

**DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UNA INCUBADORA DE HUEVOS PARA LA
GRANJA HOSTAL VILLA CRISTINA CON FINES DIDACTICOS Y
DEMOSTRATIVOS DEL PROCESO DE INCUBACION.**

**CRISTIAN ANDREDHY SOTO BAEZ
DIEGO RAFAEL JOYA CÁRDENAS**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2016

**DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UNA INCUBADORA DE HUEVOS PARA LA
GRANJA HOSTAL VILLA CRISTINA CON FINES DIDACTICOS Y
DEMOSTRATIVOS DEL PROCESO DE INCUBACION.**

**CRISTIAN ANDREDHY SOTO BAEZ
DIEGO RAFAEL JOYA CÁRDENAS**

Trabajo de Grado para optar al título de Ingeniero Mecánico.

**DIRECTOR
OMAR ARMANDO GELVEZ AROCHA
Ingeniero Mecánico.**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2016

DEDICATORIA

A mi abuelo, el inspirador.

A mi madre, por el apoyo incondicional.

A mi hermano, por ser el amigo que siempre comprendió.

A mi familia y amigos, por sus consejos y experiencias.

A la comunidad universitaria, por enseñarme a aprender.

Gracias.

Cristian Andredhy Soto Baez

*A Dios, por permitirme vivir esta experiencia de gran importancia en mi vida,
Iluminando cada momento de este camino.*

*A mis padres, por su incondicional apoyo, confianza y comprensión,
Que fueron fundamentales para lograr esta meta.*

*A mis hermanos y amigos, que siempre confiaron en mí
Depositando su cordialidad, siempre estando dispuestos a colaborar.*

Diego Rafael Joya Cárdenas.

AGRADECIMIENTOS

A la sociedad santandereana, por sustentar la Universidad Industrial de Santander brindando oportunidades de desarrollo al departamento.

Al ingeniero Omar Armando Gélvez Arocha, por sus indicaciones, consejos y palabras precisas que llevaron este proyecto a feliz término, marcando una pauta de excelencia, puntualidad y compromiso en nuestro desempeño como ingenieros.

Al doctor Jairo Corzo Salamanca, y en general a todos los integrantes y empleados de la granja hostel Villa Cristina por brindar la oportunidad de desarrollar este proyecto.

A todos los integrantes de la escuela de ingeniería mecánica, en especial a los profesores, cuya experiencia y pericia pedagógica lograron inculcar una cultura ingenieril comprometida con las necesidades de nuestra región.

Gracias.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	23
1. FORMULACION DEL PROBLEMA	25
1.1 IDENTIFICACION DEL PROBLEMA	25
1.2 JUSTIFICACION PARA SOLUCIONAR EL PROBLEMA	25
1.3 OBJETIVOS	26
1.3.1 Objetivo general.	26
1.3.2 Objetivos específicos.	26
2. MARCO DE REFERENCIA DE LA GRANJA HOSTAL VILLA CRISTINA	28
2.1 DATOS DE LA EMPRESA	28
2.2 BREVE RESEÑA HISTÓRICA	28
2.3 UBICACIÓN	29
3. MARCO TEORICO	31
3.1 PROCESO DE INCUBACION	31
3.2 REQUERIMIENTOS PARA OPTIMA INCUBACION	32
3.2.1 Temperatura	32
3.2.2 Humedad	32
3.2.3 Volteo	32
3.2.4 Ventilación	33

4. DESCRIPCION Y DISEÑO DE LA INCUBADORA	34
4.1 VOLTEO Y SOPORTE DE NACIMIENTO	35
4.1.1 Sistema de soporte	36
4.1.2 Sistema de volteo	37
4.1.3 Sistema de Apoyo de parrillas	40
4.1.4 Sistema motriz	41
4.1.5 Diseño de la Manivela	44
4.2 CÁMARA DE INCUBACIÓN	49
4.3 SISTEMA DE CALEFACCIÓN	50
4.3.1 Sistema Calefactor	50
4.3.1.1 Carga térmica en incubación.	52
4.3.1.2 Carga térmica en precalentamiento	52
4.3.2 Sistema de Soporte	54
4.4 SISTEMA DE HUMIFICACIÓN	55
4.4.1 Almacenamiento	58
4.4.2 Sistemas de propulsión	59
4.4.3 Humidificador	60
4.5 SISTEMA DE HOMOGENIZACIÓN DE AIRE	63
4.5.1 Sistema de Propulsión	63
4.5.2 Estructura	64
4.6 SISTEMA Y PANEL DE CONTROL	74
4.6.1 Control Temperatura	75
4.6.2 Control Humedad	75

4.6.3 Circuito de potencia	76
4.7 DISEÑO DE BASTIDOR	84
5. INTERFAZ PEDAGOGICA	90
5.1 PANEL PRINCIPAL	90
5.2 MENÚ PROCESO DE INCUBACIÓN	91
5.3 MENÚ INFORMACIÓN DE MÁQUINA	95
5.4 CRÉDITOS	98
6. PRUEBA Y RESULTADOS DE FUNCIONAMIENTO DE LA INCUBADORA	100
6.1 CALIBRACIÓN DE LOS SISTEMAS DE LA INCUBADORA.	100
6.1.1 Sistema de calefacción	100
6.1.2 Sistema de volteo	103
6.1.3 Sistema de humidificación	103
6.2 PRUEBA A CARGA PARCIAL	104
6.3 PRUEBA A CARGA TOTAL	105
7. ANALISIS DE COSTOS	108
8. CONCLUSIONES	116
9. RECOMENDACIONES.	117
BIBLIOGRAFIA	118

LISTA DE ILUSTRACIONES

	Pág.
Ilustración 1. Logo.....	28
Ilustración 2. Ubicación.....	30
Ilustración 3. Esquema general volteo	36
Ilustración 4. Detalle Volteo	36
Ilustración 5. Bandejas de Soporte	37
Ilustración 6. Detalle troquelado de bandejas	37
Ilustración 7. Geometría de un Huevo	38
Ilustración 8. Parrilla de volteo	39
Ilustración 9. Parrillas Gallina.....	40
Ilustración 10. Parrillas Codorniz	40
Ilustración 11. Soportes parrilla.....	41
Ilustración 12. Esquema sistema motriz	42
Ilustración 13. Esquema mecanismo barras	43
Ilustración 14. Detalle Análisis Manivela.....	48
Ilustración 15. Detalle Análisis Seguidor.....	48
Ilustración 16. Cámara de incubación.....	49
Ilustración 17. Sistema general de calefacción.....	50
Ilustración 18. Distribución de la resistencia	55
Ilustración 19. Proceso psicométrico	56

Ilustración 20. Sistema general de Humidificación.....	57
Ilustración 21. Deposito Humidificador.....	58
Ilustración 22. Manguera Indicadora de nivel	59
Ilustración 23. Sistema de recarga.....	59
Ilustración 24. Sistema propulsión de vapor	60
Ilustración 25. Humidificador.....	61
Ilustración 26. Nivel de agua necesario	61
Ilustración 27. Prueba Humidificador	62
Ilustración 28. Diagrama Ventilación.....	64
Ilustración 29. Configuración N°1 Ducto	65
Ilustración 30. Vista Lateral.....	65
Ilustración 31. Vista superior e inferior.....	66
Ilustración 32. Vista posterior.....	66
Ilustración 33. Vista frontal.....	67
Ilustración 34. Vista isométrica	67
Ilustración 35. Configuración N°2 Ducto	68
Ilustración 36. Vista Lateral.....	68
Ilustración 37. Vista superior - Inferior	69
Ilustración 38. Vista Posterior	69
Ilustración 39. Vista frontal.....	70
Ilustración 40. Vista isométrica	70
Ilustración 41. Vista. Lateral 5 huecos	71
Ilustración 42. Isométrica 5 huecos.....	72

Ilustración 43. Vista lateral Opción 2 Huecos	73
Ilustración 44. Isométrica opción 2 huecos	73
Ilustración 45. Lazo de control de temperatura	75
Ilustración 46. Lazo de control Humedad.....	76
Ilustración 47. Diagrama Eléctrico	77
Ilustración 48. Sistema de calefacción.....	78
Ilustración 49. Sistema de ventilación.....	78
Ilustración 50. Sistema humidificador	79
Ilustración 51. Sistema de volteo	80
Ilustración 52. Diagrama PCB.....	82
Ilustración 53. Diagrama de Conexiones	83
Ilustración 54. Detalle analisis bastidor.....	88
Ilustración 55. Sintonización PID 1	101
Ilustración 56. Sintonización PID 2	101
Ilustración 57. Sintonización PID 3	102
Ilustración 58. Sintonización PID 4	102
Ilustración 59. Sintonización PID 5	103
Ilustración 60. Prueba 1	104
Ilustración 61. Prueba 1	105
Ilustración 62. Prueba 2	106
Ilustración 63. Prueba 2	106
Ilustración 64. Ilustración 57. Prueba 2.....	107
Ilustración 65. Ciclo huevos de Gallina sin tasa de oportunidad.....	112

Ilustración 66. Ciclo Huevos de gallina con Tasa de Oportunidad113

Ilustración 67. Ciclo huevos de codorniz sin tasa de oportunidad115

Ilustración 68. Ciclo huevos de codorniz con tasa de oportunidad115

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Componentes del sistema de volteo y soporte.....	35
Cuadro 2. Componentes del sistema de calefacción.....	50
Cuadro 3. Análisis de paredes.....	51
Cuadro 4. Estimación de la carga en incubación.....	52
Cuadro 5. Estimación de la carga en precalentamiento.....	53
Cuadro 6. Componentes del sistema de Humidificación.....	57
Cuadro 7. Sistema general de Humidificación.....	57
Cuadro 8. Sistema de Homogenización.....	63
Cuadro 9. Sistema de control.....	74
Cuadro 10. Sistema de calefacción.....	78
Cuadro 11. Parámetros de diseño PCB.....	81
Cuadro 12. Descripción de conexiones.....	83
Cuadro 13. Gastos de Fabricación.....	108
Cuadro 14. Costo de energía por ciclo.....	110
Cuadro 15. Balance Económico.....	110
Cuadro 16. Tiempo de recuperación de la inversión con incubación de huevo de pollos.....	111
Cuadro 17. Tiempo de recuperación de la inversión con incubación de huevo de codorniz.....	114

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. DataSheets

ANEXO B. Planos

ANEXO C. Manual de operación

ANEXO D. Orden de trabajo RYCTEL

ANEXO E. Código de programación ARDUINO¹

¹ Ver documentos adjuntos en el CD-ROM

GLOSARIO

AC: Corriente alterna

ARDUINO: tarjeta de desarrollo basada en una placa con un micro controlador y entorno de desarrollo utilizada para monitorear y controlar la incubadora.

AVICULTURA: Se denomina así a la cría y explotación comercial de aves.

CAD: Diseño asistido por computador.

CAE: Ingeniería asistida por computador.

CALOR LATENTE: Energía requerida por una sustancia para cambiar de fase.

CALOR SENSIBLE: Calor suministrado que aumenta la temperatura de un cuerpo sin modificar su estado.

HUMEDAD RELATIVA: Es la masa de agua que contiene el aire con relación a la máxima capacidad absoluta que puede admitir sin condensarse.

PID: Control Proporcional Integral Derivativo que calcula el error entre un valor definido y una variable medible por medio de la retroalimentación.

SENSOR: Dispositivo que permite detectar magnitudes físicas y transformarlas en señales eléctricas.

THERMOLÓN: Aislante térmico de espuma de polietileno y polipropileno metalizado.

RESUMEN

TITULO: DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UNA INCUBADORA DE HUEVOS PARA LA GRANJA HOSTAL VILLA CRISTINA CON FINES DIDACTICOS Y DEMOSTRATIVOS DEL PROCESO DE INCUBACION

AUTORES: SOTO BAÉZ Cristian
JOYA CÁRDENAS Diego**

PALABRAS CLAVE: Diseño y construcción, incubadora, huevos, gallina, mecánica, avicultura, ergonomía, control, arduino.

DESCRIPCIÓN:

La presente tesis describe el proceso de diseño y construcción de una incubadora de huevos para el área de producción avícola de la GRANJA HOSTAL VILLA CRISTINA. La GRANJA HOSTAL VILLA CRISTINA es una empresa santandereana que tiene como objetivo brindar una herramienta útil y productiva para la cría de aves y simultáneamente servir como atracción pedagógica e instructiva a los visitantes de la granja.

La realización del proyecto inicia con la investigación y el análisis de los procesos de incubación desarrollados en la región, y requerimientos optados por la empresa, partiendo de la identificación de la necesidad planteada por la granja. Luego se realizó la fase de diseño y selección de los sistemas que conforman la máquina, para posteriormente pasar al proceso de construcción y programación, en donde se desarrolló una interfaz de control y visualización de la máquina en una aplicación para el sistema operativo android mediante el uso de App inventor 2, la cual es ejecutada en un dispositivo Tablet, se efectuaron análisis cualitativos y cuantitativos por medio del uso de herramientas CAD-CAE en la herramienta SolidWorks.

Finamente se desarrollaron pruebas para verificar la estabilidad y fiabilidad de los subsistemas que componen la maquina durante el ciclo completo de incubación para posteriormente realizar un análisis de la eficiencia de la máquina, y del consumo eléctrico requerido por ciclo confirmando que la máquina cumpla con las necesidades propuestas por la granja..

* Trabajo de grado.

** Facultad de ingeniería Físico-Mecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica, Director: Ingeniero Omar Armando Gélvez Arocha.

SUMMARY

TÍTULO: DESIGN AND CONSTRUCTION OF AN INCUBATOR FOR EGGS FARM HOSTAL CRISTINA VILLA WITH TEACHING AND DEMONSTRATION PURPOSES OF INCUBATION PROCESS*.

AUTHORS: SOTO BAÉZ Cristia
JOYA CÁRDENAS Diego**

KEY WORDS: Design and construction, incubator, eggs, chicken, mechanical, poultry, ergonomics, control, arduino.

DESCRIPTION:

This thesis describes the process of design and construction of an egg incubator for poultry production area GRANJA HOSTAL VILLA CRISTINA. GRANJA HOSTAL VILLA CRISTINA is a santandereana company that aims to provide a useful and productive tool for breeding birds and simultaneously serve as an educational and enlightening visitors to the farm attraction.

The project started with research and analysis incubation processes developed in the region, and requirements opted by the company, based on the identification of the need raised by the farm. the design phase and selection of systems that make the machine is then performed, then move to the construction process and programming, where a control interface and display of the machine in an application for the Android operating system was developed by use of App inventor 2, which is executed on a tablet device, qualitative and quantitative analyzes were performed by using CAD-CAE tools in SolidWorks tool.

Finely tests were carried out to verify the stability and reliability of the subsystems in the machine during the entire incubation cycle later to make an analysis of the efficiency of the machine, and the power consumption required per cycle confirming that the machine meets the needs proposed by the farm.

* Degree Work.

** Faculty of Engineering Physical Mechanical. School of Engineering Mechanical, Director: Ingeniero Omar Armando Gélvez Arocha.

INTRODUCCIÓN

La industria avícola ha venido tomando importancia en Colombia debido a su gran variedad de productos, y papel que juega en la economía nacional.

El sector avícola nacional se inició como industria en la década de 1960, componiéndose de las industrias incubadoras, de pollo, del huevo y de concentrados.²

Santander ha contribuido en gran parte con el desarrollo de la avicultura industrial en el país. A partir del año 1962 con la fundación de incubadora Santander S.A dio un paso hacia la tecnificación y explotación de la industria.

Otros sectores como el ecoturismo y la explotación de productos en granjas orgánicas, se convirtieron en modelos de empresa, buscando ser económicamente viables, amigables con el medio ambiente y la salud del consumidor, La Granja hostel villa cristina es una empresa que busca fusionar estos dos sectores, con el desarrollo de sistemas productivos que permitan el aprendizaje detallado de los ciclos de producción de alimentos orgánicos. Basados en este principio la empresa busca una maquina incubadora para el área de la aves, que sirva como herramienta didáctica para sus visitantes.

Debido a que actualmente en el mercado de equipos de producción agropecuaria no existe un modelo de incubadora con la capacidad de brindarle al usuario una experiencia pedagógica y clara del ciclo de desarrollo embrionario de las aves, además teniendo en cuenta los altos costos de adquisición, importación y

² Banco de la República. Cartagena. "La demanda de carnes en Colombia: Un análisis econométrico". Luis Armando Galvis Aponte. No. 13. Enero, 2000.

adaptación de los mismos, la empresa desea desarrollar el dispositivo en colaboración con la Universidad Industrial de Santander y la escuela de ingeniería mecánica, abriendo así las puertas al fortalecimiento de las relaciones interinstitucionales entre la empresa privada, la Universidad y el estudiantado.

1. FORMULACION DEL PROBLEMA

1.1 IDENTIFICACION DEL PROBLEMA

La granja hostel villa Cristina está ubicada en el Km 4 vía mesa de los santos a 30 minutos de la ciudad de Bucaramanga y a 1 hora del teleférico de PANACHI, de muy fácil acceso a todos los destinos recreativos, comerciales y culturales de la ciudad de Bucaramanga. Villa Cristina como proyecto AGROTURISTICO tiene como visión primordial que sus visitantes disfruten de las maravillas de la naturaleza y que se lleven un conocimiento sobre las buenas prácticas agrícolas y la importancia de conservar el medio ambiente, disfrutando de la naturaleza sin destruirla. Además de las bellas instalaciones cuenta con un recorrido pedagógico en el que el cliente puede aprender y conocer acerca de los procesos de producción agropecuaria.

En el recorrido pedagógico existen diversas atracciones dentro de la cuales podemos encontrar la cría y reproducción de aves; En esta atracción la empresa quiere mostrar adicionalmente el proceso de incubación y nacimiento de las aves, para este fin desean obtener un sistema de incubación automático diseñado especialmente y que permita el monitoreo y observación de este proceso por parte de los visitantes sin afectar el desarrollo normal embrionario.

1.2 JUSTIFICACION PARA SOLUCIONAR EL PROBLEMA

La industria turística-hotelera en Santander ha venido incrementado su oferta en el mercado ofreciendo nuevas atracciones brindadas por la zona, gracias al renombre obtenido por proyectos desarrollados entorno al cañón del Chicamocha,

esto ha recalado en una mayor afluencia de turistas y como consecuencia la entrada en el mercado de nuevos competidores tanto nacionales como extranjeros. Gracias a su riqueza geográfica, cultural y ecológica Santander permite realizar turismo de aventura, de descanso, diversión, cultural, rural, etc.

La Granja hostel villa cristina centró su visión en proporcionar al turista un ambiente de descanso con áreas para recreación, junto a actividades eco turísticas como cabalgatas, bici paseos o caminatas por la zona. También ofrece al visitante espacios de aprendizaje donde podrá tener contacto con los procesos productivos de la industria agropecuaria de la región.

Para mejorar su competitividad necesita ampliar la gama de atracciones en su recorrido pedagógico además de modernizar algunos de los procesos productivos dentro de la granja, generando una mejora directa en sus atracciones desde el punto de vista turístico, educativo y sobre todo desde el punto de vista productivo.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general. Aportar al fortalecimiento de las relaciones interinstitucionales entre la empresa privada y la universidad industrial de Santander contempladas en la misión institucional, mediante el desarrollo de herramientas productivas y pedagógicas para la Granja Hostel Villa Cristina.

1.3.2 Objetivos específicos.

- Diseñar y construir una incubadora, que permita al usuario observar de manera didáctica y demostrativa el proceso de incubación, con las siguientes características:

- Dos bandejas de soporte para incubación y nacimiento, cada una con capacidad de 50 huevos de gallina o 200 de codorniz.
 - Sistema automático de volteo (nacedor-volteador) independiente para cada una de las bandejas.
 - Sistema de regulación de temperatura bajo una estrategia de control continuo.
 - Sistema de regulación de humedad bajo una estrategia de control on-off.
 - Sistema de renovación y homogenización de aire.
 - Panel de control y visualización de la máquina.
-
- Desarrollar una aplicación pedagógica y demostrativa del proceso de incubación en el lenguaje de programación java-SDK que permita el acceso intuitivo a la información didáctica y funcional de la máquina mediante el uso de un dispositivo android.

 - Crear un manual operación que permitan el entendimiento del proceso de incubación y el uso correcto de la máquina.

2. MARCO DE REFERENCIA DE LA GRANJA HOSTAL VILLA CRISTINA

2.1 DATOS DE LA EMPRESA

Nombre: GRANJA HOSTAL VILLA CRISTINA

NIT:

Dirección: Km 4 Vía los Santos, Mesa de Los Santos, Santander.

Gerente: Jairo Corzo Salamanca

Ilustración 1. Logo



Fuente: GRANJA HOTEL VILLA CRISTINA [en línea] disponible en:
<http://www.granjahotelvillacristina.com/index.html>

2.2 BREVE RESEÑA HISTÓRICA

Hace 15 años con la adquisición de los terrenos de la Finca en el municipio de la Mesa de los Santos llamada Villa Cristina, se inicia el proyecto de una granja orgánica, que nos permita cuidar y aprovechar al 100% los recursos naturales, naciendo la idea de la cría de animales alimentados con los productos orgánicos, es decir cero concentrados, y se inician los cultivos con controles biológicos sin

uso de insecticidas, generando dentro de la misma granja el alimento para ellos, tiempo que junto con estudios y puesta en marcha de los requisitos exigidos por el gobierno para este tipo de proyectos se logra la certificación por parte del ICA como granja en buenas prácticas agrícolas.

En el 2010, después de iniciar con la cría de aves, se emprende la tarea del criadero de equinos y caprinos, y con la búsqueda de la excelencia en la cría de porcinos, criados únicamente con desechos emanados por la misma naturaleza, con las constantes visitas de familiares, amigos y compradores de animales nace la idea de construir un hostel. Con el fin de permitir que nuestros visitantes disfruten mas tiempo la naturaleza desde la salida del sol en las primeras horas del día, disfrutando del aire puro sin contaminación, complementado con un bello atardecer.

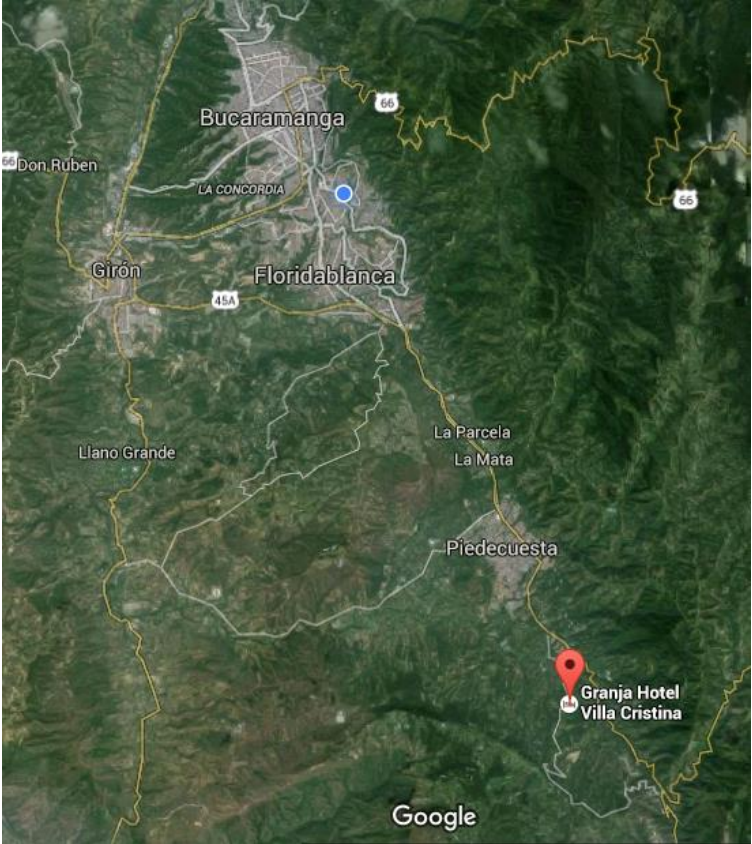
El creador del proyecto es una persona que está vinculada con el sector de la salud y viendo la importancia que está dando la medicina en prevención de 28

enfermedades, se consolida la granja con el hostel para mostrar a la comunidad la importancia de la conservación del medio ambiente, el consumo de productos orgánicos, el cuidado de los animales interactuando directamente con ellos y demostrar que el estilo de vida que se tenga va de la mano para gozar de una buena salud.

2.3 UBICACIÓN

Está ubicada en el Km 4 vía Mesa De Los Santos a 30 minutos de la ciudad de Bucaramanga, a 1 hora del teleférico de Panachi, de muy fácil acceso a todos los destinos recreativos, comerciales y culturales de del sector.

Ilustración 2. Ubicación



Fuente: GOOGLE [en línea] disponible en. <https://www.google.com.co/maps>

3. MARCO TEORICO

En el presente capítulo se desarrolla el contenido teórico-técnico necesario para comprender proceso de incubación, sus principales requerimientos y el desarrollo de esta en la historia.

3.1 PROCESO DE INCUBACION

El proceso de incubación artificial tiene como objetivo simular las condiciones dadas por la gallina al embrión, durante su desarrollo, hasta el momento del nacimiento.

Podemos decir, pues, que los elementos fundamentales que determinan un ambiente idóneo de incubación son: Temperatura, Humedad, Ventilación y Volteo (movimiento de los huevos en el interior de la incubadora). A su vez, la incubación puede ser natural o artificial.³

Durante la incubación natural la gallina controla estas condiciones de temperatura, humedad y volteo, acercándose o alejándose de los huevos, mientras que en la incubación artificial este ambiente debe ser generado por elementos externos que garanticen dichas condiciones, y para ellos debemos hacer uso de calefactores, y elementos mecánicos para garantizar las condiciones idóneas.

³ Aviornis Internacional - Octubre 2009 - nº 107 - pág. 62

3.2 REQUERIMIENTOS PARA OPTIMA INCUBACION

3.2.1 Temperatura La temperatura es tal vez condición más importante durante la incubación. Pues las pequeñas variaciones de esta afectan directamente el desarrollo del embrión disminuyendo el número de nacimientos exitosos.

La temperatura de trabajo en las incubadoras se enmarca entre 37° C y 38° C. La temperatura óptima aplicada dependerá del tipo de incubadora, la calidad y el tamaño de los huevos, la edad de los embriones, además de la especie de que se trate. Como norma general, se dice que la temperatura ideal para todas las especies de psitácidas, se encontraría entre 37° y 37,50° C. En este caso se asigna entre 37,2° y 37,3° C. siempre medidas con termómetros calibrados.⁴

3.2.2 Humedad Otra de las condiciones fundamentales en la incubación es la humedad, la cual juega un papel importante supliendo la humedad perdida por los huevos a través de los poros, garantizando un correcto desarrollo del embrión.

Durante el proceso de incubación, la humedad debe normalmente mantenerse entre 52 y 58 % dentro de la máquina.⁵

En otra de las etapas en la cuales la humedad es primordial es la fase final, cercana al nacimiento, pues para que el embrión pueda romper el cascaron esta debe superar el 75% durante los últimos 3 días, para así ablandar el cascaron y facilitar su rotura.

3.2.3 Volteo Dentro los procesos de incubación el volteo es uno de las factores determinantes para un desarrollo exitoso de los polluelos, debido a que la

⁴ Aviornis Internacional - Octubre 2009 - nº 107 - pág. 65

⁵ DIPRODAL, Avícola Metrenco E.I.R.L . Guía de manejo de la planta Incubadora. Pág. 5.

membrana que contiene el embrión se adhiere a la cáscara y esto provoca dificultades en la eclosión.

En las fases primarias del desarrollo, el embrión sólo puede usar los nutrientes que están en contacto con él. Al rotar el huevo le da una nueva fuente inmediata de comida y oxígeno dentro de la capa delgada blanca (Albumen).⁶

En la incubación natural la gallina voltea los huevos periódicamente por medio del movimiento de sus extremidades. Conviene que los huevos sean volteados 5 - 6 veces al día como mínimo.⁷

3.2.4 Ventilación Durante el desarrollo de los embriones, estos requieren oxígeno para realizar su metabolismo, produciendo como consecuencia dióxido de carbono, el cual debe ser evacuado manteniendo los niveles de oxígeno requerido para el proceso.

A medida que el embrión se desarrolla, la demanda de oxígeno crece. Por consiguiente, convendría que la incubadora se mantuviese más ventilada con el fin de que salga el exceso de calor, se expulse el dióxido de carbono y se provea de oxígeno fresco.⁸

La cantidad de huevos es directamente proporcional al flujo volumétrico de aire fresco necesario dentro de la cámara de incubación. *El suministro de aire a la incubadora debe ser de por lo menos 5 pcm/1000 huevos (8.5 m3/hora/1000 huevos).*⁹

⁶ Aviornis Internacional - Octubre 2009 - nº 107 - pág. 69

⁷ JOE, G. Berry. Introducción a los tiempos y condiciones óptimas de la incubación en una serie de especies aviares. Estados Unidos: Oklahoma, 2007.

⁸ Aviornis Internacional - Octubre 2009 - nº 107 - pág. 69

⁹ DIPRODAL, Avícola Metrenco E.I.R.L. . Guía de manejo de la planta Incubadora. Pág. 4

4. DESCRIPCION Y DISEÑO DE LA INCUBADORA

A continuación se describe en detalle cada una de las fases de diseño y selección de los subsistemas que conforman la maquina incubadora de huevos, basados en los requerimientos dimensionales, de calefacción, humificación, homogenización, volteo y automatización del equipo.

REQUERIMIENTOS DIMENSIONALES

La granja dispone en la zona de producción avícola de un espacio de 60x60cms, en los cuales se desea ubicar la incubadora con una capacidad mínima de 100 huevos de gallina, que permita la fácil observación del proceso por parte de los visitantes.

Bajo estos parámetros se basa el proceso de diseño a implementar. La máquina está compuesta principalmente por 6 subsistemas, los cuales se pueden observar a continuación:

- Sistema de volteo y soporte de nacimiento
- Cámara de incubación
- Sistema de calefacción
- Sistema de humidificación
- Sistema de homogenización de aire
- Sistema y panel de control

4.1 VOLTEO Y SOPORTE DE NACIMIENTO

El sistema de volteo está constituido por elementos mecánicos, los cuales permiten la rodadura de los huevos para garantizar los requerimientos de incubación ideales para el desarrollo de los embriones.

En el siguiente cuadro se describen los componentes del sistema.

Cuadro 1. Componentes del sistema de volteo y soporte

	Componente	Descripción	Cantidad
Elemento motriz	servomotor	MG-556	2
	Mecanismo de Barras	Manivela-Corredera	2
sistema de soporte	Bandejas	Capacidad 1 Parrilla	2
	Apoyos	Rieles	4
Sistema de volteo	Parrillas volteadoras	Cap 56 Huevos Gallina	2
		Cap 200 Huevos Codorniz	2
	Apoyos	Rodamientos	6

El sistema funciona mediante un mecanismo manivela biela corredera desplazando la bandeja superior (corredera) y empujando los huevos, los cuales rotan sobre la nacedora, permitiendo en el mismo espacio cumplir de manera simultánea el volteo y apoyo al momento del nacimiento del embrión, ahorra espacio y brinda la opción de incubar diferentes especies.

Ilustración 3. Esquema general volteo

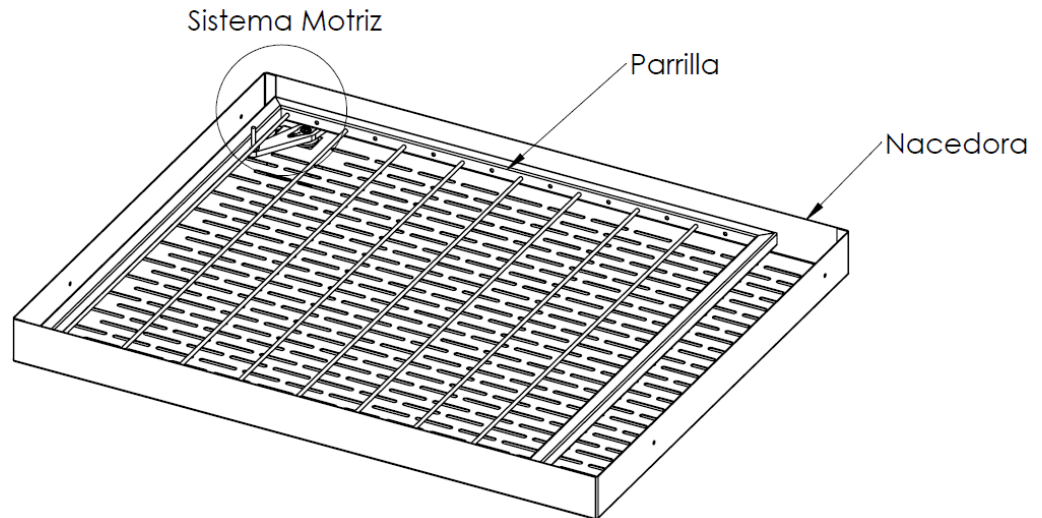
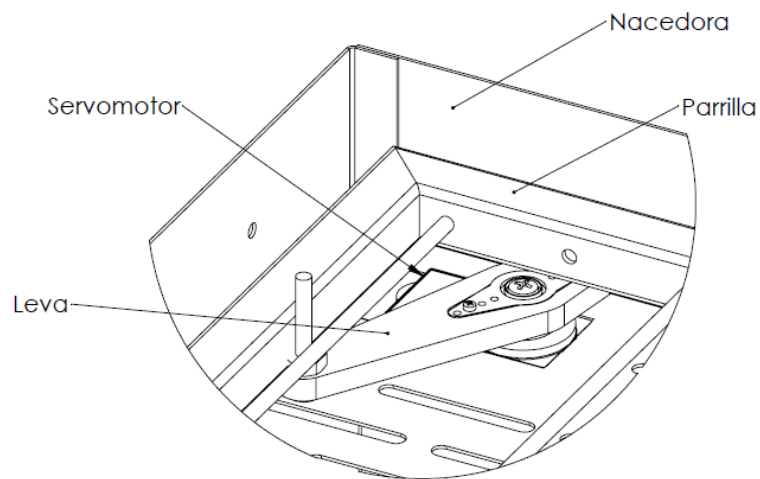
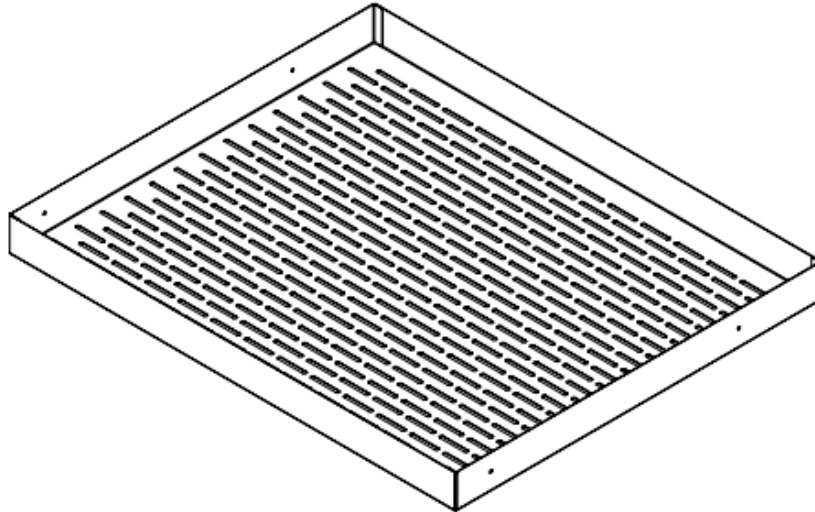


Ilustración 4. Detalle Volteo



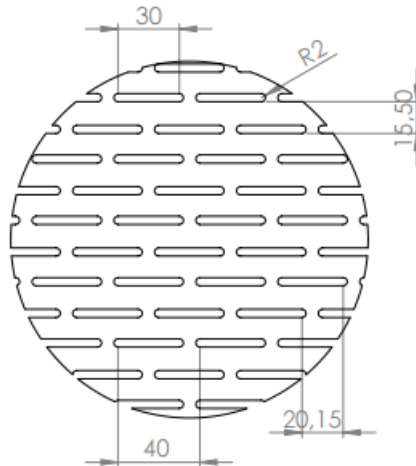
4.1.1 Sistema de soporte De acuerdo a la disposición del espacio, y teniendo en cuenta los requerimientos de ventilación y multifunción (nacedora-volteadora) el sistema de soporte consta de 2 bandejas soportadas en el bastidor, el cual constara de 2 niveles con bandejas de 54cms de ancho, por 44cms de profundo, con aletas 4cms que evitan la caída de los polluelos al momento del nacimiento.

Ilustración 5. Bandejas de Soporte



Para garantizar el suficiente flujo de aire, las bandejas tienen un troquelado, mostrado a continuación:

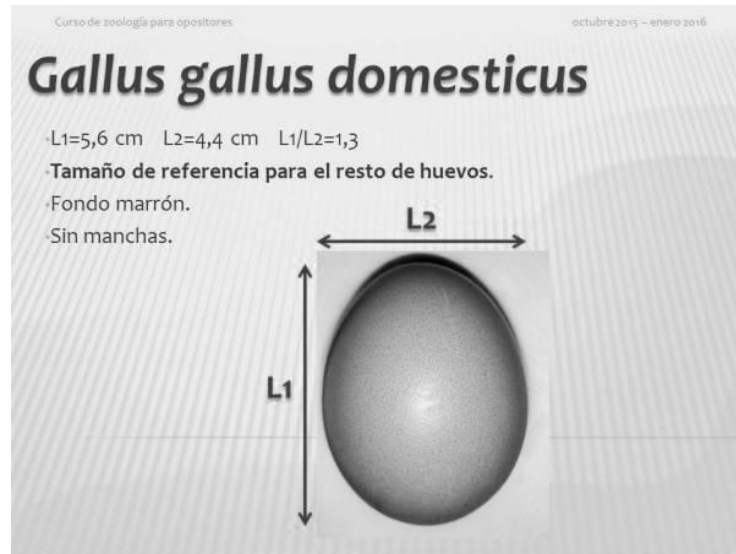
Ilustración 6. Detalle troquelado de bandejas



4.1.2 Sistema de volteo Teniendo en cuenta la cantidad de huevos requerida por el cliente (mínimo 100) se definen las dimensiones de la bandejas. Las

dimensiones promedio aproximadas del huevo de gallina (*Gallus gallus domesticus*) y su relación en la longitud del eje mayor (L1) y el eje menor (L2), sus dos principales geometrías características: ovalados y estrechos, son definidas como.¹⁰

Ilustración 7. Geometría de un Huevo



Fuente: ZOOLOGIA-PARA-OPOSITORES [en línea] disponible en: <https://zoologia-para-opositores.com>

Para garantizar el libre movimiento en la rodadura de los huevos, se diseña la parrilla con un espacio disponible de 5cms de longitud de eje menor (L2) y 6cms de eje mayor (L1).

- **Calculo de la carrera de la parrilla:**

La distancia recorrida por la parrilla para lograr media rotación de un huevo, asumiendo este como una circunferencia, se define como la mitad de la longitud de la circunferencia, y se calcula por medio de la siguiente ecuación:

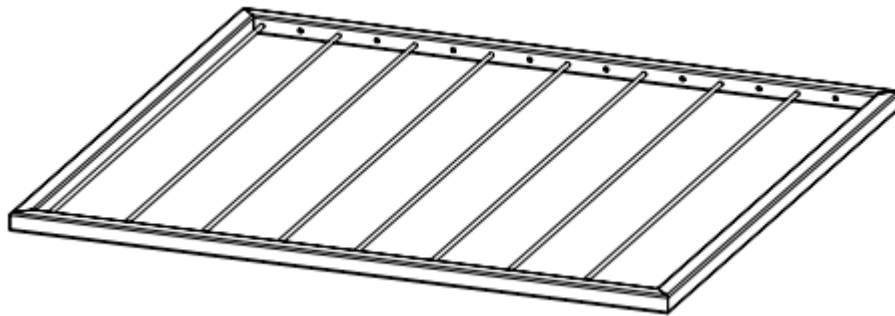
¹⁰ ANTONIO, de la nuez. Cómo identificar los huevos de las aves. 11 de Junio 2015. Pág. 2

$$Carrera = \left(\frac{2 * \pi * R_{huevo}}{2} \right) = \frac{2 * \pi * 2.5}{2}$$

$$Carrera = 7.85cms$$

Conocida la longitud de la carrera necesaria de la parrilla se obtiene la longitud disponible para la cantidad de huevos del sistema. Definiendo una parrilla de 8 filas de huevos con una capacidad de 7 huevos por fila; proporcionando una capacidad de 56 huevos por parrilla y 112 huevos de gallina en total.

Ilustración 8. Parrilla de volteo



Para la incubación huevos de codorniz, se dispone usar las mismas parrillas con las 2 opciones (gallinas y codorniz) dejando un orificio para añadir varillas partiendo las filas para gallinas, de la siguiente manera.

Ilustración 9. Parrillas Gallina

Configuración para gallinas

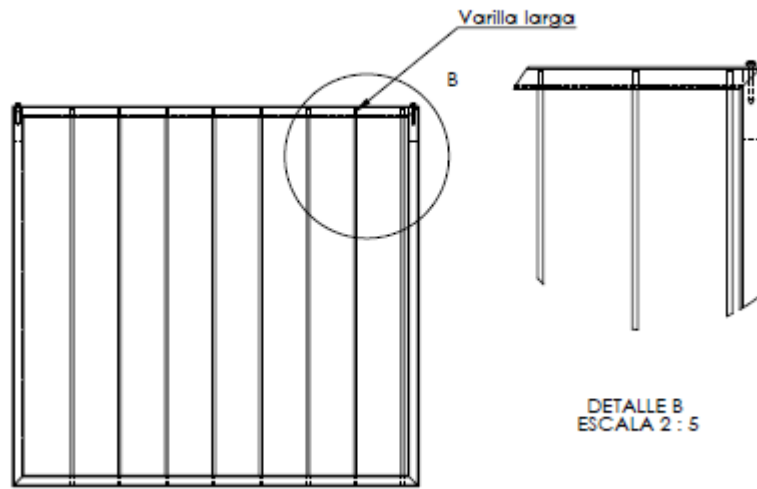
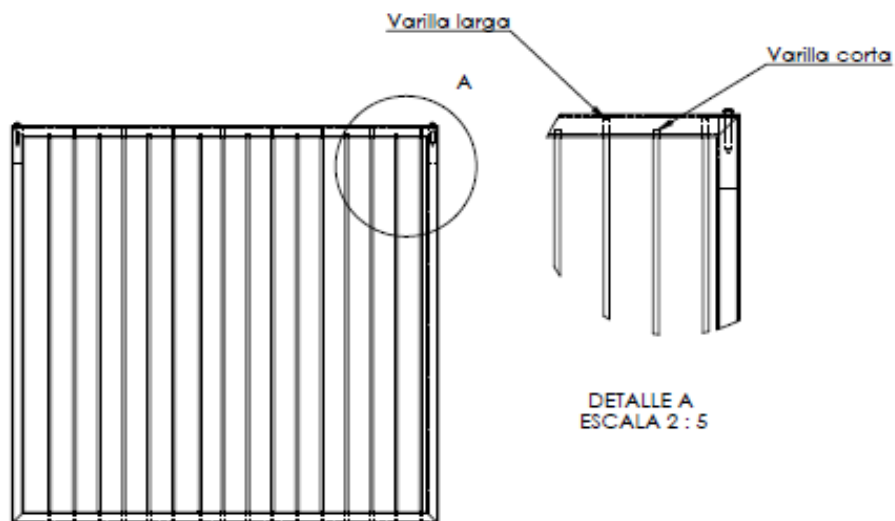


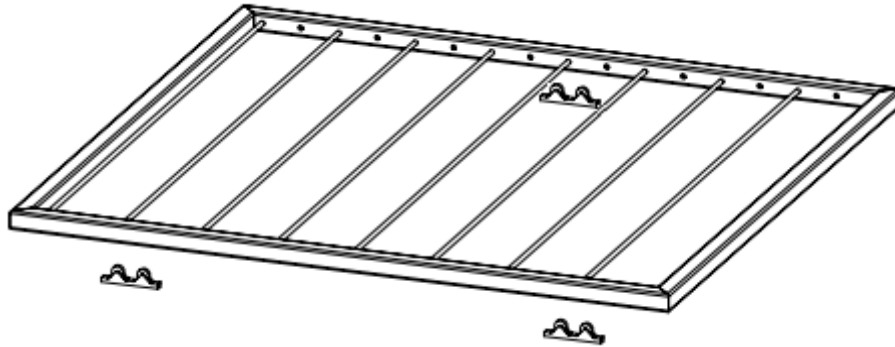
Ilustración 10. Parrillas Codorniz

Configuración para codornices



4.1.3 Sistema de Apoyo de parrillas Para facilitar el desplazamiento de las parrillas sobre las bandejas se usan rodamientos dobles, Tres (3) en total por parrilla, distribuidos de la siguiente manera:

Ilustración 11. Soportes parrilla



4.1.4 Sistema motriz Para realizar el cálculo de la carga efectuado por el sistema motriz, se realizan las operaciones descritas a continuación:

Debido a que los huevos ruedan y la parrilla esta soportada sobre rodamientos se asumió una fuerza de fricción cero. Por lo tanto la manivela debe soportar la fuerza necesaria para acelerar la masa de la parrilla de acero inoxidable y los 55 huevos que suman aproximadamente 4 kg.

Para evitar daños en los huevos se fijó experimentalmente la velocidad del servo en 10 °/s.

$$\omega = 10 \left[\frac{deg}{s} \right] = 0,1745 \left[\frac{rad}{s} \right] \text{ Velocidad angular}$$

De acuerdo a las dimensiones de la bandeja y la parrilla se determina una longitud de manivela de 52mm

$$L_{manivela} = 0,052 \text{ [m]}$$
$$v = \omega * L_{manivela} = 0,009076 \text{ [m/s]}$$

Por lo tanto la manivela soporta la fuerza necesaria para acelerar la masa de la parrilla y los 55 huevos, que suman aproximadamente 4 kg, hasta la velocidad indicada anteriormente en un tiempo de 0,01s.

$$t_a = 0,01 [s]$$

$$a = \frac{v}{t_a} = 0,9076 [m/s^2]$$

$$m_{total} = 4 [Kg]$$

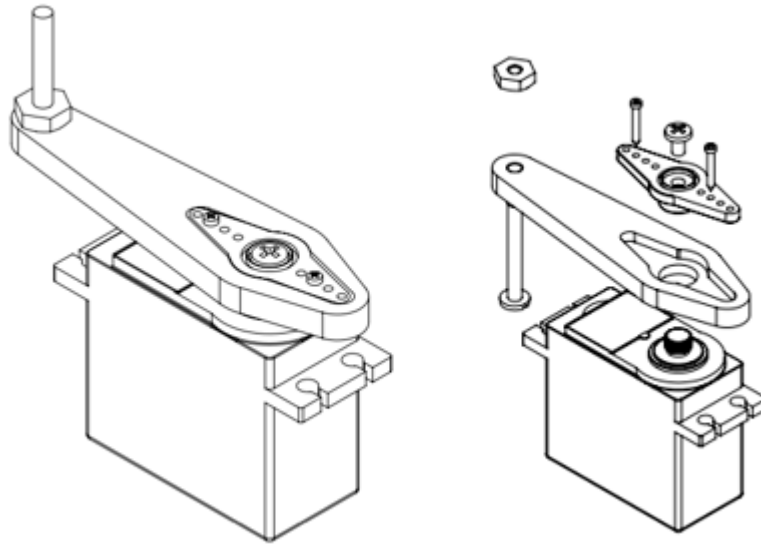
$$F = m_{total} * a = 3,957 [N]$$

$$T_{motor} = F * L_{manivela} = 0,2057 [N.m]$$

- **Servomotor:**

El Servomotor a emplear es el modelo MG-956R, el cual entrega un torque nominal de 0,92 [N.m] (Ver Anexo. Datasheet). Teniendo en cuenta que torque demandado por el sistema es $T_{motor} = 0,2057 [N.m]$; obteniendo un factor de seguridad de $N = 4,37$. Permitiendo despreciar las distintas cargas generadas por fricción.

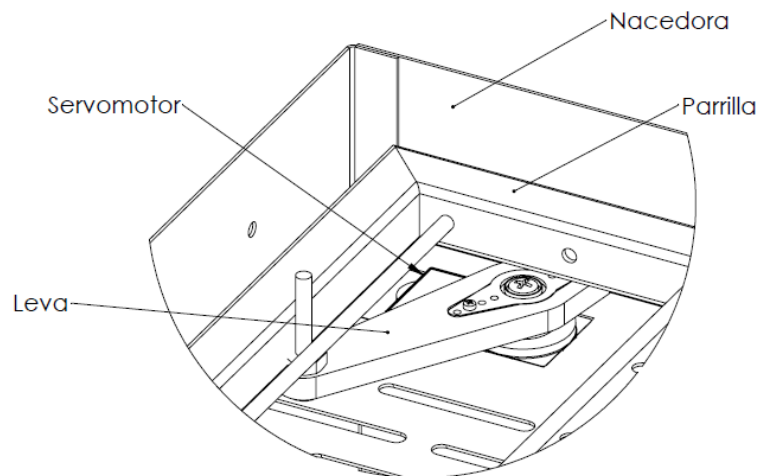
Ilustración 12. Esquema sistema motriz



- **Mecanismo de barras:**

Este mecanismo está compuesto por una leva construida en acrílico, con seguidor metálico y acoplado al servomotor MG996R, como se muestra en la siguiente figura.

Ilustración 13. Esquema mecanismo barras



4.1.5 Diseño de la Manivela De acuerdo al datasheet del servomotor este entrega un torque nominal de 9,4 Kgf*cm, el cual actúa sobre el tornillo de la manivela a una distancia de 52mm del eje del servomotor.

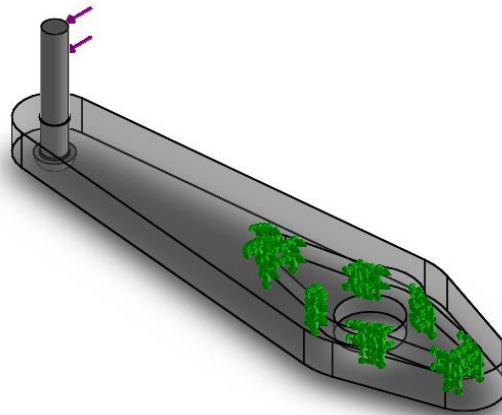
$$T_{servo} = 9,4 \text{ Kgf} * \text{cm} = 0,92 \text{ N} * \text{m}$$

$$F_{servo} = \frac{T_{servo}}{L_{leva}} = 17,69 \text{ N}$$

Se observa que la capacidad del servo excede la necesidad del sistema con un factor seguridad de 4,37. Por tal motivo estiman los esfuerzos de la manivela con aproximadamente el doble de la fuerza generada por el servomotor, previniendo cargas adicionales por impacto sobre la misma $F=40\text{N}$.

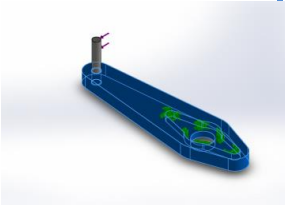
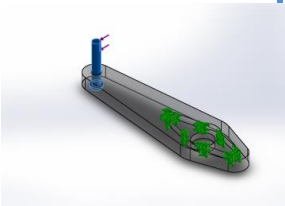
- **ANALISIS CAE DE LA MANIVELA**

Mediante el uso de las herramientas de modelado y simulación ofrecidas por SolidWorks, se realiza el siguiente estudio, teniendo en cuenta las propiedades los materiales, las condiciones de carga y las dimensiones de la pieza, como se muestra a continuación.



Nombre del modelo: Manivela
Configuración actual: Predeterminado

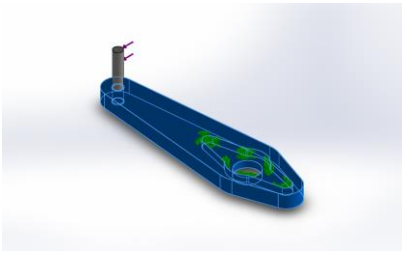
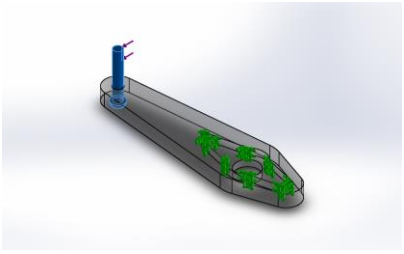
Sólidos

Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta
<p>Manivela</p> 	<p>Sólido</p>	<p>Masa:0.00562944 kg Volumen:4.6912e-006 m³ Densidad:1200 kg/m³ Peso:0.0551685 N</p>	<p>C:\Users\Diego\Desktop\PROYECTO2\Planos\IManivela.SLDPRT</p>
<p>Seguidor</p> 	<p>Sólido</p>	<p>Masa:0.00134099 kg Volumen:1.69746e-007 m³ Densidad:7900 kg/m³ Peso:0.0131417 N</p>	<p>C:\Users\Diego\Desktop\PROYECTO2\Planos\IManivela.SLDPRT</p>

- Unidades

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

- Propiedades del material

Referencia de modelo	Propiedades
	<p>Nombre: Acrílico (Impacto medio-alto)</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Tensión máxima de von Mises</p> <p>Límite elástico: 4.5e+007 N/m²</p> <p>Límite de tracción: 7.3e+007 N/m²</p> <p>Módulo elástico: 3e+009 N/m²</p> <p>Coefficiente de Poisson: 0.35</p> <p>Densidad: 1200 kg/m³</p> <p>Módulo cortante: 8.9e+008 N/m²</p> <p>Coefficiente de dilatación térmica: 5.2e-005 /Kelvin</p>
	<p>Nombre: AISI 1020</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Tensión máxima de von Mises</p> <p>Límite elástico: 3.51571e+008 N/m²</p> <p>Límite de tracción: 4.20507e+008 N/m²</p> <p>Módulo elástico: 2e+011 N/m²</p> <p>Coefficiente de Poisson: 0.29</p> <p>Densidad: 7900 kg/m³</p> <p>Módulo cortante: 7.7e+010 N/m²</p> <p>Coefficiente de dilatación térmica: 1.5e-005 /Kelvin</p>

- **Resultados del estudio**

Realizada la simulación de esfuerzos, solidworks entrega el siguiente informe grafico describiendo las zonas de criticidad de la pieza, y los valores de los esfuerzos obtenidos en el análisis.

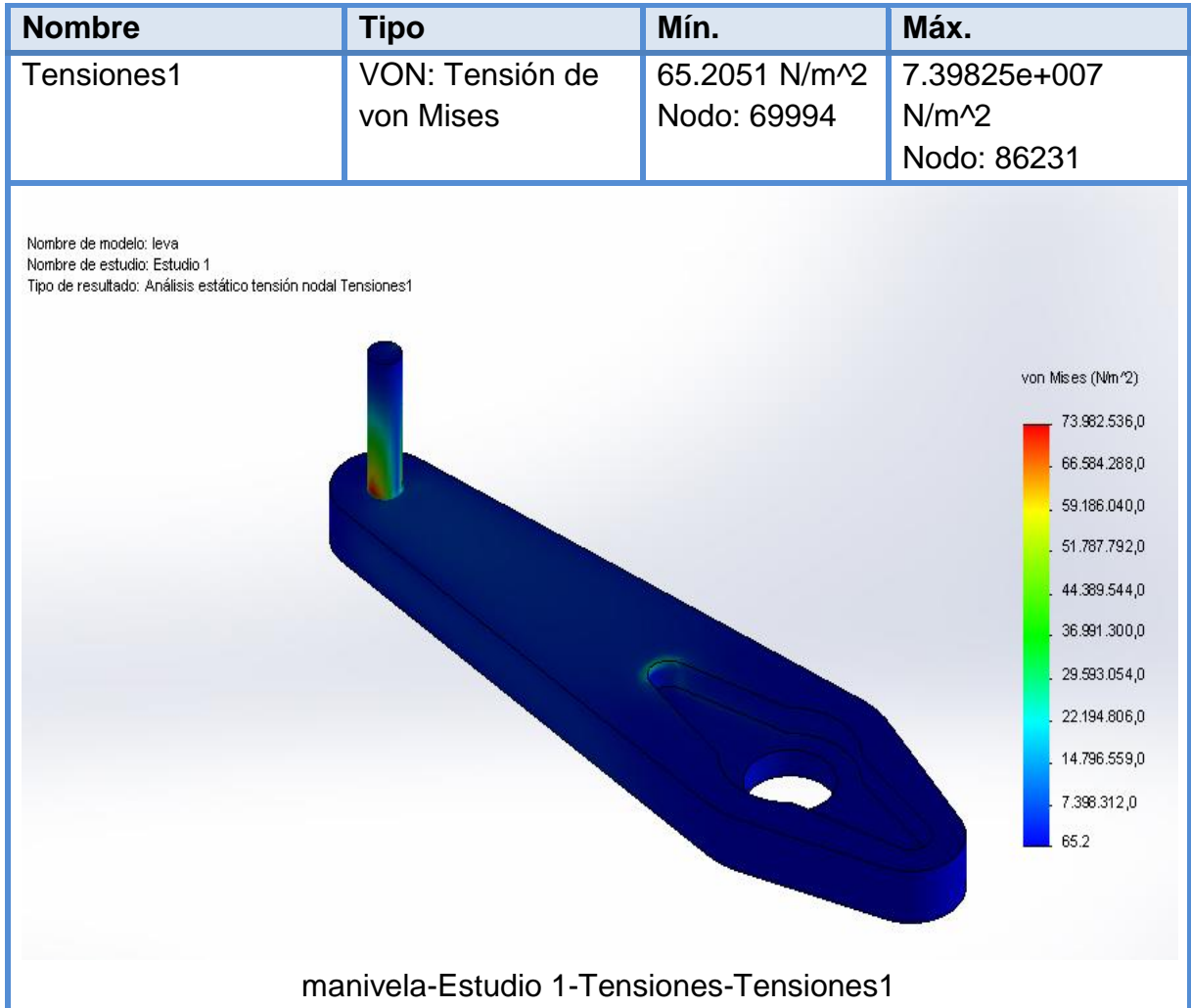
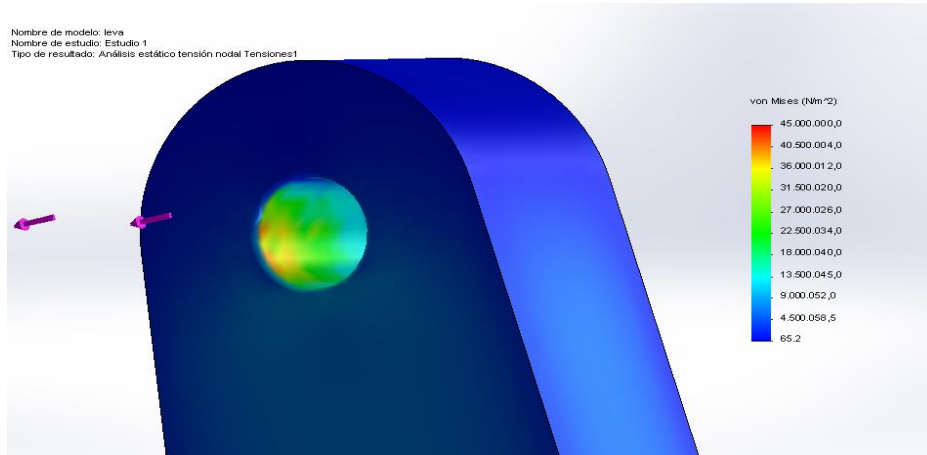
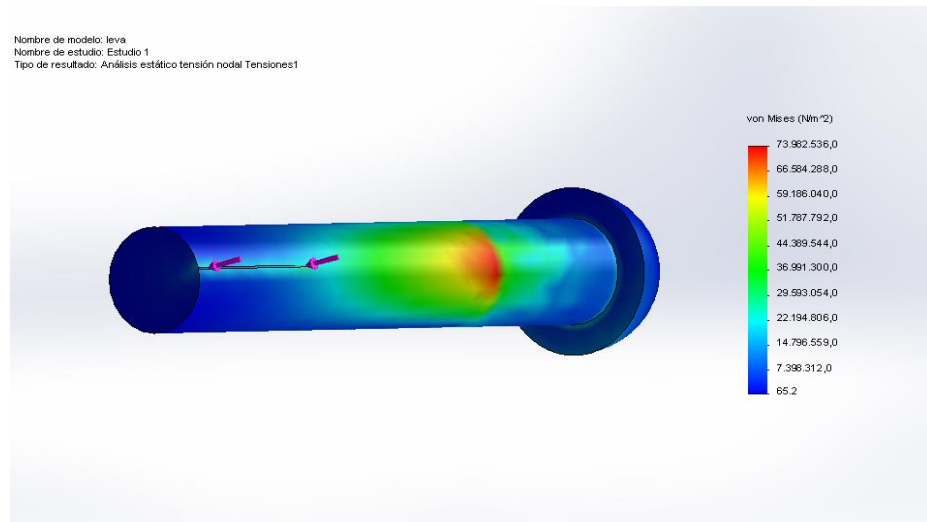


Ilustración 14. Detalle Análisis Manivela



El acrílico tiene un límite elástico de $4.5e+007$ N/m², como se puede observar en los resultados de la simulación este límite no se alcanza. Entonces se obtiene un factor de seguridad mayor a $N=2$

Ilustración 15. Detalle Análisis Seguidor

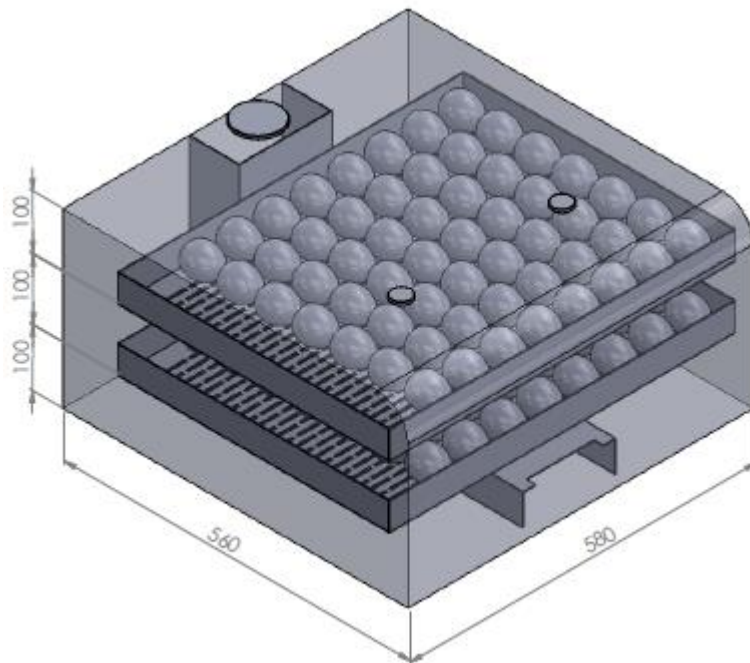


El tornillo tiene un límite elástico de $3.51571e+008$ N/m², se obtiene un esfuerzo máximo de $7.39825e+007$ N/m², lo que representa un factor de seguridad mayor a $N=50$.

4.2 CÁMARA DE INCUBACIÓN

De acuerdo a las dimensiones de las bandejas nacedoras y la necesidad de implementar un riel para su movimiento de determino un grosor de aislante de 1cm para ubicar la maquina cómodamente en el área dispuesta por la empresa. Por tanto se determinan dimensiones de 58x56 cm como base. Para permitir una buena circulación de aire sin incrementar el tamaño, se establece una distancia entre el suelo de la incubadora y las bandejas nacedoras de 10 y 20 cm respectivamente y 30cm a la pared superior. Para cumplir con el fin demostrativo las paredes frontal y superior se fabrican parcialmente en acrílico de 1cm de espesor para permitir una amplia visualización sin generar demasiadas perdidas y acomodarse al presupuesto dispuesto para este fin.

Ilustración 16. Cámara de incubación



4.3 SISTEMA DE CALEFACCIÓN

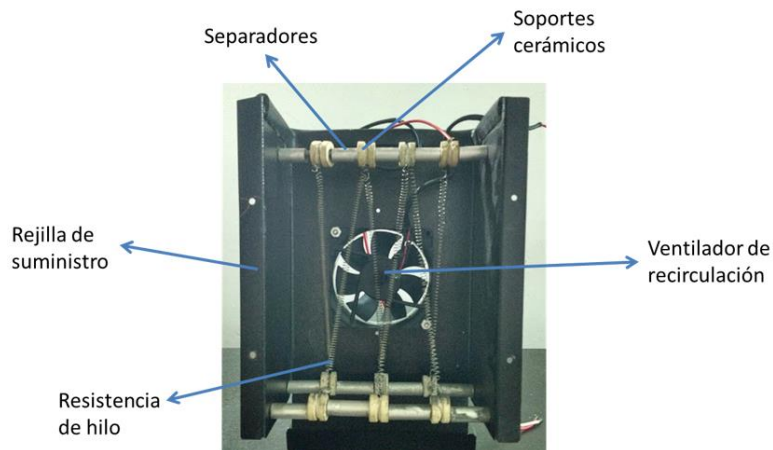
El sistema de calefacción está compuesto principalmente por una resistencia eléctrica de hilo, la cual esta soportada en unos carretes cerámicos que la aíslan de los soportes en el ducto.

El siguiente cuadro describe cada componente del sistema.

Cuadro 2. Componentes del sistema de calefacción

	Componente	Descripción	Cantidad
Sistema calefactor	Resistencia Eléctrica	Resistencia de hilo	1
sistema de soporte	Ducto		1
	Apoyos	Carretes cerámicos	10

Ilustración 17. Sistema general de calefacción

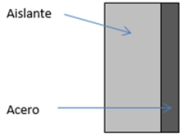





4.3.1 Sistema Calefactor Para el cálculo de la resistencia se tendrá en cuenta el gasto térmico generado por las pérdidas en las paredes y la carga para

acondicionar el aire de renovación. Debido a que los cambios bruscos de temperatura no son deseados en el proceso de incubación el controlador se programa para realizar un precalentamiento, se analizó la carga térmica durante el precalentamiento y en incubación.

Debido a que la resistencia térmica es una propiedad de la pared, los cálculos efectuados en el siguiente cuadro se cumplen para los dos escenarios, precalentamiento e incubación.

Cuadro 3. Análisis de paredes

Resistencia termica de paredes				
	Diagrama	Propiedades	ecuación	Valor
Paredes Aisladas	 <p>Aislante</p> <p>Acero</p> <p>$A_{Total\ paredes\ aisladas} = 1,044\ m^2$</p>	$h_{conv\ interior} = 10\ W/m^2 \times ^\circ K$	$R_{conv\ int\ paisladas} = \frac{1}{h_{conv\ interior} * A_{Total\ paredes\ aisladas}}$	$0,0958\ \frac{K}{W}$
		$K_{acero} = 58\ W/m \times ^\circ K$ $e_{acero} = 0,0007m$	$R_{acero} = \frac{e_{acero}}{K_{acero} * A_{Total\ paredes\ aisladas}}$	$0,00001156\ \frac{K}{W}$
		$K_{aislante} = 0,045\ W/m \times ^\circ K$ $e_{aislante} = 0,01m$	$R_{aislante} = \frac{e_{acrilico}}{K_{aislante} * A_{Total\ paredes\ aisladas}}$	$0,2129\ \frac{K}{W}$
		$h_{conv\ exterior} = 20\ W/m^2 \times ^\circ K$	$R_{conv\ ext\ paisladas} = \frac{1}{h_{conv\ exterior} * A_{Total\ paredes\ aisladas}}$	$0,04789\ \frac{K}{W}$
	 <p>$R_{conv\ interior}$ $R_{Aislante}$ R_{acero} $R_{conv\ exterior}$</p>	$R_{Total\ paisladas} = R_{conv\ int\ paisladas} + R_{aislante} + R_{acero} + R_{conv\ ext} + R_{conv\ int\ paisladas}$	$0,3565\ \frac{K}{W}$	
Tapa Acrilica	 <p>Acrilico</p> <p>$A_{acrilico} = 0,3163\ m^2$</p>	$h_{conv\ interior} = 10\ W/m^2 \times ^\circ K$	$R_{conv\ interior} = \frac{1}{h_{conv\ interior} * A_{acrilico}}$	$0,3162\ \frac{K}{W}$
		$K_{acrilico} = 0,18\ W/m \times ^\circ K$ $e_{acrilico} = 0,01m$	$R_{Acrilico} = \frac{e_{acrilico}}{K_{acrilico} * A_{acrilico}}$	$0,1757\ \frac{K}{W}$
		$h_{conv\ exterior} = 20\ W/m^2 \times ^\circ K$	$R_{conv\ exterior} = \frac{1}{h_{conv\ exterior} * A_{acrilico}}$	$0,1581\ \frac{K}{W}$
	 <p>$R_{conv\ interior}$ $R_{Acrilico}$ $R_{conv\ exterior}$</p>	$R_{Total\ acrilico} = R_{conv\ int} + R_{Acrilico} + R_{conv\ ext}$	$0,65\ \frac{K}{W}$	

4.3.1.1 Carga térmica en incubación. La temperatura mínima promedio por mes en el municipio de Bucaramanga es de 15,4°C se asume este valor como la temperatura exterior de diseño para el estudio en estado transitorio.¹¹

- **Requerimiento térmico por ventilación**

En el sistema de ventilación se demanda un flujo volumétrico mínimo de 8,5 m³/h, donde se evalúa la carga térmica dos veces el flujo mínimo de aire.¹²

Cuadro 4. Estimación de la carga en incubación

CARGA TÉRMICA EN INCUBACIÓN $T_{int} = 37,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ $T_{ext} = 15,5\text{ }^{\circ}\text{C}$			
Item	Propiedades	Fórmula	Resultado
Pérdidas por Paredes	$R_{Total\ p\ aisladas} = 0,3565\ \frac{K}{W}$	$Q_{P\ aisladas} = \frac{T_{interior} - T_{exterior}}{R_{Total\ paredes\ aisladas}}$	63,11 W
Pérdidas por Tapa Acrílica	$R_{Total\ acrílico} = 0,65\ \frac{K}{W}$	$Q_{acrílico} = \frac{T_{interior} - T_{exterior}}{R_{Total\ acrílico}}$	34,62 W
Pérdidas por Ventilación	$\dot{V}_{ventilacion} = 0,004722\ m^3/s$ $\rho_{aire} = 1,225\ Kg/m^3$ $Cv_{aire} = 719,5\ J/Kg\ *^{\circ}K$	$Q_{vent} = \dot{V}_{vent} * \rho_{aire} * Cv_{aire} * (T_{int} - T_{ext})$	91,87 W
Carga Térmica Total	$Q_{Total} = Q_{Paisladas} + Q_{acrílico} + Q_{ventilación}$		187,9 W

4.3.1.2 Carga térmica en precalentamiento Para el cálculo de la carga térmica en el precalentamiento se toma una temperatura mínima durante el día de 20°C y se realiza a 33°C de temperatura interna, donde se asumen un tiempo de calentamiento de 2 horas.

¹¹ Instituto de Hidrología, Meteorología e Investigaciones Ambientales (IDEAM)⁴⁶ 29 de enero de 2010

¹² DIPRODAL, Avícola Metrenco E.I.R.L. . Guía de manejo de la planta Incubadora. Pág. 5.

- **Requerimiento térmico por ventilación**

En el sistema de ventilación se demanda un flujo volumétrico mínimo de 8,5 m³/h, donde se evalúa la carga térmica dos veces el flujo mínimo de aire.¹³

Para los huevos que se encuentran a temperatura ambiente en el inicio del ciclo, se asume la composición del huevo como si fuera 100% agua.

Cuadro 5. Estimación de la carga en precalentamiento

CARGA TÉRMICA EN PRECALENTAMIENTO $T_{int} = 33\text{ }^{\circ}\text{C}$ $T_{ext} = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ $t_{calentamiento} = 7200\text{ s}$			
Item	Propiedades	Fórmula	Resultado
Pérdidas por Paredes	$R_{Total\ paredes} = 0,3565 \frac{K}{W}$	$Q_{Paredes} = \frac{T_{interior} - T_{exterior}}{R_{Total\ paredes}}$	36.46 W
Pérdidas por Tapa Acrílica	$R_{Total\ acrilico} = 0,65 \frac{K}{W}$	$Q_{acrilico} = \frac{T_{interior} - T_{exterior}}{R_{Total\ acrilico}}$	20 W
Pérdidas por Ventilación	$\dot{V}_{ventilacion} = 0,004722 \text{ m}^3/\text{s}$ $\rho_{aire} = 1,204 \text{ Kg}/\text{m}^3$ $Cv_{aire} = 719,6 \text{ J}/\text{Kg} \cdot ^{\circ}\text{K}$	$Q_{Vent} = \dot{V}_{vent} * \rho_{aire} * Cv_{aire} * (T_{int} - T_{ext})$	27.54W
Carga Térmica Inicial	$V_{camara} = 0.1009 \text{ m}^3$ $m_{aire\ camara} = 0.1215 \text{ Kg}$	$E_{aire\ camara} = m_{aire\ camara} * Cv_{aire} * (T_{interior} - T_{exterior})$	1137 J
	$m_{huevos} = 0.06 \text{ Kg}$ $Cp_{huevos} = 4183 \frac{J}{\text{Kg} \cdot ^{\circ}\text{C}}$ $N_{huevos} = 112 \text{ unidades}$	$E_{huevos} = Cp_{huevos} * m_{huevos} * N_{huevos} * (T_{int} - T_{ext})$	365400 J
	$Q_{carga\ inicial} = \frac{E_{aire\ camara} + E_{huevos}}{t_{calentamiento}}$		57.07 W
Carga Térmica Total	$Q_{Total} = Q_{Paredes} + Q_{acrilico} + Q_{ventilacion} + Q_{carga\ inicial}$		84.06 W

Realizado el cálculo de la carga térmica en el precalentamiento y la carga en incubación, se realiza la calibración de la resistencia con una potencia de 187.9 W

¹³ DIPRODAL, Avícola Metrenco E.I.R.L. . Guía de manejo de la planta Incubadora. Pág. 5.

correspondiente al ciclo de incubación normal debido a que es la potencia máxima que el sistema requiere.

- **Calibración de resistencia.**

La incubadora cuenta con una resistencia de hilo a la cual se le modifica la longitud hasta obtener la potencia requerida obteniendo experimentalmente los siguientes valores.

$$I = 1,7 A$$

$$R = 69\Omega$$

$$P = I^2 * R = 199,4 W$$

NOTA: las propiedades de los fluidos y materiales se obtienen a partir del programa EES, los libros de transferencia de calor mencionados en la bibliografía y los catálogos de los fabricantes.

4.3.2 Sistema de Soporte Para lograr un calentamiento uniforme dentro de la cámara de incubación, la distribución de la resistencia juega un papel muy importante, por lo tanto se distribuye dentro del ducto con una configuración triangular, soportada por carretes cerámicos, de la siguiente manera.

Ilustración 18. Distribución de la resistencia



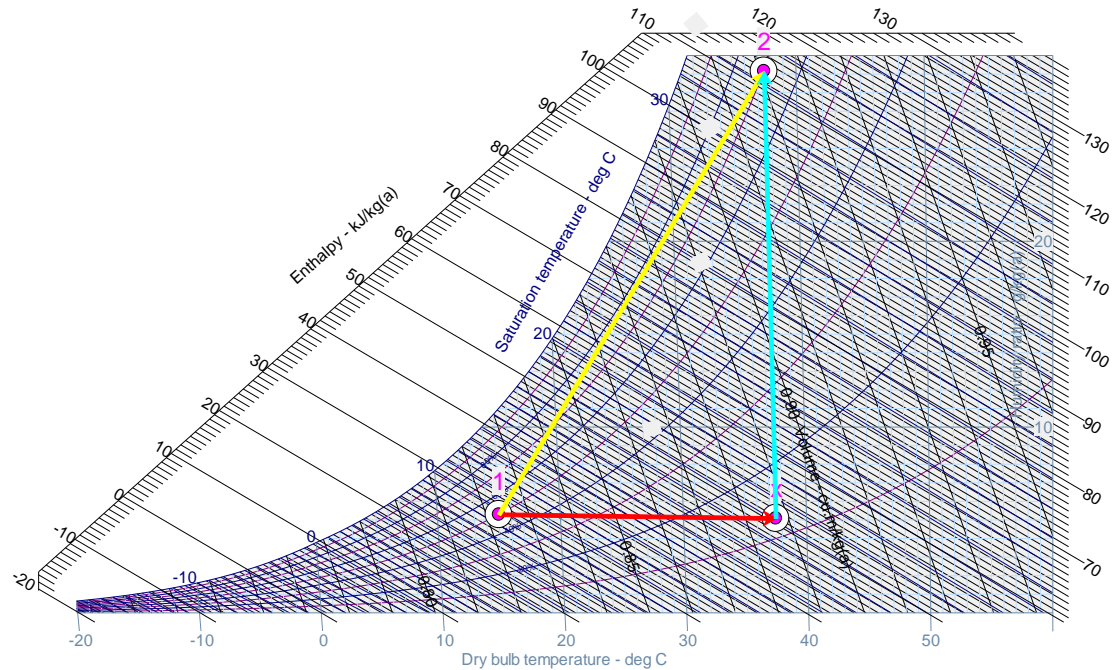
4.4 SISTEMA DE HUMIFICACIÓN

El estudio de los requerimientos de humidificación se realiza con la temperatura mínima esperada y la humedad mínima promedio de 50% para humidificar el aire de ventilación en estado estacionario. Obteniendo los siguientes resultados en la carta psicométrica.

Punto	T_db (°C)	RH (%)	v (g/kg)
1	15,4	50	5.4779
2	37.5	70	29.1683
x	37.5		5.4779

Ilustración 19. Proceso psicrométrico

Pressure: 101325 Pa



$$\dot{m}_{aire} = 0,00577 \text{ Kg}_{aire}/s$$

$$\omega_1 = 5.4779 \text{ g}_{H2O}/\text{Kg}_{aire}$$

$$\omega_2 = 29.1683 \text{ g}_{H2O}/\text{Kg}_{aire}$$

$$\dot{m}_{agua} = \dot{m}_{aire} * (\omega_2 - \omega_1) = 0,137 \text{ g}_{agua}/s = 492 \text{ mL}/hr$$

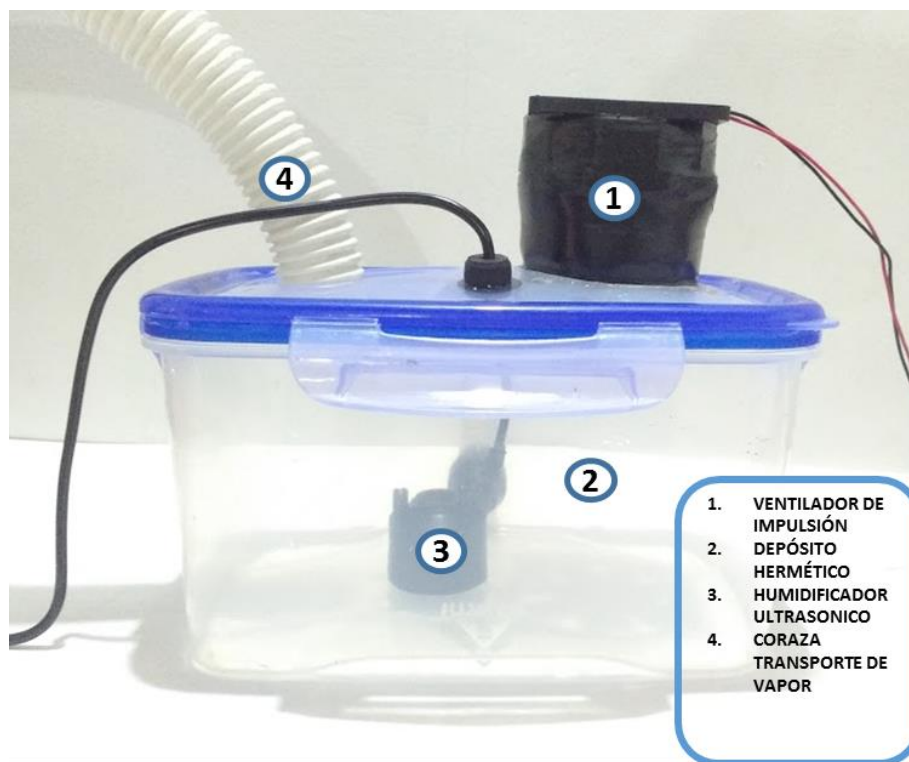
- **Descripción general del sistema**

El sistema opera dispersando rápidamente la humedad mediante una membrana que hace vibrar el agua a velocidad ultrasónica (por encima de 20.000 Hz) generando vapor. Consta de un tanque de almacenamiento, el vaporizador ultrasónico y un sistema propulsor, descritos en el siguiente cuadro.

Cuadro 6. Componentes del sistema de Humidificación.

	Componente	Descripción	Cantidad
Almacenamiento	Deposito Hermético	Cap. 2lt	1
	sistema de llenado	Manguera	2
Sistema de propulsión	Ventilador	12v	1
Humidificador	Vaporizador(Mist Maker)	Ultrasonido	1

Ilustración 20. Sistema general de Humidificación



4.4.1 Almacenamiento

- **Deposito Hermético**

Ilustración 21. Deposito Humidificador



Fuente: IMUSA Producto [en línea] disponible en: <http://www.imusa.com.co/producto>

El depósito tiene una capacidad de 2L, el cual dispone de una capacidad de 1,5L de agua efectiva para producción de vapor.

- **Sistema de llenado**

Para facilitar la recarga del depósito del humidificador se emplea manguera balsteel hacia la parte posterior de la máquina.

Ilustración 22. Manguera Indicadora de nivel



Para el llenado del recipiente se usa un embudo de 100ml, ubicado en la parte trasera de la máquina.

Ilustración 23. Sistema de recarga



4.4.2 Sistemas de propulsión Para llevar el vapor producido por el humidificador a la cámara de incubación, se ubica un ventilador de 12v en la parte superior del depósito separándolo una distancia de 5cms, con el fin de evitar la fuga de agua a causa de la salpicadura procedente en la de producción de vapor, para después

de ser transportado a la cámara de incubación por medio de una manguera flexible (coraza).

Ilustración 24. Sistema propulsión de vapor



4.4.3 Humidificador

- **Vaporizador por ultrasonido**

El Humidificador por Ultrasonido “Mist Maker” produce oscilaciones eléctricas a nivel de frecuencias ultrasónicas (por encima de 20.000 Hz). La membrana de cerámica convierte la oscilación eléctrica en mecánica, esto es lo que crea vapor y agua pulverizada. Estas oscilaciones producen también iones negativos que ayudan a refrescar el aire mientras el vapor humidifica la cámara de incubación. La unidad está provista de un sensor nivel para desconexión automática, previniendo el funcionamiento en vacío.

Ilustración 25. Humidificador

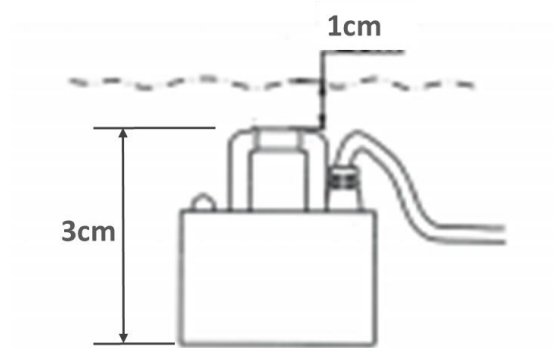


Fuente: proveedor

- **Características de Humidificador:**

- Voltaje de entrada: 24V DC
- Consumo de: <1.0A – 110V
- Nivel de agua Necesarios: 4cm

Ilustración 26. Nivel de agua necesario

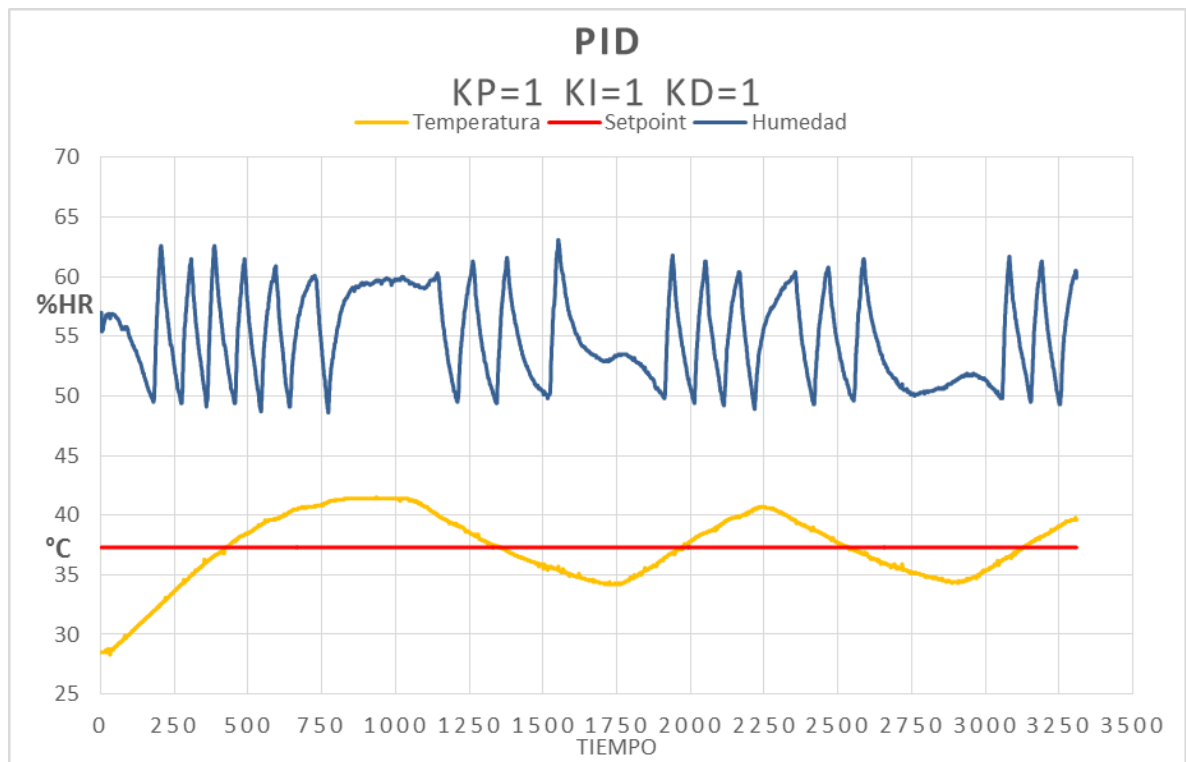


Fuente: proveedor

- **Prueba de Capacidad del Humidificador**

Con el fin de comprobar la capacidad del humidificador y que este pueda mantener la humedad requerida dentro de la incubadora (50 – 60%), se realizan las siguientes pruebas, sometiéndolo a cambios bruscos de temperatura, para evaluar su respuesta, de la cual se puede concluir lo siguiente.

Ilustración 27. Prueba Humidificador



Las pruebas se realizan sometiéndolo a variaciones de temperatura, las cuales superan las condiciones de operación normal de la incubadora (37°C), provocando demandas de humedad en condiciones críticas.

En la prueba se puede observar claramente cómo responde el humidificador con suficiencia a las demandas de humedad exigidas por el sistema, y como este

responde rápidamente sin inconvenientes al control ON-OFF, el cual demanda humedades entre 50-60%.

4.5 SISTEMA DE HOMOGENIZACIÓN DE AIRE

El sistema encargado de homogenizar el aire dentro de la cámara de incubación se basa principalmente en un ducto el cual, por medio de orificios regula la salida del aire caliente en cada sección de la cámara.

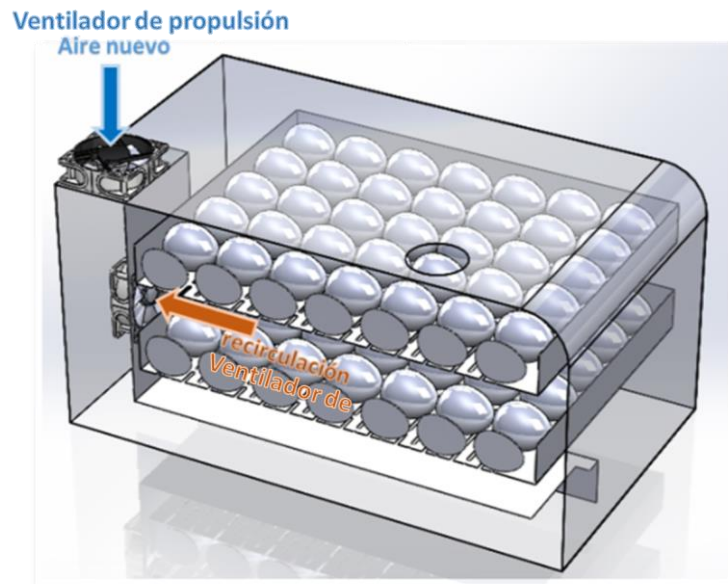
En siguiente cuadro nos muestra los principales componentes que integran este sistema.

Cuadro 7. Sistema de Homogenización

	Componente	Descripción	Cantidad
Sistema de propulsión	Ventilador	12v	1
	Ventilador Re circulante	12v	1
Estructura	Ducto	Rejillas de suministro	1

4.5.1 Sistema de Propulsión El sistema dispone de dos ventiladores, un ventilador que impulsa aire fresco a la cámara de incubación y otro encargado de recircular, el siguiente diagrama nos muestra la manera como están ubicados.

Ilustración 28. Diagrama Ventilación



4.5.2 Estructura

- **Selección de Ducto**

Con el fin de seleccionar la mejor configuración de ducto se realizan simulaciones en SolidWorks, donde se verifican las líneas de trayectoria del aire garantizando la uniformidad dentro de la cámara de incubación y el intercambio de aire para cada huevo.

- **Primera opción**

En la primera opción se simula un ducto troquelado con orificios de 5 mm como se muestra en la figura.

Ilustración 29. Configuración N°1 Ducto

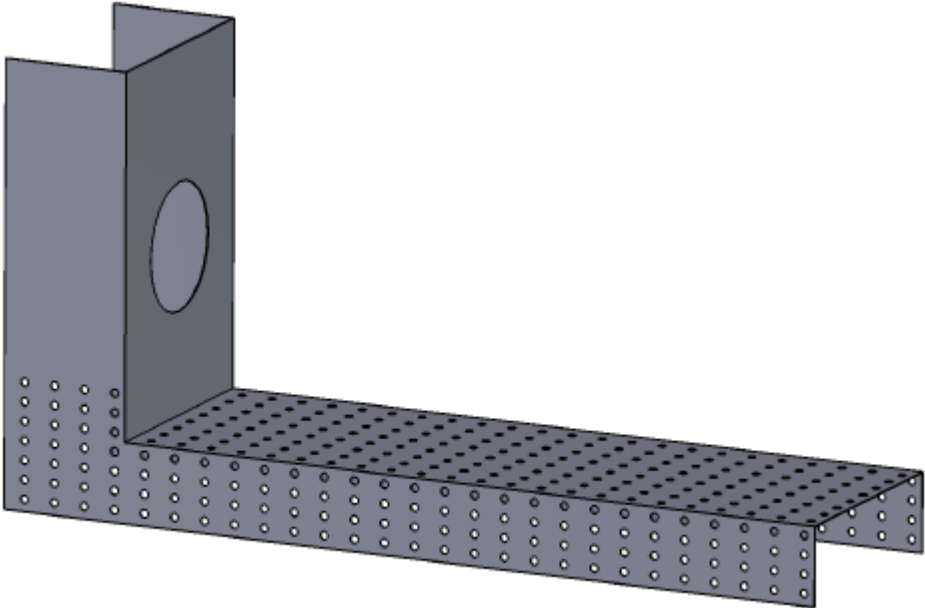
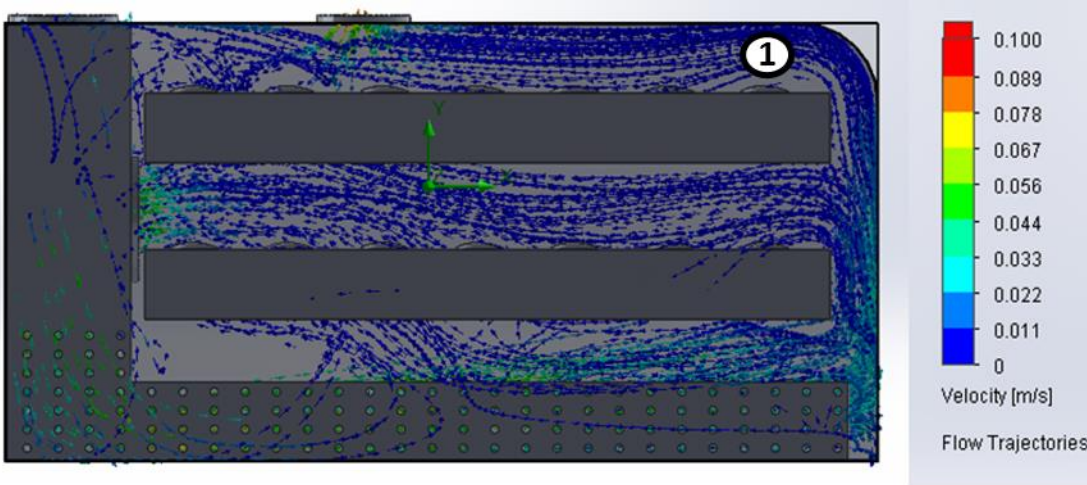
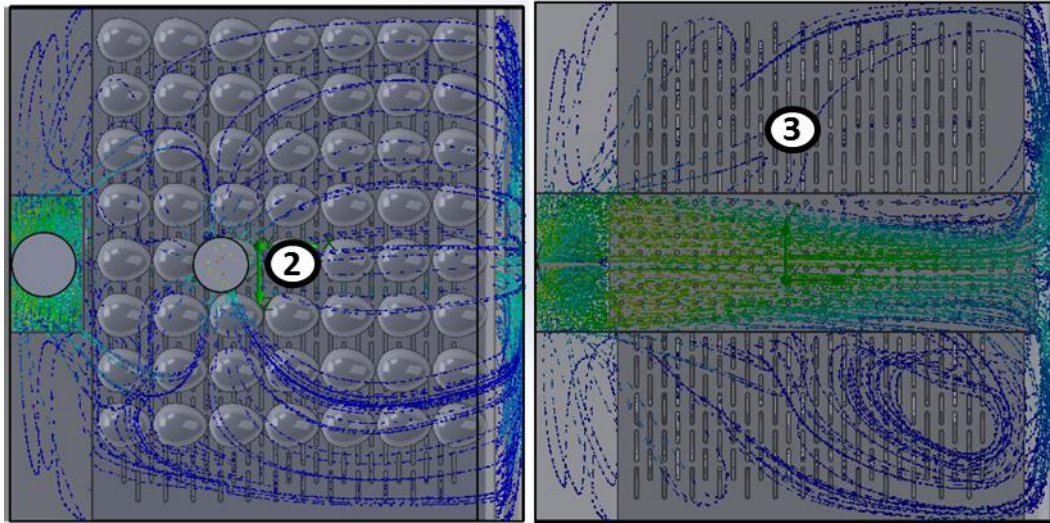


Ilustración 30. Vista Lateral



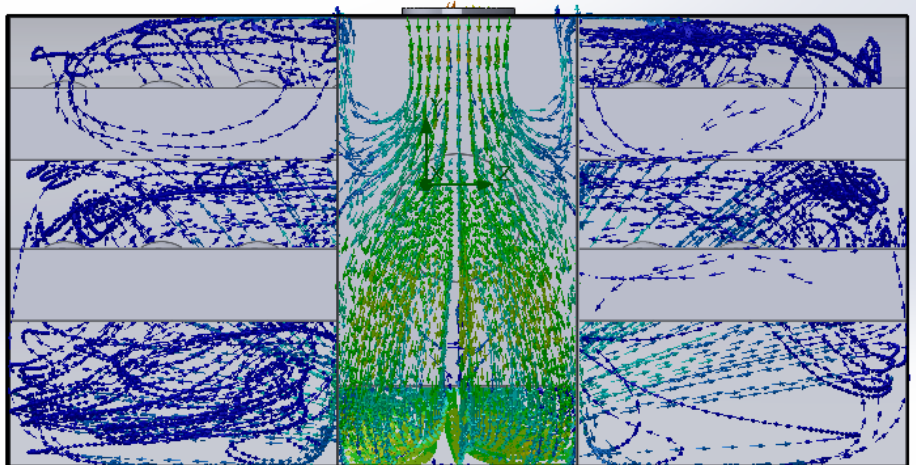
(1) Se observa un flujo excesivo de aire hacia la bandeja superior, y ausencia en la parte posterior de la cámara.

Ilustración 31. Vista superior e inferior



(2) Todas las líneas de flujo en la bandeja superior se dirigen correctamente hacia el orificio de prueba.

Ilustración 32. Vista posterior



(3) En las siguientes simulaciones podemos apreciar que el flujo a través de los orificios es casi nulo, lo que ocasiona que hallan demasiadas líneas de flujo en la parte frontal de la bandeja superior, pero ausencia del mismo en la parte posterior, por tal motivo esta opción no cumple la función de distribuir uniformemente el aire.

Ilustración 33. Vista frontal

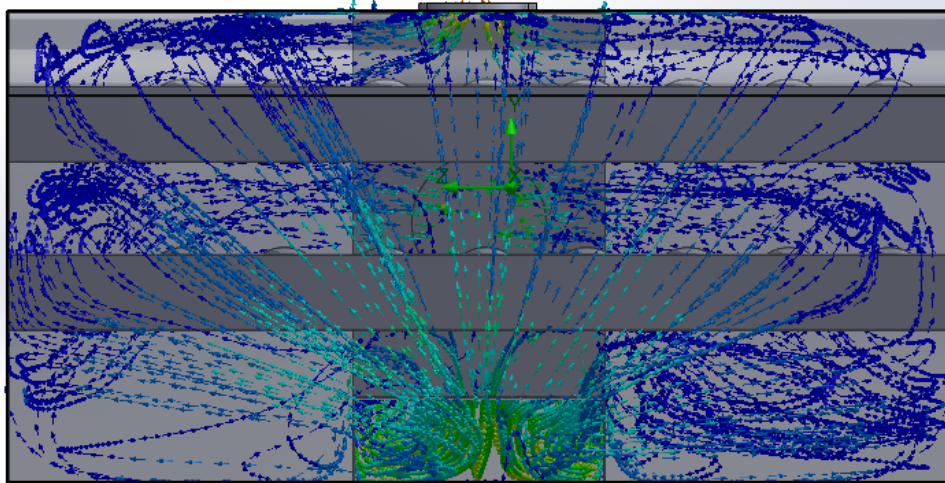
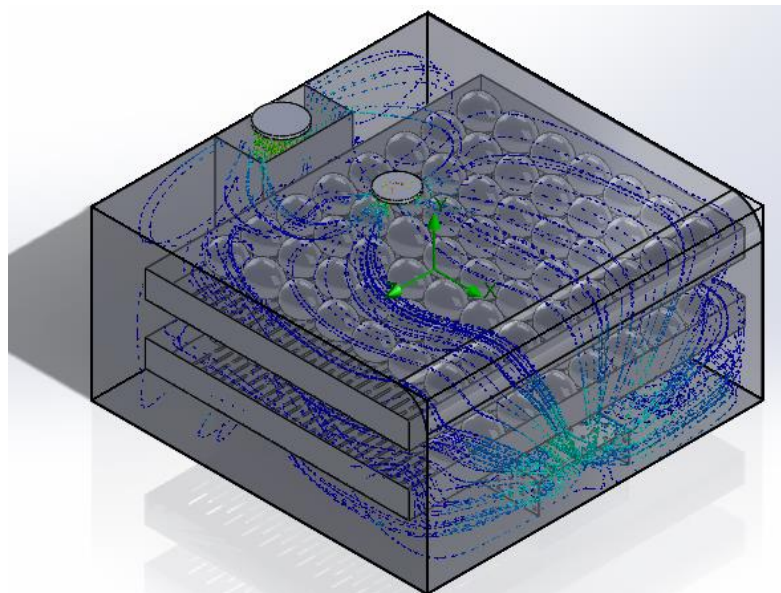


Ilustración 34. Vista isométrica



- **Segunda opción**

Se plantea un ducto con cortes tanto en la parte superior como en la parte lateral, con áreas de salida de flujo más amplias, permitiendo que el flujo se dirija hacia la parte posterior de la máquina.

Ilustración 35. Configuración N°2 Ducto

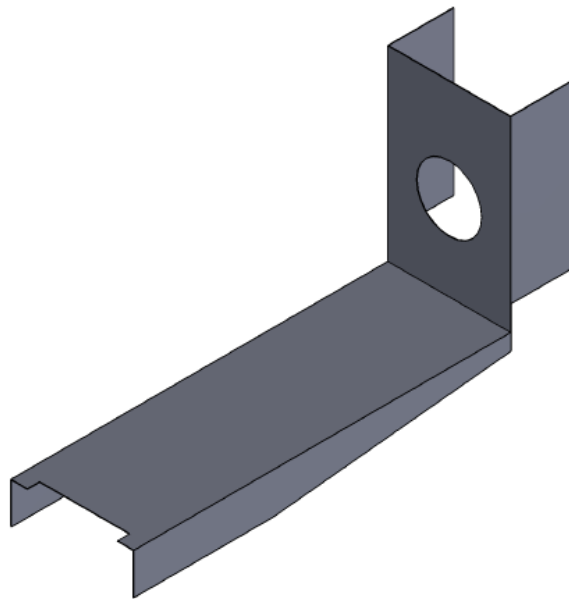


Ilustración 36. Vista Lateral

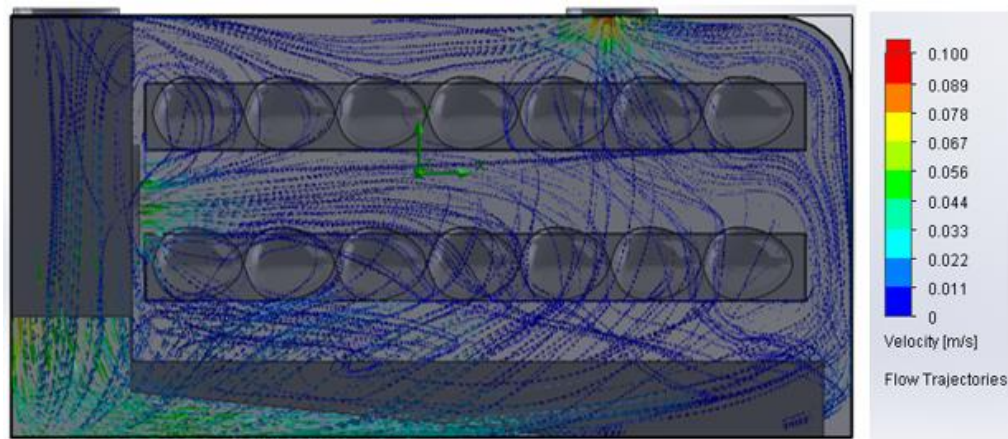
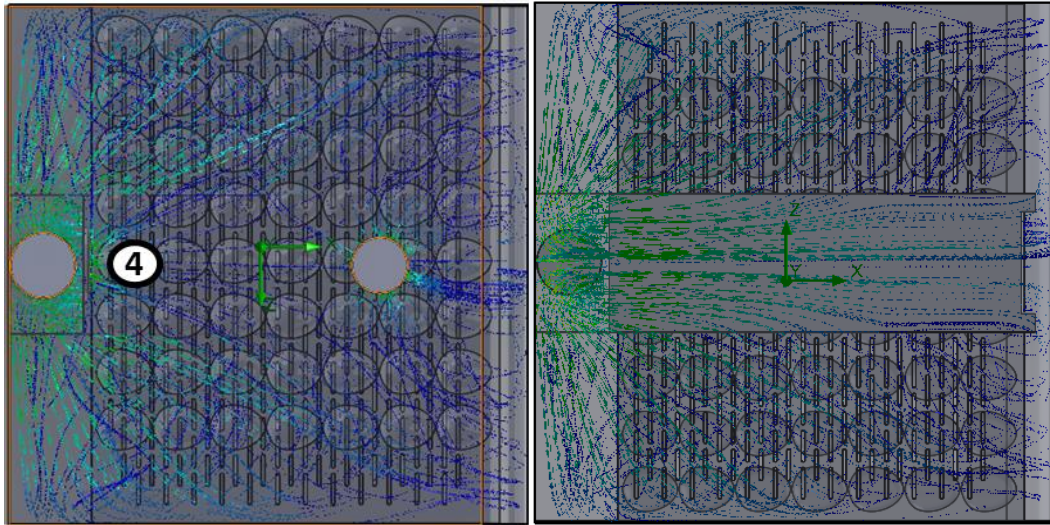
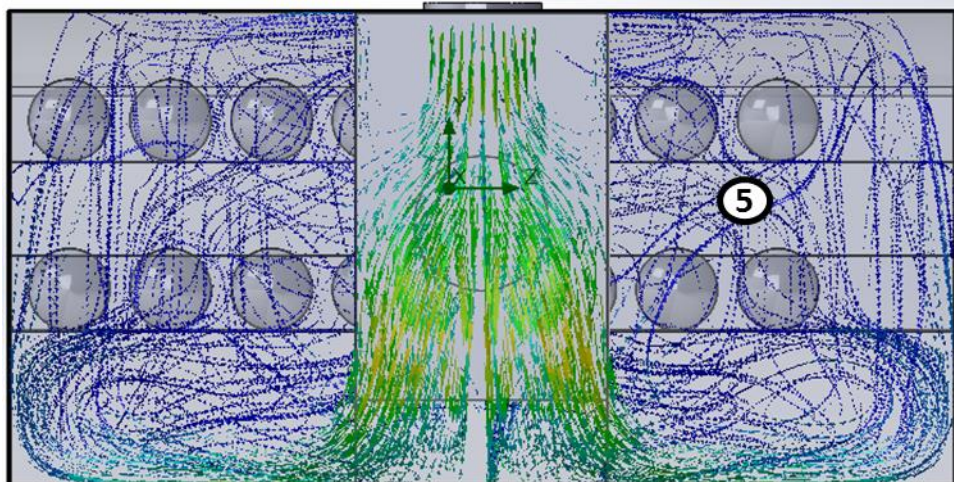


Ilustración 37. Vista superior - Inferior



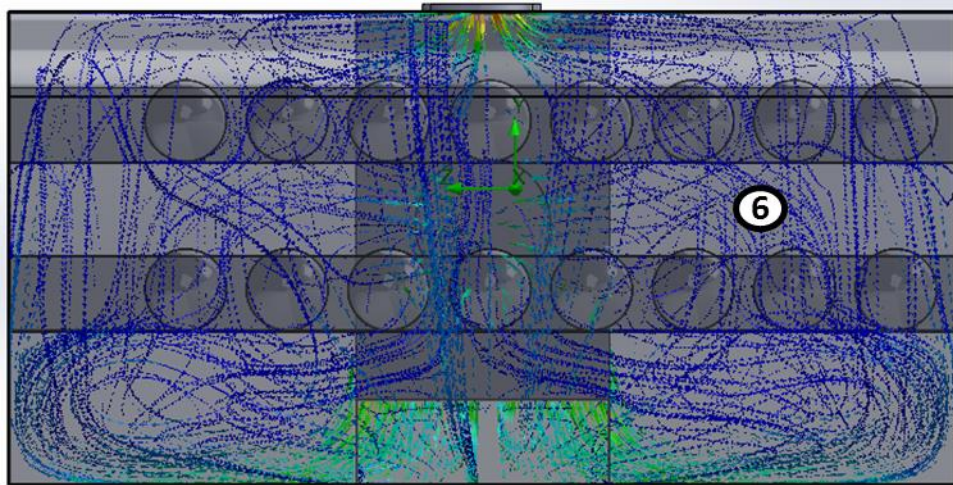
(4) En la vista superior encontramos flujos desde la parte posterior y frontal bastante uniformes, también se encuentran líneas de flujo saliendo del ducto a lo largo de toda su trayectoria, permitiendo una correcta homogenización.

Ilustración 38. Vista Posterior



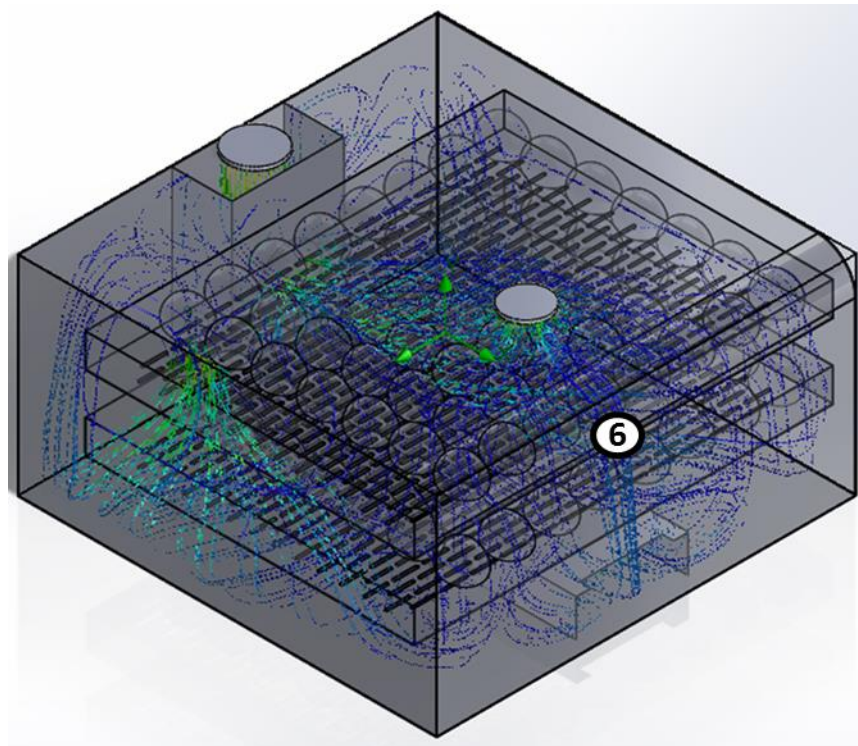
(5) Los flujos de aire se distribuyen de acuerdo a lo esperado garantizando que llegue a todo el volumen de la incubadora.

Ilustración 39. Vista frontal



(6) Se pueden observar flujos que abarcan la parte frontal, posterior y los laterales lo cual es el objetivo de la implementación de este sistema.

Ilustración 40. Vista isométrica



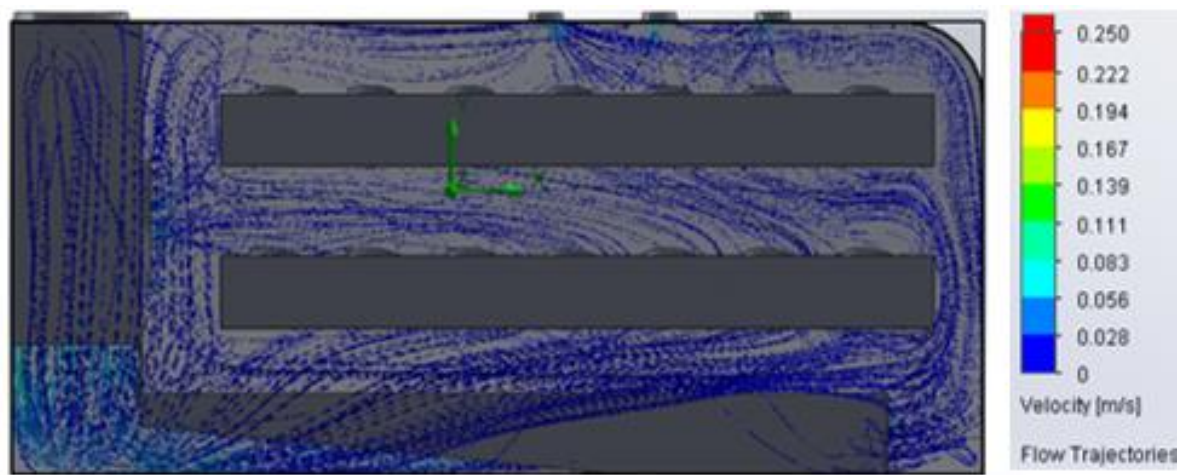
En las simulaciones anteriores se observa que la configuración del ducto n°2 logra distribuir el aire de una manera más uniforme que la N°1, llegando con facilidad a todos los espacios de la cámara de incubación, por tal motivo se opta por esta configuración, y se continua con la selección y posición de las salidas de aire ubicadas en la tapa acrílica.

- **Selección de la Tapa**

Para seleccionar la configuración de los orificios ubicados en la tapa acrílica, se realizan simulaciones variando la cantidad de los orificios, su posición y tamaño, buscando la mejor la mejor distribución posible de aire dentro de la cámara, sobre todo en la parte trasera de la bandeja superior en donde las líneas de flujo disminuyen considerablemente.

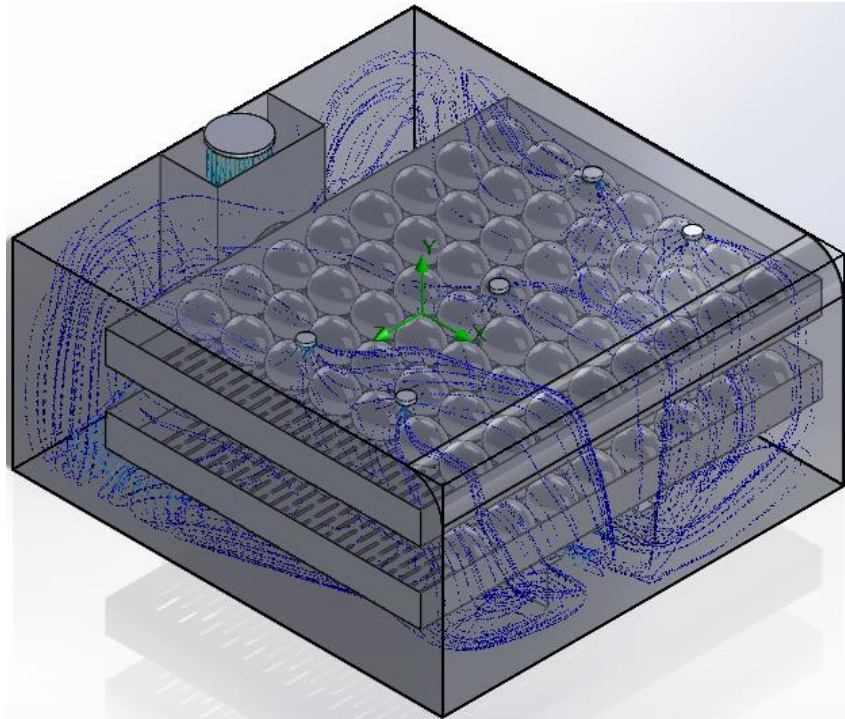
- **Primera opción:** 5 huecos de 1,5 cm de diámetro ubicados como se muestra en la figura.

Ilustración 41. Vista. Lateral 5 huecos



Se observa una mayor cantidad de flujo hacia la parte frontal de la incubadora que no es conveniente.

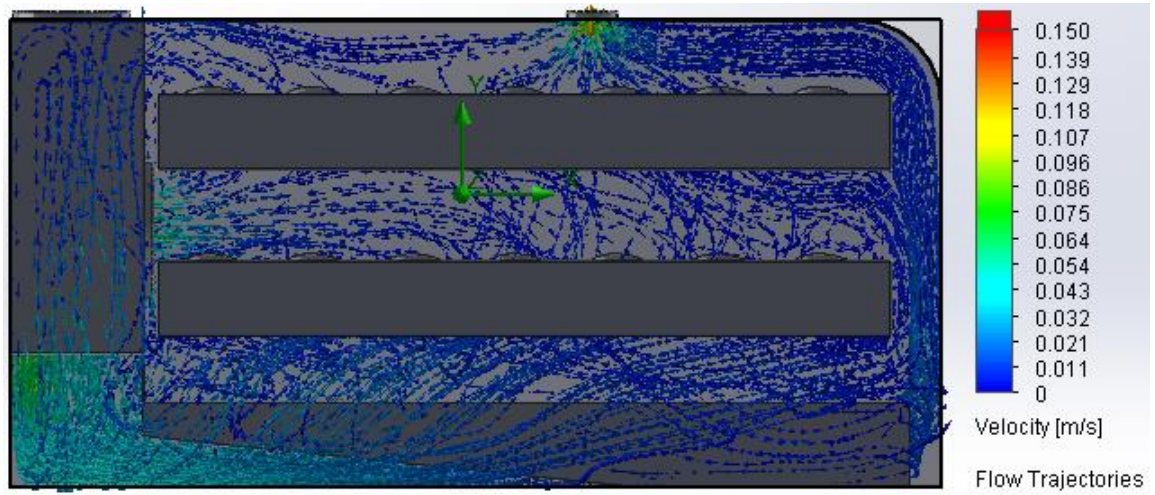
Ilustración 42. Isométrica 5 huecos



El tamaño de los orificios no es suficiente para permitir una cantidad moderada de flujo a través de ellos, ocasionando que el flujo en la bandeja superior sea irregular.

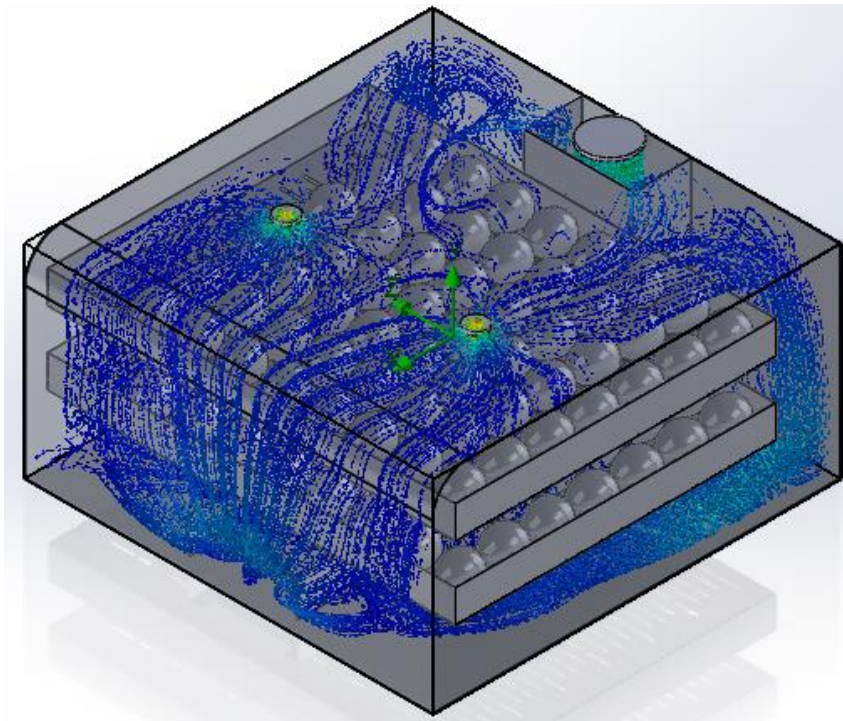
- **Segunda opción:** 2 huecos 3 centímetros de diámetro ubicados como se muestra en la figura.

Ilustración 43. Vista lateral Opción 2 Huecos



A pesar de la gran cantidad de flujo en la parte frontal, la ubicación de los orificios permite una mejor distribución, además también se observan líneas de flujo descendiente que benefician la recirculación dentro de la cámara.

Ilustración 44. Isométrica opción 2 huecos



La simulación N°2 evidencia claramente una mejor distribución de aire, respecto de la posición de los agujeros de salida de aire, en ella podemos observar como el flujo baña por completo cada huevo antes de abandonar la cámara de incubación y flujo desde los laterales, el frente y la parte posterior, por lo tanto se opta por esta opción.

4.6 SISTEMA Y PANEL DE CONTROL

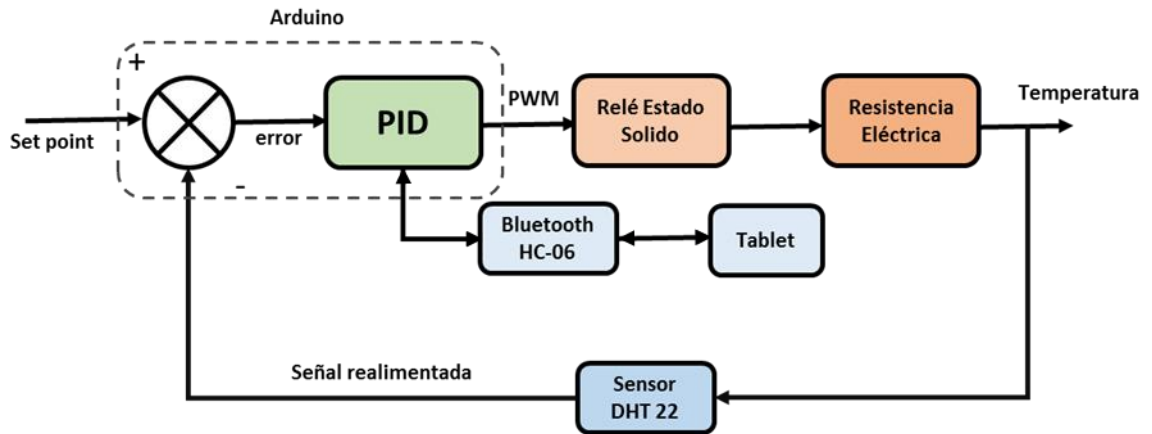
Dada la importancia de realizar un control riguroso sobre variables como la temperatura y la humedad, el proceso de diseño del mismo debe ser cuanto más importante. El sistema de control en general está compuesto por los siguientes subsistemas nombrados en el siguiente cuadro.

Cuadro 8. Sistema de control

	Componente	Descripción	Cantidad
Control temperatura (Ver Ilustración 44)	Relé de estado solido	G3MB-202P 2A	1
	Sensor	DHT-22	1
	Controlador	PID	
Control Humedad (Ver Ilustración 45)	Relé 2 Canales	NRP13-C12T	1
	Sensor	DHT-22	1
	Controlador	ON-OFF	
Circuito de potencia	Tarjeta electrónica	PCB	1
	Fuente de poder		
Panel de Control	Tablero de mando		

4.6.1 Control Temperatura Para realizar el control de temperatura se utiliza una resistencia eléctrica regulada por una señal PWM, para controlar la potencia entregada y mantener la temperatura de la cámara de incubación entre 37 y 37.5°C.

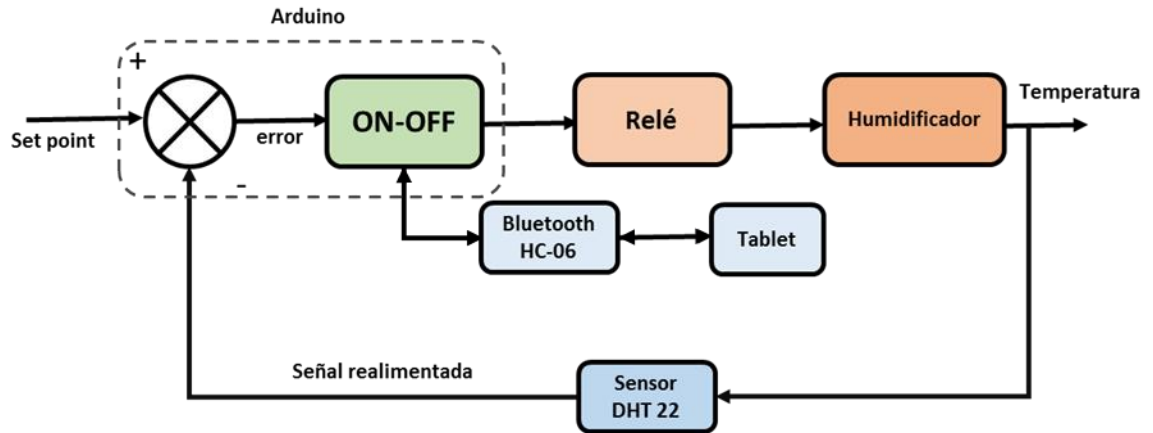
Ilustración 45. Lazo de control de temperatura



El arduino actúa como comparador, realiza las operaciones de control continuo (PID) y envía una señal PWM, el relé de estado sólido es un transductor que convierte la señal DC en una señal AC con la misma frecuencia al actuador (resistencia eléctrica). El sistema se retroalimenta con la temperatura censada por el DHT22 y envía la información a la Tablet por medio del módulo bluetooth.

4.6.2 Control Humedad El sistema dispone de un control ON-OFF, debido a que los rangos de humedad requeridos son de 10% de diferencia, 50%-60% primeros 18 días y 70%-80% últimos 3 días, por lo tanto no requieren mayor precisión.

Ilustración 46. Lazo de control Humedad



El arduino actúa como comparador y determina si es necesario prender o apagar el humidificador de acuerdo a una estrategia de control on-off, enviando una señal al transductor (relé electromagnético) el cual regula el actuador (humidificador). La señal PWM, el sistema se retroalimenta con la humedad censada por el DHT22 y envía la información a la Tablet por medio del módulo bluetooth.

4.6.3 Circuito de potencia Todos los sistemas y órdenes son administrados por el Arduino Nano y alimentados por una fuente DC de computador de la cual se utiliza las salidas de 12v y 5v.

El sistema se compone de los siguientes actuadores eléctricos:

- Ventilador 0,96W (x2) (ver anexo datasheet)
- Ventilador 1,68W (ver anexo datasheet)
- Vaporizador Ultrasónico
- Resistencia 200W
- Interruptores configuración (ver anexo diagrama)

El humidificador trabaja a 24V y tiene fuente independiente.

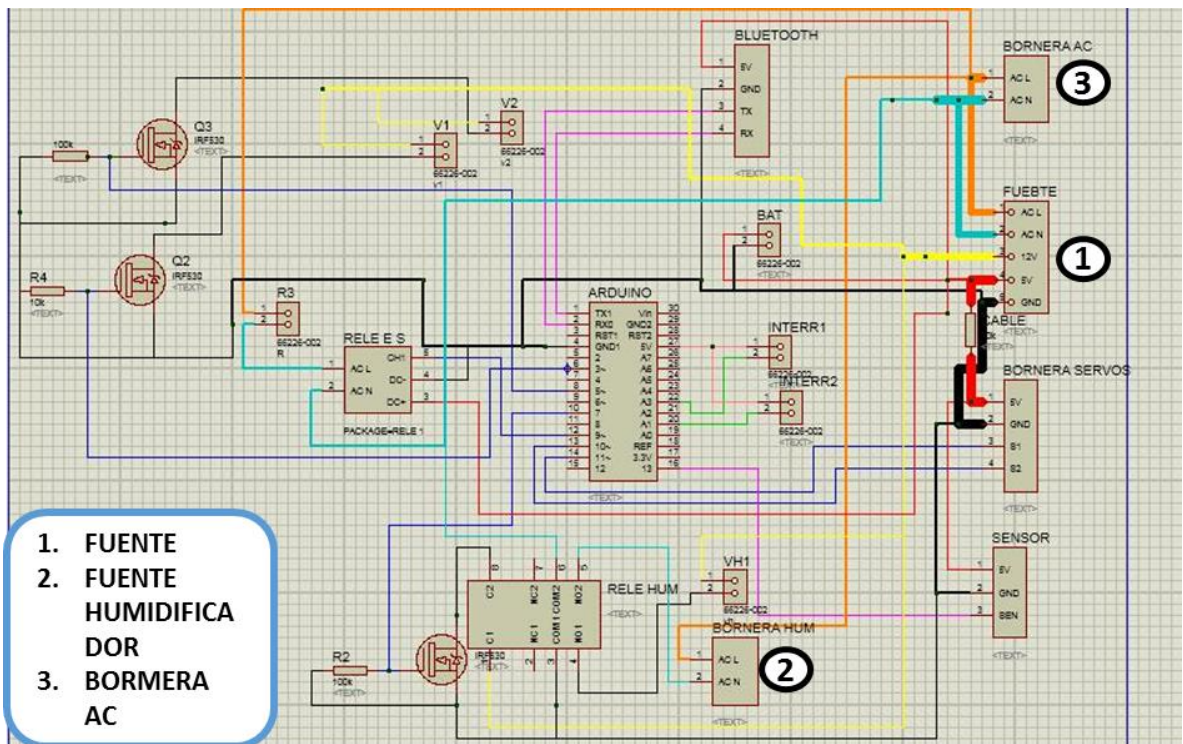
El arduino está aislado de los componentes de potencia por:

- Mosfet IRF 530 (ver anexo datasheet)
- Relé electromecánico NRP13-C12T (ver anexo datasheet)
- Relé de estado sólido OMRON G3MB (ver anexo datasheet)
- Servomotores (ver anexo datasheet)

A continuación se presenta la estructura de conexión entre el arduino y los distintos componentes.

NOTA: Los datasheets de los componentes se encuentran en los anexos.

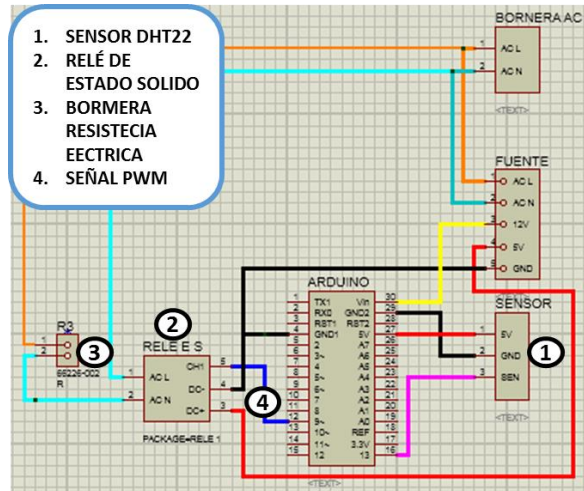
Ilustración 47. Diagrama Eléctrico



Se utiliza una fuente de computador (1) para alimentar todo el sistema electrónico y una fuente de 24 voltios (2) para el vaporizador ultrasónico, los cuales son alimentados desde la PCB, y esta a su vez de la alimentación AC (3) .

- Diagrama eléctrico del sistema de calefacción

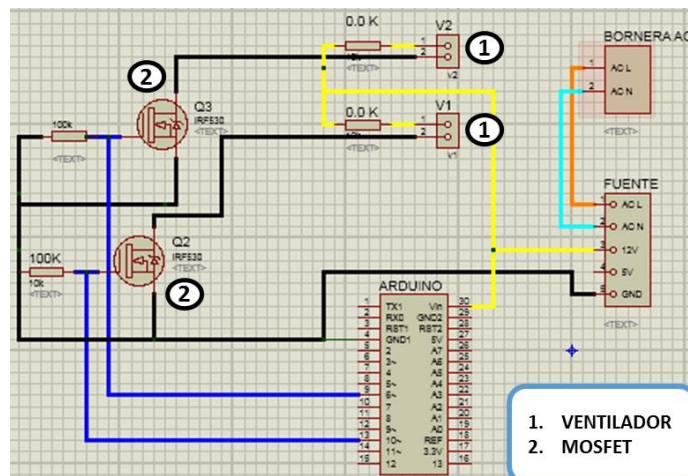
Ilustración 48. Sistema de calefacción



El sistema de calefacción está compuesto por un sensor de temperatura y humedad DHT22 (1), el cual envía la señal al controlador Arduino, encargado de modular la potencia de la resistencia eléctrica (3) a través de un relé de estado sólido (2).

- Diagrama eléctrico del sistema de calefacción sistema de ventilación

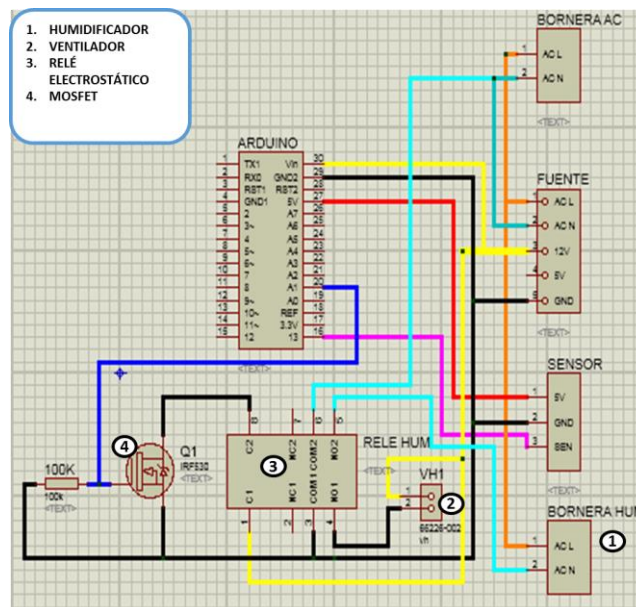
Ilustración 49. Sistema de ventilación



Consta de dos mosfet (2) IRF530 para cada ventilador (1), a modo de aislamiento eléctrico.

- Diagrama eléctrico del sistema humidificador

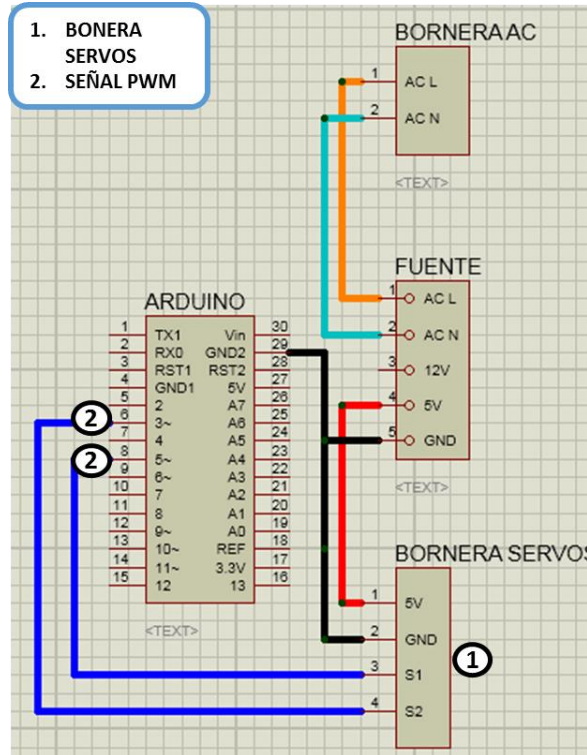
Ilustración 50. Sistema humidificador



El humidificador cuenta con dos actuadores, el vaporizador (1) y un ventilador de impulsión (2), el vaporizador ultrasónico se acciona a través de la fuente que lo alimenta, se requiere una alimentación de corriente alterna. El ventilador funciona con 12V DC por tal motivo se necesita un relé de dos canales (3), el cual es accionado por un mosfet (4) para reducir la carga eléctrica en la fuente del arduino.

- Diagrama eléctrico del sistema de volteo

Ilustración 51. Sistema de volteo



Para accionar los servomotores se envía la señal (2) directamente del arduino a los servos (1) y estos a su vez son alimentados por la fuente principal.

- Diseño PCB

Para facilitar las conexiones se diseña una PCB principal donde se montan todos los componentes electrónicos. Para el diseño de la PCB se tiene en cuenta la corriente que pasa por cada una de las pistas para seleccionar su ancho y la diferencia de potencial entre una y otra para definir la distancia de separación entre pistas adyacentes.

- **Parámetros de diseño**

De acuerdo a las recomendaciones del fabricante de la PCB se tomara como referencia de diseño las siguientes formulas.

$$\text{Ancho de pista} = I/0,8 \text{ mm}$$

$$\text{Ancho de pista minimo} = 0,3 \text{ mm}$$

$$\text{Distancia entre pistas} = \Delta V/30 \text{ mm}$$

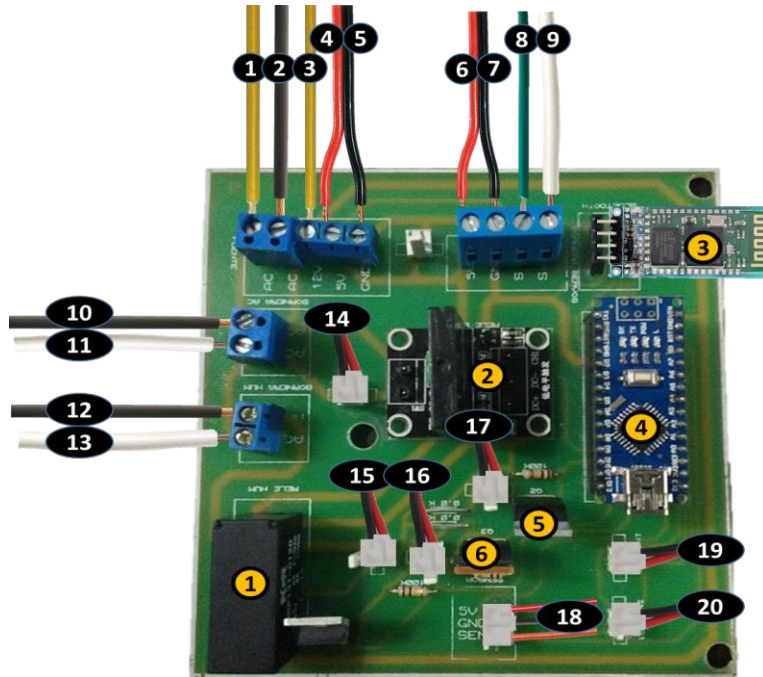
Donde I es la corriente en amperios y ΔV la diferencia de potencial en voltios.

Cuadro 9. Parámetros de diseño PCB

Componente	Corriente	Voltaje	Ancho de pista
Ventilador recirculación	0,08	12	0,3
Ventilador principal	0,08	12	0,3
Ventilador humidificador	0,14	12	0,3
Resistencia eléctrica	2	110	2,5
Vaporizador	1	110	1,25
Servo motores	2	5	2,5
Pistas de señal	0,5	5	0,3

Basado en estos parámetros se diseña una PCB de 10cmX12cm como se muestra a continuación.

Ilustración 53. Diagrama de Conexiones



El siguiente cuadro describe el origen de cada uno de los conductores llevados a la PCB.

Cuadro 10. Descripción de conexiones

#	Descripción	Color	Componente
1	AC fase	Amarillo	Fuente
2	AC neutro	Negro	Fuente
3	Out 12V	Amarillo	Fuente
4	Out 5V	Rojo	Fuente
5	GND	Negro	Fuente
6	5V Servomotor	Rojo	Sist. volteo
7	GND servomotor	Negro	Sist. volteo
8	Señal bandeja superior	Verde	Sist. volteo
9	Señal bandeja inferior	Blanco	Sist. volteo
10	AC Fase in	Blanco	Bastidor

#	Descripción	Color	Componente
11	AC neutron in	Negro	Bastidor
12	AC Fase in humidificador	Blanco	Sist. Humidificación
13	AC neutron in humidificador	Negro	Sist. Humidificación
14	Bornera Resistencia	Negro- Rojo	Sist. Humidificación
15	Bornera ventilador recirculación	Negro- Rojo	Sist. Humidificación
16	Bornera ventilador ventilación	Negro- Rojo	Sist. Humidificación
17	Bornera ventilador recirculación	Negro- Rojo	Sist. Humidificación
18	Bornera Sensor	Negro- Rojo- Naranja	Sist. Humidificación
19	Bornera interruptor precalentamiento	--	Incubadora
20	Bornera interruptor de nacimiento	--	Incubadora

4.7 DISEÑO DE BASTIDOR

El bastidor de la incubadora se diseña dimensionalmente para cubrir los requerimientos mencionados anteriormente, se utiliza lamina calibre 22, los rieles se simulan como un bloque solido debido a que el fabricante da una capacidad de soporte de 30 Kg por par, muy superior a los requerimientos de la incubadora.

El modelo se simplifica y se modelan las siguientes cargas distribuidas.

- **Bandejas nacedoras:**

Cada una de las bandejas soporta el peso de los huevos y las parrillas volteadora, aproximadamente 40 N.

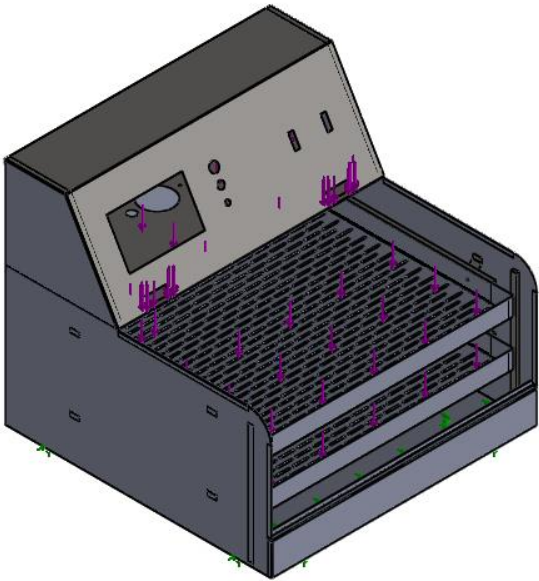
- **Soporte Superior:**

Este componente soporta el peso de la fuente, circuitos electrónicos y el humidificador, aproximadamente 30 N.

- **Bisagras puerta:**

El área donde se apoyan las bisagras de la puerta soporta el peso de la misma, aproximadamente 30 N.

Información del modelo



Nombre del modelo: Ensamblaje bastidor simu2
Configuración actual: Predeterminado

Sólidos			
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento

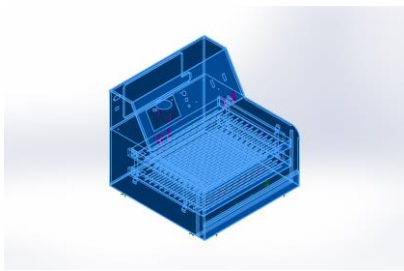
	Sólido	Masa:1.21522 kg Volumen:0.000153826 m ³ Densidad:7900 kg/m ³ Peso:11.9092 N	C:\Users\Diego\Desktop\PROYE CTO2\Planos\Fabricacion\riel.SLD PRT
Cortar-Extruir1 	Sólido	Masa:1.21522 kg Volumen:0.000153826 m ³ Densidad:7900 kg/m ³ Peso:11.9092 N	C:\Users\Diego\Desktop\PROYE CTO2\Planos\Fabricacion\riel.SLD PRT
Cortar-Extruir1 	Sólido	Masa:1.21522 kg Volumen:0.000153826 m ³ Densidad:7900 kg/m ³ Peso:11.9092 N	C:\Users\Diego\Desktop\PROYE CTO2\Planos\Fabricacion\riel.SLD PRT
Cortar-Extruir1 	Sólido	Masa:1.21522 kg Volumen:0.000153826 m ³ Densidad:7900 kg/m ³ Peso:11.9092 N	C:\Users\Diego\Desktop\PROYE CTO2\Planos\Fabricacion\riel.SLD PRT

- **Unidades:**

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

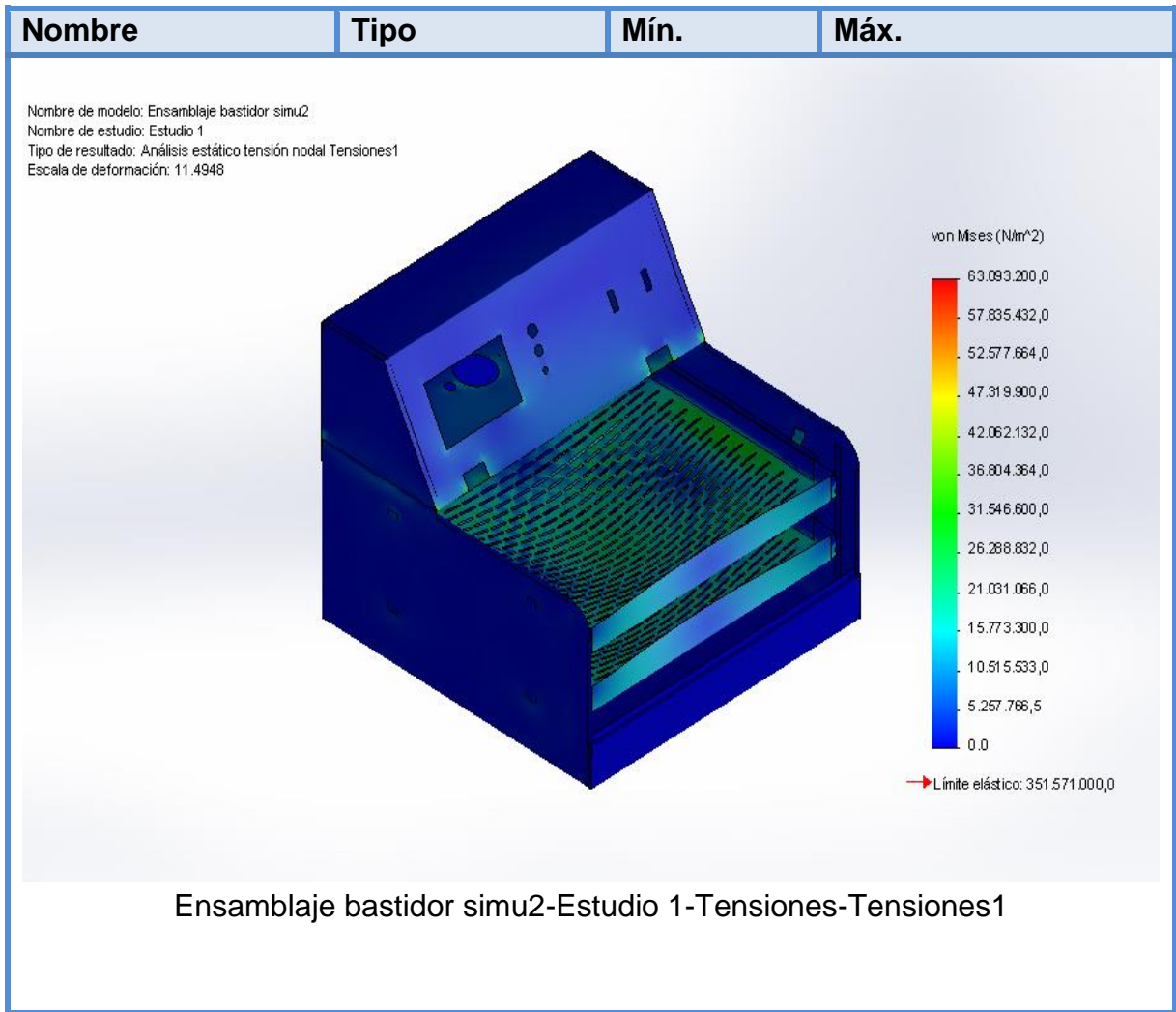
- **Propiedades de material**

Referencia de modelo	Propiedades
----------------------	-------------

Referencia de modelo	Propiedades
	<p>Nombre: AISI 1020</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Tensión máxima de von Mises</p> <p>Límite elástico: 3.51571e+008 N/m²</p> <p>Límite de tracción: 4.20507e+008 N/m²</p> <p>Módulo elástico: 2e+011 N/m²</p> <p>Coefficiente de Poisson: 0.29</p> <p>Densidad: 7900 kg/m³</p> <p>Módulo cortante: 7.7e+010 N/m²</p> <p>Coefficiente de dilatación térmica: 1.5e-005 /Kelvin</p>

- **Resultados del estudio**

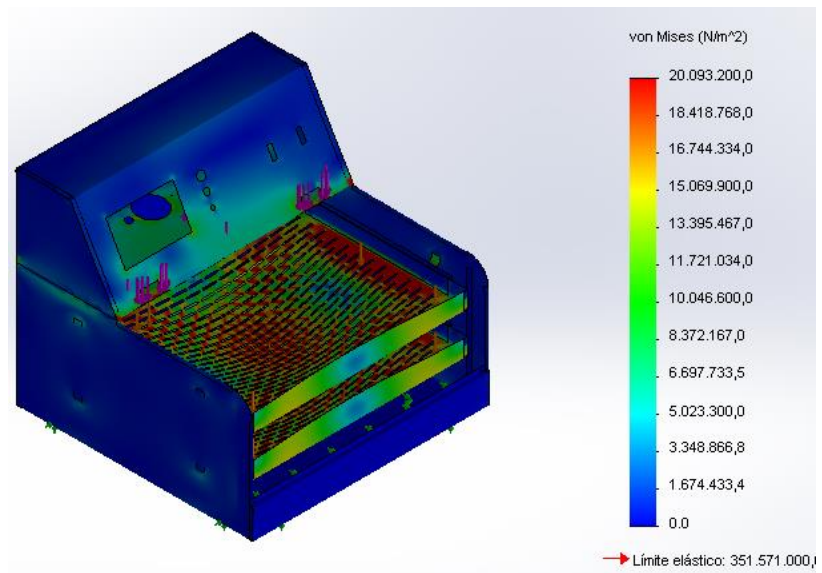
Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	0 N/m ² Nodo: 14073	6.30932e+007 N/m ² Nodo: 36551



- **Análisis de resultados**

De acuerdo con la simulación el esfuerzo máximo en el ensamble es de $6.30932e+007$ N/m² y se presenta en las bandejas, este esfuerzo representa da un factor de seguridad $N=5,5$, el cual es un valor válido para el componente.

Ilustración 54. Detalle analisis bastidor



Con el fin de facilitar el análisis de los esfuerzos en la simulación se reduce la escala para apreciar mejor la distribución de esfuerzos en el bastidor.

5. INTERFAZ PEDAGOGICA

La interfaz pedagógica está desarrollada en App Inventor 2, una plataforma vía web desarrollada por el MIT y Google Labs, la cual permite crear aplicaciones para el sistema operativo Android a partir de herramientas graficas que permiten al usuario crear líneas y comandos de programación por medio de bloques y herramientas básicas.

5.1 PANEL PRINCIPAL

En pantalla principal se muestran las condiciones ambientales a las cuales se encuentra la cámara de incubación, y un menú de interacción donde el usuario selecciona la información deseada.



5.2 MENÚ PROCESO DE INCUBACIÓN

En este menú el usuario puede seleccionar el ítem acerca del cual desea conocer concerniente al proceso de incubación.



TEMPERATURA: XX.XX °C

HUMEDAD: XX %

PROCESO
INCUBACIÓN

HUMIDIFICACIÓN

Durante el proceso de incubación la humedad debe mantenerse entre 52% y 58% los primeros 18 días. Y entre 72% y 78% en los últimos 3 días previos al nacimiento.



Km 4 Vía los Santos, Mesa de Los Santos, Santander. Contáctenos:6432250 / 315 720 58 68



TEMPERATURA: XX.XX °C

HUMEDAD: XX %

PROCESO
INCUBACIÓN

CALEFACCIÓN

La temperatura es sumamente importante, Las variaciones de más de un grado pueden afectar el número de huevos nacidos. La temperatura ideal se encuentra entre 37°C y 37.5°C.



Km 4 Vía los Santos, Mesa de Los Santos, Santander. Contáctenos:6432250 / 315 720 58 68



TEMPERATURA: **XX.XX °C**

HUMEDAD: **XX %**

**PROCESO
INCUBACIÓN**

VOLTEO

Con el fin de que el embrión no se adhiera a la membrana de la cáscara del huevo, se requiere que los huevos den vueltas, de una forma o de otra, los huevos se voltean 5 - 6 veces al día como mínimo.



 Km 4 Vía los Santos, