



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

PROPUESTA TECNOLÓGICA

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA INCUBADORA PARA EL PERÍODO NEONATAL EN CANES PARA EL CONTROL DE VARIABLES DE TEMPERATURA, HUMEDAD Y OXIGENACIÓN DEL AIRE.

Propuesta tecnológica presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero Electromecánico

AUTOR:

Chiguano Allauca José Israel

TUTORA:

Ing. Ms.C Freire Andrade Verónica Paulina

LATACUNGA-ECUADOR

Marzo-2022



DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, Chiguano Allauca José Israel, declaro ser el autor del presente proyecto tecnológico: “Diseño y construcción de una incubadora para el período neonatal en canes para el control de variables de temperatura, humedad y oxigenación del aire”, siendo la Ing. Ms.C Freire Andrade Verónica Paulina, tutora del presente Trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimiento y resultados vertidos en el presente trabajo son de mi exclusiva responsabilidad.

Latacunga, Marzo 2022

.....
Chiguano Allauca José Israel
C.C 1722687611



Universidad
Técnica de
Cotopaxi



Ingeniería
Electromecánica

AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutora del Trabajo de la Propuesta tecnológica sobre el título:

“Diseño y Construcción de una incubadora para el período neonatal en canes para el control de variables de temperatura, humedad y oxigenación del aire”, del postulante **Chiguano Allauca José Israel**, de la Carrera de **Ingeniería Electromecánica**, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, Marzo, 2022

Tutora

Ing. Ms.C Freire Andrade Verónica Paulina
C.I:0502056229



Universidad
Técnica de
Cotopaxi



Ingeniería
Electromecánica

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la FACULTAD de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas.; por cuanto, el postulante: Chiguano Allauca José Israel con el título de Proyecto de titulación: "Diseño y Construcción de una Incubadora para el período neonatal en canes para el control de variables de temperatura, humedad y oxigenación del aire." Han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, Marzo 2022

Para constancia firman:

Lector 1 (Presidente)
Nombre: Ing. Ms.C Edwin Moreano
CC:0502607500

Lector 2
Nombre: Ing. Ms.C Segundo Cevallos
CC:0501782437

Lector 3
Nombre: Ing. Ms.C Jefferson Porras
CC: 0704400449

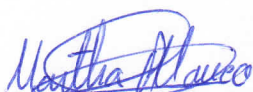
AVAL DE IMPLEMENTACIÓN

Quito, marzo del 2022

Con el presente documento, se pone en constancia que el estudiante Chiguano Allauca José Israel de la carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, ha desarrollado la propuesta tecnológica **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA INCUBADORA PARA EL PERÍODO NEONATAL EN CANES PARA EL CONTROL DE VARIABLES DE TEMPERATURA, HUMEDAD Y OXIGENACIÓN DEL AIRE”** y se entrega para el uso de la incubadora para el período neonatal en canes.

Con un lapso de uso de 4 semanas

Atentamente



Sra. Martha Piedad

CC:0501745327

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, a mis Padres por brindarme el apoyo incondicional a mi tía, mis hermanos y todos mis familiares cercanos por ser las personas que me brindan felicidad y son pilares fundamentales en toda mi vida.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi por permitirme formarme y ser parte de la familia de Electromecánica, a mis profesores por aportar y compartir sus conocimientos para el desarrollo personal y profesional.

Y agradezco a la Ing. Ms.C Freire Andrade Verónica Paulina que fue mi tutora de tesis y al gran apoyo que estuvo en los momentos más difíciles para el correcto desarrollo del proyecto tecnológico.

Chiguano Allauca José Israel

DEDICATORIA

A mis padres Martha y José quienes, con sabiduría, paciencia, rectitud y mucho esfuerzo les han permitido llegar a cumplir una meta más en mi vida.

A mi hermano Wilmer por su cariño incondicional en el desarrollo del proyecto y ser un ejemplo de hermano y profesional, a mi hermana Kerly por cuidarme en mis momentos más tristes por sus consejos y palabras que me ayudan a ser una persona con valores y principios.

Chiguano Allauca José Israel

ÍNDICE GENERAL

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI.....	ii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	ii
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN.....	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	iv
AVAL DE IMPLEMENTACIÓN.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
DEDICATORIA.....	vii
ÍNDICE GENERAL.....	viii
ÍNDICE TABLAS.....	xiii
ÍNDICE FIGURAS.....	xv
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT.....	xviii
AVAL DE TRADUCCIÓN.....	xix
1. INFORMACIÓN GENERAL.....	1
2. INTRODUCCIÓN.....	2
2.1 EL PROBLEMA	2
2.1.1 Situación problemática:	2
2.1.2 Formulación del problema:	3
2.2 OBJETIVO Y CAMPO DE ACCIÓN	3
2.3 BENEFICIARIOS:	3
2.4 JUSTIFICACIÓN:.....	4
2.5 HIPÓTESIS	4
2.6 OBJETIVOS.....	4
2.6.1 General:.....	4
2.6.2 Específicos:	4
2.7 SISTEMA DE TAREAS	4

3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	5
3.1 Antecedentes.....	5
3.2 Definición de una Incubadora	7
3.3 Características generales de las incubadoras	7
3.4 Modelos de incubadoras en el mercado internacional.....	8
3.4.1 Incubadora Veterinario Portátil Aeolus 1801	8
3.4.2 Incubadora veterinaria para cuidados intensivos 21000 ICU	8
3.4.3 Veterinaria PX-ICU 160+(C).....	9
3.5 Descripción funcional.....	9
3.6 Factores de riesgo ambiental	9
3.6.1 Termorregulación.....	9
3.6.2 Función renal neonatal.....	10
3.6.3 Oxigenación del aire.....	10
3.7 Material del diseño mecánico.....	10
3.8 Criterios de selección del material a emplearse en la construcción de la incubadora	10
3.9 Transferencia de calor por radiación	11
3.10 Humedad relativa.....	11
3.11 Ventilación de ambientales.....	12
3.12 Sistemas de control.....	12
3.13 Sistema de lazo cerrado	12
3.14 Formas simples de retroalimentación	13
3.14.1 Control on-off.....	13
3.15 Control PID	13
3.16 Python.....	14
3.16.1 Lenguaje de programación Python	14
3.17 Clasificación de los dispositivos electrónicos de la incubadora	14
3.17.1 Raspberry Pi 4 Modelo B.....	14

3.17.2	Arduino Mega	15
3.17.3	Cámara Web Neodiiler	15
3.17.4	Pantalla Waveshare	16
3.17.5	Módulo dimmer AC	17
3.17.6	Módulo puente H L298N 2A	18
3.17.7	Módulo relé 1 canal	18
3.17.8	Lámpara infrarroja	19
3.17.9	Humidificador ultrasónico	20
3.17.10	Ventilador	21
3.17.11	Rejilla de ventilación regulable	21
3.17.12	Sensor de temperatura DTH21	22
3.17.13	Sensor de humedad DTH11	22
3.17.14	Sensor de CO2 MQ-9.....	23
4.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	24
4.1	Diseño de la Investigación	24
4.1.1	Tabla de Variables	24
4.2	Descripción mecánica de la incubadora	25
4.2.1	Habitáculo	25
4.2.2	Puerta de habitáculo	26
4.2.3	Rejilla.....	26
4.2.4	Bandeja de residuos	26
4.2.5	Estructura de la incubadora.....	26
4.3	Análisis estructural	29
4.4	Análisis térmico.....	29
4.4.1	Análisis térmico de temperatura del sólido.....	29
4.4.2	Análisis térmico de temperatura del fluido.....	31
4.5	Diseño de hardware del sistema de control.	32

4.6 Diagrama de flujo	33
4.6.1 Declaración de librería y variables Arduino	33
4.6.2 Declaración de variables y periféricos	34
4.6.3 Inicia comunicación Raspberry/ Arduino	35
4.6.4 Cálculo de PID temperatura.....	35
4.6.5 Cálculo de control on-off con histéresis	36
4.6.6 Cálculo de PID Oxigenación del aire.....	37
4.6.7 Pantalla principal	38
4.7 Diagrama esquemático	40
4.8 Cálculo de la de la función de transferencia del sistema de Primer Orden	42
4.8.1 Curva característica de una Función de Transferencia de Primer Orden.....	43
4.8.2 Ecuaciones características de un sistema de primer orden	44
4.8.3 Ganancia estática	44
4.8.4 Constante de tiempo del sistema.....	45
4.8.5 Temperatura Función de transferencia.....	45
4.8.6 Humedad Función de transferencia, control on-off	46
4.8.7 Oxigenación del aire Función de transferencia.....	46
4.9 Constantes del PID	47
4.10 Thonny.....	47
5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	48
5.1 Especificaciones del diseño y construcción de una incubadora	48
5.2 Masa de los canes recién nacidos	48
5.3 Análisis de cálculo para el análisis estructural	49
5.4 Análisis de resultado Software CAD: SOLIDWORKS (licencia estudiantil).....	50
5.5 Análisis de cálculo para el análisis térmico.....	50
5.6 Análisis de resultado Software CAD: SOLIDWORKS (licencia estudiantil).....	52
5.7 Ganancia estática, constante de tiempo de temperatura	52

5.8 Ganancia estática, constante de tiempo Humedad Relativa	53
5.9 Ganancia estática, constante de tiempo de Oxigenación del aire	55
5.10 Constantes PID	56
5.11 Cálculo del consumo de la Incubadora.....	56
5.12 Cámara web	57
6. PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTOS.....	57
6.1 Presupuesto.....	57
6.1.1 Costo de maquinaria	58
6.1.2 Costo de ingeniería en diseño y fabricación	58
6.1.3 Costo Total.....	58
6.2 Análisis de Impactos.....	59
6.2.1 Impacto Social	59
6.2.2 Impacto Tecnológico	59
6.2.3 Impacto Económico	59
6.2.4 Impacto Ambiental.....	59
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	60
7.1 Conclusiones.....	60
7.2 Recomendaciones	61
8. BIBLIOGRAFÍA.....	62
9. ANEXO.....	64

ÍNDICE TABLAS

Tabla 2.7 Actividades y sistemas de tareas en relación a los objetivos planteados.....	5
Tabla 3.8. Tipos de materiales para la construcción de la incubadora.....	11
Tabla 3.9 Descripción de ponderación.....	11
Tabla 3.17.1 Especificaciones técnicas de la Raspberry Pi 4 Modelo [16].....	15
Tabla 3.17.2 Especificaciones técnicas de Arduino Mega [19].....	15
Tabla 3.17.3 Cámara Web Neodiiler [20].....	16
Tabla 3.17.4 Características de la pantalla [21].....	17
Tabla 3.17.5 Especificaciones Técnicas Dimmer AC [22].....	17
Tabla 3.17.6 Especificaciones Técnicas Módulo Puente H L298N 2A [23].....	18
Tabla 3.17.7 Especificaciones Técnicas Módulo relé 1 canal [24].....	19
Tabla 3.17.8. Especificaciones Técnicas [25].....	20
Tabla 3.17.9 Especificaciones Técnicas [26].....	20
Tabla 3.17.10 Especificaciones Técnicas [14].....	21
Tabla 3.17.11. Rejilla de ventilación [27].....	21
Tabla 3.17.12 Sensor DTH21 físico [28].....	22
Tabla 3.17.13 Características técnicas [29].....	23
Tabla 3.17.14 Características técnicas [30].....	23
Tabla 4.1 Variable Independiente.....	24
Tabla 4.2 Variable Dependiente.....	25
Tabla 4.3. Características del habitáculo.....	25
Tabla 4.4 Características de la rejilla.....	26
Tabla 4.5 Bandeja de residuos.....	26
Tabla 4.6 Características de la estructura de la incubadora.....	27
Tabla 4.7 Respuestas SolidWorks licencia estudiantil.....	31
Tabla 4.8 Respuestas SolidWorks licencia estudiantil.....	32
Tabla 4.9 Declaración de librería.....	33

Tabla 4.10 Pines de entrada y salida.....	34
Tabla 4.11 Declaración de variables de temperatura y humedad.....	34
Tabla 4.12 Declaración de periféricos.....	34
Tabla 4.13 Definimos los sensores de humedad y temperatura.....	35
Tabla 4.14 Pines de conexión de patilla data Sensores.....	35
Tabla 4.15 Inicia comunicación Raspberry/ Arduino	35
Tabla 4.16 Cálculo de PID temperatura.....	36
Tabla 4.17 Cálculo de control on-off con histéresis.....	36
Tabla 4.18 Cálculo de PID Oxigenación del aire.....	37
Tabla 4.19 Pantalla principal Waveshare.....	38
Tabla 4.20 Interfaz gráfica.....	38
Tabla 4.21 Fórmulas de sintonía de Ziegler-Nichols para lazo cerrado.....	47
Tabla 5.1 Peso ideal para perros por raza.....	48
Tabla 5.2 Resultado de las ecuaciones calculadas.....	50
Tabla 5.3 Análisis de resultados análisis estático.....	50
Tabla 5.4. Resultado de las ecuaciones calculadas.....	51
Tabla 5.5 Análisis de resultados térmicos.....	52
Tabla 5.6 Lectura de Temperatura, Instrumentos de medición.....	53
Tabla 5.7 Lectura de humedad, Instrumentos de medición.....	54
Tabla 5.8 Lectura de Oxigenación de aire, Instrumentos de medición.....	55
Tabla 4.20 Fórmulas de sintonía de Ziegler-Nichols para lazo cerrado.....	56
Tabla 5.9 Sistema de control.....	57
Tabla 5.10 Sistema de Potencia.....	57
Tabla 6.1 Presupuesto Material, sensores, actuadores.....	58
Tabla 6.2 Uso y costo de maquinaria.....	58
Tabla 6.3 Uso y costo de maquinaria.....	58
Tabla 6.4 Uso y costo de maquinaria.....	58

ÍNDICE FIGURAS

Figura 2.1.1: Diagrama Ishikawa de acuerdo al problema.....	3
Figura 3.4.1 Incubadora Veterinaria Portátil Aeolus 1801 [9] (Ver Anexo A).....	8
Figura 3.4.2 Incubadora Veterinaria 21000 ICU [10] (Ver Anexo B).....	9
Figura 3.4.3. Incubadora Veterinaria PX-ICU 160+(C) [11] (Ver Anexo C).....	9
Figura 3.13 Sistema de realimentación sencillo mediante un diagrama de bloques [15].....	12
Figura 3.14.1 Características del controlador para control on-off ideal.....	13
Figura 3.15 Un controlador PID [15].....	13
Figura 3.17.1 Esquema de los componentes que integran una Raspberry Pi 4 Modelo B.....	14
Figura 3.17.2 Arduino mega [19].....	15
Figura 3.17.3 Cámara Web Neodiiler [20].....	16
Figura 3.17.4 Pantalla 7 Waveshare [21].....	16
Figura 3.17.5 Módulo Dimmer AC [22].....	17
Figura 3.17.6 Módulo Puente HL298N 2A [23].....	18
Figura 3.17.7 Módulo relé 1 canal [24].....	19
Figura 3.17.8 Lámpara Infrarroja [25].....	19
Figura 3.17.9 Humidificador ultrasónico [26].....	20
Figura 3.17.10 Ventilador [14].....	21
Figura 3.17.11. Rejilla de ventilación [27].....	21
Figura 3.17.12 Sensor DTH21 físico [28].....	22
Figura 3.17.13 Sensor DTH11 [29].....	22
Figura 3.17.14 Sensor MQ-9 [30].....	23
Figura 4.1 Estructura de la incubadora Software CAD (Ver anexo D: Estructura).....	28
Figura 4.2 Estructura de la incubadora.....	28
Figura 4.3 Análisis estructural de la incubadora.....	29
Figura 4.4 Análisis térmico temperatura del sólido.....	30
Figura 4.5 Análisis temperatura del fluido.....	32

Figura 4.6 Diagrama de proceso.....	32
Figura 4.7 Diagrama de Flujo.....	33
Figura 4.8 Características de sensibilidad del MQ-9.....	37
Figura 4.9 Estación de monitoreo.....	39
Figura 4.10 Estación de Control.....	40
Figura 4.11 Conexión de los sensores MQ-9, DTH11, DTH22 a la tarjeta TAD.....	40
Figura 4.12 Conexión de los módulos Puente H, dimmer, relé.....	41
Figura 4.13 Conexión de la comunicación serial entre Arduino mega y Raspberry Pi 4 B+ ...	41
Figura 4.14 Diagrama de bloques PID de la incubadora (Temperatura).....	42
Figura 4.15 Diagrama de bloques PID de la incubadora (Humedad)	42
Figura 4.16 Diagrama de bloques PID de la incubadora (Oxigenación del aire).....	42
Figura 4.17 Curva de temperatura vs tiempo (Temperatura).....	43
Figura 4.18 Curva de Humedad vs tiempo (Humedad Relativa).....	43
Figura 4.19 Curva de Oxigenación del aire vs tiempo (ppm).....	44
Figura 4.20 Constante del sistema, griega τ (tau).....	45
Figura 5.1 Lectura de temperatura, Interfaz gráfica.....	53
Figura 5.2 Lectura de humedad, Interfaz gráfica.....	54
Figura 5.3 Oxigenación del Aire, Interfaz gráfica.....	56
Figura 5.4 Estación de Monitoreo, cámara al interior del habitáculo.....	57

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA EN INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

TÍTULO: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA INCUBADORA PARA EL PERÍODO NEONATAL EN CANES PARA EL CONTROL DE VARIABLES DE TEMPERATURA, HUMEDAD Y OXIGENACIÓN DEL AIRE”.

Autor: Chiguano Allauca José Israel

Tutor: Ing. Freire Andrade Verónica Paulina Ms.C.

RESUMEN

En el presente proyecto se describe la implementación de una incubadora con un ambiente que permite el control de variables de temperatura, humedad y oxigenación del aire al interior del habitáculo a través de un control PID durante el período neonatal de un can. En la actualidad el principal problema que presentan las incubadoras es poseer un control on-off que ofrece oscilaciones y para evitar que los sistemas oscilen se implementó un control PID para temperatura y oxigenación del aire y un control on-off para la humedad relativa al ser un proceso lento de humidificación. Se utilizó la técnica de la entrevista y encuesta que sustentan el material y el rango de los factores de riesgos ambientales con veterinarios e investigaciones científicas que guardan relación con el cuidado de un can durante su período neonatal. El proyecto surge de la necesidad de una incubadora que permita la medición y el monitoreo de los factores de riesgo ambiental que se exponen como: termorregulación, función renal, oxigenación del aire con varios sensores ubicados en el interior del habitáculo, el control se realiza a través de la utilización de los sensores dth21, dth11, mq-9 y módulos de control: dimmer, relé, puente H que permiten la lectura y control de temperatura al variar el flujo eléctrico de dos lámparas infrarrojas, la humedad con el encendido y apagado de un humidificador ultrasónico, la oxigenación del aire al interior del habitáculo con un sistema de ventilación forzada a través de dos ventiladores con un sentido horario y antihorario. La adquisición, procesamiento, y comunicación serial entre la (TAD) tarjeta adquisición de datos y Raspberry Pi 4 B+ que permite el ingreso del valor a controlar de temperatura, humedad y oxigenación del aire, la visualización de los resultados de temperatura, humedad y oxigenación del aire a través de gráficas que representan el valor de la señal de la variable a medir en una pantalla capacitiva Waveshare. Se obtuvo la curva de temperatura, humedad y oxigenación del aire a través del monitor serial del Arduino Mega aplicando una entrada tipo escalón con un tiempo de 22.2 min, 23.33 min y 13.33 min respectivamente para que el sistema PID controle cada una de las variables. Se desarrolló una interfaz gráfica en el entorno de Thonny Python en Raspberry y cada uno de los botones de monitoreo y control para ingresar el set point de temperatura, humedad y oxigenación del aire.

Palabras Claves: Incubadora, Período Neonatal del Can, Habitáculo, Monitoreo, PID, TAD, Raspberry Pi 4 B+, Waveshare.

**COTOPAXI TECHNICAL UNIVERSITY
ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES FACULTY
ELECTROMECHANICAL ENGINEERING CAREER**

TOPIC: "AN INCUBATOR DESIGN AND CONSTRUCTION FOR THE NEONATAL PERIOD INTO DOGS BY THE TEMPERATURE, HUMIDITY VARIABLES CONTROL AND AIR OXYGENATION".

Author: Chiguano Allauca José Israel

Tutor: Ing. Freire Andrade Verónica Paulina Ms.C.

ABSTRACT

The actual project describes an incubator implementation with an environment, what allows the air temperature, humidity and oxygenation variables control, inside the cabin, through a PID control, during the neonatal dog period. At present, the main problem, what presents incubators is having an on-off control, which the systems fluctuate and it was implemented a PID control, for the temperature and air oxygenation and an on-off control for relative humidity, at being a slow process of humidification. It was used the interview and survey technique, which support the environmental risks factors material and range with veterinarians and related scientific research to a dog care, during its neonatal period. The project arises from the need an incubator, which allows the environmental risk factors measurement and monitoring, what are exposed as: thermoregulation, renal function, air oxygenation with several located sensors inside the cabin, the control is made, through the use dth21, dth11, mq-9 sensors and control modules: dimmer, relay, H bridge, which allow temperature reading and control by varying the two infrared lamps, humidity electrical flow with on and off an ultrasonic humidifier, the passenger compartment inside air oxygenation with a forced ventilation system, by two fans with a clockwise and counterclockwise direction. Acquisition, processing, and serial communication between the (TAD) data acquisition card and Raspberry Pi 4 B+, what allows the value entry by controlling for air temperature, humidity and oxygenation, through the temperature results display, air humidity and oxygenation, by graphs that represent the variable signal value to measure on a Wave share capacitive screen. It was got the air temperature, humidity and oxygenation curve, through the Arduino Mega serial monitor, by applying a step-type input with a 22.2 min, 23.33 min and 13.33 min, time, respectively for the PID system to control each of the variables. It was developed a graphical interface in the Thonny Python environment about Raspberry and each of monitoring and control buttons for entering the temperature, humidity and air oxygenation set point.

Keywords: Incubator, Canine Neonatal Period, Habitat, Monitoring, PID, TAD, Raspberry Pi 4 B+, Wave share.

AVAL DE TRADUCCIÓN

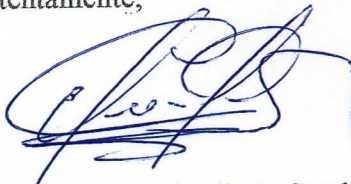
En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen al idioma Inglés del trabajo de titulación cuyo título versa: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA INCUBADORA PARA EL PERÍODO NEONATAL EN CANES PARA EL CONTROL DE VARIABLES DE TEMPERATURA, HUMEDAD Y OXIGENACIÓN DEL AIRE.”** Presentado por: **Chiguano Allauca José Israel**, estudiante de la Carrera de **Ingeniería en Electromecánica** perteneciente a la **Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas** lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

Latacunga, 22 marzo del 2022.

Atentamente,



CENTRO
DE IDIOMAS

Mg. Marco Paúl Beltrán Semblante

DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC
CI: 0502666514

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título:

Diseño y construcción de una incubadora para el período neonatal en canes para el control de variables de temperatura, humedad y oxigenación del aire

Fecha de inicio:

Octubre del 2021

Fecha de finalización:

Marzo del 2022

Lugar de ejecución:

Sierra, Pichincha, Quito, Quitumbe

Facultad que auspicia:

Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas

Carrera que auspicia:

Ingeniería Electromecánica

Proyecto de investigación vinculado:

No aplica.

Equipo de Trabajo:

Tutora:

Freire Andrade Verónica Paulina Ing. MSc

Estudiante:

Chiguano Allauca José Israel

Área de Conocimiento:

07 Campo Amplio Ingeniería Industrial y Construcción

071 Campo Específico Ingeniería y profesiones afines

0714 Campo Detallado Electrónica y automatización

Línea de investigación de la Universidad:

Línea 4.-Procesos industriales

Sublíneas de investigación de la Carrera:

Sublíneas 1.-Diseño, Construcción y Mantenimiento de Elementos, Prototipos y Sistemas Electromecánicos

Sublíneas 2.- Automatización, Control y Protección de Sistemas Electromecánicos

2. INTRODUCCIÓN

2.1 EL PROBLEMA

Los canes durante su período neonatal tienen un déficit de factores biológicos ambientales desde su nacimiento hasta las dos semanas de edad y está acompañado de factores biológicos, físicos y genéticos de los padres, la salud y alimentación durante la gestación de la madre [1]. Dentro del equipamiento de la maternidad, se debe contar con el diseño de una incubadora que sea fácil de lavar y desinfectar por lo cual deben estar fabricados con materiales no porosos, debe ser limitado por bioseguridad y para evitar estrés. Para calentar el habitáculo, lo mejor es contar con una lámpara infrarroja de altura ajustable. La madre debe habituarse al lugar al menos una semana antes del parto y se la baña previo al ingreso y el último enjuague se puede realizar con amonio cuaternario. La higiene en la maternidad tiene que ser estricta. El control que tienen las incubadoras es de tipo On-off con un solo sensor de lectura y tiene oscilaciones, se puede observar a través de un vidrio o Webcam.

2.1.1 Situación problemática:

El tipo de método de control de las incubadoras que se encuentran en el mercado nacional, tienen el control de On-off es el tipo de control de retroalimentación más simple del mercado y menos costoso y no logran tener una correcta estabilidad de las variables de temperatura, humedad y oxigenación del aire necesarias para el período neonatal en canes.

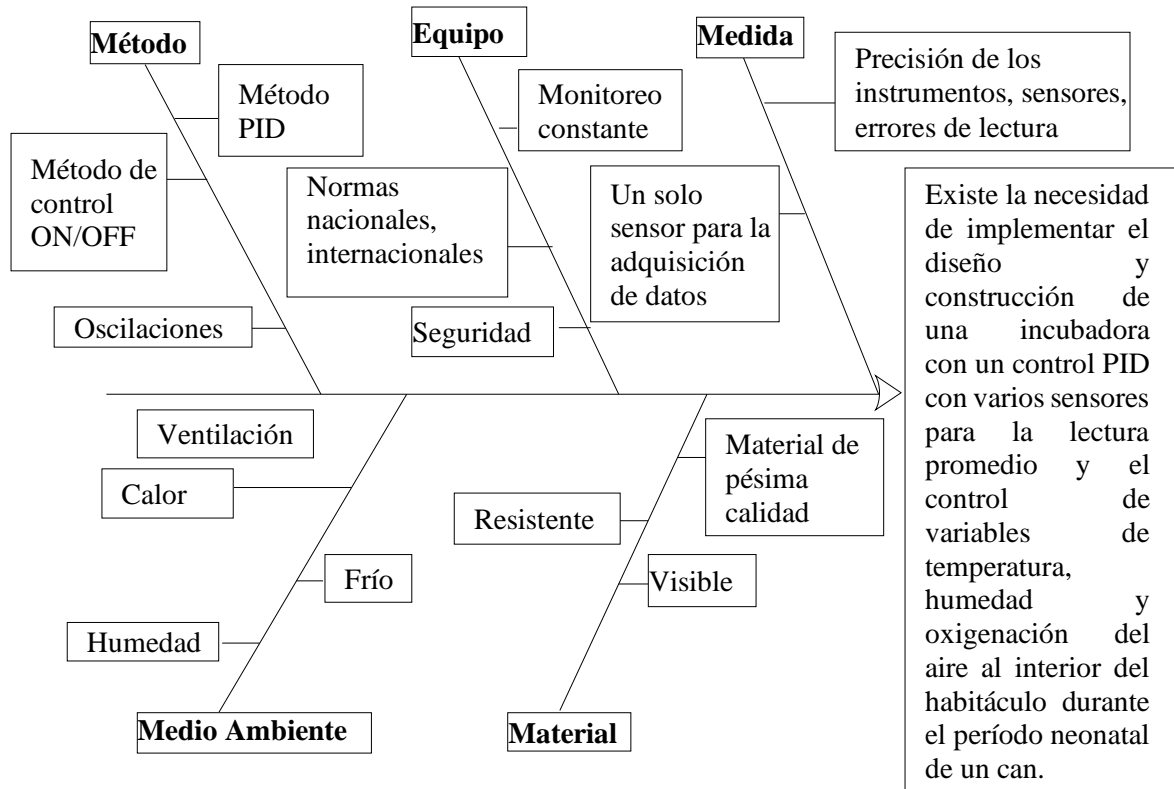
El diseño para una incubadora para uso veterinario no mantiene estables los factores de riesgos ambientales al interior del habitáculo a los que están expuestos los canes durante su período neonatal, en el Ecuador existen entidades para el registro, control, comercialización y uso de productos veterinarios.

En la medición de las variables de los factores de riesgo el método de control de las incubadoras cuenta con un único dispositivo de lectura un sensor que podrá ser ubicado en diferentes partes del habitáculo y adquiere un dato de lectura que depende de la ubicación de dicho sensor adquiriendo errores de medición.

El medio ambiente se encuentra en uno de los puntos más importante el diseño debe responder a las variables de temperatura, humedad relativa, ventilación en el habitáculo para disminuir los factores de riesgo ambientales a los que están sometidos los canes durante su período neonatal con los requerimientos de entidades que rigen y controlan productos veterinarios.

El material de construcción no responde a las normas y requerimientos necesarios como: un material aislante, visible y de fácil desinfección y se fabrican de manera artesanal en madera, plástico, acrílico, acero galvanizado, acero inoxidable.

Figura 2.1.1: Diagrama Ishikawa de acuerdo al problema



2.1.2 Formulación del problema:

Existe la necesidad de implementar el diseño y construcción de una incubadora con un control PID con varios sensores para la lectura promedio y el control de variables de temperatura, humedad y oxigenación del aire al interior del habitáculo durante el período neonatal de un can.

2.2 OBJETIVO Y CAMPO DE ACCIÓN

Objeto de estudio

Técnicas de control automático PID de variables: temperatura, humedad, oxigenación del aire

Campo de acción

Incubadora para el período neonatal en canes

2.3 BENEFICIARIOS:

El beneficiario directo:

Es el Tesista al realizar y poseer el Diseño y Construcción de una incubadora para el período neonatal en canes para el control de variables de temperatura, humedad y oxigenación del aire.

El beneficiario Indirecto:

Se benefician los usuarios de la incubadora para el uso de sus mascotas, y los lectores quienes se interesan por el desarrollo del presente escrito.

2.4 JUSTIFICACIÓN:

El control de variables físicas es parte importante del correcto desarrollo en el período neonatal de los canes. El proyecto tecnológico surge por el problema de la lectura de un control on-off para un sitio de nacimiento para perros y existe la necesidad de implementar un control PID para la adquisición de datos y visualización de los factores de riesgos ambiental a través de una cámara web ubicada dentro del habitáculo y es una alternativa importante para utilizar los recursos tecnológicos y desarrollar métodos que aumenten la confiabilidad del sistema.

2.5 HIPÓTESIS

La implementación de una incubadora con un control PID con varios sensores para la lectura promedio permitirá controlar las variables de temperatura, humedad y oxigenación del aire al interior del habitáculo durante el período neonatal de un can.

2.6 OBJETIVOS

El cumplimiento de este trabajo de investigación tiene el valor de establecer el alcance del mismo a través de los siguientes objetivos que se distinguirá a través de:

2.6.1 General:

Implementar una incubadora con un ambiente controlado de variables de temperatura, humedad y oxigenación del aire a través de un control PID durante el período neonatal de un can para la medición y el monitoreo de los factores de riesgos ambientales

2.6.2 Específicos:

- Investigar datos técnicos y bibliográficos de elementos que conforman la incubadora como sensores, actuadores, así como las variables que intervienen en el período neonatal de un can por parte de médicos veterinarios.
- Diseñar la incubadora para el período neonatal de un can mediante un software Cad, aplicando el proceso de diseño, análisis y evaluación.
- Implementar el control PID para la adquisición de datos, procesamiento, control y accionamiento de actuadores mediante una interfaz gráfica desarrollada en Raspberry Pi 4 B+ conjuntamente con un Arduino mega y módulos de control.

2.7 SISTEMA DE TAREAS

Representa los objetivos específicos, como trabajo a realizar, se cumple varias tareas mediante lineamientos a seguir, con el fin de alcanzar la finalización de este proyecto.

