23	Colocación de parte posterior del chasis exterior, lijado y pintado.
	24	Colocación de volteadores y ensamble final
	25	Pintado final de la parte exterior de la incubadora.
	26	Prueba preliminar.
	27	Ajustes del programa en arduino
	28	Prueba del sistema volteador.
5	29	Ajustes de diseño y conexiones eléctricas

Tabla 3.10: Bitácora de construcción y pruebas de incubación: Continúa

	30	DÍA 1: Colocación del primer grupo de huevos de gallina en la incubadora. Iniciada la prueba 1 del sistema completo. 37,8°C y 57% RH.
	31	DÍA 2: Lecturas de temperatura y humedad: 37.1°C y 51.5% RH
	32	DÍA 3: Lecturas de temperatura y humedad: 37.4°C y 54.4% RH
	33	DÍA 4: Lecturas de temperatura y humedad: 37.7°C y 55.8% RH
	34	DÍA 5: Lecturas de temperatura y humedad: 37.8°C y 54.5% RH
	35	DÍA 6: Lecturas de temperatura y humedad: 37.4°C y 55.8% RH
6	36	DÍA 7: Lecturas de temperatura y humedad: 37.5°C y 54.9% RH
	37	DÍA 8: Lecturas de temperatura y humedad: 37.4°C y 56.8% RH
	38	DÍA 9: Lecturas de temperatura y humedad: 37.6°C y 55.6% RH
	39	DÍA 10: Lecturas de temperatura y humedad: 37.7°C y 55.7% RH
	40	DÍA 11: Lecturas de temperatura y humedad: 37.5°C y 54.9% RH
	41	DÍA 12: Lecturas de temperatura y humedad: 37.6°C y 55.2% RH
7	42	DÍA 13: Lecturas de temperatura y humedad: 37.5°C y 55.8% RH
	43	DÍA 14: Lecturas de temperatura y humedad: 37.7°C y 57.9% RH
	44	DÍA 15: Lecturas de temperatura y humedad: 37.7°C y 58.7% RH
	45	DÍA 16: Lecturas de temperatura y humedad: 37.5°C y 58.6% RH
	46	DÍA 17: Lecturas de temperatura y humedad: 37.6°C y 57.4% RH
	47	DÍA 18: Lecturas de temperatura y humedad: 37.5°C y 55.6% RH
8	48	DÍA 19: Termina el volteo de huevos, cambio de huevos a nacedora y cambio de valores de temperatura y humedad. Lecturas de temperatura y humedad: 36.8°C y 71.5% RH
	49	DÍA 20: Lecturas de temperatura y humedad: 36.9°C y 70.7% RH
	50	DÍA 21: Lecturas de temperatura y humedad: 37.1°C y 72.4% RH
	51	Ensayos de factibilidad y pruebas.
	52	Reajuste del sistema.
	53	DÍA 1: Colocación del segundo grupo de huevos de gallina en la incubadora. Iniciada la prueba 2 del sistema completo. 37,5°C y 54% RH.
9	54	DÍA 2: Lecturas de temperatura y humedad: 37.5°C y 54.8% RH
	55	DÍA 3: Lecturas de temperatura y humedad: 37.5°C y 55.1% RH
	56	DÍA 4: Lecturas de temperatura y humedad: 37.6°C y 55.% RH
	57	DÍA 5: Lecturas de temperatura y humedad: 37.5°C y 55.2% RH
	58	DÍA 6: Lecturas de temperatura y humedad: 37.6°C y 55.1% RH
	59	DÍA 7: Lecturas de temperatura y humedad: 37.5°C y 54.9% RH
10	60	DÍA 8: Lecturas de temperatura y humedad: 37.5°C y 54.8% RH
	61	DÍA 9: Lecturas de temperatura y humedad: 37.5°C y 55.3% RH
	62	DÍA 10: Lecturas de temperatura y humedad: 37.5°C y 55.2% RH:
	63	DÍA 11: Lecturas de temperatura y humedad: 37.5°C y 54.7% RH:
	64	DÍA 12: Lecturas de temperatura y humedad: 37.6°C y 54.8% RH:
	65	DÍA 13: Lecturas de temperatura y humedad: 37.5°C y 55.2% RH:

Tabla 3.10: Bitácora de construcción y pruebas de incubación: Continúa

11	66	DÍA 14: Lecturas de temperatura y humedad: 37.6°C y 55.2% RH:
	67	DÍA 15: Lecturas de temperatura y humedad: 37.5°C y 54.9% RH:
	68	DÍA 16: Lecturas de temperatura y humedad: 37.5°C y 55.2% RH:
	69	DÍA 17: Lecturas de temperatura y humedad: 37.5°C y 54.9% RH:
	70	DÍA 18: Lecturas de temperatura y humedad: 37.5°C y 55.1% RH:
	71	DÍA 19: Termina el volteo de huevos, cambio de huevos a nacedora y cambio de valores de temperatura y humedad. Lecturas de temperatura y humedad: 36.5°C y 70.2% RH:
	72	DÍA 20: Lecturas de temperatura y humedad: 36.5°C y 70.1% RH:
	73	DÍA 21: Lecturas de temperatura y humedad: 36.6°C y 70.2% RH:
	74	Ensayos de factibilidad y pruebas.
	75	Ajuste final del sistema.

*Tabla 3.10: Bitácora de construcción y pruebas de incubación
Fuente 64: Autor*

3.11.1 *Códigos de los programas realizados en Arduino.*

Como se indicó anteriormente, la programación del sistema está realizado en Arduino con dos programas que realizan acciones distintas.

El primer programa es el encargado estrictamente del control de las variables temperatura, humedad relativa y ventilación dentro de la cámara de incubación, mientras que el segundo programa es de mando exclusivo del control del volteo de los huevos durante la incubación y antes de la eclosión de los polluelos.

La programación en Arduino se basa en el lenguaje PROCESSING el cual es un lenguaje muy intuitivo y sencillo de programar.

El programa realizado en Arduino se conoce como sketch y puede ser compartido con otros, debido a la política pública de su licencia de hardware libre, OSHW (Open Source Hardware), en la cual se expresa: “que Arduino y todo su contexto, es un hardware cuyo diseño se hace disponible públicamente para que cualquier persona lo pueda estudiar, modificar, distribuir, materializar y vender, tanto el original como otros objetos basados en ese diseño”(ARDUINO.CC 2016).

Es importante mencionar este punto, debido a que la política del OpenSource es la decisión indispensable de querer o no compartir lo que se hace por el uso de sus

tecnologías de software y hardware.

3.11.2 Diagrama de flujo del control de temperatura y humedad.

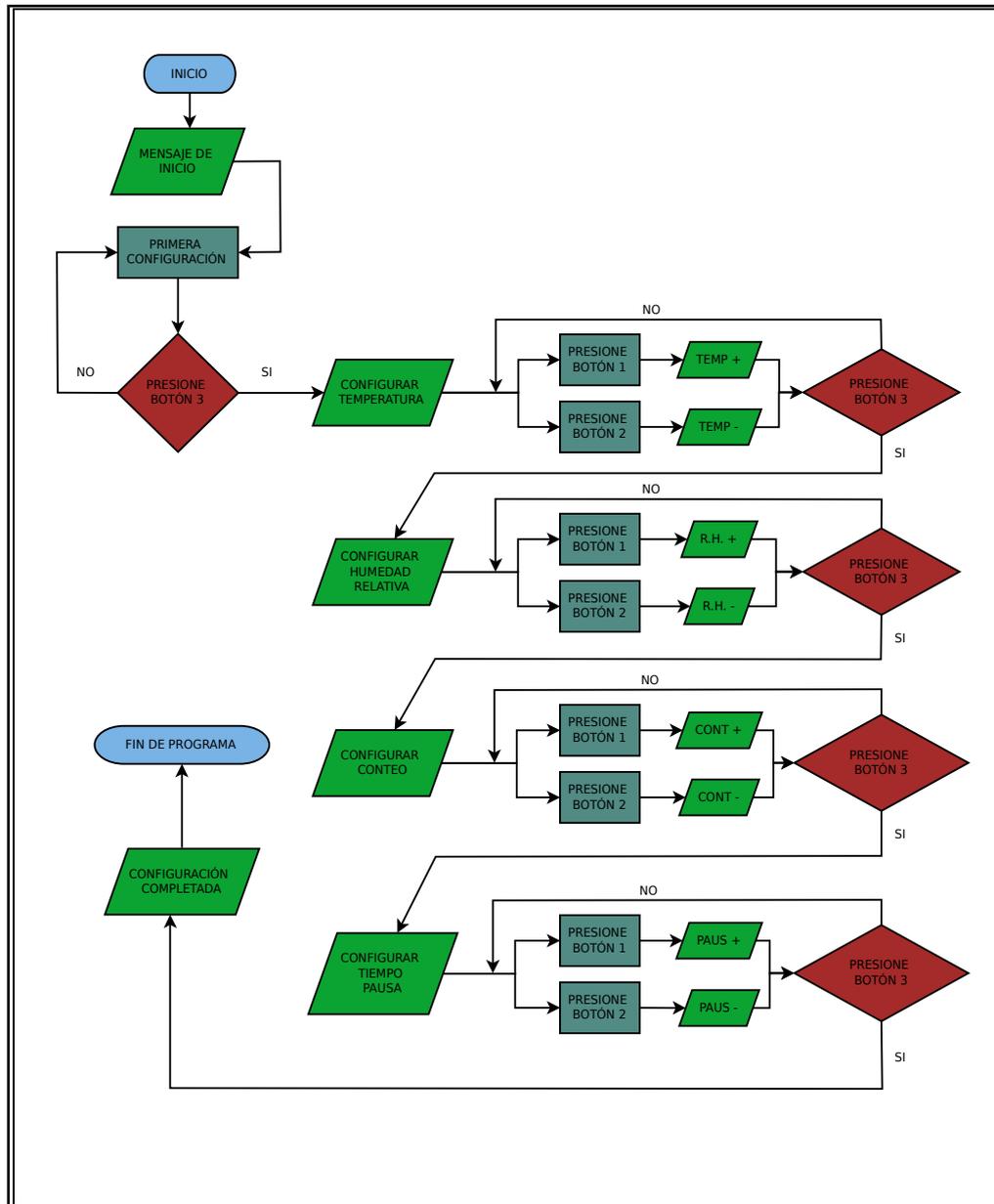


Ilustración 3.31: Diagrama de flujo de configuración principal del primer código
Fuente 65: Autor

3.11.3 Primer código: control de parámetros de incubación.

Se inicia incluyendo las librerías mediante las cuales se realizará la comunicación desde Arduino a cada uno de los elementos físicos y finalmente al usuario

3.11.3.1 Librerías que se utilizan en la programación.

<code>#include <LiquidCrystal.h></code>	Librería para uso del LCD 16x2
<code>#include "MyButton.h"</code>	Subprograma para lectura de pulsadores
	Librería de uso para EEPROM.
	La EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory) es una memoria en estado sólido que ayuda a guardar datos de manera que, si existe algún contratiempo y el sistema se reinicia o se apaga, estos datos quedan almacenados y se iniciará nuevamente desde el último estado en el que se haya encontrado el programa.
<code>#include <EEPROM.h></code>	
	Librería para protocolo de conexiones OneWire para dispositivos inteligentes que sirve para enviar y recibir datos por un único cable.
<code>#include <OneWire.h></code>	
	Librería para uso del sensor de temperatura digital DS18B20
<code>#include "DallasTemperature.h"</code>	
	Librería para el sensor de humedad relativa
<code>#include "DHT.h"</code>	Arduino dispone una clase de interrupciones programadas, los Timers, que hacen que cuando se cumple un cierto proceso hardware en uno de los pines, se dispare cuando ha transcurrido un tiempo preciso, previamente programado.
<code>#include <TimerOne.h></code>	Con esto se consigue mostrar una etiqueta o texto de forma constante en la programación y en cierto sector del programa en el que deseemos que éste se encuentre.
	el AVR es una referencia a los microprocesadores de Atmel en los cuales se basa el Arduino, incluye una biblioteca utilizada para poner datos en la memoria flash en vez de usar la RAM. Esto ahorra espacio en la RAM que puede ser usado como memoria dinámica y hace que las operaciones de búsqueda en grandes tablas mucho más prácticas y rápidas.
<code>#include <string.h></code>	
<code>#include <avr/pgmspace.h></code>	
<code>#include <avr/wdt.h></code>	

3.11.3.2 Definición de pines de comunicación en arduino.

<code>#define DHT_PIN A4</code>	Pin analógico de comunicación del cable del protocolo OneWire para el sensor de humedad
---------------------------------	---

relativa que se seleccione.

```
#define DHTTYPE DHT11
//#define DHTTYPE DHT21
//#define DHTTYPE DHT22
```

Identificación del tipo de sensor mediante el cual se comunicará Arduino.

```
int Calefactor = 2;
```

Generador de temperatura conectado en el pin digital 2

```
int Humidificador= 3;
```

Generador de humedad relativa conectado en el pin digital 3

```
int Ventilador = 11;
```

Ventilador izquierdo conectado en el pin digital 11.

```
int Ventilador_Der = 12;
```

Ventilador derecho conectado en el pin digital 12.

Tomar en consideración que los ventiladores funcionan conjuntamente con el ventilador ubicado en la parte superior del chasis interior.

```
int LED_FLASH = 13;
```

Indicador LED para reconocimiento de exceso de temperatura y/o humedad relativa dentro del sistema de incubación.

```
DHT dht(DHT_PIN,DHTTYPE);
```

Indicación de como se conectará el sensor DHT.

```
unsigned long dhtTime;
```

Interrupción programada de largo designación.

```
#define ONE_WIRE_BUS A3
```

Conexión del cable del sensor de temperatura en el pin analógico 3.

```
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
```

```
DallasTemperature sens(&oneWire);
```

```
DeviceAddress tempDeviceAddress;
```

```
const byte resolution = 12;
```

```
unsigned long lastTempRequest = 0;
```

```
const unsigned long delayInMillis = 800;
```

3.11.3.3 Definición de los pines de conexión del lcd.

```
LiquidCrystal lcd(8, 9, 4, 5, 6, 7);
```

3.11.3.4 String para mostrar versión del prototipo.

```
#if 1
```

```
__asm volatile ("nop");
```

```
#endif
```

```
String strVersion = "V1.00";
```

3.11.3.5 Creación del símbolo "grado" que deberá aparecer en el LCD.

```
byte grado[8] = {
```

```
0b00001100,
```

Los definimos como binarios 0bxxxxxxx

```

0b00010010,
0b00010010,
0b00001100,
0b00000000,
0b00000000,
0b00000000,
0B00000000};

```

3.11.3.6 Definición de pulsadores leídos en "MyButton.h".

```

button button_read = BUTTON_NONE;
int button_status;
int button_delay;
long buttonTime;
long menuExitTime;
unsigned long currentTime,turnTime, turnPause,
ManualTurnTime, prevTime;
int CrashClearCount=0;
byte ManualTurnFlag =0;
boolean ManualFlag = false;
boolean turnFlag;

extern volatile unsigned long timer0_millis;

```

3.11.3.7 Asignación de funciones a cada pulsador.

```

const char MENU_0[] PROGMEM ="TEMP: "; //menuCount =1 child =3
const char MENU_1[] PROGMEM ="HUMEDAD: "; //menuCount =1 child =3
const char MENU_2[] PROGMEM ="Conteo:"; //menuCount =2
const char MENU_3[] PROGMEM ="PAUSA C:"; //menuCount =5
const char MENU_4[] PROGMEM ="MANUAL C:"; //menuCount =5
const char MENU_5[] PROGMEM =" "; //menuCount =6

```

3.11.3.8 Memoria de los pulsadores para la programación (ajustes).

```

PROGMEM const char *const MENU_P[] = {MENU_0,
MENU_1, MENU_2, MENU_3, MENU_4, MENU_5 };
#define MENU_COUNT 5
int menuCount =MENU_COUNT;
int crashCount =-1;
unsigned long crashTime;

boolean Mode = false;

```

3.11.3.9 Definiciones de eeprom.

```

#define EEPROM_START 0x20
#define EEPROM_VER 'B'
#define SENS_DEF_PARAM {EEPROM_VER,37.7, 55.0, 60, 100, false}
#define CRASH_DEF_PARAM {0, 55, 0, 100, 0}

```

3.11.3.10 Definiciones de lecturas máximas y mínimas.

```

#define ALARM_MAX_T 50.0
#define ALARM_MIN_T 25.0
#define ALARM_MAX_RH 80.0

#define ALARM_MIN_RH 20.0

```

3.11.3.11 Definición del tipo de datos para temperatura y humedad relativa.

```

struct CrashType {
    float MaxC;
    float MinC;
    float MaxRh;
    float MinRh;
    unsigned long Time; };
struct Sens{
    char Ver;
    float Temperatur;
    float Humedad;
    word Conteo;
    word Conteo_pause;
    boolean Conteo_flag; };
Sens Sensors; //={EEPROM_VER,37.7, 55.0, 60, 60, false};
CrashType crash; //={0, 55, 0, 100, 0};
word ManualTurn;
float InSensors;
float InHumedad = NAN;
byte Sec, Min, Hour, Day;
byte alarm;

long alarmTime;

```

3.11.3.12 Función Setup.

```

void setup() {
    Serial.begin(9600);
    pinMode(Calefactor, OUTPUT);
}

```

```

pinMode(Humidificador, OUTPUT);
pinMode(Ventilador, OUTPUT);
pinMode(Ventilador_Der, OUTPUT);
pinMode(LED_FLASH, OUTPUT);
digitalWrite(Ventilador,HIGH);
digitalWrite(Ventilador_Der,HIGH);
digitalWrite(Calefactor, HIGH);
digitalWrite(Humidificador, HIGH);
lcd.begin(16,2);
lcd.createChar(1,grado);
sens.begin();

lcd.clear();

```

3.11.3.13 Función saca mensaje inicio.

```

lcd.print(F(" CONTROL INCUBA "));
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print(F(" "));
lcd.print(strVersion);
delay(3000);
lcd.clear();
lcd.print(F(" JC4D2G "));
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print(F("ING. INDUSTRIAL"));

delay(3000);

```

3.11.3.14 Loop a través de cada dispositivo e impresión de rutas leídas.

```

sens.getAddress(tempDeviceAddress, 0);
sens.setResolution(tempDeviceAddress, resolution);
sens.setWaitForConversion(false);
sens.requestTemperatures();
lastTempRequest = millis();
turnTime = millis();
dht.begin();
loadConfig();
loadCrash();
turnFlag= Sensors.Conteo_flag;
prevTime = crash.Time;
Timer1.initialize(100000);

```

Seteo de un timer de longitud 100000 microseconds (or 0.1 sec - or 10Hz => El led

parpadeará 5 veces, 5 ciclos de encendido y apagado por segundo)

```
Timer1.attachInterrupt( timerIsr );  
wdt_enable (WDTO_2S); }
```

3.11.3.15 Función para parpadeo de led cuando existe variación de temp y/o RH.

```
void timerIsr() {  
  if (alarm) {  
    digitalWrite( 13, digitalRead( 13 ) ^ 1 );  
  }  
  else digitalWrite( 13, LOW );  
}
```

3.11.3.16 Función de salvado de datos en la EEPROM.

```
void saveConfig() {  
  for (unsigned int t=0; t<sizeof(Sensors); t++)  
    EEPROM.write(EEPROM_START + t, *((char*)&Sensors + t));  
}
```

3.11.3.17 Función para cargar la EEPROM a un estado guardado.

```
void loadConfig() {  
  if (EEPROM.read(EEPROM_START) == EEPROM_VER ) {  
    for (unsigned int t=0; t<sizeof(Sensors ); t++) {  
      *((char*)&Sensors + t) = EEPROM.read(EEPROM_START + t); } }  
  else {  
    Sensors = SENS_DEF_PARAM;  
    crash = CRASH_DEF_PARAM;  
    saveConfig();  
    saveCrash(); }  
void loadCrash(){  
  for (unsigned int t=0; t<sizeof(crash ); t++) {  
    *((char*)&crash + t) = EEPROM.read(EEPROM_START + sizeof(Sensors)+1 + t); } }  
void saveCrash() {  
  for (unsigned int t=0; t<sizeof(crash); t++)  
    EEPROM.write(EEPROM_START + sizeof(Sensors)+1 + t, *((char*)&crash + t)); }  
void clearCrash(){  
  crash = CRASH_DEF_PARAM; }  
  
saveCrash();}
```

3.11.3.18 Función para lectura de actualización de tiempo de funcionamiento.

```
void update_time() {  
  long Time;  
  Time = prevTime + millis() / 1000;  
  Sec = Time %60; Time /=60;  
  Min = Time %60; Time /=60;  
  Hour =Time %24; Time /=24;
```

```

Day = Time ;
}

```

3.11.3.19 Función para lectura de temperatura y chequeo de la misma.

```

void Check_Tepmerature()
{
if(InSensors > Sensors.Temperatur) {
digitalWrite(Calefactor, HIGH);
}
if(InSensors <= Sensors.Temperatur) {
digitalWrite(Calefactor, LOW);
}
if (InHumedad >= Sensors.Humedad) {
digitalWrite(Humidificador, HIGH);
}
if (InHumedad < Sensors.Humedad) {
digitalWrite(Humidificador, LOW);
}
if (Sensors.Conteo >0) {
if ((millis() - turnTime)/1000 > Sensors.Conteo *
60) {
turnTime = millis();
turnPause = millis();
if (turnFlag) {
digitalWrite(Ventilador,LOW);
turnFlag =0;
}
else {
digitalWrite(Ventilador_Der,LOW);
turnFlag=1;
}
Sensors.Conteo_flag = turnFlag;
saveConfig();
}
else {
turnTime = millis();
turnPause = millis();
}
if (digitalRead(Ventilador) ==LOW || digitalRead(Ventilador_Der) ==LOW) {
turnTime = millis();
if ((millis() - turnPause)/1000 > Sensors.Conteo_pause) {
turnPause = millis();
turnTime = millis();
digitalWrite(Ventilador,HIGH);
digitalWrite(Ventilador_Der,HIGH);
} } }
}
void Crash()
int crashFlag =-1;
alarm = 0;
if ( InSensors != -127) {
if (InSensors > Sensors.Temperatur + 2.0 || InSensors < Sensors.Temperatur - 2.0)

```

```

{alarm = 1; Timer1.initialize(250000);}
if (InSensors > crash.MaxC) {
  crash.MaxC =InSensors;          }
if (InSensors < crash.MinC) {
  crash.MinC =InSensors;  }
if (!isnan(InHumedad)) {
if (InHumedad > Sensors.Humedad + 2.0 || InHumedad < Sensors.Humedad -2.0 )
  { alarm = 2; Timer1.initialize(500000);}
if (InHumedad > crash.MaxRh) {
  crash.MaxRh = InHumedad;          }
if (InHumedad < crash.MinRh) {
  crash.MinRh = InHumedad;  } }
void Display_Crash()          {
if (millis() - crashTime >10000) {
  crashCount =-1;
  crashTime= millis();
  lcd.clear();
  ShowTemperature();
  return; }
  lcd.clear(); lcd.setCursor(0,0);
  long tTime = (Sensors.Conteo *60) - ((millis() -turnTime) /1000);
  switch (crashCount) {
  case 0:
    "Se programa el tiempo que debe mantenerse encendido el HUMIDIFICADOR el tiempo de pausa en
    segundos que debe pasar hasta que el mismo se energice nuevamente"
    lcd.print(" Conteo tiempo ");
    lcd.setCursor(5,1);
    lcd.print(tTime / 60 / 60 ); lcd.print(':');
    if (tTime /60 %60 < 10)
      lcd.print('0');
    lcd.print(tTime / 60 % 60 ); lcd.print(':');
    if (tTime %60 < 10)
      lcd.print('0');
    lcd.print(tTime % 60);
    break;
  case 1:
    lcd.print(" HORAS:");
    lcd.print(Hour); lcd.print(':');
    if (Min <10)
      lcd.print('0');
    lcd.print(Min); lcd.print(':');

```

```

if (Sec <10)
  lcd.print('0');
lcd.print(Sec);
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print(" DIAS: ");
lcd.print(Day);
if (CrashClearCount >= 2){
  prevTime = crash.Time =timer0_millis = crash.Time = 0;
  turnTime = millis();
  turnPause = millis();
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print(" Terminado.....");
  lcd.print(CrashClearCount);
  delay(1000);
  CrashClearCount =0;
  saveCrash();          }
break;
case 2:
  lcd.print(" MaxTmp:= ");
  lcd.print(crash.MaxC,1); lcd.print('C');
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print(" MinTmp:= ");
  lcd.print(crash.MinC,1); lcd.print('C');
break;
case 3:
  lcd.print(" MaxHUM:= ");
  lcd.print(crash.MaxRh,1); lcd.print('%');
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print(" MinHUM:= ");
  lcd.print(crash.MinRh,1); lcd.print('%');
break;
case 4:
  lcd.print(" Borrar Memoria?");
  lcd.print(CrashClearCount);
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print(" <+> 3 seg. ");
break;
default :
  break; }

```

3.11.3.20 Función loop.

```

void loop() {
  Scan_key();
  if (millis()- currentTime > 600000) {
    crash.Time = prevTime + millis() /1000;
    saveCrash();
    lcd.begin(16,2);
    lcd.createChar(1,grado);
    lcd.clear();
    currentTime = millis(); }
  if (menuCount ==MENU_COUNT ) {
    if (millis()- dhtTime > 2000) {
      InHumedad = dht.readHumidity();
      dhtTime = millis(); }
    if (millis() - lastTempRequest >= delayInMillis) // {
waited long enough??
      InSensors= sens.getTempCByIndex(0);
      Check_Tepmerature();
      Serial.print(" Temp. ");
      Serial.println(InSensors);
      Serial.print(" Tiempo ");
      Serial.println( millis()-lastTempRequest);
      Serial.println(' ');
      Crash();
      sens.requestTemperatures();
      lastTempRequest = millis();
      if (crashCount < 0)
      ShowTemperature();
      else {
        update_time();
        CrashClearCount +=1;
        Display_Crash(); }
      Mode =false; } }
  else {
    if (millis()- ManualTurnTime > 1000) {
      ManualTurnTime= millis();
      ManualFlag = true; }
    if (ManualTurnFlag ==0) {
      digitalWrite(Ventilador,HIGH);
      digitalWrite(Ventilador_Der,HIGH); }
    else if (ManualTurnFlag ==1) {
      digitalWrite(Ventilador,LOW); }
  }
}

```

```

else if (ManualTurnFlag ==2) {
    digitalWrite(Ventilador_Der,LOW); }
if (millis()-menuExitTime > 5000) {
    menuExitTime = millis();
    saveConfig();
    menuCount = MENU_COUNT;          } }
wdt_reset();                          }

```

3.11.3.21 Función para mostrar valor de temperatura y humedad leídos.

N/ST === NO SE LEE EL SENSOR DE TEMPERATURA
N/SH === NO SE LEE EL SENSOR DE HUMEDAD

```

void ShowTemperature() {
    String StrFirst;
    String StrSecond;
    lcd.setCursor(0,0);
    StrFirst = String(" TEMP: ");
    if (InSensors != -127)
        StrFirst += String(InSensors, 1);
    else
        StrFirst += "N/ST...";
    lcd.print(StrFirst);
    lcd.write(1);
    lcd.print("C");
    StrSecond = String(" HUMEDAD: ");
    if (isnan(InHumedad))
        StrSecond += "N/SH...";
    else
        StrSecond += String(InHumedad,1)+ "% ";
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print(StrSecond);
    char *buffer = (char*)malloc(16);
    char *Pgm_Copy (int index) {
        strcpy_P(buffer, (char*)pgm_read_word(&(MENU_P[index])));
    }
    return buffer;
}

```

3.11.3.22 Función para lectura de actualización de tiempo de funcionamiento.

```

void menu_print(boolean showValue) {
    String StrFirst;

```

```

word temp;
if (menuCount != MENU_COUNT) {
switch (menuCount) {
case 0: StrFirst = ">" + String(Pgm_Copy(menuCount)) + " " + String(Sensors.Temperatur,1) +'C'; //
break;
case 1: StrFirst = ">" + String(Pgm_Copy(menuCount)) + " " + String(Sensors.Humedad,1) +'%' ; //
break;
case 2: temp = Sensors.Conteo;
StrFirst = ">" + String(Pgm_Copy(menuCount)) + " " + String(temp/60) + ":";
if (temp %60 < 10)
StrFirst += '0';
StrFirst += String(temp%60) ; //
break;
case 3: temp = Sensors.Conteo_pause;
StrFirst = ">" + String(Pgm_Copy(menuCount)) + " " + String(temp/60) + ":";
if (temp %60 < 10)
StrFirst += '0';
StrFirst += String(temp%60) + " s.";
break;
break;
case 4:
if (ManualTurn %60 < 10)
StrFirst += '0';
StrFirst += String(ManualTurn%60) ; //
break;
}
lcd.clear();
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print(StrFirst);
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print(" <<Ajustes>> ");
} }
void MenuDown()
{
if ( button_status != BUTTON_MINUS) {
if (menuCount == MENU_COUNT) {
if (++crashCount >= 5) {
crashCount -=1;
ShowTemperature(); }
else {
crashTime= millis();
Display_Crash(); } }
button_status = BUTTON_MINUS;
}
if (Mode) {

```



```

case 3: if (Sensors.Conteo_pause < 600 ) Sensors.Conteo_pause +=1;
break;
if (ManualFlag) {
  if (ManualTurn < 120) ManualTurn +=1;
  ManualFlag = false; }
break; }
menu_print(true); }
menuExitTime = millis();
crashTime= millis(); }
void MenuAction() {
if ( button_status != BUTTON_RETURN) {
if (!Mode) {
Mode =true;
crashCount=-1;
menuCount =0;
menu_print(true); }
else { if (menuCount < MENU_COUNT-1){
menuCount++;
menu_print(true); }
else {
menuCount = MENU_COUNT; } }
button_status = BUTTON_RETURN; }
menuExitTime = millis(); }

```

3.11.3.24 Función para lectura y escaneo de pulsadores de configuración.

```

void Scan_key() {
button_read = buttons_read();
if ( button_state() == 0) {
button_status = BUTTON_NONE;
ManualTurnFlag =0;
CrashClearCount =-1;
ManualTurnTime= millis();
button_delay =BUTTON_DELAY; }
switch( button_read ) {
case BUTTON_PLUS:
MenuUp();
break;
case BUTTON_MINUS:
MenuDown();
break;

```

case BUTTON_RETURN:

MenuAction();

break;

default:

break; } }

3.11.4 Diagrama de flujo del control de volteo de huevos.

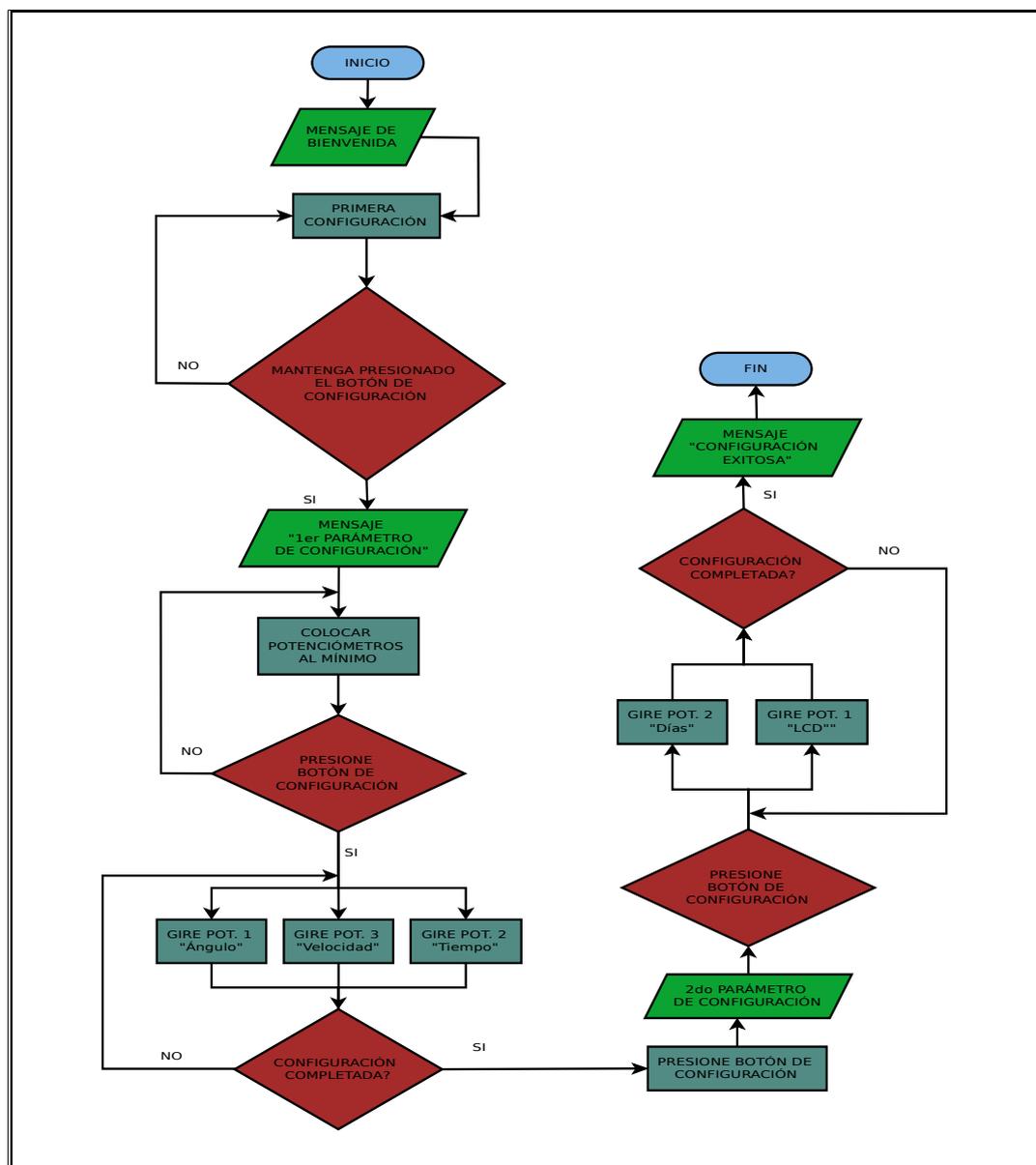


Ilustración 3.32: Diagrama de flujo de configuración principal del segundo código
Fuente 66: Autor

3.11.5 Segundo código: control de parámetros de volteo de huevos.

3.11.5.1 Programa para el control de volteo de los huevos.

```
#include <Servo.h>
#include <LiquidCrystal.h>
#include <EEPROM.h>

const byte EEPROM_OK = 0x111;

const int ROM_OK = 0;
const int Minutos = 1;
const int Grados = 3;
const int Rotacion = 5;
const int Dias = 7;
const int LCD = 9;

Creación del símbolo "GRADO" que deberá aparecer en el LCD
byte gra[8] = {
    0b00001100,
    0b00010010,
    0b00010010,
    0b00001100,
    0b00000000,
    0b00000000,
    0b00000000,
    0b00000000,
#ifdef Pantalla_LCD_16x2
#else
const int intPinLCDEncendido = 10;

LiquidCrystal lcd(8, 9, 4, 5, 6, 7);

const int intPulsador_Configuracion = 0;
const int intServo = 10;

const int potVelocidad_Giro = 3;

#define LEER_BOTON_CONFIGURACION (analogRead (intPulsador_Configuracion)==LOW)
#endif

long TiempoFuncionando = 0;
boolean oldBoton = false;
boolean newBoton = false;
boolean PantallaEncendida = true;
```

Incluir librería para usar el servomotor.

Incluir librería del LCD 16x2

Incluir librería EEPROM

Utilizado para saber si las EEPROM tiene valores validos

Los definimos como binarios 0bxxxxxxx

Pin para el control de encendido-apagado de la luz del LCD

Pines del lcd en la placa Pantalla_LCD_16x2

Pulsador para configuración de variables

Pin donde está conectado el Servomotor

El pin analógico donde va conectado el Potenciómetro de Velocidad_Giro

```

long MaximoTiempoEncendido = 0;
int MinutosEncendido=0;
long TiempoEncendido=0;
long MaximoTiempoFuncionamiento = 0;
const long SegundosPorDia = 86400; // 24h * 60m * 60s = 86400;
int DiasEncendido = 0;
boolean SistemaDetenido = false;

```

Se lee de memoria EEPROM

Se lee de EEPROM

3.11.5.2 Asignación de pines para los potenciómetros.

```

int potGrados = 1;
int grados;
int potMinutos = 2;
int minutos;

```

El pin analógico donde va conectado el Potenciómetro de Grados

El valor a leer por el puerto analógico de Potenciómetro de Grados

El pin analógico donde va conectado el Potenciómetro de Minutos para el tiempo de rotación

El valor a leer por el puerto analógico de Potenciómetro de Minutos

3.11.5.3 Asignación de la variable miServo.

```

Servo miServo;
int intVelocidad_Giro;
boolean Servomotor_Iniciado = false;
int oldSec;
int Numero_de_Veces_Rotando = 0;
boolean Primera_Pantalla_Config=true;
unsigned long previousMillis;
unsigned long interval;
int Numero_Pantalla;

boolean Cambio_de_Pantalla;

```

Objeto tipo Servo

El valor a leer por el puerto analógico de Potenciómetro de Velocidad_Giro

3.11.5.4 Función para mostrar la versión del programa.

```

#if 1
__asm volatile ("nop");

```

```

#endif
String strVersion = "V1.00";
3.11.5.5 Función setup.
void setup() {
pinMode(intPulsador_Configuracion, INPUT);           Declaración del pulsador como entrada
pinMode(intPinLCDEncendido, OUTPUT);                Declaración del pin de encendido del LCD
                                                       como salida

lcd.begin(16,2);
digitalWrite(intPinLCDEncendido,HIGH);              Enciendo el LCD
SacarMensajeInicio();
#ifdef Pantalla_LCD_16x2
minutos = 1;
grados = 70;                                       En pantalla saca 90-70=20
intVelocidad_Giro = 34;
DiasEncendido = 17;
MinutosEncendido= 15;
#else
if(LEER_BOTON_CONFIGURACION || EEPROM.read(ROM_OK) != EEPROM_OK) {
    Compruebo si esta pulsado el pulsador de test o memoria no inicializada con valor correcto
miServo.attach(intServo); //                          El servo esta en el pin 10
Servomotor_Iniciado=true;
ModoTest();
SacarMensajeFinConfiguracion();
delay(5000); }                                       Espera 5 segundos
minutos = EEPROMReadInt(Minutos);
grados = EEPROMReadInt(Grados);
intVelocidad_Giro = EEPROMReadInt(Rotacion);
DiasEncendido = EEPROMReadInt(Dias);
MinutosEncendido= EEPROMReadInt(LCD);
#endif
MaximoTiempoEncendido = (long) MinutosEncendido * Minutos, pasado a segundos que estará
(long)60;                                           encendido el LCD y long
MaximoTiempoFuncionamiento = (long)DiasEncendido*SegundosPorDia+(long)1;
días * SegundosPorDia + 1s de margen

interval = minutos * 60;
interval = interval * 1000;
if (!Servomotor_Iniciado) {
miServo.attach(intServo);                            El servo esta en el pin 10
Servomotor_Iniciado=true; }
randomSeed((long)millis());
InicializandoSistema();}

```

3.11.5.6 Función Loop.

```
void loop(){
  if (SistemaDetenido){
    delay(30);
    if (!PantallaEncendida) {
      SacamensajeSistemaDetenido();
      lcd.display();
      digitalWrite(intPinLCDEncendido,HIGH); }
    else {
      lcd.noDisplay();
      digitalWrite(intPinLCDEncendido,LOW); }
      PantallaEncendida=!PantallaEncendida;
      delay(600);

      if (LEER_BOTON_CONFIGURACION) {
        lcd.display();
        digitalWrite(intPinLCDEncendido,HIGH);
        PantallaEncendida=true;
        SacamensajeReactivandoSistema();
        delay(5000);
        InicializandoSistema(); }
      return; }
      unsigned long currentMillis = millis();
      unsigned long difMillis = currentMillis - previousMillis;

      int sec = difMillis /1000;
```

Saca el mensaje de mas de xx dias de incubacion y rotaciones

Enciendo el LCD

Apago el LCD

Si se pulsa el pulsador de Configuración se reactiva el sistema

Enciendo el LCD

Se toma el tiempo actual

3.11.5.7 Sistema anti rebote por software.

```
newBoton = (LEER_BOTON_CONFIGURACION);

if (oldBoton != newBoton) {
  if (newBoton) {
    PantallaEncendida = !PantallaEncendida;
    if (PantallaEncendida) {
      lcd.display();
      digitalWrite(intPinLCDEncendido,HIGH);
      TiempoEncendido= (long)sec * (-1); }
    else {
```

Si se presiona el pulsador de Configuración se alterna entre apagado y encendido del LCD

Si ha cambiado por software

Si el cambio ha sido por pulsación

Enciendo el LCD

Para saber el tiempo encendido

```

    lcd.noDisplay();
digitalWrite(intPinLCDEncendido,LOW); } }           Apago el LCD
delay(30);
oldBoton = newBoton; }
if (sec!=oldSec) {
if ((sec%5)==0) {
Numero_Pantalla=(Numero_Pantalla+1)%12;
Cambio_de_Pantalla=false; }
if (Numero_Pantalla==3 || Numero_Pantalla==6 ||Numero_Pantalla==9) {
if (!Cambio_de_Pantalla) {
SacarParametrosRandom();
Cambio_de_Pantalla=true; } }
else {
if (!Cambio_de_Pantalla) {
SacarMensajeMinutos();
Cambio_de_Pantalla=true; }
SacarTiempoTotal(TiempoFuncionando + (long)sec);
SacarRotaciones(Numero_de_Veces_Rotando);

SacarTiempo( minutos * 60 - sec ); }

oldSec=sec; }
if ( difMillis > interval) {

reset_millis();

previousMillis = millis();

TiempoFuncionando += (long)sec;

TiempoEncendido += (long)sec;

```

Se comprueba si el tiempo actual menos el tiempo en que el servo cambió de estado por última vez, es mayor que el intervalo.

Millis tiene un valor de tipo unsigned long, el cual supone un total de unos 49 días funcionando, pero si esto se tira mas tiempo se puede bloquear y el programa puede quedar obsoleto hasta que el usuario resetee el sistema manualmente, al asignar esta línea, se logra que dicha interrupción no suceda, y el usuario nunca deba intervenir para reiniciar el correcto desempeño de la ejecución del programa.

Esta acción se realiza para que el anterior millis() se elimine y entre el nuevo en un ciclo de loop solamente definido en el ajuste de tiempo de giro del servomotor.

Añado los segundos que el sistema está funcionando al total del tiempo en ejecución.

Línea para saber el tiempo encendido

```

sec=0;

++Numero_de_Veces_Rotando;
SacamensajeRotando();

delay(100);

MueveHuevos( grados, 180 - grados);
grados = 180 - grados;
delay(100);
Cambio_de_Pantalla=false;
oldSec=-10; }
if (PantallaEncendida) {
if ((TiempoEncendido + (long)sec)>MaximoTiempoEncendido) {
PantallaEncendida = false;
lcd.noDisplay();
digitalWrite(intPinLCDEncendido,LOW); //Apago el LCD }}

```

Es importante y muy necesario incluir esta acción en esta línea, así se logra que no sume mal mas abajo donde se comprueba el tiempo total funcionado.

Con esto se logra que el servo cambie de posición y se guarda el nuevo valor.

```

if ((TiempoFuncionando + (long)sec)>MaximoTiempoFuncionamiento){
SistemaDetenido = true;
Primera_Pantalla_Config=false;

SacamensajeSistemaDetenido();  }}

```

Dentro se cambia a true para 1ª pantalla
 Saca el mensaje 1 de mas de xx días de incubación y rotaciones

3.11.5.8 Función inicializando sistema.

```

void InicializandoSistema(){
int gradosIni = miServo.read();
if (gradosIni!=grados){
SacamensajePoshuevos();
MueveHuevos( gradosIni, grados);
delay(3000);}
SacamensajeParametros();
reset_millis();
previousMillis = millis();
oldSec=-10;
#ifdef Pantalla_LCD_16x2
TiempoFuncionando = ((long)DiasEncendido*SegundosPorDia)-(long)1800;
#else
TiempoFuncionando = (long)0;

```

Coloca huevos en posición inicial

Se toma el tiempo al principio

```
#endif
SistemaDetenido = false;
PantallaEncendida = true;
digitalWrite(intPinLCDEncendido,HIGH);
TiempoEncendido=0;
```

Enciendo el LCD

Para saber el tiempo total que lleva encendido el sistema.

```
Numero_de_Veces_Rotando = 0;
```

3.11.5.9 *Mostrar mensaje minutos.*

```
oldBoton = false;
newBoton = false;
Numero_Pantalla = -1;
Cambio_de_Pantalla=false;}
```

3.11.5.10 *Función modo test.*

```
void ModoTest(){
boolean primeraVezBucle = false;
int gradosFin;

int segundos;
```

3.11.5.11 *Primera pantalla de configuraciones.*

```
boolean primeraVezBoton = false;
while (LEER_BOTON_CONFIGURACION) {
delay(30);
if (!primeraVezBoton) {
MensajeSueltaBoton();
primeraVezBoton = true;}}
```

```
intVelocidad_Giro = 40;
MueveHuevos(miServo.read(), 90);
```

Con esta línea, se pone el servomotor en posición 90°

```
SacaMensajePonerPotenciometros();
primeraVezBoton = false;
while (LEER_BOTON_CONFIGURACION){
delay(30);
if (!primeraVezBoton){
MensajeSueltaBoton1();
primeraVezBoton = true;}}
```

Primera Pantalla de Configuracion

```
SacaMensajeParametros1();
intVelocidad_Giro = 10;
MueveHuevos(miServo.read(), 90);
```

```

int gradosAct = 90;
boolean Incrementa = true;
oldSec=-10;

previousMillis = millis();

while (!LEER_BOTON_CONFIGURACION){
unsigned long currentMillis = millis();
unsigned long difMillis = currentMillis - previousMillis;

int sec = difMillis /500;

if (sec!=oldSec){

grados = analogRead( potGrados );

grados = map(grados, 0, 1023, 6, 84);

if (grados<10)
grados=10;
if (grados>80)
grados=80;

minutos = analogRead( potMinutos );

minutos = map(minutos, 0, 1023, 365, -5);

minutos = (minutos + 15)/15;
minutos = minutos * 15;
if (minutos<15)
minutos=15;
if (minutos>360)
minutos=360;

intVelocidad_Giro = analogRead( potVelocidad_Giro );

intVelocidad_Giro = map(intVelocidad_Giro, 0, 1023, 7,
38);
if (intVelocidad_Giro<10)
intVelocidad_Giro=10;
if (intVelocidad_Giro>34)
intVelocidad_Giro=34;

```

Se toma el tiempo al principio luego del reseteo de millis().

Se toma el tiempo actual

Cada medio segundo se realiza una diferencia en el código por medio de millis(), para actualizar el tiempo

Aquí le decimos que lea el valor del potenciómetro, valor el cual oscila entre 0 y 1023

Traduce la lectura analógica (0, 1023) a grados (6°, 84°).

Aquí le decimos que lea el valor del potenciómetro, valor el cual oscila entre 0 y 1023.

Traduce la lectura analógica (0, 1023) a minutos (365, 5) = 0 a 6 horas

Aquí le decimos que lea el valor del potenciómetro, valor el cual oscila entre 0 y 1023

Traduce la lectura analógica (0, 1023) = 1 a 38 milisegundos

```

SacaAngulo();
SacaVelocidad();
segundos=minutos*60;
SacaTiempo(segundos);
oldSec=sec;}
if (!primeraVezBucle){
if (Incrementa)
gradosFin = 180 - grados;
else
gradosFin = grados;
primeraVezBucle=true;}
if (Incrementa){
if (gradosAct >= gradosFin) {
Incrementa=!Incrementa;
gradosFin = grados;} }
else{
if (gradosAct <= gradosFin){
Incrementa=!Incrementa;
gradosFin = 180 - grados; } }
if (Incrementa)
miServo.write( ++gradosAct );
else
miServo.write( --gradosAct );

delay(intVelocidad_Giro); }

```

3.11.5.12 Segunda pantalla de configuraciones.

```

primeraVezBoton = false;
while (LEER_BOTON_CONFIGURACION){
delay(30);
if (!primeraVezBoton){
MensajeSueltaBoton2();
primeraVezBoton = true;}}
SacamensajeParametros2();
oldSec=-10;
previousMillis = millis();
while (!LEER_BOTON_CONFIGURACION) {
unsigned long currentMillis = millis();
unsigned long difMillis = currentMillis - previousMillis;
int sec = difMillis /500;
if (sec!=oldSec){

```

3.11.5.13 Reutilización del potenciómetro de ángulo para leer tiempo LCD.

```
MinutosEncendido = analogRead( potGrados );  
  
MinutosEncendido = map(MinutosEncendido, 0, 1023, 23, 2);  
if (MinutosEncendido<5)  
MinutosEncendido=5;  
if (MinutosEncendido>20)  
MinutosEncendido=20;
```

Aquí le decimos que lea el valor del potenciómetro, valor el cual oscila entre 0 y 1023 .

Traduce la lectura analógica (0, 1023) a minutos (23, 2)

3.11.5.14 Reutilización del potenciómetro de minutos para leer los días.

```
DiasEncendido = analogRead( potMinutos );  
  
DiasEncendido = map(DiasEncendido, 0, 1023, 40, -3);  
  
if (DiasEncendido<1)  
DiasEncendido=1;  
if (DiasEncendido>37)  
DiasEncendido=37;  
SacaDias();  
SacaMinutosLCD();  
oldSec=sec;}}  
if (EEPROM.read(ROM_OK) != EEPROM_OK)  
  
EEPROM.write(ROM_OK,EEPROM_OK);  
  
EEPROMWriteInt(Minutos, minutos);  
EEPROMWriteInt(Grados, grados);  
EEPROMWriteInt(Rotacion, intVelocidad_Giro);  
EEPROMWriteInt(Dias, DiasEncendido);  
  
EEPROMWriteInt(LCD, MinutosEncendido);
```

Aquí le decimos que lea el valor del potenciómetro, valor el cual oscila entre 0 y 1023.

Traduce la lectura analógica (0, 1023) a Dras (26, -3) = 1 a 40 Días

Escribo este valor en primera posición de la EEPROM para indicar que los valores grabados son correctos

3.11.5.15 Función mueve huevos.

```
void MueveHuevos(int gradosIni, int gradosFin) {  
if (gradosIni < gradosFin){  
for( int x=gradosIni; x < gradosFin; x++){
```

```

miServo.write( x );
delay(intVelocidad_Giro); } }
else{
for( int x=gradosIni; x >= gradosFin; x--){
miServo.write( x );

delay(intVelocidad_Giro);}}

```

3.11.5.16 Función saca mensaje minutos.

```

void SacamensajeMinutos() {
  lcd.clear();
  lcd.print(F(" Tot:"));
  lcd.setCursor(0,1);

  lcd.print(F(" R:")); }

```

3.11.5.17 Función saca mensaje rotando bandejas.

```

void SacamensajeRotando() {
  lcd.clear();
  lcd.print(F(" Rotando los"));
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print(F(" huevos ... "));

  lcd.print(Numero_de_Veces_Rotando);}

```

3.11.5.18 Función saca mensaje posicionando huevos.

```

void SacamensajePoshuevos()
  lcd.clear();
  lcd.print(F(" Servomotor pos"));
  lcd.setCursor(0,1);

  lcd.print(F(" inicial ")); }

```

3.11.5.19 Función saca parámetros.

```

void Sacaparametros(){
  int segundos;
  SacamensajeParametros1();
  Sacangulo();
  Sacavelocidad();
  segundos=minutos*60;
  Sacatiempo(segundos);

```

```

delay(5000);
SacamensajeParametros2();
Sacadias();
SacaminutosLCD();

delay(5000);}

```

3.11.5.20 Función saca mensaje parámetros 1.

```

void SacamensajeParametros1(){
  lcd.clear();
  lcd.print(F(" Conf. 1 A:"));
  lcd.setCursor(0,1);

  lcd.print(F(" V: T:")); }

```

3.11.5.21 Función saca mensaje parámetros 2.

```

void SacamensajeParametros2(){
  lcd.clear();
  lcd.print(F(" Conf. 2"));
  lcd.setCursor(0,1);

  lcd.print(F(" Dias: LCD: ")); }

```

3.11.5.22 Función saca parámetros random.

```

void SacaparametrosRandom(){
  long randPantalla = random(5);
  lcd.clear();
  if (randPantalla==0){
    lcd.print(F(" Velocidad "));
    int intDelayInverso = 35 - intVelocidad_Giro;
    if (intDelayInverso<10)
      lcd.print(F("0"));
    lcd.print(intDelayInverso);}
  else if (randPantalla==1){
    lcd.print(F(" Angulo "));
    int intGradosInversos = 90 - grados;
    if (intGradosInversos<0)
      intGradosInversos *= (-1);
    if (intGradosInversos<10)
      lcd.print(F("0"));
    lcd.print(intGradosInversos);}

```

```

else if (randPantalla==2){
lcd.print(F(" Dias "));
if (DiasEncendido<10)
lcd.print(F("0"));
lcd.print(DiasEncendido);}
else if (randPantalla==3){
lcd.print(F(" Tiempo "));
int iTiempo=minutos*60;
SacarTiempoHorasMinutosSegundos(iTiempo);}
else{
lcd.print(F(" LCD "));
if (MinutosEncendido<10)
lcd.print(F("0"));

lcd.print(MinutosEncendido);}}

```

3.11.5.23 Función saca días.

```

void SacarDias() {
lcd.setCursor(5,1);
if (DiasEncendido<10)
lcd.print(F("0"));

lcd.print(DiasEncendido);}

```

3.11.5.24 Función saca minutos.

```

void SacarMinutosLCD() {
lcd.setCursor(14,1);
if (MinutosEncendido<10)
lcd.print(F("0"));

lcd.print(MinutosEncendido);}

```

3.11.5.25 Función mensaje suelte botón.

```

void MensajeSueltaBoton(){
lcd.clear();

lcd.print(F(" Suelta el boton")); }

```

3.11.5.26 Función saca mensaje poner potenciómetros al mínimo.

```

void SacarMensajePonerPotenciómetros(){
boolean l1Vez=false;

```

```

int intX=0;
int Resto=0;
char flecha=126;
Primera_Pantalla_Config=true;
while (true){
Resto=intX%23;
if (Resto==0){
if (!11Vez)
11Vez=true;
else {
if (DelayConLecturaBoton(16,50))           16 x 50 = 800 ms
return;}
if (Primera_Pantalla_Config){
lcd.clear();
lcd.print(F("Ponga los potenciómetros al mínimo ....")); }
else{
lcd.clear();
lcd.print(F("Cuando este listo pulse el botón "));
lcd.print(flecha);
lcd.print(flecha);
lcd.print(flecha);
lcd.print(flecha);
lcd.print(flecha);
lcd.print(flecha);
lcd.print(flecha);}
if (DelayConLecturaBoton(16,50))           16 x 50 = 800 ms
return;
Primera_Pantalla_Config = !Primera_Pantalla_Config; }
if (DelayConLecturaBoton(8,50))           8 x 50 = 400 ms
return;
lcd.scrollDisplayLeft();
if (LEER_BOTON_CONFIGURACION)
return;

intX++; } }

```

3.11.5.27 Función delay con lectura de botón/pulsador.

```

boolean DelayConLecturaBoton(int nVeces, int nDelay){
for (int x=0; x<nVeces; x++){
if (LEER_BOTON_CONFIGURACION)
return true;
delay(nDelay);}

```

```
return false;}
```

3.11.5.28 Función mensaje suelte botón 1.

```
void MensajeSueltaBoton1(){  
  lcd.clear();  
  lcd.print(F(" Suelte el boton"));  
  lcd.setCursor(0,1);  
  
  lcd.print(F(" Config. 1")); }  
}
```

3.11.5.29 Función mensaje suelte botón 2.

```
void MensajeSueltaBoton2(){  
  lcd.clear();  
  lcd.print(F(" Suelte el boton"));  
  lcd.setCursor(0,1);  
  
  lcd.print(F(" Config. 2")); }  
}
```

3.11.5.30 Función saca mensaje inicio.

```
void SacamensajeInicio(){  
  lcd.print(F(" CONTROL INCUBA "));  
  lcd.setCursor(0, 1);  
  lcd.print(F(" "));  
  lcd.print(strVersion);  
  delay(3000);  
  lcd.clear();  
  lcd.print(F(" VOLTEO DE "));  
  lcd.setCursor(0, 1);  
  lcd.print(F(" HUEVOS "));  
  
  delay(3000); }  
}
```

3.11.5.31 Función saca mensaje fin configuración.

```
void SacamensajeFinConfiguracion(){  
  lcd.clear();  
  lcd.print(F(" CONFIGURACION "));  
  lcd.setCursor(0,1);  
  
  lcd.print(F(" EXITOSA ")); }  
}
```

3.11.5.32 Función saca mensaje sistema detenido.

```

void SacamensajeSistemaDetenido(){
Primera_Pantalla_Config=!Primera_Pantalla_Config;
lcd.clear();
lcd.print(F("Sistema detenido"));
lcd.setCursor(0,1);
if (Primera_Pantalla_Config){
lcd.print(F(" Mas de "));
lcd.print(DiasEncendido);
lcd.print(F(" dia"));
if (DiasEncendido>1)
lcd.print(F("s")); }
else{
lcd.print(F(" Rotaciones: "));

lcd.print(Numero_de_Veces_Rotando);}}

```

3.11.5.33 Función saca mensaje reactivando sistema.

```

void SacamensajeReactivandoSistema(){
lcd.clear();
lcd.print(F(" Reactivando"));
lcd.setCursor(0,1);

lcd.print(F(" el sistema...")); }

```

3.11.5.34 Función muestra velocidad.

```

void Sacavelocidad() {
int intDelayInverso = 35 - intVelocidad_Giro;
lcd.setCursor(2,1);
if (intDelayInverso<10)
lcd.print(F("0"));

lcd.print(intDelayInverso);}

```

3.11.5.35 Función muestra ángulo.

```

void Sacangulo() {
int intGradosInversos = 90 - grados;
if (intGradosInversos<0)
intGradosInversos *= (-1);
lcd.setCursor(13,0);
if (intGradosInversos<10)
lcd.print(F("0"));

```

```
lcd.print(intGradosInversos);}
```

3.11.5.36 Función muestra rotaciones.

```
void SacarRotaciones( int numero){  
  lcd.setCursor(3,1);  
  
  lcd.print(numero);}
```

3.11.5.37 Función muestra tiempo.

```
void SacarTiempo( int iTiempo ) {  
  lcd.setCursor(8,1);  
  
  SacarTiempoHorasMinutosSegundos(iTiempo);  
}
```

3.11.5.38 Función muestra tiempo horas, minutos, segundos.

```
void SacarTiempoHorasMinutosSegundos(long iTiempo){  
  if (iTiempo < 0)  
    iTiempo *= -1;  
  int iminutos=iTiempo/60;  
  int isegundos=iTiempo - (iminutos*60);  
  int ihoras = iminutos/60;  
  iminutos=iminutos - (ihoras*60);  
  if (ihoras<10)  
    lcd.print(F("0"));  
  lcd.print(ihoras);  
  lcd.print(F(":"));  
  if (iminutos<10)  
    lcd.print(F("0"));  
  lcd.print(iminutos);  
  lcd.print(F(":"));  
  if (isegundos<10)  
    lcd.print(F("0"));  
  
  lcd.print(isegundos);}
```

3.11.5.39 Función saca tiempo total.

```
void SacarTiempoTotal( long iTiempo ) {  
  if (iTiempo < 0)  
    iTiempo *= -1;  
  long iminutos=iTiempo/60;
```

```

long isegundos=iTiempo - (iminutos*60);
long ihoras = iminutos/60;
iminutos=iminutos - (ihoras*60);
long idias = ihoras / 24;
ihoras=ihoras - (idias*24);
lcd.setCursor(4,0);
if (idias<10)
lcd.print(F("0"));
lcd.print(idias);
lcd.print(F("D "));
if (ihoras<10)
lcd.print(F("0"));
lcd.print(ihoras);
lcd.print(F(":"));
if (iminutos<10)
lcd.print(F("0"));
lcd.print(iminutos);
lcd.print(F(":"));
if (isegundos<10)
lcd.print(F("0"));

lcd.print(isegundos);}

```

3.11.5.40 Función eeprom read int.

```

int EEPROMReadInt(int ADDR){
byte hiByte = EEPROM.read(ADDR);
byte lowByte = EEPROM.read(ADDR+1);

return word(hiByte, lowByte); }

```

Convierte a int (entero)

3.11.5.41 Función eeprom write int.

```

void EEPROMWriteInt(int ADDR, int Value){
if (Value != EEPROMReadInt(ADDR)){
byte hiByte = highByte(Value);
byte loByte = lowByte(Value);
EEPROM.write(ADDR, hiByte);
EEPROM.write(ADDR+1, loByte); }
}

```

3.11.5.42 Función reset_millis.

```

void reset_millis(){

```

```
extern volatile unsigned long timer0_millis, timer0_overflow_count;
noInterrupts();
timer0_millis = timer0_overflow_count = 0;
interrupts(); }
```

3.11.6 *Fotografías del equipo construido.*

Como parte de la investigación, se fabricó un prototipo del sistema de incubación artificial con control automático para huevos de aves. Para realizar las pruebas pertinentes respecto a la incubabilidad de los huevos y la posterior eclosión de las aves.

Las fotografías presentadas a continuación, muestran el equipo ensamblado en su totalidad, listo para ser puesto en marcha.



Ilustración 3.33: Máquina de incubación artificial de huevos de aves de corral
Fuente 67: Autor

En la ilustración 3.33, se puede observar la disposición modular del sistema de incubación artificial para huevos de aves, su diseño con manijas en los laterales de la misma y las pequeñas ruedas en la base, hacen que el ensamble final sea portátil y se acondicione en lugares reducidos, el área ocupada total dentro y fuera de la locación es de 2964 cm² (0,2964 m²), puesto que el ancho total del equipo es de 57 cm y la profundidad equivale a 52 centímetros.

Para más detalles remitirse al **ANEXO 6**.

3.12 Pruebas y funcionamiento

Las pruebas se basan en la utilización del equipo en la incubación de huevos de gallina, recolectando los valores de temperatura y humedad relativa leídos durante el proceso de incubación artificial para que finalmente, estos se tabulen en hojas de cálculo y obtener cartas de control del proceso y concluir si el mismo está o no en completo control operativo.

3.12.1 Prueba 1.

SEMANA	DÍA	ACCIONES
	30	DÍA 1: Colocación del primer grupo de huevos de gallina en la incubadora. Iniciada la prueba 1 del sistema completo. 37,8°C y 57% RH.
	31	DÍA 2: Lecturas de temperatura y humedad: 37.1°C y 51.5% RH
5	32	DÍA 3: Lecturas de temperatura y humedad: 37.4°C y 54.4% RH
	33	DÍA 4: Lecturas de temperatura y humedad: 37.7°C y 55.8% RH
	34	DÍA 5: Lecturas de temperatura y humedad: 37.8°C y 54.5% RH
	35	DÍA 6: Lecturas de temperatura y humedad: 37.4°C y 55.8% RH
6	36	DÍA 7: Lecturas de temperatura y humedad: 37.5°C y 54.9% RH
	37	DÍA 8: Lecturas de temperatura y humedad: 37.4°C y 56.8% RH
	38	DÍA 9: Lecturas de temperatura y humedad: 37.6°C y 55.6% RH
	39	DÍA 10: Lecturas de temperatura y humedad: 37.7°C y 55.7% RH
	40	DÍA 11: Lecturas de temperatura y humedad: 37.5°C y 54.9% RH

- 41 DÍA 12: Lecturas de temperatura y humedad: 37.6°C y 55.2% RH
42 DÍA 13: Lecturas de temperatura y humedad: 37.5°C y 55.8% RH
43 DÍA 14: Lecturas de temperatura y humedad: 37.7°C y 57.9% RH
44 DÍA 15: Lecturas de temperatura y humedad: 37.7°C y 58.7% RH
45 DÍA 16: Lecturas de temperatura y humedad: 37.5°C y 58.6% RH
46 DÍA 17: Lecturas de temperatura y humedad: 37.6°C y 57.4% RH
47 DÍA 18: Lecturas de temperatura y humedad: 37.5°C y 55.6% RH
7 DÍA 19: Termina el volteo de huevos, cambio de huevos a nacedora y cambio de valores de temperatura y humedad.
48
- Lecturas de temperatura y humedad: 36.8°C y 71.5% RH
49 DÍA 20: Lecturas de temperatura y humedad: 36.9°C y 70.7% RH
50 DÍA 21: Lecturas de temperatura y humedad: 37.1°C y 72.4% RH
8 51 Ensayos de factibilidad y pruebas.
52 Reajuste del sistema.

El análisis respecto de las primeras pruebas del proceso de incubación fue el siguiente:

- La primera fase de incubación se llevó a cabo mediante la colocación de 4 lotes de huevos para la incubación
 - Lote No. 1: 6 huevos de gallina el día 14 de noviembre de 2016.
 - Lote No. 2: 3 huevos de gallina el día 15 de noviembre de 2016.
 - Lote No. 3: 12 huevos de gallina el día 16 de noviembre de 2016.
 - Lote No. 4: 15 huevos de codorniz el día 16 de noviembre de 2016.

- Los días tres, cinco y siete de la incubación se realizó la ovoscopia de todos los huevos, notando que:
 - Del lote No. 1, dos huevos no eran fértiles, del lote No. 2 todos eran fértiles, del No. 3 cuatro eran infértiles, por lo cual se procedió a desechar dichos huevos.
 - Del lote No. 4, todos los huevos eran infértiles, por lo cual se procedió a quitar los huevos de codorniz de la incubadora.

- En total, del día siete en adelante, se incubaban 15 huevos de gallina.
- Al final del día 18, se procedió a mover los huevos a la nacedora, el sistema de volteo de huevos se detuvo según la configuración. Se cambió la configuración de temperatura y humedad a 36.5°C y 70%, respectivamente, con el fin de que el cascarón sea suave y el pollito pueda picar con facilidad para su posterior nacimiento.
- El día 21, 05 de diciembre de 2016, alrededor de las 09H30 hasta las 11H30 eclosionó el primer pollito.
- El día 22, 06 de diciembre de 2016, alrededor de las 15H25 hasta las 23H48, eclosionaron cuatro pollitos.
- Hasta el día 24 se esperó la eclosión del resto de los huevos, sin embargo no se dio; los embriones formados habían muerto dentro de su cascarón.
- **POSIBLES RAZONES DE LA MUERTE EMBRIONARIA:** Se realizó un estudio técnico para analizar las posibles causas por las que los embriones hayan muerto. Para ello se analizaron todas las variables que el sistema controla:
 - La temperatura fue demasiado variable durante el proceso, sobre todo porque se utilizó en bloque de segmento de niquelina de calefacción de aire de 1000W, lo cual causaba que la temperatura se eleve demasiado, llegando incluso a un valor máximo de 38.3°C y un mínimo de 36.7°C, tal como se puede apreciar en la ilustración 3.34 y 3.35, respectivamente.


 A digital display with a blue background and white text showing "TEMP: 38.3°C".

Ilustración 3.34: Mayor valor de temperatura leída en el sistema de incubación
Fuente 68: Autor


 A digital display with a blue background and white text showing "TEMP: 36.7°C".

Ilustración 3.35: Menor valor de temperatura leída en el sistema de incubación
Fuente 69: Autor

- La humedad relativa también variaba con valores mínimos de 46% y un máximo de 54%, en este punto se utilizó un nebulizador ultrasónico para

generar humedad fría dentro de la incubadora, estos valores se pueden apreciar en las ilustraciones 3.36 y 3.37, respectivamente.



*Ilustración 3.36: Valor mínimo de humedad relativa en el sistema de incubación
Fuente 70: Autor*



*Ilustración 3.37: Valor máximo de humedad relativa en el sistema de incubación
Fuente 71: Autor*

- El volteo de los huevos se realizó correctamente, durante un día de 24 horas, las cubetas de los huevos se voltearon cada dos horas, esto se repitió hasta el día 18 en el cual el sistema de volteo finalizó automáticamente según lo configurado.
- La ventilación inicial no fue eficiente, debido a que se utilizó un ventilador de 38000 RPM a 110V, el mismo que generaba aire forzado en una sola dirección, enfriando los huevos desde la parte superior.
- Adicionalmente, se logró obtener información en la cual aseveraban que de los lugares en donde se consiguieron los huevos, las gallinas ponedoras incluso en una medio de incubación natural, de un aproximado de 14 huevos incubados solamente de cuatro a cinco pollitos llegaban a eclosionar.

Esta información ayudó mucho debido a que se tienen evidencias que demuestran que posiblemente las gallinas ponedoras sufren algún tipo de afección que es transmitida hacia el huevo.

- Durante el período de ovoscopia, se pudo observar que muchos de los huevos presentaban porosidad excesiva en su cascarón, otros tenían algunas fisuras, mientras que unos aparentemente no presentaban anomalías.
- Los valores excesivos de temperatura, hicieron que varios laterales de las bandejas volteadoras se quemen y se deformen; no es recomendable emplear un bloque de segmento de níquelina de 1000 W en este tipo de máquina para incubación artificial, debido a que el volumen interno es muy pequeño y la

temperatura no se transite uniformemente, es demasiado elevada y difícilmente se controla .

- En conclusión, la temperatura, la humedad relativa y la ventilación son factores que se debieron controlar realizando un cambio de los materiales que se utilizaron para la primera prueba del sistema. Ver **ANEXO 7** en el cual se presentan varias ilustraciones sobre los datos leídos así como el desarrollo embrionario del pollito hasta su eclosión.
- El sistema de incubación no es óptimo debido a que solamente eclosionaron cinco de 15 huevos fértiles, lo que significa un 33.33% de factibilidad de la máquina al momento de incubar los huevos.

3.12.2 Prueba 2.

SEMANA	DÍA	ACCIONES
5	30	DÍA 1: Colocación del primer grupo de huevos de gallina en la incubadora. Iniciada la prueba 1 del sistema completo. 37,8°C y 57% RH.
	31	DÍA 2: Lecturas de temperatura y humedad: 37.1°C y 51.5% RH
	32	DÍA 3: Lecturas de temperatura y humedad: 37.4°C y 54.4% RH
	33	DÍA 4: Lecturas de temperatura y humedad: 37.7°C y 55.8% RH
	34	DÍA 5: Lecturas de temperatura y humedad: 37.8°C y 54.5% RH
	35	DÍA 6: Lecturas de temperatura y humedad: 37.4°C y 55.8% RH
	36	DÍA 7: Lecturas de temperatura y humedad: 37.5°C y 54.9% RH
	37	DÍA 8: Lecturas de temperatura y humedad: 37.4°C y 56.8% RH
	38	DÍA 9: Lecturas de temperatura y humedad: 37.6°C y 55.6% RH
	6	39
40		DÍA 11: Lecturas de temperatura y humedad: 37.5°C y 54.9% RH
41		DÍA 12: Lecturas de temperatura y humedad: 37.6°C y 55.2% RH
42		DÍA 13: Lecturas de temperatura y humedad: 37.5°C y 55.8% RH
7	43	DÍA 14: Lecturas de temperatura y humedad: 37.7°C y 57.9% RH
	44	DÍA 15: Lecturas de temperatura y humedad: 37.7°C y 58.7% RH
	45	DÍA 16: Lecturas de temperatura y humedad: 37.5°C y 58.6% RH
	46	DÍA 17: Lecturas de temperatura y humedad: 37.6°C y 57.4% RH

- 47 DÍA 18: Lecturas de temperatura y humedad: 37.5°C y 55.6% RH
- DÍA 19: Termina el volteo de huevos, cambio de huevos a nacedora y cambio
48 de valores de temperatura y humedad.
Lecturas de temperatura y humedad: 36.8°C y 71.5% RH
- 49 DÍA 20: Lecturas de temperatura y humedad: 36.9°C y 70.7% RH
- 50 DÍA 21: Lecturas de temperatura y humedad: 37.1°C y 72.4% RH
- 51 Ensayos de factibilidad y pruebas.
- 52 Reajuste del sistema.
- 8 53 DÍA 1: Colocación del segundo grupo de huevos de gallina en la incubadora.
Iniciada la prueba 2 del sistema completo. 37,5°C y 54% RH.
- 54 DÍA 2: Lecturas de temperatura y humedad: 37.5°C y 54.8% RH
- 55 DÍA 3: Lecturas de temperatura y humedad: 37.5°C y 55.1% RH
- 56 DÍA 4: Lecturas de temperatura y humedad: 37.6°C y 55.% RH
- 57 DÍA 5: Lecturas de temperatura y humedad: 37.5°C y 55.2% RH
- 58 DÍA 6: Lecturas de temperatura y humedad: 37.6°C y 55.1% RH
- 59 DÍA 7: Lecturas de temperatura y humedad: 37.5°C y 54.9% RH
- 9 60 DÍA 8: Lecturas de temperatura y humedad: 37.5°C y 54.8% RH
- 61 DÍA 9: Lecturas de temperatura y humedad: 37.5°C y 55.3% RH
- 62 DÍA 10: Lecturas de temperatura y humedad: 37.5°C y 55.2% RH:
- 63 DÍA 11: Lecturas de temperatura y humedad: 37.5°C y 54.7% RH:
- 64 DÍA 12: Lecturas de temperatura y humedad: 37.6°C y 54.8% RH:
- 65 DÍA 13: Lecturas de temperatura y humedad: 37.5°C y 55.2% RH:
- 66 DÍA 14: Lecturas de temperatura y humedad: 37.6°C y 55.2% RH:
- 67 DÍA 15: Lecturas de temperatura y humedad: 37.5°C y 54.9% RH:
- 68 DÍA 16: Lecturas de temperatura y humedad: 37.5°C y 55.2% RH:
- 10 69 DÍA 17: Lecturas de temperatura y humedad: 37.5°C y 54.9% RH:
- 70 DÍA 18: Lecturas de temperatura y humedad: 37.5°C y 55.1% RH:
- DÍA 19: Termina el volteo de huevos, cambio de huevos a nacedora y cambio
71 de valores de temperatura y humedad.
Lecturas de temperatura y humedad: 36.5°C y 70.2% RH:
- 72 DÍA 20: Lecturas de temperatura y humedad: 36.5°C y 70.1% RH:
- 11 73 DÍA 21: Lecturas de temperatura y humedad: 36.6°C y 70.2% RH:
- 74 Ensayos de factibilidad y pruebas.
- 75 Ajuste final del sistema.

Segunda fase del proceso de incubación: El análisis respecto de la segunda prueba del proceso de incubación fue el siguiente:

- Se realizaron cambios en los elementos que formaban parte del sistema de

incubación artificial. El bloque de segmento de niquelina de 1000 W fue reemplazado por uno de 250 W, el cual genera una temperatura muchísimo más controlable y cuyos valores oscilan entre 37.5 y 37.6°C como valores mínimos y máximos en el sistema en pleno funcionamiento.

- Para la generación de humedad se reemplazó el nebulizador ultrasónico por un bloque de segmento de niquelina de calefacción de agua de 700W, logrando que los valores oscilen entre 54.5 y 55.6% de humedad de aire caliente.
- Se reemplazó el ventilador y se colocaron tres ventiladores pequeños de 12V y 12000 RPM ubicados en tres sectores dentro de la cámara de incubación, logrando que la circulación de aire y la reposición desde el exterior del mismo, sea más eficiente y mejor distribuida, ahora, el aire frío ya no choca directamente sobre los huevos.
- El primer día se colocaron los huevos en un único lote de 90 unidades: 75 huevos de gallina y 15 de codorniz, respectivamente; 07 de diciembre de 2016. Los días tres, cinco y siete, se realizó la ovoscopia de los huevos, notando que diez huevos de gallina y ocho de codorniz no son fértiles, razón por la cual se los retiró de la cámara de incubación.
- Al finalizar el día 18 (25 de diciembre de 2016), el sistema de volteo se detuvo según la configuración que se dio al inicio.
- El día 21 y 22 (28 y 29 de diciembre de 2016), eclosionaron 56 pollos y cinco codornices de 65 huevos de gallina y siete de codorniz, respectivamente. Nueve huevos de gallina y 2 de codorniz no eclosionaron, los embriones murieron entre los tres últimos días de incubación.
- La eclosión de un gran número de aves, significa un 84.72% de factibilidad que presenta la máquina para realizar la incubación de huevos de aves. El sistema está en un estado óptimo, debido a que sobrepasa el límite establecido del 75% del total de huevos colocados, que se planteó inicialmente.

3.13 Análisis de resultados

Se realizó el monitoreo de la temperatura y humedad relativa del sistema en pleno funcionamiento dos veces cada hora.

El total de mediciones realizadas fueron 1000 en 21 días, con un total de 48 mediciones promedio por día; éstas fueron tabuladas y evaluadas para determinar, mediante gráficas de control, si el sistema cumple o no con las especificaciones idóneas para que una buena incubación se pueda llevar a cabo, estos valores promedio son 37,5 °C y 55%, para temperatura y humedad relativa, respectivamente, Los resultados fueron los siguientes:

	Maximo	Mínimo	Promedio
Temperatura	37,67 °C	37,32 °C	37,53 °C
Humedad relativa	55,98 %	53,06 %	54,53 %

Tabla 3.11: Resumen de mediciones de las variables con el equipo en pleno funcionamiento

Fuente 72: Autor

Según indican (ENSMINGER 1976) y (DURÁN Ramírez 2004), el valor promedio de temperatura que un sistema de incubación artificial debe tener en su interior es de 37,5°C con una variación de $\pm 0,3$ °C, así mismo indican, que la humedad debe mantenerse en un rango entre los 50 a 60% con un valor promedio del 55% para una correcta incubación de los huevos gallina, con un rango de ± 2 %. Con estos valores, el proceso de incubación y la posterior eclosión de los pollitos será exitosa con un porcentaje de mortalidad muy bajo. En la siguiente tabla se puede apreciar los valores de rango o amplitud de las mediciones durante el proceso real de incubación de pollos.

	Máximo	Mínimo	Promedio
Temperatura	0,61 °C	0 °C	0,34 °C
Humedad relativa	5,18 %	0,65 %	2,92 %

Tabla 3.12: Resumen de rangos entre mediciones de las variables con el equipo en pleno funcionamiento

Fuente 73: Autor

Con los datos indicados, se procedió a realizar los gráficos de control para las dos variables medidas, pero, ¿qué son exactamente los gráficos o cartas de control?

Una gráfica de control es un diagrama que sirve para examinar si un proceso se encuentra en una condición estable, o para asegurar que se mantenga en esa condición.

(Gutiérrez Pulido y De la Vara Salazar 2013) definen que “el objetivo básico de una carta de control es observar y analizar el comportamiento de un proceso a través del tiempo, es posible distinguir entre variaciones por causas comunes y especiales (atribuibles), lo que ayudará a caracterizar el funcionamiento del proceso y decidir las mejores acciones de control y de mejora”.

“Cuando se habla de analizar el proceso hacemos referencia principalmente a las variables de salida (características de calidad), pero las cartas de control también pueden aplicarse para analizar la variabilidad de variables de entrada o de control del proceso mismo, tales como la temperatura y la humedad relativa que son el caso de estudio”. (Gutiérrez Pulido y De la Vara Salazar 2013)

En la ilustración 3.37, se muestra una típica carta de control en la cual, (Gutiérrez Pulido y De la Vara Salazar 2013) hacen apreciar “que el objetivo es analizar de dónde a dónde varía y cómo varía el estadístico W a través del tiempo y este estadístico puede ser una media muestral, un rango, un porcentaje, etc. Los valores que va tomando W se representan por un punto y éstos se unen con una línea recta. La línea central representa el promedio de W ”.

Así mismo, (Gutiérrez Pulido y De la Vara Salazar 2013) señala que “los límites de control, inferior y superior, definen el inicio y final del rango de variación de W , de forma que cuando el proceso está en control estadístico existe una alta probabilidad de que prácticamente todos los valores de W caigan dentro de los límites. Por ello, si se observa un punto fuera de los límites de control, es señal de que ocurrió algo fuera de lo usual en el proceso. Por el contrario, si todos los puntos están dentro de los límites y no tienen algunos patrones no aleatorios de comportamiento, entonces será señal de que en el proceso no ha ocurrido ningún cambio fuera de lo común, y funciona de manera estable (que está en control estadístico). Así, la carta se convierte en una herramienta para detectar cambios en los procesos”.

(Merli 2012) presenta algunas de las ventajas de las cartas de control, entre ellas menciona que:

- Es una herramienta simple y efectiva para lograr un control estadístico.
- El operario puede manejar las cartas en su propia área de trabajo, por lo cual puede dar información confiable a la gente cercana a la operación en el momento en que se deben de tomar ciertas acciones.
- Cuando un proceso está en control estadístico puede predecirse su desempeño respecto a las especificaciones. En consecuencia, tanto el productor como el cliente pueden contar con niveles consistentes de calidad y ambos pueden contar con costos estables para lograr ese nivel de calidad.
- Una vez que un proceso se encuentra en control estadístico, su comportamiento puede ser mejorado posteriormente reduciendo la variación.
- Al distinguir entre las causas especiales y las causas comunes de variación, dan una buena indicación de cuándo un problema debe ser corregido localmente.

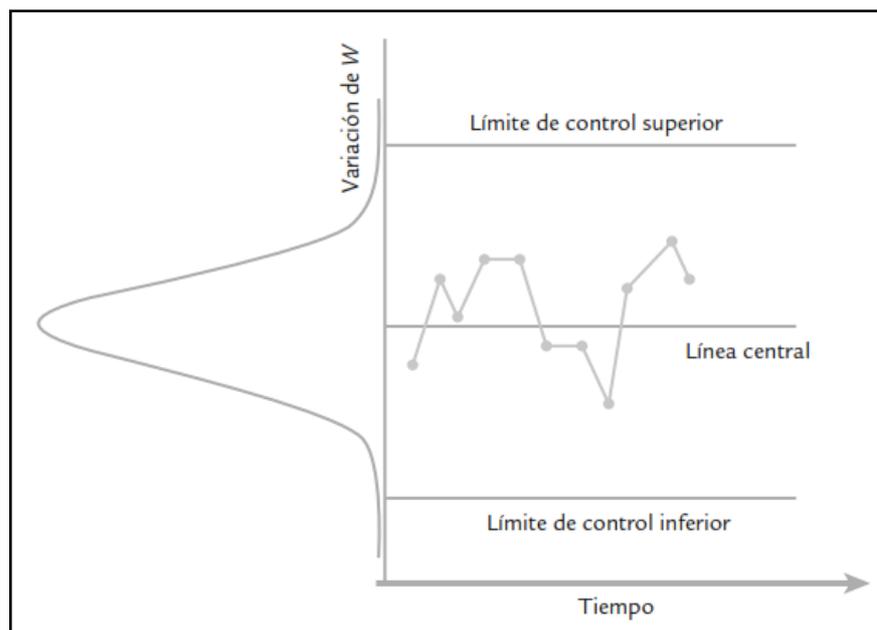


Ilustración 3.38: Idea y elementos de una carta de control.
Fuente 74: Gutiérrez Pulido y De la Vara Salazar 2013) p. 187

3.13.1 Cartas de control por variables de medias y rangos $\bar{X} - R$.

Son aplicables en el campo del control de características individuales. En el caso de estudio, se aplica directamente sobre el comportamiento de las variables temperatura y

humedad relativa que tiene internamente el sistema de incubación artificial. La elaboración de las cartas de control se la realizó en los siguientes pasos:

Paso 1: Recolección de los datos.

Los datos son el resultado de la medición de las variaciones de temperatura y humedad apreciados durante el proceso de incubación, estas variaciones fueron leídas 2 veces cada hora durante los 21 días de incubación de los huevos. Esto se logró de la siguiente manera:

- En intervalos de tiempo se fotografió la pantalla LCD del panel izquierdo con el fin de obtener registros físicos de los valores de temperatura y humedad relativa, los mismo que se tabularon cada vez que se realizaba esta acción.
- Se tomó un total de 100 fotografías para luego aleatorizar los valores en una hoja de cálculo, con lo cual se llegaron a obtener un total de 1000 muestras de lecturas de las variables indicadas. A estas se las dividió en 10 subgrupos de 100 muestras cada una.

Paso 2: Calcular el promedio \bar{R} y \bar{X} para cada subgrupo

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_N}{N}$$

$$R = X_{mayor} - X_{menor}$$

Para dicho cómputo, se ordenan los datos en una hoja de cálculo con el fin de obtener los valores mínimos y máximos de temperatura y humedad, y finalmente se aplican las fórmulas para obtener los resultados que se requieran.

Paso 3: Cálculo del rango promedio \bar{R} y el promedio del proceso $\bar{\bar{X}}$

Se aplican las siguientes fórmulas:

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_K}{K}$$

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_K}{K}$$

Donde K es el número de subgrupos, R_1, R_2, \dots es el rango de cada subgrupo; X_1, X_2, \dots son el promedio de cada subgrupo.

Los valores promedios calculados fueron los siguientes:

	<i>Temperatura</i>	<i>Humedad relativa</i>
Promedio medio	37.5549 °C	Promedio medio 54.8206 %
Rango medio	0.1 °C	Rango medio 0.939 %

Paso 4: Calcular los límites de control

Los límites de control son calculados para determinar la variación de cada subgrupo, están basados en el tamaño de los subgrupos y se calculan de la siguiente forma:

$$LCS = \bar{\bar{x}} + A_2 \bar{R} \qquad LCS = D_4 \cdot \bar{R}$$

$$LCI = \bar{\bar{x}} - A_2 \bar{R} \qquad LCI = D_3 \cdot \bar{R}$$

Donde D_4, D_3, A_2 son constantes que varían según el tamaño de muestra. A continuación se presentan los valores de dichas constantes para tamaños de muestra de 2 a 10.

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10
D_4	3,27	2,57	2,28	2,11	2,00	1,92	1,86	1,82	1,7768
D_3	0	0	0	0	0	0,08	0,14	0,18	0,2232
A_2	1,88	1,02	0,73	0,58	0,48	0,42	0,37	0,34	308

Tabla 3.13: Factores para la construcción de las cartas de control

Así entonces, los valores para los límites de control inferior y superior para temperatura y humedad relativa son los siguientes:

<i>Temperatura</i>		<i>Humedad relativa</i>	
$LCS = \bar{\bar{x}} + A_2 \bar{R}$	= 37.5857 °C	$LCS = \bar{\bar{x}} + A_2 \bar{R}$	= 55.109812 %
LC	= 37.5549 °C	LC	= 54.8206 %
$LCI = \bar{\bar{x}} - A_2 \bar{R}$	= 37.5241 °C	$LCI = \bar{\bar{x}} - A_2 \bar{R}$	= 54.531388 %

Paso 6: Trazado de la gráfica de control

Para trazar la gráfica de control, (Gutiérrez Pulido y De la Vara Salazar 2013), indican que los límites de control se deben dibujar con una línea discontinua y los promedios con una línea continua para ambas gráficas.

Se han de marcar los puntos en ambas gráficas y unirlos para visualizar de mejor manera el comportamiento del proceso.

Las gráficas de control se pueden observar en las ilustraciones 3.39 y 3.40, para el comportamiento de temperatura y humedad relativa, respectivamente.

Número de muestra (N)	Máximo	Mínimo	Promedio de la muestra, T (°C)	Amplitud o rango	Número de muestra (N)	Máximo	Mínimo	Promedio de la muestra, T (°C)	Amplitud o rango	Número de muestra (N)	Máximo	Mínimo	Promedio de la muestra, T (°C)	Amplitud o rango
1	37.6	37.5	37.53	0.1	35	37.6	37.5	37.53	0.1	69	37.6	37.5	37.57	0.1
2	37.6	37.5	37.56	0.1	36	37.6	37.5	37.57	0.1	70	37.6	37.5	37.55	0.1
3	37.6	37.5	37.52	0.1	37	37.6	37.5	37.54	0.1	71	37.6	37.5	37.57	0.1
4	37.6	37.5	37.56	0.1	38	37.6	37.5	37.53	0.1	72	37.6	37.5	37.56	0.1
5	37.6	37.5	37.54	0.1	39	37.6	37.5	37.57	0.1	73	37.6	37.5	37.54	0.1
6	37.6	37.5	37.55	0.1	40	37.6	37.5	37.53	0.1	74	37.6	37.5	37.57	0.1
7	37.6	37.5	37.57	0.1	41	37.6	37.5	37.56	0.1	75	37.6	37.5	37.56	0.1
8	37.6	37.5	37.53	0.1	42	37.6	37.5	37.57	0.1	76	37.6	37.5	37.55	0.1
9	37.6	37.5	37.54	0.1	43	37.6	37.5	37.56	0.1	77	37.6	37.5	37.58	0.1
10	37.6	37.5	37.58	0.1	44	37.6	37.5	37.55	0.1	78	37.6	37.5	37.54	0.1
11	37.6	37.5	37.54	0.1	45	37.6	37.5	37.56	0.1	79	37.6	37.5	37.56	0.1
12	37.6	37.5	37.59	0.1	46	37.6	37.5	37.57	0.1	80	37.6	37.5	37.54	0.1
13	37.6	37.5	37.57	0.1	47	37.6	37.5	37.56	0.1	81	37.6	37.5	37.55	0.1
14	37.6	37.5	37.57	0.1	48	37.6	37.5	37.56	0.1	82	37.6	37.5	37.57	0.1
15	37.6	37.5	37.55	0.1	49	37.6	37.5	37.54	0.1	83	37.6	37.5	37.55	0.1
16	37.6	37.5	37.53	0.1	50	37.6	37.5	37.55	0.1	84	37.6	37.5	37.55	0.1
17	37.6	37.5	37.55	0.1	51	37.6	37.5	37.56	0.1	85	37.6	37.5	37.57	0.1
18	37.6	37.5	37.53	0.1	52	37.6	37.5	37.56	0.1	86	37.6	37.5	37.55	0.1
19	37.6	37.5	37.55	0.1	53	37.6	37.5	37.58	0.1	87	37.6	37.5	37.55	0.1
20	37.6	37.5	37.56	0.1	54	37.6	37.5	37.56	0.1	88	37.6	37.5	37.56	0.1
21	37.6	37.5	37.58	0.1	55	37.6	37.5	37.56	0.1	89	37.6	37.5	37.53	0.1
22	37.6	37.5	37.58	0.1	56	37.6	37.5	37.57	0.1	90	37.6	37.5	37.58	0.1
23	37.6	37.5	37.56	0.1	57	37.6	37.5	37.56	0.1	91	37.6	37.5	37.56	0.1
24	37.6	37.5	37.56	0.1	58	37.6	37.5	37.55	0.1	92	37.6	37.5	37.56	0.1
25	37.6	37.5	37.53	0.1	59	37.6	37.5	37.57	0.1	93	37.6	37.5	37.55	0.1
26	37.6	37.5	37.56	0.1	60	37.6	37.5	37.55	0.1	94	37.6	37.5	37.54	0.1
27	37.6	37.5	37.54	0.1	61	37.6	37.5	37.56	0.1	95	37.6	37.5	37.57	0.1
28	37.6	37.5	37.54	0.1	62	37.6	37.5	37.54	0.1	96	37.6	37.5	37.56	0.1
29	37.6	37.5	37.54	0.1	63	37.6	37.5	37.53	0.1	97	37.6	37.5	37.57	0.1
30	37.6	37.5	37.53	0.1	64	37.6	37.5	37.56	0.1	98	37.6	37.5	37.58	0.1
31	37.6	37.5	37.55	0.1	65	37.6	37.5	37.55	0.1	99	37.6	37.5	37.55	0.1
32	37.6	37.5	37.56	0.1	66	37.6	37.5	37.54	0.1	100	37.6	37.5	37.56	0.1
33	37.6	37.5	37.56	0.1	67	37.6	37.5	37.55	0.1					
34	37.6	37.5	37.58	0.1	68	37.6	37.5	37.55	0.1					

Tabla 3.14: Valores medidos de temperatura en la incubadora

Fuente 76: Autor

Número de muestra (N)	Máximo	Mínimo	Promedio de la muestra, RH (%)	Amplitud o rango	Número de muestra (N)	Máximo	Mínimo	Promedio de la muestra, RH (%)	Amplitud o rango	Número de muestra (N)	Máximo	Mínimo	Promedio de la muestra, RH (%)	Amplitud o rango
1	54.9	54.5	54.64	0.4	35	55.6	54.5	54.84	1.1	69	55.6	54.5	54.87	1.1
2	55.6	54.5	54.75	1.1	36	54.9	54.6	54.83	0.3	70	55.6	54.5	54.87	1.1
3	54.9	54.5	54.67	0.4	37	55.6	54.5	54.77	1.1	71	55.6	54.5	54.77	1.1
4	55.6	54.5	54.88	1.1	38	55.6	54.5	54.87	1.1	72	55.6	54.5	54.76	1.1
5	55.6	54.5	54.83	1.1	39	55.6	54.5	54.81	1.1	73	55.6	54.5	54.90	1.1
6	55.6	54.5	54.75	1.1	40	55.6	54.5	54.92	1.1	74	55.6	54.5	54.86	1.1
7	55.6	54.5	54.83	1.1	41	55.6	54.5	54.83	1.1	75	55.6	54.5	54.79	1.1
8	55.6	54.5	54.92	1.1	42	55.6	54.6	54.88	1	76	55.6	54.6	55.04	1
9	55.6	54.5	54.81	1.1	43	55.6	54.5	54.86	1.1	77	54.7	54.5	54.62	0.2
10	55.6	54.5	54.81	1.1	44	55.6	54.5	54.87	1.1	78	55.6	54.5	54.78	1.1
11	54.9	54.5	54.76	0.4	45	54.9	54.5	54.78	0.4	79	55.6	54.5	54.80	1.1
12	55.6	54.5	54.80	1.1	46	55.6	54.5	54.74	1.1	80	55.6	54.5	54.80	1.1
13	55.6	54.5	54.89	1.1	47	55.6	54.5	55.00	1.1	81	55.6	54.5	54.78	1.1
14	54.9	54.5	54.80	0.4	48	55.6	54.5	54.90	1.1	82	55.6	54.5	54.84	1.1
15	54.9	54.5	54.74	0.4	49	55.6	54.5	54.79	1.1	83	54.9	54.5	54.64	0.4
16	54.9	54.5	54.66	0.4	50	54.9	54.5	54.64	0.4	84	55.6	54.5	54.94	1.1
17	54.9	54.5	54.79	0.4	51	55.6	54.5	55.01	1.1	85	55.6	54.5	54.91	1.1
18	55.6	54.5	54.73	1.1	52	55.6	54.5	54.83	1.1	86	55.6	54.5	54.81	1.1
19	54.9	54.5	54.66	0.4	53	55.6	54.5	55.04	1.1	87	55.6	54.5	54.85	1.1
20	55.6	54.5	54.73	1.1	54	55.6	54.5	54.95	1.1	88	54.9	54.5	54.73	0.4
21	55.6	54.5	54.81	1.1	55	54.9	54.5	54.68	0.4	89	55.6	54.5	54.75	1.1
22	55.6	54.5	54.91	1.1	56	55.6	54.6	54.93	1	90	54.9	54.5	54.68	0.4
23	54.9	54.5	54.76	0.4	57	55.6	54.6	55.01	1	91	55.6	54.5	54.76	1.1
24	55.6	54.5	54.90	1.1	58	54.9	54.5	54.76	0.4	92	55.6	54.5	54.88	1.1
25	55.6	54.5	54.84	1.1	59	55.6	54.5	54.77	1.1	93	55.6	54.5	54.88	1.1
26	55.6	54.5	54.79	1.1	60	54.9	54.5	54.78	0.4	94	55.6	54.5	54.80	1.1
27	55.6	54.5	54.74	1.1	61	55.6	54.5	54.82	1.1	95	55.6	54.5	54.77	1.1
28	55.6	54.5	54.94	1.1	62	55.6	54.5	54.86	1.1	96	55.6	54.5	54.90	1.1
29	55.6	54.5	54.83	1.1	63	55.6	54.5	54.81	1.1	97	55.6	54.5	54.77	1.1
30	55.6	54.5	54.99	1.1	64	54.9	54.5	54.72	0.4	98	55.6	54.5	54.79	1.1
31	55.6	54.5	54.79	1.1	65	54.9	54.5	54.70	0.4	99	55.6	54.5	54.79	1.1
32	55.6	54.5	54.85	1.1	66	55.6	54.5	54.91	1.1	100	55.6	54.5	55.05	1.1
33	55.6	54.5	54.96	1.1	67	54.9	54.5	54.68	0.4					
34	55.6	54.5	54.81	1.1	68	55.6	54.5	54.92	1.1					

Tabla 3.15: Valores medidos de humedad relativa en la incubadora
Fuente 77: Autor

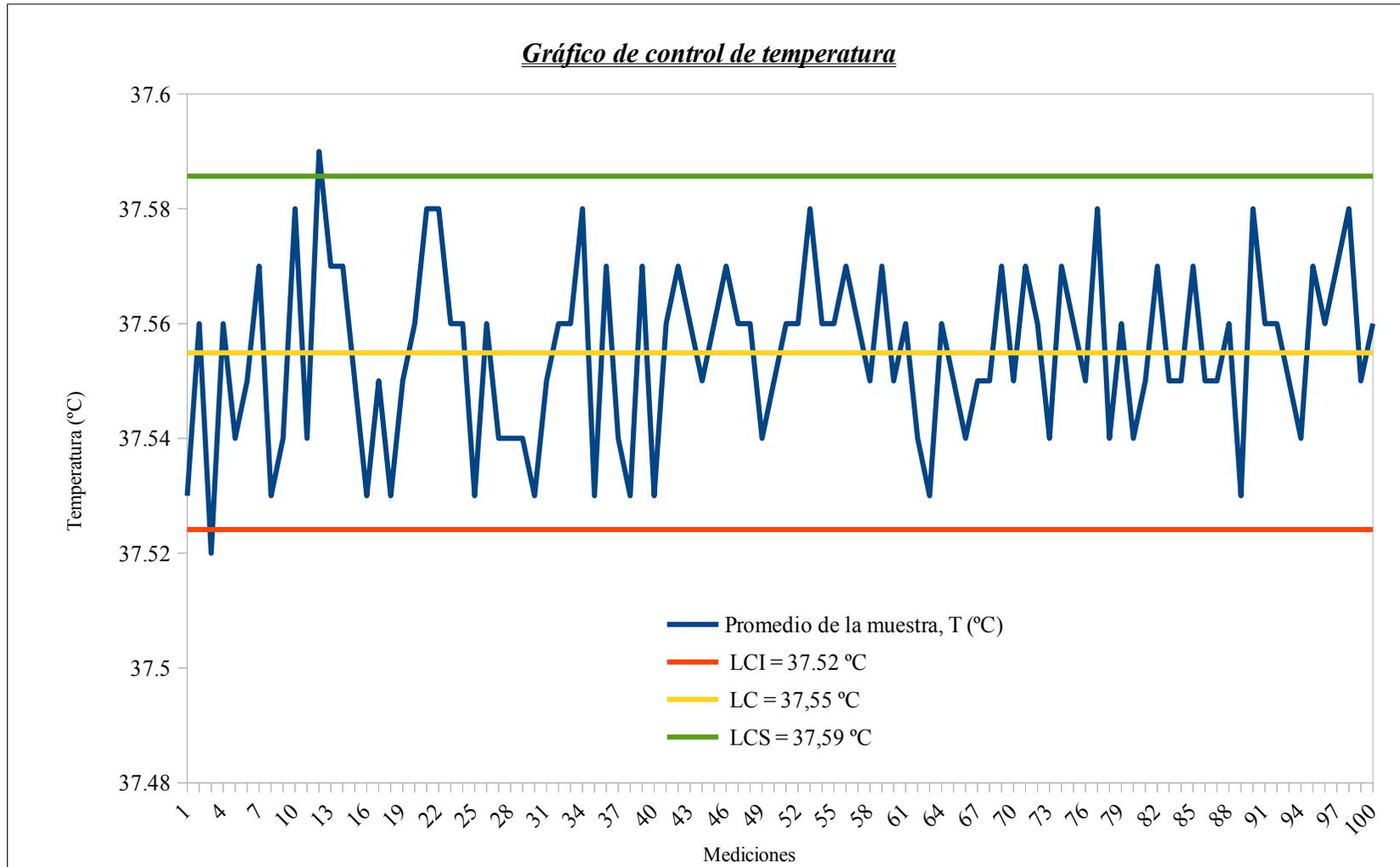
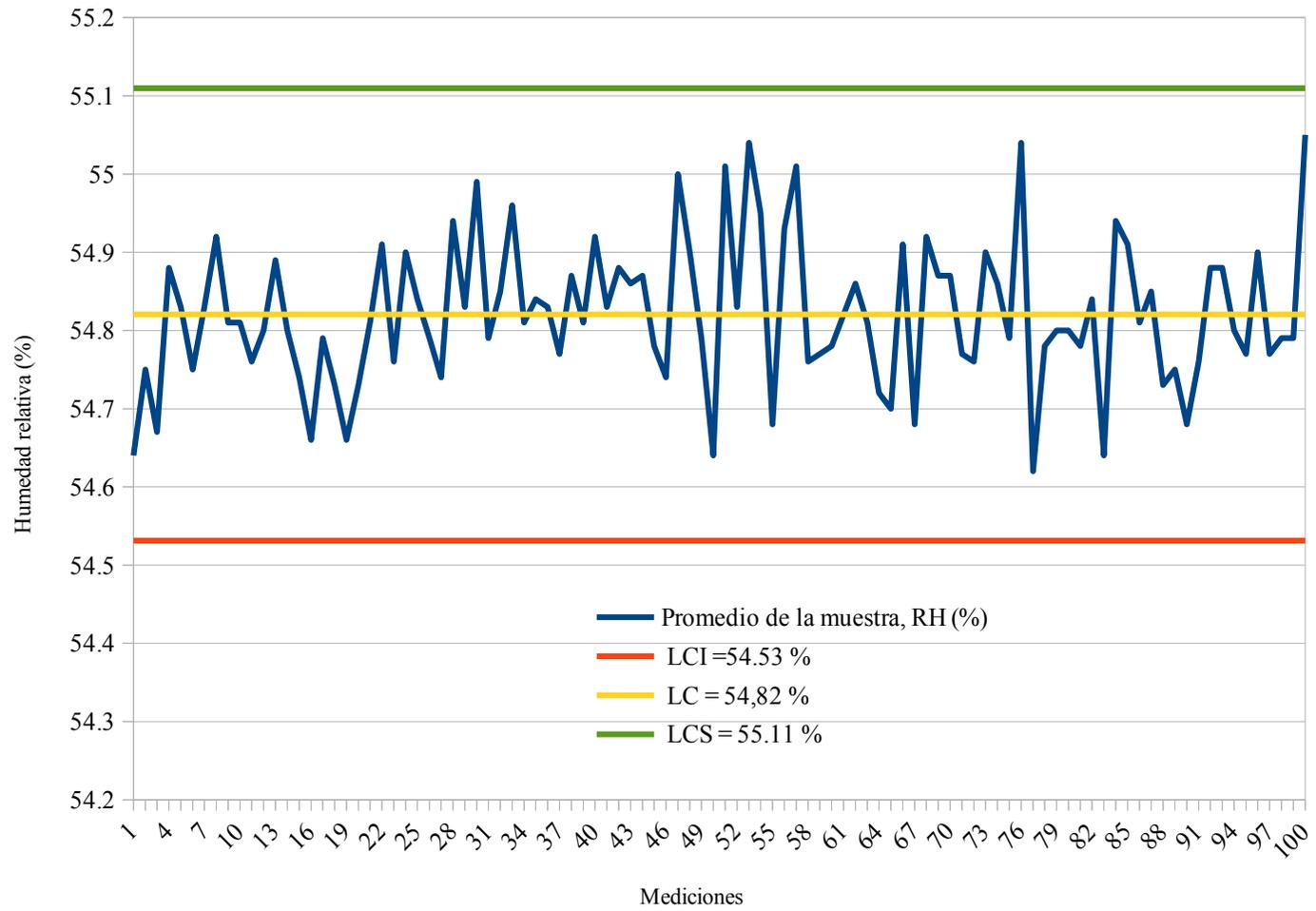


Ilustración 3.39: Gráfica de control de temperatura media en el sistema de incubación artificial
Fuente 78: Autor

Gráfica de control de humedad relativa



*Ilustración 3.40: Gráfica de intervalos de variación de humedad relativa en el sistema de incubación artificial
Fuente 79: Autor*

3.13.2 *Análisis sobre cartas de control.*

Las cartas de control de temperatura y humedad relativa, arrojan datos muy importantes para la decisión final de la implementación del equipo en la industria avícola.

- En la gráfica de control de la temperatura se observan dos puntos que se encuentran fuera de los límites inferior y superior. Los puntos tres y doce, cuyos valores registrados son 37.52°C y 37.59°C, respectivamente, son aparentemente esporádicos y representarían que el sistema no está bajo control total, sin embargo, haciendo referencia a las citas indicadas por (ENSMINGER 1976) y (DURÁN Ramírez 2004), el valor promedio de temperatura que un sistema de incubación artificial debe tener en su interior es de 37,5°C con una variación de $\pm 0,3$ °C, se puede observar que el sistema está bajo un control correcto debido a que el límite real de temperatura para la incubación es de 37.5°C a 37.7°C como valores de temperatura.

Los valores registrados mínimos y máximos de los datos recolectados fueron 37.52°C y 37.59°C, lo cual indica que existe una variación de 0.1°C durante cada cambio en el proceso.

- Los valores que se registran en la gráfica de control de la humedad relativa representan un comportamiento, tal que, hace denotar que esta variable tiene un control total durante todo el proceso. Lo indican (ENSMINGER 1976) y (DURÁN Ramírez 2004) la humedad debe mantenerse en un rango entre los 50 a 60% con un valor promedio del 55% para una correcta incubación de los huevos gallina, con un rango de $\pm 2\%$ de variación.

Los valores mínimos y máximos registrados de humedad son 55.11% y 54.53%, respectivamente; lo que hace notar que son registros que están dentro del rango que indican los autores antes mencionados.

- Las gráficas de control demuestran de manera estadística, que las variables temperatura y humedad el proceso de incubación, están controladas correctamente.

3.14 Comparación de mediciones con patrones normalizados

Con el fin de certificar que los valores leídos por los sensores en el proceso de incubación son exactos y no contienen variaciones significativas, se han realizado diversas mediciones con el equipo en pleno funcionamiento para poder determinar lo antes mencionado.

En las ilustraciones se pueden observar varias de esas mediciones, con lo cual se concluye que:



- Las variaciones en 100 lecturas entre el sensor digital de temperatura DS18B20 y el termómetro digital son en relación de 0.0895, lo cual certifica que las mediciones del sensor empleado dentro de la cámara de incubación son las correctas.
- Las variaciones en 100 lecturas entre el sensor digital de temperatura y humedad DHT y el higrómetro digital son en relación de 0.94%, lo cual certifica que las mediciones del sensor empleado dentro de la cámara de incubación son las correctas.

4 CAPÍTULO IV

ESTUDIO DE COSTOS

4.1 Costos del proyecto

Los costos del proyecto incluyen manejar los procesos relacionados con estimar, presupuestar y controlar los costos, de tal modo que se logre terminar el proyecto dentro del presupuesto que la empresa avícola invirtió para tal motivo.

Cabe señalar que los costos que aquí se indican, son valores reales que pueden variar con el tiempo, debido a que son variables.

Tabla 4.1: Costos totales del proyecto

COSTOS (\$)	
Costos directos	\$844.36
Costos indirectos	\$788.12
Costos totales (inversión inicial)	<u>\$1,632.48</u>

Fuente 80: Autor

4.1.1 Cálculo de costos del proyecto.

Existen diversos métodos o modelos de valoración de inversiones a utilizar para el cálculo en un proyecto. Estos se dividen básicamente entre métodos estáticos y métodos dinámicos. La metodología que se ha de emplear para llevar a cabo dichos cálculos, será apoyada básicamente en los métodos dinámicos para valoración de inversiones, que son el VAN y la TIR.

4.1.2 V.A.N.

El cálculo del Valor Actual Neto, es uno de los métodos más aceptados (por no decir el que más) para calcular si la inversión del dinero en el tiempo es favorable para una empresa.

4.1.3 T.I.R.

Calcular la Tasa Interna de Rentabilidad (T.I.R.), significa determinar la tasa de descuento que hace que el Valor Actual Neto (V.A.N.) de una inversión sea igual a cero. (V.A.N. =0). La T.I.R. es un indicador de *rentabilidad relativa del proyecto*, por lo cual cuando se hace una comparación de tasas de rentabilidad interna de dos proyectos no tiene en cuenta la posible diferencia en las dimensiones de los mismos. Una gran inversión con una T.I.R. baja puede tener un V.A.N. superior a un proyecto con una inversión pequeña con una T.I.R. elevada.

4.1.3.1 Cálculos.

El cálculo del VAN y la TIR se basa en el flujo de efectivo de la producción anual de pollitos. Estos flujos se obtuvieron a partir del estado de resultados incluyendo la depreciación de la máquina en el tiempo.

La tasa de descuento o interés fue hallada a partir de la suma algebraica de tres indicadores econométricos, que son:

- Tasa de inflación anual
- Tasa pasiva anual
- Riesgo país

Tabla 4.2: Tasa de interés anual

Tasa de interés anual =	9.33 %
+Tasa pasiva	5.62 %
+Tasa de inflación	3.38 %
+Riesgo país	0.33 %

Fuente 81: Banco Central del Ecuador - <https://contenido.bce.fin.ec/>

Estos indicadores econométricos son los que definen el valor de la tasa de interés porcentual para que el cálculo del VAN y la TIR sean correctos y no tengan errores en su estructura.

El valor de la inversión inicial hace referencia al costo total del proyecto, ya que es la

cantidad máxima que el cliente, el Sr. Segundo Ganazhapa, invirtió para la construcción de la máquina incubadora.

Datos para el análisis						
Inversión (PVP)	1,632					
<i>Costo total</i>				AÑOS		
		1	2	3	4	5
Flujo de caja (neto anual)	-1,632.48	2,069.95	3,931.49	3,931.49	3,931.49	3,931.49
Cálculo del V.A.N. y la T.I.R.						
Tasa de descuento	9.33 %					
V.A.N a cinco años	11,826.91	Valor positivo, inversión (en principio) factible				
T.I.R a cinco años	167.65 %	Valor superior a la tasa, inversión (en principio) factible				

Tabla 4.3: Cálculo del V.A.N y la T.I.R.

Fuente 82: Autor

- A una tasa de interés del 9.33% y una inversión inicial de \$1632, se obtiene un V.A.N. de \$11 827 de ganancias adicionales en los primeros cinco años en que la empresa implemente el uso de la tecnología de incubación automática.
- Debido a la baja tasa de interés, la T.I.R. se eleva considerablemente al razón de 168%, logrando que la rentabilidad que se adquiriera por parte de la empresa sea muy alta. Con ello estamos ante un proyecto empresarial rentable, que supone un retorno de la inversión equiparable a unos tipos de interés altos que posiblemente no se encuentren en el mercado.

Período de recuperación del capital: Adicionalmente se muestra el valor en años en el cual la inversión por parte de la empresa es recuperable. Para ello se aplica la fórmula siguiente:

$$PRC = \frac{\text{Inversión inicial}}{\text{Beneficio anual}} = \frac{\text{Inversión neta}}{\text{Sumatoria de flujos}}$$

Periodo de Recuperación de Capital	1.1008035317
	<i>I</i>
Inversión Neta	\$1.632,48
Beneficio Anual	\$17,795.90

Tabla 4.4: Periodo de recuperación del capital invertido

Fuente 83: Autor

Este indicador muestra que un período de un año, aproximadamente, la empresa recuperará su inversión inicial con lo cual, a partir de dicho tiempo, empezará a generar ingresos netos durante cada año.

Implementar un sistema de incubación artificial en una empresa avícola, significa entonces, una gran inversión que en un corto plazo comenzará a generar ingresos económicos a gran escala, debido a que la producción se multiplica considerablemente no solo en el nacimiento de pollos sino en la misma producción de huevos y carne.

4.2 Conclusiones

- Se diseñó y se construyó el prototipo de incubación artificial en plancha de madera triplex de 9mm de espesor, el mismo que tiene un forrado interno con láminas adhesivas de aluminio. Las dimensiones del equipo son, alto: 710 mm, ancho: 570 mm y fondo: 510 mm. Es un equipo funcional y de fácil utilización y configuración; es una máquina que en las pruebas realizadas aporte el 84% de incubabilidad de huevos de gallina.
- Se implementaron técnicas de control por software para la temperatura y humedad relativa mediante el empleo de un sensor digital de temperatura DS18B20 y el sensor DHT22, para el control por software de temperatura y humedad, respectivamente.
- Los valores de temperatura y humedad que se controlan en la cámara de incubación, oscilan entre los 37.5°C y 37.6°C y el 54% y 57%, en temperatura y humedad, respectivamente, para huevos de gallina durante todo el ciclo de incubación.
- Los rangos de configuración de temperatura y humedad del sistema son regulables, debido a que el prototipo sirve para la incubación de varios especímenes de aves de corral.
- El volteo de los huevos se realizó durante los primeros 18 días con un total de 204 volteos de las bandejas en ese período de tiempo. El volteo ayudó a que los embriones no se adhieran a las capas internas del cascaron del huevo con lo cual, se disminuye sustancialmente la tasa de mortalidad de los embriones en su desarrollo.
- Con respecto del cálculo del V.A.N y la T.I.R, se concluye que con un valor actual neto de \$11 827 y una tasa interna de retorno del 168%, el proyecto es altamente rentable.
- Con los resultados obtenidos, se propone la implementación del prototipo para el

uso dentro de la empresa “Avícola Ganazhapa” y para su posterior comercialización y distribución de la misma.

4.3 Recomendaciones

- Es necesario el conocimiento previo sobre los tiempos de incubación de los huevos de las distintas especies de aves de corral que se vayan a incubar, con ello, se podrá configurar el equipo para que cumpla con el objetivo del avicultor o del usuario que utilice el equipo.
- Se debe realizar el pre-calentamiento de la cámara de incubación, alrededor de 20 minutos antes de colocar los huevos para incubarlos; con esto se evitará que un bajo o alto valor de temperatura y/o humedad, hagan que no se pueda desarrollar el embrión en las primeras horas de la colocación en la máquina.
- Realizar la limpieza y desinfección manual del equipo luego de cada período de incubación, así se conseguirá que cuando se coloquen nuevos lotes de huevos, estos no se contaminen y el embrión se desarrolle con normalidad.
- Mover los huevos hacia la nacedora, según la especie de ave, días antes antes de su eclosión, para evitar que el pollito dentro del huevo se asfixie. Con esto se logrará que el pollito se acomode esos días para su posterior nacimiento.
- Elevar la humedad dentro del equipo los días en los que los huevos se han colocado en la nacedora, en el mismo instante se debe disminuir el valor de control de la temperatura a 36.5°C y la humedad elevarla a 70%, con el fin de que los cascarones se suavicen y el pollito no tenga complicaciones al momento de eclosión.
- Cambiar el agua del tanque exterior con cierta periodicidad para entregar líquido no contaminado dentro del equipo, así mismo, se deberá realizar una limpieza del recipiente interno a la mitad del período de incubación para que se pueda otorgar aire húmedo sin contaminantes.

4.4 Bibliografía

ALVAREZ N., H. *La madera como aislamiento térmico*. Disponible en: http://infomadera.net/uploads/articulos/archivo_1177_17059.pdf, [en línea] 23 mayo 1991,.

AOSONG ELECTRONICS. *DATASHEET: DHT22 Digital-output relative humidity & temperature sensor/module*. [Consulta: 28 julio 2016]. Disponible en: <https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Temperature/DHT22.pdf>, [en línea]. 20 julio 2011,.

ARDUINO.CC, Frequently Asked Questions. *ARDUINO* [en línea]. [Consulta: 8 julio 2016]. Disponible en: <https://www.arduino.cc/en/Main/FAQ>, [en línea] 2016,.

BUXADE, C.C. *La Gallina Ponedora. Sistemas de explotación y técnicas de producción*. 3ra. Ed. Madrid - España: Ediciones Mundo Prensa., 1987, pp. 146.

CASTELLÓ C., S. *Las gallinas y sus productos* [en línea]. 1ra Ed. España: Papelería Sevilla. Disponible en: http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/fondo/pdf/44074_all.pdf, [en línea] 1999, pp. 79-82.

COLECTIVOS DE AUTORES. *Manual Tecnológico para la cría de Aves - Reproductores Ligeros y sus reemplazos.- Ponedoras y sus reemplazos*. [en línea]. 1ra Ed. Colombia: Impresiones Minag. Disponible en: http://www.actaf.co.cu/index.php?option=com_mtree&task=att_download&link_id=699&cf_id=24, [en línea] 2008, pp. 10.

COMPASSION. About chickens. *Farm Animals* [en línea]. Disponible en: <https://www.ciwf.org.uk/farm-animals/chickens/>, [en línea] 2017,.

D ROBOTICS UK. *DATASHEET: DHT11 Humidity & Temperature Sensor* [Consulta: 22 julio 2016]. Disponible en: <http://www.micro4you.com/files/sensor/DHT11.pdf>, [en línea]. 30 julio 2010.

DURÁN RAMÍREZ, F. *Volvamos al Campo - Manual de Explotación en Aves de Corral*. 1ra. Ed. Bogotá - Colombia: Grupo Latino Ltda., 2004, pp. 412.

ECURED. Incubación. *EcuRed*. Disponible en: <https://www.ecured.cu/index.php/Incubaci%C3%B3n>, [en línea]. [Consulta: 12 julio 2016].

ENDESA BOTROSA. Contrachapado Tríplex. Disponible en: <http://www.endesabotrosa.com/index.php/productos/nuestros-productos/tab-contrachapados/contrachapado-triplex>, [en línea] 2016.

ENSMINGER, M.E. *Zootecnia General*. 6ta Ed. Buenos Aires: EL ATENEO, 1969, pp. 289-321.

ENSMINGER, M.E. *Producción Avícola*. 1ra. ed. Buenos Aires: EL ATENEO, 1976, pp. 108, 181-190.

GUTIÉRREZ Pulido, H. & De La Vara Salazar, R.. *Control estadístico de calidad y seis sigma*. Tercera Edición. México, Guanajuato: Mc Graw Hill, 2013, pp. 148-160.

LEMBCKE, C. Efecto de la edad de las reproductoras sobre el peso del huevo, incubabilidad y peso al nacer de la codorniz, variedad japonesa (*Coturnix japonica*). *Investigación Veterinaria de Perú*, vol. 12, no. 1, 2001, pp. 1.

LLAMAS, L. Leer un pulsador con Arduino. *Luis Llamas Ingeniería, informática y diseño*. Disponible en: <https://www.luisllamas.es/leer-un-pulsador-con-arduino/>, [en línea]. [Consulta: 2 julio 2016].

MERLI, G.O. *Gestión de la Calidad: Control Estadístico y Seis Sigma*. UNIVERSIDAD Rafael Belloso Chacín, 2012, pp. 6.

MUNICIPIO DE LOJA. Parroquia Taquil. *Municipio de Loja*. Disponible en: <http://www.loja.gob.ec/contenido/taquil>, [en línea]. 2016.

PATIÑO CARTUCHE, R. Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la parroquia TAQUIL actualización 2014 – 2022 / GADP TAQUIL. [en línea]. PLAN DE DESARROLLO. Loja, Ecuador: GADP TAQUIL. Disponible en:

http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/1160032280001_PDYOT%20TAQUIL%20Diagnostico%20_28-10-2015_10-16-40.pdf, [en línea]. 2015, pp. 13-14.

QUINTANA, J. *Manejo de las aves domesticas mas comunes*,. 1ra. ed. México: Trillans, 1999, pp. 53.

QUITUIZACA, I.J. *Instalación y evaluación de una incubadora modelo para la facultad de ciencias pecuarias*. Trabajo de Titulación. Riobamba, Ecuador: ESPOCH. Disponible en:

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/5258/1/TESIS.pdf>, [en línea]. [Consulta: 16 julio 2016], pp. 12-48.

ROJAS, A, J. Manual Cría de Pollos de Engorde. *DocSlide*. Disponible en: <http://docslide.us/documents/manual-cria-de-pollos-de-engorde.html>, [en línea]. [Consulta: 2 agosto 2016].

SAUVEUR, B. *El Huevo Para Consumo: Bases Productivas*. 1ra. ed. Madrid - España: Ediciones Mundi-Prensa, 1993, pp. 196-210.

SEGARRA, M. Efectos del inadecuado manejo de la humedad durante la incubación. *El Sitio Avícola*. Disponible en: <http://www.elsitioavicola.com>, [en línea]. [Consulta: 12 julio 2016].

VARGAS González. *Avicultura*. 1ra. ed., . Machala:. Disponible en: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/6846/1/83%20AVICULTURA.pdf>, [en línea]. [Consulta: 27 septiembre 2016].

VIZCAÍNO Cabezas, D.A. & Betancourt, R. Guía de buenas prácticas avícolas.

RESOLUCIÓN TÉCNICA N° 0017, 1000 ejemplares, 2013, pp. 56. pp. 35-38.