



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERA EN MECATRÓNICA**

TEMA:

**SISTEMA DE CONTROL PARA INCUBADORA ARTESANAL DE
HUEVOS DE GALLINA**

AUTOR:

Ana Alicia De la Torre Conterón

DIRECTOR:

Ing. Milton Alejandro Gavilánez Villalobos, Msc.

IBARRA – ECUADOR

2023



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA
AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD
TÉCNICA DEL NORTE
IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la ley de Educación Superior, hago la entrega pública del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

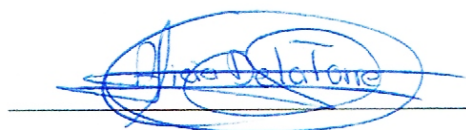
DATOS DEL CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	100396905-0		
APELLIDOS Y NOMBRES:	De la Torre Conterón Ana Alicia		
DIRECCIÓN:	Otavalo – Imbabura		
E-MAIL:	aadelatorrec@utn.edu.ec		
TELÉFONO MÓVIL:	0967161580	TELÉFONO FIJO:	

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	“Sistema de control para incubadora artesanal de huevos de gallina”
AUTOR:	De la Torre Conterón Ana Alicia
FECHA:	8 de mayo de 2023
PROGRAMA:	PREGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniera en Mecatrónica
DIRECTOR:	Ing. Milton Alejandro Gavilanes Villalobos, Ing

CONSTANCIA

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrollo sin violar derechos de autores de terceros, por lo tanto, la obra es original, y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 8 días del mes de mayo del 2023



Ana Alicia De la Torre Conterón

C.I.: 100396905-0



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CERTIFICACIÓN

En calidad de director de trabajo de grado titulado **“Sistema de control para incubadora artesanal de huevos de gallina”**, certifico que el presente trabajo fue desarrollado y terminado en su totalidad por la Srta. Ana Alicia De la Torre Conterón, con cédula de identidad 100396905-0, bajo mi supervisión para lo cual firmo en constancia.

A handwritten signature in blue ink, reading "Milton Alejandro Gavilánez Villalobos", is written over a horizontal line.

Ing. Milton Alejandro Gavilánez Villalobos, Msc.

DIRECTOR

AGRADECIMIENTOS

A Dios porque esta es la voluntad de él para conmigo.

A la Universidad Técnica Del Norte en especial al cuerpo docente y administrativo de la carrera de Ingeniería en Mecatrónica quienes fueron parte de mi formación profesional y por brindarme todo su conocimiento.

Al Msc. Milton Gavilánez, director de tesis, por haberme brindado sus conocimientos para la culminación de este trabajo, además por la calidad de persona que es y ser un gran apoyo.

A mis padres Cecilio y Rosa, y hermana Esther porque nunca han dejado que me rinda, aunque caí, pero ellos son quienes en verdad lucharon para que este logro sea cumplido con sus apoyos incondicionales en todas las situaciones de mi vida y sobre todo por el gran amor que me brindan.

Al Templo Evangélico Alianza “Jesús el Buen Pastor” Peguche por sus oraciones y apoyo espiritual, en especial al departamento de Educación Cristiana por su apoyo incondicional.

DEDICATORIA

A Dios porque de él, y por él, y para él, son todas las cosas. Romanos 11:36

Con todo mi amor a mis padres Cecilio y Rosa por cada concejo, por su confianza depositada en mí, por sus palabras de aliento y motivación que día a día me impulsan salir adelante, sobre todo por estar siempre a mi lado a pesar de las adversidades presentadas en este camino y porque son mi fuente de inspiración.

A mi hermana Mary quien siempre ha estado presente en cada situación apoyándome de una manera incondicional. A mis hermanos y hermana que de una u otra manera fueron parte de este logro.

A mi abuela, aunque no le pude dar esta alegría en vida, fue quien me impulsó a ser mejor cada día con su amor y dedicación.

RESUMEN

En el Ecuador, la agricultura y la avicultura en particular constituye una actividad importante dentro de la economía del país equivalente al 24% del PIB según cifras reportadas del CONAVE. Sin embargo, existe lugares rurales donde aún se practica la avicultura tradicional, ya sea por bajos recursos económicos o la falta de conocimiento sobre el uso de la tecnología. Debido a esta situación, en la multiplicidad de especie de la forma tradicional se tiene que, más del 40% de los pollitos recién nacidos no sobreviven, lo que provocan muchas pérdidas tanto económicas como en términos de disponibilidad de pollo como alimento. El presente trabajo se centra en diseñar el sistema de control para incubadora artesanal de huevos de gallina, proporcionando una solución al sector avícola de la comunidad de Ilumán, cantón Otavalo de la provincia de Imbabura. La parte del hardware del sistema se compone de una carcasa, partes mecánicas y electrónicas. La cámara esta echo de madera contrachapada de 18mm. Las partes mecánicas consta del mecanismo biela – manivela controlados electrónicamente. El módulo electrónico está constituido por un generador de temperatura y humedad, sensores, finales de carrera, y un sistema de control a base de un PLC encargado de la monitorización y control del funcionamiento del sistema. En la parte de software, se usó el controlador Proporcional-Integral (PI), que viene incorporado en el PLC, para la temperatura debido a que es una variable critica a controlar en las incubadoras. La incubadora tiene una capacidad de 480 huevos de gallina. Los huevos fueron incubados a una temperatura entre 37°C a 38°C y a una humedad de 55%, tras una etapa de precalentamiento de 33 minutos. El movimiento de los huevos se le realizo los primeros 18 días cada 2 horas. El sistema de incubadora desarrollado dio una taza de eclosión de 88.86%.

ABSTRACT

In Ecuador, agriculture and poultry farming in particular constitute an important activity within the country's economy equivalent to 24% of GDP according to figures reported by CONAVE. However, there are rural places where traditional poultry farming is still practiced, either due to low economic resources or lack of knowledge about the use of technology. Due to this situation, in the multiplicity of species in the traditional way, more than 40% of newly hatched chicks do not survive thereby causing a lot of loss both financially and in terms of availability of chicken as food. The present work focuses on designing the control system for an artisan chicken egg incubator, providing a solution to the poultry sector in the rural sector of the Ilumán community, Otavalo canton of the Imbabura province. An enclosure, as well as mechanical and electronic components, make up the system hardware. 18mm plywood is used to construct the enclosure. The rod-crank mechanism, which is electronically controlled, makes up the mechanical components. The electronic module includes a temperature and humidity generator, sensors, limit switches, and a PLC-based control system for tracking and managing the system's operation. In the software part, the Proportional-Integral (PI) controller was used, which is incorporated in the PLC, for the temperature because it is a critical variable to control in the incubators. There are 480 hen eggs that can fit in the incubator. After a 33-minute preheating period, the eggs were incubated at a temperature of 37°C to 38°C with a relative humidity of 55%. The movement of the eggs was carried out the first 18 days every 2 hours. The incubator system developed gave a hatch rate of 88.86%.

CONTENIDO

IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA.....	i
CONSTANCIA.....	.ii
CERTIFICACIÓN.....	.iii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
DEDICATORIA.....	v
RESUMEN.....	vi
ABSTRACT.....	vii
CONTENIDO.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiv
INTRODUCCIÓN.....	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
OBJETIVOS.....	4
Objetivo General.....	4
Objetivos Específicos.....	4
ALCANCE.....	5
JUSTIFICACIÓN.....	6
CAPÍTULO I.....	8
MARCO TEÓRICO.....	8
1.1 Antecedentes.....	8
1.2 Introducción a la incubación de huevos de gallina.....	10
1.3 Incubación natural.....	10
1.3.1 Factores que se requiere en la incubación natural.....	11

1.4	Incubación artificial	11
1.4.1	Identificación de los parámetros en la incubación	13
1.5	Parámetros de incubación	13
1.5.1	Temperatura	14
1.5.2	Humedad relativa	15
1.5.3	Ventilación	16
1.5.4	Volteo	16
1.6	Alternativas para los componentes del sistema de control	18
1.6.1	Controlador	18
1.6.2	Sensores	20
1.6.2.3	Motores para incubadora	22
1.6.3	Niquelinas	23
1.6.4	Mecanismos	24
1.6.5	Ventilador	25
1.7	Glosario de términos	25
CAPÍTULO II		26
MARCO METODOLÓGICO		26
2.1	Fase 1: Identificación del problema	27
2.1.1	Requerimiento del sistema	27
2.2	Fase 2: Recopilación de la información	28
2.2.1	Parámetros de diseño	28
2.3	Fase 3: Búsqueda de soluciones	30

2.3.1	Sistemas de control de procesos.....	30
2.3.2	Diagrama de bloques del sistema	33
2.4	Fase 4: Diseño Preliminar.....	34
2.4.1	Selección de la mejor alternativa	34
2.4.2	Método de ponderación para la selección de materiales.....	35
2.4.3	Programación del software	38
2.4.4	Diagrama de Flujo	39
2.5	Fase 5: Evaluación y selección de la solución.....	43
2.5.1	Diseño del tablero de control	43
2.5.2	Diseño de control del subsistema de Temperatura	43
2.5.3	Diseño de control del subsistema de humedad relativa	46
2.5.4	Diseño de control del subsistema de volteo	48
2.5.5	Diseño de control del subsistema de ventilación	51
2.5.6	Conteo de días.....	52
2.6	Fase 6: Preparación de reportes, planos y especificaciones	53
2.6.1	Pruebas preliminares	53
2.7	Fase 7: Implementación del diseño	57
2.7.1	Parámetros para la implementación.....	57
CAPÍTULO III.....		60
RESULTADOS.....		60
3.1	Prueba del sistema de incubación	60
3.1.1	Primera prueba	61
3.1.2	Segunda prueba.....	67

3.1.3 Tercera Prueba	71
3.2 Correcciones	75
3.3 Respuesta de los controladores del subsistema.....	76
3.4 Material y costo de la implementación del sistema de control	80
CAPÍTULO IV.....	83
MANUAL DE USUARIO	83
4.1 Esquema del tablero de control	83
4.2 Conexión eléctrica del tablero de control	86
4.3 Proceso de incubación	88
4.4 Instalación.....	88
4.5 Puesta en marcha	89
CONCLUSIONES	92
RECOMENDACIONES.....	94
REFERENCIAS.....	95
ANEXOS	101

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Incubación natural de huevos de gallina	10
Figura 1.2 Incubadora Artificial de aves	12
Figura 1.3 Incubadoras industriales: (a) Incubadora pequeña, (b) Incubadora mediana y (c) Incubadoras industrializadas a gran escala	12
Figura 1.4 Curva de natalidad según la temperatura y humedad relativa (Cevallos Sánchez, 2005)	15
Figura 1.5 Microcontrolador Arduino (Fernández, 2022).....	19
Figura 1.6 (a) PLC LOGO! 12/24RC, (b) Entradas analógicas, (c) Entrada de RTD o PT100 y (d) Salidas analógicas. (SIEMENS, 2013).....	20
Figura 1.7 Niquelinas para incubadoras (Mercado libre, 2021).....	24
Figura 1.8 Mecanismo biela - manivela (XUNTA DE GALICIA, 2014).....	24
Figura 1.9 Ventilador ELCO (Mercado Libre, 2019).....	25
Figura 2.1 Incubadora manual.....	29
Figura 2.2: Diagrama de bloque (Ogata, 2010).....	31
Figura 2.3 Estructura de un sistema de control (Ogata, 2010)	32
Figura 2.4 Diagrama de un sistema de control en lazo abierto. (Ledesma Garcés, 2017)	32
Figura 2.5 Diagrama de bloque de un sistema de control en lazo cerrado (Ledesma Garcés, 2017).....	33
Figura 2.6 Diagrama de bloque del sistema general.....	34
Figura 2.7 LOGO! SoftConfort	38
Figura 2.8 Diagrama de flujo del número de días del proceso de incubación.....	40
Figura 2.9 Diagrama de flujo del control de temperatura.....	40
Figura 2.10 Diagrama de flujo de la humedad relativa	41
Figura 2.11 Diagrama de flujo del control de volteo.....	42
Figura 2.12 Sistema de control de la incubadora	44
Figura 2.13 Sistema de control aplicado	44
Figura 2.14 Sistema de Control de la Incubadora	45
Figura 2.15 Señal de control.....	46
Figura 2.16 Incubadora y, elemento para obtener humedad y temperatura	48
Figura 2.17 Mecanismo para el sistema de volteo	49

Figura 2.18 Ubicación del final de carrera	50
Figura 2.19 Volteo de las bandejas de huevo	51
Figura 2.20 Prueba de temperatura en diferentes puntos.....	53
Figura 2.21 Modificación de la estructura de la incubadora	54
Figura 2.22 Estructura de incubadora completa, en solidworks.....	55
Figura 2.23 Pruebas preliminares	56
Figura 2.24 Gabinete de control	59
Figura 3.1 Primera prueba del sistema de incubación	62
Figura 3.2 Ovoscopia del huevo infértil	63
Figura 3.3 Ovoscopia del huevo fértil	63
Figura 3.4 Huevos fértiles en la nacedora	64
Figura 3.5 Pollitos recién nacidos.....	65
Figura 3.6 Colocación de huevos para la segunda prueba de incubación.	68
Figura 3.7 Huevos fértiles en la nacedora, segunda prueba	69
Figura 3.8 Pollitos recién nacidos de la segunda prueba.....	69
Figura 3.9 Huevos en la incubadora, tercera prueba	71
Figura 3.10 Incubadora, nacedora y los primeros pollitos	72
Figura 3.11 Nacimiento de pollitos, tercera prueba.....	73
Figura 3.12 Comparación de valores del PLC y medidor digital	75
Figura 3.13 Curva de comportamiento del control de temperatura.....	79
Figura 3.14 curva de comportamiento del control de humedad	79
Figura 4.1 Incubadora y sus 2 partes	83
Figura 4.2 Dispositivos y elementos del tablero de control	84
Figura 4.3 Vista exterior del tablero de control.....	86
Figura 4.4 Conexión del PLC LOGO! 12/24 RC	88

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1 Equilibrio de ganancias y pérdidas de calor (Callejo Ramos, 2010)	14
Tabla 1-2 Alternativa de sensores de temperatura.....	20
Tabla 1-3 Alternativa de sensores de humedad relativa	21
Tabla 1-4 Alternativa de sensores de nivel de agua	22
Tabla 1-5 Motorreductores para incubadoras y sus características.	23
Tabla 2-1 Parámetros de medida en la cámara	30
Tabla 2-2 Ponderación para la selección del sensor de temperatura	36
Tabla 2-3 Ponderación para la selección del sensor de humedad relativa.....	36
Tabla 2-4 Ponderación para la selección del sensor de nivel de agua.	37
Tabla 2-5 Ponderación para la selección del motor.....	37
Tabla 3-1. Datos de la primera prueba	65
Tabla 3-2 Datos de la segunda prueba.....	70
Tabla 3-3 Datos de la tercera prueba	73
Tabla 3-4 respuesta de temperatura y humedad relativa	77
Tabla 3-5 Material y costo del sistema de control.....	80
Tabla 3-6 Material y costos de la incubadora (estructura)	81
Tabla 3-7 Material y costos de la nacedora	82

INTRODUCCIÓN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En Ecuador específicamente en la provincia de Imbabura, cantón Otavalo en los sectores rurales del cantón, la cría de pollos es aún muy común ya sea por costumbre o por una manera de activar la zona económica del lugar. Pero para la práctica de la cría de pollos se requiere multiplicar la especie. Una de las maneras más utilizadas en esta población es de forma natural, esto quiere decir que para la multiplicidad de la especie utilizan gallinas que estén en un estado idóneo y cumpla con las condiciones de los parámetros de empollamiento, a esta actividad que realiza la gallina se la llama incubación natural.

Para tener éxito, hay que tener en cuenta las siguientes variables:

- Los huevos deben ser de gallo y gallina, esto quiere decir que netamente debe ser huevos fértiles, ya que la gallina puede poner huevos que no sean fecundados y hay que tener cuidado en la selección del mismo.
- Tener nidos adecuados, depende mucho del tamaño de las gallinas, el ambiente, el lugar.
- La gallina debe estar en el estado de cloquera, esto quiere decir que, es un estado fisiológico donde las gallinas dejan de poner huevos y aparece su instinto de quedarse encima de los huevos durante los 21 días para poder incubarlos y convertirse en madre.

La incubación de los huevos dura 21 días a partir del día en que la gallina se pone clueca, se acuesta sobre los huevos y se queda en el nido, tendiendo a adelantarse o tardarse uno o dos días. En este período se debe dar la debida atención a la gallina que está en este proceso. Las gallinas elegidas para estos fines deben tener bien desarrollado

el instinto de cloquera y ser de un tamaño suficientemente grande para cubrir todos los huevos que se colocan en el nido.

El problema en este proceso radica que en mucho de los casos la gallina no cumple con los factores que se requiere para tener una incubación de éxito, ya que si en el caso de que no hayan desarrollado el instinto de cloquera ellas no se quedan en los nidos y pueden dañar el proceso de incubación o a su vez no son suficientemente grandes para cubrir a todos los huevos, como se observa en la figura 1.1.

En las últimas décadas, existen muchos métodos utilizados por el hombre para lograr sus objetivos, uno de ellos es la producción de aves por medio de la incubación artificial que ha obtenido varias ventajas sobre la incubación tradicional. Normalmente una gallina logra incubar un promedio entre once a quince huevos en contraste con las máquinas incubadoras de pequeña capacidad que incuban una media de cincuenta a cien huevos o incluso las máquinas más grandes que pueden incubar en una sola carga hasta miles de huevos.

En la actualidad, con el avance tecnológico, se puede implementar un sistema de control en incubadoras, para poder obtener una mayor producción de huevos incubados, en la que cumplen con el mismo ciclo y proceso de incubación que realizan las gallinas, ya que se debe mantener al huevo o huevos con las mismas condiciones de temperatura, humedad, flujo de aire y volteo; de estas condiciones depende el nacimiento de los pollitos según Waldemar (Waldemar, 1943) .

Se incubarán más huevos gracias al sistema de control creado para la incubadora artesanal de huevos de gallina. Todo el sistema se creará y modificará para que funcione

con la incubadora manual de los artesanos. Será una máquina automática que cumplirá todos los requisitos que requiere en una incubación natural.

OBJETIVOS

Objetivo General

Diseñar el sistema de control para la incubadora artesanal de huevos de gallina.

Objetivos Específicos

- Analizar los parámetros a controlar en la incubación natural para poder desarrollar la incubación artificial.
- Diseñar la parte electrónica y control de la máquina incubadora de huevos de gallina para mejorar la producción de pollos.
- Comprobar el funcionamiento de los sistemas de la incubadora de huevos de gallina para que cumplan con los parámetros a controlar en la incubación artificial de huevos.
- Elaborar el manual de usuario para la incubadora artesanal de huevos de gallina.

ALCANCE

“Los parámetros a controlar en el proceso de incubación de huevos de gallina son: volteo de huevos, temperatura, humedad y ventilación” según Waldemar (Waldemar, 1943).

En el sistema de control para incubadoras de huevos se deberá diseñar el subsistema de volteo, esta será facilitado mediante un motor y mecanismos, en la que tendrá que cambiar de posición a los huevos para que el embrión no se adhiera al cascaron. Otro de los subsistemas a controlar será la de temperatura ya que para el proceso de incubación es necesario mantener la temperatura interna de la incubadora en el rango de 37°C a 38°C, la temperatura ideal es de 37,7°C o 100°F según Wright, Harris y Linden (Wright et al., 2013). De la misma manera se deberá diseñar el subsistema de control de la humedad en la cual se deberá mantener en el rango de 50% a 70% de humedad relativa según (Wright et al., 2013). Para el control de la temperatura y humedad se facilitará de sensores existentes en el mercado. Además, contará con un subsistema de ventilación para que disperse el calor en el interior de la cámara. Este sistema de control de los parámetros de incubación a controlar estará en funcionamiento el período de gestión.

Para elaborar el sistema de control de la incubadora se realizará con un dispositivo programable, en la cual será diseñada para controlar una incubadora que tenga la capacidad de 500 huevos de gallina, con porcentaje de 86% de huevos incubados.

El panel de control será diseñado para que cualquier persona pueda operar la incubadora, en el caso que exista posibles inconvenientes en la incubadora se contará con un paro de emergencias. Se podrá visualizar el rango de la temperatura, la humedad relativa y el período de gestión.

JUSTIFICACIÓN

En las comunidades alejadas de las ciudades el avance tecnológico y su desarrollo van en pasos lentos.

Las personas que habitan en el sector rural de la comunidad de Ilumán del cantón Otavalo, provincia de Imbabura, se han dedicado a la crianza de pollos en pequeña escala, por lo general en la mayoría de casas existe más de dos gallinas reproductoras de huevos.

La incubación de estos huevos es de modo artesanal, la cual consta que las gallinas empollen o incuben por lo general máximo 15 huevos, por tal motivo este método de multiplicidad de especie no es tan recomendable para la producción pollos, ya que es muy condicionada en base a la gallina.

En el tiempo de incubación que es de 21 días, muchas de las veces los huevos no permanecen con los parámetros debidos en este período por diversos factores, tales como: las gallinas no son suficientemente grandes como para abrazar a todos los huevos, o no llegan al estado de cloquera completo, o no permanecen sentadas todo el proceso de incubación en los nidos porque tienen que alimentarse, algunas gallinas vuelven a su nido en un tiempo mínimo de 10 minutos y existen gallinas que pueden demorarse más de 30 minutos exponiéndolos a cualquier adversidad, donde puede provocar perturbaciones en el proceso de incubación o en el peor de los casos provocar la mortalidad de los embriones. Teniendo estos factores, los artesanos han optado por construir una incubadora artificial para así remplazar a la gallina por una máquina, pero los estándares y la tasa de incubación no favorecía en la obtención de huevos incubados, ya que esta incubadora no posee un sistema de control adecuado para que cumpla con el proceso. Por ello se realiza el sistema de control de la incubadora para en si obtener una incubadora

artificial totalmente automático, ya que el coste para una nueva adquisición de incubadoras automáticas o incubadoras industriales son muy elevados.

El sistema de control de esta incubadora artesanal será innovador y lo más importante es que mejorará la producción de pollitos. Finalmente, la utilización de la incubadora será sencilla ya que está diseñada para artesanos que tengan conocimientos básicos o no del manejo de incubadoras.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 ANTECEDENTES

Oluyemi y Roberts en el año de 1979, en su libro “Poultry Production In Wet Climate” detalla que los parámetros a controlar en la incubación artificial es la temperatura, la humedad relativa, la ventilación, la posición del huevo y el giro. El éxito de la incubación artificial depende de cómo se puedan controlar estos factores. Los autores recomendaron que el rango de temperatura durante los primeros 18 días puede estar entre los 37,2°C a 39,4°C y la humedad relativa entre los 55% al 62%, en los 3 últimos días de 36°C a 39°C de temperatura y 55% a 71% de humedad relativa para una incubación y eclosión de huevos adecuada (Oluyemi & Roberts, 1979). Además, añaden que el parámetro más importante a tener en cuenta es la temperatura.

Funez en el año 2016, en el artículo llamado Incubadora de huevos de gallina de corral, determina que la incubadora puede ser simple, pero a la vez compleja, teniendo como parámetros a controlar: la temperatura y humedad. En el caso del sistema de volteo plantea que, en pequeña escala el operario puede dar movimiento a los huevos, pero en gran escala se debe facilitar de las herramientas que provee los mecanismos; además añade que la ventilación debe ser constante y para una incubadora de mayor carga se puede ayudar con ventiladores para obtener una ventilación forzada dentro de la cama de incubación (Funez, 2016).

Mucarcel, Orozco, Ribera y Aguirre en el año 2009 determinan: La madera retiene y mantiene eficazmente el calor, pero debe estar puesta por varias láminas prensadas, cuyo

grosor debe oscilar entre 14 y 18 milímetros para que resista la humedad dentro de la cámara. La temperatura debe mantenerse entre 37 – 38 °C, para conseguir dicho rango, en el interior se utilizan lámparas incandescentes normales o una bombilla de infrarrojos específica para aves de 250W controlado por termostato bimetálico ayudándose de un sensor de temperatura. Utilizar una bandeja de agua es el método más sencillo para conseguir la humedad relativa dentro de la incubadora. Para hacer girar los huevos, en pequeña escala, es manualmente realizándolo 4 veces al día (Mucarcel et al., 2010).

Por otra parte, Gurierrez y Jaimes, en el año 2007, indican que, en un proceso de incubación, la variable crucial que debe regularse con precisión es la temperatura, ya que el nacimiento de los pollitos depende mucho de este factor, por ello se requiere un controlador capaz de mantener en el rango de temperatura requerido; se concluye que se puede realizar un control de lazo cerrado con la ayuda de microcontroladores y de sensores como es el caso del LM35 y con una fuente de calor (bombillos). De igual manera se controla el movimiento de los huevos por medio de dos bandejas móviles acopladas a un servomotor (Gutierrez Jiménez y Jaimes Gonzáles, 2007).

Bharosh, Nischal, Dines, Mada, Triratna y Rabin, en el artículo publicado en el año 2021 llamado “Design, Fabrication, and Performance Analysis of an Automatic Horizontal Egg Incubator” presentaron un modelo de incubadora de huevos con un microcontrolador (Arduino) que controla todo el sistema de incubación. Con un sensor de temperatura y humedad relativa DHT 22, el dispositivo operado entre el rango de temperatura de 37°C a 38°C y la humedad relativa entre 54-60% en los primeros 18 días; utilizando bombillas como fuente de calor y humidificador. El volteo fue realizado 6 veces al día facilitado por un motor y el RTC DS 1307 que indica el reloj en tiempo real

hasta 31 días. Los resultados de las pruebas concluyeron que la eficiencia es del 72,22% (Bharosh y otros, 2021).

1.2 INTRODUCCIÓN A LA INCUBACIÓN DE HUEVOS DE GALLINA.

El objetivo de la incubación es dar a los huevos la temperatura, aireación y humedad adecuadas para que el germen pueda desarrollarse hasta convertirse en embrión y éste pueda crecer con normalidad hasta eclosionar. Esta puede realizarse en forma natural o tradicional, cuando lo hacen las aves tales como gallinas o artificial como ha sido últimamente en el caso en la práctica comercial, utilizando una máquina de incubación.

1.3 INCUBACIÓN NATURAL

En la actualidad, en algunas poblaciones rurales del Ecuador emplean la incubación natural por su bajo costo y su sencillez o a su vez por falta de conocimiento tecnológico, sin embargo; la producción de aves de esta manera no es muy eficaz porque limita a toda la población que pone en práctica el proceso de incubación de aves que cumplan con los factores necesarios para la incubación natural. En la figura 1.1 se ilustra la modalidad de incubación natural.



Figura 1.1 Incubación natural de huevos de gallina

1.3.1 FACTORES QUE SE REQUIERE EN LA INCUBACIÓN NATURAL.

- **Huevo:** Deben ser fértiles, esto quiere decir que debe ser de gallo y gallina, su selección y cuidado debe ser minucioso porque es dirigido para incubación.
- **Gallina:** Las gallinas elegidas para estos fines deben tener bien desarrollado el instinto de la cloquera y ser de un tamaño suficientemente grande para cubrir casi todo o todos los huevos que se coloquen en el nido.
- **Nido:** Para la incubación de los huevos con gallinas también surge un problema, no basta tener una gallina que tenga el instinto de cloquera, además se debe disponer de un buen nido ya que depende de este para que los huevos puedan nacer. Se construye con paja y en lugares oscuros por su factibilidad, alcance y porque ayuda a mantener la temperatura y la humedad necesaria para la incubación.

Una gallina normalmente puede incubar entre 10 a 12 huevos a la vez durante tres semanas, lo que disminuye su producción. Debido al crecimiento de la población mundial depender del tipo de incubación natural no es lo suficientemente bueno, por lo que es necesario aplicar la incubación artificial.

1.4 INCUBACIÓN ARTIFICIAL

El objetivo principal de la incubación artificial es duplicar el mecanismo idéntico de la gallina para incubar un huevo hasta su eclosión utilizando una máquina. El tipo de incubación artificial se ha venido aplicando durante miles de años atrás, tanto a los egipcios como a los chinos se les atribuye el origen de los procedimientos de incubación artificial (Baballe y otros, 2021). En la figura 1.2 se puede observar una incubadora artificial.



Figura 1.2 Incubadora Artificial de aves

Las incubadoras artificiales, en el mercado, existen desde pequeñas y sencillas hasta las más complejas e industriales, como se puede observar en la figura 1.3.

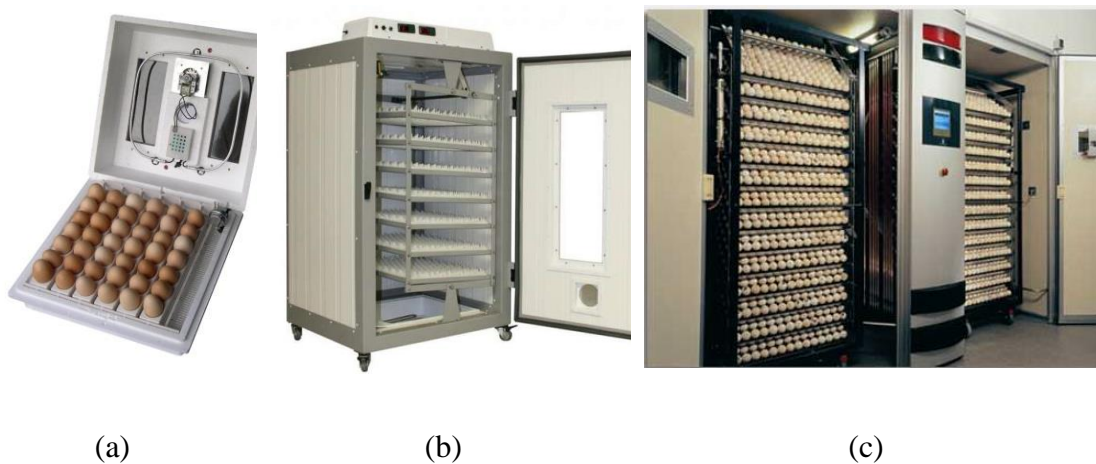


Figura 1.3 Incubadoras industriales: (a) Incubadora pequeña, (b) Incubadora mediana y (c) Incubadoras industrializadas a gran escala

Con la ayuda de la tecnología y la información amplia del internet se han podido construir incubadoras caseras mucho más económicas en comparación con una incubadora industrial, facilitando a más personas a emprender en el trabajo avícola.

1.4.1 IDENTIFICACIÓN DE LOS PARÁMETROS EN LA INCUBACIÓN.

El proceso de incubación de los huevos de gallina comienza cuando los huevos se exponen a los parámetros de incubadora que permiten al embrión despertar de su letargo y reanudar su crecimiento celular. Por lo tanto, para una adecuada operación de una incubadora artificial se debe tener en cuenta que debe:

- ✓ Mantener la temperatura constante.
- ✓ Mantener la humedad relativa entre los valores definidos.
- ✓ Controlar la ventilación.
- ✓ Mover los huevos.

Además de estos factores implica mucho la calidad del huevo fértil.

1.5 PARÁMETROS DE INCUBACIÓN

El diseño de control de una incubadora es en esencia una solución de ingeniería, para esto es necesario describir los parámetros que se debe considerar en el proceso de incubación de los huevos de gallina (Portal Veterinaria, 2003). Los parámetros para una correcta incubación a controlar son:

- Temperatura
- Humedad
- Recambio de aire
- Volteo

Los parámetros varían dependiendo del número de días del proceso de incubación, durante los primeros 18 días la temperatura óptima debe mantenerse en 37,7°C, la

humedad relativa en 55%, el volteo por lo mínimo 4 veces al día o lo óptimo cada 2 horas (Practica de Incubacion , 2013).

1.5.1 TEMPERATURA

El intercambio de calor entre el aire y los huevos hace que la temperatura de éstos varíe durante la incubación artificial. De allí se deriva, que la temperatura del aire es el elemento más importante en este proceso. La temperatura de las incubadoras se enmarca entre 37°C y 38°C, cumpliendo con el parámetro requerido para la incubación de huevos de gallina según (Wright et al., 2013).

Durante los dos o tres últimos días de incubación, hay que disminuir la temperatura, ya que en este momento el huevo necesita mayor humedad, para que el polluelo rompa el cascarón. La temperatura existente en cada momento es la resultante del equilibrio entre las pérdidas y las ganancias de temperatura en la tabla 1.1 se especifica la pérdida y ganancia (Callejo Ramos, 2010).

Tabla 1-1 Equilibrio de ganancias y pérdidas de calor (Callejo Ramos, 2010)

GANANCIA DE TEMPERATURA	PÉRDIDAS DE TEMPERATURA
Generado por los huevos	Por las paredes
Generado por la calefacción	Por la ventilación
	Sistema de refrigeración

Si se mantiene una correcta temperatura durante la incubación, se consigue:

1. Atenuar las lesiones umbilicales y craneales embrionarias.
2. Disminuir la tasa de mortalidad en la primera semana de vida.
3. Elevar la calidad del pollito de un día
4. Aumentar los índices productivos durante la primera semana de vida (Callejo Ramos, 2010).

Los subsistemas de la incubadora deben estar perfectamente ajustados y los instrumentos de control deben funcionar eficazmente para lograr el control de la temperatura en el interior de la incubadora. En la figura 1.4 se describe la tasa de natalidad de los pollos con la respectiva temperatura y humedad relativa requerida para la incubación.

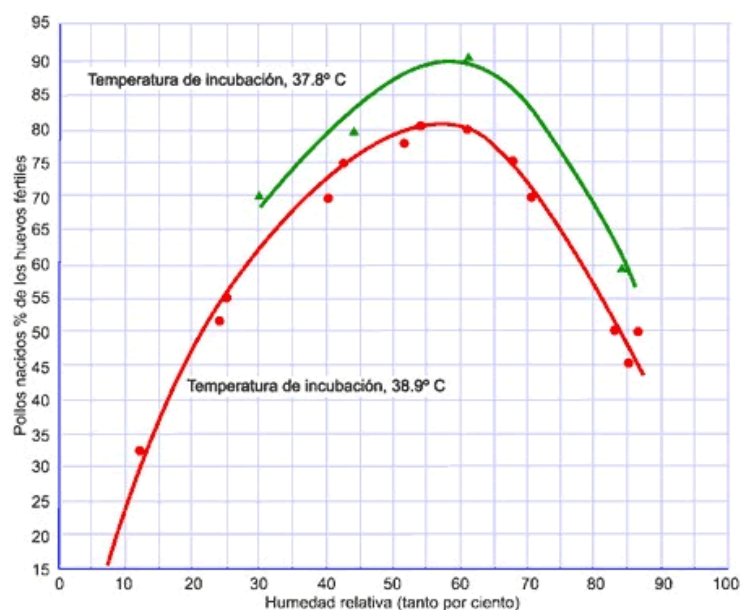


Figura 1.4 Curva de natalidad según la temperatura y humedad relativa (Cevallos Sánchez, 2005)

1.5.2 HUMEDAD RELATIVA

En las incubadoras, “el humedecimiento del aire se debe a la evaporación del agua que se encuentra en la zona inferior y su diseminación por el interior de las mismas. Es por ello que debido a las diferencias de evaporación del agua en distintas zonas de la incubadora se encuentran con embriones en diferentes estados de gestación. Teniendo en cuenta que el aire seco no es un buen conductor del calor, es necesario humedecerlo para obtener un mejor calentamiento de los huevos” (Tienda Ganadera, 2012).

Los niveles de humedad se enmarcan entre 40-65%, siendo el 55% el nivel de humedad más aconsejable durante la primera etapa de incubación y 60-70% durante la

segunda etapa, para que se reblandezcan las membranas de la cáscara facilitando así su eclosión (Tienda Ganadera, 2012). Una humedad baja da lugar a pollitos que se adhieren al cascaron, mientras que una humedad alta da lugar a pollitos débiles y flácidos.

1.5.3 VENTILACIÓN

Durante la incubación, el huevo elimina dióxido de carbono y absorbe significativamente oxígeno. Una adecuada ventilación es necesaria para eliminar el agua que produce el huevo por transpiración, renovar el oxígeno es imprescindible para la respiración del embrión y eliminar el CO₂ (Cevallos Sánchez, 2005). Para preservar la pureza del aire y eliminar cualquier exceso de calor que pueda acumularse en el interior de la incubadora, debe haber un intercambio constante de aire. Dependiendo de los días de desarrollo el recambio de aire debe ir en aumento.

La falta de ventilación produce pollitos débiles y blandos que tienen gran dificultad para salir del cascarón (Engormix, 2010).

1.5.4 VOLTEO

Dado que las aves hacen girar los huevos que incuban con el pico a una cierta frecuencia durante la incubación natural, este proceso debe repetirse mecánicamente durante la incubación artificial. El desarrollo de los embriones transcurre normalmente sólo cuando los huevos son volteados periódicamente durante los primeros dieciocho días de incubación según (Tienda Ganadera, 2012).

El procedimiento de volteo es esencial durante la incubación porque las tiras enredadas de albúmina se extienden desde la yema, entre la clara y hasta los dos extremos del huevo. Estas tiras, llamadas chalaza, ayudan a mantener la yema en el centro del

huevo. La albúmina empieza a volverse más acuosa cuando se expone a un entorno de incubación de 37,7°C, y la chalaza pierde su capacidad de mantener la yema en su sitio, lo que hace que la yema flote en la clara. La albúmina (clara) del huevo tiene un peso específico muy similar a la del agua y no incluye ninguna partícula de grasa. La yema, por el contrario, tiene un contenido relativamente alto de grasa, grasas y aceites tienen pesos específicos menores al del agua y flotan en ella, dejado en una misma posición, la yema tiende a flotar en la clara y se pega al cascarón (Waldemar, 1943).

El embrión en crecimiento se encuentra siempre en la superficie superior de la yema. El embrión vuelve a estar en la parte superior del huevo cuando se le da la vuelta, y la yema gira dentro de la albúmina. La naturaleza hace esto para que el embrión se encuentre en la mejor posición para que se beneficie del calor de la madre en todo momento. El embrión puede resultar dañado o morir si no se da la vuelta al huevo, porque la yema tiene tendencia a flotar y presionar al embrión contra la cáscara. Nunca es buena idea girarlas en un solo sentido porque esto podría provocar alteraciones en la membrana corioalantoidea y otros componentes internos del huevo. Después del día 18, no deben girarse porque les dificultará posicionarse dentro del huevo y no podrán picar el cascarón, lo hacen mejor si están quietos. Para este momento, el embrión es lo suficientemente grande y ha consumido la mayor parte de la yema, por lo que ya no corre peligro de ser aplastado entre la yema y el cascarón (Callejo Ramos, 2010). Además, el volteo de los huevos contribuye a homogenizar los parámetros antes mencionados.

La posición del huevo en la colocación dentro de la incubadora debe ser con el polo fino con dirección hacia abajo (Engormix, 2011).

1.6 ALTERNATIVAS PARA LOS COMPONENTES DEL SISTEMA DE CONTROL

De acuerdo a las variables que deben controlarse para un adecuado proceso de incubación, a continuación, se presentan componentes que podrían estar incorporados en el diseño de este trabajo.

1.6.1 CONTROLADOR

1.6.1.1 Arduino

Uno de las alternativas para el controlador del sistema de incubación puede ser Arduino. “El Arduino es una placa basada en un microcontrolador ATMEL. Los microcontroladores son circuitos integrados en los que se pueden grabar instrucciones, las cuales se escribe con el lenguaje de programación que utiliza en el entorno Arduino IDE, estas instrucciones permiten crear programas que interactúan con los circuitos de la placa que posee interfaz de entrada, que es una conexión en la que se puede conectar en la placa diferentes tipos periféricos. La información de estos se trasladará al microcontrolador, el cual se encargará de procesar los datos que le lleguen a través de ellos, pueden ser cámaras para obtener imágenes, teclados para introducir datos, o diferentes tipos de sensores; también cuenta con una interfaz de salida, que es la que se encarga de llevar la información que se ha procesado en el Arduino a otros periféricos, estos periféricos pueden ser pantallas o altavoces en los que reproducir los datos procesados, pero también pueden ser otras placas o controladores” (Fernández, 2022). En la figura 2.5 se puede observar un microcontrolador Arduino.

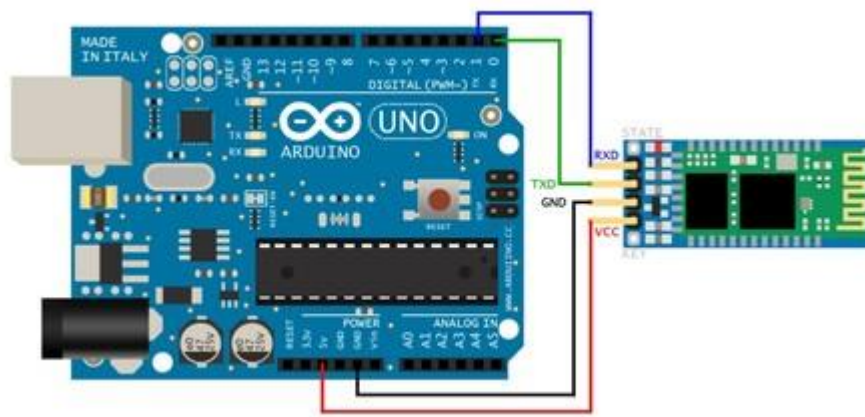


Figura 1.5 Microcontrolador Arduino (Fernández, 2022)

Está basada en hardware y software libre, flexible y fácil de utilizar para los creadores y desarrolladores. La enorme flexibilidad, el carácter libre y abierto de Arduino hacen que se pueda utilizar para cualquier cosa, desde relojes hasta básculas conectadas, pasando por robots, persianas controladas por voz e incluso el control de incubadoras (Fernández, 2022).

1.6.1.2 PLC LOGO! y módulos de expansión

Una de las mejores alternativas para el controlador del sistema es el PLC LOGO! de Siemens por su gran beneficio que brinda. Se trata de un controlador automático programable creado por Siemens en el año en 1997. LOGO! es un módulo lógico universal para la electrotecnia, que permite solucionar las aplicaciones cotidianas con un confort decisivamente mayor y menos gastos (REEA, 2006), en la figura 1.6 se puede observar un PLC LOGO! 12/24 RC y algunos de sus módulos de expansión.

Lo que más distingue al PLC LOGO! es el mejor controlador para reemplazar productos o dispositivos convencionales como temporizadores electrónicos, relés encapsulados, cableado rígido, entre otros, debido a su tamaño y su bajo costo. Además, ofrece una amplia variedad de ventajas en el procesamiento, incluyendo menos

componentes, cableado más extenso, reducción de tamaño, actualizaciones o adaptaciones futuras y seguridad del producto.

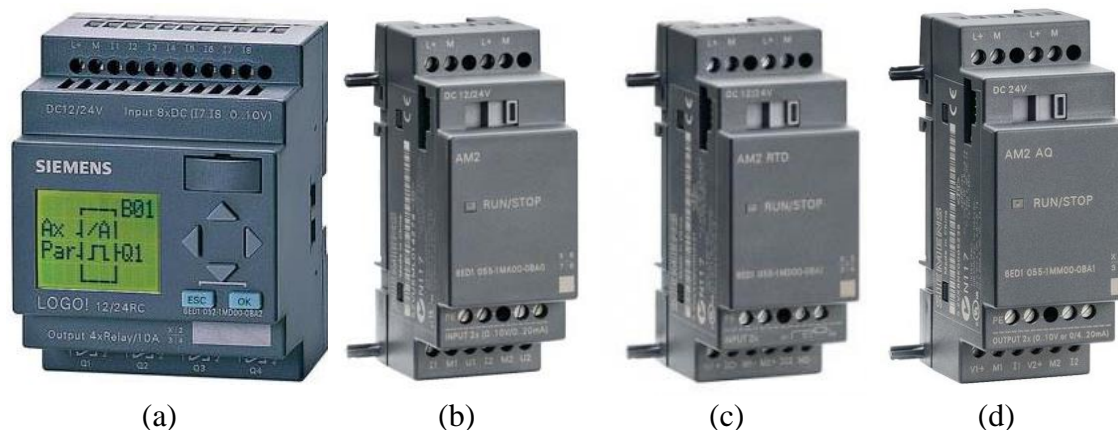


Figura 1.6 (a) PLC LOGO! 12/24RC, (b) Entradas analógicas, (c) Entrada de RTD o PT100 y (d) Salidas analógicas. (SIEMENS, 2013)

1.6.2 SENSORES

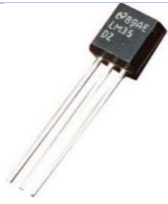
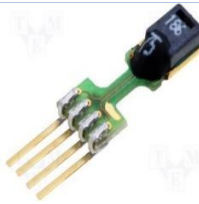

Un sensor es un dispositivo capaz de detectar magnitudes físicas, llamadas variables de instrumentación, y transformarlas en señales eléctricas. Reciben y captan la señal del circuito, y su función principal es de asistir y proveer información a la unidad de control. Existen una amplia gama que son utilizados en la vida diaria, para este trabajo los sensores que se requieren son de temperatura, humedad y de nivel.

1.6.2.1 Sensores de temperatura

Los sensores de temperatura son dispositivos que transforman los cambios de temperatura en señales eléctricas que son procesados por equipos electrónicos (prototipadoLAB, 2018). En la tabla 1.2 se puede observar las diversas alternativas de sensores de temperatura que se puede aplicar en este proyecto con sus datos técnicos.

Tabla 1-2 Alternativa de sensores de temperatura





Elementos	LM 35	SHT 75	PT100	THD-R-C

Características				
Linealidad	Si	No	Si	Si
Rango de operación	-40 a 150 °C	-40 a +125°C	-200 a +120°C	-19.9-60°C
Tiempo de respuesta	Inmediata	8 seg	Inmediata	Inmediata
Salida	Analógico	Digital	Analógico	RS-485
Alimentación	4V a 30V	2,4 V a 5,5 V	No	24VCD

1.6.2.2 Sensores de humedad relativa

Un sensor de humedad es un dispositivo que mide la humedad relativa en un área dada, puede ser utilizado tanto en interiores como en exteriores y están disponibles en formas tanto analógicas como digitales (ECURED, 2014). En la tabla 1.3 se puede observar las diversas alternativas de sensores de humedad que se puede aplicar en este proyecto.

Tabla 1-3 Alternativa de sensores de humedad relativa

Elemento	HHH – 4030	HS 1101	HHH 4000	DHT 11
Características				
Linealidad	Lineal	No	Casi lineal	Casi lineal
Salida	Analógica	Analógico	Analógica	Digital
Alimentación	4 a 5,8VCD	5 – 10V	4 a 5,8VCD	3v – 5.5v.
Consumo 200Ua	200 uA	Bajo	200 uA	Bajo

Tiempo de respuesta	5 seg.	5 seg.	5 seg	2 seg.
Rango de operación	0 – 100% RH	1 – 99% RH	0 – 100% RH	20 al 90 % RH
Precisión	±3.5% RH	±5% RH	±3.5% RH	±5% RH

1.6.2.3 Sensor de nivel de líquidos

Es un dispositivo para determinar más fácilmente el nivel de líquido dentro de un depósito. La señal del sensor puede activar una bomba, una alarma u otro dispositivo para llenar el depósito. En la tabla 1.4 se detalla los diferentes tipos y características de sensores de nivel que se puede aplicar en este proyecto.


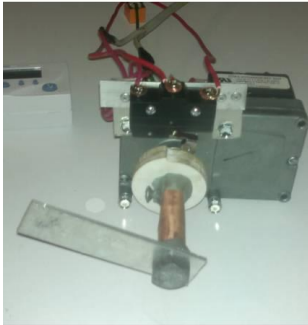

Tabla 1-4 Alternativa de sensores de nivel de agua

Elemento	Flotador interruptor	XKC-Y25-V	HT-M15-2
Características			
Salida	Digital	Digital	RS-485
Alimentación	110VCA	110VCA	5 a 24 VDC
Tiempo de respuesta	Inmediata	Inmediata	500ms
Temperatura de funcionamiento	-10 a 85°C	0 a 60°C	0 a 105°C
Precisión	Alta	0.2MP	-----

1.6.2.3 MOTORES PARA INCUBADORA

El control de volteo de las bandejas con los huevos de gallina se da mediante motorreductor que es específicamente para incubadoras, la siguiente tabla 1.5 indica los tipos de motores que se pueden utilizar en las incubadoras de huevos de gallina.

Tabla 1-5 Motorreductores para incubadoras y sus características.

Elementos Características	EHM  Motorreductor 0,6RPM 12V	ECM 6048 	BIAXIAL  Motorreductor DC 0,3 RPM 100KG BIAXIAL
Tipo	Motor reductor	Motor reductor	Motor reductor
Corriente continua	1,6 A	1,82 A	0,22 A
Torque	25 kg/cm	60kg/cm	100 Kg/cm
Velocidad	0,45 a 0,6 rpm	7,7 rpm	3 rpm
Voltaje	12 V	110 VAC	12 V

1.6.3 NIQUELINAS

Son elementos que facilita la obtención de calor por medio de la electricidad, especialmente diseñadas para sistemas de calefacción, fabricadas a base de níquel. La selección de las niquelinas se da de acuerdo a la potencia requerida en el sistema de incubación. En el mercado existen de diversas formas y de diversos tipos dependiendo de su aplicación, en la figura 1.7 se puede observar niquelinas para el uso en incubadoras específicamente.



Figura 1.7 Niquelinas para incubadoras (Mercado libre, 2021)

1.6.4 MECANISMOS

El sistema biela-manivela está constituido por un elemento giratorio denominado manivela, conectado a una barra rígida llamada biela, de modo que cuando gira el motor hace girar a la manivela, la biela esta forzada a avanzar y retroceder sucesivamente, como se puede observar en la figura 1.8. Este mecanismo trasforma el movimiento circular a movimiento lineal (XUNTA DE GALICIA, 2014).

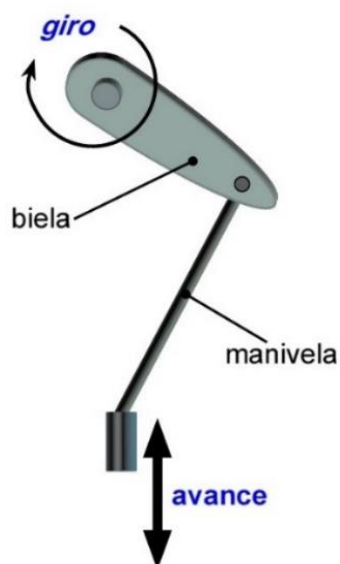


Figura 1.8 Mecanismo biela - manivela (XUNTA DE GALICIA, 2014)

1.6.5 VENTILADOR

En el proceso de incubación es necesario el flujo de aire. Dentro de la cámara se requiere tener un aire forzado para ello se ayuda de un ventilador, quien es capaz de desplazar el aire de un lugar a otro. El mismo que está compuesto por motor, base y a spa. En la figura 1.9 se muestra el ventilador empleado.



Figura 1.9 Ventilador ELCO (Mercado Libre, 2019)

1.7 GLOSARIO DE TÉRMINOS

- **Cloquera:** Estado de las gallinas y otras aves, que las incita a permanecer sobre huevos para incubarlos o empollarlos.
- **Empollar:** Se denomina así al acto de incubación de la gallina
- **Polluelo:** El ave recién salida del cascaron.
- **Albúmina:** Proteína animal y vegetal, rica en azufre y soluble en agua, que constituye el componente principal de la clara del huevo y se encuentra también en el plasma sanguíneo y linfático, en la leche y en las semillas de ciertas plantas (Plantas, flores y vida, 2014).
- **Corioalantoidea:** El alantoides y el corion fusionados forman la membrana corioalantoidea rica en vasos sanguíneos, que es la parte fetal de la placenta (Studocu, 2020).

CAPÍTULO II

MARCO METODOLÓGICO

Todo trabajo investigativo debe ser planificada y estructurada, es decir, contar con una organización previa con el fin de estar encaminada a cumplir con los objetivos planteados. Hernández define la investigación como el conjunto de procedimientos metódicos, críticos y empíricos utilizados en la indagación de un fenómeno. (Hernández Sampieri y otros, 2014). Para el desarrollo del sistema de incubación de huevos de gallina se realizó mediante el método ingenieril.

El método ingenieril es una actividad de toma de decisiones contra las limitaciones físicas, económicas, sociales y políticas, para desarrollar materiales, productos o procesos que satisfagan una necesidad (WORDPRESS & Cardona, 2012). A continuación, se detalla las fases del método de Ingeniería:

1. Identificación del problema
2. Recopilación de la información
3. Búsqueda de soluciones
4. Diseño preliminar
5. Evaluación y selección de la solución
6. Preparación de reportes, planos y especificaciones
7. Implementación del diseño.

2.1 FASE 1: IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

2.1.1 REQUERIMIENTO DEL SISTEMA

Antes de iniciar el desarrollo del trabajo es necesario y fundamental realizar un previo análisis y planificación de la programación, ya que al detallar las diferentes variables a usarse se puede prevenir muchas imperfecciones y falencias de la programación, para encontrar la solución óptima y precisa del funcionamiento del sistema.

El sistema debe cumplir con lo siguiente:

- Alimentación monofásica.
- Contar los días de incubación. El proceso dura 21 días, pudiendo prolongarse 2 días más.
- Controlar la temperatura en el rango de 37 a 38 °C, con un control en lazo cerrado que permite mantener en el rango establecido en cada una de las etapas.
- Según los datos medidos por el sensor, debe variar la intensidad de la neblina y la temperatura permanecer en el rango requerido.
- Controlar la humedad en el rango de 50 a 75 % de humedad relativa.
- Contar con un control de nivel de agua para que exista humedad relativa dentro de la cámara.
- Se debe tener una ventilación constante, por el recambio de aire que debe existir dentro de la cámara de incubación
- Debe tener desfogues de aire para que exista una retroalimentación del aire.
- A las 2 horas de haber iniciado el sistema, el motor de giro debe encenderse y proporcionar el movimiento de la bandeja de huevos de $\pm 45^\circ$ con respecto al eje

horizontal, realizado este movimiento el motor debe apagarse. Además, debe activarse cada 2 horas para obtener el movimiento de los huevos, durante 18 días.

- Es necesario un panel HMI que pueda mostrar datos sobre el número de días, la temperatura y la humedad relativa.
- Señalización básica de proceso.
- El artesano proporcionará la parte de la carcasa, a partir del diseño de la cámara de incubación se dimensiona los componentes eléctricos y electrónicos del sistema.

2.2 FASE 2: RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN

2.2.1 PARÁMETROS DE DISEÑO

El diseño del sistema de control para la incubadora de huevos de gallina parte de la incubadora manual que tiene el artesano, la misma que tiene las siguientes especificaciones:

Material: La madera, gracias a su bajo costo y el beneficio que brinda para la incubación (Mucarcel et al., 2010), compuesta por varias láminas prensadas de un grosor de 18 milímetros.

Dimensiones:	Altura	117 cm
	Largo	74 cm
	Ancho	38,6 cm

El diseño de la cámara de incubación se divide en dos partes. En la primera parte (superior) están ubicados: el recipiente del agua, resistencias eléctricas espirales y ventilador. La segunda parte (inferior) consta de un soporte de 5 filas para las bandejas

de huevo, en cada fila consta de dos cubetas de 48 huevos, llevando una camada de 96 huevos, dando un total para 480 huevos. En la parte posterior se cuenta con 4 orificios de desfogues. En la figura 2.1 se puede observar la estructura de la incubadora artesanal.

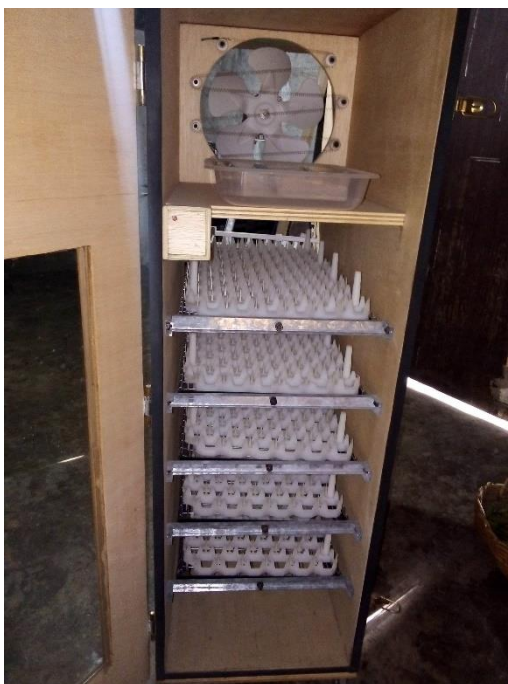


Figura 2.1 Incubadora manual.

Teniendo en cuenta que la Incubadora que tiene el artesano no cuenta con un controlador, el desarrollo del sistema de control parte de los estudios realizados anteriormente, donde se definió que se requiere de un dispositivo de control del proceso de incubación. Se elige el PLC LOGO! 12/24RC por su versatilidad para la aplicación de varios procedimientos, cuenta con: una pantalla donde se puede visualizar datos durante el proceso, con regulador PI interno, con módulos de expansión para poder realizar una mayor precisión a la hora de medición de las magnitudes físicas, entre otras. La temperatura y la humedad son las magnitudes físicas que deben tenerse en cuenta en este procedimiento. Estas magnitudes se controlan mediante sensores para una detección y medición más precisas, además de mantener en las magnitudes de los parámetros

especificadas que requiere tener dentro de la cámara. Aunque el microcontrolador Arduino es una buena alternativa por su versatilidad y el costo de accesibilidad, pero en comparación con un PLC el Arduino no está equipado con una protección mecánica adecuada, aunque hoy en día, buscan de diferentes maneras acoplarlas según las necesidades e incluso la durabilidad frente a los PLC es menor porque tienen dificultades para trabajar en entornos fríos o calientes (Mengual, PLC vs Arduino y otros microcontroladores para el control industrial, 2021). En la tabla 2.1 se detalla las magnitudes de medida según el día de proceso, tomando los datos teniendo en cuenta los resultados de la investigación del capítulo 1 de este trabajo.

Tabla 2-1 Parámetros de medida en la cámara

Magnitudes	Rango	Días de proceso
Humedad relativa (%HR)	50 – 65	1-18
	60 – 75	19-21
Temperatura (°C)	37 – 38	1-18
	36 – 37	19-21

En el volteo de las bandejas de huevo es realizado por un motor y mecanismos, obteniendo un movimiento de $\pm 45^\circ$, respecto al eje horizontal. El control de movimiento es cada 2 horas durante los primeros 18 días.

En el proceso de incubación no es necesario el control de la ventilación ya que dentro de la cámara es necesario que el aire circule constantemente (Cevallos Sánchez, 2005).

2.3 FASE 3: BÚSQUEDA DE SOLUCIONES

2.3.1 SISTEMAS DE CONTROL DE PROCESOS.

Un sistema de control puede constar de varios componentes. Para mostrar las funciones que lleva a cabo cada componente en la ingeniería de control, por lo general se

usa una representación denominada diagrama de bloques según (Ogata, 2010) como se muestra en la figura 2.2. Estos diagramas de bloques también representan el flujo de señales entre los bloques, de manera que indican el camino de la información, sea del tipo que sea (Ogata, 2010).

“A diferencia de una representación matemática puramente abstracta, un diagrama de bloques tiene la ventaja de indicar en forma más realista el flujo de las señales del sistema real. En un diagrama de bloques todas las variables del sistema se entrelazan mediante bloques funcionales. El bloque funcional o simplemente bloques es un símbolo para representar la operación matemática que, sobre la señal de entrada hace el bloque para producir la salida. Las funciones de transferencia de los componentes por lo general se introducen en los bloques correspondientes, que se conectan mediante flechas para indicar la dirección de flujo de las señales” (Ogata, 2010).

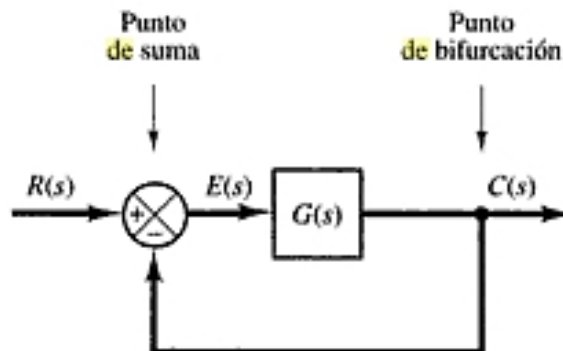


Figura 2.2: Diagrama de bloque (Ogata, 2010)

Donde:

$R(s)$: entrada de referencia

$E(s)$: entrada al bloque

$G(s)$: Función de transferencia

$C(s)$: Salida del bloque

En los sistemas de control podemos identificar tres aspectos básicos (como muestra la figura 2.3): la entrada que es la variable a controlar, el sistema de control que es proceso de modificación de la variable y la salida en donde todos los procesos han sido regulados transformado en el proceso intermedio.

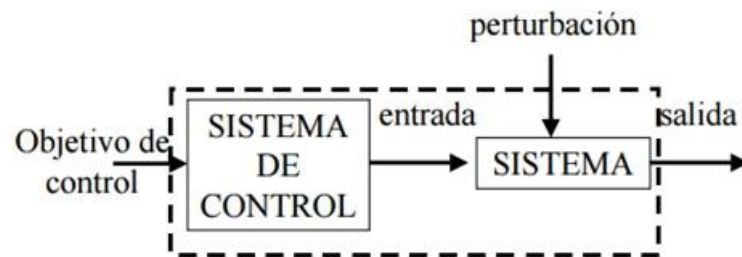


Figura 2.3 Estructura de un sistema de control (Ogata, 2010)

Existen dos tipos de sistemas de control: sistema de control en lazo abierto y en lazo cerrado.

2.3.1.1 Sistema de control en lazo abierto

Son aquellos que tienen una señal de entrada y una señal de salida, la misma que no influye sobre la señal de entrada (Ledesma Garcés, 2017), como se puede observar en la figura 2.4. Estos sistemas se caracterizan por ser:

- Básico.
- Inestable cuando existe perturbación.
- La configuración anterior del sistema influye en la precisión.

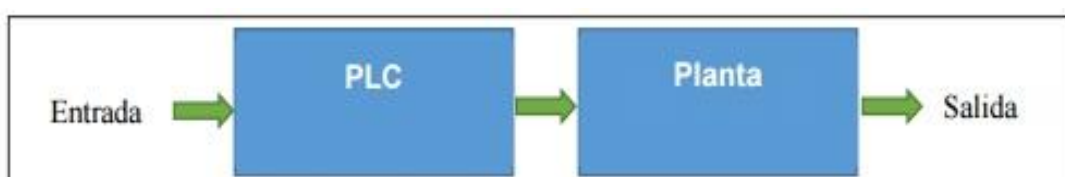


Figura 2.4 Diagrama de un sistema de control en lazo abierto. (Ledesma Garcés, 2017)

2.3.1.2 Sistema de control en lazo cerrado

Son sistemas en los que la acción de control depende de la señal de salida, es decir existe una retroalimentación desde un resultado final; para calibrar la acción de control (Ledesma Garcés, 2017) como se puede observar en la figura 2. 5, estos sistemas se caracterizan por:

- Ser complejos, pero tienen una amplia gama de características.
- El control del sistema, la salida y la entrada se comparan y el resultado se ve afectado.
- La función de retroalimentación.
- Ser más resistentes a las perturbaciones y los cambios internos.

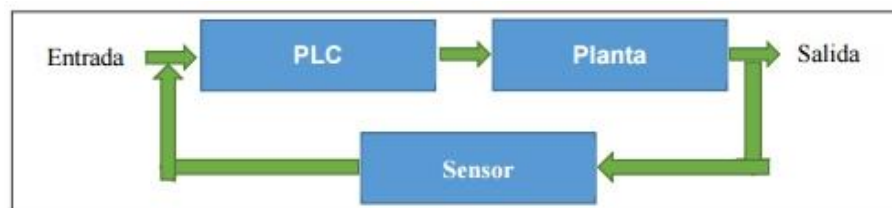


Figura 2.5 Diagrama de bloque de un sistema de control en lazo cerrado (Ledesma Garcés, 2017).

2.3.2 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA

El sistema completo es la incubación de los huevos de gallina, pero para lograr este proceso se necesita realizar los siguientes subsistemas:

- Subsistema de control de temperatura
- Subsistema de control de humedad
- Subsistema de control de volteo

Además, el conteo de días de proceso es un factor que se debe tener mucho en cuenta, ya que por medio de este se puede definir las magnitudes de las variables en que trabaje el controlador.

Para la obtención del sistema de control óptimo se requiere de componentes eléctricos y electrónicos, en la figura 2.6 se puede observar el diagrama del proceso de control general y de la misma manera los materiales a utilizarse en el este trabajo.

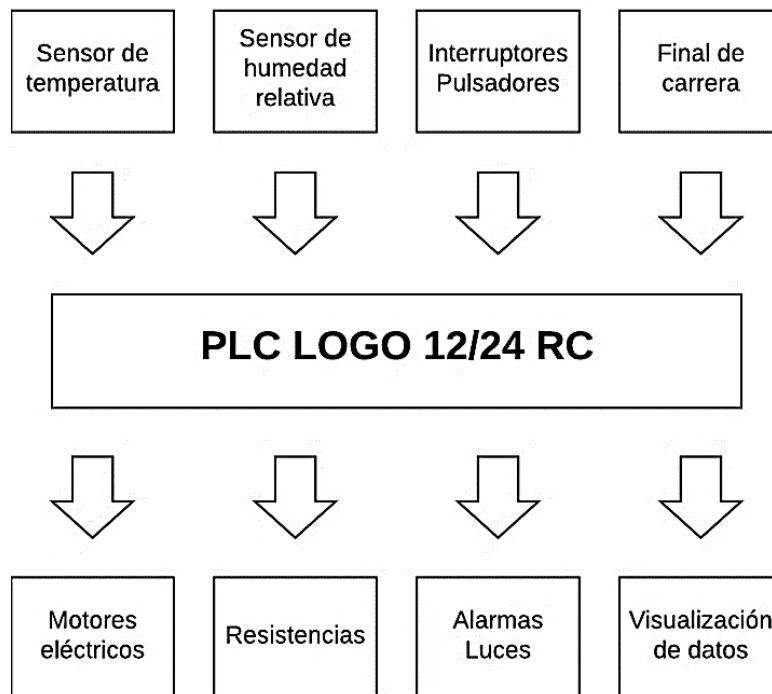


Figura 2.6 Diagrama de bloque del sistema general

2.4 FASE 4: DISEÑO PRELIMINAR

2.4.1 SELECCIÓN DE LA MEJOR ALTERNATIVA

Para seleccionar la mejor alternativa que satisfaga las especificaciones y los requisitos se elige utilizando el método de la ponderación de criterios. Este método se basa en tablas donde cada criterio se confronta con los restantes criterios y se asignaran los valores siguientes:

- 1: si satisface el criterio
- 0,5: si cumple sistemáticamente
- 0: si no satisface el criterio del requerimiento

2.4.2 Método de ponderación para la selección de materiales

Es un método matemático creado para evaluar alternativas cuando se tiene en consideración varios criterios (Osorio Gómez y Orejuela Cabrera, 2008). A continuación, se detalla los criterios establecidos para la toma de decisión.

Precisión: si el material o instrumento puede medir la variable en un rango determinado, entre menor amplitud de rango tenga mayor será su puntuación.

Costo: si el precio del material o instrumento es elevado menor será su puntuación, caso contrario si los precios son asequibles la puntuación será alta.

Disponibilidad: en el caso de que los materiales se puedan encontrar en el mercado local o dentro del país la valoración será alta, mientras tanto que, si es difícil de encontrar en el mercado tendrá una puntuación baja.

Confiabilidad: Los valores emitidos se mantienen en sus rangos establecidos se tendrá mayor puntuación, y si no su puntuación será baja.

Sistema de control: Si es fácil de controlar el material o instrumento tendrá mayor puntuación o a su vez si es complejo el manejo de su control tendrá una puntuación baja.

2.4.2.1 Sensores

En este sistema de control, la temperatura tiene una importancia esencial. Por ello, es crucial medirla con precisión. Las temperaturas inexactas pueden tener graves consecuencias si no se realiza cuidadosamente el debido control. Para ello se ayuda de sensores de temperatura que son dispositivos que convierten las variaciones de temperatura en señales eléctricas que pueden ser procesadas por aparatos eléctricos o electrónicos. Además, es necesario el sensor de humedad relativa, para medir la humedad

dentro de la incubadora de huevos de gallina. Y para la obtención de la humedad se requiere el llenado de agua en el recipiente que está dentro de la cámara, por ello se facilitará de un sensor de nivel que controle el nivel de agua del recipiente.

Tabla 2-2 Ponderación para la selección del sensor de temperatura

Sensores	LM 35	SHT 75	PT 100	THD-R-C
Precisión	0,5	0,5	1	1
Costo	1	0,5	0,5	0
Disponibilidad	1	0,5	1	0,5
Confiabilidad	1	0,5	1	0,5
Sistema de control	0,5	0,5	1	1
TOTAL	4	2,5	4,5	3

Después de realizar el análisis de criterios, se encuentra más factible y viable la selección del PT 100 para este proyecto, según la tabla 2.2, aunque el LM 35 también puede ser una opción, pero el rango de precisión requerida para el control de temperatura es muy fino.

Tabla 2-3 Ponderación para la selección del sensor de humedad relativa

Sensores	HIH - 4030	HS 1101	HIH 4000	DHT 11
Precisión	1	0,5	0,5	0,5
Costo	0,5	0,5	0,5	1
Disponibilidad	1	1	1	0,5
Confiabilidad	1	0,5	0,5	0,5
Sistema de control	1	1	1	1
TOTAL	4,5	3,5	3,5	3,5

La mejor alternativa para la medición de la humedad relativa para este proyecto, según el análisis de criterio de la tabla 2.3 es el sensor HIH-4030.

Tabla 2-4 Ponderación para la selección del sensor de nivel de agua.

Sensores	Flotador	XKC-Y25-V	HT-M15-2
Precisión	1	0,5	0,5
Costo	1	0,5	0
Disponibilidad	1	1	0,5
Confiabilidad	1	1	0,5
Sistema de control	1	1	1
TOTAL	5	4	2,5

La mejor alternativa para el requerimiento del sistema con respecto al sensor de nivel de agua es el sensor horizontal de nivel tipo flotador interruptor, según el análisis de criterio de la tabla 2.4. El sensor flotador XKC-Y25-V no se elige por su elevado costo.

2.4.2.2 Motor reductor

Es utilizado para generar el giro de los huevos y obtener $\pm 45^\circ$ con respecto al eje horizontal dentro de la incubadora de huevos de gallina.

Tabla 2-5 Ponderación para la selección del motor.

Motores	EHM	ECM 6048	DC BIAxIAL
Costo	0,5	0	0,5
Disponibilidad	0,5	1	0,5
Confiabilidad	0,5	1	0,5
Sistema de control	1	1	1
TOTAL	2,5	3	2,5

Los motores detallados anteriormente son seleccionados en si para las incubadoras de huevos de diferentes especies que brindan un r.p.m muy bajos para poder controlar. La selección del motor para este proyecto se da por el análisis de criterio expresado en la tabla 2.5. Aunque tenga un elevado costo, se selecciona por la carga de huevos de 480 que debe mover y se elige el motor reductor ECM 6048.

2.4.3 PROGRAMACIÓN DEL SOFTWARE

El control estará dado por el PLC LOGO! 12/24RC, el mismo que ira en sus entradas como interruptor, pulsadores, finales de carrea, sensores. Actuará de acuerdo con el cambio de variable que se produzca durante el proceso de incubación. Adicionalmente, posee memorias, temporizadores que auxilian en el cumplimiento del desarrollo del proceso y salidas de relé que auxilian en el encendido de los motores. Además, cuenta con módulos de expansión como es el caso del AM2 RTD, AM2 que son entradas para un PT100 de 2 o 3 hilos y entradas analógicas respectivamente, y AM2 AQ salida analógicas, para mayor información sobre estos componentes ir a ANEXO A, los mismo que son una gran herramienta para desarrollar un control adecuado para el sistema .

Para introducir las instrucciones en el PLC LOGO! 12/24 RC se puede realizar de dos maneras, una de ellas es mediante el uso de los botones de dirección, OK y Esc, es decir, directamente en el PLC o crear las instrucciones en un ordenador y ser transferido mediante el cable de comunicación. El software de programación es el LOGO!Soft Confort (SIEMENS, 2011), como se observa en la figura 2.7.

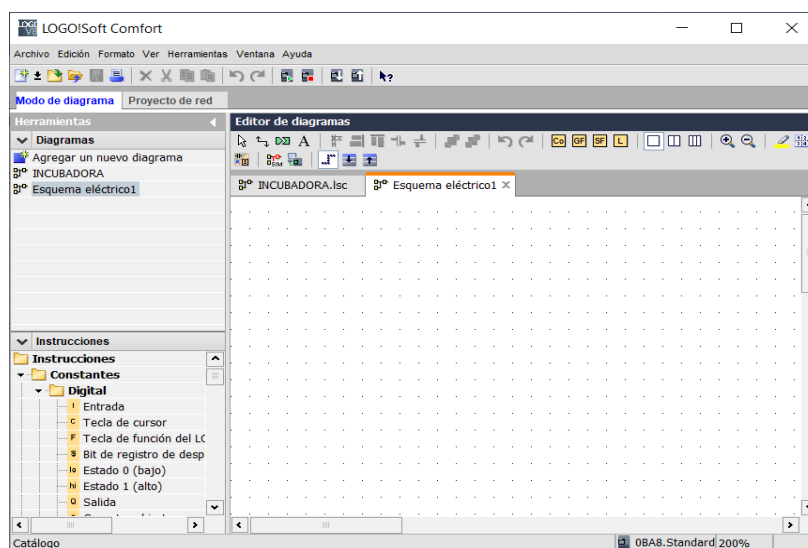


Figura 2.7 LOGO! SoftConfort

LOGO!Soft Confort ofrece dos métodos de programación:

1. Esquema de contactos (KOP)
2. Diagrama de funciones (FUN)

En este trabajo el método utilizado es FUN ya que ayuda a visualizar la lógica de interconexiones. Para el desarrollo de software se emplea el diagrama de flujo en cada parámetro que conforma el sistema de control de la incubadora.

2.4.4 DIAGRAMA DE FLUJO

“Un diagrama de flujo es una representación gráfica de un algoritmo que ilustra las acciones o procedimientos que deben realizarse para resolver un problema. Su correcta construcción es sumamente importante porque, a partir del mismo se escribe un programa en algún Lenguaje de Programación” (Soluciones Practicas para tu Oficina, 2014).

El diagrama de flujo se elabora para facilitar la programación; durante esta fase, se da prioridad tanto a las funciones principales como a las secundarias; es importante ser precisos en la programación para evitar cualquier falencia que se tenga al instante de poner en marcha la máquina. Las falencias que puedan existir por una mala programación podrían representar: pérdidas de tiempo, pérdidas económicas o en el peor de los casos pérdidas humanas. A continuación, se presenta los diagramas de flujo propuestos de los subsistemas y el conteo de días para la programación del controlador.

El diagrama de flujo de la figura 2.8 describe el contador de días. Es importante realizar esta programación ya que el proceso de incubación es de 21 días, a su vez, facilita a otros procesos que se va a desarrollar en los primeros 18 días y los últimos 3.

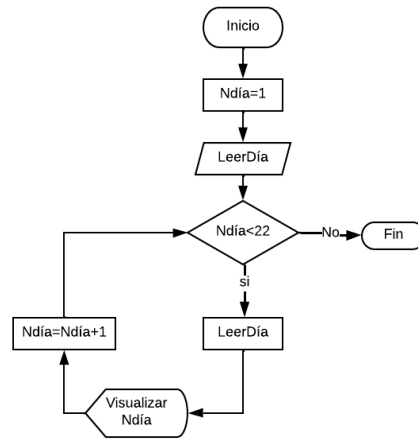


Figura 2.8 Diagrama de flujo del número de días del proceso de incubación

En el diagrama de flujo de la figura 2.9 describe para la programación del control de temperatura. La variable será leída por el sensor PT100. El control de la temperatura los primero 18 días estar en el rango de 37-38°C y los 3 últimos días a 36-37°C mediante el control de las niquelinas, para mantener la calefacción requerida.

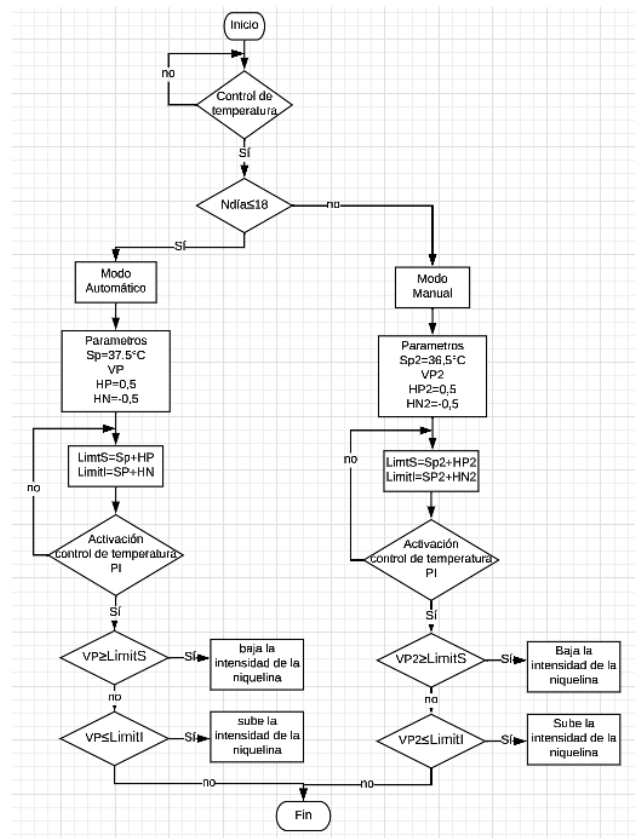


Figura 2.9 Diagrama de flujo del control de temperatura

El diagrama de flujo de la figura 2.10 describe el funcionamiento del control de humedad relativa, medido la variable con el sensor HIH – 4030, lleva su señal al controlador, dando lugar al control de humedad. Mientras la humedad permanezca entre 50 a 60% un calentador de agua permanecerá apagado, en el caso de que la humedad disminuya se encienda, este proceso lo realiza en el rango mencionado durante los primeros 18 días, y el mismo proceso lo realiza, pero con un rango entre 65% a 75% HR en los últimos días de incubación.

El control del suministro de agua está dado por el sensor de nivel flotador interruptor, llegado a un cierto valor debe activar una señal para que encienda al motor para suministrar agua y apagarse. Se realiza durante todo el proceso de incubación.

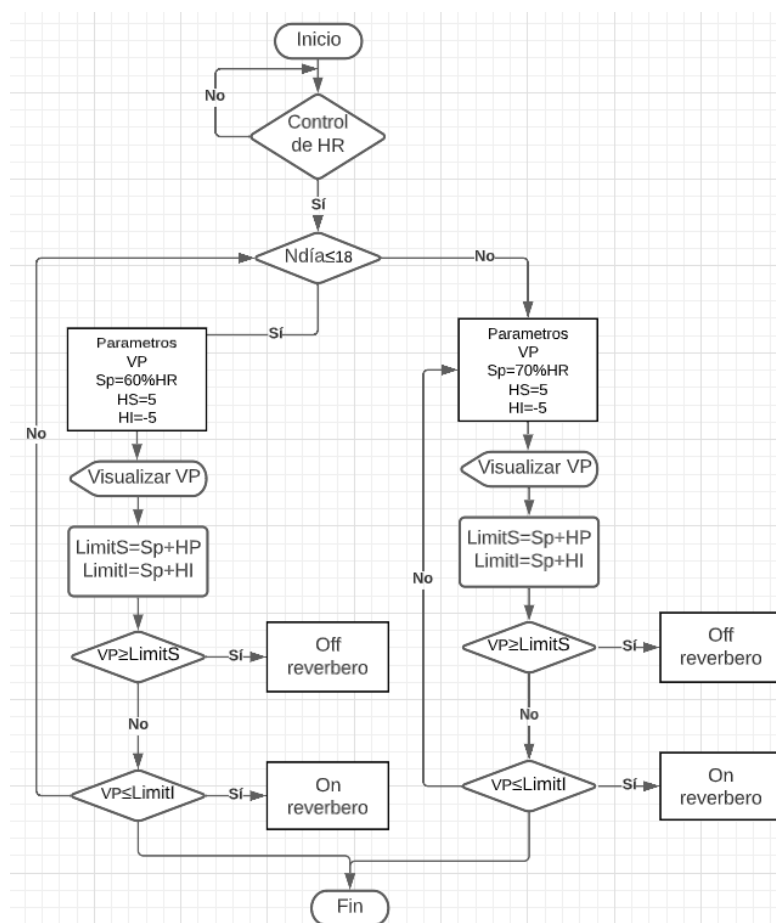


Figura 2.10 Diagrama de flujo de la humedad relativa

El diagrama de flujo de la figura 2.11 describe el control de volteo que se realiza en el proceso de incubación. La posición inicial será en modo horizontal para colocar las bandejas con huevos. Antes que inicie el control del volteo se coloca a 45° respecto al eje horizontal. Se activa el modo automático que en los primeros 18 días realice el movimiento de los huevos cada 2 horas, llegando a una posición de $\pm 45^\circ$, concluido este periodo se activara el modo posición inicial.

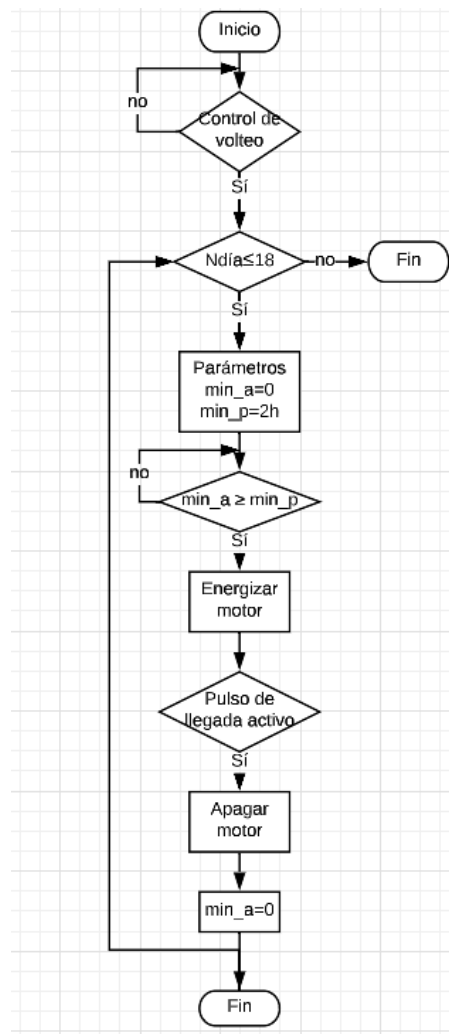


Figura 2.11 Diagrama de flujo del control de volteo

2.5 FASE 5: EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE LA SOLUCIÓN.

2.5.1 DISEÑO DEL TABLERO DE CONTROL

Los tableros de control eléctrico son armazones, gabinetes o cajas quienes son los encargados de proteger los circuitos de mando y de control, ya que permiten el alojamiento de los distintos dispositivos y elementos que puedan intervenir en el sistema de control, permitiendo que una instalación eléctrica funcione en óptimas condiciones, además de brindar el acceso inmediato frente a posibles averías para la pronta solución.

La distribución de los dispositivos adquiridos debe realizarse correctamente una vez elegidos los elementos que se emplearán en el proceso. En este proyecto la dimensión del tablero de control es de 30x30x20 cm.

En el gabinete eléctrico ira: elementos de protección (interruptor de seguridad, es decir interruptor termomagnético para el cuidado del tablero, las diferentes instalaciones de variaciones de corriente y para la protección humana), dispositivos de alimentación (fuentes que se requiera), elementos de control (PLC y sus módulos, relés) y borneras para enlazar varios puntos en comunes,

2.5.2 DISEÑO DE CONTROL DEL SUBSISTEMA DE TEMPERATURA

Dada al estudio en el capítulo anterior, la variable más crítica es la obtención de la temperatura ideal dentro de la cámara de incubación.

En el presente proyecto se aplica el control de lazo cerrado, como podemos observar en la figura 2.12, aplicando un control PI del PLC. El rango de variación de la temperatura debe mantenerse entre 37 y 38 °C. además, se debe tomar en cuenta el criterio del tiempo de respuesta a las perturbaciones y el tiempo de estabilización.

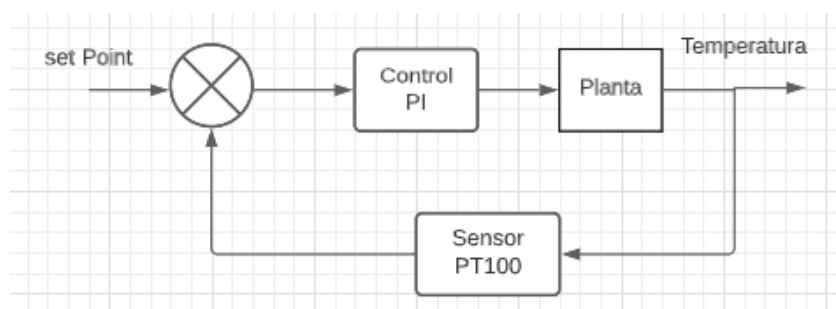


Figura 2.12 Sistema de control de la incubadora

El sistema de control está constituido por el sensor PT100 de tres hilos con cable apantallado quien es el encargado de llevar el valor de la variable al módulo de expansión AM2 RTD del PLC. Además, el sistema cuenta con 3 niquelinas, una de 1000W y 2 de 100 W a 110V (ver el cálculo realizados para la potencia de las niquelinas en ANEXO B), por lo tanto, se requiere un circuito de potencia que es controlada por el PLC, teniendo el diagrama del sistema de control de la siguiente manera, como se puede observar en la figura 2.13. El motivo del uso de las 3 niquelinas es llegar a la temperatura deseada en menor tiempo y realizar un control de temperatura con mayor precisión.

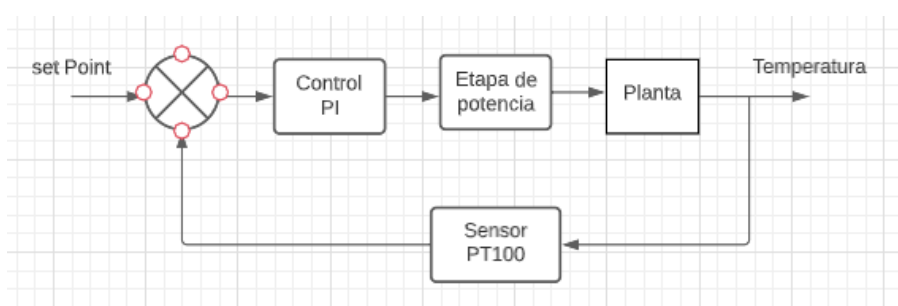


Figura 2.13 Sistema de control aplicado

El PLC mediante su módulo de salida analógica controla la intensidad de las niquelinas las que están conectadas a un relé de estado sólido (SSR).

Teniendo en cuenta que la variable crítica a controlar en las incubadoras es la temperatura, en la mayoría de trabajos se ha aplicado un control PID ya que se obtiene

una variación continua de la salida con respecto a la entrada, eliminando la oscilación y proporcionando mayor eficiencia a la hora de controlar. Por tal motivo se realiza un estudio de verificación de la respuesta del controlador PI, para lo cual se obtuvo la función de transferencia de la planta y del controlador (ver los cálculos en ANEXO C). teniendo la figura 2.14 como el sistema de control de la siguiente manera :

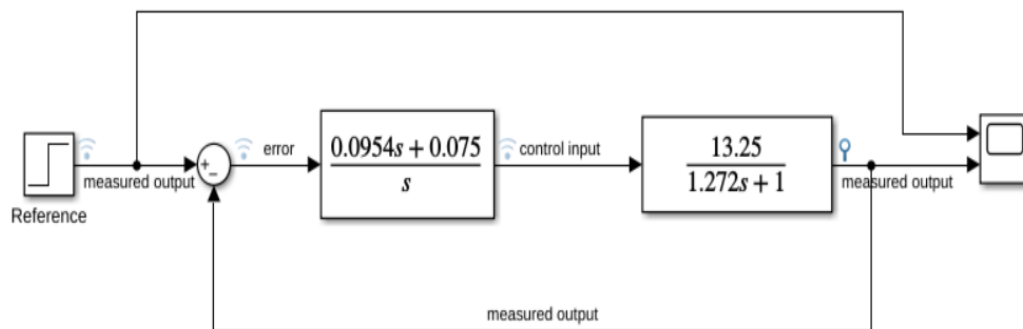


Figura 2.14 Sistema de Control de la Incubadora

En la sintonización del PI se aplicó el método de Ziegler- Nichols que permite definir las constantes o ganancia (K_p y K_i), a partir de la respuesta del sistema en lazo abierto o sistema en lazo cerrado (Pardo Martín, 2018).

Para la simulación del sistema de control de la figura 2.14 se facilitó del software simulink de Matlab. Además, se obtuvo la curva de la señal de control para la temperatura como se observar en la figura 2.15.

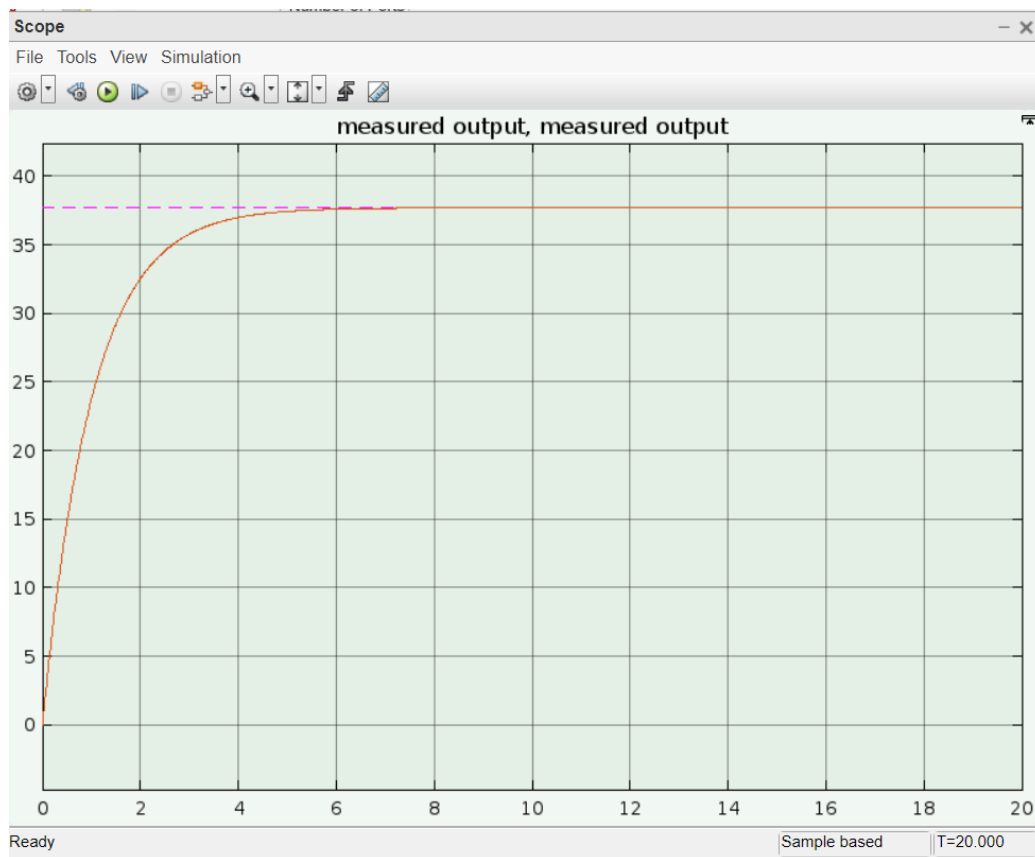


Figura 2.15 Señal de control

Para diseñar el control de temperatura no se tomó en cuenta la intervención del control de humedad relativa incorporado en el sistema.

Se verifico (según el comportamiento de la señal de control del PI que se puede observar en la figura 2.15), que se puede aplicar el controlador PI para este trabajo.

2.5.3 DISEÑO DE CONTROL DEL SUBSISTEMA DE HUMEDAD RELATIVA

El control de humedad relativa en las incubadoras es un parámetro que tiene su grado de precisión, al igual que la temperatura, porque influye mucho de este factor para que los huevos puedan desarrollarse y ablandar el cascaron para obtener una tasa de natalidad alta, lo que diferencia de la temperatura es el rango de amplitud que tienen para el correcto funcionamiento.

Para el presente trabajo se aplica el control en lazo cerrado ON/OFF con histéresis, es decir un sistema de control básico, aunque no cumple su función adecuadamente frente a las perturbaciones, es un control adecuado para este proceso ya que el rango es amplio. Al igual que la temperatura, se aplica el control en cada una de sus etapas de incubación.

En el interior de la incubadora se coloca el sensor de humedad relativa HIH-4030. La misma que lleva información al PLC, y ayuda a mantener en el rango establecido. Antes del proceso de incubación, a la incubadora se debe poner en precalentamiento para llegar a los valores establecido de la temperatura y de la humedad relativa (Bharosh y otros, 2021). Cuando la humedad relativa se mantiene en los valores de 50 a 65 % el calentador de agua debe estar apagado, si los valores disminuyen se enciende, este proceso se desarrolla los primeros 18 días. En los últimos días del proceso, para que la magnitud de la humedad aumente, debe encender el calentador de agua logrando así el aumento de la humedad relativa entre el rango de 60 a 75%. Además, la obtención del rango requerido depende de la cantidad de agua que se coloque en el recipiente (e incluso de su área transversal del mismo) que está ubicado en la parte superior de la incubadora. Por tal motivo se colocó un sensor de nivel, así conseguir que permanezca el nivel adecuado de agua en el interior de la cámara. En la figura 2.16 se puede observar los elementos empleados para la obtención de humedad y temperatura,

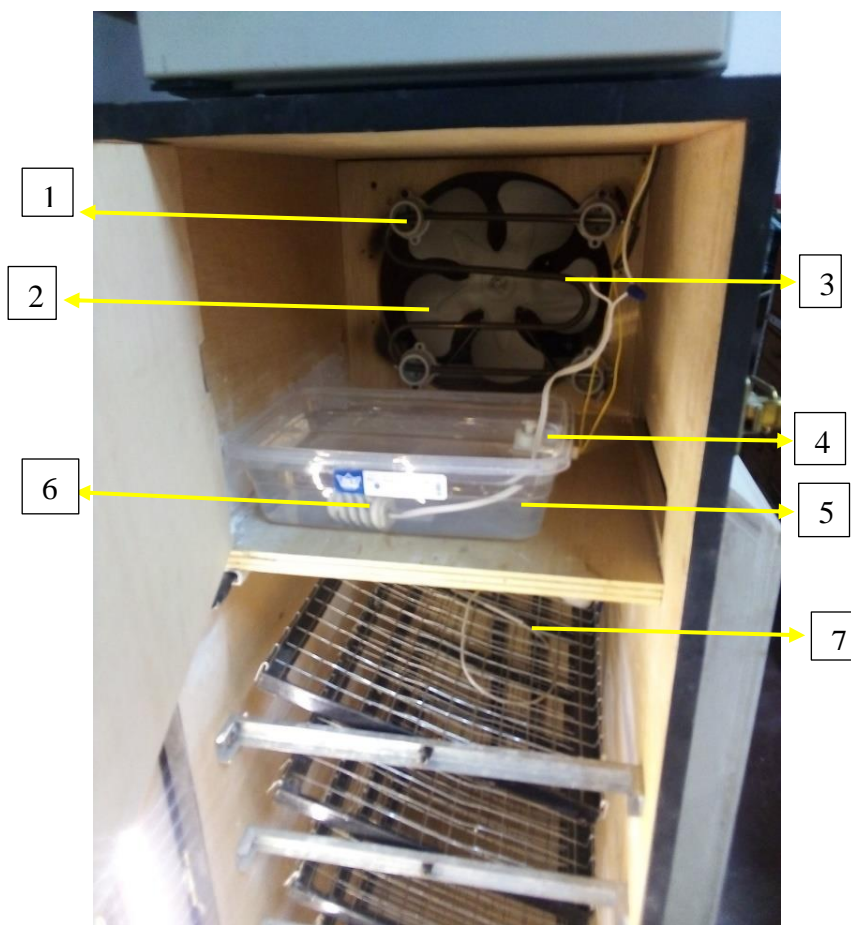


Figura 2.16 Incubadora y, elemento para obtener humedad y temperatura

1. Aislante cerámico
2. Ventilador
3. Niquelina
4. Sensor de nivel
5. Recipiente de agua
6. Calentador de agua
7. Sensores de humedad y temperatura

2.5.4 DISEÑO DE CONTROL DEL SUBSISTEMA DE VOLTEO

El mecanismo aplicado para obtención del movimiento es de biela-manivela, la estructura de la incubadora restringe mucho para la utilización de otros mecanismos. Para

este diseño se utiliza el motorreductor ECM 6048. En la figura 2.17 se puede observar la colocación del motor y el mecanismo para la obtención del movimiento.

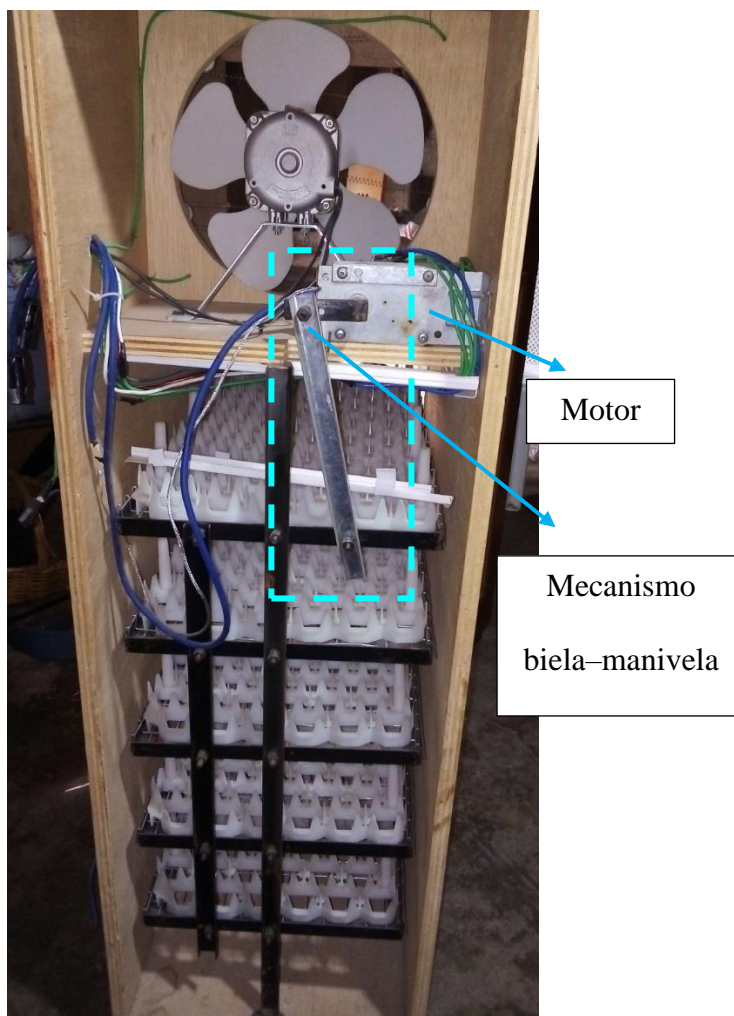


Figura 2.17 Mecanismo para el sistema de volteo

Para obtener el control del giro del motor se aplica un control ON/OFF, según la tabla 2.1 en la primera etapa de incubación el movimiento de los huevos es requerido cada 2 horas. Y en la segunda etapa ya no se requiere realizar, por ende, no se realiza ningún control.

En la parte inferior y posterior al interior de la incubadora se facilita de 2 finales de carrera, las que detectan la señal y envían al PLC la misma que se puede observar en la

figura 2.18. Para la ubicación de los mismos se basa en la estructura de soporte de las bandejas de huevo, de la esquina de la quinta fila para que accione y emita la señal al PLC de que realizó el movimiento.



Figura 2.18 Ubicación del final de carrera

Dentro del PLC existe temporizadores, la misma que ayuda a que cada 2 horas el controlador emita una señal de salida, el mismo que energiza una bobina del relé, cierra el contacto y realiza el movimiento, acciona el final de carrera y apague. Volviendo al mismo ciclo de dos horas y cumpliendo en la primera etapa de incubación que dura 18 días.

Al poner en marcha el proceso de incubación, la estructura se encuentra ubicada en posición inicial, es decir que se encuentra en posición horizontal, pasado las 2 horas realiza el primer movimiento consiguiendo $\pm 45^\circ$ con respecto al eje horizontal. En la figura 2.19 se puede observar el volteo obtenido de la estructura de las bandejas de huevos.



Figura 2.19 Volteo de las bandejas de huevo

2.5.5 DISEÑO DE CONTROL DEL SUBSISTEMA DE VENTILACIÓN

El sistema de calefacción dentro de la incubadora se da por transmisión de convección forzada, esto quiere decir: la energía calorífica se transmite por el movimiento físico de moléculas “calientes” de las zonas de alta temperatura a las zonas de baja temperatura y viceversa, equilibrándose las temperaturas (Domingo, 2011).

En este trabajo se utiliza un ventilador quien es el encargado de realizar que el aire circule dentro de la cámara, se utilizó el ventilador que venía incorporado en la estructura. Como ya se definió no se requiere de un control de ventilación, porque en todo el periodo de incubación el flujo de aire debe ser constante. En la figura 2.16 se puede observar la ubicación del ventilador.

2.5.6 CONTEO DE DÍAS

El conteo de días del proceso de incubación es indispensable teniendo los valores de comportamiento de los parámetros en la tabla 2.1. En este trabajo para la programación se definió que sea de 23 días, culminado este tiempo debe emitir una señal de fin del periodo de incubación, esta información se visualiza en la pantalla del PLC, dando a conocer al operario que maneja la incubadora.

El controlador utilizado tiene en su interior temporizadores de segundos, horas de días y semanas. La primera propuesta del conteo de días se basa con el temporizador semanal, ya que cuenta con 3 semanas de proceso pudiendo contarse el pase del día a las 00:00:01 horas. La segunda propuesta se dio mediante el conteo del movimiento que realiza el sistema de volteo, teniendo en cuenta que cada 2 horas se realiza. Para la programación se optó por la segunda propuesta, pese a que exista el temporizador semanal no se vio tan factible ya que al momento de configurar la hora y la fecha del PLC la puesta en marcha debía realizarse a las 00:00:00 para tener un conteo exacto de días, lo que no pasaba con la segunda propuesta, ya que no importa la hora del inicio del proceso de incubación, porque empieza a contar el tiempo desde que el operario acciona el encendido general del sistema, cada 12 señales de movimiento se obtiene un día de proceso, esto se puede obtener durante los 18 días, pero se cuestionó que sucede durante los 3 últimos días, por tal motivo se puso una condición que el temporizador de 2 horas se lo realice hasta finalizar el proceso de incubación, pero el movimiento se realice durante los 18 días, se pudo obtener mediante la utilización del bloque AND.

2.6 FASE 6: PREPARACIÓN DE REPORTE, PLANOS Y ESPECIFICACIONES

2.6.1 PRUEBAS PRELIMINARES

Al implementar el diseño de control en la planta, se descubrió que el flujo de aire dentro de la cámara era irregular. Llevando a que se tenga inconvenientes a la hora de suministrar el calor y la humedad adecuada en el interior de la cámara de incubación, La temperatura variaba en diferentes puntos, para esta deducción se utilizó 3 diferentes medidores de temperatura digital, como se puede observar en la figura 2.20



Figura 2.20 Prueba de temperatura en diferentes puntos

La ubicación del PT100 y el sensor de humedad es en el centro de la incubadora, los medidores están ubicados de la siguiente manera: 1 en la primera fila, 2 en la tercera fila

juntamente con el PT100 y el 3 en la quinta fila, las 3 ubicadas en el punto medio de las filas. Dando el resultado una variación de temperatura de 10°C entre el primer medidor y el tercero. Para cualquier modificación del sistema de control se encontraba restringida por el diseño original de la incubadora, por tal motivo se optó por realizar un rediseño de la misma.

En el diseño de la estructura se tenía: en la parte superior un ventilador seguido de la niquelina de 1000Watts, además, la bandeja de agua; el ventilador forzaba a que el aire caliente emitido por la niquelina y la humedad conseguida sea llevado a la parte inferior de la cámara como se puede observar en la imagen 2.20. El aire golpeaba en la pared de la puerta y dispersaba a la parte inferior, en la primera fila se consigue mayor flujo de aire y en la quinta fila el menor.

En la figura 2.21 se observa la modificación de la estructura de la incubadora.



Figura 2.21 Modificación de la estructura de la incubadora

Al interior de la incubadora, en la parte superior se puso una puerta para que cubra la cámara de humidificación y calefacción del sistema, consiguiendo que el aire choque en la pared de esta puerta y sea enviado por la parte lateral de la incubadora, teniendo la distribución aleatoria, consiguiendo el flujo de aire constante, la misma que facilita a conseguir la temperatura y humedad deseada para este proceso sin mayor variación de sus parámetros en los diferentes puntos. En la figura 2.22 se puede observar la incubadora sellada. Además, Se facilita de 2 niquelinas cada uno de 100 Watts (cumpliendo con el cálculo realizado para el valor de las niquelinas) se pudo conseguir la estabilidad de la incubador alrededor de 30 minutos.

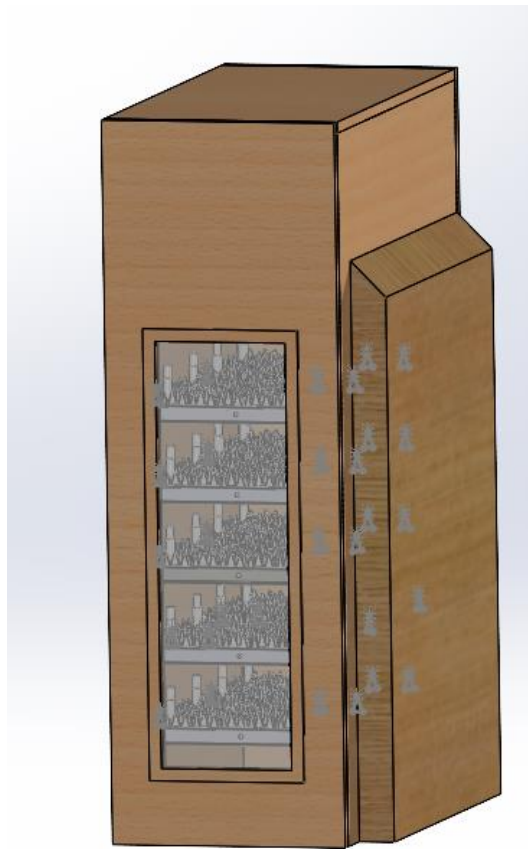


Figura 2.22 Estructura de incubadora completa, en solidworks

Realizado esta modificación una vez más se procede a las pruebas preliminares del sistema de control como se observa en la figura 2.23; durante 2 días, facilitándose de los medidores digitales de temperatura, ubicadas en varios puntos, donde se consigue los siguientes valores.

- ✓ Tiempo de estabilidad: 33 minutos
- ✓ Volteo cada 2 horas.
- ✓ Temperatura: máx. 38 y min. 37
- ✓ Humedad relativa: máx. 75% y min. 40%



Figura 2.23 Pruebas preliminares

El programa elaborado para el sistema de control de la incubadora se encuentra detallado en el ANEXO J, además de sus especificaciones y el diagrama eléctrico en el ANEXO K.

2.7 FASE 7: IMPLEMENTACIÓN DEL DISEÑO

El diseño del sistema de control de una incubadora se realiza con los parámetros y sus especificaciones, planteadas anteriormente, en el proceso de investigación.

2.7.1 PARÁMETROS PARA LA IMPLEMENTACIÓN

El tiempo de operación de la incubadora es de 24 horas al día, el proceso de incubación de un embrión de gallina consta de 18 días y los 3 últimos días pasan al proceso de eclosión pudiendo llevarse a cabo en la incubadora, si se cumple los parámetros establecidos, o en el caso de no contar con este proceso en las incubadoras los huevos son transferidos a una máquina nacedora. En la transferencia de los huevos de incubadora a nacedora se da a los 19 días del proceso de incubación, donde la nacedora debe cumplir con los parámetros establecidos de la tabla 2.1. en los tres últimos días.

En algunas incubadoras existentes en el mercado pueden ser de cargas únicas o múltiples. Cargas únicas se llama cuando se coloca el total de capacidad de huevos en la incubadora o cuando se realiza la carga en una sola fecha hasta la eclosión, y en la carga múltiple se realiza cargas menores de huevos en diferentes fechas.

La capacidad de las incubadoras depende de los modelos que ofrecen en el mercado, es decir, el número de huevos máximos que se puede cargar, para este trabajo la capacidad de la incubadora es de 480 huevos.

El punto crítico en la incubación es la temperatura, para el desarrollo de este subsistema se emplea el control PI existente en el controlador PLC LOGO! 12/24 RC ayudándonos del sensor PT100 en un control de lazo cerrado.

Para este subsistema se aplica un control ON/OFF ayudándose del sensor de humedad relativa HIH – 4030, además del sensor de nivel tipo interruptor para el llenado de la bandeja de agua. Para la obtención de la humedad relativa dentro de la cámara de incubación se emplea de una bandeja de agua que ayuda a permanecer en el rango de 50% a 75% sin mayor complejidad, ya que el rango es amplio, se puede obviar de otros sistemas de humidificación. Al exterior de la incubadora está ubicado un reservorio de agua, en su interior se encuentra una mini bomba que se acciona cuando el sensor de nivel emite una señal al PLC para tener el suministro de agua dentro de la cámara, llegado al nivel establecido se apaga, proporcionando a que la incubadora se encuentre cerrada el mayor tiempo posible.

El de control del subsistema de volteo aplicado es ON/OFF en este proyecto. Es en base al motorreductor ECM6048 acoplado el mecanismo biela manivela, el que permite desarrollar el movimiento circular a movimiento lineal, obteniendo las dos posiciones deseadas para el proceso de incubación. Se acciona cada 2 horas durante los primeros 18 días. Ayudándose de 2 finales de carrera ubicados en la parte inferior y posterior interna de la incubadora.

El intercambio de aire dentro del gabinete es indispensable para que fluya el aire caliente, disperse la humedad y sobre todo de oxígeno a los huevos. De tal motivo que la ventilación dentro de la cámara de incubación es constante. Por el diseño que tiene la incubadora se puede tener el recambio de aire ya que consta de desfogue en la parte de posterior, tanto superior e inferior.

Según los estudios realizados en el capítulo 1, el proceso de incubación dura 21 días, pudiendo extenderse de dos a tres días por este motivo se aplicó mejoras a la incubadora

para que también se pueda aplicar como nacedera, ya que al inicio solo contaba con el proceso de incubación, además se extendió 2 días ya que se puede tener un retardo de eclosión, no debidamente al sistema de control ya que influye muchísimo del estado de los huevos. Para la seguridad de los pollitos, en la porta bandejas se colocó mallas, además que facilita la circulación del aire dentro de la cámara.

El HMI es muy importante en este proyecto ya que está basado para el artesano, su manejo y control es muy simple, de esta manera cualquier persona, sea que tenga los conocimientos de la tecnología aplicada en este trabajo o no, pueda manejarla. Por tal motivo se utiliza la pantalla existente del PLC que ayuda a visualizar la temperatura, la humedad relativa y el número de días de incubación. Cuenta con dos interruptores, uno de ellos se utiliza para el ON/OFF del sistema y otro para el ON/OFF de la luz dentro de la cámara, y por cualquier percance de un paro de emergencia. Además, dos señales luminosas que indica el encendido de la cámara y el estado off en paro de emergencia. El proceso del paro de emergencia desenergiza todo el sistema por el tiempo que este accionado. A continuación, se puede observar el gabinete de control en la figura 2.24.



Figura 2.24 Gabinete de control

CAPÍTULO III

RESULTADOS

Es indispensable realizar las pruebas de funcionamiento práctico de este trabajo ya que permitirá evaluar el desempeño de todo el sistema y obtener datos reales y contundentes para realizar alguna corrección que requiera el sistema o a su vez para mantener a las variables en los valores predeterminados. De tal manera el presente capítulo presenta los datos obtenidos en las tres pruebas de funcionamiento, cada uno con la duración del proceso.

3.1 PRUEBA DEL SISTEMA DE INCUBACIÓN

El sistema de control de la incubadora está programado para que se cumpla todo el ciclo de incubación que son de 21 a 23 días, es decir los 18 días como incubadora y 3 días o más como nacedora si se requiere realizar una carga única de 480 huevos, pero también se puede realizar cargas múltiples, teniendo en cuenta que se requerirá una nacedora externa.

Para la realización de las pruebas se utiliza a la incubadora el método de incubación de carga múltiple y se lo realiza con 30 huevos. En total entre las cargas múltiples para la prueba del sistema de incubación se utilizó 90 huevos. Por el motivo de realización de cargas múltiples en la incubadora se realiza un prototipo de nacedora para 30 huevos aproximadamente para la obtención de estas pruebas ya que se requiere por lo mínimo 23 días el período de incubación que va desde el precalentamiento de la incubadora hasta la eclosión tardía de los huevos. Además de brindar un servicio amplio en la utilización de la incubadora como carga múltiple dando lugar a que puede realizar cargas de hasta 30

huevos, con un tiempo mínimo de 3 días para que el artesano pueda adquirir los pollitos cada tres o cuatro días después con las siguientes cargas.

3.1.1 PRIMERA PRUEBA

Al inicio de la puesta en marcha, como se expuso anteriormente, se requiere realizar un precalentamiento del sistema de incubación, en muchos estudios detalla que se realiza por lo menos de 1 a 3 días. En este proyecto se realizó anteriormente las pruebas si carga donde se facilitó el precalentamiento. En dicha prueba se pudo determinar que, la incubadora sin carga de huevos, el sistema llega a los valores determinados en 35 minutos.

Para la primera prueba, la carga de los huevos fue de 30 los cuales estaban distribuidas en las bandejas, se ubicó en la segunda fila de la incubadora, cabe recalcar que la incubadora está formada de una columna con 5 filas.

3.1.1.1 Puesta en marcha

Una vez ubicado en la bandeja a los huevos con el polo más fino con dirección abajo dentro de la incubadora, se da el inicio de la puesta en marcha de la primera prueba del sistema de control de la incubadora artesanal, teniendo en cuenta los valores de la variable de temperatura y humedad que debe tener dentro de la cámara, además de las distintas señales que proviene del sensor de nivel y de los finales de carrera. Del control de la ventilación no está encargado el controlador, ya que en los requerimientos del sistema es que se tenga una ventilación constante para obtener un constante flujo de aire como se explicó en el capítulo dos.

A las dos horas de encendido del sistema, con la colocación de los huevos dentro de la incubadora se tuvo el primer volteo como se observa en la figura 3.1.



Figura 3.1 Primera prueba del sistema de incubación

3.1.1.2 Ovoscopio

La prueba de ovoscopio se realizó a los 18 días antes de cambiar a la nacedora. Aviagen dice que: “los huevos se pueden observar con un ovoscopio de alumbrar para identificar embriones muertos y huevos infértiles alrededor de los 10 días de incubación. El uso del ovoscopio se combina generalmente con la transferencia a los 18 días, de modo que los huevos no sean removidos de la incubadora dos veces” (Aviagen, 2015). Por tal motivo la ovoscopia para estas pruebas se realizó una sola vez, antes de transferir los huevos, de la incubadora a la nacedora.

En la figura 3.2 se puede visualizar que el huevo era infértil por tal motivo no se realizó ninguna transformación dentro del huevo. Claramente se puede observar una yema dentro del huevo, además no se ha formado ninguna arteria, ya que ha esta etapa debería de haberse formado casi en su totalidad el pollito; debería de haber pasado por el proceso

de formación de las arterias para poder decir que un huevo era fértil y murió en el proceso de incubación.



Figura 3.2 Ovoscopia del huevo infértil

En la figura 3.3 se puede observar a un huevo fértil ya en proceso de eclosión ya que no se puede observar como en la figura 3.2 esa transparencia en el huevo, más bien es una masa oscura y se puede observar un movimiento dentro del huevo, lo que nos viene a decir que se consiguió desarrollar en el proceso de incubación y está listo para trasladar a la nacedora.



Figura 3.3 Ovoscopia del huevo fértil

La ovoscopia ayudó a definir cuantos huevos estaban fértiles e infértiles, de los 30 huevos colocados inicialmente 11 de ellos eran huevos infértiles, 2 habían desarrollado arterias, pero no se veía claramente que se haya formado por completo según los días de incubación y 17 se observó que era fértiles. Seguido de la ovoscopia se procedió a colocar 19 huevos en la nacedora siguiendo el proceso de incubación, teniendo en cuenta que los 19 huevos implican el 100%.

3.1.1.3 Resultados obtenidos de la primera prueba

Luego de desarrollar la prueba de ovoscopia se procedió a separar los huevos infértiles de los huevos fértiles, además, a los huevos fértiles se les coloco en la nacedora. En la figura 3.4 se puede observar los huevos en la nacedora para los 3 últimos días del proceso de incubación.



Figura 3.4 Huevos fértiles en la nacedora

Después de haber pasado todo el proceso de incubación que tiene una duración de 21 días se pudo observar que el sistema de control fue efectivo, se tuvo nacimientos a partir

del día 21 como se lo esperaba, con duración de 28 horas más. Además, se obtuvo de los 19 huevos colocados en la nacedora el nacimiento de 17 pollitos dando un índice de eficiencia del 89,47%. En la figura 3.5 se puede observar los primeros pollitos.



Figura 3.5 Pollitos recién nacidos

En la tabla 3.1 se puede observar el comportamiento de la temperatura y de la humedad durante los 21 días de incubación. 18 días en la incubadora y 3 días en la nacedora. De la misma manera el volteo y observaciones presentadas en este período.

Tabla 3-1. Datos de la primera prueba

N° días	Temperatura (°C)	Humedad Relativa HR%	Volteo cada 2 horas	Observaciones
1	38	48	✓	Información recogida en la tarde cumpliéndose las 12 horas de la primera puesta,
2	39	72	✓	Información recogida por la mañana. Se quita el reverbero, ya que al activarse eleva la temperatura y la humedad
3	37	49	✓	Información recogida por la mañana.

				El recipiente inicial mantiene la humedad entre 45-49% HR,
4	38	55	✓	<p>Información recogida por la mañana.</p> <p>Se coloca un recipiente para el agua de acero inoxidable junto a la niquelina. Y otro recipiente de plástico en la parte de inferior de la incubadora</p> <p>Se coloca los 30 huevos siguientes.</p>
5	38	54	✓	Información recogida por la mañana.
6	38	52	✓	Información recogida por la mañana.
7	37	49	✓	Información recogida por la mañana.
8	37	49	✓	<p>Información recogida por la mañana.</p> <p>Se coloca los 30 huevos siguientes</p>
9	38	52	✓	Información recogida por la mañana.
10	37	56	✓	Información recogida por la mañana.
11	38	58	✓	Información recogida por la mañana.
12	38	54	✓	Información recogida por la mañana.
13	37	59	✓	Información recogida por la mañana.
14	37	55	✓	Información recogida por la mañana.
15	38	56	✓	Información recogida por la mañana.
16	38	58	✓	<p>Información recogida por la mañana.</p> <p>Corte de la energía eléctrica durante 4 minutos, permaneció en la temperatura adecuada hasta bajar hasta 36 durante ese tiempo y siguió con el correcto funcionamiento.</p>

17	38	54	✓	Información recogida por la mañana.
18	38	53	✓	Información recogida por la mañana. Ovoscofia y transferencia a nacedora
19	36,5	70,9		Información recogida por la mañana.
20	36,8	69,4		Información recogida por la mañana.
21	36,3	72,8		Información recogida por la mañana. Eclosión de los primeros pollitos
22	36,5	72,6		Información recogida por la tarde. Eclosión de los últimos pollitos. Fin del proceso.

De los 19 huevos se consiguió la eclosión de 17 de ellos, con los 2 restantes se procedió a romperlos y se observó que murieron alrededor de la segunda semana de incubación. Además, se pudo evidenciar que la natalidad de los huevos en el proceso de incubación el factor de la selección del huevo es sumamente importante, ya que para esta prueba se tenía 11 huevos infértiles, esto puede ocasionar grandes pérdidas económicas si no se toma en cuenta este factor al inicio de todo el proceso.

3.1.2 SEGUNDA PRUEBA

La segunda prueba se procede a realizar al cuarto día de incubación de la primera carga. Se coloca 30 huevos en diferentes lugares de las dos bandejas y a su vez se los coloco en la tercera fila de la incubadora, como se puede observar en la figura 3.6.



Figura 3.6 Colocación de huevos para la segunda prueba de incubación.

Se realiza el mismo procedimiento que de la primera puesta en marcha, solo que esta vez la incubadora estaba en los parámetros ideales para realizar el proceso de incubación, además se tuvo la dificultad de colocar la bandeja ya que estaba en inclinación. Se realizó la ovoscopia a los 18 días del proceso y se determinó que de los 30 huevos colocados en la incubadora 26 eran huevos fértiles y pasaron a la nacedora, menos 1 porque se rompió al momento de sacar las bandejas de la primera prueba, aunque se le dejó para que culmine los 18 días de incubación, el pollito que se estaba formando ya había muerto. Se puede observar en la figura 3.7 la colocación de los 25 huevos en la nacedora.



Figura 3.7 Huevos fértiles en la nacedora, segunda prueba

A partir de los 20 días de la segunda prueba se pudo evidenciar que había rompimiento de cascaron y el nacimiento partió desde el inicio de los 21 días, con una duración de 24 horas. De los 26 huevos nacieron 22, teniendo una eficiencia de incubación del 84,6%. De los 4 restantes, 1 murió cuando se sacó las bandejas de la primera prueba, 2 de ellos no pudieron completar su nacimiento y el ultimo solo pico y murió. Podemos observar en la figura 3.8 el nacimiento de pollitos de la segunda prueba



Figura 3.8 Pollitos recién nacidos de la segunda prueba

En la tabla 3.2 se detalla el comportamiento de los subsistemas de control durante el proceso de los 21 días de incubación más las 24 horas para concluir la eclosión. 18 días en la incubadora y 3 días en la nacedora.

Tabla 3-2 Datos de la segunda prueba

N° días	Temperatura (°C)	Humedad Relativa HR%	Volteo cada 2 horas	Observaciones
1	37	55	✓	Información recogida en la tarde cumpliéndose las 12 horas de la puesta en marcha.
2	38	54	✓	Información recogida por la mañana.
3	38	52	✓	Información recogida por la mañana.
4	37	49	✓	Información recogida por la mañana. Se coloca los 30 huevos siguientes
5	37	49	✓	Información recogida por la mañana.
6	38	52	✓	Información recogida por la mañana.
7	38	57	✓	Información recogida por la mañana.
8	38	58	✓	Información recogida por la mañana.
9	38	54	✓	Información recogida por la mañana.
10	37	59	✓	Información recogida por la mañana.
11	37	55	✓	Información recogida por la mañana.
12	38	56	✓	Información recogida por la mañana.
13	38	58	✓	Información recogida por la mañana. Corte de la energía eléctrica durante 4 minutos, permaneció en la temperatura adecuada hasta bajar hasta 36 durante ese tiempo y siguió con el correcto funcionamiento.
14	38	54	✓	Información recogida por la mañana.
15	38	53	✓	Información recogida por la mañana.
16	38	54	✓	Información recogida por la mañana.

17	38	52	✓	Información recogida por la mañana.
18	38	51	✓	Información recogida por la mañana. Ovoscofia y cambio a nacedora
19	36,8	71,1		Información recogida por la mañana.
20	36,6	72,8		Información recogida por la mañana. Rompimiento del cascara en la noche.
21	36,4	69,5		Información recogida por la mañana. Eclosión de los primeros pollitos
22	36,7	69,1		Información recogida por la mañana. Eclosión de los últimos pollitos. Fin del proceso.

3.1.3 TERCERA PRUEBA

La tercera prueba se procede a realizar al octavo día de incubación de la primera carga. Se coloca 30 huevos dispersos en las 2 bandejas y a su vez se los coloco en la cuarta fila de la incubadora, como se puede observar en la figura 3.9.



Figura 3.9 Huevos en la incubadora, tercera prueba

La temperatura y la humedad permanecieron en los rangos requeridos, para esta prueba no se tuvo mayor apertura de la puerta, además en el día 18 de la segunda prueba se colocó a las bandejas en la tercera fila de la incubadora. En la figura 3.10 se puede observar a los pollitos nacidos de la primera prueba, la nacedora recién iniciada para la segunda prueba y la incubadora con los huevos de la tercera prueba en paro de emergencia.



Figura 3.10 Incubadora, nacedora y los primeros pollitos

En la prueba de la ovoscopia se obtuvo datos de los 30 huevos, 27 huevos eran fértiles con 1 huevo dudoso, pero se les colocó a los 27 huevos en la nacedora. Se consiguió el nacimiento de 25 pollitos, esto quiere decir con una eficiencia de 92,6%. En la figura 3.11 se observa el nacimiento de los pollitos de la tercera carga.



Figura 3.11 Nacimiento de pollitos, tercera prueba

En la tabla 3.3 se puede observar los datos obtenidos del comportamiento de los parámetros durante el desarrollo del proceso de la tercera prueba.

Tabla 3-3 Datos de la tercera prueba

N° días	Temperatura (°C)	Humedad Relativa HR%	Volteo cada 2 horas	Observaciones
1	37	49	✓	Información recogida por la mañana.
2	38	52	✓	Información recogida por la mañana.
3	38	57	✓	Información recogida por la mañana.
4	38	58	✓	Información recogida por la mañana.
5	38	54	✓	Información recogida por la mañana.
6	37	59	✓	Información recogida por la mañana.
7	37	55	✓	Información recogida por la mañana.
8	38	56	✓	Información recogida por la mañana.
9	38	58	✓	Información recogida por la mañana. Corte de la energía eléctrica durante 4 minutos, permaneció en la temperatura

				adecuada hasta bajar hasta 36 durante ese tiempo y siguió con el correcto funcionamiento.
10	38	54	✓	Información recogida por la mañana.
11	38	53	✓	Información recogida por la mañana.
12	38	54	✓	Información recogida por la mañana.
13	38	52	✓	Información recogida por la mañana.
14	38	51	✓	Información recogida por la mañana.
15	37	51	✓	Información recogida por la mañana.
16	38	52	✓	Información recogida por la mañana.
17	38	57	✓	Información recogida por la mañana.
18	38	58	✓	Información recogida por la mañana. Ovoscofia y cambio a nacedora
19	36,7	69,1		Información recogida por la mañana.
20	36,6	70,8		Información recogida por la mañana.
21	36,5	70,1		Información recogida por la mañana. Eclosión de los primeros pollitos
22	36,7	69,8		Información recogida por la tarde. Eclosión de los últimos pollitos. Fin del proceso.

En todo el proceso de las pruebas se contó con un medidor digital de temperatura y humedad, dando a conocer que los parámetros eran similares al del PLC, como se puede observar en la figura 3.12 a lado izquierdo datos del PLC y en lado derecho datos del medidor. Datos tomados en el mismo día y a la misma hora.



Figura 3.12 Comparación de valores del PLC y medidor digital

3.2 CORRECCIONES

En el proceso de la primera prueba se optó en desconectar el reverbero para que no produzca una elevada temperatura, teniendo en cuenta que la variable más crítica es la temperatura, aunque repercute todos los subsistemas para el nacimiento del pollo. Se colocó un recipiente con agua a 28°C aproximadamente para conseguir la humedad relativa que se requiere, además, para que se mantenga el agua en dicha temperatura se la ubicó estratégicamente junto a la niquelina, y se colocó otro recipiente con agua a la misma temperatura en la parte inferior de la incubadora para que pueda compensar la humedad relativa, consiguiendo los valores requeridos para el proceso.

A los 18 días de la primera prueba se vio necesario modificar el programa, en si el programa está diseñado para 23 días (si se tuviera una carga única), culminada los 18 días los parámetros de la temperatura y humedad cambian, y las bandejas se colocan en posición inicial para que al momento de nacer los pollitos puedan tener mayor seguridad,

además, sea más fácil el manejo de las bandejas para el operario. Pero no ocurre lo mismo cuando se realiza la incubación múltiple ya que se vuelve complejo. Al culminar los 18 días de la primera prueba, los huevos de la segunda prueba deben continuar en los mismos parámetros, para lograr que sigan en dichos parámetros se da inicio a la máquina, esto se logra apagando y encendiendo la máquina, y se reinicia al proceso de incubación; aunque la temperatura, la humedad y el volteo no se ven afectados, pero si el conteo de días que no permite que se coloque las bandejas en posición inicial.

En estas pruebas a los 16 días, contada desde la primera prueba, se tuvo un apagón de 4 minutos y dio reinicio al sistema, por tal motivo los datos del conteo de días se perdieron, al cumplirse los 18 días las bandejas a la hora de sacar se encontraban inclinadas y por la estructura no se podía sacar, y se rompió un huevo de la segunda prueba. Por tal motivo se modificó el programa, para que cuando el operador accione el paro de emergencia se pueda obtener el movimiento de las bandejas y se coloque en posición inicial, además, esta modificación facilita al operario cuando requiera realizar la ovoscopia en los diferentes días y a su vez cuando exista anomalías en los sensores. Al realizar este cambio se pudo conseguir que las bandejas vuelvan a la posición inicial, como se puede observar en la figura 3.10, y poder sacar las bandejas con los huevos para poder realizar la prueba de la ovoscopia y trasladar a la nacedora.

3.3 RESPUESTA DE LOS CONTROLADORES DEL SUBSISTEMA

Para definir la respuesta de los controladores en la incubación realizada se partió en la toma de datos generada desde el programa durante la simulación en tiempo real los primeros 5 días, datos que se visualiza en la computadora en el programa LOGO SFOT CONFORT.

En la tabla 3.4 se detalla la toma de datos cada dos horas de temperatura y de la humedad relativa en el proceso de incubación puesta desde la primera prueba hasta 5 días.

Tabla 3-4 respuesta de temperatura y humedad relativa

t(horas)	T °C	HR%
0	0	0
2	38	41
4	37,7	43
6	37,6	46
8	37,8	48
10	37,8	49
12	37,7	48
14	37,5	50
16	37,7	54
18	37,5	58
20	37,8	64
22	38,5	69
24	38,7	76
26	38,2	74
28	37,9	62
30	37,8	52
32	37,6	53
34	37,5	54
36	37,6	56
38	37,8	54
40	37,7	58
42	37,7	53
44	37,6	49
46	37,4	48
48	37,8	49
50	37,6	50
52	37,8	49
54	37,8	49
56	37,7	52
58	37,5	56
60	37,6	54
62	37,7	52
64	37,8	50
66	37,8	49
68	37,7	50
70	37,5	54
72	37,6	55
74	37,5	53
76	37,6	51

78	37,7	50
80	37,6	56
82	37,7	52
84	37,6	53
86	37,8	58
88	37,6	51
90	37,5	53
92	37,7	55
94	37,7	52
96	37,8	54
98	37,6	58
100	37,5	58
102	37,8	56
104	36,5	41
106	37,8	49
108	37,5	51
110	37,8	50
112	37,6	54
114	37,8	52
116	37,5	53
118	37,6	51
120	37,5	52

En las siguientes figuras 3.13 y 3.14 tenemos la curva de respuesta de la temperatura y humedad respectivamente, en el proceso de incubación. No se realiza un dato de comportamiento del subsistema de volteo, ya cumplió debidamente con lo establecido. El tiempo de activación de la salida Q4 era cada 2 horas, permaneció encendido durante 5 segundos, cumplió el movimiento y se apagó durante los 18 días.

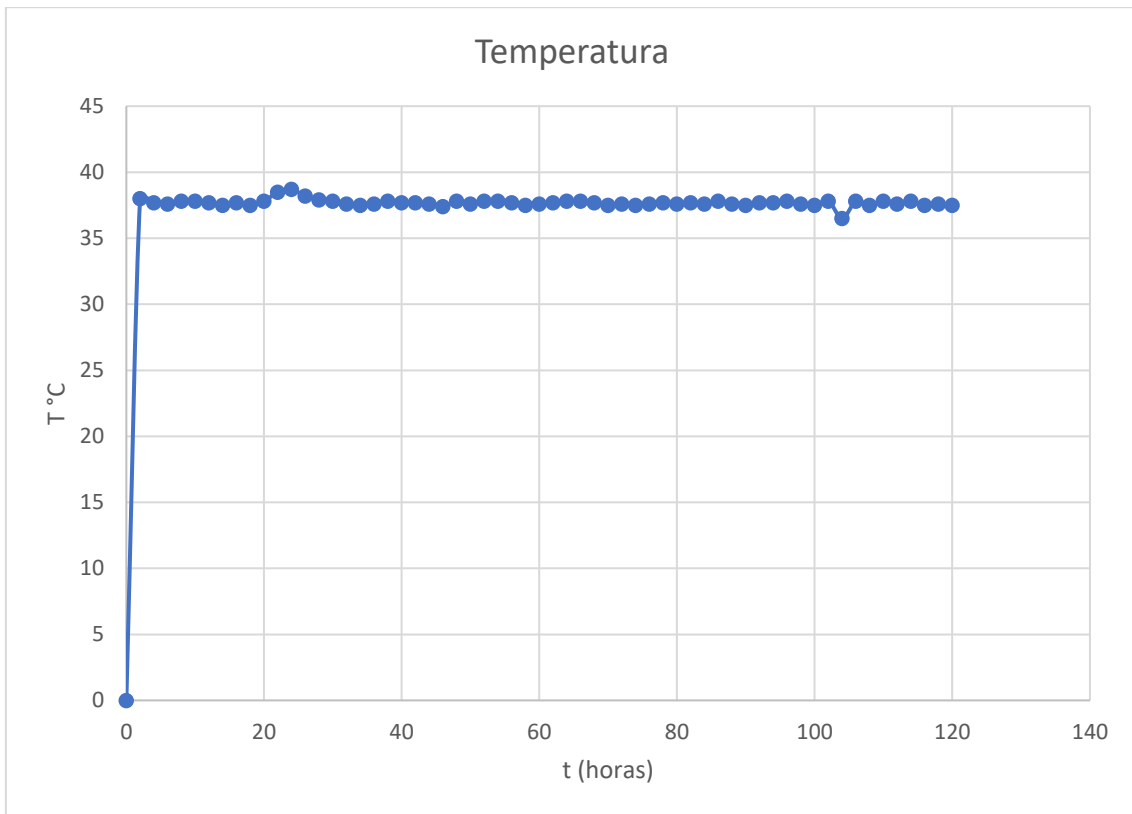


Figura 3.13 Curva de comportamiento del control de temperatura

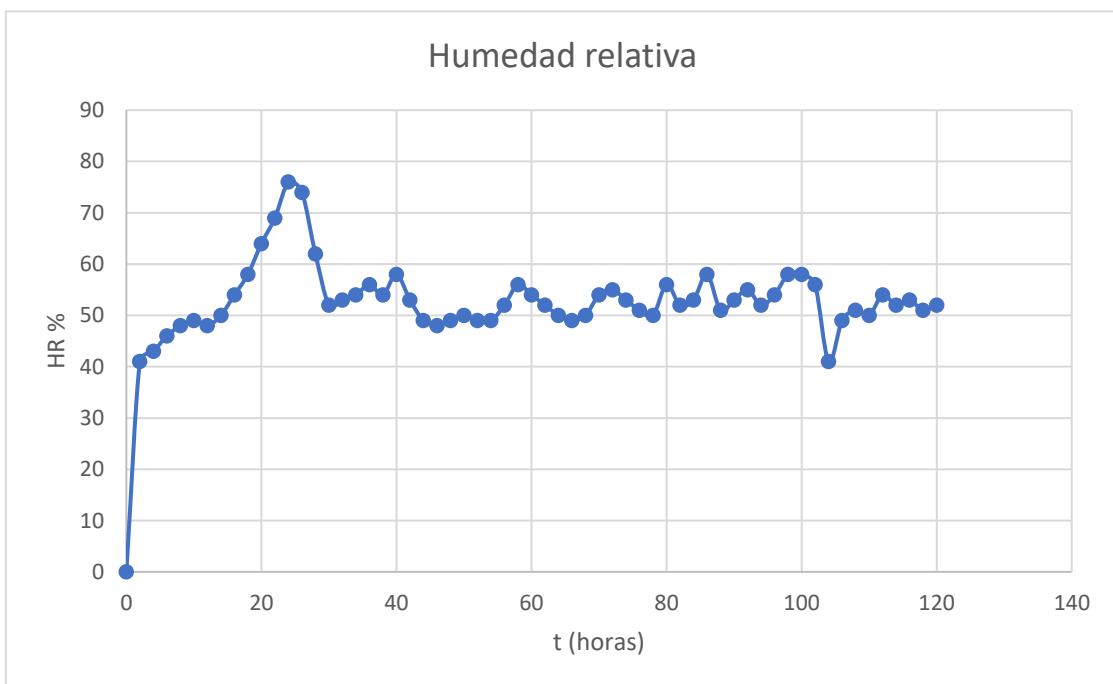


Figura 3.14 curva de comportamiento del control de humedad

3.4 MATERIAL Y COSTO DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL

En la tabla 3.5 se detalla los materiales empleados en este trabajo para la parte del sistema de control con sus respectivos costos.

Tabla 3-5 Material y costo del sistema de control

Ítem	Material	cantidad	valor
1	PLC LOGO! 12/24 RC	1	86
2	Fuente par PLC	1	80
3	Modulo AM2	1	72
4	Modulo AM2 RTD	1	76
5	Modulo AM2 AQ	1	72
6	Cable USB LOGO (genérico)	1	45
7	Gabinete 30x30x20	1	35
8	PT 100 de tres hilos	1	14,50
9	Sensor HIH4030	1	20
10	Sensor de nivel de agua	1	5,90
11	SSR 25 ^a	1	12
12	Relé mecánico	1	7,30
13	Mini bomba de agua sumergible	1	7,50
14	Luces led	1	9
15	Fuente 12 VCC	1	5,50
16	Luces piloto (verde-rojo)	2	5,50
17	Selector	1	3,50
18	Pulsador hongo	1	2,75
19	Interruptor	1	4,29
20	Termomagnético	1	12,20
21	Porta fusible y fusible cerámico	1	3,85
22	Borneras	6	4,80
23	Relé	2	2,40
24	LM 317	1	0.90

25	Resistencia 240 Ω	1	0,10
26	Potenciómetro 100 k Ω	1	0,35
27	Condensador 0,1 μ f y 1 μ f	2	0,45
28	Finales de carrera	2	9
29	Cables térmicos N° 12	20	11
30	Niquelinas	3	45
31	Canaleta ranurada	2	15,70
32	Canaleta	1	3,50
33	Riel din	1	6,50
34	Terminales para cables		8,30
TOTAL			686,89

ESTRUCTURA para 480 huevos

Tabla 3-6 Material y costos de la incubadora (estructura)

Ítem	Materia	cantidad	Precio
1	Motoreductor	1	99
2	1 ventilador (motor+aspa)	1	74
3	Bandejas de huevos	10	24
4	Plancha de madera 18mm	2	90
5	Tornillos		2,9
6	Estructura porta bandejas	1	100
7	Bandeja plástica	2	3,5
8	Bandeja de acero inoxidable	1	5
9	Manguera de pecera	1	2
10	Recipiente de agua 8 Ltr.	1	4,5
TOTAL			404,9

NACEDORA para 30 huevos.

Tabla 3-7 Material y costos de la nacedora

Ítems	Material	Cantidad	Precio
1	Foco de 40W	1	1
2	Estructura	1	30
3	Fuente 12 V	1	5,5
4	Toma corriente	1	2,2
5	Termostato	1	18
6	Ventilador PC	1	3,5
TOTAL			60,2

Por lo tanto, realizando el análisis de precios que intervienen en el sistema implementado, sumando el total de las tablas 3.5, 3.6 y 3.7 se tiene un total de \$1154,99, cabe mencionar que se contaba con la parte de la estructura de la incubadora, pero se realizó este análisis para las posibles replicas.

CAPÍTULO IV

MANUAL DE USUARIO

El manual de usuario es un documento indispensable para asegurar al operario la correcta manipulación de la maquina y del sistema diseñado, para así tener un óptimo funcionamiento de la incubadora.

En este trabajo se cuenta con un tablero de control y la cámara de incubación, como se observa en la figura 4.1.

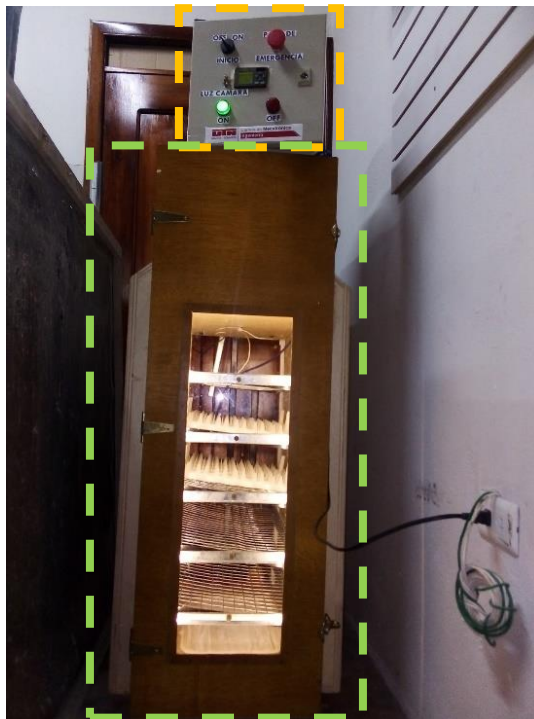


Figura 4.1 Incubadora y sus 2 partes

4.1 ESQUEMA DEL TABLERO DE CONTROL

En el tablero de control o gabinete se encuentra los elementos de mando, control, señalización, dispositivos de conexión y elementos que forman parte del sistema de

control de la incubadora artesanal de huevos de gallina, donde el operario puede interactuar en el manejo de este sistema.

La dimensión del tablero de control es 30 x 30 x 20, en la figura 4.2 se visualiza los elementos que están en el interior del gabinete y enumerados con sus partes que se detallan a continuación.

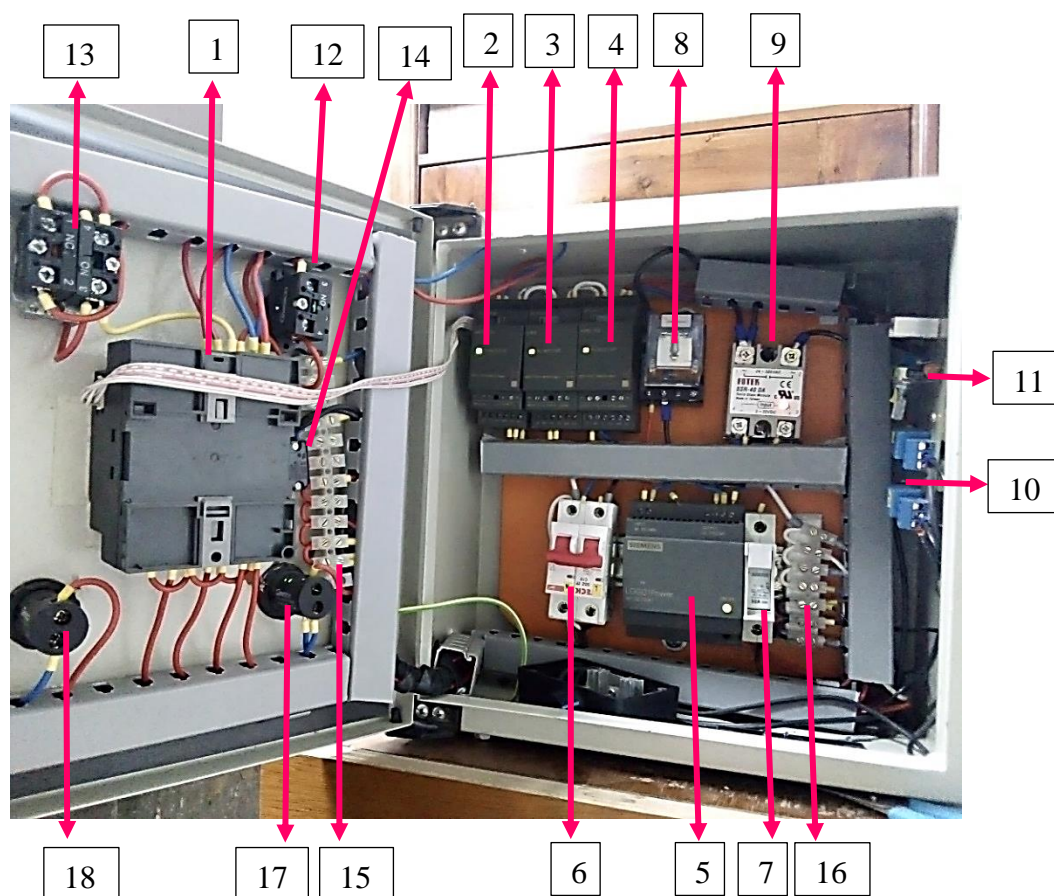


Figura 4.2 Dispositivos y elementos del tablero de control

1. PLC LOGO! 12/24 RC
2. Módulo de expansión AM2 RTD
3. Módulo de expansión entradas analógicas AM2

4. Módulo de expansión salidas analógicas AM2 AQ
5. Fuente LOGO! POWER
6. Interruptor termomagnético
7. Portafusibles con fusible cerámico de 2 A.
8. Relé mecánico de 24DC a 110V
9. Relé de estado sólido de 25 A.
10. Relés
11. Regulador de voltaje 5V
12. Selector ON/OFF del sistema
13. Pulsador paro de emergencia
14. Interruptor ON/OFF luz cámara
15. Borneras de 24V
16. Borneras de 110V
17. Luz piloto verde
18. Luz piloto rojo

Además, cuenta con canaletas ranuradas para conducir los cables y tener organizado el cableado dentro del tablero de control. Para el montaje de los módulos de expansión, interruptor termomagnético, relé mecánico, fuente LOGO! POWER y porta fusible se utiliza riel din que está sujeta en la base del tablero.

En la figura 4.3 se observa la parte externa del gabinete de control donde se encuentra el HMI que es la pantalla del PLC LOG! donde se visualiza el número de días de proceso, la temperatura y la humedad, además cuenta con interruptores, pulsador y luces de señalización.



Figura 4.3 Vista exterior del tablero de control

4.2 CONEXIÓN ELÉCTRICA DEL TABLERO DE CONTROL

Cada elemento que conforma el gabinete de control para el sistema de incubación está conectado con cables N° 18 si es para 24V (circuito de mando) y de cable N° 12 si se conecta a 110V en este caso los circuitos de fuerza, además y con cable apantallado para los sensores que van al interior de la cámara de incubación.

Las conexiones eléctricas parte de un interruptor termomagnético que al poner en ON energiza todo el sistema, ya que esta se conecta a la fuente de LOGO!, el cual suministra 24V DC al PLC, módulos de expansión. En las entradas del PLC tenemos I1 un selector NA (normalmente abierto), I2 un paro de emergencia en NC (normalmente cerrado), I3 e I4 son señales de los finales de carrera NA, la cual está en el interior de la cámara de incubación. I5 la señal del sensor de nivel NA que está ubicada en la bandeja de agua. En

el módulo de expansión AM 2 RTD está conectado el sensor de temperatura PT100 de tres hilos. En el módulo de expansión de entradas analógicas AM2 está conectado el sensor de humedad HIH 4030, controlada mediante el voltaje de ingreso por eso está conectada en U1 y M1, en la entrada de voltaje y masa respectivamente. Las salidas del PLC: Q1, Q2, Q3, Y Q4 están conectadas a las bobinas de los relés las cuales se energizan dependiendo a la programación y mandan la señal para que se active el circuito de fuerza y realice la función indicada. Q1 es para el motor de volteo, Q2 para el motor del ventilador, Q3 para el calentador de agua y Q4 para la mini bomba de agua. Además, como salidas se tiene el módulo de expansión de salidas analógicas que están conectadas las niquelinas.

La conexión para la luz dentro de la cámara es independiente con una fuente de 12V, pero se inicia con el accionamiento del interruptor termomagnético.

El sensor de humedad trabaja a 5V por tal motivo se cuenta con un circuito regulador de voltaje, que está diseñado para obtener dicho valor desde el voltaje que suministra la fuente de LOGO! POWER

Para la protección del PLC y los módulos de expansión se cuenta con un fusible cerámico de 2 A. Y el suministro de energía es monofásico de 110V, ya que todo el sistema está diseñado para cualquier hogar.

En la figura 4.4 se puede observar la conexión del PLC LOGO! 12/24 RC con sus módulos de expansión, entradas y salidas.

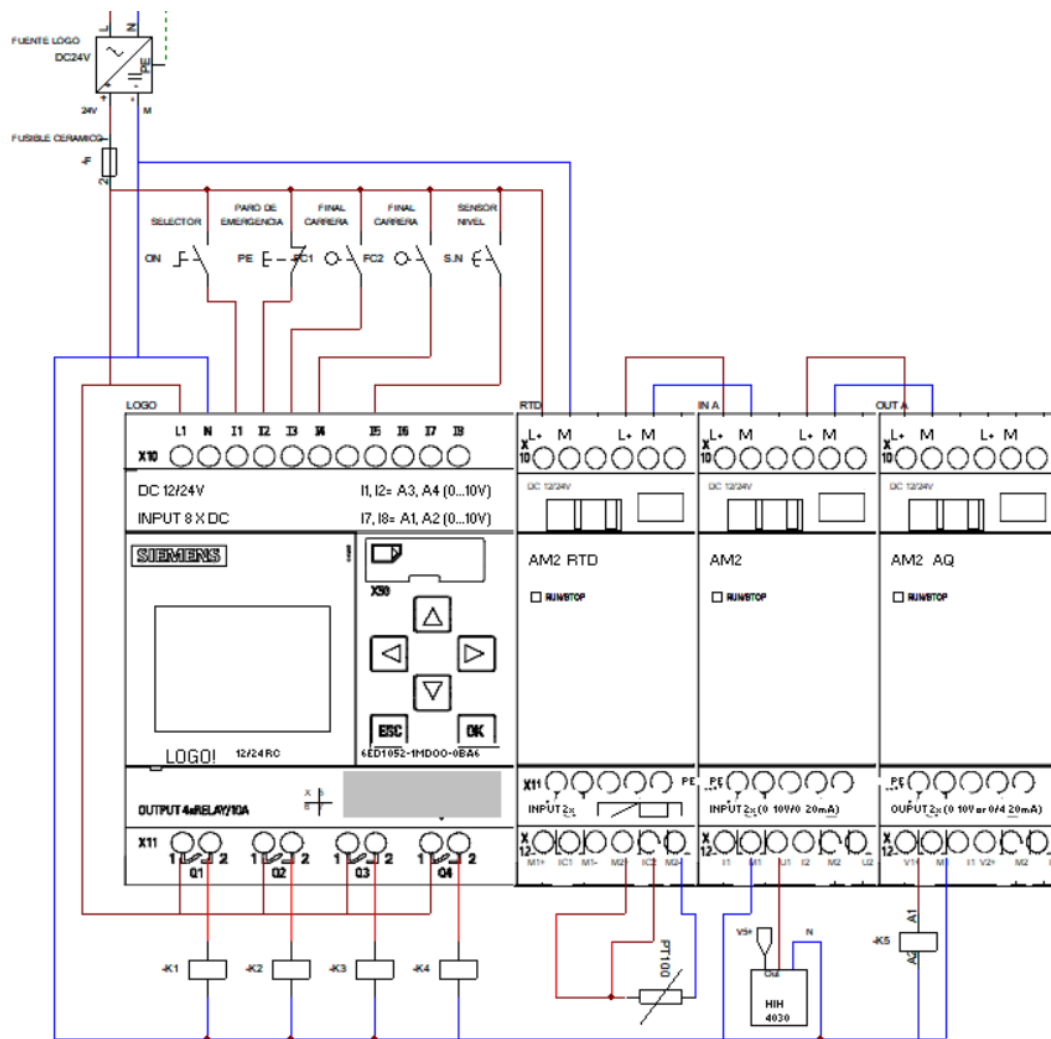


Figura 4.4 Conexión del PLC LOGO! 12/24 RC

4.3 PROCESO DE INCUBACIÓN

Al inicio del proceso de incubación, se debe inspeccionar que el tablero de control este en correcto funcionamiento y verificar que los sensores estén conectados. Antes de partir con el funcionamiento dentro de la cámara, se debe limpiar y fumigar con amonio cuaternario, para evitar cualquier contaminación con bacteria u hongos dentro de la cámara, tenga cuidado con los sensores al interior de la cámara.

4.4 INSTALACIÓN

- La incubadora puede montarse sobre una superficie plana o en el suelo. Tener en cuenta que debe estar nivelado horizontalmente.
- La ubicación de la incubadora debe ser muy estratégica, teniendo en cuenta que debe garantizar la circulación del aire dentro de la cámara. La separación de la incubadora con respecto a las paredes de la habitación debe ser igual o mayor a 10 cm, pero la parte posterior por lo mínimo debe estar a 20 cm para evitar congestión de los orificios de aire que se encuentran en la parte superior de la incubadora. Debe estar situada cerca de un toma corriente.
- Evite ubicarlos donde los rayos del sol o la lluvia de directamente a la incubadora.

4.5 PUESTA EN MARCHA

- Compruebe que los sensores están debidamente conectados.
- Llene el depósito de agua que servirá para suministrar al interior de la cámara.
- Verifique la ubicación de la manguera, en un extremo debe estar conectada a la mini bomba y el otro debe estar en la bandeja de agua
- Coloque agua dentro de las bandejas de agua.
- Conecte al suministro de energía de 110V- 120V a 60hz.
- Encienda la incubadora, al inicio debe accionar el termomagnético, después accione el selector a lado del ON que está en el panel de control para dar inicio al sistema de incubación
- Espere por lo menos 35 minutos a que se estabilice la temperatura y humedad dentro de la cámara. Estos valores están visualizados en la pantalla del PLC.

- Al momento de manejar los huevos procure tener las manos limpias para evitar cualquier contaminación con bacterias u hongos dentro de la cámara.
- Pasado el tiempo de estabilización, proceda a colocar las cargas de los huevos en su respectiva bandeja. Puede colocar 480 huevos en una sola carga o realizar cargas múltiples.
- En el caso de que realice cargas múltiples procure colocarlos cada 4 o más días de diferencia. En la colocación de los huevos, coloque en paro de emergencia accionando el interruptor hongo de color rojo para que facilite la ubicación de la bandeja de huevos ya que con esta opción se consigue que vuelva a su posición inicial.
- Colocados las bandejas de huevo dentro de la cámara, asegúrese de que se encuentra bien cerrado la puerta de la incubadora y desactive el interruptor rojo girando a donde indica las flechas, así para que el sistema continúe con el período de incubación.
- Puesta en marcha del sistema, evite mover la incubadora. Puede ocasionar daños del equipo, pérdidas embrionarias o pérdidas humanas.
- En el caso de realizar la ovoscopia al séptimo día, ponga en paro de emergencia, abra la puerta, saque la bandeja de huevos que desea realizar y cierre la puerta.
- Procure no demorarse en la realización de ovoscopia más de 5 minutos por cada bandeja, al momento de culminar deseche los huevos infértiles y los demás colóquelos dentro de la incubadora, asegúrese de que la puerta de la incubadora está cerrada correctamente.

- Asegúrese de que el reservorio de agua siempre este llena para que pueda suministrar dentro de la cámara.
- Los orificios que están en la parte posterior de la incubadora, se deben abrir cada día un poco más dependiendo de los días de incubación, ya que la incubadora necesita un recambio de aire dentro de la cámara, el CO₂ que emite los huevos es alto mientras pasa el tiempo.
- A los 18 días del proceso de incubación, si se tiene una carga única, la incubadora automáticamente se colocará en posición inicial y los parámetros a controlar se modificarán automáticamente para su funcionamiento como nacedora, llevándole al huevo hasta su eclosión.
- A los 18 días del proceso de incubación, si se tiene carga múltiple, accionar el paro de emergencia, saque las bandejas de huevo y pasar a la nacedora. Para obtener los parámetros en proceso de incubación reinicie el sistema de control accionando el selector ON/OFF del sistema.
- En caso de corte de energía, evite abrir la puerta de la incubadora y trate de cerrar todos los orificios para poder mantener el mayor tiempo posible en las condiciones adecuadas de temperatura y humedad.
- Llevar una hoja de datos, cada día inspeccione por lo menos una a dos veces al día y lleve un registro, así evitara cualquier confusión del proceso de días en el caso de que se tenga cortes de energía.
- Al culminar el proceso, limpie y desinfecte la incubadora.

¡ADVERTENCIA! Se puede modificar los parámetros en el PLC con las botoneras, pero si no tiene conocimiento con la manipulación del mismo, evite accionar cualquier botón.

CONCLUSIONES

- El sistema de control del proceso de incubación artificial mediante la incubadora artesanal ha permitido a los artesanos empezar con una nueva visión de producción económica, gracias a la incubación artificial, muchas personas que antes sólo podían comprar y criar pollos de engorde pueden ahora crear nuevas fuentes de ingresos.
- La naturaleza es muy sabia, una gallina en proceso de incubación mantiene al huevo en los parámetros requeridos, los mantiene a la temperatura, humedad, volteo y ventilación necesaria para dar vida. Partiendo de la naturaleza se crea el patrón fractal para desarrollar las incubadoras artificiales, cumpliendo las mismas condiciones que una gallina lo hace.
- Para que un sistema de incubación artificial produzca una eclosión satisfactoria, son cruciales el sistema de control de la temperatura y la dispersión adecuada del calor por toda la cámara. La calibración del sistema de incubación se realizó con ayuda de varios medidores digitales de temperatura, que se instalaron en diversos puntos de la máquina y permitieron verificar si el valor proporcionado es el correcto o no dentro del sistema.
- El correcto proceso de incubación no solo implica del sistema de control sino también de la estructura de la incubadora y la correcta ubicación de los dispositivos dentro de la cámara. Para este trabajo se complicó por que la estructura restringía cualquier cambio, pero con las mejoras realizadas a la incubadora se pudo conseguir una mejor distribución de la humedad y temperatura.

- Es necesario realizar las pruebas preliminares por lo menos de 3 días para verificar el correcto funcionamiento de la incubadora, esto nos ayuda a conocer el comportamiento real de la incubadora, pudiendo conseguir los datos requeridos antes de poner en marcha.
- De las pruebas realizadas se puede concluir que es notorio el buen desempeño de todos los elementos y dispositivos implementados en el sistema de control, ya que arrojaron buenos resultados finales, en la primera se consiguió un 89% en la segunda un 84% (debido a la mala manipulación del operario) y el tercero un 92%, dando una tasa de natalidad del 88%.
- El aumento de la incubabilidad de huevos entre la tercera con respecto a la segunda prueba es debido a las correcciones que se realizó de la posición de la estructura que contiene a la porta bandejas, para su fácil manejo a la hora de retirar y trasladar las bandejas de huevo a la nacedora.
- Las cargas múltiples ayudan en gran manera para poder conseguir pollitos de diferentes edades, facilitando a que sus ventas se desarrollen en continuidad mas no esperar un proceso de 21 días.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda tener mayor énfasis en la selección de los huevos, para tener mayor éxito no solo depende de los parámetros a incubar sino de la fertilidad del huevo.
- Cuando se realice la incubación múltiple se recomienda realizar la carga de huevos a la incubadora por lo menos 5 días después de la puesta de la carga anterior, ya que la nacedora debe ser tratado con una correcta higienización de los componentes empleados, así prevenir una posible infección dentro de la cámara.
- Se recomienda realizar una correcta desinfección de la incubadora después de cada proceso de incubación y de la misma manera la nacedora, ya que se debe tener cuidado con la propagación de bacterias o virus, al momento de la incubación los huevos emiten gases tóxicos o los residuos de la cascara son factores que pueden que las bacterias se propaguen y pueda ocasionar la mortalidad de las nuevas cargas de huevos.
- Se recomienda realizar un estudio del subsistema control de temperatura integrando el subsistema de control de la humedad relativa en el proceso de incubación de huevos de gallina, ya que en este trabajo se dio mayor énfasis al control de la temperatura. La humedad juega un papel importante en la incubación, si se desea controlar aparte puede afectar a la temperatura.
- Finalizada este trabajo se recomienda seguir esta línea de investigación para realizar un sistema de control para la incubadora y conseguir la incubación de otras especies.

REFERENCIAS

- Callejo Ramos, A. (2010). *Manejo del huevo en la incubadora*. Retrieved 9 de Noviembre de 2022, from http://ocw.upm.es/produccion-animal/produccion-avicola/contenidos/TEMA_7._INCUBACION/7-2-manejo-del-huevo-en-la-incubadora/view
- Aviagen. (2015). *Mejores prácticas en la incubadore*. https://eu.aviagen.com/assets/Tech_Center/BB_Foreign_Language_Docs/Spanish_TechDocs/AVIA-BestPractice-HatcheryTransfer-2015-ES.pdf
- Baballe, M., Muhammad, A. S., & Balarabe, I. A. (9 de Abril de 2021). *The need for artificial egg incubation*. ISASE2021: https://www.researchgate.net/profile/Muhammad-Baballe/publication/351690426_The_need_for_artificial_egg_incubation/links/60aa9256299bf1031fc403ac/The-need-for-artificial-egg-incubation.pdf
- Bharosh, K. Y., Nischal, P., Dinesh, K., Mandan, K., Triratna, B., & Rabin, D. (24 de Marzo de 2021). *Journal of the Institute of Engineering*. Design, Fabrication, and Performance Analysis of an Automatic: https://www.researchgate.net/publication/350872128_Design_Fabrication_and_Performance_Analysis_of_an_Automatic_Horizontal_Egg_Incubator
- Cevallos Sánchez, F. (octubre de 2005). *CONSTRUCCIÓN DE UNA INCUBADORA*. Retrieved 9 de Noviembre de 2022, from <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/3678/1/T-ESPEL-0090.pdf>

ClubEnsayos. (8 de Noviembre de 2013). *La Incubación Natural*. (Neuri) Retrieved 9 de Noviembre de 2022, from <https://www.clubensayos.com/Ciencia/La-Incubaci%C3%B3n-Natural/1233030.html>

Domingo, A. M. (mayo de 2011). *Apuntes de transmisión de Calor*. <https://oa.upm.es/6935/1/amd-apuntes-transmision-calor.pdf>

ECURED. (16 de septiembre de 2014). *Sensor de humedad*. https://www.ecured.cu/Sensor_de_Humedad

Engormix. (7 de Abril de 2010). *Avicultura*. Exceso de Humedad y falta de humedad durante la incubación.

Engormix. (24 de Octubre de 2011). *Avicultura*. Guía de incubación: <https://www.engormix.com/avicultura/articulos/guia-incubacion-t28445.htm>

Fernández, Y. (22 de Septiembre de 2022). *Qué es Arduino, cómo funciona y qué puedes hacer con uno*.

Funez, O. D. (2016). *INCUBADORA DE HUEVOS DE GALLINA DE CORRAL*. (DOCPLAYER) Retrieved 9 de Noviembre de 2022, from <https://docplayer.es/5952840-Incubadora-de-huevos-de-gallina-de-corral.html>

Gutierrez Jiménez, M., & Jaimes Gonzáles, L. A. (2007). *INCUBADORA DE HUEVOS MB*. (1Library) Retrieved 9 de Noviembre de 2022, from <https://1library.co/document/q7wjn2pn-incubadora-de-huevos-mb.html>

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (Sexta ed.). Mexico: Mc Graw Hill Education.

Ledesma Garcés, L. (4 de Abril de 2017). *Repositorio Digital UTN*. Retrieved 28 de abril de 2017, from <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/6543>

Mengual, J. (22 de Junio de 2021). *PLC vs Arduino y otros microcontroladores para el control industrial*. <https://electrojoan.com/plc-vs-arduino-y-otros-microcontroladores-para-el-control-industrial/>

Mengual, J. (22 de Junio de 2021). *PLC vs Arduino y otros microcontroladores para el control industrial*. <https://electrojoan.com/plc-vs-arduino-y-otros-microcontroladores-para-el-control-industrial/>

Mercado Libre. (12 de Enero de 2019). *Micro motor ELCO*. https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1278341286-micro-motor-elco-120-vn16-30br-tenso-220v-helice-aluminio-_JM

Mercado libre. (2021). *Niquelina De Temperatura 300w Para Incubadoras Industriales*. https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-517917450-niquelina-de-temperatura-300w-para-incubadoras-industriales-_JM

Mucarcel, M., Orozco, L. F., Ribera, M., & Aguirre, R. (2010). *PROYECTO DE INCUBADORA ARTESANAL DE POLLOS PARRILLEROS*. (Universidad, Ciencia y Sociedad) Retrieved 9 de Noviembre de 2022, from http://www.revistasbolivianas.ciencia.bo/scielo.php?lng=es&pid=S8888-88882010000100006&script=sci_arttext

Ogata, K. (2010). *Ingeniería de control moderna* (Quinta ed.). Madrid: PEARSON EDUCACIÓN.

Oluyemi, Z. A., & Roberts, A. (1979). *Poultry Productions In Wet Climate*. Macmillan Press.

Osorio Gómez, J. C., & Orejuela Cabrera, J. P. (Septiembre de 2008). *El proceso de análisis jerárquico (AHP) y la toma de decisiones multicriterio. Ejemplo de aplicación*. Retrieved 14 de Noviembre de 2022, from <https://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/3217>

Pardo Martín, C. (10 de Diciembre de 2018). *Método de Ziegler-Nichols*. <https://www.picuino.com/es/control-ziegler-nichols.html#:~:text=El%20m%C3%A9todo%20de%20sintonizaci%C3%B3n%20de,del%20sistema%20en%20lazo%20cerrado>.

Plantas, flores y vida. (31 de Mayo de 2014). *Minerales V. Cobre: funciones, fuentes, indicaciones, sinergias, deficiencias, factores de riesgo, precauciones y toxicidad*. <https://plantasfloresyvida.blogspot.com/2014/05>

Portal Veterinaria. (12 de Febrero de 2003). Incubacion artificial de los huevos de avestruz. Zaragoza, Aragón, España. <https://www.portalveterinaria.com/animales-de-compania/articulos/16869/incubacion-artificial-de-los-huevos-de-avestruz.html><https://www.portalveterinaria.com/animales-de-compania/articulos/16869/incubacion-artificial-de-los-huevos-de-avestruz.html>

Practica de Incubacion. (2013). Retrieved 28 de abril de 2017, from <http://grupo.us.es/gprodanim/PCA/practicaincubacion.pdf>

prototipadoLAB. (5 de Mayo de 2018). *Plataforma de recursos ára la creacon de E-textiles+Wearables*. <https://prototipadolab.com/2018/05/05/que-son-los-sensores/>

REEA. (22 de Octubre de 2006). *Revista de Electricidad, Electrónica y Automática*. Revista electrónica LOGO!: <http://olmo.pntic.mec.es/~jmarti50/logo/logo.htm>

SIEMENS. (Abril de 2011). *LOGO!* Manual de producto: <https://asset.conrad.com/media10/add/160267/c1/-/es/000456622ML03/manual-456622-siemens-logo-starter-kit-1224-0ba7-kp300-basic-mono-plc-starter-kit-12-v-dc-24-v-dc.pdf>

Soluciones Practicas para tu Oficina. (21 de Julio de 2014). *La importancia de los diagramas de flujo*. <http://solodoce33.blogspot.com/2014/07/la-importancia-de-los-diagramas-de-flujo.html>

Studocu. (21 de Julio de 2020). *Laminana cloacal y alantoides*. <https://www.studocu.com/ec/document/universidad-de-guayaquil/histologia/laminana-cloacal-y-alantoides/10546248>

Tienda Ganadera. (2012). *INCUBADORAS Y CONSEJOS DE INCUBACION*. Retrieved 9 de Noviembre de 2022, from https://www.tiendaganadera.com/images/pdf/incubadoras_y_consejos_de_incubacion.pdf

Valdez, D. (2008). *Producción de pollitos criollos BB con dos tipos de huevos (verde-azulados y café claro) mediante el empleo de incubadora artesanal*". Retrieved 28 de abril de 2017, from <http://cdjbv.ucuenca.edu.ec/ebooks/tv186.pdf>

Waldemar, M. P. (1943). *LA INCUBACION Natural y artificial de los huevos de gallina* (Tercera ed.). Argentina: Atlantida.

WORDPRESS, & Cardona, A. (18 de Noviembre de 2012). *Método del ingeniero para solucional problemas.* Método de ingeniería: <https://metododeingenieria.wordpress.com/ingenieria/#:~:text=De%20una%20manera%20muy%20general%20el%20m%C3%A9todo%20ingenieril,materiales%20C%20productos%20o%20procesos%20que%20satisfagan%20una%20necesidad.>

Wright, C., Harris, C., & Linden, J. (18 de Diciembre de 2013). *El sitio Avicola*. Retrieved 9 de Noviembre de 2022, from <http://www.elsitioavicola.com/articles/2496/cuidado-e-incubacion-de-los-huevos-fertiles/>

XUNTA DE GALICIA. (30 de Abril de 2014). *MECANISMOS*. https://www.edu.xunta.gal/espazoAbalar/sites/espazoAbalar/files/datos/1464947673/contido/53_bielamanivela.html

ANEXOS

ANEXO A: Hoja de datos de PLC LOGO! 12/24 RC y módulos de expansión

ANEXO B: Cálculo de potencia de las niquelinas

ANEXO C: Cálculo de función de transferencia

ANEXO D: Tabla de propiedades térmicas

ANEXO E: Datasheet sensor de humedad HIH 4030

ANEXO F: PT100 sensor de temperatura

ANEXO G: Características del sensor de nivel tipo flotador

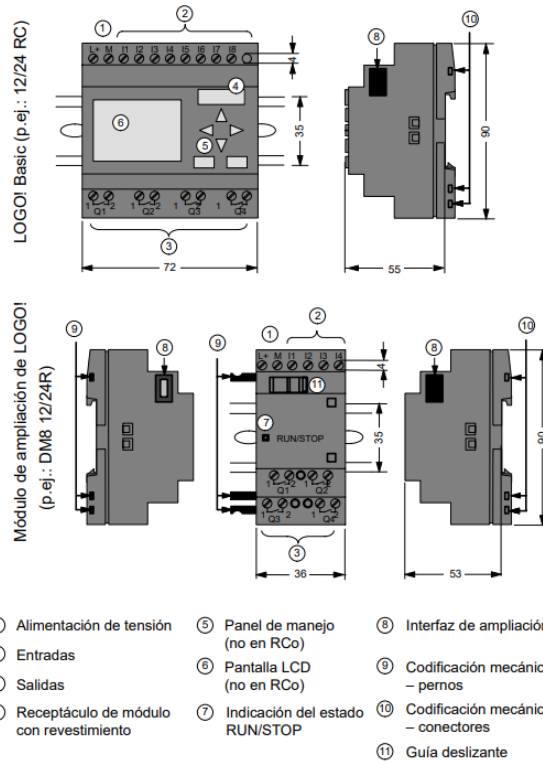
ANEXO H: Características del ventilador

ANEXO I: Características principales del motorreductor ECM 6048

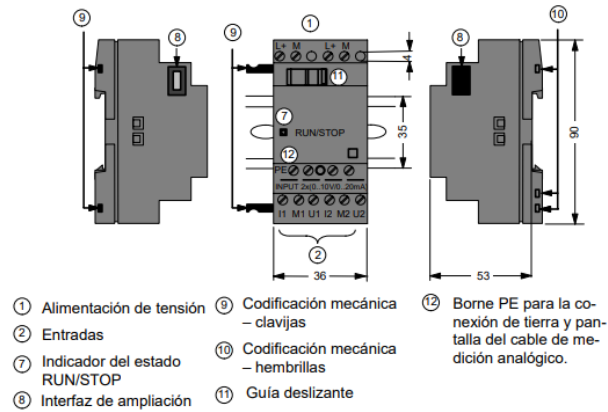
ANEXO J: Programa del PLC LOGO!

ANEXO K: Planos

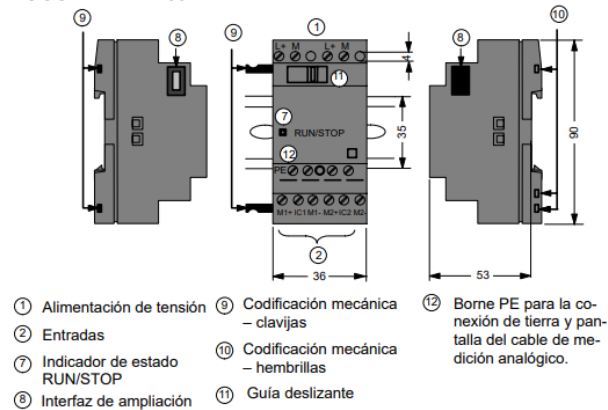
ANEXO A: HOJA DE DATOS DE PLC LOGO! 12/24 RC Y MÓDULOS DE EXPANSIÓN.



LOGO! AM 2



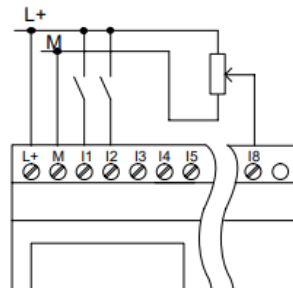
LOGO! AM 2 PT100



Conexiones de sensores

Para conectar los sensores a LOGO!:

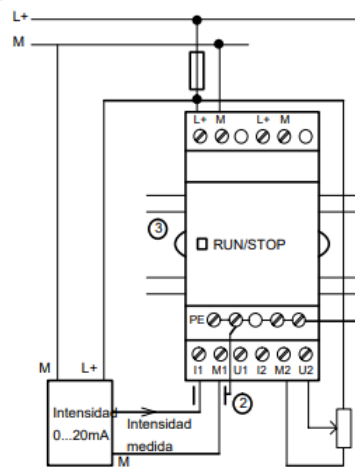
LOGO! 12/24



Las entradas de estos dispositivos no están aisladas galvánicamente, por lo que requieren el mismo potencial de referencia (masa) que la tensión de alimentación.

En LOGO! 12/24RC/RCo y LOGO! 24/24o puede recoger señales entre la tensión de alimentación y masa.

LOGO! AM 2



Medición de intensidad Medición de tensión

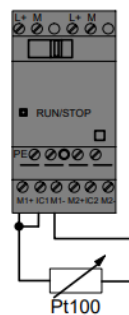
LOGO! AM 2 PT100

Puede conectar al módulo una termorresistencia Pt100 alternativamente con técnica de conexión a 2 ó 3 hilos.

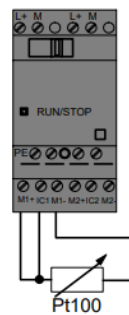
Si selecciona la técnica de conexión **a 2 hilos**, deberá aplicar en el módulo un puente de cortocircuito entre los bornes M1+ y IC1 o entre M2+ y IC2. En este tipo de conexión no se produce una corrección del fallo provocado por la resistencia óhmica del cable de medición. 1 Ω de resistencia equivale a un fallo de medición de +2,5 °C.

El tipo de conexión **a 3 hilos** anula la influencia de la longitud del cable (resistencia óhmica) en el resultado de medición.

Técnica de conexión a 2 hilos





Técnica de conexión a 3 hilos



Variantes disponibles



Existen las siguientes variantes de LOGO!:

Símbolo	Designación	Alimentación	Entradas	Salidas	Características
	LOGO! 12/24RC	12/24 V CC	8 digitales ⁽¹⁾	4 relés de 10A	
	LOGO! 24	24 V c.c.	8 digitales ⁽¹⁾	4 transistores 24V / 0,3A	Sin reloj
	LOGO! 24RC ⁽³⁾	24 V AC / 24 V DC	8 digitales	4 relés de 10A	
	LOGO! 230RC ⁽²⁾	115...240 V CA/CC	8 digitales	4 relés de 10A	
	LOGO! 12/24RCo	12/24 V CC	8 digitales ⁽¹⁾	4 relés de 10A	Sin display Sin teclado
	LOGO! 24o	24 V DC	8 digitales ⁽¹⁾	4 transistores 24V / 0,3A	Sin display Sin teclado Sin reloj
	LOGO! 24RCo ⁽³⁾	24 V AC / 24 V DC	8 digitales	4 relés de 10A	Sin display Sin teclado
	LOGO! 230RCo ⁽²⁾	115...240 V CA/CC	8 digitales	4 relés de 10A	Sin display Sin teclado

- (1): De ellos pueden utilizarse alternativamente:
2 entradas analógicas (0 ... 10V) y 2 entradas rápidas.
- (2): Variantes de 230 V: entradas en dos grupos de 4.
Dentro del grupo sólo puede haber una misma fase,
entre grupos puede haber fases distintas.
- (3): Las entradas digitales pueden utilizarse alternativamente
con conexión P o conexión N.

Módulos de ampliación

A LOGO! se pueden conectar los siguientes módulos de ampliación:

Símbolo	Designación	Alimentación	Entradas	Salidas
	LOGO! DM 8 12/24R	12/24 V CC	4 digitales	4 relés de 5A
	LOGO! DM 8 24	24 V c.c.	4 digitales	4 transistores 24V / 0,3A
	LOGO! DM 8 24R ⁽³⁾	24 V AC/DC	4 digitales	4 relés de 5A
	LOGO! DM 8 230R	115...240 V CA/CC	4 digitales ⁽¹⁾	4 relés de 5A
	LOGO! AM 2	12/24 V CC	2 analógicas 0 ... 10V ó 0 ... 20mA ⁽²⁾	ninguna
	LOGO! AM 2 PT100	12/24 V DC	2 Pt100 -50 °C hasta +200 °C	ninguna

- (1): No se admiten fases distintas entre las entradas.
- (2): 0 ... 10V, 0 ... 20 mA pueden conectarse de forma alternativa.
- (3): Entradas digitales pueden utilizarse alternativamente
con conexión P o conexión N.

A.5 Datos técnicos: LOGO! 12/24... y LOGO! DM8 12/24R

	LOGO! 12/24RC LOGO! 12/24RCo	LOGO! DM8 12/24R
Fuente de alimentación		
Tensión de entrada	12/24 V c.c.	12/24 V c.c.
Rango admisible	10,8 ... 28,8 V c.c.	10,8 ... 28,8 V c.c.
Protección contra inversión de polaridad	sí	sí
Consumo de corriente		
• 12 V c.c.	30 ... 140 mA	30 ... 140 mA
• 24 V c.c.	20 ... 75 mA	20 ... 75 mA
Compensación de fallos de tensión		
• 12 V c.c.	típ. 2 ms	típ. 2 ms
• 24 V c.c.	típ. 5 ms	típ. 5 ms
Potencia disipada		
• 12 V c.c.	0,3 ... 1,7 W	0,3 ... 1,7 W
• 24 V c.c.	0,4 ... 1,8 W	0,4 ... 1,8 W
Respaldo del reloj a 25 °C	típ. 80 h	
Precisión del reloj de tiempo real	máx. 2 s / día	
Separación galvánica	no	no
Entradas digitales		
Cantidad	8	4
Separación galvánica	no	no
Tensión de entrada L+		
• señal 0	<5 V c.c.	<5 V c.c.
• señal 1	>8 V c.c.	>8 V c.c.

	LOGO! 12/24RC LOGO! 12/24RC_o	LOGO! DM8 12/24R
Intensidad de entrada para <ul style="list-style-type: none"> • señal 0 • señal 1 	< 1, 0 mA (I1...I6) < 0,05 mA (I7, I8) > 1,5 mA (I1...I6) > 0,1 mA (I7, I8)	<1,0 mA >1,5 mA
Tiempo de retardo para <ul style="list-style-type: none"> • cambio de 0 a 1 • cambio de 1 a 0 	tip. 1,5 ms <1,0 ms (I5,I6) tip. 300 ms (I7,I8) tip. 1,5 ms <1,0 ms (I5,I6) tip. 300 ms (I7,I8)	tip. 1,5 ms tip. 1,5 ms
Longitud del conductor (sin blindaje)	100 m	100 m
Entradas analógicas		
Cantidad	2 (I7, I8)	
Margen	0 ... 10 V DC Impedancia de entrada 76 kΩ	
Tensión de entrada máx.	28,8 V CC	
Longitud del conductor (trenzado y apantallado).	10m	
Salidas digitales		
Cantidad	4	4
Tipo de las salidas	Salidas a relé	Salidas a relé
Separación galvánica	sí	sí
En grupos de	1	1
Activación de una entrada digital	sí	sí
Tensión de salida		
Intensidad de salida		
Corriente constante I_{th} (por cada borne)	máx. 10 A por relé	máx. 5 A por relé

	LOGO! 12/24RC LOGO! 12/24RCo	LOGO! DM8 12/24R
Carga de lámparas incandescentes (25.000 maniobras) en caso de	1.000 W	1.000 W
Tubos fluorescentes con dispositivo previo electr. (25.000 histérisis)	10 x 58 W	10 x 58 W
Tubos fluorescentes compensados convencionalmente (25.000 maniobras)	1 x 58 W	1 x 58 W
Tubos fluorescentes no compensados (25.000 maniobras)	10 x 58 W	10 x 58 W
A prueba de cortocircuitos y sobrecarga		
Limitación de corriente en cortocircuitos		
Derating	Ninguno; en todo el margen de temperatura	Ninguno; en todo el margen de temperatura
Resistencia a cortocircuitos cos 1	Contactador potencia B16 600 A	Contactador potencia B16 600 A
Resistencia a cortocircuitos cos 0,5 a 0,7	Contactador potencia B16 900 A	Contactador potencia B16 900 A
Conexión de las salidas en paralelo para aumentar la potencia	no admisible	no admisible
Protección de un relé de salida (si se desea)	máx. 16 A, característica B16	máx. 16 A, característica B16
Frecuencia de conmutación		
Mecánica	10 Hz	10 Hz
Eléctrica		
Carga óhmica/carga de lámparas	2 Hz	2 Hz
Carga inductiva	0,5 Hz	0,5 Hz

A.7 Datos técnicos: LOGO! AM 2

LOGO! AM 2	
Fuente de alimentación	
Tensión de entrada	12/24 V c.c.
Margen admisible	10,8 ... 28,8 V c.c.
Consumo de corriente	25 ... 50 mA
Compensación de fallos de tensión	tip. 5 ms
Potencia disipada en caso de	
• 12 V	0,3 ... 0,6 W
• 24 V	0,6 ... 1,2 W
Separación galvánica	no
Protección contra inversión de polaridad	sí
Borne PE	para la conexión de tierra y pantalla del cable de medición analógico.
Entradas analógicas	
Cantidad	2
Tipo	unipolar
Rango de entrada	0 ... 10 V DC (impedancia de entrada 76 k Ω) o 0 ... 20 mA (impedancia de entrada <250 Ω)
Resolución	10 bit a 0 ... 1000 normalizado
Tiempo de ciclo para la formación de valores analógicos	50 ms
Separación galvánica	no
Longitud de la línea (blindada y trenzada)	10 m
Alimentación del encoder	Ninguna
Límite de errores	+/- 1,5 %
Supresión de frecuencias perturbadoras	55 Hz

A.8 Datos técnicos: LOGO! AM 2 PT100

LOGO! AM 2 PT100	
Fuente de alimentación	
Tensión de entrada	12/24 V c.c.
Margen admisible	10,8..... 28,8 V c.c.
Consumo de corriente	25 ... 50 mA
Compensación de fallos de tensión	típ. 5 ms
Potencia disipada a	
• 12 V	0,3 ... 0,6 W
• 24 V	0,6 ... 1,2 W
Separación galvánica	no
Protección contra inversión de polaridad	sí
Borne PE	Conexión a tierra y pantalla del cable de medición
Entradas de sensor	
Cantidad	2
Tipo	Termopar Pt100
Conexión de los sensores	
• a 2 hilos	sí
• a 3 hilos	sí
Rango de medida	-50 °C ... +200 °C -58 °F ... +392 °F

LOGO! AM 2 PT100	
Ajustes para indicación de valor de medición en módulo básico:	
• Escala de 1 °C	Offset: -200, Gain: 25
• Escala de 0,25 °C (redondeado a 1 posición tras la coma)	Offset: -200, Gain: 250
• Escala de 1 °F	Offset: -128, Gain: 45
• Escala de 0,25 °F (redondeado a 1 posición tras la coma)	Offset: -128, Gain: 450
Linealización de curva característica	no
Corriente de medición I _c	1,1 mA
Frecuencia de repetición de medición	depende del diseño típ.: 50 ms
Resolución	0,25 °C
Limites de fallo	del valor final del rango de medida:
• 0 °C ... +200 °C	+/-1,0 %
• -50 °C ... +200 °C	+/-1,5 %
Separación galvánica	no
Longitud de cable (apantallado)	10 m
Supresión de frecuencias perturbadoras	55 Hz

A.10 Datos técnicos: LOGO!Power 24 V

LOGO! Power 24 V es una fuente de alimentación con control primario para equipos LOGO! Se prevén dos intensidades de corriente.

	LOGO! Power 24 V / 1,3 A	LOGO! Power 24 V / 2,5 A
Datos de entrada		
Tensión de entrada	120 ... 230 V c.a.	
Margen admisible	85 ... 264 V c.a.	
Frecuencia de red admisible	47 ... 63 Hz	
Compensación de fallos de tensión	40 ms (para 187 V c.a.)	
Intensidad de entrada	0,48 ... 0,3 A	0,85 ... 0,5 A
Corriente de activación (25 °C)	<15 A	<30 A
Protección del equipo	interna	
Conmutador LS recomendado (IEC 898) en el cable de alimentación	>6 A característica D >10 A característica C	
Datos de salida		
Tensión de salida	24 V c.c.	
Tolerancia total	+/- 3 %	
Margen ajustable	22,2 ... 25,8 V c.c.	
Ondulación residual	< 250 mV _{SS}	
Intensidad de salida	1,3 A	2,5 A
Limitación de sobreintensidad	1,6 A	2,8 A
Rendimiento	> 80 %	
Conectable en paralelo para aumentar la potencia	sí	

	LOGO! Power 24 V / 1,3 A	LOGO! Power 24 V / 2,5 A
Compatibilidad electromagnética		
Grado de supresión de radio-interferencias	EN 50081-1, EN 55022 clase B	
Inmunidad a interferencias	EN 50082-2	
Seguridad		
Separación galvánica primario/secundario	sí, SELV (según EN 60950 / VDE 0805)	
Clase de protección	II (según IEC 536 / VDE 0106 T1)	
Tipo de protección	IP 20 (según EN 60529 / VDE 470 T1)	
Certificación CE	sí	
Certificación UL/CSA	sí; UL 508 / CSA 22.2	
Certificación FM	sí; Class I, Div. 2, T4	
Indicaciones generales		
Temperatura ambiente (margen)	-20 ... +55 °C, convección natural	
Temperatura de almacenaje y transporte	-40 ... +70 °C	
Conexiones en la entrada	un borne (1 x 2,5 mm ² o 2 x 1,5 mm ²) para L1 y otro para N	
Conexiones en la salida	dos bornes (1 x 2,5 mm ² o 2 x 1,5 mm ²) para L+ y otros dos para M	
Montaje	encajable en perfil soporte de 35 mm	
Dimensiones en mm (AxAxP)	72 x 80 x 55	126 x 90 x 55
Peso aprox.	0,2 kg	0,4 kg

ANEXO B: CÁLCULO DE LA POTENCIA DE LAS NIQUELINAS

Las niquelinas se eligen de acuerdo a la potencia que requiere la incubadora, por lo cual se toma en cuenta las siguientes ecuaciones:

Ecuación 1: Formula de cantidad de calor

$$Q = m * c_e * \Delta T$$

Donde:

- Q: cantidad de calor
- m: masa
- c_e : calor específico
- ΔT : variación de temperatura (Mengual, PLC vs Arduino y otros microcontroladores para el control industrial, 2021)

Para calcular la cantidad de calor dentro de la incubadora se tiene los siguientes datos:

El calor específico a presión constante del aire es: $c_e = 1007 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C}$

La variación de la temperatura viene dada de la temperatura inicial que se tiene antes de iniciar el proceso de incubación que es entre 15 a 20°C, depende mucho de la temperatura del exterior, por tal motivo la temperatura inicial (T_i) es 17°C. y la temperatura a la que se quiere llegar es la temperatura final (T_f) es de 37,7°C.

Ecuación 2: Ecuación de variación de temperatura

$$\Delta T = T_f - T_i$$

$$\Delta T = 37,7^\circ C - 17^\circ C$$

$$\Delta T = 20,7^{\circ}C$$

La masa del aire se da de la siguiente ecuación 3 de la densidad del aire:

Ecuación 3: formula de la densidad del aire

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$\text{Densidad del aire } \rho = 1,2 \frac{kg}{m^3}$$

$$\text{Volumen de incubadora: } V = 117 \times 38,6 \times 74 = 334198,8 \text{ cm}^3 = 0,3341988 \text{ m}^3$$

Despejando m de la ecuación 3 y reemplazando tenemos:

$$m = \rho * V$$

$$m = 1,2 \frac{kg}{m^3} * 0,3341988 m^3$$

$$m = 0,40103856 kg$$

Reemplazando la masa, la variación de temperatura y el calor específico del aire seco en la ecuación 1, tenemos:

$$Q = 0,40103856 \text{ kg} * 1007 \frac{J}{kg^{\circ}C} * 20,7^{\circ}C$$

$$Q = 8359,608679 J$$

Transformando de Joule a Calorías tenemos:

$$Q = 8359,608679 J * \frac{1 \text{ cal}}{4,184 J}$$

$$Q = 1997,994426 \text{ cal}$$

Potencia disipada dada por la ecuación, con un tiempo de 15 min o 900 s:

$$P_d = \frac{Q}{t}$$

$$P_d = \frac{8359,608679 \text{ J}}{900 \text{ s}} = 9,2885 \text{ W}$$

Además, se aplica la ley de Joule para obtener la potencia eléctrica inicial con la siguiente formula:

Ecuación 4 formula de potencia eléctrica

$$P_i = I^2 * R$$

Ecuación 5 formula de Calorías

$$Q = I^2 * R * t * 0,24 \text{ (calorias)}$$

Se considera el tiempo de inicio de 30 segundo para los cálculos; reemplazando la ecuación 4 en la ecuación 5 y despejando de la fórmula de la ecuación 5 tenemos:

$$P_i = \frac{Q}{0,24 * t}$$

$$P_i = \frac{1997,994426 \text{ cal}}{0,24 * 30 \text{ s}} = 277,4992258 \text{ W}$$

Para huevos: la masa general del huevo es de 60 gr y la incubador está diseñada para 480 huevos entonces tenemos la masa total:

$$m_T = 60 \text{ gr} * 480$$

$$m_T = 28800 \text{ gr} = 28,8 \text{ kg}$$

La temperatura de almacenamiento del huevo es de 14°C, llegando en el proceso de incubación a 37,7°C, entonces la variación de temperatura es de 23,7°C.

El calor específico del huevo es de $c_e=4180 \text{ J/kg } ^\circ\text{C}$

Aplicando la fórmula de la ecuación 1 para los huevos, tenemos:

$$Q = 28,8 \text{ kg} * 4180 \frac{\text{J}}{\text{kg } ^\circ\text{C}} * 23,7 ^\circ\text{C}$$

$$Q = 2853100,8 \text{ J}$$

El tiempo de calentamiento de los huevos va a partir de 1 a 2 horas (Baballe y otros, 2021), es decir de 60 a 120 min o 3600 a 7200 seg. Para el cálculo de la potencia para este trabajo se utiliza 3600 s.

Aplicando los datos del huevo para el cálculo de potencia eléctrica tenemos:

$$P_h = \frac{Q}{t} = \frac{2853100,8 \text{ J}}{3600 \text{ s}}$$

$$P_h = 792,528 \text{ W}$$

Sumando todas las potencias, tenemos:

$$P = P_d + P_h + P_i$$

$$P = 9,2885 + 792,528 + 277,4992258$$

$$P = 1079,32 \text{ W}$$

ANEXO C: CÁLCULO DE FUNCIÓN DE TRANSFERENCIA DE LA PLANTA Y DEL CONTROLADOR

Nomenclatura:

- C: Capacitancia térmica del aire de la cámara de calefacción [$kcal/°C$]
- G: flujo de masa de aire [kg/seg]
- C_e : calor específico del aire [$kcal/kg.°C$]
- R: resistencia térmica [$°C. seg/kcal$]
- m_c : masa de aire de calefacción [kg]
- Q: flujo de calor [$kcal/seg$]
- T_o : temperatura de entrada [$°C$]
- T_i : temperatura de salida [$°C$]
- t: tiempo [seg]
- P: potencia de níquelina [W]

VARIABLES QUE SE TIENE MEDIANTE TABLAS

$$\text{Densidad del aire } \rho = 1,2 \frac{kg}{m^3}$$

$$\text{Calor específico del aire } c_e = 1007 \frac{J}{kg.°C} = 0,24 \frac{kcal}{kg.°C}$$

A. FUNCIÓN DE TRANSFERENCIA DE LA PLANTA

Para la identificación de la planta se basa en el modelo matemático mediante la termodinámica en el interior de la incubadora. Por lo cual se parte de la siguiente ecuación que se tiene mediante el análisis de la cámara de calefacción de la incubadora:

$$C dT_i = Q + G * C_e(T_o - T_i)dt \quad (1)$$

$$C \frac{dT_i}{dt} = Q + G * C_e(T_o - T_i) \quad (2)$$

Se tiene por formulas:

$$G * C_e = \frac{1}{R} \quad (3)$$

Reemplazando 3 en 2 y simplificando se tiene la siguiente ecuación

$$C \frac{dT_i}{dt} = Q + \frac{1}{R}(T_o - T_i) \quad (4)$$

$$R * C \frac{dT_i}{dt} = R * Q + (T_o - T_i) \quad (5)$$

$$T_i + R * C \frac{dT_i}{dt} = R * Q + T_o \quad (6)$$

Aplicando la transformada de Laplace a la ecuación 6, se tiene la función de transferencia de la planta:

$$T_i(s) = \frac{R}{R*C*s+1} Q(s) + \frac{1}{R*C*s+1} T_o(s) \quad (7)$$

El cálculo del flujo de masa de aire (G) se basa de la ecuación de la densidad de aire:

$$\rho_{aire} = \frac{m_{aire}}{V_{ol\ aire}} \quad (8)$$

Para los siguientes cálculos, el volumen del aire que proporciona de la hoja de datos del ventilador y es $V_{\text{ol aire}}=940\frac{m^3}{h}$;

De la ecuación 8 se despeja masa y se reemplaza valores de la densidad del aire y el volumen de aire se tiene el flujo de masa, además se realiza conversión de unidades:

$$G = 940 \frac{m^3}{h} * 1,2 \frac{kg}{m^3} * \frac{1h}{3600seg} = 0,3144 \frac{kg}{seg} \quad (9)$$

Resistencia térmica se despeja de la ecuación 3, se reemplaza el flujo de la masa de aire y calor específico y se tiene:

$$R = \frac{1}{G * C_e} = \frac{1}{0,3144 \frac{kg}{seg} * 0,24 \frac{kcal}{kg \cdot ^\circ C}} = 13,25 \frac{kcal}{seg \cdot ^\circ C} \quad (10)$$

Para el cálculo de la capacitancia térmica, parte de los datos que provee en el ANEXO E de los cálculos realizados de la masa de aire dentro de la incubadora. $m = 0,40103856kg$, además de la siguiente formula:

$$C = m * C_e$$

Remplazando m y C_e , se tiene:

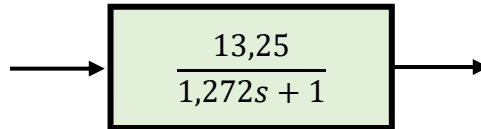
$$C = 0,4 \text{ kg} * 0,24 \frac{kcal}{kg \cdot ^\circ C} = 0,096 \frac{kcal}{^\circ C} \quad (11)$$

Se reemplaza en la ecuación 7 los valores obtenidos de R y C , además, se desprecia la segunda parte de la ecuación ya que dentro de la incubadora al inicio es 0 y se tiene lo siguiente:

$$T_i(s) = \frac{13,25}{13,25 * 0,096 * s + 1} Q(s) = \frac{13,25}{1,272s + 1} Q(s) \quad (12)$$

Por lo tanto, la función de transferencia de la planta es:

$$\frac{T_i(s)}{Q(s)} = \frac{13,25}{1,272s+1} \quad (13)$$



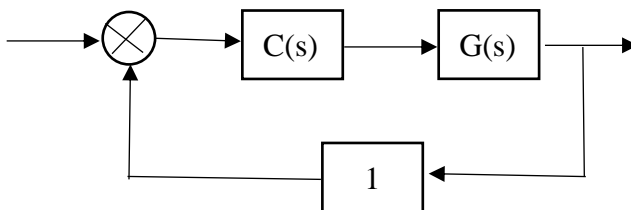
B. FUNCIÓN DE TRANSFERENCIA DEL CONTROLADOR

El controlador adecuado para el sistema de calefacción para la incubadora es el PID, pero para este proyecto se aprovechó el regulador PI que tiene el PLC, por lo tanto, se determina los parámetros del controlador K_p , K_c y T_i , utilizando el método de cancelación de polos, según el método de Ziegler – Nichols.

Se parte de los modelos de la función de transferencia de la planta y del controlador

$$G(s) = \frac{k_p}{T_i s + 1} \quad (14)$$

$$C(s) = \frac{k_c(T_i s + 1)}{T_i s} \quad (15)$$



Entonces, la función de transferencia del sistema es la siguiente:

$$F.T = \frac{C(s) \cdot G(s)}{1 + C(s) \cdot G(s)} \quad (16) \quad \text{reemplazando 15 y 14 en 16 tenemos:}$$

$$F.T = \frac{\left(\frac{k_c(T_i + 1)}{T_i s}\right) \left(\frac{k_p}{T_i(s) + 1}\right)}{1 + \left(\frac{k_c(T_i + 1)}{T_i s}\right) \left(\frac{k_p}{T_i(s) + 1}\right)}$$

Simplificando, se tiene lo siguiente:

$$F.T = \frac{kp * kc}{T_i s + kc * kp}$$

Se divide al numerador y denominador por $kp * kc$:

$$F.T = \frac{\frac{kp * kc}{kp * kc}}{\frac{T_i s + kc * kp}{kp * kc}}$$

Se simplifican términos y se obtiene la siguiente ecuación:

$$F.T = \frac{1}{\frac{T_i s}{kc * kp} + 1}$$

Tiempo deseado (τ_d) es igual a $\frac{T_i}{kc * kp}$ de donde se puede despejar kc .

$$\tau_d = R * C = 13,25 * 1,272 = 0,096$$

$$G(s) = \frac{k_p}{T_i s + 1} = \frac{13,25}{1,272s + 1}$$

Donde: $kp = R$

$$\tau_d = T_i = 1,272$$

Por lo tanto $\tau_d = \frac{T_i}{kc * kp}$ se obtiene kc y es igual a:

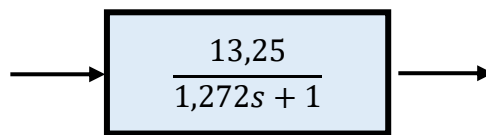
$$kc = \frac{1}{kp} = 0,075$$

se reemplaza los datos obtenidos en la función de transferencia del controlador

$$C(s) = \frac{k_c(T_i s + 1)}{T_i s} = \frac{k_c T_i s + k_c}{T_i s} = \frac{k_c T_i s + k_c}{s}$$

$$C(s) = \frac{0,075(1,272)s + 0,075}{s}$$

$$C(s) = \frac{0,0954s + 0,075}{s}$$



ANEXO D: TABLA DE PROPIEDADES TÉRMICAS

Material	Calor específico kcal/kg °C	Densidad kg/m ³	Capacidad calorífica kcal/m ³ °C
Agua	1	1000	1000
Acero	0,12	7850	950
Tierra seca	0,44	1500	660
Granito	0,19	2645	529
Madera de roble	0,57	750	430
Ladrillo	0,20	2000	400
Madera de pino	0,6	640	384
Piedra arenisca	0,17	2200	374
Piedra caliza	0,22	2847	484
Hormigón	0,16	2300	350
Mortero de yeso	0,2	1440	288
Tejido de lana	0,32	111	35
Poliestireno expandido	0,4	25	10
Poliuretano expandido	0,38	24	9
Fibra de vidrio	0,19	15	2,8
Aire	0,24	1,2	0,29

ANEXO E: DATASHEET SENSOR DE HUMEDAD

HIH-4030/31 Series

TABLE 1. PERFORMANCE SPECIFICATIONS (At 5 Vdc supply and 25 °C [77 °F] unless otherwise noted.)

Parameter	Minimum	Typical	Maximum	Unit	Specific Note
Interchangeability (first order curve)	-	-	-	-	-
0% RH to 59% RH	-5	-	5	% RH	-
60% RH to 100% RH	-8	-	8	% RH	-
Accuracy (best fit straight line)	-3.5	-	+3.5	% RH	1
Hysteresis	-	3	-	% RH	-
Repeatability	-	±0.5	-	% RH	-
Settling time	-	-	70	ms	-
Response time (1/e in slow moving air)	-	5	-	s	-
Stability (at 50% RH in a year)	-	±1.2	-	% RH	2
Stability (at 50% RH in a year)	-	±0.5	-	% RH	3
Voltage supply	4	-	5.8	Vdc	4
Current supply	-	200	500	µA	-
Voltage output (1 st order curve fit)	$V_{out} = (V_{supply})(0.0062(\text{sensor RH}) + 0.16)$, typical at 25 °C				
Temperature compensation	True RH = (Sensor RH)/(1.0546 - 0.00216T), T in °C				
Output voltage temp. coefficient at 50% RH, 5 V	-	-4	-	mV/°C	-
Operating temperature	-40[-40]	See Figure 1.	85[185]	°C[°F]	-
Operating humidity (HIH-4030)	0	See Figure 1.	100	% RH	5
Operating humidity (HIH-4031)	0	See Figure 1.	100	% RH	-
Storage temperature	-50[-58]	-	125[257]	°C[°F]	-
Storage humidity	-	See Figure 2.	-	% RH	5

Specific Notes:

- Can only be achieved with the supplied slope and offset. For HIH-4030/31-003 catalog listings only.
- Includes testing outside of recommended operating zone.
- Includes testing for recommended operating zone only.
- Device is calibrated at 5 Vdc and 25 °C.
- Non-condensing environment. When liquid water falls on the humidity sensor die, output goes to a low rail condition indicating no humidity.

General Notes:

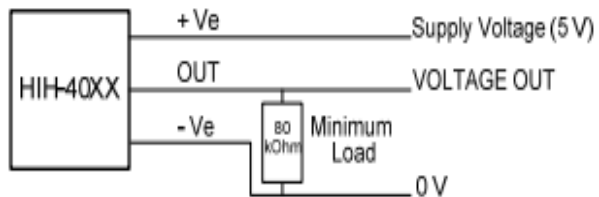
- Sensor is ratiometric to supply voltage.
- Extended exposure to ≥90% RH causes a reversible shift of 3% RH.
- Sensor is light sensitive. For best performance, shield sensor from bright light.

FACTORY CALIBRATION DATA

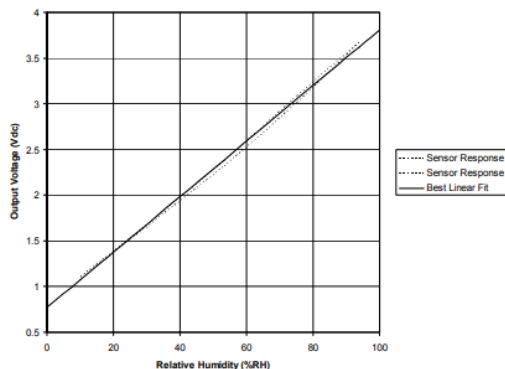
HIH-4030/31 Sensors may be ordered with a calibration and data printout. See Table 2 and the order guide on the back page.

TABLE 2. EXAMPLE DATA PRINTOUT

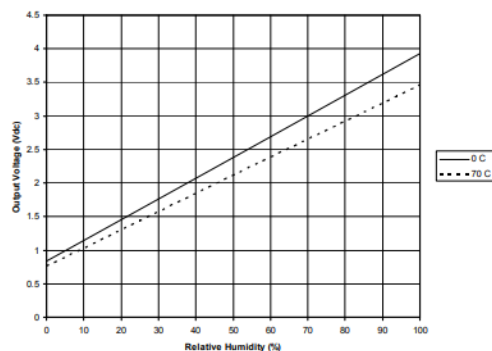
Model	HIH-4030-003
Channel	92
Wafer	030996M
MRP	337313
Calculated values at 5 V	
V_{out} at 0% RH	0.958 V
V_{out} at 75.3% RH	3.268 V
Linear output for 3.5% RH accuracy at 25 °C	
Zero offset	0.958 V
Slope	30.680 mV/%RH
Sensor RH	$(V_{out} - \text{zero offset})/\text{slope}$ $(V_{out} - 0.958)/0.0307$
Ratiometric response for 0% RH to 100% RH	
V_{out}	$V_{supply} (0.1915 \text{ to } 0.8130)$



TYPICAL OUTPUT VOLTAGE VS RELATIVE HUMIDITY (At 25 °C and 5 V.)



TYPICAL OUTPUT VOLTAGE (BFSL) VS RELATIVE HUMIDITY (At 0 °C, 70 °C and 5 V.)



ANEXO F: PT100 SENSOR DE TEMPERATURA

Para una detección precisa de la temperatura, nada es mejor que un Platinum RTD. Los detectores de temperatura de resistencia (RTD) son sensores de temperatura que contienen una resistencia que cambia su valor de resistencia a medida que cambia su temperatura, básicamente un tipo de termistor.

En este sensor, la resistencia es en realidad una pequeña franja de platino con una resistencia de 100 ohmios a 0 ° C, de ahí el nombre PT100. En comparación con la mayoría de los termistores NTC / PTC, el tipo de RTD PT es mucho más estable y preciso (pero también más caro).

Los PT100 se han utilizado durante muchos años para medir la temperatura en los procesos de laboratorio e industriales, y han desarrollado una reputación de precisión (mejor que los termopares), repetibilidad y estabilidad.

Este sensor PT100 de alta temperatura está equipado con un protector de acero inoxidable

CARACTERISTICAS:

- Basado en principios de medición de resistencia.
- El material del resistor es platino con un valor de 100 ohmios a una temperatura de 0 ° C
- El platino tiene un factor de temperatura de resistencia positiva; la resistencia aumenta con el aumento de la temperatura La variación de resistencia es una función de la temperatura: 0.3850 / ° C nominal
- Alta precisión y estabilidad en comparación con los termopares, sensores de temperatura basados en silicio o termistores

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:

- Tubo de acero inoxidable: 4 mm de diámetro por 30 mm de largo (el tamaño de la cápsula de acero inoxidable puede variar)
- El cable mide aproximadamente 1m / 100cm de largo.
- Contiene un sensor de temperatura PT100
- Tres cables con terminales
- Rango de temperatura utilizable: -200 a 400 ° C
- Utiliza interfaz de 3 hilos
- Precisión de ± 0.5 ° C de -10 ° C a + 85 ° C

Tabla Pt100-1 -Termoresistencia Pt 100 según Norma IEC 751

T (°C)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
-200	18,493	18,926	19,358	19,790	20,221	20,653	21,083	21,514	21,944	22,374
-190	22,803	23,232	23,661	24,089	24,517	24,945	25,372	25,799	26,226	26,652
-180	22,078	27,504	27,929	28,354	28,779	29,203	29,627	30,051	30,474	30,897
-170	31,320	31,742	32,165	32,587	33,008	33,429	33,850	33,271	34,691	35,111
-160	35,531	35,951	36,370	36,789	37,208	37,626	38,044	38,462	38,879	39,297
-150	39,714	40,130	40,547	40,963	41,379	41,795	42,210	42,625	43,040	43,455
-140	43,869	44,283	44,697	45,111	45,524	45,937	46,350	46,763	47,175	47,587
-130	47,999	48,411	48,822	49,234	49,645	50,055	50,466	50,876	51,286	51,696
-120	52,106	52,515	52,924	53,333	53,742	54,151	54,559	54,967	55,375	55,783
-110	56,190	56,598	57,005	57,412	57,818	58,225	58,631	59,037	59,443	59,849
-100	60,254	60,659	61,065	61,469	61,874	62,279	62,683	63,087	63,491	63,895
-90	64,299	64,702	65,105	65,508	65,911	66,314	66,717	67,119	67,521	67,923
-80	68,325	68,727	69,128	69,530	69,931	70,332	70,733	71,134	71,534	71,934
-70	72,335	72,735	73,135	73,534	73,934	74,333	74,733	75,132	75,531	75,930
-60	76,328	76,727	77,125	77,523	77,921	79,318	78,717	79,115	79,512	79,910
-50	80,307	80,704	81,101	81,498	81,894	82,291	82,687	83,083	83,479	83,875
-40	84,271	84,667	85,063	85,458	85,853	86,248	86,643	87,038	87,433	87,828
-30	88,222	88,617	89,011	89,405	89,799	90,193	90,587	90,980	91,374	91,767
-20	92,160	92,553	92,946	93,339	93,732	94,125	94,517	94,910	95,302	95,694
-10	96,086	96,478	96,870	97,262	97,653	98,045	98,436	98,827	99,218	99,609
0	100,000	100,391	100,781	101,172	101,562	101,953	102,343	102,733	103,123	103,513
10	103,902	104,292	104,681	105,071	105,460	105,849	106,238	106,627	107,016	107,404
20	107,793	108,181	108,570	108,958	109,346	109,734	110,122	110,509	110,897	111,284
30	111,672	112,059	112,446	112,833	113,220	113,607	113,994	114,380	114,767	115,153
40	115,539	115,925	116,311	116,697	117,083	117,469	117,854	118,240	118,625	119,010
50	119,395	119,780	120,165	120,550	120,934	121,319	121,703	122,087	122,471	122,855
60	123,239	123,623	124,007	124,390	124,774	125,157	125,540	125,923	126,306	126,689
70	127,072	127,454	127,837	128,219	128,602	128,984	129,366	129,748	130,130	130,511
80	130,893	131,274	131,656	132,037	132,418	132,799	133,180	133,561	133,941	134,322
90	134,702	135,083	135,463	135,843	136,223	136,603	136,982	137,362	137,741	138,121
100	138,500	138,879	139,258	139,637	140,016	140,395	140,773	141,152	141,530	141,908
110	142,286	142,664	143,042	143,420	143,797	144,175	144,552	144,930	145,307	145,684
120	146,061	146,438	146,814	147,191	147,567	147,944	148,320	148,696	149,072	149,448
130	149,824	150,199	150,575	150,950	151,326	151,701	152,076	152,451	152,826	153,200
140	153,575	153,950	154,324	154,698	155,072	155,446	155,820	156,194	156,568	156,941

**ANEXO G: CARACTERÍSTICAS DEL SENSOR DE NIVEL
TIPO FLOTADOR INTERRUPTOR.**

Product Number	CS-CO058
Product Name	Liquid Water Level Sensor Right Angle Float Switch
Max Contact Rating	10w
Max Switching Voltage	100V DC
Max Switching Current	0.5A
Max Breakdown Voltage	220V DC
Max Load Current	1.0A
Max Contact Resistance	100 mΩ
Temp Rating	-10~+85°C
Float Body Material	P.P
Float Ball Material	P.P
Net Weight	20g/0.7oz

ANEXO H: CARACTERÍSTICAS DEL VENTILDOR (MOTOR Y ASTAS)

Velocidad	1550 RPM
Voltaje	120 Voltios
Potencia	18 Vatios
Material	Metal
Peso del artículo	1.3 Kilogramos
Fabricante	Retafe
Peso del producto	2.86 pounds
Dimensiones del paquete	9.45 x 9.41 x 5 pulgadas
Estilo	YZF18-25
¿Se incluyen las baterías?	No
¿Se necesitan baterías?	No

- Motor monofásico de 4 polos sombreados, 110 V 60 Hz 1550 r/min, potencia de entrada 70 W, potencia de salida 18 W, volumen de aire nominal 940 m³/h
- El motor del ventilador de CA tiene un protector térmico integrado y la temperatura de desconexión de protección es de 257 °F
- Temperatura ambiente aplicable para el motor: -13 °F a 122 °F, utilizado en pequeños equipos de ventilación, equipos de refrigeración como evaporador de radiador durante más de 10 años
- Estructura de rodamientos de manga, la vida útil media de los motores es de más de 20.000 horas

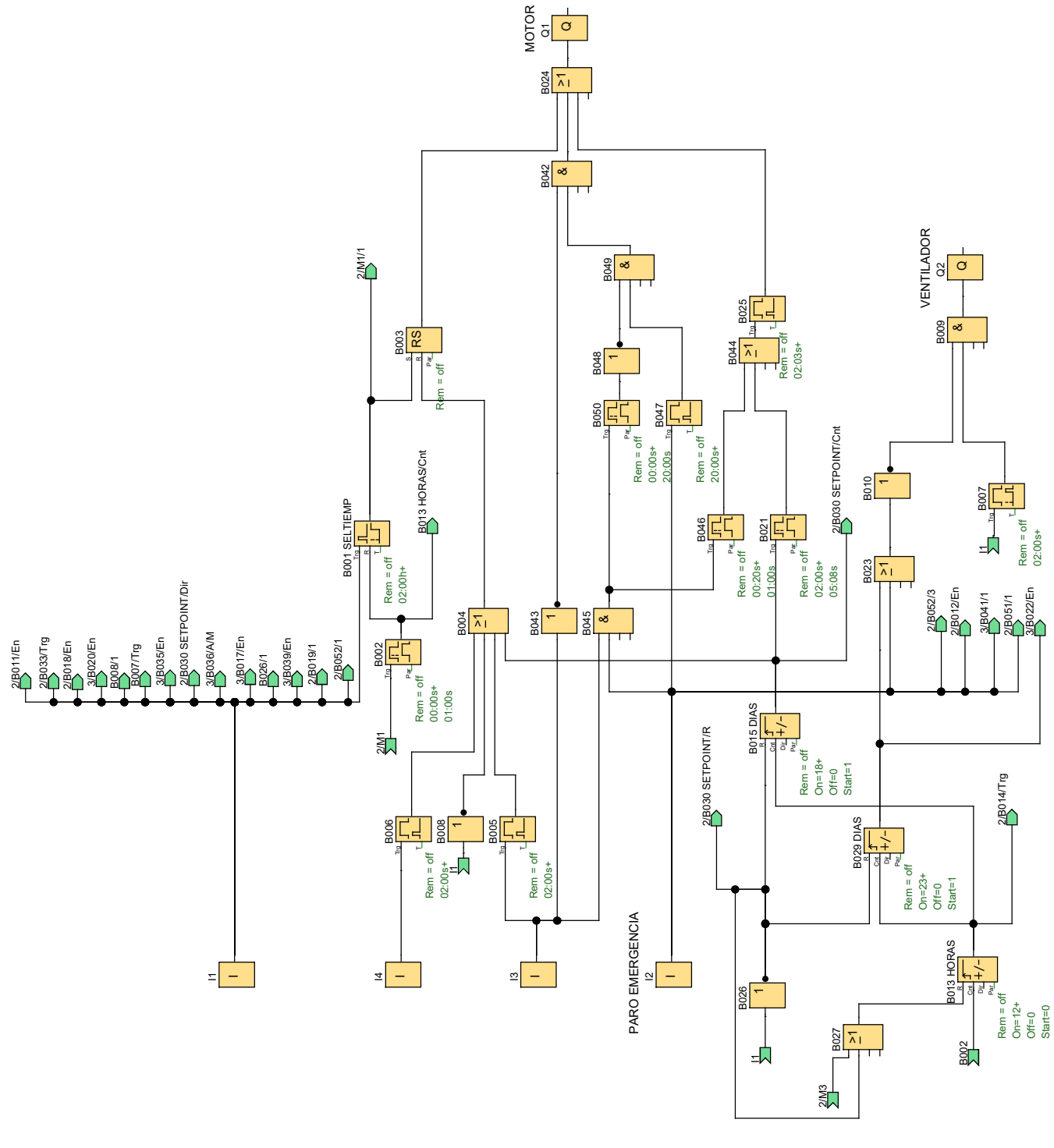
ANEXO I: CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES MOTOR

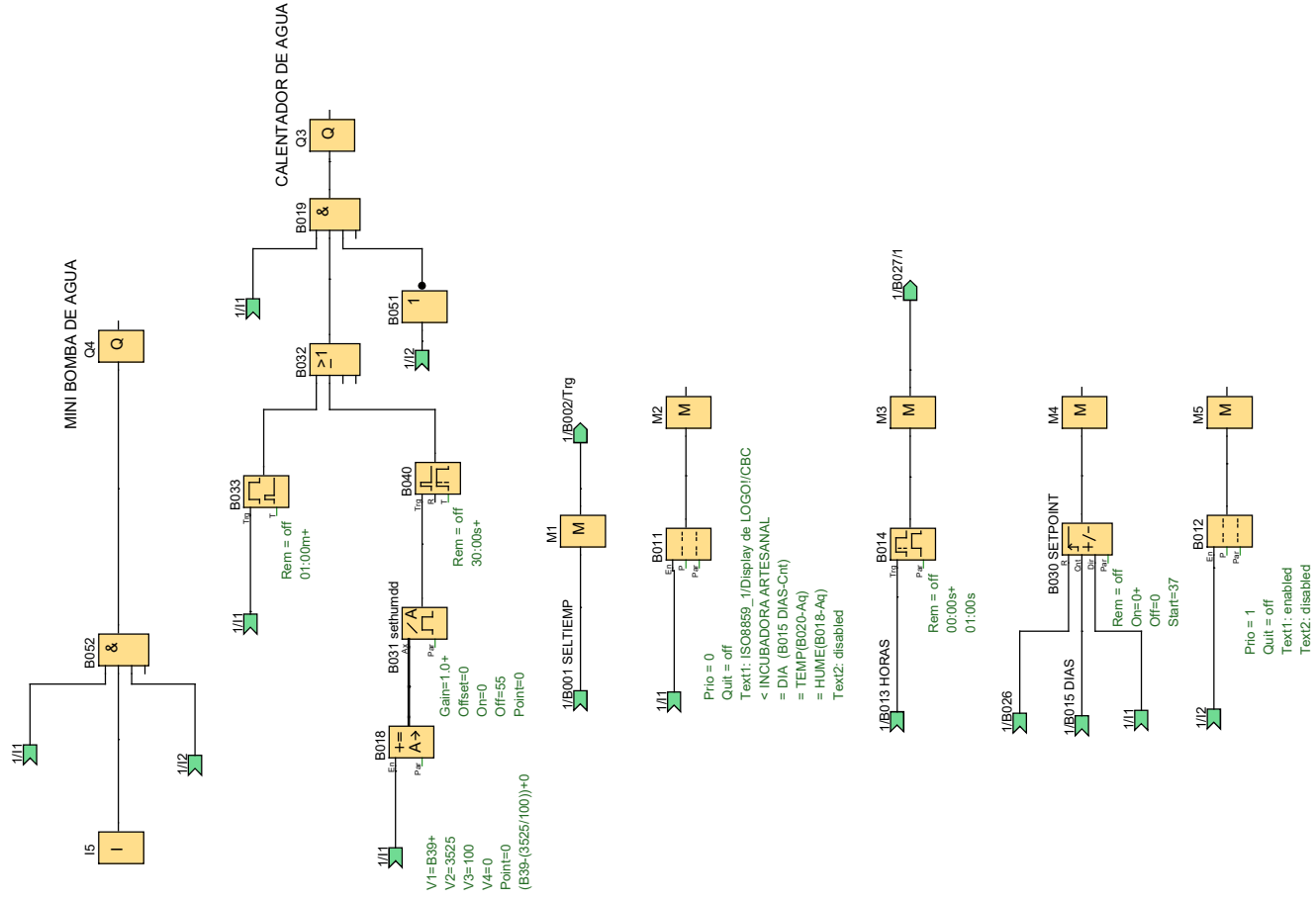
REDUCTOR ECM6048

Especificaciones técnicas	
Voltaje	120V
Frecuencia	60Hz
Velocidad	7.7 r.p.m.
Corriente	1,82A
Potencia de salida	0,64 W
Protección térmica	Si
Torque	60kg/cm
Material	Metal
Carcasa	Abierto
Capacidad en incubadoras	Hasta 600 huevos

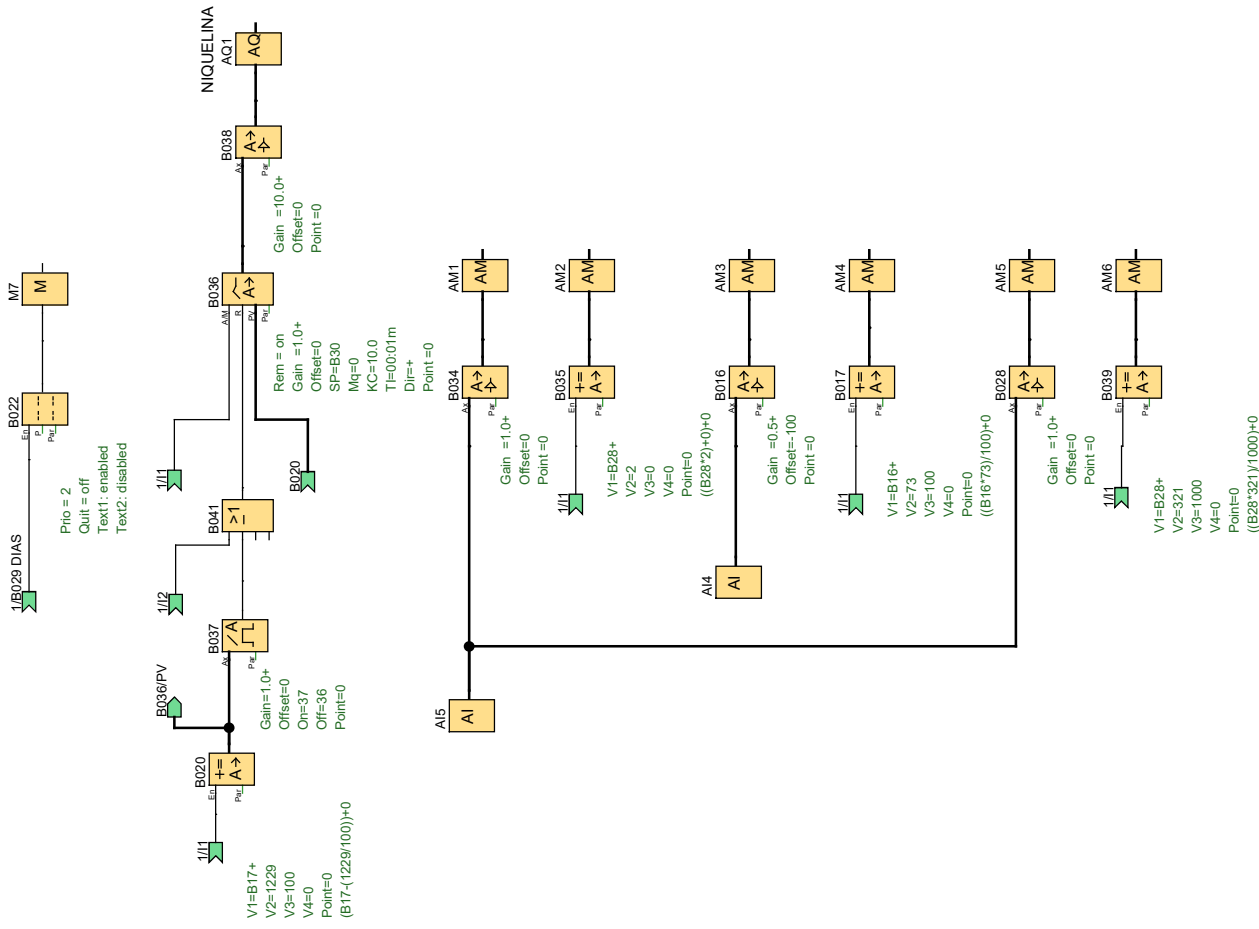
ANEXO J: PROGRAMA DEL PLC LOGO!

ANEXO K: PLANOS

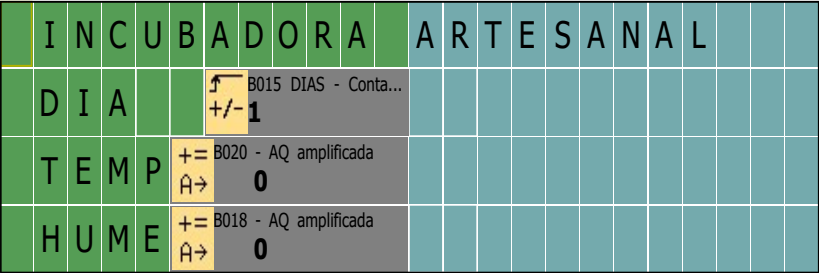
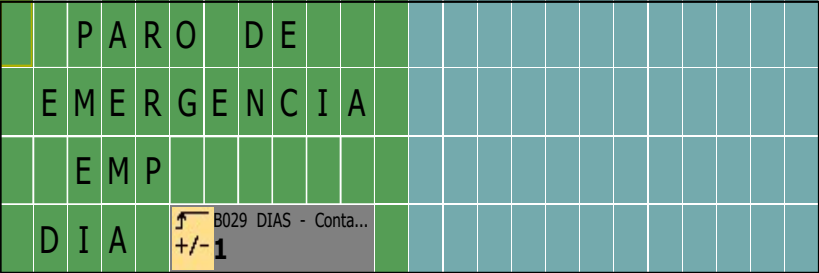


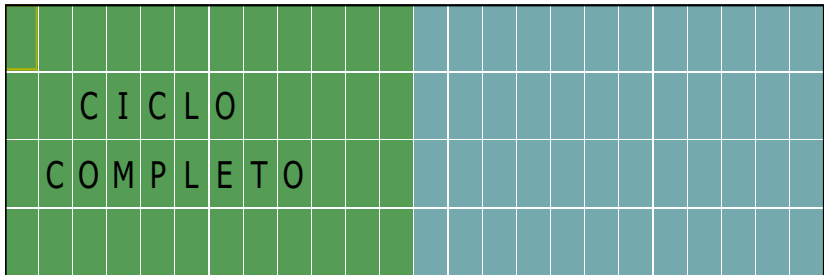


Autor:	ALICIA DE LA TORRE	Proyecto:	SISTEMA DE CONTROL PARA INCUBADORA	Ciudad:	
Comprobado:		Instalación:	INCUBADORA.lsc	Nº diagrama:	
Fecha de creación/modificación:	10/01/23 19:02:15/03/23 9:19	archivo:		Página:	2 / 8



Autor:	ALICIA DE LA TORRE	Proyecto:	SISTEMA DE CONTROL PARA INCUBADORA	Ciiente:	
Comprobado:		Instalación:	INCUBADORA.lsc	Nº diagrama:	
Fecha de creación/modificación:	10/01/23 19:02:15/03/23 9:19	archivo:		Página:	3 / 8

Número de bloque (tipo)	Parámetro				
AQ1(Salida analógica) : NIQUELINA					
B001 SELTIEMP(Retardo a la conexión con memoria) :	Rem = off 02:00h+				
B002(Retardo conexión/desconexión) :	Rem = off 00:00s+ 01:00s				
B003(Relé autoenclavador) :	Rem = off				
B005(Relé de barrido (Salida de impulsos)) :	Rem = off 02:00s+				
B006(Relé de barrido (Salida de impulsos)) :	Rem = off 02:00s+				
B007(Retardo a la conexión) :	Rem = off 02:00s+				
<p>B011(Texto de aviso) :</p>  <p>Line2.7 B015 DIAS-Cnt Line3.6 B020-Aq Line4.6 B018-Aq</p>	<p>Prio = 0 Quit = off Text1: ISO8859_1/Display de LOGO!/CBC < INCUBADORA ARTESANAL = DIA (B015 DIAS-Cnt) = TEMP(B020-Aq) = HUME(B018-Aq) Text2: disabled</p> <p>--> Configuración del ticker - CBC - Line1: Y - Line2: N - Line3: N - Line4: N Destino de aviso - Display de LOGO!</p>				
<p>B012(Texto de aviso) :</p>  <p>Line4.6 B029 DIAS-Cnt</p>	<p>Prio = 1 Quit = off Text1: enabled Text2: disabled</p> <p>--> Configuración del ticker - CBC - Line1: N - Line2: N - Line3: N - Line4: N Destino de aviso - Ambos</p>				
Autor:	ALICIA DE LA TORRE	Proyecto:	SISTEMA DE CONTROL PARA	Cliente:	
Comprobado:		UNIVERSIDAD TÉCNICA	DEL NORTE	Nº diagrama:	
Fecha de creación/modificación:	10/01/2013 19:02:15/03/23 9:19	archivo:	INCUBADORA.lsc	Página:	4 / 8

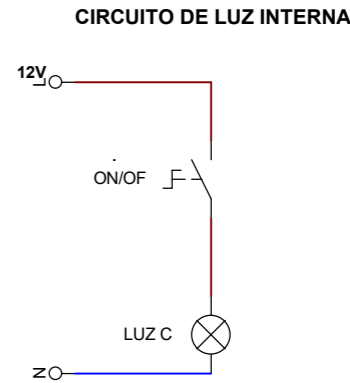
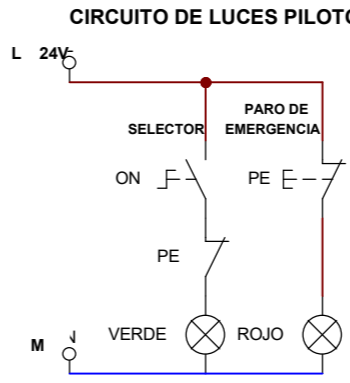
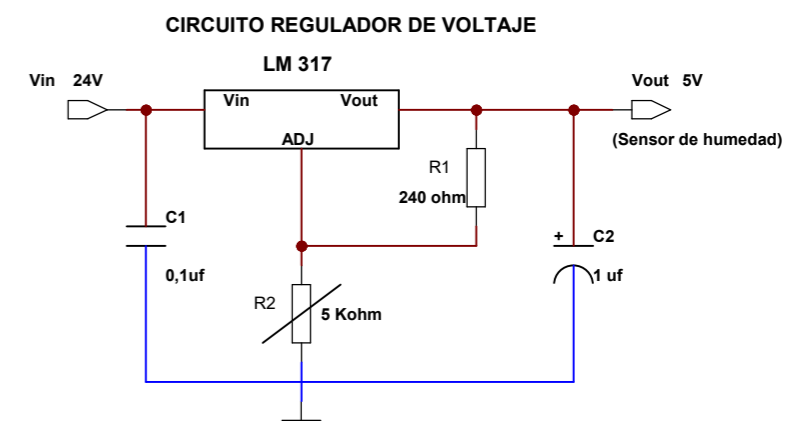
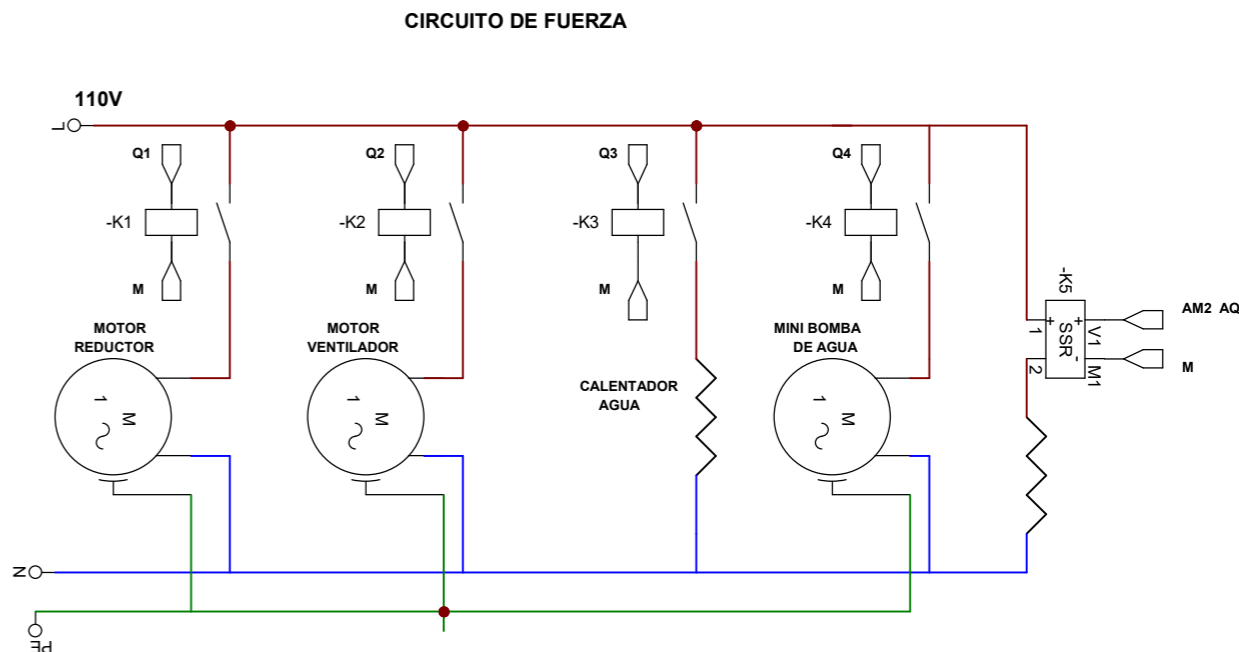
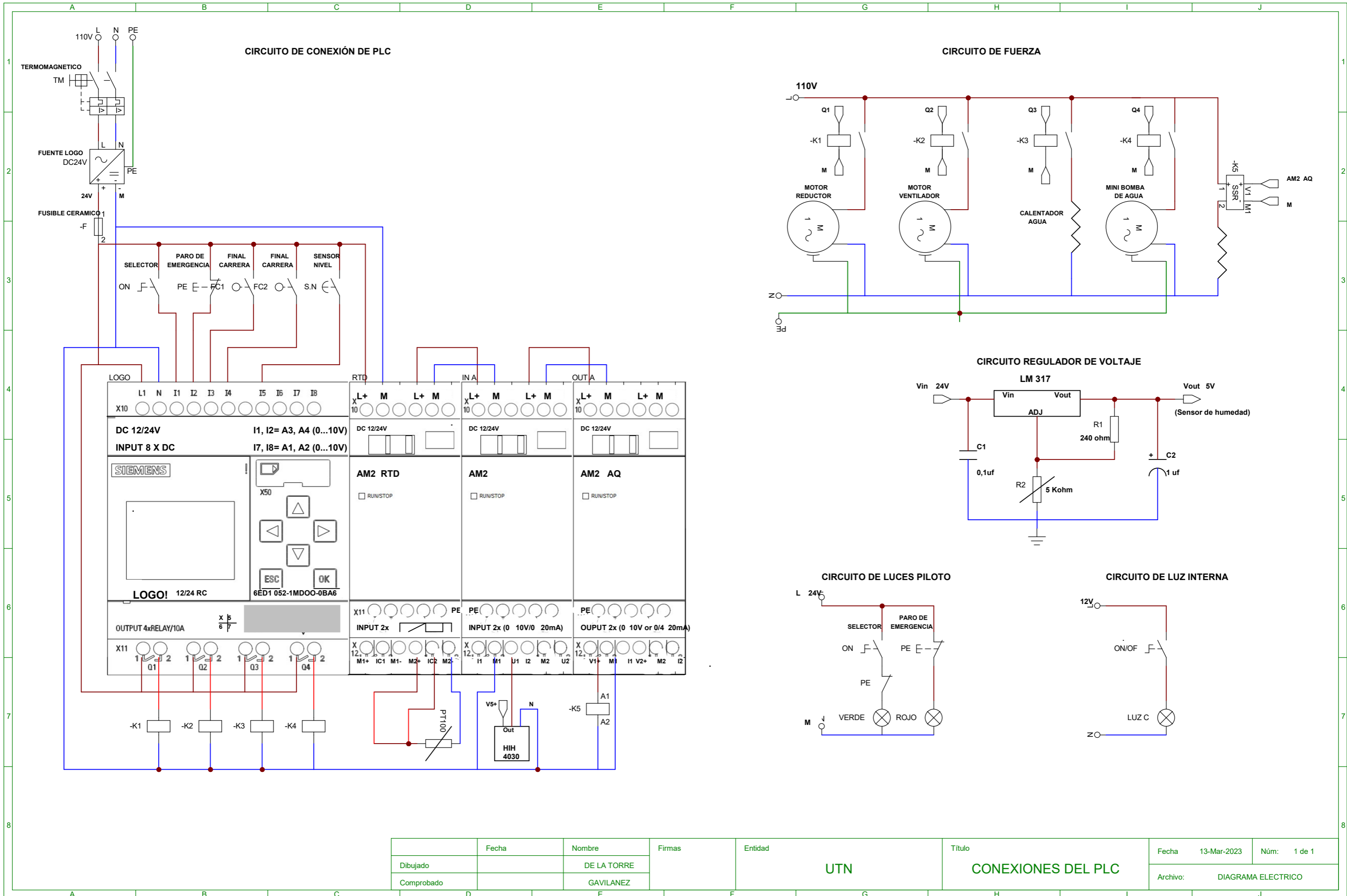
Número de bloque (tipo)	Parámetro
B013 HORAS(Contador adelante/atrás) :	Rem = off On=12+ Off=0 Start=0
B014(Retardo conexión/desconexión) :	Rem = off 00:00s+ 01:00s
B015 DIAS(Contador adelante/atrás) :	Rem = off On=18+ Off=0 Start=1
B016(Amplificador analógico) :	Gain =0.5+ Offset=-100 Point =0
B017(Instrucción aritmética) :	V1=B16+ V2=73 V3=100 V4=0 Point=0 $((B16*73)/100)+0$
B018(Instrucción aritmética) :	V1=B39+ V2=3525 V3=100 V4=0 Point=0 $(B39-(3525/100))+0$
B020(Instrucción aritmética) :	V1=B17+ V2=1229 V3=100 V4=0 Point=0 $(B17-(1229/100))+0$
B021(Retardo conexión/desconexión) :	Rem = off 02:00s+ 05:08s
B022(Texto de aviso) :	Prio = 2 Quit = off Text1: enabled Text2: disabled
	<p>--> Configuración del ticker</p> <ul style="list-style-type: none"> - CBC - Line1: N - Line2: N - Line3: N - Line4: N <p>Destino de aviso</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ambos
B025(Relé de barrido (Salida de impulsos)) :	Rem = off 02:03s+

Número de bloque (tipo)	Parámetro
B028(Amplificador analógico) :	Gain =1.0+ Offset=0 Point =0
B029 DIAS(Contador adelante/atrás) :	Rem = off On=23+ Off=0 Start=1
B030 SETPOINT(Contador adelante/atrás) :	Rem = off On=0+ Off=0 Start=37
B031 sethumdd(Conmutador analógico de valor umbral) :	Gain=1.0+ Offset=0 On=0 Off=55 Point=0
B033(Relé de barrido (Salida de impulsos)) :	Rem = off 01:00m+
B034(Amplificador analógico) :	Gain =1.0+ Offset=0 Point =0
B035(Instrucción aritmética) :	V1=B28+ V2=2 V3=0 V4=0 Point=0 $((B28*2)+0)+0$
B036(Regulador PI) :	Rem = on Gain =1.0+ Offset=0 SP=B30 Mq=0 KC=10.0 TI=00:01m Dir=+ Point =0
B037(Conmutador analógico de valor umbral) :	Gain=1.0+ Offset=0 On=37 Off=36 Point=0
B038(Amplificador analógico) :	Gain =10.0+ Offset=0 Point =0
B039(Instrucción aritmética) :	V1=B28+ V2=321 V3=1000 V4=0 Point=0 $((B28*321)/1000)+0$
B040(Retardo a la desconexión) :	Rem = off 30:00s+

Autor:	ALICIA DE LA TORRE	Proyecto:	SISTEMA DE CONTROL PARA	Cliente:	
Comprobado:		Delaborante:	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BARRANCO	Nº diagrama:	
Fecha de creación/modificación:	10/03/2023 19:02/15/03/23 9:19	archivo:	INCUBADORA.lsc	Página:	6 / 8

Número de bloque (tipo)	Parámetro
B046(Retardo conexión/desconexión) :	Rem = off 00:20s+ 01:00s
B047(Relé de barrido (Salida de impulsos)) :	Rem = off 20:00s+
B050(Retardo conexión/desconexión) :	Rem = off 00:00s+ 20:00s
I2(Entrada) : PARO EMERGENCIA	
Q1(Salida) : MOTOR	
Q2(Salida) : VENTILADOR	
Q3(Salida) : CALENTADOR DE AGUA	
Q4(Salida) : MINI BOMBA DE AGUA	

Conector	Rotulación
I1	
I2	
I3	
I4	
I5	
A14	
A15	
Q1	
Q2	
Q3	
Q4	
AQ1	



	Fecha	Nombre	Firmas	Entidad	Título	Fecha	Núm:
Dibujado		DE LA TORRE		UTN	CONEXIONES DEL PLC	13-Mar-2023	1 de 1
Comprobado		GAVILANEZ				Archivo:	DIAGRAMA ELECTRICO