Tabla 2.7 Actividades y sistemas de tareas en relación a los objetivos planteados

Objetivos Específicos	Actividades (tareas)	Resultados esperados	Técnicas, Medios e Instrumentos
Investigar datos técnicos y bibliográficos de elementos que conforman la incubadora como sensores, actuadores, así como las variables que intervienen en el período neonatal de un can por parte de médicos veterinarios.	<ul style="list-style-type: none"> Recopilación de información sobre las normas de construcción para una incubadora, tipos de control de las variables vitales en una incubadora, rangos de temperatura, humedad y oxigenación del aire 	<ul style="list-style-type: none"> Conocimiento de normas, condiciones de seguridad, higiene, rangos de temperatura, importancia de la humedad y la oxigenación del aire por parte de Médicos Veterinarios 	Entrevistas, encuestas, fotografías y videos.
Diseñar la incubadora para el período neonatal de un can mediante un software Cad, aplicando el proceso de diseño, análisis y evaluación.	<ul style="list-style-type: none"> Diseño de la incubadora por medio de un Software Cad: SolidWorks Análisis estático y de temperatura de los componentes de la incubadora 	<ul style="list-style-type: none"> Diseño realizado a través del software Cad: SolidWorks, elección del diseño. Construcción de la incubadora, funcionalidad y evaluación 	Software SolidWorks: Reportes de estudio estructural, estudio térmico
Implementar el control PID para la adquisición de datos, procesamiento, control y accionamiento de actuadores mediante una interfaz gráfica desarrollada en Raspberry Pi 4 B+ conjuntamente con un Arduino mega y módulos de control.	<ul style="list-style-type: none"> Uso y aplicación en la adquisición de datos y envío de señales analógicas y digitales Desarrollo de programas capaces de recibir y enviar señales analógicas y digitales desde Arduino Mega hacia la Raspberry Pi 4 B+ 	<ul style="list-style-type: none"> Selección de los componentes electrónicos a ser utilizados para la propuesta tecnológica Adquisición de datos sobre la manipulación del Arduino mega con una comunicación serial con Raspberry Pi 4 B+ 	Lista de materiales Catálogos Software: IDE Arduino, Thonny Python

3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

3.1 Antecedentes

Para este proyecto se adoptó estándares nacionales e internacionales que permiten su implementación y cumplimiento de la normativa establecida por las organizaciones dedicadas a estandarizar diseños y equipos utilizados en medicina veterinaria.

Que, la Decisión 483 de la CAN establece los requisitos y procedimientos armonizados para el registro, control, comercialización y uso de productos veterinarios en los países miembros de la Comunidad Andina, a fin de facilitar su comercio, uso correcto y mejorar su calidad, minimizando los riesgos para la salud animal, salud pública y el ambiente [2].

Que, mediante Decreto Ejecutivo No. 1449 publicado en el Registro Oficial No. 479 del 2 de diciembre de 2008, se reorganiza el Servicio Ecuatoriano de Sanidad Agropecuaria como una entidad técnica de Decreto Público, con personería jurídica, patrimonio y fondos propios, desconcentrada, con independencia administrativa, económica, financiera y operativa; con sede en Quito y competencia a nivel nacional, adscrita al ministerio de Agricultura y Pesca [3].

Los diferentes tipos de incubadoras tienen características similares en su diseño, las variables a controlar tanto es así que existen incubadoras para uso: humano, huevos de diferentes especies de aves, anfibios, reptiles que requieren de una temperatura, humedad relativa, ventilación del CO₂ debido a la falta de información para el diseño y construcción de una incubadora para canes es limitada y se elaboran de manera artesanal.

En el Ecuador se han realizado diferentes diseños de incubadoras en la siguiente Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca en su trabajo de grado denominado “Diseño e implementación de un prototipo de incubadora neonatal en cumplimiento con la norma UNE-EN 60601-2-19”, Bustamante J, Cevallos A, 2013, tiene como objetivo diseñar un prototipo de incubadora el cual cumpla con las normas que tienen relación con los equipos y procedimientos con incubadoras neonatales, la norma IEC 60601-2-19, y la norma UNE-EN 60601-2-19 en estudio es una adaptación de la misma, los resultados principales es la transmisión de calor por convección y realizar pruebas a través del uso de una cámara térmica Fluke Ti25. [4].

En la Escuela Politécnica Nacional se realizó el “Diseño y construcción de un sistema de control de temperatura y humedad para un prototipo de incubadora neonatal que incluya monitoreo de signos vitales”, Moreano G, 2015, tiene como objetivo el diseñar y construir un sistema de control para un prototipo de incubadora neonatal capaz de controlar temperatura y humedad dentro de un ambiente cerrado para neonatos, cabe mencionar que el prototipo se realizó como una herramienta de estudio para ampliar el campo investigativo biomédico, la instrumentación de sensores y módulos de control, se puede controlar la humedad relativa en el espacio cerrado del prototipo ayudaría a que el neonato no pierda calor por evaporación y el proceso de humidificación es un proceso lento, por lo cual un sistema de control por lazo de histéresis es más que adecuado que da tiempo de encendidos adecuados para mantener unas medidas de humedad deseada suficientes para ahorrar el agua destilado que se utiliza [5].

Nivel latinoamericano en Colombia se realizó un prototipo de incubadora neonatal, Restrepo L y otros, 2007, con el fin de seleccionar y construir los elementos del prototipo: chasis, habitáculo, se consultaron diferentes fuentes bibliográficas y se realizaron visitas a hospitales para conocer el funcionamiento y características de las incubadoras reales, se empleó acrílico transparente de 2mm de grosor con el que se conformó un hexágono rectangular (45 cm x 22 cm x 30 cm), las medidas estándares de una incubadora son 90 cm de largo, 40 cm de anchura y 45 cm de altura, en la construcción de una incubadora real, los estándares de calidad son mucho más elevados [6].

Actualmente a nivel mundial existen diversos países destacados que desarrollan diferentes proyectos de diseño e implementación de incubadoras artificiales y libros que tienen importancia en el cuidado y principales necesidades que requieren un can durante su período neonatal en el libro titulado “Reproducción y neonatología canina y felina”, Angulo M, 2011, tiene como objetivo abarcar todas las posibilidades que se le pueden presentar a un clínico hoy en día, obtener soluciones a diversas patologías y mejores resultados en la cría, el enfriamiento, la deshidratación y la hipoglucemia son 3 patologías que se asocian al Síndrome del cachorro debilitado y dan lugar a una mala respuesta del neonato [7].

La información de trabajos previos que guardan relación ha sido de gran ayuda para la elaboración de este proyecto, con la selección del material de construcción que no sea de un material tóxico ni transmitan contaminantes, el dimensionamiento, las características térmicas, el tipo de control con el que cuentan las incubadoras de uso humano y animal compartiendo similitudes en el aspecto de variables de control como: temperatura, humedad y oxigenación del aire.

3.2 Definición de una Incubadora

Las incubadoras se usan para proporcionar un clima templado y húmedo al recién nacido y ayudarlo a controlar su temperatura corporal. La incubadora es un equipo médico que posee una cámara, dentro de la cual se coloca al neonato con el fin de proporcionarle, un medio ambiente controlado [8]. Dependiendo del tipo de control de la incubadora, puede controlar la temperatura, la humedad y la oxigenación del aire que rodea al neonato.

3.3 Características generales de las incubadoras

Una incubadora es un equipo que crea un entorno predeterminado favorable para la supervivencia de un recién nacido, consta de dos partes básicas que son el habitáculo y el chasis. El habitáculo debe ser de un material transparente para el contacto visual con el neonato, fácil desinfección, contar con una puerta de ingreso y el habitáculo es el lugar donde descansa el neonato. El chasis es la parte que sostiene la cúpula y en donde se encuentran todos los dispositivos eléctricos, electrónicos que comandan el funcionamiento de la incubadora.

El diseño y construcción de la incubadora a construirse, procura cumplir en la medida de lo posible los requisitos operativos establecidos por las normas nacionales e internacionales; Agrocalidad y la Comunidad Andina (CAN) en el artículo 11 de la decisión 483 de la comunidad andina las normas de registro, control, comercialización de productos veterinarios, sin embargo, el objetivo principal no es cumplir con todas las pautas de dicha norma, lo que se pretende es desarrollar un equipo capaz de simular las operaciones básicas.

3.4 Modelos de incubadoras en el mercado internacional

Se utilizan los equipos para controlar los factores de riesgo como: temperatura, humedad y oxigenación del aire que difieren en su forma, tecnología, material y aplicación, sin embargo, comparten características en común al momento de los factores de riesgos ambientales que requiere un can durante su período neonatal.

3.4.1 Incubadora Veterinario Portátil Aeolus 1801

El equipo cuenta con un control preciso de temperatura lo que permite un trabajo uniforme y mantención pareja en el cuidado de neonatos y animales de compañía.

Dimensiones: 87,5 cm x 46,5 cm x 46,2 cm.

Control: Temperatura, iluminación, ventilación, sistema de humidificación del aire, esterilización con luz ultravioleta. Sistema de monitoreo de concentración de dióxido de carbono.

Material: ABS (acrilonitrilo butadieno estireno), luz ultravioleta UVC 254 nm.

Origen: China



Figura 3.4.1 Incubadora Veterinaria Portátil Aeolus 1801 [9] (Ver Anexo A).

3.4.2 Incubadora veterinaria para cuidados intensivos 21000 ICU

El concepto de Snyder de un sistema de ambiente controlado es proporcionar una caja hermética y controlar y monitorear electrónicamente la atmósfera.

Dimensiones: 172.72 cm de alto y 71.12 cm de profundidad y 175.26 cm de ancho.

Control: El dióxido de carbono se elimina, humedad puede aumentar o disminuir (predeterminado 1000 ppm), alarmas visuales, audibles.

Material: Puertas de vidrio transparente templado de 0.476 cm, marco de Aluminio anodizado, juntas herméticas. Elemento calefactor serpentín frío, sonda del sensor de oxígeno.

Origen: Estados Unidos

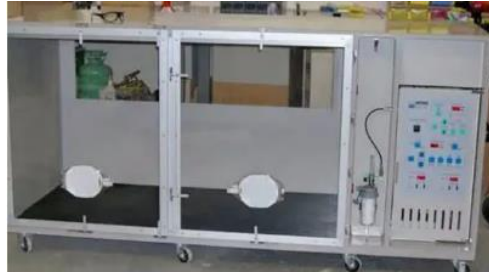


Figura 3.4.2 Incubadora Veterinaria 21000 ICU [10] (Ver Anexo B).

3.4.3 Veterinaria PX-ICU 160+(C)

Dimensiones: 80 cm de alto y 60 cm de profundidad y 60 cm de ancho.

Control: Inteligencia artificial controlador electrónico. Sistema de ventilación inteligente CO₂. (Rango 4000 ppm). Sistema de monitorización de O₂. Control automático y ajuste para la temperatura, humedad, dióxido de carbono.

Material: Ventanas de vidrio templado, material inoxidable fácil de esterilizar, lámpara infrarroja. Lámpara UVC, IP Cámara.

Origen: Corea del Sur



Figura 3.4.3. Incubadora Veterinaria PX-ICU 160+(C) [11] (Ver Anexo C).

3.5 Descripción funcional

El cachorro recién nacido se introduce en un ambiente refrescante, es decir a una temperatura ambiente de menos (26 °C), la humedad relativa en 60% y un sistema de ventilación. La incubadora ayuda a disminuir los factores de riesgos ambientales a lo que está expuesto el can durante su período neonatal comprendido del primer día de nacido hasta las dos semanas de vida.

3.6 Factores de riesgo ambiental

3.6.1 Termorregulación

Al carecer de mecanismos termorreguladores hasta aproximadamente las cuatro semanas de edad, la temperatura ambiente debe estar suficientemente alta, entre 27-32 °C para facilitar el mantenimiento de la temperatura corporal al menos en 36 °C. La hipotermia afecta negativamente principalmente a la inmunidad y a la digestión. [7].

3.6.2 Función renal neonatal

Se revisaron recientemente la fisiología del paciente neonatal y pediátrico de pequeños animales. Los animales jóvenes consumen oxígeno a una tasa de 2-3 veces mayor que los adultos, pero tienen volúmenes corrientes similares a los de los adultos (12-15 ml/kg). La relación entre el volumen minuto y la capacidad residual funcional (FRC) es alta. Por tanto, la frecuencia respiratoria en reposo debe ser de 2-3 veces mayor para proporcionar la ventilación mínima necesaria para satisfacer la demanda de oxígeno. La ventilación alveolar alta resultante aumentará el intercambio de gases dentro de los pulmones, lo que conducirá a una inducción de los anestésicos [12].

3.6.3 Oxigenación del aire

Se revisaron recientemente la fisiología del paciente neonatal y pediátrico de pequeños animales. Los animales jóvenes consumen oxígeno a una tasa de 2-3 veces mayor que los adultos, pero tienen volúmenes corrientes similares a los de los adultos (12-15 ml/kg). La relación entre el volumen minuto y la capacidad residual funcional (FRC) es alta. Por tanto, la frecuencia respiratoria en reposo debe ser de 2-3 veces mayor para proporcionar la ventilación mínima necesaria para satisfacer la demanda de oxígeno. La ventilación alveolar alta resultante aumentará el intercambio de gases dentro de los pulmones, lo que conducirá a una inducción y recuperación más rápidas de los anestésicos [12].

3.7 Material del diseño mecánico

En el diseño de cualquier máquina o equipo, es importante conocer las propiedades físicas, químicas y mecánicas de los materiales que se utilizan para determinar:

- El comportamiento del material responde a las exigencias de la función de las variables.
- Condiciones en las que pueda fallar el material o sufra deformaciones.
- Observaciones y recomendaciones del uso del material que se toma en cuenta en base a las condiciones de utilización.

3.8 Criterios de selección del material a emplearse en la construcción de la incubadora

Para el control de variables de temperatura, humedad y oxigenación del aire, en base a la resiliencia del material, propiedades térmicas, estéticas, precio. Se elaboró la tabla 3.8 que incluye una breve descripción de las alternativas disponibles en el mercado para la construcción de la incubadora para el período neonatal en canes.

Tabla 3.8. Tipos de materiales para la construcción de la incubadora

CARACTERÍSTICAS	Alternativa 1 ACRÍLICO NTE INEN 2042:2013	Alternativa 2 AISI 304 ACERO INOXIDABLE	Alternativa 3 ANSI 302 ACERO NEGRO
Resiliencia	3	6	6
Aislante térmico	4	3	3
Transparente	5	1	1
Precio	6	5	4
Estético	5	6	2
Ponderación	23	21	16

Para la valoración numérica se realizó la tabla 3.9 cuantitativa en base a las alternativas de la adquisición, costo, peso, durabilidad.

Tabla 3.9 Descripción de ponderación

Valoración numérica	
Regular	1 a 2
Muy bueno	3 a 4
Excelente	5 a 6

La elección del material fue para el Acero Inoxidable AISI 304 de 2 mm de espesor por las características de ser un material resistente, y de fácil desinfección, al igual que el Acrílico NTE INEN 2042:2013 de espesor de 6 mm, el cual nos brinda un material transparente y fácil visualización.

3.9 Transferencia de calor por radiación

La radiación es la energía emitida por la materia en formas de ondas electromagnéticas (o fotones) como resultado de los cambios en las configuraciones electrónicas de los átomos o moléculas. A diferencia de la conducción y la convección, la transferencia de calor por radiación no requiere la presencia de un medio interventor [13].

3.10 Humedad relativa

La cantidad de humedad en el aire tiene un efecto definitivo en las condiciones de comodidad que ofrece un ambiente. Sin embargo, el nivel de comodidad depende más de la cantidad de humedad que el aire contiene (m_v) respecto a la cantidad máxima de humedad que en el aire puede contener a la misma temperatura (m_g). La relación entre estas dos cantidades se conoce como humedad relativa ϕ [14].

3.11 Ventilación de ambientales

Una condición indispensable para mantener el confort en un recinto cerrado, se refiere a las condiciones de pureza y salubridad del aire alojado en dicho ambiente, las condiciones de dicho aire ambiente por aire puro, esto se logra mediante la ventilación. La ventilación forzada o mecánica es la provocada por agentes mecánicos de impulsión de aire [14].

3.12 Sistemas de control

El control automático ha desempeñado un papel vital en el avance de la ingeniería y la ciencia, como los avances en la teoría y la práctica del control automático proporcionan los medios para conseguir un comportamiento óptimo de los sistemas dinámicos, mejorar la productividad simplificar el trabajo de muchas operaciones manuales respectivas y rutinarias, así como de otras actividades, la mayoría de los ingenieros y científicos deben tener un buen conocimiento de este campo.

Variable controlada. -Temperatura, humedad, oxigenación del aire ppm (CO₂).

Variable manipulada. - Flujo de radiación infrarroja, flujo de agua, flujo de aire en el sistema.

3.13 Sistema de lazo cerrado

Los sistemas de control realimentados se denominan también sistemas de control en lazo cerrado, en la práctica, los términos de control realimentado y control en lazo cerrado se usan indistintamente. En un sistema de control en lazo cerrado, se alimenta al controlador la señal de error de actuación, que es la diferencia entre la señal de entrada y la señal de realimentación (que puede ser la propia señal de salida o una función de la señal de salida y sus derivadas y/o integrales), con el fin de reducir el error y llevar la salida del sistema a un valor deseado. El término de control en lazo cerrado siempre implica el uso de una acción de control realimentado para reducir el error del sistema.

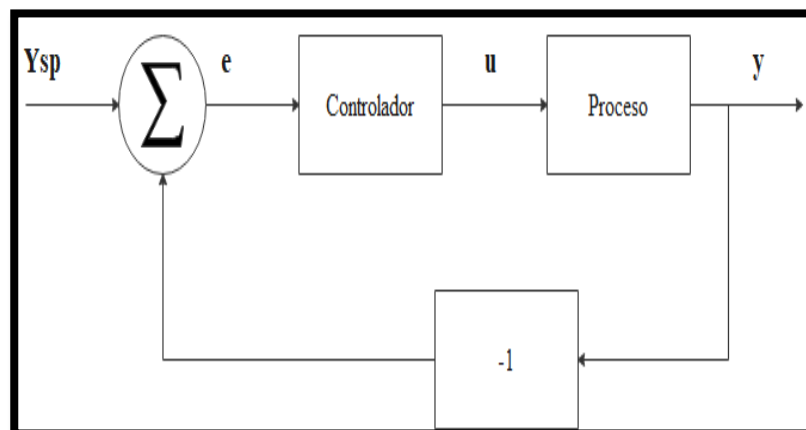


Figura 3.13 Sistema de realimentación sencillo mediante un diagrama de bloques [15].

3.14 Formas simples de retroalimentación

Muchas de las propiedades agradables de la realimentación se pueden lograr con controladores simples. En esta sección presentaremos algunas formas simples de realimentación, es decir, control on-off, control proporcional, control integral, y control PID.

3.14.1 Control on-off

El control on-off a menudo funciona al mantener la variable del proceso próxima al punto de consigna, pero generalmente resultará en un sistema donde las variables oscilan. Obsérvese que en la ecuación la variable de control no está definida cuando el error es cero es común realizar algunas modificaciones bien introduciendo una histéresis o una zona muerta.

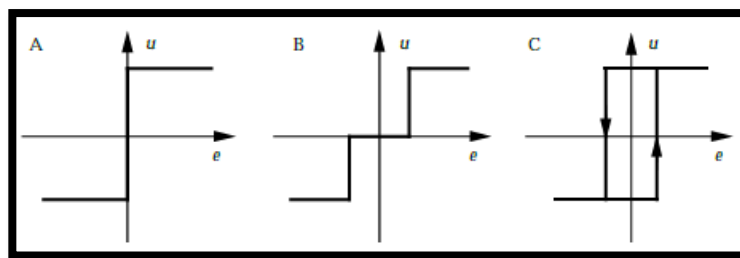


Figura 3.14.1 Características del controlador para control on-off ideal(A), y modificaciones con zona muerta (B) e histéresis [15].

3.15 Control PID

La acción de control es así una suma de tres términos que representan el pasado por la acción integral del error (el término-I), el presente (el término-P) y el futuro por una extrapolación lineal del error (el término-D). El término $e + T_d \frac{de}{dt}$ es una predicción lineal del error T_d unidades de tiempo en el futuro. Los parámetros del controlador se llaman: ganancia proporcional K , tiempo integral T_i , y tiempo derivativo T_d [15].

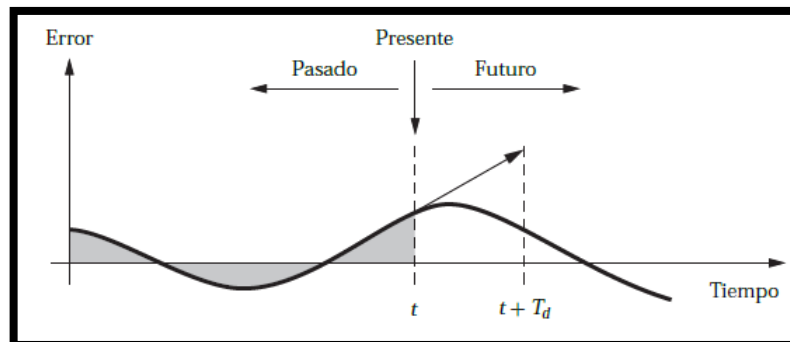


Figura 3.15 Un controlador PID calcula su acción de control basándose en los errores de controles pasados, presentes, y futuros [15].

3.16 Python

Es un lenguaje de programación creado por Guido van Rossum a principios de los años 90 cuyo nombre está inspirado en el grupo de cómicos ingleses “Monty Python”. Es un lenguaje similar a Perl, pero con una sintaxis muy limpia y que favorece un código legible. Se trata de un lenguaje interpretado o de script, con tipeado dinámico, multiplataforma [16].

3.16.1 Lenguaje de programación Python

Python es un lenguaje de alto nivel, de propósito general, multiparadigma, principalmente imperativo, orientado a objetos y funcional, de tipeado dinámico y fuertemente tipeado a nivel de lenguaje de programación. Python es un lenguaje interpretado, lo que significa que no es necesario compilar los programas cada vez se hace un cambio en el código, por pequeño que este sea. Esto presenta una gran ventaja frente a los lenguajes compilados (como C o C++, por ejemplo) y aumentó muchísimo la velocidad de desarrollo de aplicaciones. Por otro lado, el ser un lenguaje interpretado permite que el código no sea dependiente del hardware en el que se ejecuta, y ayuda a que el lenguaje sea multiplataforma gracias al uso de su máquina virtual [17].

3.17 Clasificación de los dispositivos electrónicos de la incubadora

En esta sección se analiza cada uno de los componentes principales utilizados en la construcción de una incubadora para el período neonatal en canes, partiendo de las características técnicas de los elementos electrónicos y finalizando por el análisis detallado de estos. El sistema de control de temperatura, humedad, oxigenación del aire está compuesto por los siguientes componentes electrónicos.

3.17.1 Raspberry Pi 4 Modelo B

Es una placa computadora de bajo costo desarrollada en Reino Unido por la fundación Raspberry Pi, con el objetivo de estimular la enseñanza de la informática [16].



Figura 3.17.1 Esquema de los componentes que integran una Raspberry Pi 4 Modelo B [16].

Tabla 3.17.1 Especificaciones técnicas de la Raspberry Pi 4 Modelo [16].

Procesador	Broadcom BCM2711, quad-core Cortex- A72 (ARM v8) 64- bit SoC 1,5 GHz.
Memoria RAM	2 GB LPDDR4-3200 SDRAM
Bluetooth	Bluetooth 5.0, BLE
Puerto USB	2 x USB 2.0, 2 x USB 3.0
Puerto para cámara	Puerto MIPI CSI de dos pistas
Puerto para monitor	2 puertos micro-HDMI (soporta resolución hasta 4kp60)
Puerto para alimentación	5V/3A DC mediante USB-C
Puerto Ethernet	Gigabit Ethernet

3.17.2 Arduino Mega

Se trata de una plataforma de código abierto. Este dispositivo es una placa basada en el microcontrolador ATmega2560. Esta placa está compuesta por 54 pines de entrada/salida digital, de los cuales 15 pueden utilizarse como salidas PWM. Además, presenta 16 entradas analógicas, conexión USB, conector de alimentación y un botón de reinicio. Precisa de toda la electrónica necesaria para que el microcontrolador opere, solo es necesario proporcionarle energía por el puerto USB o con un transformador AC-DC [18].



Figura 3.17.2 Arduino mega [19].

Tabla 3.17.2 Especificaciones técnicas de Arduino Mega [19].

Microcontrolador	ATmega2560
Voltaje de entrada	7-12 V
Corriente DC por cada Pin Entrada/Salida	40mA
Corriente DC entregada en el Pin 3.3V	50mA

3.17.3 Cámara Web Neodiiler

Cámara digital conectada a una computadora, la cual puede capturar imágenes y transmitir las a través de Internet, ya sea a una página Web o a otra u otras computadoras de forma privada.



Figura 3.17.3 Cámara Web Neodiiler [20].

Tabla 3.17.3 Cámara Web Neodiiler [20].

Parámetros de la cámara Web			
Tipo de conductor	Drivers gratis (conecta y reproduce)	Longitud de cable USB	150 cm
Control de centelleo	50 Hz 60 Hz	Resolución	1920*1080
Formulario de foto en	Bmp Jpg	Tipo de interfaz	USB 2.0
Tipo de sensor	1/3, Sensor de 2 millones de pixeles.	Micrófono	Micrófono que absorbe el sonido y reduce el ruido
Motor de optimización de contraste	Equilibrio contraste	Rango de enfoque	HD 2 millones de lentes F=3.6 mm, Ángulo de visión 90°

3.17.4 Pantalla Waveshare

La pantalla brinda a los usuarios la capacidad de crear proyectos integrados todo en uno, sistemas de información y entretenimiento, así como proyectos embebidos.

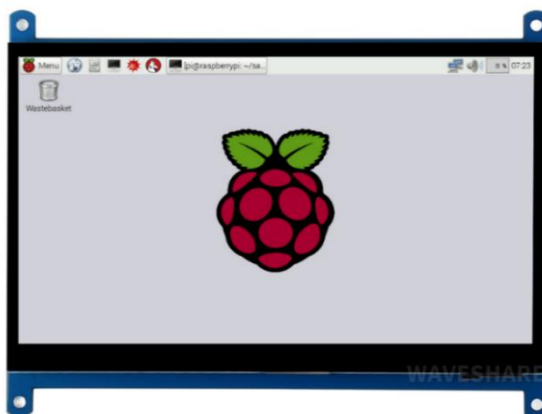


Figura 3.17.4 Pantalla 7 Waveshare [21].

Tabla 3.17.4 Características de la pantalla [21].

Características	Valor
Resolución	1024x600
Talla	17.78 cm
Puerto de visualización	HDMI
Admite Raspbian	5 puntos táctiles
Protección	EMI, ESD (certificación CE)
Tipo de pantalla táctil	Capacitiva

3.17.5 Módulo dimmer AC

El módulo Dimmer AC permite controlar cargas de voltaje alterno (220V AC) desde un microcontrolador como Arduino/Pic/Raspberry Pi/ESP8266. Un Dimmer AC (a diferencia de un Relay) permite el control regulado de voltaje AC, permitiendo obtener voltajes intermedios entre 0 y 220V AC y de esa forma variar la intensidad de brillo en bombillas incandescentes. El módulo Dimmer también permite ser utilizado como Relay de estado sólido o SSR para control ON/OFF de cargas AC [22].

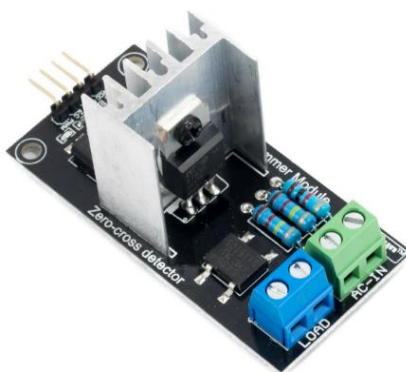


Figura 3.17.5 Módulo Dimmer AC [22].

Tabla 3.17.5 Especificaciones Técnicas Dimmer AC [22].

Voltaje de Control	3.3-5V DC
Voltaje de Carga	110/220V AC (máx.)
Frecuencia AC	50/60 Hz
Corriente nominal carga	2A
Corriente máxima carga	5A
Potencia de carga	440W máx.
Triac	BTA16-600B
Aislamiento óptico con	MOC3021 y 4N25
Dimensiones	63*30*32 mm
Peso:	28 g

3.17.6 Módulo puente H L298N 2A

El driver puente H L298N es el módulo más utilizado para manejar motores DC de hasta 2 amperios. El chip L298N internamente posee dos puentes H completos que permiten controlar 2 motores DC o un motor paso a paso bipolar/unipolar. El control del sentido de giro se realiza mediante dos pines para cada motor, la velocidad de giro se puede regular haciendo uso de modulación por ancho de pulso (PWM por sus siglas en inglés) [23].

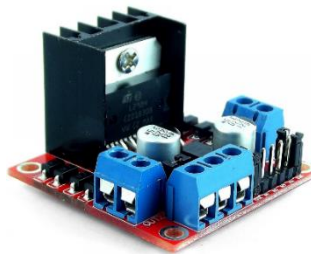


Figura 3.17.6 Módulo Puente HL298N 2A [23].

Tabla 3.17.6 Especificaciones Técnicas Módulo Puente H L298N 2A [23].

Chip	L298N
Canales	Canales: 2 (soporta 2 motores DC o 1 motor PAP)
Voltaje lógico	5 V
Voltaje potencial	5V -35V DC
Consumo de corriente(lógico)	0 a 36 mA
Capacidad de corriente	2A (Picos de hasta 3A)
Potencia máxima	25W
Dimensiones	43*43*27 mm
Peso	30 g

3.17.7 Módulo relé 1 canal

El módulo posee 1 Relay de alta calidad, fabricado por Songle, con capacidad de manejar cargas de hasta 250V/10A.El módulo relay posee un led indicador de alimentación (rojo) y un led indicador de activación (verde). Este módulo a diferencia de los módulos relay de 2 o más canales no posee optoacopladores, en su lugar la activación del relay es mediante un transistor. El diseño del módulo facilita el trabajo con Arduino, al igual que con muchos otros sistemas como Raspberry Pi, ESP8266 (NodeMCU y Wemos), Teensy y Pic [24].



Figura 3.17.7 Módulo relé 1 canal [24].

Tabla 3.17.7 Especificaciones Técnicas Módulo relé 1 canal [24].

Voltaje de operación	5V DC
Señal de Control	TTL (3.3V o 5V)
N° de Relay (canales)	1 CH
Capacidad máx	10A/250VAC, 10A/30VDC
Corriente máx	10A(NO), 5A(NC)
Tiempo de acción	10 ms / 5 ms
Para activar salida NO	0 V

3.17.8 Lámpara infrarroja

Las lámparas reflectoras incandescentes de infrarrojos Philips se han diseñado para funcionar en los ambientes más duros, como granjas, baños o cocinas y sus entornos más cercanos. Las lámparas de infrarrojos Philips proporcionan un valor directo y sin corriente a animales, personas y alimentos. Esas ventajas han hecho que granjeros, consumidores y cocineros de todo el mundo elijan las lámparas de infrarrojos Philips porque son las lámparas más robustas y eficientes disponibles para esas aplicaciones. Aplicación agrícola: cría y engorde de cerdos, aves de corral, terneros, potros, perros, etc. Así como en clínicas veterinarias, zoos y tiendas de animales [25].



Figura 3.17.8 Lámpara Infrarroja [25].

Tabla 3.17.8. Especificaciones Técnicas [25].

Base de casquillo	E27
Aplicación de funcionamiento	Infrarrojos industriales
Vida útil nominal(horas)	5000 h
Designación de color	Rojo
Material de bombilla	Vidrio duro
Potencia	250W
Voltaje nominal	120 V

3.17.9 Humidificador ultrasónico

Humidificadores de vapor frío ultrasónicos: estos humidificadores emplean vibraciones de muy alta frecuencia para producir una vaporización muy fina. Además, al emitir vapor a temperatura ambiente, no calientan la estancia, perfectos para usarlos también en verano en climas secos. Son los más eficaces y seguros, en ningún momento el agua llega a hervir y por lo tanto no hay riesgo de quemaduras. Su principal inconveniente es que pueden desarrollarse más bacterias y microorganismos porque el agua no hierve. Algunos modelos de vapor frío incluyen ionizado evitando la proliferación de bacterias [26].



Figura 3.17.9 Humidificador ultrasónico [26].

Tabla 3.17.9 Especificaciones Técnicas [26].

Cantidad de atomización	≥ 350 ml/h
Diámetro de la cabeza de atomización	16 mm
Frecuencia de funcionamiento	1700 kHz 50 (kHz)
Nivel de agua efectivo	5 cm a 7 cm
Sensor de nivel de agua	15 mm

3.17.10 Ventilador

Un ventilador es una máquina rotativa que pone el aire, o un gas, en movimiento, está formado por un motor de accionamiento, generalmente eléctrico y un propulsor giratorio que se encuentra en contacto con el aire.



Figura 3.17.10 Ventilador [14].

Tabla 3.17.10 Especificaciones Técnicas [14].

Voltaje	12 V DC
Amperaje	0.35 A
Dimensión	12x12 cm

3.17.11 Rejilla de ventilación regulable

La regulación de ventilación de incubadoras no permite el ingreso excesivo de aire.



Figura 3.17.11. Rejilla de ventilación [27].

Tabla 3.17.11. Rejilla de ventilación [27].

Diámetro	12,7 cm
Material	Acero inoxidable 304 ANSI

3.17.12 Sensor de temperatura DTH21

El módulo digital de temperatura y humedad de detección de humedad capacitiva AM2301 es el que contiene el compuesto ha sido calibrado salida de señal digital del sensor de temperatura. Aplicación de una Tecnología de colección de módulos digitales dedicados y tecnología de detección de temperatura y humedad, para garantizar que el producto tiene alta confiabilidad y excelente estabilidad a largo plazo. El producto tiene una excelente calidad, respuesta rápida, fuerte capacidad anti interferencias y alto costo. Cada sensor es una cámara de calibración de humedad extremadamente precisa. Tamaño pequeño [28].



Figura 3.17.12 Sensor DTH21 físico [28].

Tabla 3.17.12 Sensor DTH21 físico [28].

Tipo	AM2301
Rango de Voltaje	3.3V-5.2V
Resolución de la precisión	0.1
Rango de medición	0-100%RH
Rango de medición de temperatura	-40 ° ~ + 80 °
Precisión de medición de humedad	± 3% RH
Precisión de la medida de temperatura	± 0.5°

3.17.13 Sensor de humedad DTH11

Utilizar el sensor DHT11 con las plataformas Arduino/Raspberry es muy sencillo tanto a nivel de software como hardware. A nivel de software se dispone de librerías para Arduino con soporte para el protocolo "Single bus". Quizá la única desventaja del sensor es que sólo se puede obtener nuevos datos cada 2 segundos [29].

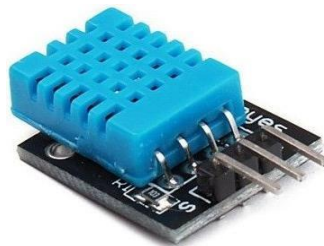


Figura 3.17.13 Sensor DTH11 [29].

Tabla 3.17.13 Características técnicas [29].

Parámetros	Condiciones	Mínima	Típico	Máximo
Humedad				
Resolución		1%RH	1%RH	1%RH
			8 Bit	
Repetibilidad			±1%RH	
Exactitud	25 °C		±4%RH	
	0-50 °C			±5%RH
Intercambiabilidad	Total, intercambiable			
Medición de Rango	0°C	30%RH		90%RH
	25°C	20%RH		90%RH
	50°C	20%RH		80%RH
Tiempo de respuesta(s)	1/e(63%) 25°C 1m/s	6s	10s	15s
Histéresis			±1%RH	
A largo plazo Estabilidad	Típico		±1%RH/year	
Temperatura				
Exactitud		±1 °C		±2 °C
Medición Rango		0 °C		50 °C
Tiempo de respuesta(s)	1/e(63%)	6 s		30 s

3.17.14 Sensor de CO2 MQ-9

La estructura y configuración del sensor de gas MQ-9, sensor compuesto por un microtubo de cerámica AL₂O₃, capa sensible al dióxido de estaño (SnO₂), que mide el electrodo y el calentador se fijan en una corteza hecha de red de plástico y acero inoxidable. El calentador abastece las condiciones de trabajo necesarias para el trabajo de los componentes sensibles [30].



Figura 3.17.14 Sensor MQ-9 [30].

Tabla 3.17.14 Características técnicas [30].

Símbolo	Parámetro	Condición técnica	Observación
Vc	Voltaje del circuito	5V ±0.1	AC o DC
VH(H)	Voltaje de calentamiento(alto)	5V ±0.1	AC o DC
VH(L)	Voltaje de calentamiento(bajo)	1.4V ±0.1	AC o DC
RL	Resistencia de carga	Puede ajustar	
RH	Resistencia de calentamiento	33Ω±5%	Temperatura ambiente
TH(H)	Voltaje de calentamiento(alto)	60±1 s	
TH(L)	Voltaje de calentamiento(bajo)	90±1 s	

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Diseño de la Investigación

La presente propuesta tecnológica está dirigida a un estudio de tipo descriptivo, que ayude al correcto desarrollo, con lo cual está encaminado a describir el proceso de adquisición de variables de temperatura, humedad y oxigenación del aire, desarrollar el diseño CAD, medir las variables con los sensores DTH21, DTH11, MQ-9 y evaluar las variables con instrumentos de temperatura y humedad analógicos/digitales. Y sus bases del proceso están orientadas a la recopilación de información de veterinarios y la introducción de temáticas de sistemas de control y automatización con la caracterización de los componentes electrónicos. La técnica de la programación a través de Thonny, es un intérprete de Python (IDE) que permite establecer el rango de temperatura, humedad y oxigenación del aire con una comunicación serial con el microcontrolador ATmega2560 (TAD) es el encargado de adquirir y estabilizar las variables mencionadas y el cálculo matemático a través de ecuaciones que respaldan el resultado con un Software Cad de diseño. Además, la utilización de la investigación de campo, ya que se utilizó la técnica de la entrevista para la selección del rango de trabajo de las variables de investigación, las mismas que serán obtenidas a través de técnicas de control y diseño. La investigación científica que nos permitió recabar información de los antecedentes y noticias que ayuden al desarrollo de la propuesta tecnológica, la investigación experimental que se realizó varias simulaciones y pruebas de control de las variables de temperatura, humedad y oxigenación del aire.

4.1.1 Tabla de Variables

Tabla 4.1 Variable Independiente

Variable Independiente: Diseño y construcción de una incubadora para el período neonatal en canes					
Concepto	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnicas	Instrumentos
La incubadora es un equipo médico veterinario que permite generar un ambiente controlado dentro de una cámara llamada habitáculo.	Diseño y construcción mecánico del habitáculo.	Material	Condiciones: No tóxico, fácil limpieza y visualización	Manejo y operación de máquina	Dobladora de láminas, soldadura
		Análisis estático	Fuerza (N), Factor de seguridad	Simulación	Software Cad: SolidWorks (licencia educativa)
		Transferencia de calor	Grados Celsius °C	Simulación	
	Diseño electrónico de control.	Diseño de hardware del sistema de control	Inicialización de las variables, periféricos	Programación	Software de programación: Python, Wavershare, Pantalla
		Diseño de la etapa del circuito de control	Automático	Programación	IDE: Arduino

Tabla 4.2 Variable Dependiente

Variable dependiente: El control de variables de temperatura, humedad y calidad de oxígeno					
Concepto	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnicas	Instrumentos
La acción de control proporcional-integral-derivativa (PID) permite controlar un sistema de lazo cerrado para que alcance el estado deseado.	Control de variables	Temperatura	°C(Celsius)	Medición	Termómetro digital / analógico, Tester
		Control PID para temperatura.	s (segundos)	Simulación: Curvas de respuestas	Software de programación: Thonny Python, Pantalla Waveshare
		Humedad	(%) (porcentaje)	Medición	Higrómetro analógico / Digital
		Control On-Off con Histéresis para humedad relativa.	s (segundos)	Simulación: Curvas de respuestas	Software de programación: Thonny Python, Pantalla Waveshare.
		Oxigenación del aire, CO2	ppm (partes por millón)	Medición	Sensor MQ-9 /Anemómetro
		Control PID para la oxigenación del aire ppm (CO2)	s (segundos)	Simulación: Curvas de respuestas	Software de programación: Thonny Python, Pantalla Waveshare.

4.2 Descripción mecánica de la incubadora

Se detalla de forma ordenada y jerárquica cada uno de los elementos a utilizar en la construcción de la incubadora.

4.2.1 Habitáculo

El espacio del habitáculo está formado por un prisma rectangular de material de acero inoxidable el cual debe soportar a los canes y el equipo de control de la incubadora.

$$V = a * b * h \tag{4.1}$$

Donde:

V = volumen almacenar m^3

a = medida de otro de los lados de la base (m)

b = medida de uno de los lados de la base (m)

h = medida de la altura (m)

De acuerdo a las necesidades, el habitáculo tiene las siguientes características y mediciones como se muestra en el Anexo D: Planos SolidWorks Habitáculo.

Tabla 4.3. Características del habitáculo

Característica del Habitáculo	
Tipo de material	Acero inoxidable AISI 304
Forma	Prisma Rectangular

4.2.2 Puerta de habitáculo

Las puertas deben ser construidas de material acrílico de 6mm, el cual es visible asegurando el contacto visual con el can y la manipulación.

$$P = 2L + 2W \quad (4.2)$$

P = Perímetro (m)

$2L$ = Longitudes de los lados del rectángulo (m)

$2W$ = Longitudes de los lados del rectángulo (m)

4.2.3 Rejilla

La rejilla es el lugar donde se ubican los canes durante su período neonatal y es de fácil desinfección, seguro, estéril y está construido de acero inoxidable AISI 304 como se muestra en el Anexo D: Planos SolidWorks Rejilla.

Tabla 4.4 Características de la rejilla

Característica de la Rejilla	
Tipo de material	Acero inoxidable AISI 304, varilla acero inoxidable 6mmØ
Forma	Rectangular

4.2.4 Bandeja de residuos

La bandeja de residuos, ayuda a recolectar y sacar los elementos que producen los canes durante su tiempo dentro del habitáculo como se muestra en el Anexo D: Planos SolidWorks Bandeja de residuos.

Tabla 4.5 Bandeja de residuos

Característica de la bandeja de residuos	
Tipo de material	Acero inoxidable AISI 304
Forma	Rectangular

4.2.5 Estructura de la incubadora

El habitáculo debe ser construido sobre una estructura, la que soporta elementos constitutivos del módulo de control. La masa total que soporta la rejilla y estructura de la incubadora, está representada por la ecuación (4.3).

$$m_T = m_{Canes} \cdot m_{estructura} \quad (4.3)$$

m_T = masa total (kg)

m_{Canes} = masa por el número de canes (kg)

$m_{estructura}$ = masa soporte de la estructura (kg)

Por lo tanto, la fuerza que se ejerce sobre la rejilla se calcula con la siguiente ecuación (4.4).

$$F = m_T \cdot g \quad (4.4)$$

$F = fuerza [N]$

$m_T = masa \text{ por el número de canes } (kg)$

$g = gravedad \frac{m}{s^2}$

Una vez calculada la fuerza, es necesario hallar el esfuerzo admisible del diseño de la incubadora con la siguiente ecuación (4.5).

$$\sigma \text{ admisible} = \frac{F}{A_0} \quad (4.5)$$

$\sigma \text{ admisible} = esfuerzo \text{ de diseño } \left(\frac{N}{mm^2} \right)$

$F = fuerza [N]$

$A_0 = área (mm^2)$

Finalmente, el factor de seguridad de la estructura de la incubadora, será entre el esfuerzo máximo del material y el esfuerzo admisible del diseño representado por la ecuación (4.6).

$$FS = \frac{\sigma_{\text{máx}}}{\sigma_{\text{admisible}}} \quad (4.6)$$

$FS = Factor \text{ de seguridad}$

$\sigma \text{ máx} = esfuerzo \text{ máximo } \left(\frac{N}{mm^2} \right)$

$\sigma \text{ admisible} = esfuerzo \text{ admisible, esfuerzo de diseño } \left(\frac{N}{mm^2} \right)$

Tabla 4.6 Características de la estructura de la incubadora

Características de la estructura de la incubadora	
Acero inoxidable AISI 304	Lamina 1220 x 2440 mm.

- **Estructura de la incubadora Software CAD**

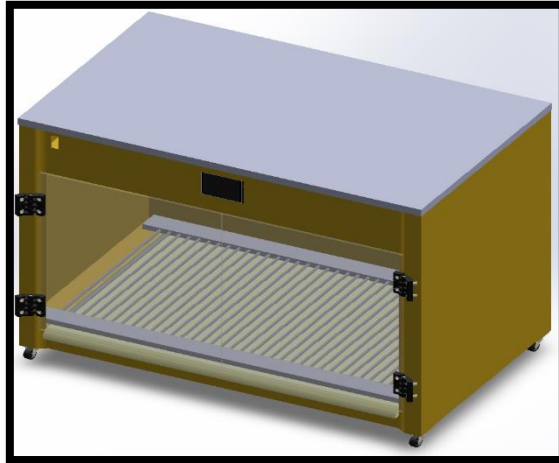


Figura 4.1 Estructura de la incubadora Software CAD (Ver anexo D: Estructura)

- **Estructura de la incubadora**



Figura 4.2 Estructura de la incubadora

Una vez dada las características y realizado el diseño en un software Cad, se presenta un análisis estructural que esté acorde a las necesidades de la propuesta tecnológica se procede a la construcción del mismo.

4.3 Análisis estructural

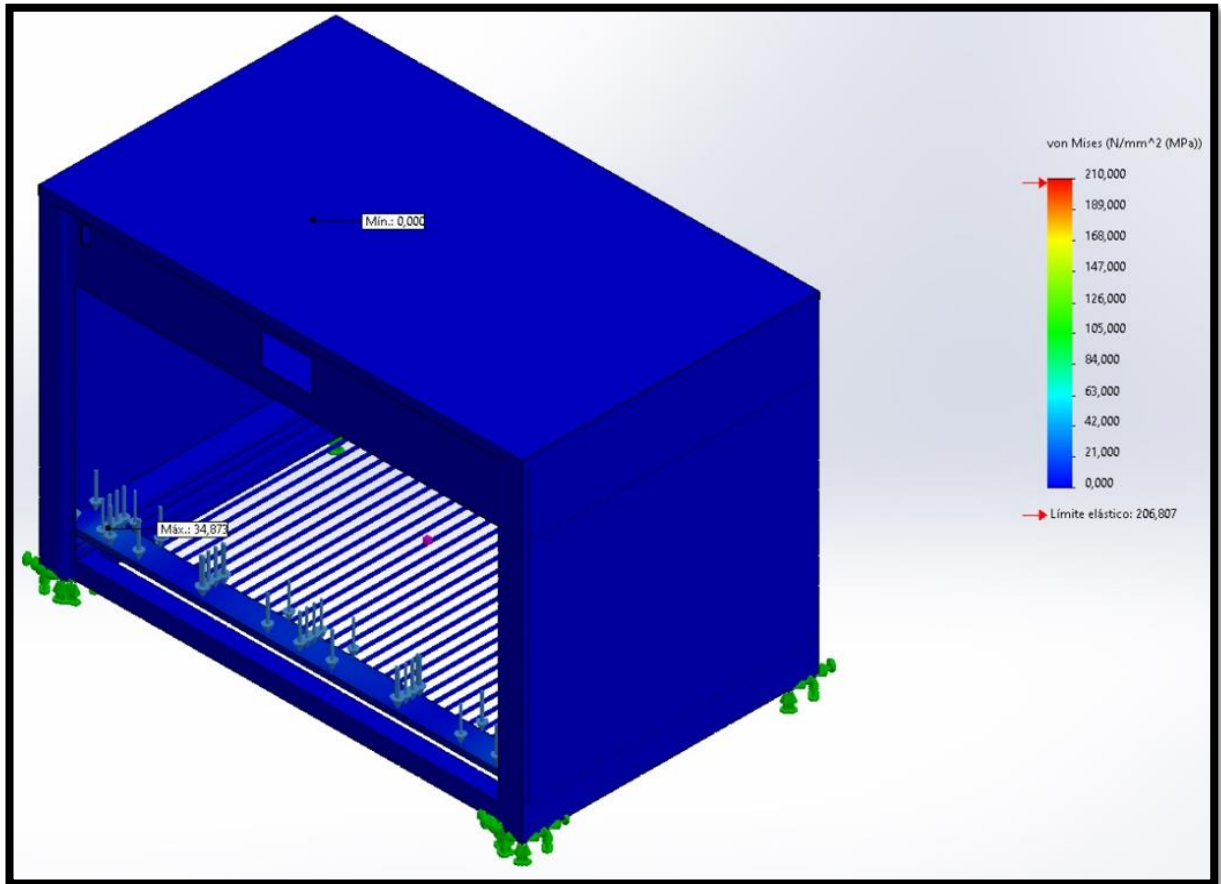


Figura 4.3 Análisis estructural de la incubadora

La selección de los factores de seguridad es una responsabilidad importante. Sería bueno que todos los factores de seguridad pudieran ser de 10:1, pero hay desventajas que hacen que en algunas situaciones factores de seguridad tan grandes sean irrazonables, el inconveniente obvio es el costo, aunque no es el único [31]. El factor de seguridad es de 5.9. (Ver Anexo E Análisis estructural).

4.4 Análisis térmico

4.4.1 Análisis térmico de temperatura del sólido

El análisis térmico de transferencia de calor por radiación, de acuerdo con la potencia de las lámparas infrarrojas se realizó la simulación de la distribución de la temperatura mínima en el habitáculo es de 24.01 °C y una temperatura máxima de 295.36 °C y se observa en la figura 4.4, (Ver en Anexo F Análisis térmico del sólido). La irradiación sobre la superficie que dirige las lámparas infrarrojas en el interior del habitáculo se determina mediante la ecuación (4.7).

$$E = \frac{I \cos\alpha}{r^2} \quad (4.7)$$

$E =$ Irradiación sobre la superficie $\frac{W}{m^2}$

$I =$ Intensidad luminosa $\frac{W}{m^2}$

$\alpha =$ Ángulo entre la normal a ΔA y ΔA

$r =$ radio m

Considerando que para la simulación de la irradiación en el interior del habitáculo y que incide perpendicularmente a la superficie tendrá $\alpha = 0$ se calcula con la ecuación (4.8).

$$E = \frac{I}{r^2} \quad (4.8)$$

El flujo de radiación a utilizar en el interior del habitáculo se determina mediante la ecuación (4.9).

$$I = \frac{L}{4\pi r^2} \quad (4.9)$$

$L =$ luminosidad, potencia salida de la fuente W

$r =$ distancia desde la fuente de radiación m

$I =$ Flujo de radiación $\frac{W}{m^2}$

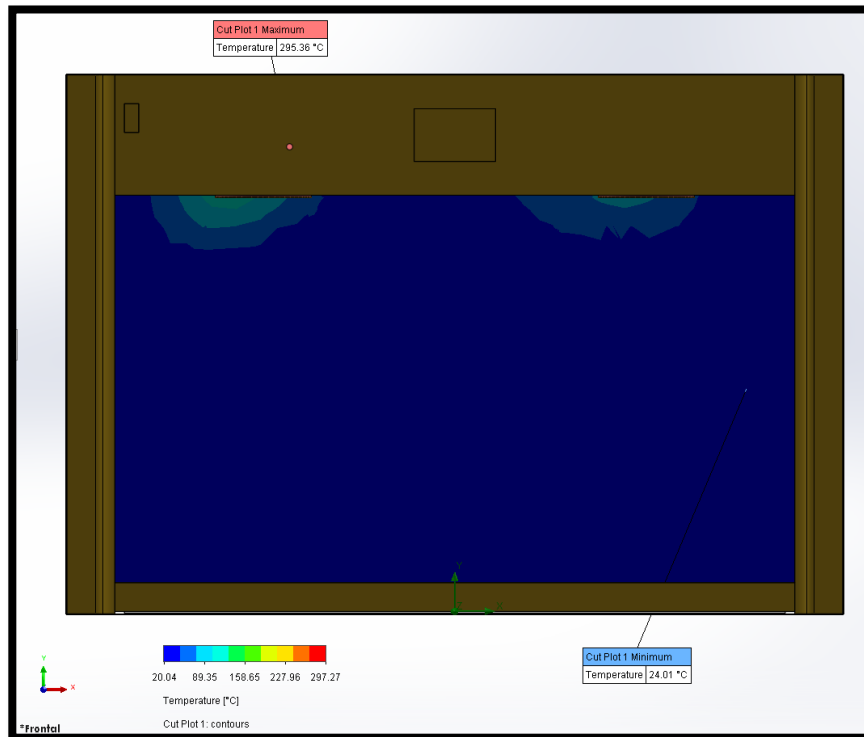


Figura 4.4 Análisis térmico temperatura del sólido.

Tabla 4.7 Respuestas SolidWorks licencia estudiantil.

Estudio	Unidad	Mínimo	Valor	Progreso	Crítico
Máxima temperatura del sólido 1	°C	20.14	297.27	100	32.8285309

4.4.2 Análisis térmico de temperatura del fluido

La trayectoria del fluido es decir el aire y la temperatura. En el modelamiento se tiene en cuenta los ventiladores que ayudan con la circulación de la entrada y salida del aire, controlando la oxigenación del aire en el habitáculo con una temperatura mínima de 20.04 °C y una temperatura máxima 289.85 °C y se observa en la figura 4.5. (Ver Anexo G Análisis Térmico del fluido).

La superficie de la rejilla que incide la luz infrarroja para el análisis de temperatura del fluido se calcula con la ecuación (4.10).

$$S = L \cdot A \quad (4.10)$$

$S =$ superficie en m^2

$L =$ Longitud en m

$A =$ Ancho en m

Para hallar el volumen al interior del habitáculo de la incubadora se utiliza la ecuación (4.11) con sus respectivas medidas en metros.

$$V = S \cdot h \quad (4.11)$$

$V =$ volumen en m^3

$S =$ superficie m^2

$h =$ Altura m

El caudal de aire al interior del habitáculo, en la etapa de oxigenación del aire se determinó mediante la ecuación (4.12).

$$Q = v \cdot S \quad (4.12)$$

$v =$ velocidad $\frac{m}{s}$

$S =$ superficie m^2

$Q =$ caudal $\frac{m^3}{s}$

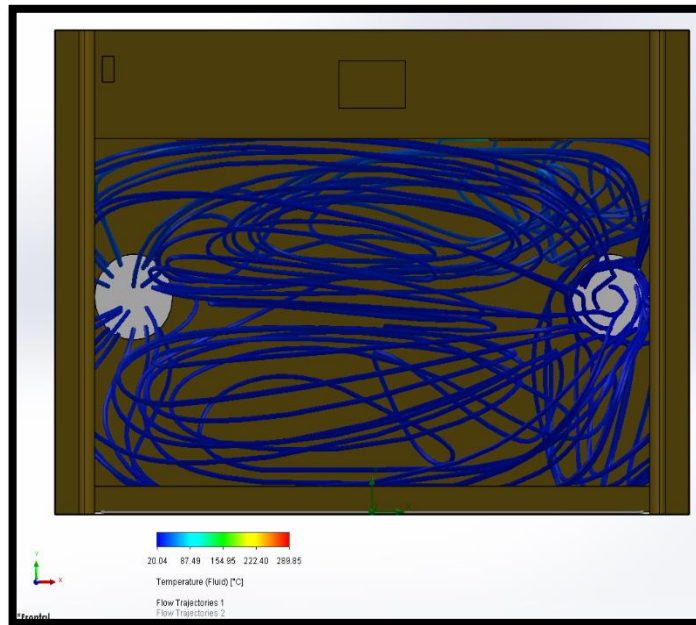


Figura 4.5 Análisis temperatura del fluido

Tabla 4.8 Respuestas SolidWorks licencia estudiantil

Estudio	Unidad	Mínimo	Valor	Progreso	Critico
Temperatura Del Fluido 2	°C	20.04	297.27	100	1.60323079

4.5 Diseño de hardware del sistema de control.

El microcontrolador ATmega2560 (TAD) es el encargado de controlar y estabilizar las variables, además realiza la adquisición de datos de los sensores de temperatura (DTH21), humedad (DTH11) y oxigenación del aire (MQ-9). El control proporcional integral derivativo (PID) y la activación de los actuadores a través de la comunicación serial con la Raspberry conjuntamente con una pantalla Waveshare que visualiza las variables en una interfaz gráfica de control y monitoreo. Se observa el diagrama del proceso en la figura (4.6).

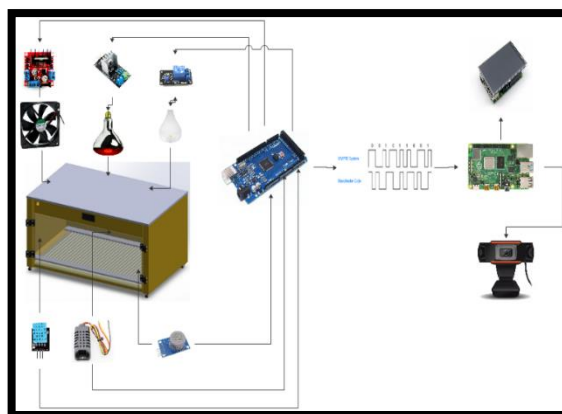


Figura 4.6 Diagrama de proceso

4.6 Diagrama de flujo

Se muestra a continuación el diagrama de flujo de la programación realizado en Thonny Python, y Arduino IDE.

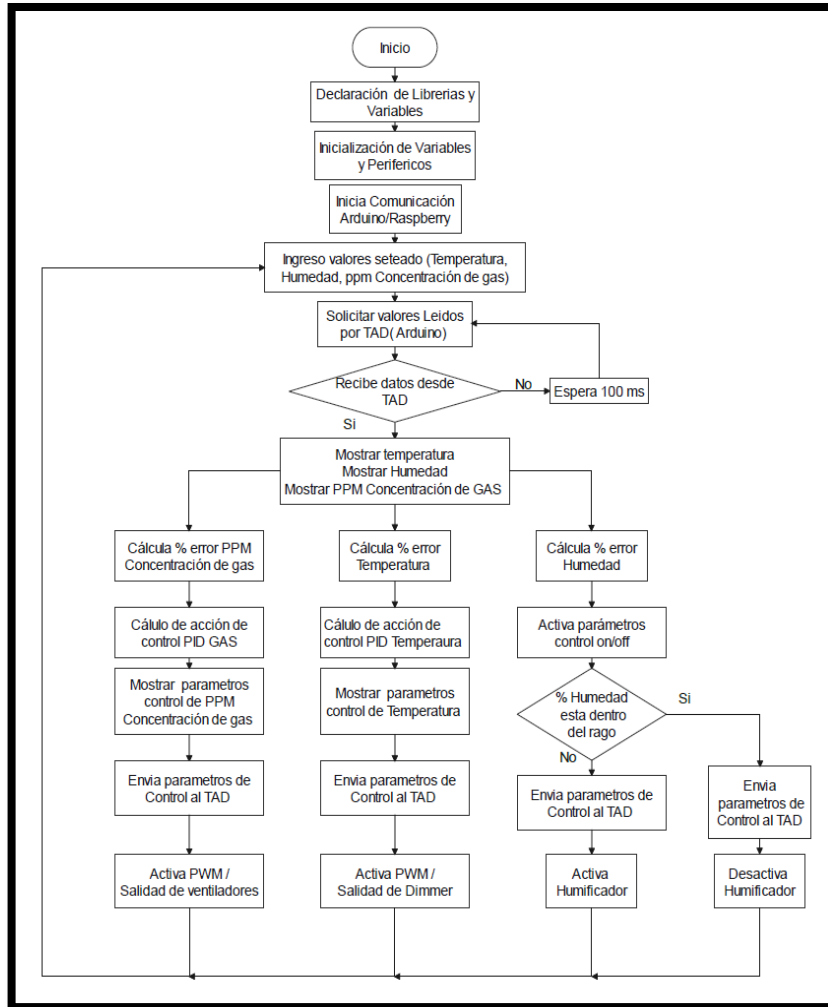


Figura 4.7 Diagrama de Flujo

4.6.1 Declaración de librería y variables Arduino

Las librerías a cierto tipo de archivos que podemos importar o incluir en nuestro programa, contienen especificaciones de diferentes funcionalidades descritas posteriormente como se muestra en la tabla (4.9).

Tabla 4.9 Declaración de librería

Librerías	Configuración
#include <Separador.h>	Nos permite separar los datos enviados desde la raspberry al Arduino Set point: Temperatura, Humedad, Oxigenación del aire
#include "AcPhaseControl.h"	Control de fase, el control de ángulo de disparo
#include <DHT.h>	La lectura de los sensores: DTH11, DTH22

Estos pines se pueden activar o desactivar y se utilizan para la comprobación del control del relé, además de la lectura de los pulsos del cruce por cero como se muestra en la tabla (4.10).

Tabla 4.10 Pines de entrada y salida

Pines de entrada y salida	
#define ledPin 13	Un valor si este encendido o apagado
#define relePin 34	El control del relé
#define syncsignal 2	Leer los pulsos que se realizan cuando pasa por el cruce por cero y nos sirve para sincronizar el ángulo de disparo.

4.6.2 Declaración de variables y periféricos

La declaración de variables almacena los datos de los sensores además de enviar datos a los periféricos: relé, dimmer, puente h de cada sensor y un promedio para la humedad y temperatura que permite almacenar en estas variables numéricas que admite parte decimal como se muestra en la tabla (4.11).

Tabla 4.11 Declaración de variables de temperatura y humedad

Variable flotante	Definición
float h1, h2, h3, hprom, t1, t2, t3, tprom = 0;	Las variables almacenan los datos de lectura de los sensores, se realizó un promedio.

Los pines para el control del puente H se determinan a través de los pines detallados a continuación, para el control de velocidad se aplica un PWM (modulación por ancho de pulso). Para el control del puente H, que generalmente se usa para permitir el control de motores DC como se muestra en la tabla (4.12).

Tabla 4.12 Declaración de periféricos

Pines para el puente H	Definición
#define IN1 12	1 pin lógico
#define IN2 11	Terminal 1
#define ENA 9	Control de velocidad, se aplica el PWM
#define INb1 8	2 pin lógico
#define INb2 7	Terminal 2

A continuación, se indica los pines de trabajo y el pin de conexión de los sensores de humedad (DTH11), de temperatura (DTH22), Oxigenación del aire (MQ-9) como se muestra en la tabla (4.13).

Tabla 4.13 Definimos los sensores de humedad y temperatura

Sensores empleados	
#define DHTTYPE DHT11	Sensor de Humedad
#define DHTTYPE1 DHT22	Sensor de Temperatura

Tabla 4.14 Pines de conexión de patilla data Sensores

Pin de conexión de patilla data	Definición de pin a trabajar
#define HT1 22 Pin data de nuestro sensor derecho	DHT dht1 (HT1, DHTTYPE);
#define HT2 26 Pin data de nuestro sensor izquierdo	DHT dht2 (HT2, DHTTYPE);
#define HT3 30 Pin data de nuestro sensor centro	DHT dht3 (HT3, DHTTYPE1);
const int MQ_PIN = A5; Pin del Sensor de Gas analógico	Pin del Sensor de Gas analógico

4.6.3 Inicia comunicación Raspberry/ Arduino

Para la comunicación entre la tarjeta TAD (Tarjeta de adquisición de datos), y la Raspberry habilitamos el puerto serial: velocidad en baudios, paridad, error. Se configura con 8 bits de trama y paridad cero, como un valor estándar y en la raspberry configuramos el valor de baudios y el puerto a leer, además de la función flush que ayudó a incrementar la velocidad de comunicación como se muestra en la tabla (4.15).

Tabla 4.15 Inicia comunicación Raspberry/ Arduino

Arduino IDE	Raspberry (Thonny Python IDE)
Serial.begin(2000000);	arduino=serial.Serial(port="/dev/ttyACM0", baudrate=2000000) arduino.flushInput()

4.6.4 Cálculo de PID temperatura

Las constantes del PID, permite controlar la variabilidad, estos valores están relacionados con los valores de sintonización de Ziegler-Nichols. El sensor DTH22 tiene un tiempo de lectura de 2s, se deberá controlar el tiempo para evitar errores de medición insertando un tiempo inicial. Se necesita medir los valores de cada tiempo desde que llegan los datos como se muestra en la tabla (4.16).

Tabla 4.16 Cálculo de PID temperatura

Contantes del PID	float Kc = 14; float Tao_I = 80;
Ingreso de tiempo para evitar errores y perdida de datos al utilizar un tiempo previo y un tiempo actual.	int Tiempo0 = 0; unsigned long Tiempo_previo = 0; unsigned long Tiempo_actual = 0; int Read_Delay = 1000;
Variables para PID	float PID_error = 0; float previous_error = 0; int PID_value = 0; float Error_INT = 0;
Si el serial recibe datos, permite leer, se almacén en una cadena de caracteres y se aplica la separación de los datos que vienen de la Raspberry Setpoint	if (Serial.available()) { String Valor = Serial.readString(); String e1 = D.separa(Valor, ',', 0); Setpointem = e1.toInt();
Guarda la lectura de la temperatura en la variable float t	t1 = dht1.readTemperature(); t2 = dht2.readTemperature(); t3 = dht3.readTemperature(); tprom = (t1 + t2 + t3) / 3;
Cálculo del error	else if (Tiempo_actual >= Tiempo0) { PID_error = Setpointem - tprom;
Cálculo de la integral del error	Error_INT = Error_INT + PID_error * (1000 / Read_Delay);
Cálculo de la salida del controlador PI	PID_value = Kc * (PID_error + (1 / Tao_I) * Error_INT); }
Disparo y control de fase que debe ejecutarse	int potin = map (Potencia, 0, 100, 180, 1); my_Module.ControlAngle (potin);

4.6.5 Cálculo de control on-off con histéresis

El proceso para el control de humedad se realizó a través de un control on-off con histéresis del 10% para mantener la humedad deseada por lo que es un proceso lento aportando el ahorro del agua del depósito al dar tiempos de encendido adecuados como se muestra en la tabla (4.17).

Tabla 4.17 Cálculo de control on-off con histéresis

On-off con histéresis	Código
Si el serial recibe datos, permite leer, se almacén en una cadena de caracteres y se aplica la separación de los datos que vienen de la Raspberry Setpoint, conversión de cadena de caracteres a un dato entero	if (Serial.available()) { String Valor = Serial.readString(); String e2 = D.separa (Valor, ',', 1); Setpoinhum = e2. toInt();
Guarda la lectura de la humedad en la variable float h, se aplica un promedio h promedio	h1 = dht1.readHumidity(); h2 = dht2.readHumidity(); h3 = dht3.readHumidity(); hprom = (h1 + h2 + h3) / 3;

Control de humedad, humedad máxima y humedad mínima	<pre>int Hummax = Setpoinhum + Setpoinhum * 0.1; int Hummin = Setpoinhum - Setpoinhum * 0.1;</pre>
Debe ejecutarse si la variable humedad se encuentra en el rango entre +/-10% del Setpoint	<pre>if ((hprom <= Hummax) && (hprom >= Hummin)) { digitalWrite(relePin, LOW); } else { digitalWrite(relePin, HIGH); }</pre>

4.6.6 Cálculo de PID Oxigenación del aire

El sensor de gas, definimos la lectura en un pin analógico A5, se define una resistencia modular que sirve de referencia de voltaje en condiciones iniciales que varían desde 1kΩ a 5kΩ a través de la ecuación que representa al sensor MQ-9. Se ajustan estos valores para el sensor como se muestra en la tabla (4.18).

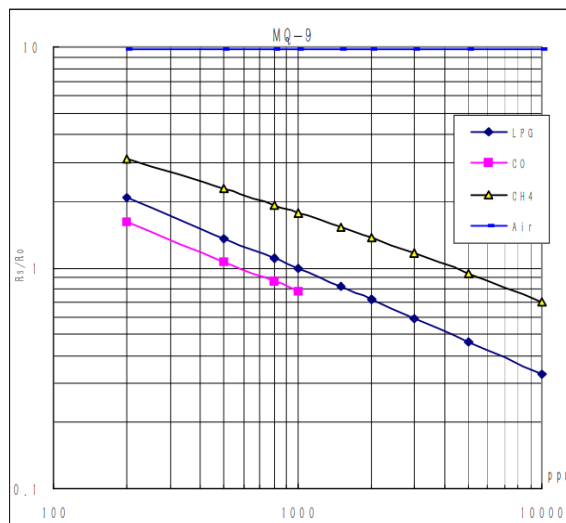


Figura 4.8 Características de sensibilidad del MQ-9

Tabla 4.18 Cálculo de PID Oxigenación del aire

Contantes del PID (ppm C02)	float KcG = 8; float TaoG_I = 80
Declaración de variable para medir gas	<pre>const int MQ_PIN = A5; const float RL_VALUE = 10; const float R0 = 2;</pre>
Valores para el sensor según el Datasheet	<pre>const float X0 = 200; const float Y0 = 1.7; const float X1 = 1000; const float Y1 = 0.78;</pre>
Lectura del sensor del gas	<pre>float rs_med = readMQ(MQ_PIN); float concentration = getConcentration(rs_med / R0);</pre>

Variables para PID GAS	float PID_errorG = 0; float previous_errorG = 0; int PID_valueG = 0; float Error_INTG = 0;
Realizamos un mapeo de la velocidad del motor	speedMotor = map(vel, 100, 0, 0, 255);

4.6.7 Pantalla principal

Se realizó un interfaz de usuario sencillo a través de Thonny Python que permite visualizar programas a través del uso de sus librerías. Tener en cuenta configurar los interfaces como Cámara, VNC, serial Port activados como se muestra en la tabla (4.19), tabla (4.20).

Tabla 4.19 Pantalla principal Waveshare.

Librerías	Configuración
from tkinter import *	Permite generar las ventas
from PIL import Image	Controla formatos de imágenes
Import collections	Controlar las variables de sistemas de librerías para el control de vectores que ayudan a determinar, almacenar datos a través de la comunión serial
Import cv2	Open cv, nos permite leer y cargar la cámara
Import imutils	Controlar y almacenar los valores de lectura, configuración de imágenes
Import serial	Inicializar comunión serial
Import time	Librería de tiempos de sintonizar la comunicación
Import threading	Realizar hilos función que hace referencia a otra función, multitareas procesos que se ejecutan en manera simultánea

Tabla 4.20 Interfaz gráfica.

Iniciamos comunión serial	Arduino = serial. Serial(port="/dev/ttyACMO", baudrate=2000000) Arduino.flushInput()
Creamos las funciones de: Salir, cerrar la venta y comunión serial Ventana de monitoreo Ventana Control	Código def salir (): def B_monitoreo (): def B_control ():
Ventana Principal Se realiza la ventana principal, se crea el recuadro donde estará ubicados letras, imágenes, color, (Diseño).	Def ventana_principal (): global ventana, lblVideo, iniciar ventana=Tk() ventana.protocol('WM_DELETE_WINDOW', salir) ventana.title('PROYECTO CANINO') ventana.config(bg='pale turquoise') ventana.resizable(False,False)
Monitoreo Configuramos si el while es verdadero realiza la	def monitoreo (): global leerserial(): global lis0, lis1, lis2

comunicación serial	<pre>time,sleep(2.0) while isRun: line = Arduino.readline().decode('ascii').rstrip() print ('g') print(line) lista=line.split(':') print(lista)</pre>
Control Creamos la ventana, protocolo de salida, letras y etiquetas de temperatura, humedad, oxigenación del aire.	<pre>Control.title('Control') Control.config(bg='khaki') Control.geometry('900x600') Control.resizable(False,False) Titulo_mreo=Label(Control,text='ESTACION DE CONTROL',bg='light yellow',fg='black') Titulo_mreo.pack(padx=5,pady=4,ipadx=5,ipady=5) iniciar ()</pre>



Figura 4.9 Estación de monitoreo

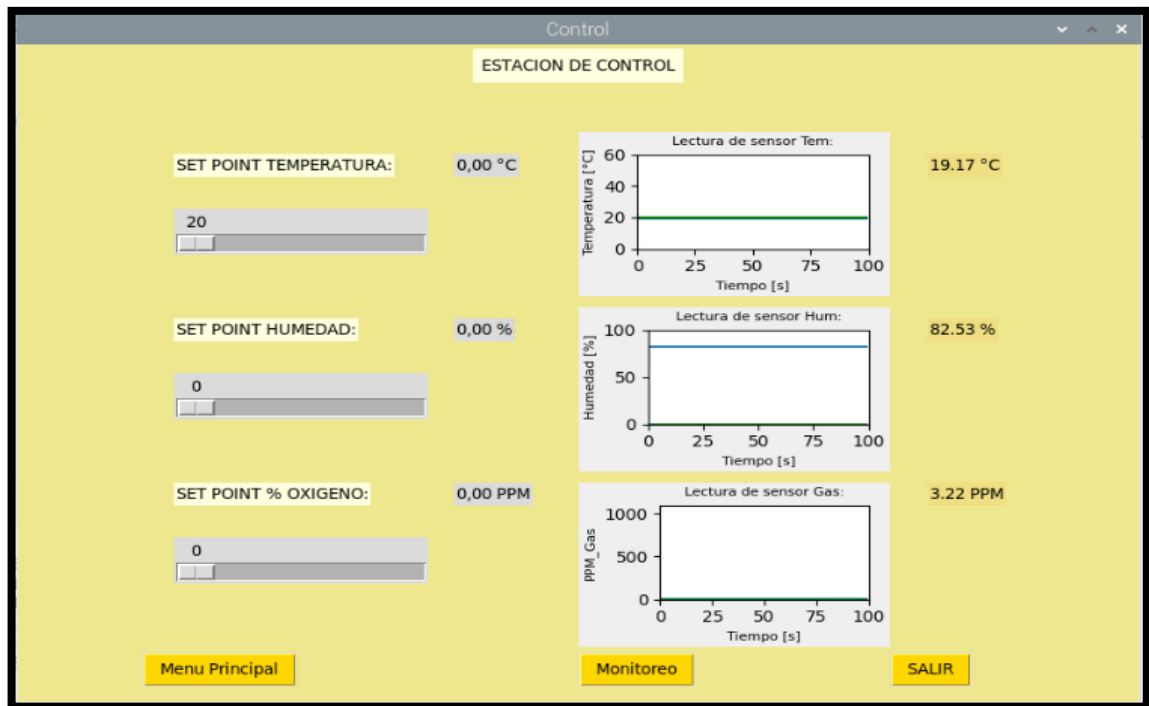


Figura 4.10 Estación de Control

4.7 Diagrama esquemático

Las conexiones se representan el Software Proteus, se visualiza la conexión de cada pin de nuestros sensores, actuadores, módulos de control a la tarjeta de adquisición de datos y la comunicación serial con nuestra Raspberry.

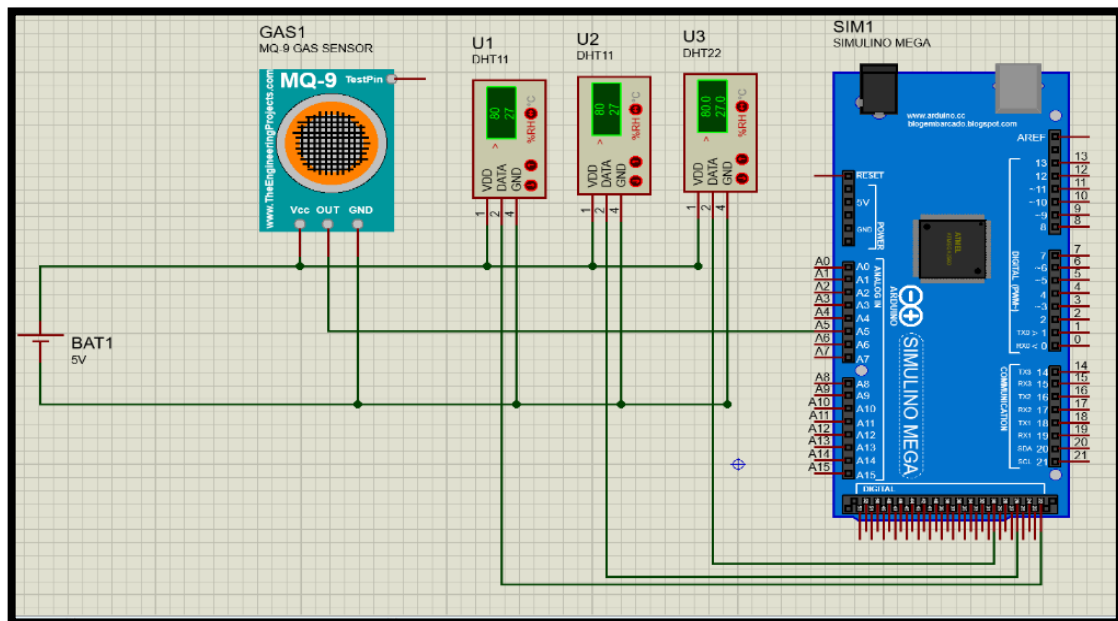


Figura 4.11 Conexión de los sensores MQ-9, DTH11, DTH22 a la tarjeta TAD

Se observa en la figura 4.11 la conexión de los pines a la TAD y alimentación de 5v DC del sensor analógico MQ-9, sensor digital DTH11 y DTH21.

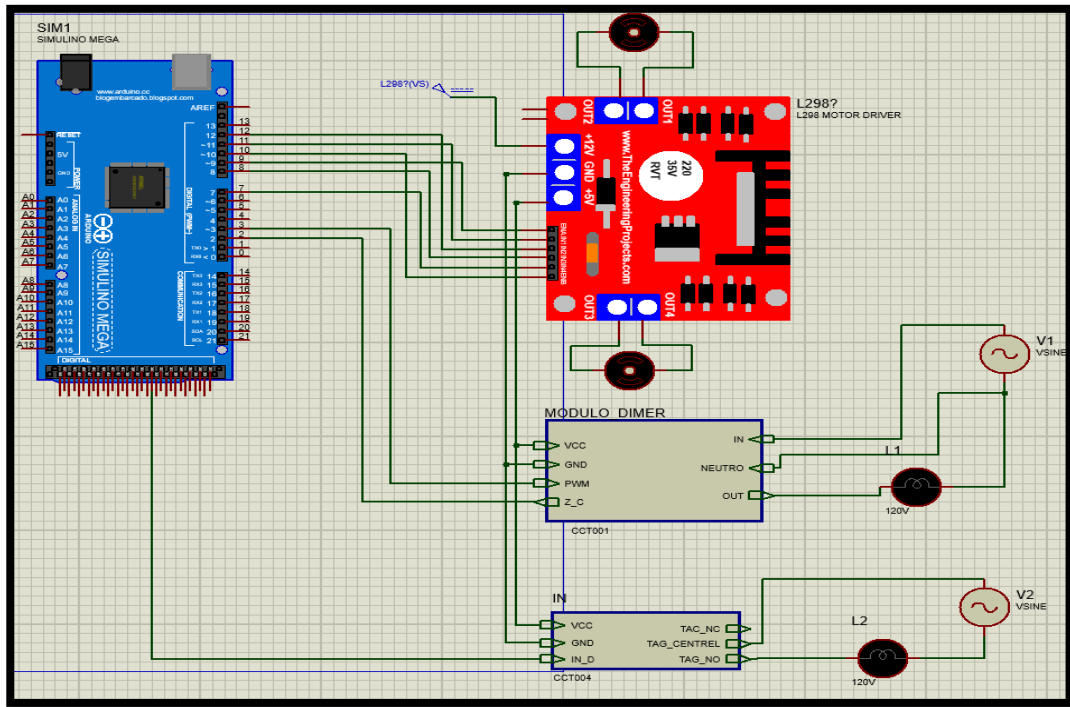


Figura 4.12 Conexión de los módulos Puente H, dimmer, relé

Se observa en la figura 4.12 la conexión de los módulos: Puente H L298n, Dimmer AC, relé 1 canal con sus actuadores: ventiladores, lámpara infrarroja, humidificador ultrasónico.

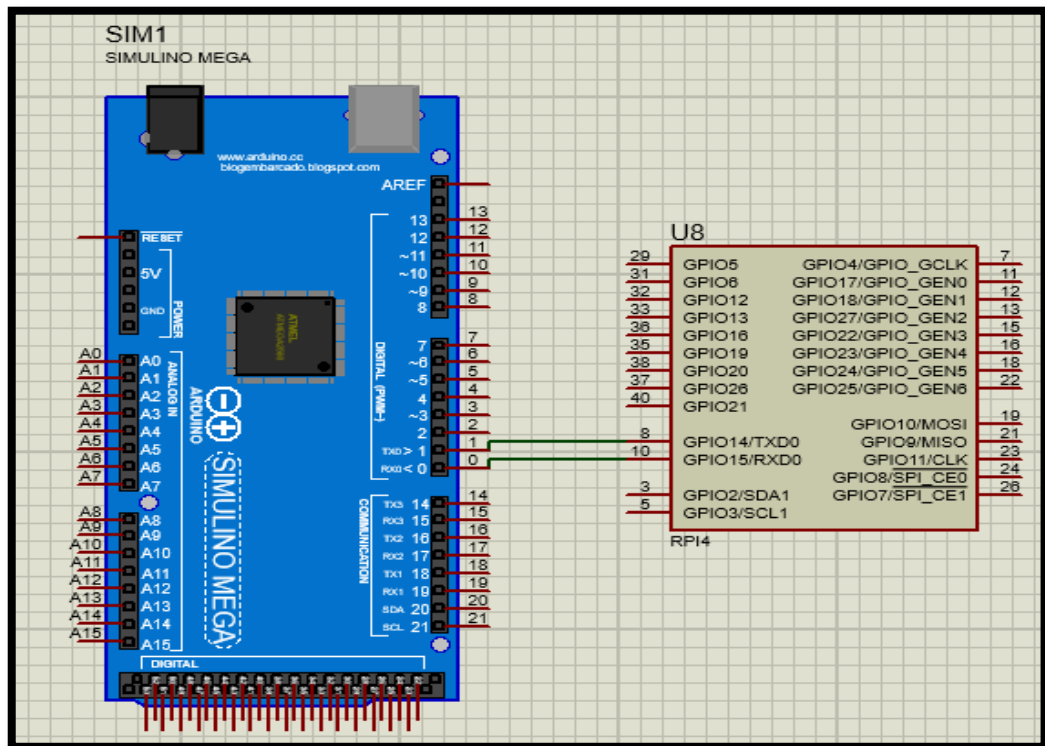


Figura 4.13 Conexión de la comunicación serial entre Arduino mega y Raspberry Pi 4 B+

Se visualiza en la figura 4.13 la conexión de la comunicación serial de nuestra TAD y Raspberry Pi 4B+ con sus respectivos pines RX, TX.

4.8 Cálculo de la de la función de transferencia del sistema de Primer Orden

Para el cálculo de la función de transferencia, la señal de entrada tipo escalón, puesto que nos dará las características de comportamiento se indica el esquema del controlador PID, a través de la toma de datos de temperatura figura (4.17), humedad figura (4.18) y oxigenación del aire figura (4.19) y los diagramas de bloques respectivos.

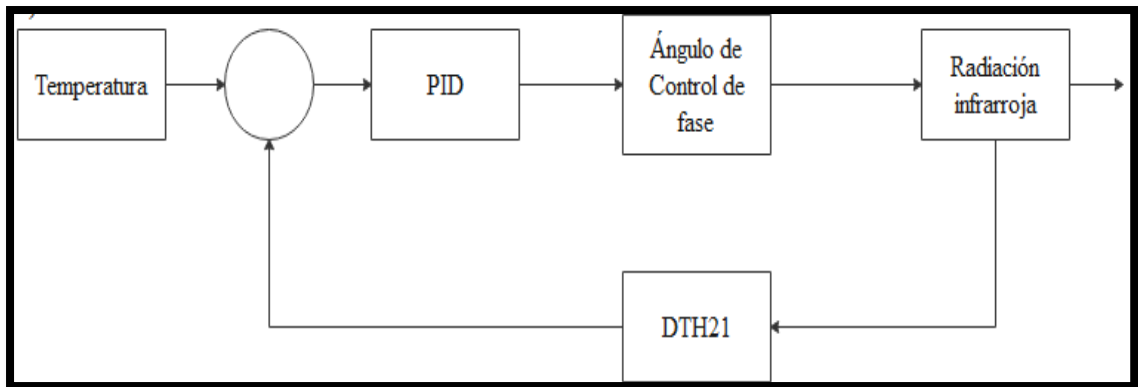


Figura 4.14 Diagrama de bloques PID de la incubadora (Temperatura)

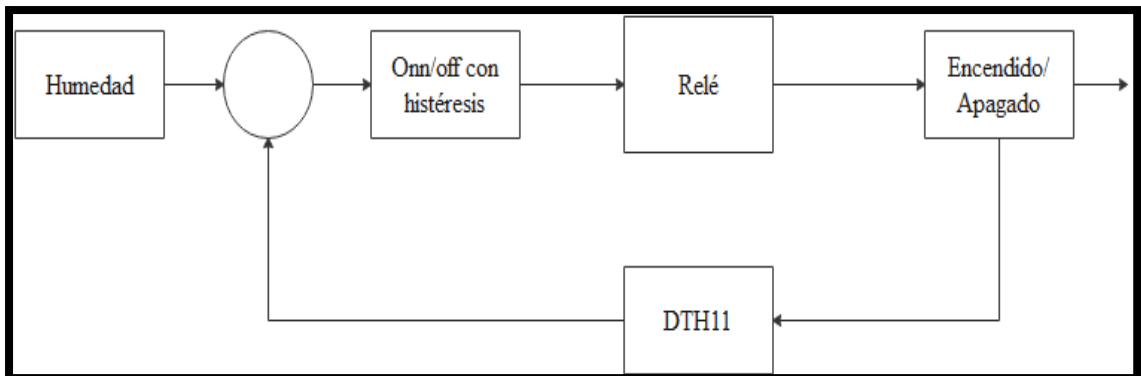


Figura 4.15 Diagrama de bloques PID de la incubadora (Humedad)

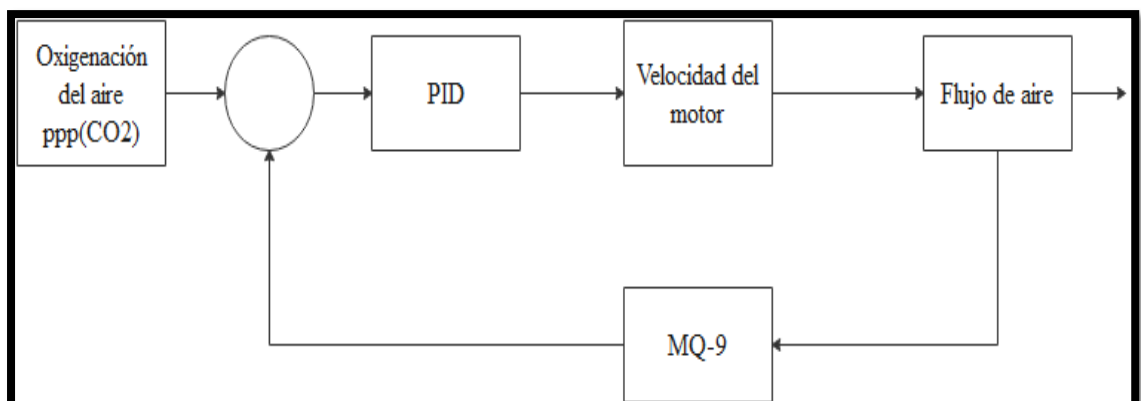


Figura 4.16 Diagrama de bloques PID de la incubadora (Oxigenación del aire)

4.8.1 Curva característica de una Función de Transferencia de Primer Orden

Para obtener las ondas de temperatura de la figura (4.17), humedad de la figura (4.18) y oxigenación del aire (4.19) y se toma los datos en intervalos de tiempo. (Ver Anexo H Monitor serial de Arduino Mega).

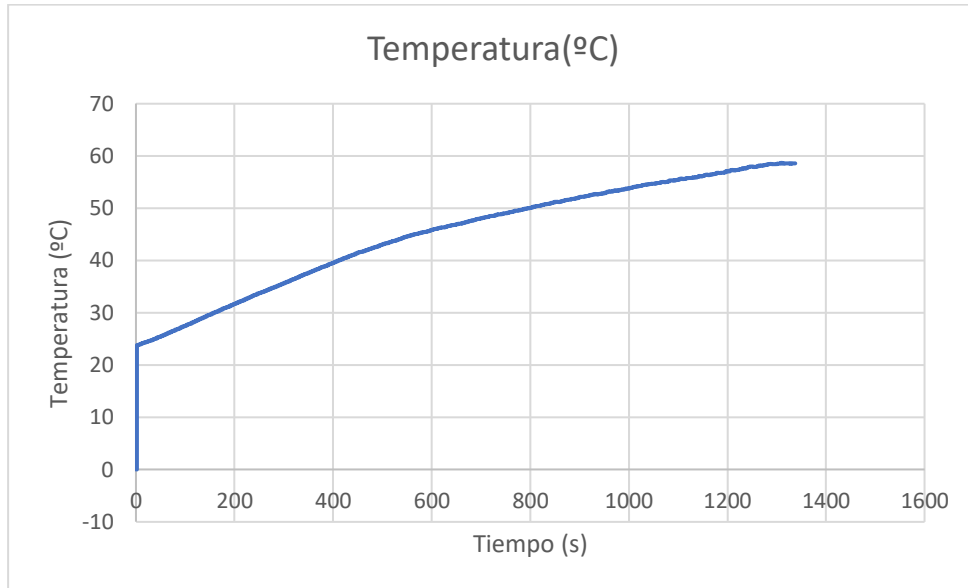


Figura 4.17 Curva de temperatura vs tiempo (Temperatura)

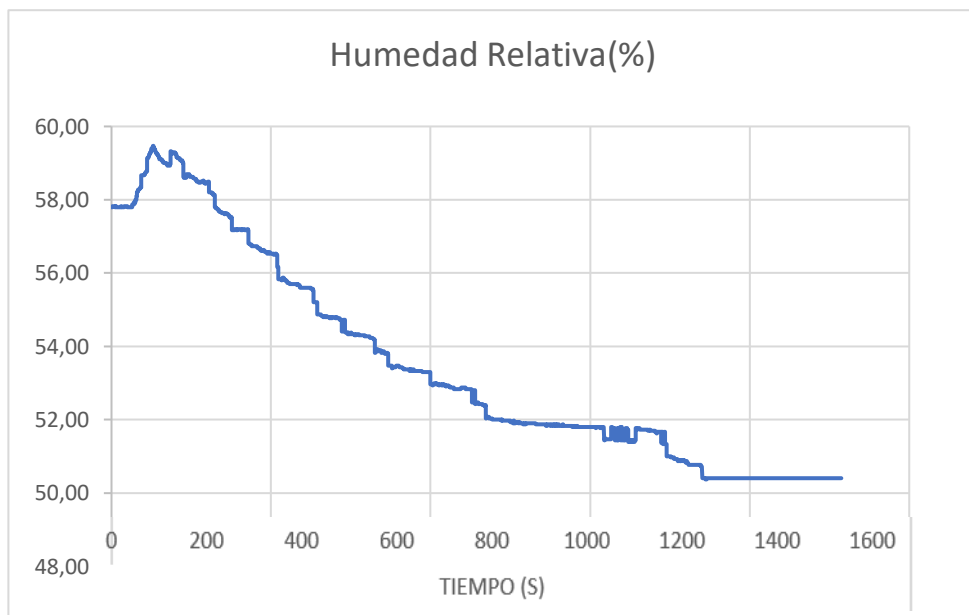


Figura 4.18 Curva de Humedad vs tiempo (Humedad Relativa)

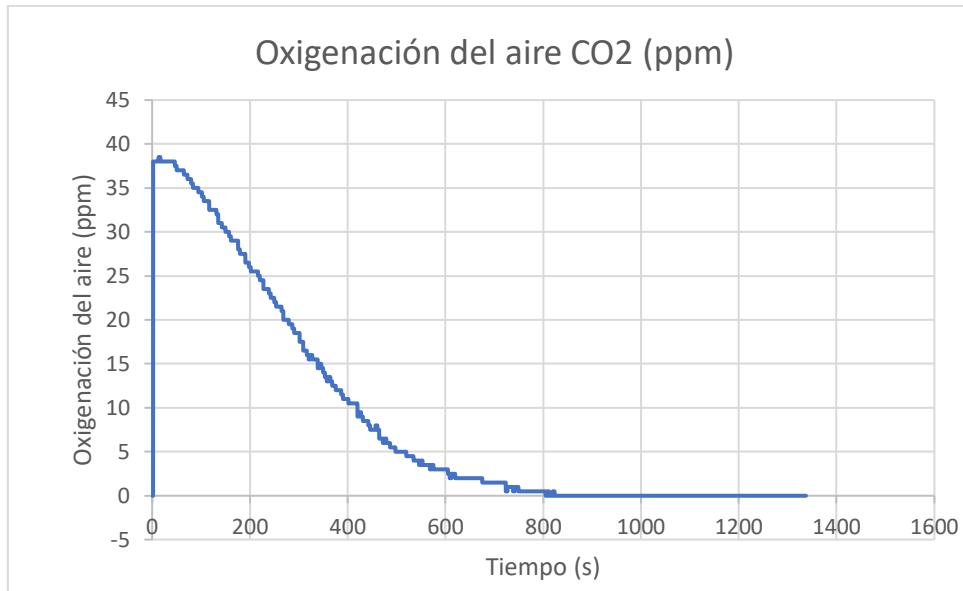


Figura 4.19 Curva de Oxigenación del aire vs tiempo (ppm)

4.8.2 Ecuaciones características de un sistema de primer orden

La función de transferencia se encuentra a partir de los datos obtenidos de la TAD (tarjeta de adquisición de datos Arduino mega) y se representa a través de la ecuación (4.13).

$$\frac{H(s)}{\alpha(s)} = \frac{K}{\tau s + 1} \quad (4.13)$$

$H(s)$ = Salida del sistema

$\alpha(s)$ = Entrada del sistema

K = Ganancia estática del sistema de primer orden

τ = La constante de tiempo del sistema

4.8.3 Ganancia estática

La relación de la ganancia entre la entrada y la salida del proceso. Es decir, cuando la entrada es constante (escalón) y la salida se estabiliza (régimen permanente) y se determina mediante la siguiente ecuación (4.14).

$$K = \frac{T_f - T_i}{P_f - P_i} \quad (4.14)$$

T_f = Temperatura final °C

T_i = Temperatura inicial °C

P_f = Potencia final

P_i = Potencia inicial

4.8.4 Constante de tiempo del sistema

Tiempo requerido para que el sistema alcance el 63.2 % de valor final o de estado estable generalmente denotado por la letra griega τ (tau) como se observa en la figura (4.20) cuando el sistema se estabiliza en el estado estable o permanente y se determinó con la ecuación (4.15).

$$Pn = 4\tau \quad (4.15)$$

$Pn =$ Período de oscilación

$4\tau = \tau$

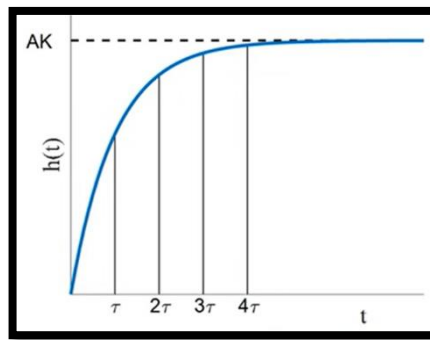


Figura 4.20 Constante del sistema, griega τ (tau).

4.8.5 Temperatura Función de transferencia

La respuesta del sistema de primer orden depende del tipo de entrada que se utiliza en el sistema en este caso de tipo escalón y se encuentra la ganancia estática de la curva de temperatura de la figura (4.17) que guardan relación con la entrada y salida del sistema mediante la ecuación (4.14).

$$K = \frac{Tf - Ti}{Pf - Pi} \quad (4.14)$$

Para que la temperatura logre el estado estable se determina mediante la curva de temperatura de la figura (4.17), con el tiempo de 22.2 minutos para que el sistema se estabilice como indica en la ecuación (4.15).

$$\tau = \frac{T_{estable}}{4} \quad (4.15)$$

La función de transferencia del sistema de primer orden de la variable de temperatura y se obtiene a través de la ecuación (4.13).

$$\frac{H(s)}{\alpha(s)} = \frac{K}{\tau s + 1} \quad (4.13)$$

4.8.6 Humedad Función de transferencia, control on-off

El sistema en este caso de tipo escalón y se encuentra la ganancia estática de la curva de humedad de la figura (4.18) que guardan relación con la entrada y salida del sistema mediante la ecuación (4.14).

$$K = \frac{H_{rf}-H_{ri}}{P_f-P_i} \quad (4.14)$$

H_{rf} = Humedad relativa final (%)

H_{ri} = Humedad relativa inicial (%)

P_f = Potencia final

P_i = Potencia inicial

Para la humedad relativa logre el estado estable se determina mediante la curva de humedad de la figura (4.18), con el tiempo de 23.33 minutos para que el sistema se estabilice como indica en la ecuación (4.15)

$$\tau = \frac{T_{estable}}{4} \quad (4.15)$$

La función de transferencia del sistema de primer orden de la variable de humedad y se obtiene a través de la ecuación (4.13).

$$\frac{H(s)}{\alpha(s)} = \frac{K}{\tau s+1} \quad (4.13)$$

4.8.7 Oxigenación del aire Función de transferencia

La respuesta del sistema de primer orden depende del tipo de entrada que se utiliza en el sistema en este caso de tipo escalón y se encuentra la ganancia estática de la curva de oxigenación del aire de la figura (4.19) que guardan relación con la entrada y salida del sistema mediante la ecuación (4.14).

$$K = \frac{ppm\ f-ppm\ i}{P_f-P_i} \quad (4.14)$$

$ppm\ f$ = partes por millón final (ppm)

$ppm\ i$ = partes por millón inicial (ppm)

P_f = Potencia final

P_i = Potencia inicial

Para que la oxigenación del aire al interior del habitáculo logre el estado estable se determina mediante la curva de oxigenación del aire (4.19), con el tiempo de 13.33 minutos para que el sistema se estabilice como indica en la ecuación (4.15)

$$\tau = \frac{T_{estable}}{4} \quad (4.15)$$

La Función de transferencia del sistema de primer orden de la variable de oxigenación del aire, se obtiene a través de la ecuación (4.13).

$$\frac{H(s)}{\alpha(s)} = \frac{K}{\tau s + 1} \quad (4.13)$$

4.9 Constantes del PID

El Método de lazo cerrado, Ziegler y Nichols, identifican un valor característico del proceso, el período natural P_n , llevando el proceso a un estado de oscilación como se muestra en la tabla (4.21).

Tabla 4.21 Fórmulas de sintonía de Ziegler-Nichols para lazo cerrado

Tipo	Estructura	K_c	K_i	K_d
PID	$K_c(1 + \frac{K_i}{s} + K_d s)$	$0.6 K_c$	$\frac{2}{P_n}$	$\frac{P_n}{8}$
PID Temperatura	$K_c(1 + \frac{K_i}{s} + K_d s)$	$0.6 K_c$	$\frac{2}{P_n}$	$\frac{P_n}{8}$
PID Oxigenación del aire	$K_c(1 + \frac{K_i}{s} + K_d s)$	$0.6 K_c$	$\frac{2}{P_n}$	$\frac{P_n}{8}$

4.10 Thonny

Es un intérprete de Python (IDE) amigable con el usuario que permite el desarrollo de la programación de este lenguaje (Python) en forma fácil y dinámica, en la cual su interfaz incluye un depurador para ayudar al programador a corregir los errores y por otro lado también ofrece acceso a la consola propia de Python. También se pueden destacar la visualización de variables, el inspector de objetos, AST y otras características como diferentes formas de recorrer el código, la evaluación paso a paso de la expresión.

5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1 Especificaciones del diseño y construcción de una incubadora para el período neonatal en canes para el control de variables de temperatura, humedad y oxigenación del aire.

El diseño y construcción, procuro cumplir en la medida de lo posible los requisitos operativos y de seguridad establecidos por las normas nacionales e internacionales, AGROCALIDAD (Agencia de Regulación y Control Fito y Zoonosanitario) como agente regular y de control en Ecuador, CAN (Comunidad Andina) en su artículo 483 el registro, control, comercialización de productos veterinarios que hacen referencia a la higiene, la selección del material debe ser de fácil limpieza, que no sean de material tóxico ni transmitan contaminantes, el dimensionamiento de la incubadora y las características térmicas, el tipo de control.

- **Volumen almacenar**

Para hallar el volumen al interior del habitáculo de la incubadora se utiliza la ecuación (4.1) con sus respectivas medidas en metros.

$$V = a * b * h \quad (4.1)$$

$$V = 0.497 \text{ m} * 0.811 \text{ m} * 0.40 \text{ m}$$

$$V = 0.16 \text{ m}^3$$

- **Perímetro de la Puerta**

Por lo tanto, el perímetro de las puertas de acrílico, está representada de la siguiente ecuación (4.2).

$$P = 2L + 2W \quad (4.2)$$

$$P = 2(0.3725) + 2(0.39) = 1.52 \text{ m}$$

5.2 Masa de los canes recién nacidos

Los resultados obtenidos durante el diseño del habitáculo para el soporte de elementos constitutivos del módulo de control y el peso de los recién nacidos. Para dimensionar el peso que deberá estar sometido la incubadora al momento de su utilización, se toma en cuenta los diferentes tipos de raza.

Tabla 5.1 Peso ideal para perros por raza

Numero de Ecuación	Masa para perros kg (por Raza)	Masa por camada (kg)	Masa de partes de la estructura (Acero 304)	
	Razas Pequeñas 1.5 a 9.5	9.5	Sólido	Masa (kg)
	Razas Medianas 8 a 32	32	Rejilla	10

Ecuación 4.3	Razas Grandes 32 a 90	90	Soporte módulo de control	6.05
	Promedio	43.83	Masa total (kg)	16.05
	MASA TOTAL	59.86 kg		

- **La masa total**

Que soporta la rejilla y estructura de la incubadora, está representada por la ecuación (4.3).

$$m_T = m_{Canes} \cdot m_{estructura} \quad (4.3)$$

$$m_T = 43.83 \text{ kg} \cdot 16.05 \text{ kg} = 59.86 \text{ kg}$$

5.3 Análisis de cálculo para el análisis estructural

Se utilizaron los valores máximos del peso de cada raza por tamaño para asegurar un factor de seguridad, y cumpliendo con las propiedades del acero inoxidable AISI 304 al ser un material estéril, duradero, fácil de limpiar y desinfectar además del acrílico NTE INEN 2042:2013 que permite una visualización, que nos permitió cumplir con las normas básicas establecidas por las entidades antes mencionadas además con las características y necesidades que requiere un can durante su período neonatal. Por lo tanto, la fuerza que se ejerce sobre la rejilla se calcula con la siguiente ecuación (4.4).

$$F = m_T \cdot g \quad (4.4)$$

$$F = 59.86 \text{ kg} \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 587.23 \text{ [N]}$$

Una vez calculada la fuerza, es necesario hallar el esfuerzo admisible del diseño de la incubadora con la siguiente ecuación (4.5).

$$\sigma \text{ admisible} = \frac{F}{A_0} \quad (4.5)$$

$$\sigma \text{ admisible} = \frac{587.23 \text{ N}}{16.84 \text{ mm}^2} = 34.873 \left(\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right)$$

Finalmente, el factor de seguridad de la estructura de la incubadora, será entre el esfuerzo máximo del material y el esfuerzo admisible del diseño representado por la ecuación (4.6).

$$FS = \frac{\sigma_{\text{máx}}}{\sigma_{\text{admissible}}} \quad (4.6)$$

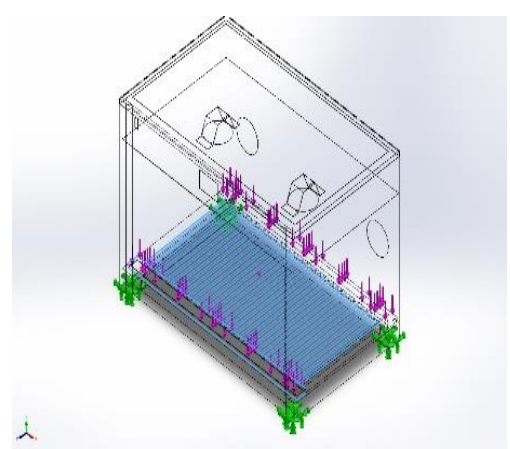
$$FS = \frac{206.80 \left(\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right)}{34.873 \left(\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right)} = 5.9$$

Tabla 5.2 Resultado de las ecuaciones calculadas

Numero de ecuación	Ecuación	Resultados
4.4	Fuerza	587.23 N
4.5	Esfuerzo admisible, diseño	34.873 $\frac{N}{mm^2}$
4.6	Factor de seguridad	5.9

5.4 Análisis de resultado Software CAD: SOLIDWORKS (licencia estudiantil)

Tabla 5.3 Análisis de resultados análisis estático

Referencia de modelo	Propiedades
	<p>Nombre: AISI 304 Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Criterio de error predeterminado: Tensión de Von Mises máx. Límite elástico: 2,06807e+08 N/m² Límite de tracción: 5,17017e+08 N/m² Módulo elástico: 1,9e+11 N/m² Coeficiente de Poisson: 0,29 Densidad: 8.000 kg/m³ Módulo cortante: 7,5e+10 N/m² Coeficiente de dilatación térmica: 1,8e-05 /Kelvin</p>
Nombre	Resultados
Esfuerzo admisible, diseño	34.873 $\frac{N}{mm^2}$
Factor de seguridad	5.9

5.5 Análisis de cálculo para el análisis térmico

Con la ayuda de médicos veterinarios, revistas científicas, el rango de temperatura, el sistema de ventilación es importantes, la transferencia de calor por radiación es decir por ondas electromagnéticas (infrarrojas) y la ventilación (ventiladores) que requieren los canes durante su período neonatal.

La irradiación sobre la superficie que dirige las lámparas infrarrojas en el interior del habitáculo se determina mediante la ecuación (4.7).

$$E = \frac{I \cos\alpha}{r^2} \tag{4.7}$$

Considerando que para la simulación de la irradiación en el interior del habitáculo y que incide perpendicularmente a la superficie tendrá $\alpha = 0$ se calcula con la ecuación (4.8).

$$E = \frac{I}{r^2} \quad (4.8)$$

$$E = \frac{124.34 \frac{W}{m^2}}{(0.0875)^2 m}$$

$$E = 16.1 \frac{W}{m^4}$$

El flujo de radiación a utilizar en el interior del habitáculo se determina mediante la ecuación (4.9).

$$I = \frac{L}{4\pi r^2} \quad (4.9)$$

$$I = \frac{250 W}{4\pi(0.40)^2 m}$$

$$I = 124.34 \frac{W}{m^2}$$

La superficie de la rejilla que incide la luz infrarroja para el análisis de temperatura del fluido se calcula con la ecuación (4.10).

$$S = L \cdot A \quad (4.10)$$

$$S = 0.811 m \cdot 0.497 m$$

$$S = 0.40 m^2$$

Para hallar el volumen al interior del habitáculo de la incubadora se utiliza la ecuación (4.11) con sus respectivas medidas en metros.

$$V = S \cdot h \quad (4.11)$$

$$V = 0.40 m^2 \cdot 0.40 m$$

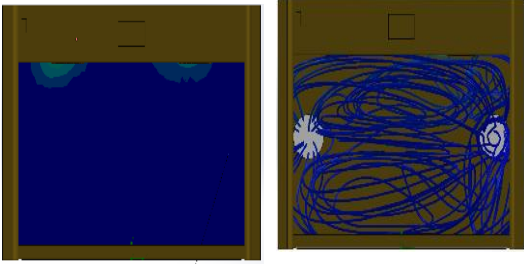
$$V = 0.16 m^3$$

Tabla 5.4. Resultado de las ecuaciones calculadas

Numero de ecuación	Ecuación	Resultados
4.8	Irradiación sobre la superficie	$16.1 \frac{KW}{m^4}$
4.9	Flujo de radiación	$124.34 \frac{W}{m^2}$
4.10	Superficie	$0.40 m^2$
4.11	Volumen	$0.16 m^3$
4.12	Caudal	$0.72 \frac{m^3}{s}$

5.6 Análisis de resultado Software CAD: SOLIDWORKS (licencia estudiantil)

Tabla 5.5 Análisis de resultados térmicos

Referencia del modelo	Unidad	Mínimo	Máximo
			
Máxima temperatura en el sólido.	°C	29.14	297.27
Temperatura del fluido	°C	20.04	289.85
Coefficiente de transferencia de calor	[W/m ² /K]	0.002	20.768
Velocidad	[m/s]	0	0.454

5.7 Ganancia estática, constante de tiempo de temperatura

La ganancia estática de la curva de la función de transferencia de primer orden en la figura (4.17) que guardan relación con la entrada y salida del sistema mediante la ecuación (4.14).

$$K = \frac{T_f - T_i}{P_f - P_i} \quad (4.14)$$

$$K = \frac{58.55 - 23.8}{100 - 0} = 0.3475$$

La constante de tiempo para que la temperatura logre el estado estable se determina mediante la curva de temperatura de la figura (4.17), con el tiempo de 22.2 minutos para que el sistema se estabilice como indica en la ecuación (4.15).

$$\tau = \frac{T_{estable}}{4} \quad (4.15)$$

$$\tau = \frac{1332 \text{ s}}{4}$$

$$\tau = 333 \text{ s}$$

Función de transferencia del sistema de primer orden de la variable de temperatura y se obtiene a través de la ecuación (4.13).

$$\frac{H(s)}{\alpha(s)} = \frac{K}{\tau s + 1} \quad (4.13)$$

$$\frac{H(s)}{\alpha(s)} = \frac{0.3475}{333s+1}$$

Tabla 5.6 Lectura de Temperatura, Instrumentos de medición

Temperatura referencia (°C)	DTH21	Tester Truper mut—202	Termómetro analógico	Termómetro digital
20	20.02	21.08	20	20.51
22	21.97	22.05	21	21.92
24	23.95	23.48	23	23.86
26	26.04	25.98	25	25.89
28	28.05	27	28	27.62
30	30.01	30.08	30	29.85
32	32.05	31.23	32	31.96

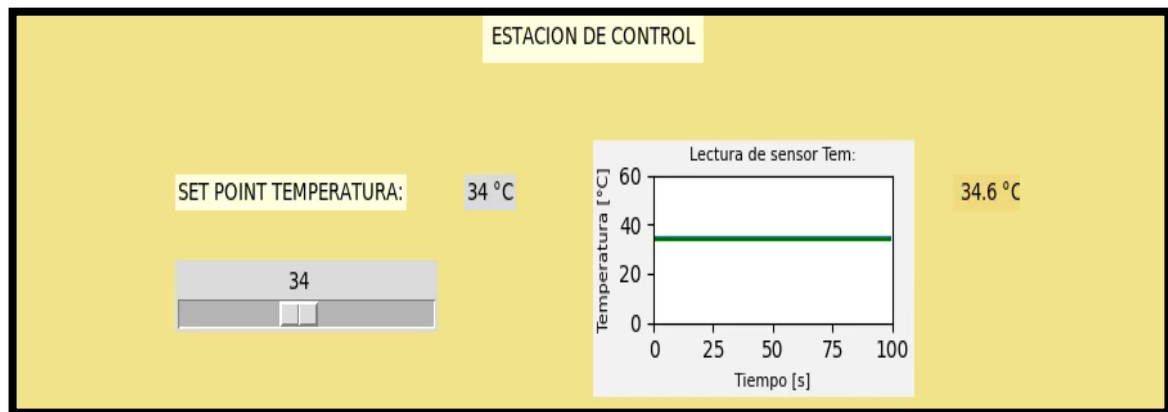


Figura 5.1 Lectura de temperatura, Interfaz gráfica

En la figura 5.1 se observa un Set Point de 34°C y la lectura del sensor de temperatura con un valor de 34.6 °C y de color azul que se muestra en la estación de control.

5.8 Ganancia estática, constante de tiempo Humedad Relativa

La ganancia estática de la curva de la función de transferencia de primer orden de humedad relativa esta dada por la ecuación (4.14).

$$K = \frac{46.59-31.62}{100-0} = 0.1497 \quad (4.14)$$

Para que la humedad relativa logre el estado estable se determina mediante la curva de humedad de la figura (4.18), con el tiempo de 23.33 minutos para que el sistema se estabilice como indica en la ecuación (4.15)

$$\tau = \frac{T_{estable}}{4} \quad (4.15)$$

$$\tau = \frac{1400}{4}$$

$$\tau = 350 \text{ s}$$



Función de transferencia del sistema de primer orden de la variable de humedad y se obtiene a través de la ecuación (4.13).

$$\frac{H(s)}{\alpha(s)} = \frac{K}{\tau s + 1} \quad (4.13)$$

$$\frac{H(s)}{\alpha(s)} = \frac{0.1497}{350s + 1}$$

La lectura de la humedad de referencia a través de los instrumentos de medición: DTH11, el control con histéresis cuenta con 10% de rango.

Tabla 5.7 Lectura de humedad, Instrumentos de medición

Humedad referencia 30 (%)	DTH11 	Higrómetro analógico 	Higrómetro digital 	Tiempo de activación (min)
40 %	46.01	41	45	2 minutos 1 activación
50 %	48.89	45	47	4 minutos 1 activación
60 %	54.15	55	57	6 minutos 1 activación
70%	75.17	68	67	8 minutos 1 activación
80%	79.03	68	67	10 minutos 1 activación

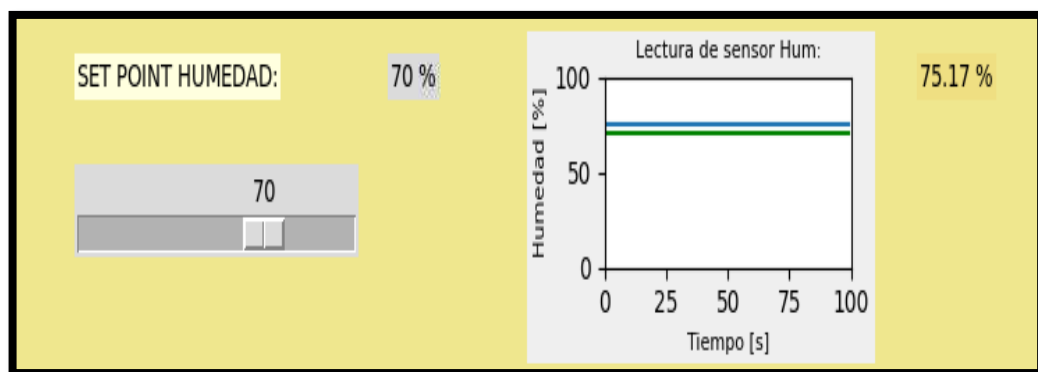


Figura 5.2 Lectura de humedad, Interfaz gráfica

En la figura 5.2 se observa un Set Point de humedad de 70% y se aprecia de color verde con una lectura de 75.17%.

5.9 Ganancia estática, constante de tiempo de Oxigenación del aire

La respuesta del sistema de primer orden depende del tipo de entrada que se utiliza en el sistema en este caso de tipo escalón y se encuentra la ganancia estática de la curva de oxigenación del aire de la figura (4.19) que guardan relación con la entrada y salida del sistema mediante la ecuación (4.14).

$$K = \frac{ppm_f - ppm_i}{Pf - Pi} \quad (4.14)$$

$$K = \frac{0 - 38}{255 - 0}$$

$$K = -0.149$$

Para que la oxigenación del aire al interior del habitáculo logre el estado estable se determina mediante la curva de oxigenación del aire (4.19), con el tiempo de 13.33 minutos para que el sistema se estabilice como indica en la ecuación (4.15)

$$\tau = \frac{T_{estable}}{4} \quad (4.15)$$

$$\tau = \frac{800}{4}$$



$$\tau = 200 \text{ s}$$

La Función de transferencia del sistema de primer orden de la variable de oxigenación del aire, se obtiene a través de la ecuación (4.13).

$$\frac{H(s)}{\alpha(s)} = \frac{K}{\tau s + 1} \quad (4.13)$$

$$\frac{H(s)}{\alpha(s)} = \frac{-0.149}{200 s + 1}$$

Tabla 5.8 Lectura de Oxigenación de aire, Instrumentos de medición

Oxigenación de aire referencia (ppm)	MQ-9	Anemómetro
10 ppm		
40 ppm	41.56 ppm	0.35 m/s
60 ppm	59.51 ppm	0.42 m/s
100 ppm	99.81 ppm	0.62 m/s

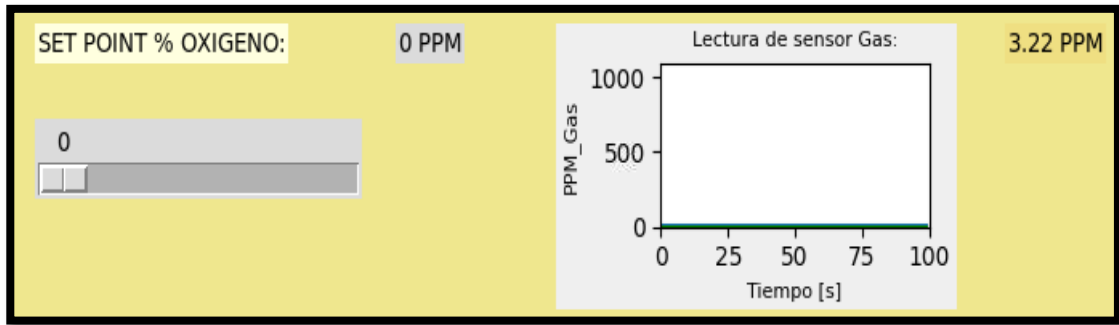


Figura 5.3 Oxigenación del Aire, Interfaz gráfica

En la figura 5.3 se observa un Set Point de 0 ppm, el sistema se activa para disminuir la concentración de CO₂ en el interior del habitáculo con dos ventiladores con una velocidad de 0.20 m/s.

5.10 Constantes PID

El Método de lazo cerrado, Ziegler y Nichols, identifican un valor característico del proceso y se muestra en la tabla 4.20

Tabla 4.20 Fórmulas de sintonía de Ziegler-Nichols para lazo cerrado

Tipo	Estructura	K_c	K_i	K_d
PID	$K_c(1 + \frac{K_i}{s} + K_d s)$	$0.6 K_c$	$\frac{2}{P_n}$	$\frac{P_n}{8}$
PID Temperatura	$K_c(1 + \frac{K_i}{s} + K_d s)$	$0.6 \cdot 0.3475$ $= 0.2085$	$\frac{2}{333} = 0.006$	$\frac{333}{8} = 41.62$
PID Oxigenación del aire	$K_c(1 + \frac{K_i}{s} + K_d s)$	$0.6 \cdot -0.149$ $= -0.0894$	$\frac{2}{200} = 0.01$	$\frac{200}{8} = 25$

5.11 Cálculo del consumo de la Incubadora

En base a las características de los valores de consumo por cada elemento que compone el sistema para el proceso de incubación de animales caninos se determina el valor total de consumo en watts para lo cual se trató de forma independiente los sistemas de control y el sistema de potencia para luego sumarlos obteniendo un consumo total en potencia activa de 304 watts aproximadamente y se muestra en la tabla (5.9), (5.10).

Tabla 5.9 Sistema de control

Elemento	Consumo		
	Potencia [watts]	I max [A]	Voltaje [V]
Raspberry pi 4 b+	15,3	3	5
Arduino mega	1	0,093	5
Dht11 x2	0,05	0,0025	5
Dht21	0,05	0,0015	5,5
Mq09	0,35	0,15	5
Módulo puente h	20	2	12
Módulo dimer	0,5	0,075	5
Módulo relé	0,5	0,075	5
Total	37,75	6,072	5/12

Tabla 5.10 Sistema de Potencia

Elemento	Consumo		
	Potencia [watts]	I max [A]	Voltaje [V (AC)]
Focos infrarrojos	250	2,5	120
Ventiladores	11	0,1	120
Humificador	5	0,05	120
Total	266	2,55	120

5.12 Cámara web

La utilización de una cámara al interior del habitáculo en la estación de monitoreo se observa en la figura 5.4.



Figura 5.4 Estación de Monitoreo, cámara al interior del habitáculo.

En la figura 5.4 se observa la estación de monitoreo y la cámara al interior del habitáculo con los datos de lectura de las variables de temperatura, humedad y oxigenación del aire.

6. PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTOS

6.1 Presupuesto

Se desarrolla el análisis de gastos para el desarrollo del proyecto. Se tomó en cuenta el costo de los materiales, maquinaria y el diseño de ingeniería, fabricación que a continuación se muestra en la tabla (6.1), (6.2), (6.3).

Tabla 6.1 Presupuesto Material, sensores, actuadores

ITEM	VALOR UNIT (\$)	CANTIDAD	COSTO TOTAL (\$)
Acrílico 6 mm	75,87	1	75,87
Acero Inoxidable 304	60,00	2	120,00
Varilla de acero inoxidable 6 mm	10,00	2	20,00
Ruedas Poliuretano	0,50	4	2,00
Bisagra	0,50	4	2,00
Raspberry Pi 4 B	150,00	1	150,00
Pantalla Waveshare	100,00	1	100,00
Arduino Mega	23,00	1	23,00
DTH11	2,5	2	5,00
DTH21	8,00	1	8,00
MQ-9	5,00	1	5,00
Módulo de Dimmer AC	19,00	1	19,00
Módulo de Puente H L298N 2A	3,00	1	3,00
Módulo de Relé 1 Canal	2,50	1	2,50
Foco Infrarrojo 250 W	15,00	2	30,00
Humidificador	18,00	1	18,00
Ventilador	5,00	2	10,00
Cámara	40,00	1	40,00
TOTAL			633,37

6.1.1 Costo de maquinaria**Tabla 6.2** Uso y costo de maquinaria

N.º HORAS	DESCRIPCIÓN	VALOR UNIT (\$)	COSTO TOTAL (\$)
2	Dobladora de lámina	2,00	4,00
1	Soldadura TIG	10,00	10,00
TOTAL			14,00

6.1.2 Costo de ingeniería en diseño y fabricación**Tabla 6.3** Uso y costo de maquinaria

N.º HORAS	DESCRIPCIÓN	VALOR UNIT (\$)	COSTO TOTAL (\$)
10	Diseño mecánico	10,00	100,00
24	Construcción mecánica	7,50	180,00
60	Programación	3,00	180,00
TOTAL			460,00

El salario básico de un Ingeniería promedio es de 1500 \$, es decir 50\$ diario, la hora es 6.5\$ por el número de horas de trabajo como un valor mínimo para el cobro por el diseño mecánico, construcción, programación además del recargo de 180 \$ por un curso de Programación Python.

6.1.3 Costo Total**Tabla 6.4** Uso y costo de maquinaria

PRESUPUESTO	(\$)
PRESUPUESTO DEL MATERIAL	633,37
COSTO DE MAQUINARÍA	17,00
COSTO DE INGENIERÍA	460,00
COSTO TOTAL	1107,37

6.2 Análisis de Impactos

Se detallan los impactos importantes en la presente propuesta tecnológica:

6.2.1 Impacto Social

La presente propuesta tecnológica, beneficia a usuarios y clínicas veterinarias quienes cuidan y dan tratamiento médico a diferentes animales sin un equipo médico adecuado, a la mitad de precio de una incubadora internacional que cumplen con características de un material estéril, fácil de desinfectar, visible, económico, estético.

6.2.2 Impacto Tecnológico

El nuevo prototipo se pondrá utilizar el presente diseño y adaptar otros tipos de sistemas de control al tener un lenguaje de programación en código abierto y el uso de librerías, módulos de control que sirvan para abaratar los costos en la implementación al igual que se podrá reemplazar o cambiar los elementos que conforman la incubadora.

6.2.3 Impacto Económico

En este aspecto, la propuesta tecnológica tiene el apoyo económico total del tesista lo cual beneficia al poseer el ámbito de producción: diseño, control y por ende abaratar costos del material y ganancias a futuro.

El cálculo del VAN de (1.790,23) y el TIR (64%) se desarrolló con una inversión de (1107,37 \$) para el año 0. Si el TIR es $> 64\%$ el proyecto no es aceptable el VAN es negativo y es rechazado. (Ver Anexo I Cálculo del VAN, TIR).

6.2.4 Impacto Ambiental

Implica la contaminación del ambiente, la incubadora al poseer un consumo eléctrico para generar calor, un humidificador ultrasónico para producir humedad relativa y los ventiladores que no generan agentes contaminantes para el medio ambiente.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

La incubadora posee elementos de lectura como un sensor de temperatura (DTH21), sensor de humedad (DTH11), sensor de CO₂ (MQ-9), el rango de operación de las variables es validado por parte de veterinarios con un rango de temperatura de 32 °C a 35 °C, humedad relativa mínima del 60% y un ambiente de ventilación de dispersión 8 ppm.

El diseño de la incubadora tiene respaldos de simulación de un estudio estático con la herramienta SolidWorks Simulation y que nos arroja un resultado de factor de seguridad de 5.9 con un material de Acero Inoxidable 304 AISI con una fuerza de 587,23 N.

El estudio térmico se desarrolló con la herramienta Flow Simulation de SolidWorks con una transferencia de calor al sólido de 20.14 °C y 297.27 °C como mínimo y máximo respectivamente además de la temperatura del fluido de 20.14 °C y 289.95 °C como mínimo y máximo al poseer dos ventiladores localizados en la parte exterior del habitáculo con una velocidad de 2m/s máximo y 0 m/s mínimo.

Con el sistema de Control PID para la temperatura se logró obtener la función de transferencia de primer orden, así como las constantes Kc 0.2085, Ki 0.006, Kd 41.62 y la lectura y visualización del Set Point (°C), la activación del módulo dimmer AC que envía el pulso a la compuerta o gate del TRIAC atenuando el flujo de corriente en las lámparas infrarrojas al llegar a la temperatura en operación de (20 °C a 50 °C) con un tiempo de estabilización de 6 minutos para una temperatura de 25° C.

El sistema de Control on/off para la humedad se consiguió la adquisición de datos y visualización del Set Point (%), la activación del módulo relé, con el 10% de histéresis estabiliza la humedad y realizar la activación del humidificador ultrasónico en operación del (0 % al 100 %) con un tiempo de 6 minutos y una activación del humidificador.

El sistema de Control PID para la oxigenación del aire se obtuvo la función de transferencia, así como las constantes Kc -0.089, Ki 0.01, Kd 25, la visualización del Set Point (ppm), la activación del módulo de puente h, cambiando el voltaje promedio activando los ventiladores a velocidades menor de 2 m/s Con un rango de operación de 0 a 1000 ppm.

7.2 Recomendaciones

El diseño mecánico deberá contar con una altura mínima 100 cm para el ingreso de animales de diferentes tamaños, tomando en cuenta el peso y los riesgos a que estos animales están expuestos, se podrán construir de acero inoxidable o acrílico de 6 mm como mínimo.

Revisar el manual de operación de la incubadora para evitar mala manipulación de las variables de control y ocasionar daños en los actuadores como los focos infrarrojos, humidificador y ventiladores.

Reconocer la interfaz gráfica y cada uno de los botones de monitoreo y control de la incubadora para evitar sobrecalentamiento, saturación de la humedad o una ventilación exagerada, retirar la bandeja de residuos y desinfectarla constantemente para evitar olores, virus o bacterias.

Se podrá adaptar un código el cual permita la creación de una App para el monitoreo y control a través de tecnología móvil gracias a la conexión de internet de la Tarjeta Raspberry.

Según las necesidades la incubadora podrá convertirse en una Unidad de Cuidados Intensivos añadiendo oxígeno en tanques, adecuado el habitáculo con ganchos que sirvan para apoyar sondas o diferentes implementos que están conectados con el neonato, además de una fuente la cual funcionará independientemente si no existe el suministro eléctrico.

8. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Somoza, Rubén; Cusatti, Ana Clara, «Manejo reproductivo de un centro de reproducción canina en Argentina,» *Congreso Brasileiro de Reprodução Animal*, vol. XXIII , pp. 55-64, 2019.
- [2] Comisión de la Comunidad Andina, *Decisión 483 : Normas para el registro, control, comercialización y uso de Productos Veterinarios*, Lima: Gaceta Oficial del Acuerdo de Cartagena, 2011.
- [3] Agencia de Regulación y Control Fito Y Zoosanitario, *Agencia de Regulación y Control Fito Y Zoosanitario*, Quito: Ecuador es Calidad, 2008.
- [4] Bustamante Campoverde, Jaime Antonio; Cevallos Larrea, Andrés Josué, Diseño e Implementación de un prototipo de incubadora neonatal en cumplimiento con la norma UNE-EN 60601-2-19, Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, 2013.
- [5] Moreano Sanchez, Gabriel Vinicio, Diseño y construcción de un sistema de control de temperatura y humedad para un prototipo de incubadora neonatal que incluya monitoreo de signos vitales., Quito: Escuela Politécnica Nacional, 2015.
- [6] Restrepo Pérez, Laura; Durango Londoño, Natalia; Gómez Suárez, Nicolás ; Gonzáles Ramírez, Felipe; Rivera Bonilla, Nadia, «Prototipo de incubadora neonatal,» *Revista Ingeniería Biomédica*, nº 1, pp. 55-59, 2007.
- [7] Angulo, Simón Martí, Reproducción y neonatología canina y felina., Zaragoza-España: SERVET, 2011.
- [8] Urrutia de Castillo, Xochilt, «Incubadora Neonatal y Cuna Térmica,» Universidad Don Bosco , San Salvador, 2012.
- [9] Kani Star, *Incubator UC-1801*, Hong Kong: ECD Veterinaria Ltda, 2010.
- [10] *Incubadora veterinaria para cuidados intensivos 2100 ICU*, Colorado: Snyder Manufacturing Company, 2005.
- [11] , Sangdong-ro; , Gimhae-si; , Gyeonsangnam-do;, *Care Cradle Raudle*, Sangdong-ro: Autoalex Co.,Ltd, 2000.
- [12] R.D, Gleed; J.W, Ludders, «Recent Advances in Veterinary Anesthesia and Analgesia: Companion Animals,» *International Veterinary Information Service*, 2007.
- [13] Yunus , Cengel A; Ghajar, Afshin J, Tranferencia de calor y masa, España: McGraw-Hill, 2011.
- [14] Yärke, Eduardo, Ventilación natural de edificios, Buenos Aires: Nobuko, 2005.
- [15] Åström, Karl J; Hägglund, Tore, Control PID avanzado, Madrid (España): PEARSON, 2009.
- [16] Gonzáles Duque, Raúl, Python Para Todos, España: Creative Commons Reconocimiento, 2020.
- [17] Ramírez Jiménez, Óscar, Python a fondo, Marcombo S.L, 2021.
- [18] Gobierno de México, Arduino Uno, México: NFOOTEC, 2018.
- [19] Peña, Claudio, Introducción a Arduino, RedUsers, 2020.
- [20] Borel, Daniel, *Cámara Web*, Lausanne: Logitech Europe S.A., 2020.
- [21] Waveshare, *7inch HDMI LCD (C) User Manual*, Shenzhen: Share awesome hardware, 2018.
- [22] Naylamp Mechatronics SAC, *Módulo dimmer AC 220/2A*, 2019.
- [23] S, Martín, *Puente H L298 Modulo*, México: Electronilab Electronica, 2018.
- [24] Naylamp , *MÓDULO RELAY 1CH 5VDC*, Trujillo: Naylamp mechatronics, 2021.
- [25] Philips , «Philips Infrarroja,» Product family leaflet, Madrid, 2021.
- [26] Martínez, Daniel; Rojas, Luis; Quispe , Dina, «Control De Humedad Ambiente Generada Por Ultrasonidos,» Universidad Nacional de San Juan, San Juan - Argentina.
- [27] *Chapa de rejilla de ventilación*, ELEMAT, 2020.
- [28] Asair, *Temperature and humidity module AM2301 Product Manual*, China: Aosong, 2018.
- [29] ASAIR, *DHT11 Humidity & Temperature Sensor*, China: Guangzhou Aosong Electronics , 2019.

- [30] HANWEI, *TECHNICAL DATA MQ-9 GAS SENSOR*, China: HANWEI ELETRONICS , 2018.
- [31] Asfahl, Ray C, Seguridad Industrial y Salud, México: Pearson, 2000.
- [32] GW, Crighton, Symposium: Neonatal diseases of the dog, Journal of Small Animal, 1968, pp. 463-472.
- [33] R C, Hibbeler, *MECÁNICA DE MATERIALES,» de ESFUERZO (FACTOR DE SEGURIDAD*, México: Pearson , 2006.
- [34] S, Michael ; D, Craig ; L, Remillard; Roudebus, Philip ; J, Bruce J., Small Animal Clinical Nutrition, EE.UU: Mark Morris Institute, 2000.

9. ANEXO

ANEXO A. Incubadora Veterinario Portátil Aeolus 1801

www.Kani-Star.com



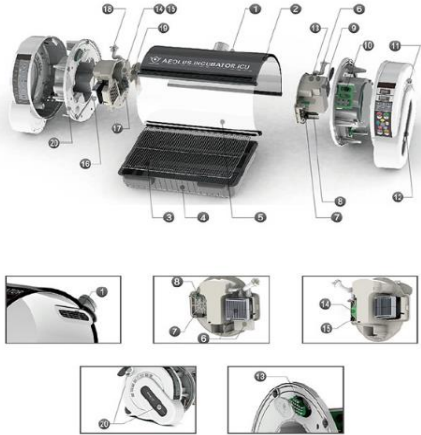
KaniKare ICU/Incubator | UC-1801

Offers best Intensive/Incubation Care.

- Accurate Temperature Control—Eliminates hot spots and provides overall consistent temperature throughout.
- Accurate Humidity Control—Provides a healthy and balanced environment.
- Negative-ion Generation—Augments the Medical Effects of the ICU.
- Sterilization Function—Minimizes the possibility of cross-contamination.
- Nebulization/Medical Administration Treatment Function—Making it more convenient to administer full strength medicine.
- Carbon Dioxide Concentration Monitoring System—A Defense Line to safe guard patients' lives.
- ICU Illumination Function—Creating a comfortable therapeutic environment.
- Setting of Security Mechanisms—No worries in use.

125

www.Kani-Star.com



- 1 Air Conditioning Port
- 2 Double Layer Insulator
- 3 6th Floor Grid
- 4 Pull-out Waste Tray
- 5 Heat Resistant Transparent Door
- 6 Dual Heating System
- 7 Negative Ion Generator
- 8 Precision Temperature and Humidity Detector
- 9 Humidifier Water Tank
- 10 Gold-plated Contacts or Circuit Board
- 11 Air Vents
- 12 Lighted Locking On-off Switch
- 13 10 Level Lighting System
- 14 Carbon Dioxide Detector
- 15 High Density Filters
- 16 Consistent Dual Flow Circulation
- 17 Forced Air Nebulizer
- 18 Oxygen Port
- 19 Ultraviolet Sterilization Light
- 20 Inflation & Oxygen Therapy Port

126

www.Kani-Star.com



10 Stage Lighting


Ultraviolet Disinfection

CO₂ Concentration Detector

UC 1801 Series

129

www.Kani-Star.com



ICU/Incubator Organizing Rack

UC-1801-RCK


Double decker design, well for two units of KaniKare UC-1801 ICUs.

Specialized top shelf for air conditioner or oxygen generator locating.

Stable and Sturdy, made from Gauge 17 steel panel, ensures long service life.

Comes standard with casters, for easy moving and sterilization operation.

Trendy looking but functional too, a good mate for ICU accessories organizing.



Air-Conditioning Unit

UC-1801-AC

Perfect match for the KaniStar ICU.

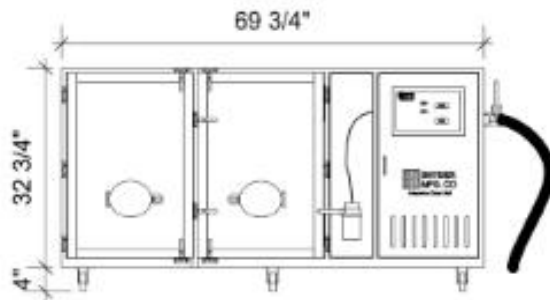
Gives the ICU the ability to set the desired stable temperature for the patient by producing chilled airflow.

Remotely controlled by the ICU.

Amazingly quiet without starting pets.

130

ANEXO B. Incubadora Veterinaria para cuidados intensivos 21000 ICU

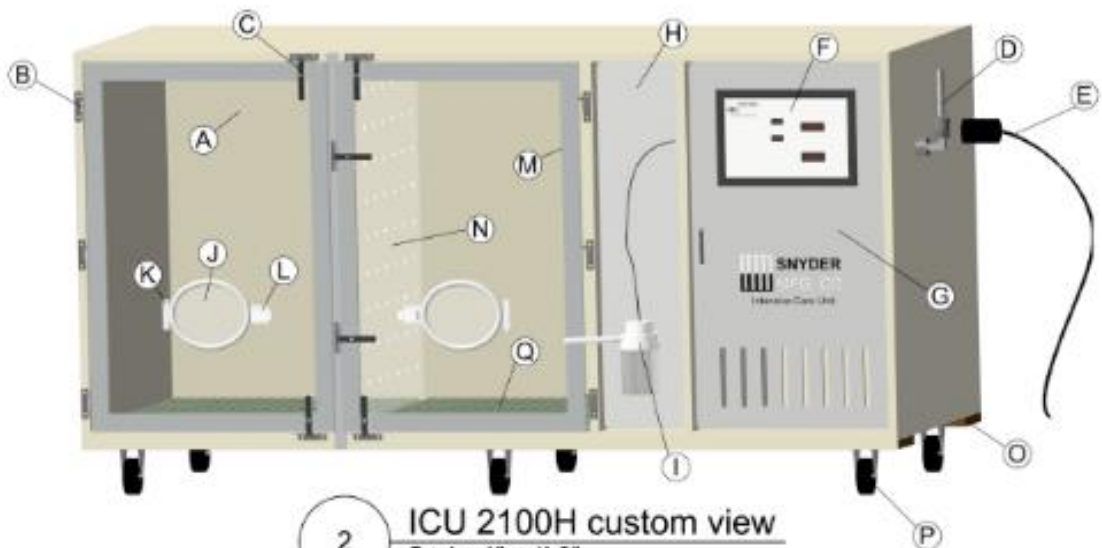


1 ICU 2100H front view
Scale: 1/2" = 1'-0"

- A. ICU door - tempered glass
- B. Hinge w/hinge plates
- C. Handle w/lockstrike
- D. Flow meter
- E. Power hook-up
- F. Touch screen
- G. Control panel
- H. ICU - B door
- I. Nebulizer
- J. Porthole
- K. Porthole hinge
- L. Porthole latch
- M. Vent
- N. Perforated / Solid removable partition
- O. Trex rail
- P. Caster
- Q. Vinyl mat (blue, green, or black)

General Notes:

- *Overall depth of 28" with doors and hardware
- *2" of space needed in back of unit for ventilation
- *4" of space needed on the right side for flow meter and power cord hook-up (can be placed on top if needed)
- *120 volt - dedicated 20Amp



2 ICU 2100H custom view
Scale: 1" = 1'-0"

ANEXO C. Veterinaria PX-ICU 160+(C)



MAIN FUNCTIONS

- ▷ Exterior design, providing stability and confidence **PRO+ PRO MAX**
- ▷ Reflects veterinarian's opinions taken at the product concept, leading to optimized design for actual medical situations **PRO+ PRO MAX**
- ▷ Large FND, LCD **PRO+ PRO MAX**
- ▷ AI(Artificial Intelligence) electronic controller which can automatically control adjusting cycle depending on ambient environment of the machine **PRO+ PRO MAX**
- ▷ Transparent tempered glass window to easily check the condition of the pet **PRO+ PRO MAX**
- ▷ Stainless material, easy to sterilize for effective sanitation management **PRO+ PRO MAX**
- ▷ Automatic ventilation system of CO2 concentration sensing **PRO+ PRO**
- ▷ Automatic ventilation system of O2 saturation sensing **PRO+ PRO**
- ▷ Double insulated structure and ability to distinguish bottom temperature from air temperature, which makes the machine's inside temperature more accurate **PRO+ PRO**
- ▷ Automatic control and settings for Temperature, Humidity, Carbon Dioxide **PRO+ PRO**
- ▷ Automatic control and settings for Temperature, Humidity **MAX**
- ▷ Control and setting of O2 concentration **PRO+**
- ▷ Floor Cooling System **PRO+**



EASY FUNCTIONS

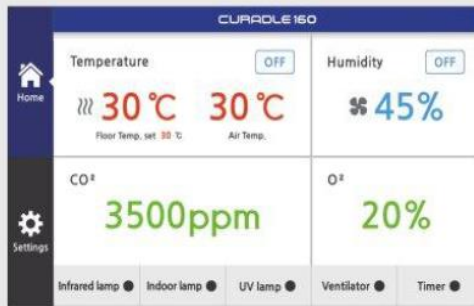
- ▷ Built-in outlet to power external devices **PRO+ PRO MAX**
- ▷ Built-in air filter **PRO+ PRO MAX**
- ▷ Stand Pole to easily install various devices **PRO+ PRO MAX**
- ▷ Hand access to enable pet treatment without opening the window **PRO+ PRO MAX**
- ▷ Modular assembly for easy repair and replacement of parts **PRO+ PRO MAX**
- ▷ Quick button on the home screen for easy control of three kinds of lamp, fan and Timer functions **PRO+ PRO**
- ▷ Treatment time settings and alarm function **PRO+ PRO**
- ▷ GUI with enhanced stability and confidence, providing multi language (English, German, Spanish, Portuguese, Russian, Korean, Chinese, Japanese, Arabic) **PRO+ PRO**
- ▷ LED indoor lamp, IR lamp and UVC(Preventing Spread of Viruses) lamp **PRO+ PRO**
- ▷ LED indoor lamp, IR lamp **MAX**

OTHER FUNCTIONS

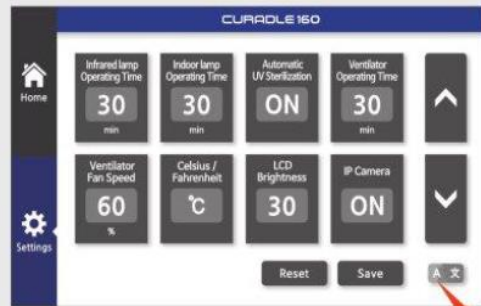
- ▷ BLDC Fan is embedded in the incubator to control indoor-environment **PRO+ PRO MAX**
- ▷ Independent humidity system, which is easy to use and manage **PRO+ PRO MAX**
- ▷ Designed to stack machines on two levels for space efficiency **PRO+ PRO MAX**
- ▷ Built-in Alarm function in case of machine failure (abnormal high temperature, abnormal high concentration of carbon dioxide) **PRO+ PRO**
- ▷ IP camera function for real-time internal video viewing on mobile and smart phone (PX-ICU160C model) **PRO+**



PRO+ / PRO DISPLAY



Home (Based on PRO+ model)
7-inch big LCD, for easy and precise control



Setting (Based on PRO+ model)
NEW interface where you can easily control every function

Language settings



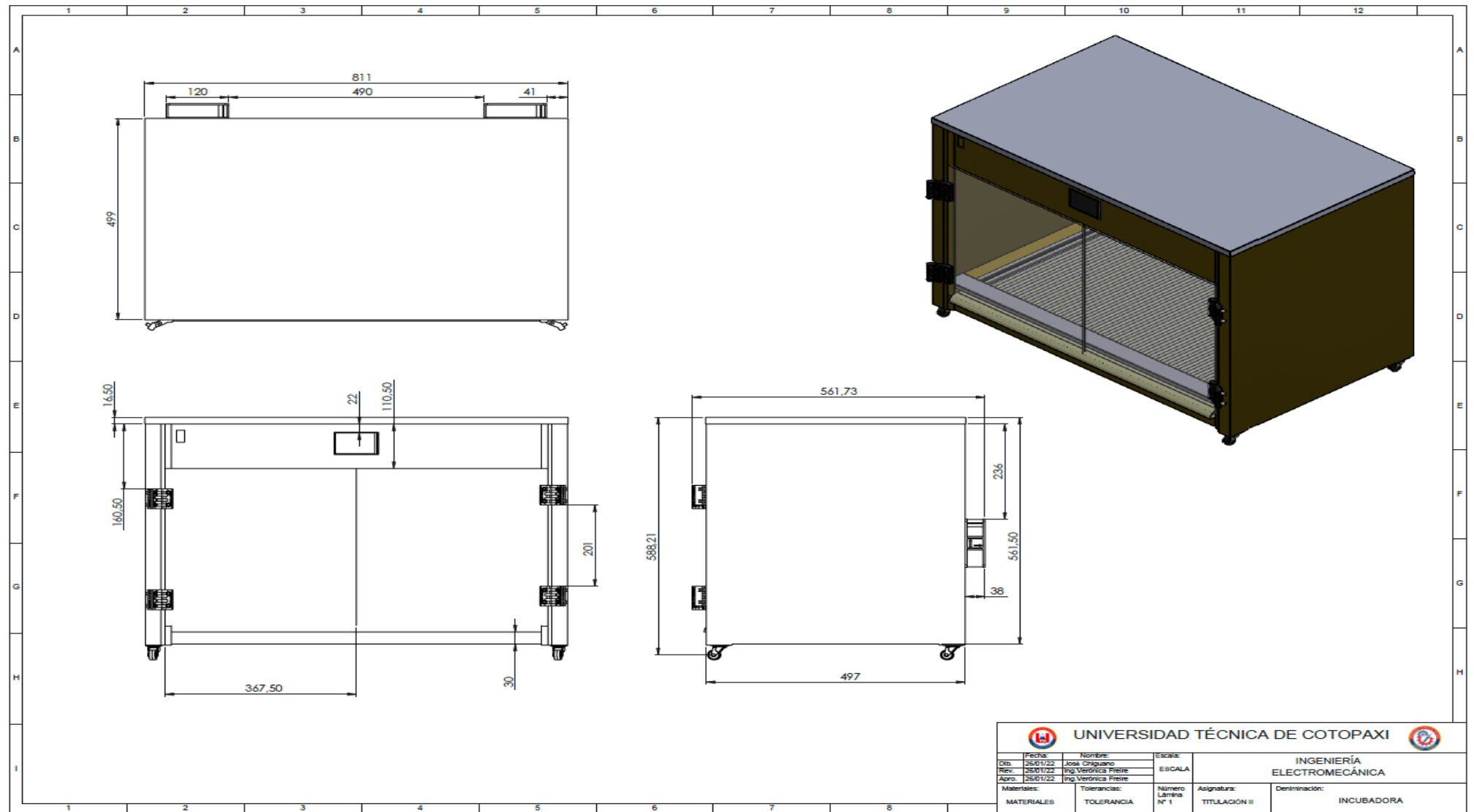
IP Camera

(Based on PX-ICU160C model)
IP camera function for real-time internal video viewing on mobile and smart phone

MAX DISPLAY

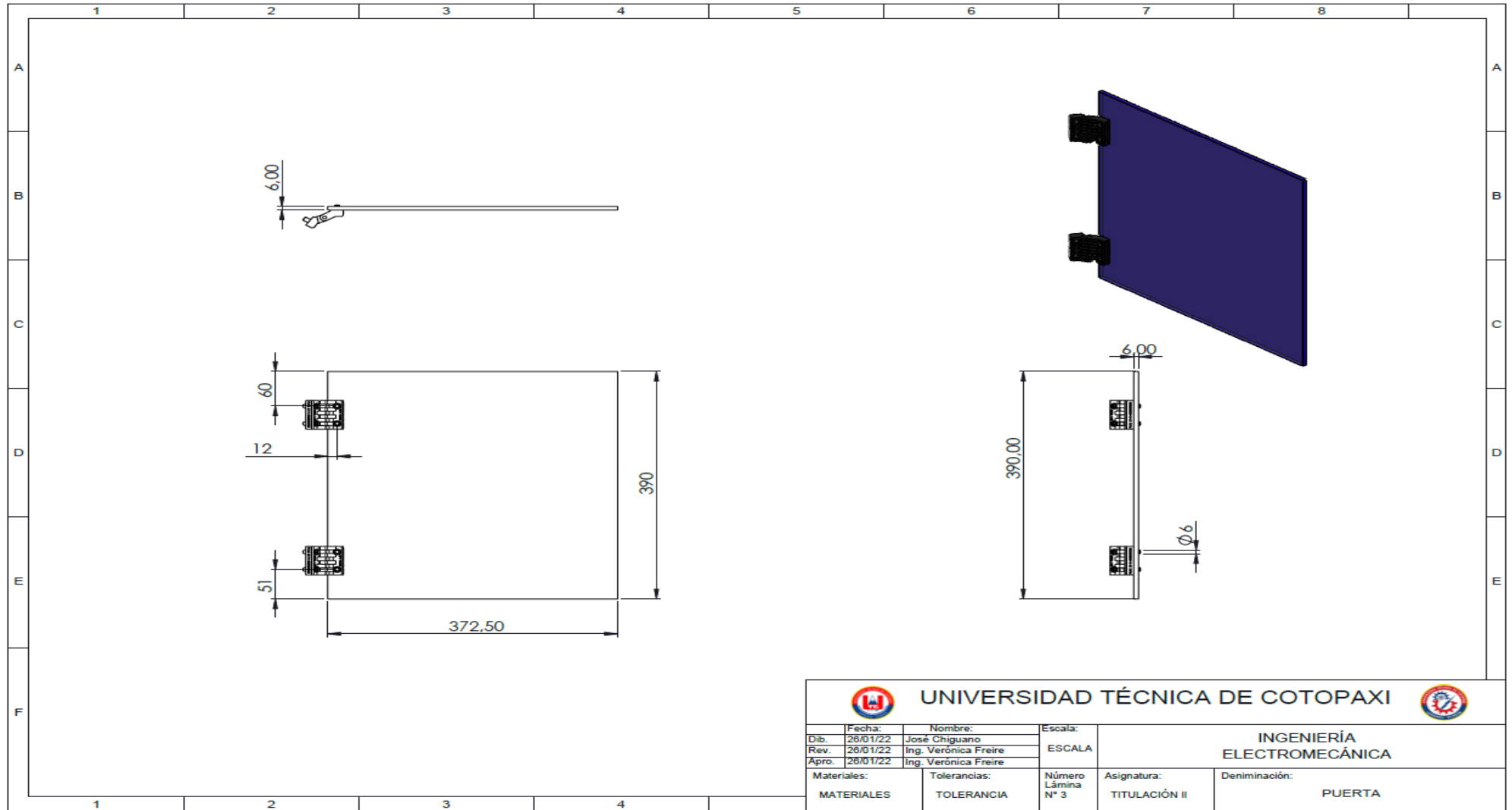




ANEXO D: Planos SolidWorks (licencia estudiantil) Habitaciónulo.



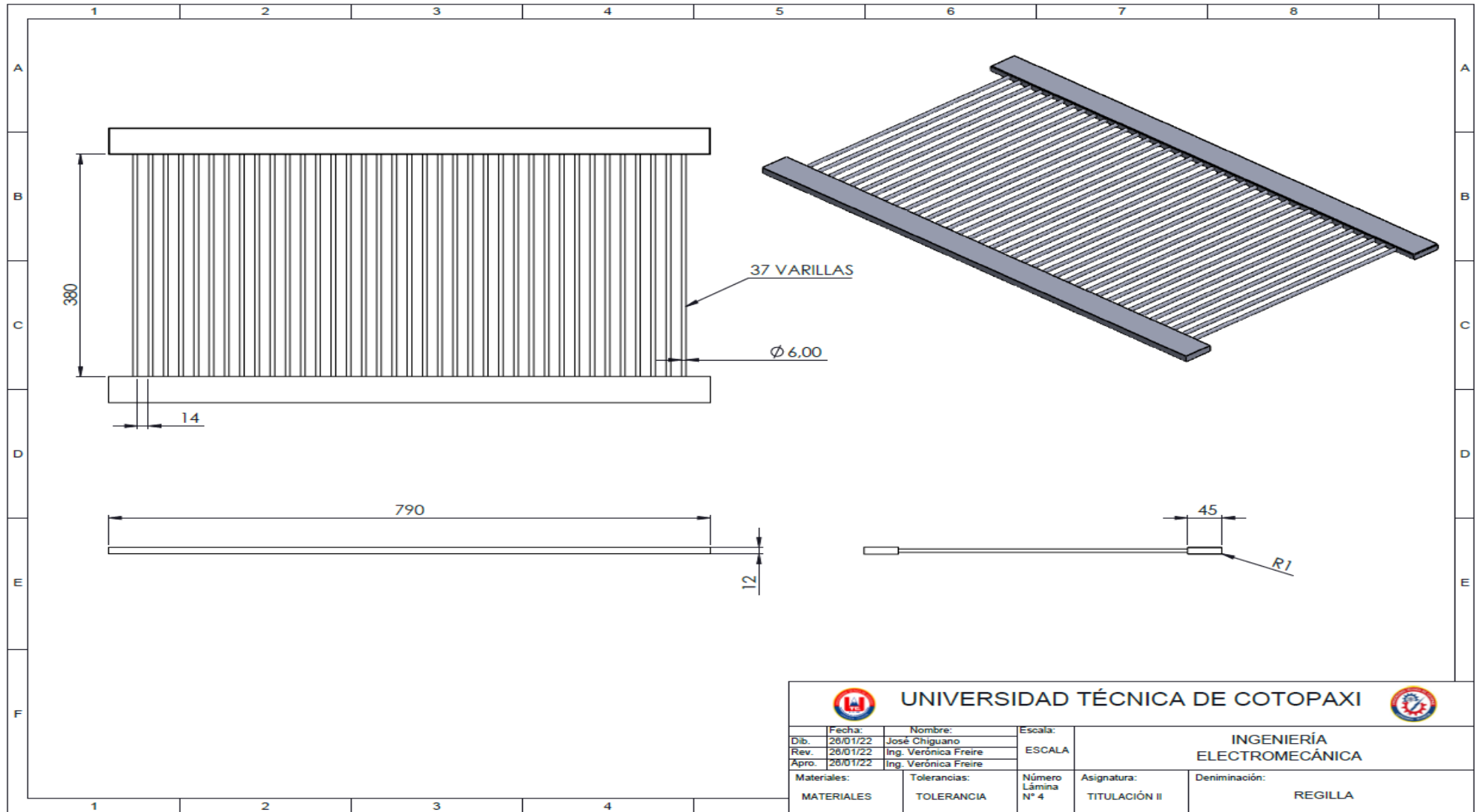
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI				
Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA	
Dib. 26/01/22	José Chiguano	ESCALA		
Rev. 26/01/22	Ing. Verónica Freire			
Apro. 26/01/22	Ing. Verónica Freire		Asignatura:	Denominación:
Materiales:	Tolerancias:	Número Lámina N° 1	TITULACIÓN II	INCUBADORA

ANEXO D: Planos SolidWorks (licencia estudiantil) Puerta.



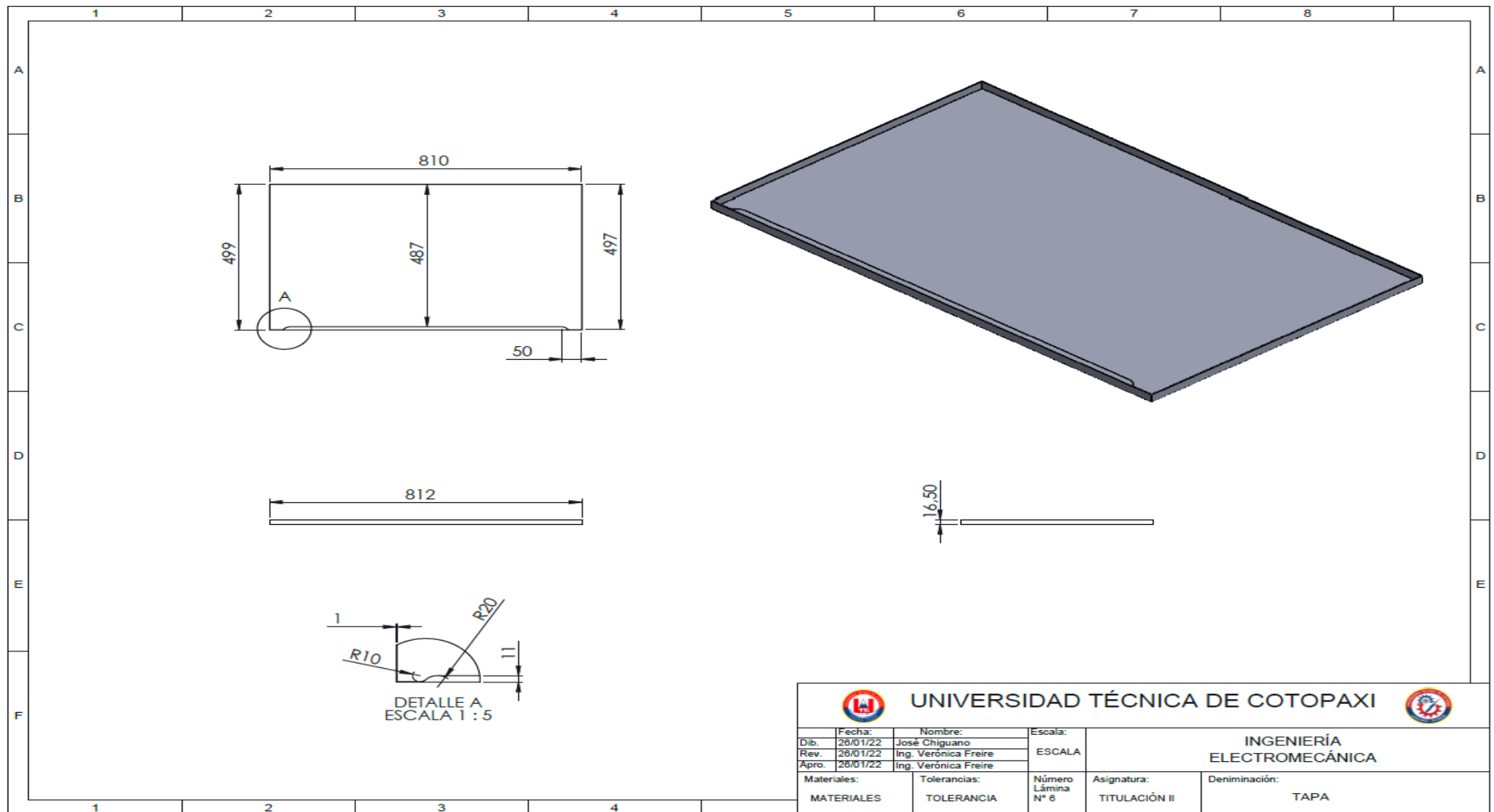
		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI			
Fecha:		Nombre:		Escala:	
Dib. 26/01/22		José Chiguano		ESCALA	
Rev. 26/01/22		Ing. Verónica Freire		INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA	
Apro. 26/01/22		Ing. Verónica Freire			
Materiales:		Tolerancias:		Número Lámina N° 3	
MATERIALES		TOLERANCIA		Asignatura: TITULACIÓN II	
				Denominación: PUERTA	

ANEXO D: Planos SolidWorks (licencia estudiantil) Rejilla.



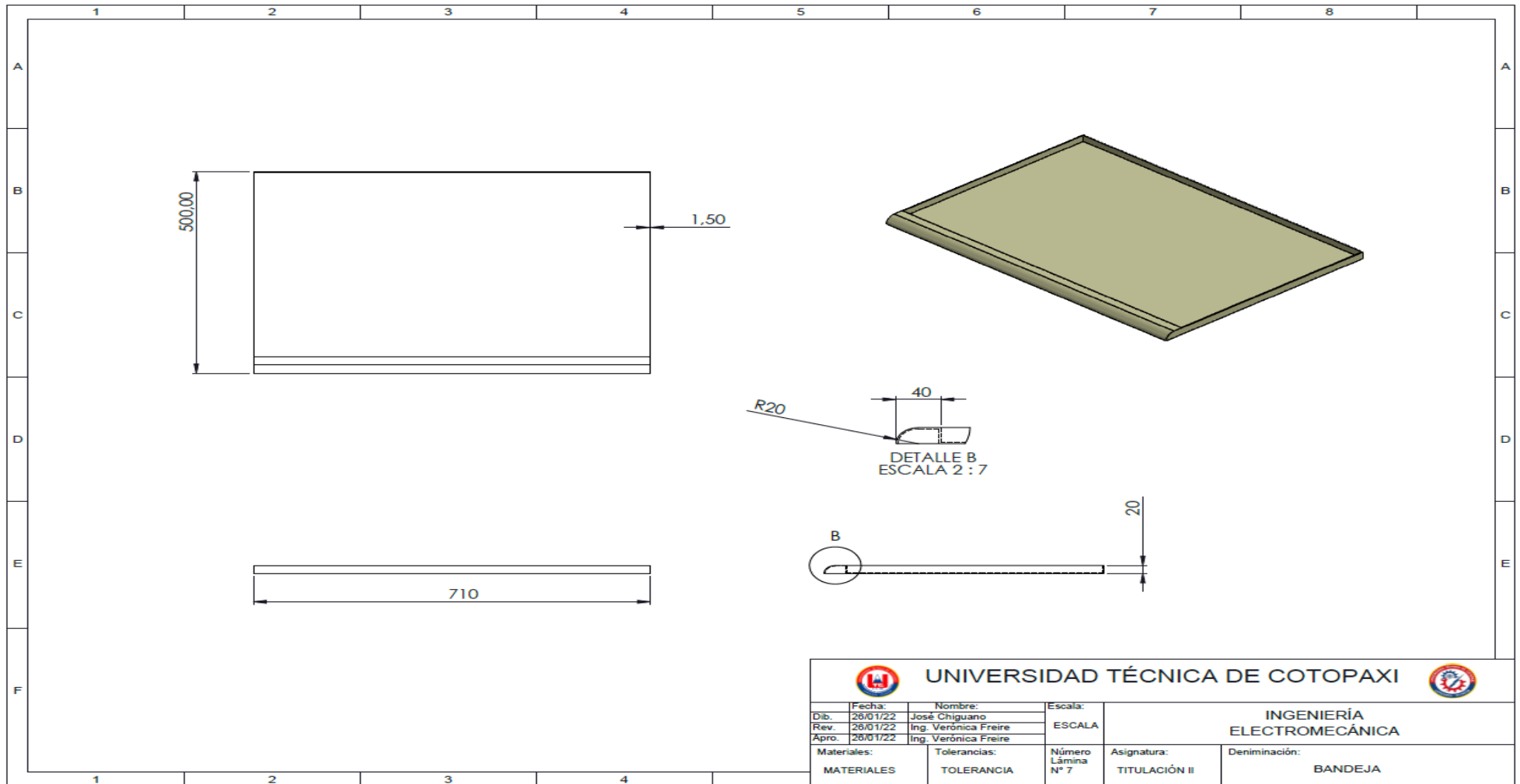
		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI			
Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA		
Dib. 26/01/22	José Chiguano	ESCALA			
Rev. 26/01/22	Ing. Verónica Freire				
Apro. 26/01/22	Ing. Verónica Freire		Número Lámina N° 4	Asignatura: TITULACIÓN II	Denominación: REGILLA
Materiales:		Tolerancias:			
MATERIALES		TOLERANCIA			

ANEXO D: Planos SolidWorks (licencia estudiantil) Tapa.



		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI				
Fecha: 26/01/22		Nombre: José Chiguano		Escala: ESCALA		INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA
Dib. 26/01/22		Rev. 26/01/22		Ing. Verónica Freire		
Apro. 26/01/22		Ing. Verónica Freire				
Materiales: MATERIALES		Tolerancias: TOLERANCIA		Número Lámina Nº 6	Asignatura: TITULACIÓN II	Denominación: TAPA

ANEXO D: Planos SolidWorks (licencia estudiantil) Bandeja de Residuos.



ANEXO E: Análisis estructural (SOLIDWORKS)

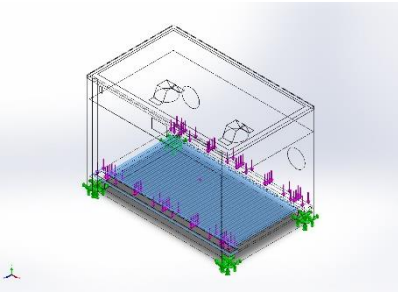
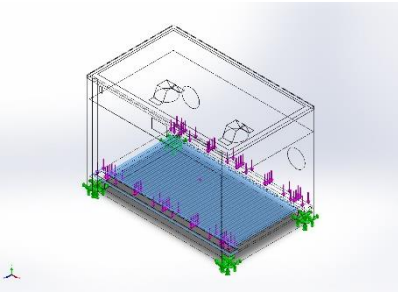
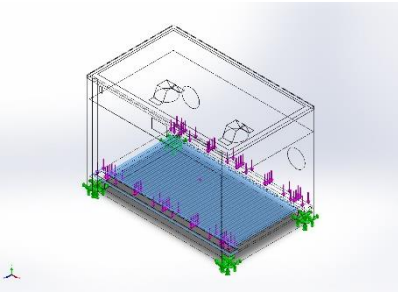
<p align="center">UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA ESTUDIO MECÁNICO ESTRUCTURAL SOLIDWORKS</p>										
1	OBJETIVO	Analizar el diseño del material Acero Inoxidable 304 en el diseño de una incubadora para desarrollar matemáticamente el factor de seguridad								
2	INTRODUCCIÓN	El coeficiente de seguridad es el cociente entre el valor calculado de la capacidad máxima de un sistema y el valor del requerimiento esperado real a que se verá sometido								
<p>Análisis estructural</p> <p align="center">Tabla 1. Propiedades del material</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Referencia de modelo</th> <th>Propiedades</th> <th>Componentes</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">  </td> <td> Nombre: AISI 304 Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx. Límite elástico: 2,06807e+08 N/m² Límite de tracción: 5,17017e+08 N/m² Módulo elástico: 1,9e+11 N/m² Coeficiente de Poisson: 0,29 Densidad: 8.000 kg/m³ Módulo cortante: 7,5e+10 N/m² Coeficiente de dilatación térmica: 1,8e-05 /Kelvin </td> <td> Sólido 1(Cortar-Extruir11) (incubadora-1), Sólido 1(Matriz L2) (rejilla-1), Sólido 1 (Saliente-Extruir2) (tapa-1) </td> </tr> <tr> <td colspan="2"> Datos de curva:N/A </td> </tr> </tbody> </table>			Referencia de modelo	Propiedades	Componentes		Nombre: AISI 304 Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx. Límite elástico: 2,06807e+08 N/m² Límite de tracción: 5,17017e+08 N/m² Módulo elástico: 1,9e+11 N/m² Coeficiente de Poisson: 0,29 Densidad: 8.000 kg/m³ Módulo cortante: 7,5e+10 N/m² Coeficiente de dilatación térmica: 1,8e-05 /Kelvin	Sólido 1(Cortar-Extruir11) (incubadora-1), Sólido 1(Matriz L2) (rejilla-1), Sólido 1 (Saliente-Extruir2) (tapa-1)	Datos de curva:N/A	
Referencia de modelo	Propiedades	Componentes								
	Nombre: AISI 304 Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx. Límite elástico: 2,06807e+08 N/m² Límite de tracción: 5,17017e+08 N/m² Módulo elástico: 1,9e+11 N/m² Coeficiente de Poisson: 0,29 Densidad: 8.000 kg/m³ Módulo cortante: 7,5e+10 N/m² Coeficiente de dilatación térmica: 1,8e-05 /Kelvin	Sólido 1(Cortar-Extruir11) (incubadora-1), Sólido 1(Matriz L2) (rejilla-1), Sólido 1 (Saliente-Extruir2) (tapa-1)								
	Datos de curva:N/A									

Tabla 2. Unidades

Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²

Tabla 3. Carga y sujeciones

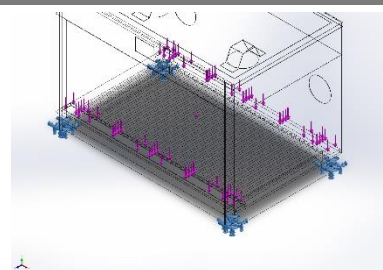
Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción			
Fijo-1		Entidades:	4 cara(s)		
		Tipo:	Geometría fija		
Fuerzas resultantes					
Componentes	X	Y	Z	Resultante	
Fuerza de reacción(N)	0,044467	1.176,9	13,3583	1.176,98	
Momento de reacción (N.m)	0	0	0	0	

Tabla 4. Detalle de la carga

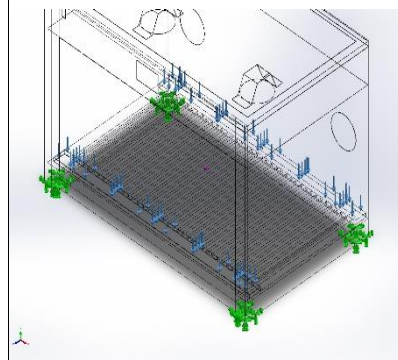
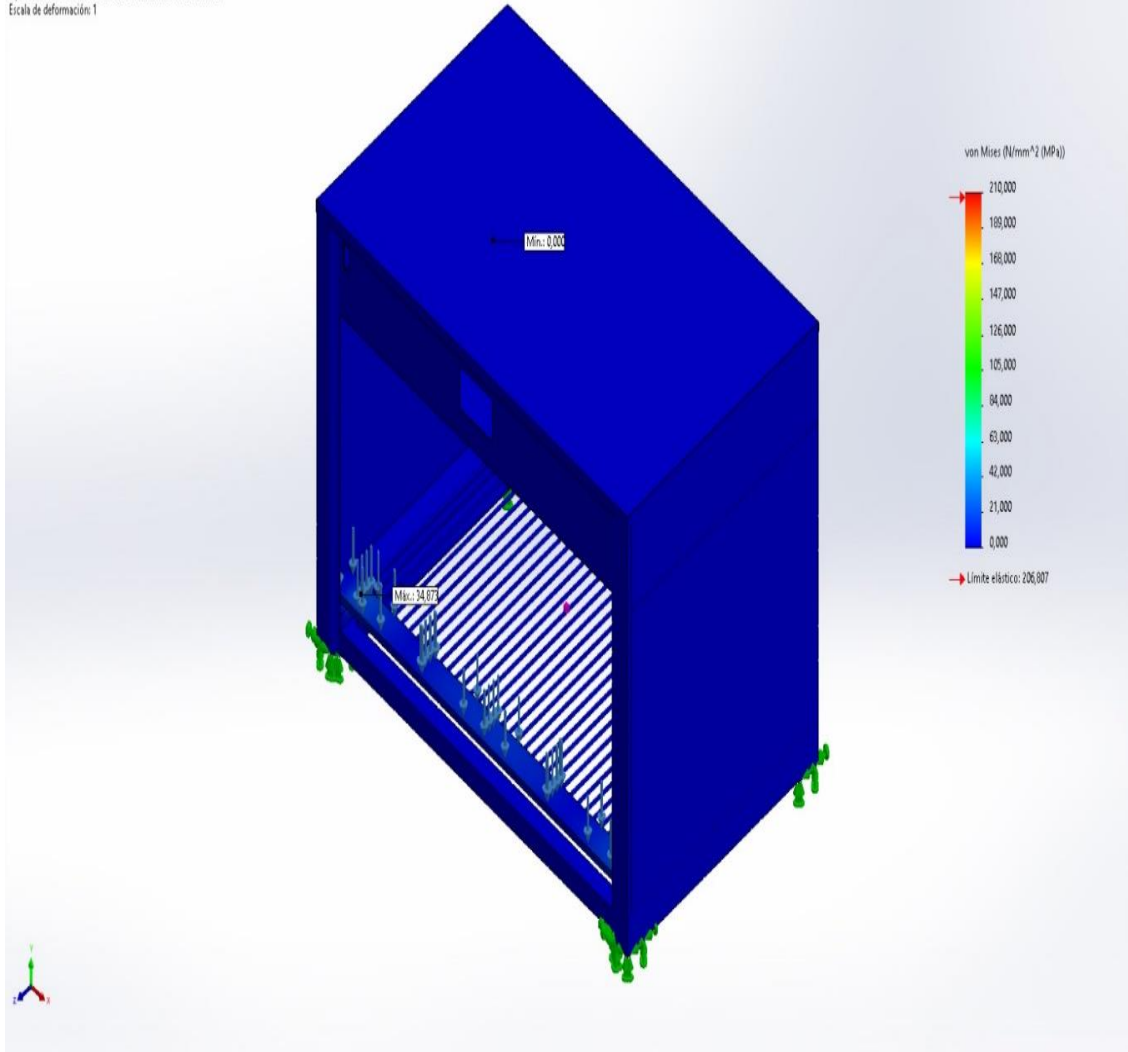
Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga	
Fuerza-1		Entidades:	2 cara(s)
		Tipo:	Aplicar fuerza normal
		Valor:	60,0205 kgf

Tabla 4. Resultado

Nombre	Tipo	Mín.	Máy.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	0,000N/mm ² (MPa) Nodo: 234834	34,873N/mm ² (MPa) Nodo: 78235

Nombre del modelo: incubadora simula
 Nombre de estudio: Análisis estático 1(-Predeterminado-)
 Tipo de resultado: Análisis estático tensión nodal Tensiones1
 Escala de deformación: 1

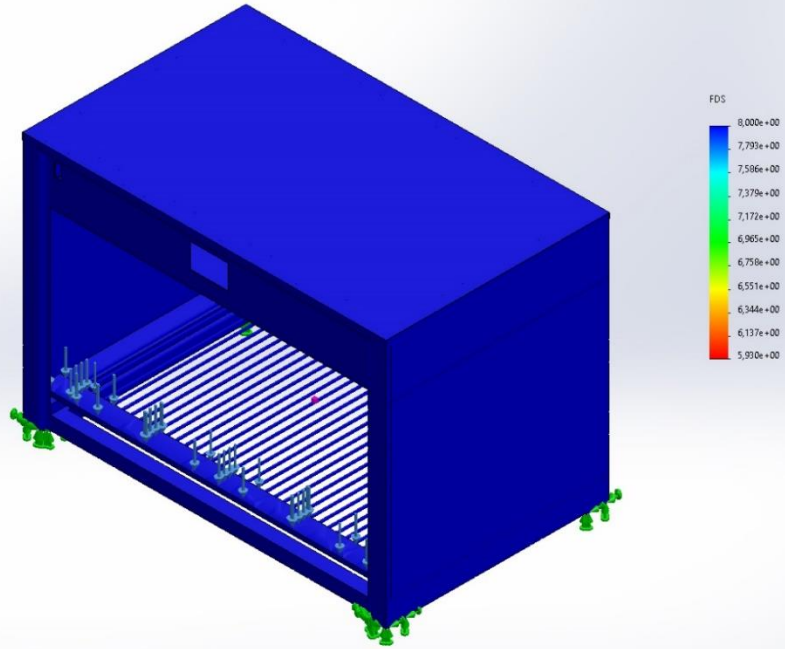


incubadora simula-Análisis estático 1-Tensiones-Tensiones1

Tabla 4 Factor de Seguridad

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Factor de seguridad1	Automático	5,930e+00 Nodo: 78235	8,000e+00 Nodo: 34603

Nombre del modelo: incubadora simula
 Nombre de estudio: Análisis estático 1-(Predeterminado-)
 Tipo de resultado: Factor de seguridad Factor de seguridad1
 Criterio: Automático
 Distribución de factor de seguridad: FDS mín = 5,9



incubadora simula-Análisis estático 1-Factor de seguridad-Factor de seguridad1

ANEXO F, G: Análisis térmico del sólido (SOLIDWORKS)

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA ANÁLISIS TÉRMICO																	
1	OBJETIVO Identificar los datos que se ingresan en el SolidWorks con licencia estudiantil, para comparar los resultados suministrados a través del Software Cad para observar el comportamiento de transferencia de calor en el sólido y en el fluido de la incubadora																
2	INTRODUCCIÓN Conjunto de técnicas analíticas que estudia el comportamiento térmico de los materiales que intervienen en la construcción de la incubadora.																
Tabla 1. Información general																	
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">Model</td> <td style="text-align: center;">incubadoratermi1.SLDPRT</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Project name</td> <td style="text-align: center;">termico</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Project path</td> <td style="text-align: center;">C:\Users\DETPC\Desktop\Nueva carpeta\1</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Units system</td> <td style="text-align: center;">Custom Units</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Analysis type</td> <td style="text-align: center;">Internal</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Exclude cavities without flow conditions</td> <td style="text-align: center;">On</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Coordinate system</td> <td style="text-align: center;">Global Coordinate System</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Reference axis</td> <td style="text-align: center;">X</td> </tr> </table>		Model	incubadoratermi1.SLDPRT	Project name	termico	Project path	C:\Users\DETPC\Desktop\Nueva carpeta\1	Units system	Custom Units	Analysis type	Internal	Exclude cavities without flow conditions	On	Coordinate system	Global Coordinate System	Reference axis	X
Model	incubadoratermi1.SLDPRT																
Project name	termico																
Project path	C:\Users\DETPC\Desktop\Nueva carpeta\1																
Units system	Custom Units																
Analysis type	Internal																
Exclude cavities without flow conditions	On																
Coordinate system	Global Coordinate System																
Reference axis	X																
Tabla 2 . Condiciones Iniciales																	
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">Thermodynamic parameters</td> <td style="text-align: center;"> Static Pressure: 101325.00 Pa Temperature: 20.05 °C </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Velocity parameters</td> <td style="text-align: center;"> Velocity vector Velocity in X direction: 0 m/s Velocity in Y direction: 0 m/s Velocity in Z direction: 0 m/s </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Solid parameters</td> <td style="text-align: center;"> Default material: Iron Initial solid temperature: 20.05 °C Radiation Transparency: Opaque </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Turbulence parameters</td> <td style="text-align: center;"> Turbulence intensity and length Intensity: 2.00 % Length: 0.005 m </td> </tr> </table>		Thermodynamic parameters	Static Pressure: 101325.00 Pa Temperature: 20.05 °C	Velocity parameters	Velocity vector Velocity in X direction: 0 m/s Velocity in Y direction: 0 m/s Velocity in Z direction: 0 m/s	Solid parameters	Default material: Iron Initial solid temperature: 20.05 °C Radiation Transparency: Opaque	Turbulence parameters	Turbulence intensity and length Intensity: 2.00 % Length: 0.005 m								
Thermodynamic parameters	Static Pressure: 101325.00 Pa Temperature: 20.05 °C																
Velocity parameters	Velocity vector Velocity in X direction: 0 m/s Velocity in Y direction: 0 m/s Velocity in Z direction: 0 m/s																
Solid parameters	Default material: Iron Initial solid temperature: 20.05 °C Radiation Transparency: Opaque																
Turbulence parameters	Turbulence intensity and length Intensity: 2.00 % Length: 0.005 m																

Tabla 3. Resultados

Name	Minimum	Maximum
Density (Fluid) [kg/m ³]	0.77	1.20
Density (Solid) [kg/m ³]	7874.00	7874.00
Pressure [Pa]	101326.21	101326.33
Temperature [°C]	20.04	297.27
Temperature (Fluid) [°C]	20.04	289.85
Temperature (Solid) [°C]	29.14	297.27
Velocity [m/s]	0	0.454
Velocity (X) [m/s]	-0.201	0.223
Velocity (Y) [m/s]	-0.221	0.199
Velocity (Z) [m/s]	-0.387	0.359
Mach Number []	0	1.28e-03
Velocity RRF (X) [m/s]	-0.201	0.223
Velocity RRF (Y) [m/s]	-0.221	0.199
Velocity RRF (Z) [m/s]	-0.387	0.359
Relative Pressure [Pa]	1.21	1.33
Bottleneck Number []	3.2187288e-11	1.0000000
Heat Transfer Coefficient [W/m ² /K]	0.002	20.768
Overheat above Melting Temperature [K]	-1508.907	-1240.783
ShortCut Number []	3.3055437e-13	1.0000000
Surface Heat Flux [W/m ²]	-117.491	2019.805
Surface Heat Flux (Conductive) [W/m ²]	0	0
Surface Heat Flux (Convective) [W/m ²]	-117.491	2019.805
Total Enthalpy Flux [W/m ²]	-138634.521	131817.573
Acoustic Power [W/m ³]	0	4.124e-24
Acoustic Power Level [dB]	0	0

Tabla 4 Estudio del Fluido

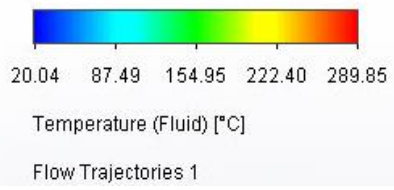
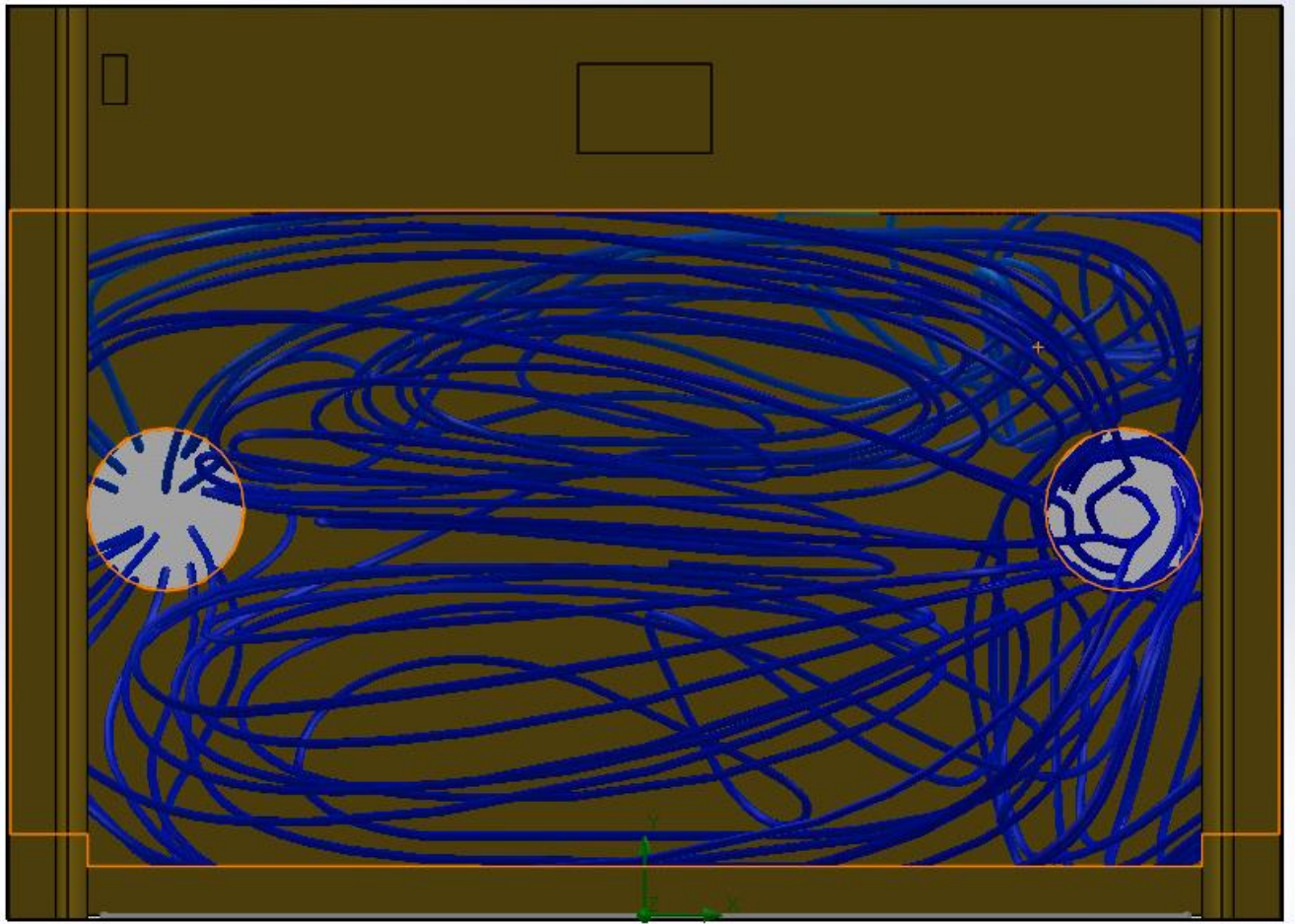
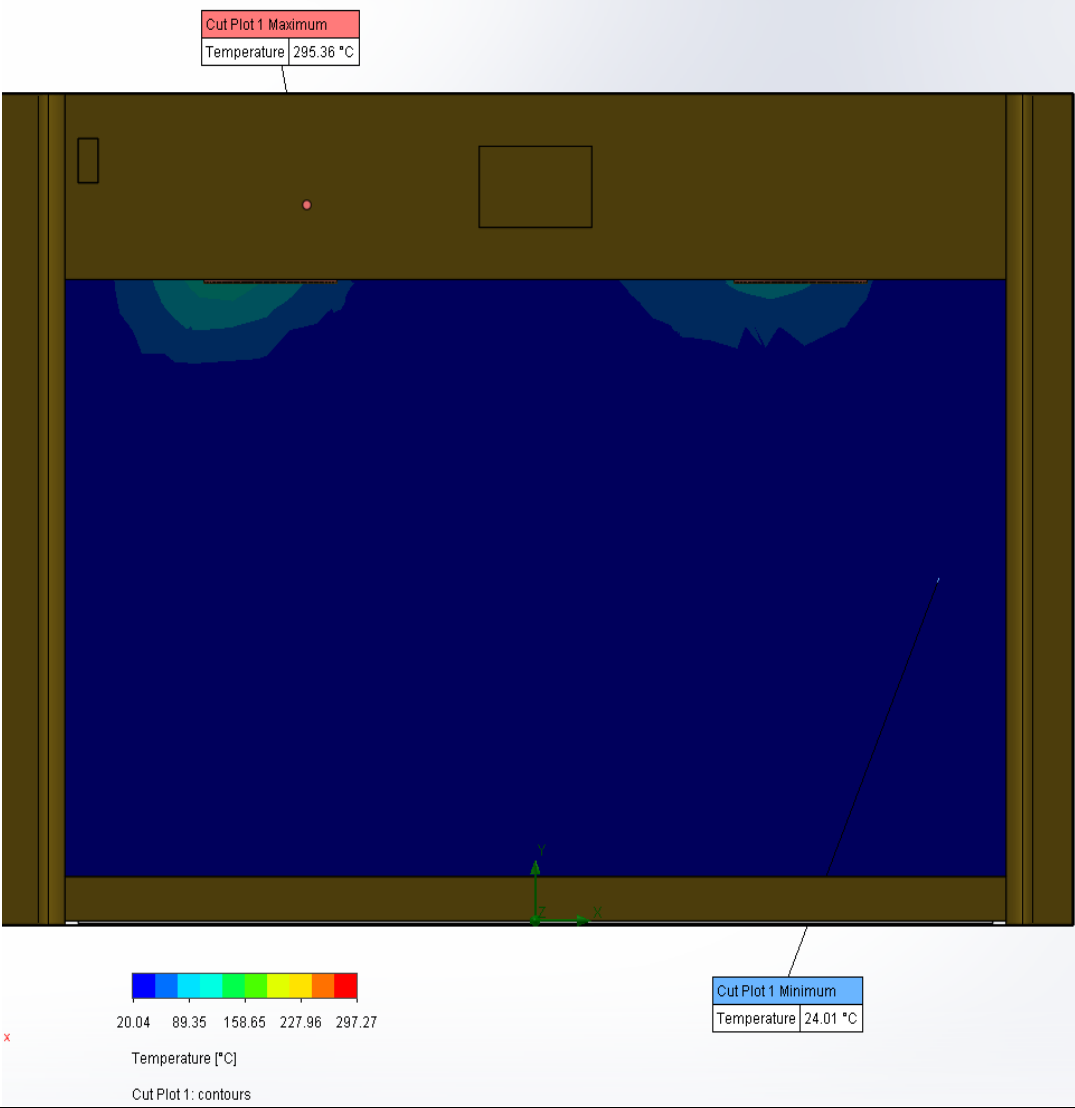


Tabla 5. Transferencia de Calor a la incubadora



ANEXO H: Monitor serial de Arduino Mega

COM4

```
5:24.27:48.37:255:30.46:  
5:24.27:48.37:255:30.44:  
5:24.27:48.37:255:30.42:  
5:24.27:48.37:255:30.45:  
5:24.30:48.37:255:30.45:  
5:24.30:48.37:255:30.46:  
5:24.30:48.37:255:30.50:  
5:24.30:48.37:255:30.43:  
5:24.30:48.37:255:30.42:  
5:24.30:48.37:255:30.44:  
5:24.30:48.37:255:30.46:  
5:24.30:48.37:255:30.46:  
5:24.27:48.37:255:30.46:  
5:24.27:48.37:255:30.43:  
5:24.27:48.37:255:30.45:
```

Autoscroll Mostrar marca temporal

ANEXO H: Datos del monitoreo,

Potencia	Tiempo(ms)	Temperatura(°C)	Tiempo(ms)	Humedad(%)	Potencia del Motor	C02(ppm)
5,00	1,00	22,67	1,00	57,80	250,00	26,07
5,00	2,00	22,67	2,00	57,80	250,00	26,26
5,00	3,00	22,67	3,00	57,80	250,00	26,25
5,00	4,00	22,67	4,00	57,80	250,00	26,34
5,00	5,00	22,67	5,00	57,80	250,00	26,36
5,00	6,00	22,70	6,00	57,80	250,00	25,98
5,00	7,00	22,70	7,00	57,80	250,00	26,10
5,00	8,00	22,70	8,00	57,80	250,00	25,83
5,00	9,00	22,70	9,00	57,80	250,00	25,99
5,00	10,00	22,70	10,00	57,80	250,00	26,09
5,00	11,00	22,70	11,00	57,80	250,00	25,88
5,00	12,00	22,70	12,00	57,80	250,00	25,90
5,00	13,00	22,70	13,00	57,80	250,00	25,81
5,00	14,00	22,70	14,00	57,83	250,00	25,66
5,00	15,00	22,70	15,00	57,83	250,00	26,06
5,00	16,00	22,70	16,00	57,83	250,00	25,94
5,00	17,00	22,70	17,00	57,83	250,00	26,22
5,00	18,00	22,70	18,00	57,83	250,00	26,04
5,00	19,00	22,70	19,00	57,83	250,00	25,97
5,00	20,00	22,70	20,00	57,83	250,00	26,09
5,00	21,00	22,70	21,00	57,83	250,00	26,21
5,00	22,00	22,63	22,00	57,83	250,00	26,07
5,00	23,00	22,63	23,00	57,83	250,00	26,05
5,00	24,00	22,63	24,00	57,83	250,00	26,03
5,00	25,00	22,63	25,00	57,83	250,00	26,16
5,00	26,00	22,63	26,00	57,83	250,00	26,12
5,00	27,00	22,63	27,00	57,83	250,00	25,93
5,00	28,00	22,63	28,00	57,83	250,00	25,95
5,00	29,00	22,63	29,00	57,83	250,00	25,84
5,00	30,00	22,67	30,00	57,83	250,00	26,06
5,00	31,00	22,67	31,00	57,83	250,00	26,04
5,00	32,00	22,67	32,00	57,83	250,00	26,05
5,00	33,00	22,67	33,00	57,83	250,00	26,28
5,00	34,00	22,67	34,00	57,83	250,00	26,12
5,00	35,00	22,67	35,00	57,83	250,00	25,98
5,00	36,00	22,67	36,00	57,83	250,00	25,99
5,00	37,00	22,67	37,00	57,83	250,00	26,00
5,00	38,00	22,67	38,00	57,83	250,00	26,11
5,00	39,00	22,67	39,00	57,83	250,00	26,21
5,00	40,00	22,67	40,00	57,83	250,00	26,30
5,00	41,00	22,67	41,00	57,83	250,00	26,18
5,00	42,00	22,67	42,00	57,83	250,00	26,15
5,00	43,00	22,67	43,00	57,83	250,00	26,13
5,00	44,00	22,67	44,00	57,83	250,00	26,05
5,00	45,00	22,67	45,00	57,83	250,00	26,12
5,00	46,00	22,70	46,00	57,80	250,00	26,05
5,00	47,00	22,70	47,00	57,80	250,00	25,99
5,00	48,00	22,70	48,00	57,80	250,00	26,17
5,00	49,00	22,70	49,00	57,80	250,00	26,15
5,00	50,00	22,70	50,00	57,80	250,00	26,17

ANEXO I: Cálculo del VAN, TIR.

TASA DE DESCUENTO						15%		
TIPO DE PRODUCTO	INVERSION	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	VAN	TIR
INCUBADORA	-1107,37	1000,00	600,00	790,00	800,00	850,00	\$ 1.615,32	70%

Tasa de Descuento	VAN
0%	\$ 2.932,63
5%	\$ 2.395,82
10%	\$ 1.965,32
15%	\$ 1.615,32
20%	\$ 1.327,20
25%	\$ 1.087,32
30%	\$ 885,50
35%	\$ 714,09
40%	\$ 567,23
45%	\$ 440,38
50%	\$ 330,00
55%	\$ 233,28
60%	\$ 148,01
65%	\$ 72,37
70%	\$ 4,93
75%	\$ -55,53
80%	\$ -109,98
85%	\$ -159,23
90%	\$ -203,96
95%	\$ -244,74
100%	\$ -282,06



TIR	70%
-----	-----

ANEXO: Código de Programación

```
#include <Separador.h>
#include "AcPhaseControl.h"
AcPhaseControl my_Module;
#include <DHT.h>

Separador D; //funcion para separar datos (:)

// definimos pines para puente h

#define ledPin 13 // pin para envio de disparo rele
#define relePin 34
#define syncsignal 2 //Sync pin cruce por cero

#define HT1 22// Indicamos el pin donde conectaremos la patilla data de nuestro sensor derecho
#define HT2 26// Indicamos el pin donde conectaremos la patilla data de nuestro sensor izquierdo
#define HT3 30// Indicamos el pin donde conectaremos la patilla data de nuestro sensor centro
// definimos pines para puente h
#define IN1 12
#define IN2 11
#define ENA 9
#define INb1 8
#define INb2 7
#define ENB 10

// El sensor que vas a emplear. En este caso usamos el DHT11
#define DHTTYPE DHT11
// El sensor que vas a emplear. En este caso usamos el DHT22
#define DHTTYPE1 DHT22

DHT dht1 (HT1, DHTTYPE); //Indica el pin con el que trabajamos y el tipo de sensor
DHT dht2 (HT2, DHTTYPE);
DHT dht3 (HT3, DHTTYPE1);

float h1, h2, h3, hprom, t1, t2, t3, tprom = 0;

// Parametros para analisis a lazo cerrado
int Setpointem = 20;
int Setpoinhum = 66;
int Setpoingas = 80;
float sp = 0;
float Potencia = 0;

// Constantes de PID TEM
float Kc = 14; float Tao_I = 80;

// Constantes de PID gas
float KcG = 8; float TaoG_I = 80;

int Tiempo0 = 0;
unsigned long Tiempo_previo = 0;
unsigned long Tiempo_actual = 0;
int Read_Delay = 1000;

//delacaracion de variables para medir gas
const int MQ_PIN = A5; // Pin del sensor
const float RL_VALUE = 10; // Resistencia RL del modulo en Kilo ohms
const float R0 = 2; // Resistencia R0 del sensor en Kilo ohms
// Datos para lectura multiple
const int READ_SAMPLE_INTERVAL = 50; // Tiempo entre muestras
const int READ_SAMPLE_TIMES = 1; // Numero muestras
// Ajustar estos valores para vuestro sensor según el Datasheet
// (opcionalmente, según la calibración que hayáis realizado)
const float X0 = 200;
const float Y0 = 1.7;
const float X1 = 1000;
const float Y1 = 0.78;
// Puntos de la curva de concentración {X, Y}
const float punto0[] = { log10(X0), log10(Y0) };
```



```

const float punto1[] = { log10(X1), log10(Y1) };
// Calcular pendiente y coordenada abscisas
const float scope = (punto1[1] - punto0[1]) / (punto1[0] - punto0[0]);
const float coord = punto0[1] - punto0[0] * scope;

int trigger = 3; //Trigger pin para envio de disparo gate

// inicializamos velocidad motor en 0
int speedMotor = 0;

// inicializamos lectura serial
String Valor;
int pot = 0;
int vel = 0;

// Variables para PID
float PID_error = 0;
float previous_error = 0;
int PID_value = 0;
float Error_INT = 0;

// Variables para PID GAS
float PID_errorG = 0;
float previous_errorG = 0;
int PID_valueG = 0;
float Error_INTG = 0;

void setup()
{
  Serial.begin(2000000);

  //habilitamos pines para control de motor
  pinMode(IN1, OUTPUT);
  pinMode(IN2, OUTPUT);
  pinMode(ENA, OUTPUT);
  pinMode(INb1, OUTPUT);
  pinMode(INb2, OUTPUT);
  pinMode(ENB, OUTPUT);

  //encender motor
  digitalWrite(IN1, LOW);
  digitalWrite(IN2, HIGH);
  digitalWrite(INb1, HIGH);
  digitalWrite(INb2, LOW);

  pinMode(relePin, OUTPUT);
  pinMode(ledPin, OUTPUT);
  digitalWrite(ledPin, LOW);
  dht1.begin();
  dht2.begin();
  dht3.begin();
  delay (100);
  my_Module.begin(trigger, syncsignal);
}

long tiempoUltimaLectura = 0;; //Para guardar el tiempo de la última lectura sesor dth11

void loop()
{
  Tiempo_actual = millis();
  Serial.flush();
  if (Serial.available()) {
    String Valor = Serial.readString();
    String e1 = D.separa(Valor, ':', 0);
    String e2 = D.separa(Valor, ':', 1);
    String e3 = D.separa(Valor, ':', 2);
    String e4 = D.separa(Valor, ':', 3);
    // Serial.println(e1);
    // Serial.println(e2);
    // Serial.println(e3);
    // Serial.println(e4);
    Setpointem = e1.toInt();

```

```

Setpoinhum = e2.toInt();
Setpoingas = e3.toInt();
}

if (Setpointem < 20) {
  Setpointem = 20;
}
if (Setpointem > 50) {
  Setpointem = 50;
}

if (Setpoinhum < 0) {
  Setpoinhum = 0;
}
if (Setpoinhum > 100) {
  Setpoinhum = 100;
}

if (Setpoingas < 0) {
  Setpoingas = 20;
}
if (Setpoingas > 1000) {
  Setpoingas = 1000;
}

if (millis() - tiempoUltimaLectura > 2000)
{
  h1 = dht1.readHumidity(); //Guarda la lectura de la humedad en la variable float h
  t1 = dht1.readTemperature(); //Guarda la lectura de la temperatura en la variable float t

  h2 = dht2.readHumidity(); //Guarda la lectura de la humedad en la variable float h
  t2 = dht2.readTemperature();

  h3 = dht3.readHumidity(); //Guarda la lectura de la humedad en la variable float h
  t3 = dht3.readTemperature();

  tprom = (t1 + t2 + t3) / 3;
  hprom = (h1 + h2 + h3) / 3;
  tiempoUltimaLectura = millis();
}
float rs_med = readMQ(MQ_PIN); // Obtener la Rs promedio
float concentration = getConcentration(rs_med / R0); // Obtener la concentración

int Hummax = Setpoinhum + Setpoinhum * 0.1;
int Hummin = Setpoinhum - Setpoinhum * 0.1;

if ((hprom <= Hummax) && (hprom >= Hummin)) {
  // Aqui va el código que debe ejecutarse si la variable humedad se encuentra en el rango entre +/-10% del setpoint
  digitalWrite(relePin, LOW);
}
else {
  // Aqui va el código que debe ejecutarse si la variable Tension se encuentra fuera del rango.
  digitalWrite(relePin, HIGH);
}

if (Tiempo_actual - Tiempo_previo >= Read_Delay) {
  Tiempo_previo += Read_Delay;
  if (Tiempo_actual <= Tiempo0) {
    PID_value = 0;
    PID_valueG = 0;
  }
  else if (Tiempo_actual >= Tiempo0) {
    PID_error = Setpointem - tprom; //Calculo del error
    Error_INT = Error_INT + PID_error * (1000 / Read_Delay); //Calculo de la integral del error
    PID_value = Kc * (PID_error + (1 / Tao_I) * Error_INT); //Calculo de la salida del controlador PI

    PID_errorG = Setpoingas - concentration; //Calculo del error
    Error_INTG = Error_INTG + PID_errorG * (1000 / Read_Delay); //Calculo de la integral del error
    PID_valueG = KcG * (PID_errorG + (1 / TaoG_I) * Error_INTG);

    sp = Setpointem;
  }
}
// Limite de salida del controlador
if (PID_value < 0)

```

```

{
  PID_value = 0;
}
if (PID_value > 100)
{
  PID_value = 100;
}
if (PID_valueG < 0)
{
  PID_valueG = 0;
}
if (PID_valueG > 100)
{
  PID_valueG = 100;
}

Potencia = PID_value; //Asignacion a la entrada de la planta.
vel = PID_valueG;
}

```

```

int potin = map(Potencia, 0, 100, 180, 1);
my_Module.ControlAngle(potin);

```

```

speedMotor = map(vel, 100, 0, 0, 255);

```

```

analogWrite(ENA, speedMotor);
analogWrite(ENB, speedMotor);

```

```

Serial.print(potin);
Serial.print(":");
Serial.print(speedMotor);
Serial.print(":");
Serial.print(tprom);
Serial.print(":");
Serial.print(hprom);
Serial.print(":");
Serial.print(concentration);
Serial.print(":");
Serial.print(t1);
Serial.print(":");
Serial.print(h1);
Serial.print(":");
Serial.print(t2);
Serial.print(":");
Serial.print(h2);
Serial.print(":");
Serial.print(t3);
Serial.print(":");
Serial.print(h3);
Serial.print(":");
Serial.print(Setpointem);
Serial.print(":");
Serial.print(Setpoinhum);
Serial.print(":");
Serial.print(Setpoingas);
Serial.print(":");
Serial.println(tiempoUltimaLectura);

//delay(250);

}

```

```

float readMQ(int mq_pin)
{
  float rs = 0;
  for (int i = 0; i < READ_SAMPLE_TIMES; i++) {
    rs += getMQResistance(analogRead(mq_pin));
  }
}

```

```
    delay(READ_SAMPLE_INTERVAL);
  }
  return rs / READ_SAMPLE_TIMES;
}
// Obtener resistencia a partir de la lectura analogica
float getMQResistance(int raw_adc)
{
  return (((float)RL_VALUE / 100.0 * (1023 - raw_adc) / raw_adc));
}
// Obtener concentracion 10^(coord + scope * log (rs/r0))
float getConcentration(float rs_ro_ratio)
{
  return pow(10, coord + scope * log(rs_ro_ratio));
}
```

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA EN INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ENCUESTA N°1

Nombres: Chiguano Allauca José Israel

Correo: jose.chiguano7611@utc.edu.ec

Tutor: Ms.C. Freire Andrade Verónica Paulina

Correo: veronica.freire@utc.edu.ec

Entrevistada: Dra. Paulina Fajardo

Dirección: San Fernando Calle Oe5 y Clodoveo Carrión Diagonal a las canchas casa S55 51

Correo: mvz.ns.animalfashion@outlook.com

1. ¿Qué tiempo está comprendido el período neonatal de un can?

Está comprendido desde el nacimiento hasta las dos semanas de edad.

¿A qué tipos de riesgos están expuestos los canes durante el periodo neonatal?

En general los cachorros, tienen en su composición al nacer un 80% de agua, es importante tener un 60% en el ambiente alguna infección bacteriana, y evitar la deshidratación.

2. ¿Es importante el control de la temperatura, humedad y calidad de aire durante el periodo neonatal de un can y por qué?

Es importante controlar la temperatura, ya que los cachorros no pueden acercarse a la zona de calor o alejarse, no poseen movimientos involuntarios, la humedad para evitar deshidratación, y controlar las concentraciones de CO₂ para tener un ambiente controlado con sus signos vitales.

3. ¿Qué rangos de temperatura y humedad necesita un can durante su período neonatal?

La temperatura debe oscilar entre 36 °C a 37 °C, en cachorros tienen una temperatura entre 34,5 °C a 36 °C.

Humedad relativa 60 %

4. ¿Es importante la ventilación y control de la calidad de aire dentro de una incubadora para evitar y controlar las concentraciones de dióxido de carbono?

La ventilación es importante porque ayuda con la circulación de aire y evita concentraciones de CO₂ dentro de la incubadora.

5. ¿El material de construcción de una incubadora y el proceso de desinfección es importante durante el desarrollo neonatal de un can?

El material debe ser resistente, fácil de desinfectar, visible y que sea un buen aislante térmico.



Foto de la Encuesta N°1

Link de Entrevista N°1:

<https://drive.google.com/file/d/1nvgdssBPvuw7saFFiOs4IR6u1Bpph2MY/view?usp=sharing>

Firma:
Dra. Paulina Fajardo

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA EN INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ENCUESTA N°2

Nombres: Chiguano Allauca José Israel

Correo: jose.chiguano7611@utc.edu.ec

Tutor: Ms.C. Freire Andrade Verónica Paulina

Correo: veronica.freire@utc.edu.ec

Entrevistada: Aux. Enfermería y Medicina Veterinaria: Adriana Salgado

Sucursal: Calle E2H lote 487 principal s57c Barrio Santo Tomás I

Correo: mvz.ns.animalfashion@outlook.com

1. ¿Qué tiempo está comprendido el período neonatal de un can?

Está comprendido entre el nacimiento y las dos semanas siguientes.

2. ¿A qué tipos de riesgos están expuestos los canes durante el periodo neonatal?

Enfermedades, infecciones, pérdida de temperatura pueden tener severas complicaciones durante el crecimiento del cachorro incluso la muerte.

3. ¿Es importante el control de la temperatura, humedad y calidad de aire durante el periodo neonatal de un can y por qué?

Es importante controlar la temperatura, no son termo regulares, la humedad al momento de nacer posee un 80% de agua por lo que es de vital importancia transmitir calor sin resecar el ambiente, controlar y ventilar las concentraciones de CO₂ al interior de la incubadora.

4. ¿Qué rangos de temperatura y humedad necesita un can durante su período neonatal?

Temperatura 37°C monitorización y debe contar con una estabilidad constante para evitar zonas frías o demasiado calientes, una humedad del 60%.

5. ¿Es importante la ventilación y control de la calidad de aire dentro de una incubadora para evitar y controlar las concentraciones de dióxido de carbono?

Es importante monitorear y controlar las concentraciones de CO₂ que se encuentran dentro de la incubadora.

6. ¿El material de construcción de una incubadora y el proceso de desinfección es importante durante el desarrollo neonatal de un can?

Es importante contar con un plan de desinfección y mantenimiento de la incubadora para que se mantenga en buen estado, además deberá ser construido de materiales no porosos, que sea fácil de desinfectar y visibles para tener contacto con los canes visualmente.



Foto de la Encuesta N°2

Link de Entrevista N°2:

<https://drive.google.com/file/d/1zHmHYYBeKhUED9RxlyzTDPgd7RaYaJRu/view?usp=sharing>

Firma:

Aux. Enfermería y Medicina Veterinaria: Adriana Salgado

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA EN INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ENCUESTA N°3

Nombres: Chiguano Allauca José Israel

Correo: jose.chiguano7611@utc.edu.ec

Tutor: Ms.C. Freire Andrade Verónica Paulina

Correo: veronica.freire@utc.edu.ec

Entrevistada: Dra. Mercedes Toro

Correo: blanca.toro@utc.edu.ec

1. ¿Qué tiempo está comprendido el período neonatal de un can?

En medicina veterinaria un canino recién nacido se considera un neonato hasta las dos primeras semanas de edad y el periodo perinatal comprende las primeras 24 horas de vida (Ogbu et al., 2016).

2. ¿A qué tipos de riesgos están expuestos los canes durante el periodo neonatal?

Se desarrollan puntos críticos del neonato como lo son inmadurez renal y hepática, termorregulación, equilibrio hidroelectrolítico, entre otros; los cuales son las principales causas de mortalidad descritas en neonatología canina, debido a que son estas características las que generan la descompensación de un neonato de manera mucho más rápida llevándolo a la muerte en cuestión de horas (Xaver y Bezerra, 2010). La hipoglucemia, la deshidratación y la hipotermia son un ciclo potencialmente fatal.

3. ¿Es importante el control de la temperatura, humedad y calidad de aire durante el periodo neonatal de un can y por qué?

Deficiencias en la termogénesis durante los primeros cuatro días los neonatos tienden a dirigirse hacia zonas de calor, lo que se define como reflejo de termo tropismo positivo, gracias a esto permanecen en grupo junto a la madre disminuyendo el riesgo de enfriamiento, pero aun así los cachorros débiles o prematuros pueden ser incapaces de establecer el contacto físico necesario con la madre (Laredo, 2009).

4. ¿Qué rangos de temperatura y humedad necesita un can durante su período neonatal?

Una humedad del 60% de humedad ambiental.

La temperatura ambiente debe estar suficientemente alta, entre 27 °C -32 °C para facilitar el mantenimiento de la temperatura corporal al menos en 36 °C. La temperatura corporal del neonato al nacimiento oscila entre los 34,5 °C y los 36 °C y se mantiene estable entre los 36 °C y 37 °C durante las 2 primeras semanas.

5. ¿Es importante la ventilación y control de la calidad de aire dentro de una incubadora |para evitar y controlar las concentraciones de dióxido de carbono?

Si, ya que se debe mantener una adecuada calidad del aire



Foto de la Encuesta N°2

Firma: Dra. Blanca Mercedes Toro Molina

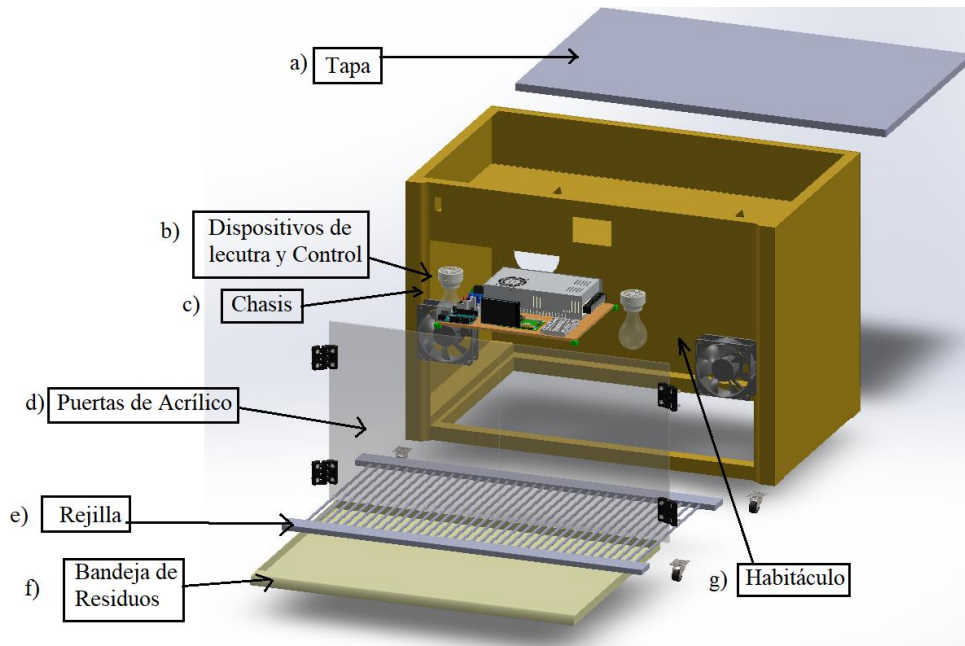


Firmado electrónicamente por:
**BLANCA
MERCEDES TORO
MOLINA**

ANEXO: MANUAL DE MANTENIMIENTO

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA MANUAL DE OPERACIÓN, UTILIZACIÓN	
1	OBJETIVO Reconocer la parte física de la incubadora, elementos (sensores, actuadores), para evitar fallas en el sistema de control
2	INTRODUCCIÓN Para la utilización de la incubadora neonatal para el periodo neonatal en canes para el control de temperatura, humedad y oxigenación del aire para la medición y el monitoreo de los factores de riesgos ambientales
3	PASOS PARA EL FUNCIONAMIENTO DE LA INCUBADORA Manual de operación Leer antes de utilizar, la incubadora para el período neonatal en canes para el control de variables de temperatura, humedad y oxigenación del aire. A) PARTES DE LA INCUBADORA La incubadora neonatal para canes para el control de variables de temperatura, humedad y oxigenación de aire está conformada por las siguientes partes. a) Tapa. - Acero inoxidable b) Dispositivos de lectura y control. - Raspberry, Arduino Mega, módulo Dimmer, módulo relé, módulo puente H, Pantalla Waveshare, Fuente 12 v DC, lámpara infrarroja, ventiladores, humidificador. c) Chasis d) Puertas de Acrílico e) Rejilla f) Bandeja de Residuos g) Habitáculo

Figura 1.- Partes principales de incubadora



B) PANEL DE CONTROL

Figura 2.- Pantalla Principal



En la figura 2.- Se observa la pantalla principal y los botones para el monitoreo y el control de variables de temperatura, humedad y oxigenación del aire y deberán ser accionados o seleccionados oprimiendo en el recuadro de color azul para su funcionamiento a través de la pantalla táctil ubicada en la parte superior.

Figura 3.- Estación de Monitoreo



En la figura 3.- Se observa la cámara, y las lecturas de los sensores al interior del habitáculo de la incubadora, se puede girar la cámara manualmente y obtener otro ángulo de visualización. Se puede pasar de la estación de monitoreo a la estación de control oprimiendo en el botón de Control, el cual podemos observar el Set Point de las variables de temperatura, humedad y oxigenación del aire y sus ondas de respuesta.

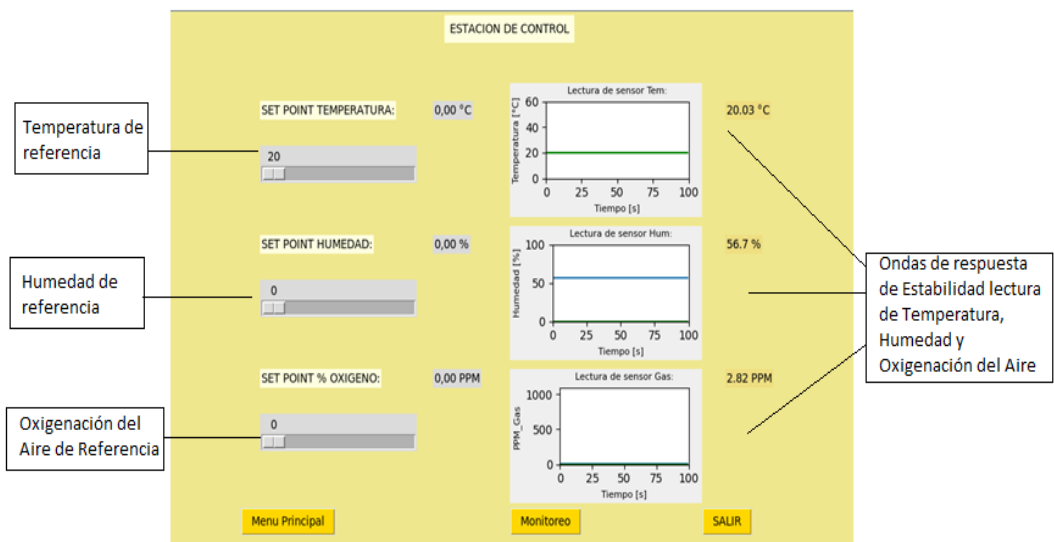


Figura 4.- Estación de Control

En la figura 4.- Se observa en la ventana de la estación de control la:

- Temperatura 20 °C a 50 °C DTH21 Precisión ± 5 C
- Humedad de 0% al 100%, DTH11
- Oxigenación del aire 0 ppm a 1000 ppm.

C) ESTADO DE FUNCIONAMIENTO DE LA INCUBADORA

Temperatura. -Verificar el estado y encendido de las lámparas infrarrojas.

Figura 1.- Lámpara infrarroja

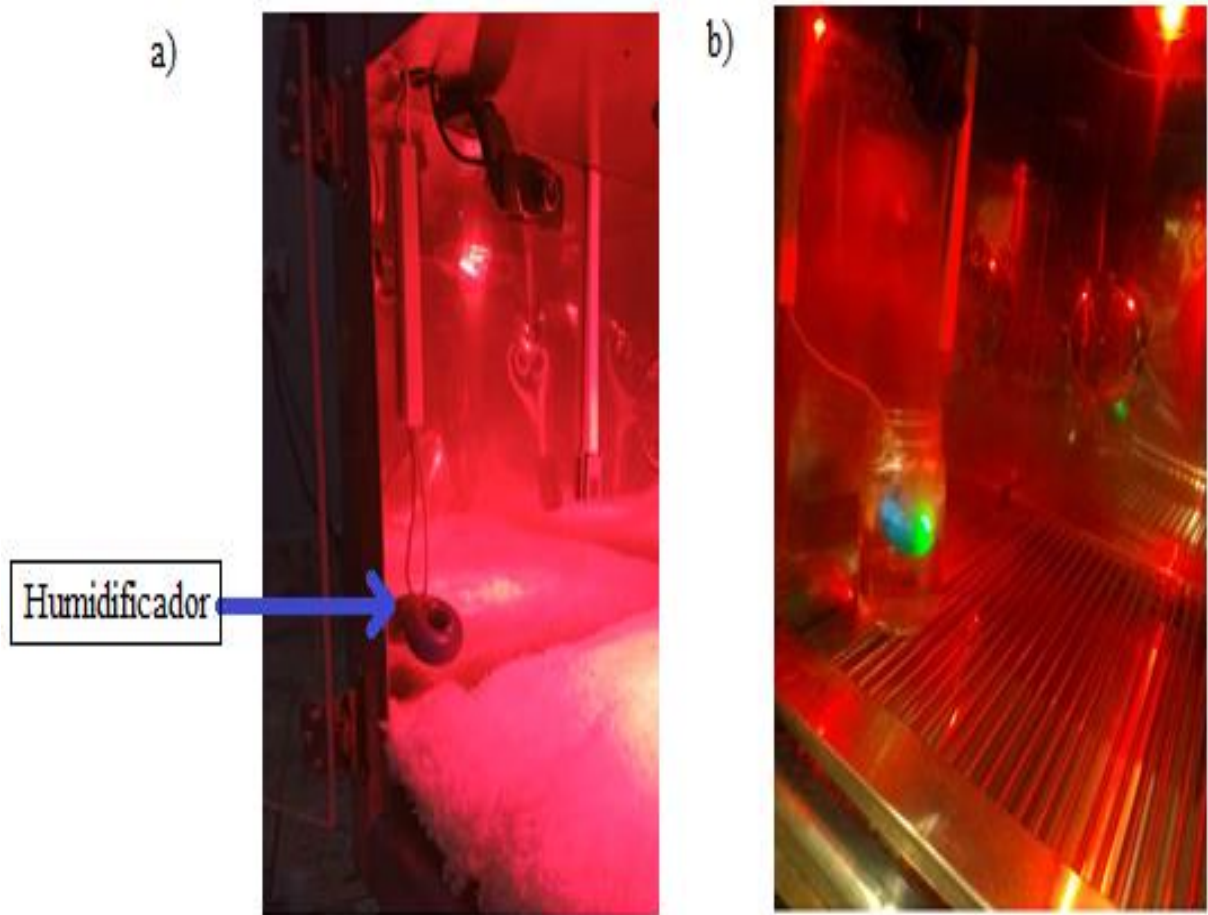


En la figura 1.- Se observa la lámpara infrarroja ubicada a 11 cm del habitáculo de la incubadora

Nota. No tocar cuando estén en funcionamiento las lámparas trabaja a temperaturas elevadas, esperar que se enfríen para cambiar en caso de mal funcionamiento.

Humedad. - Verificar y cambiar agua del recipiente del humidificador ubicado en la parte interna de la cúpula como se puede observar en la figura 2.

Figura 2. Activación de humidificador



En la figura 2 se observa:

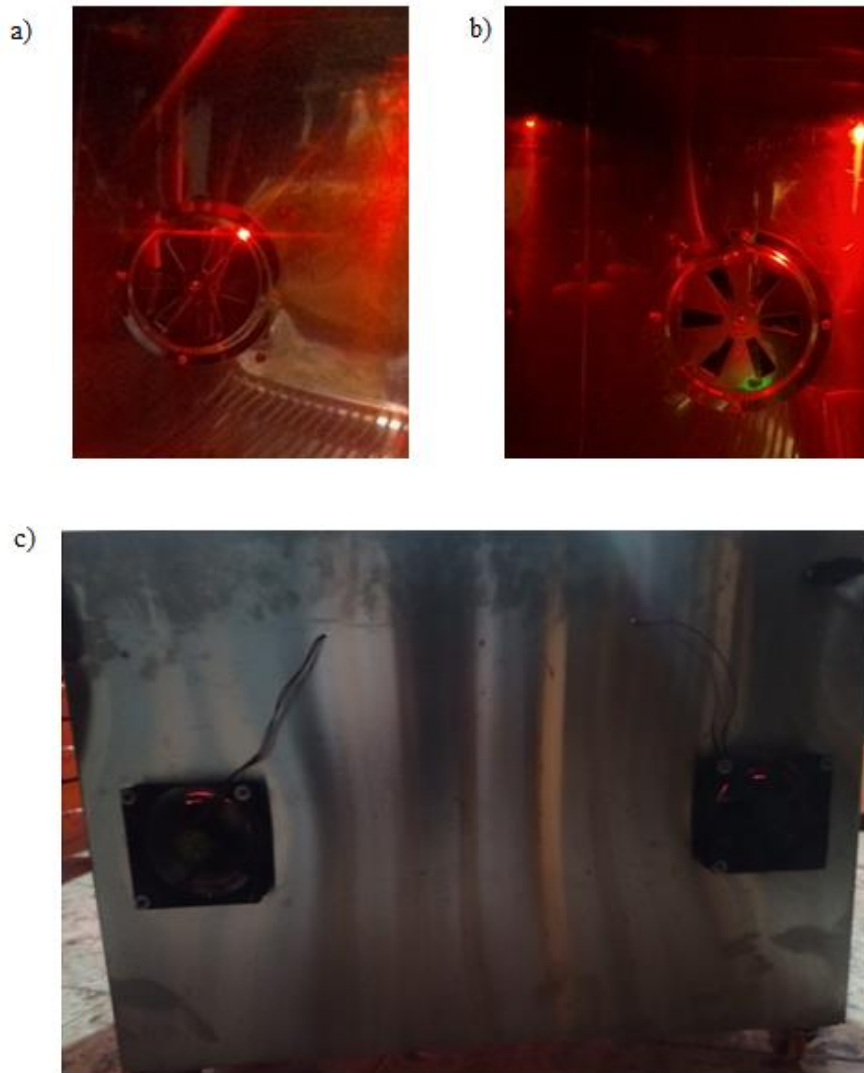
a) Ubicación del humidificador

b) Se puede observar el funcionamiento del humidificador, cabe recalcar que debe estar dentro del habitáculo de la incubadora para tener un control visual al activarse un led de color verde.

Nota: El recipiente se mantendrá anclado en la esquina debajo de la cámara para tener un control visual y de funcionamiento.

Oxigenación del aire. -Verificar el estado de los ventiladores de manera visual en la parte posterior de la incubadora ya que son elementos rotativos que pueden perjudicar a nuestros canes en sus primeros días de vida.

Figura 3.- Rejillas de ventilación, ventiladores



En la figura 3.- Se observa En la parte interna de la incubadora llamado cúpula, se encuentra nuestras rejillas de ventilación

a) La rejilla totalmente cerrada

b) La rejilla totalmente abierta

c) Ventiladores ubicados en la parte posterior del chasis de la incubadora.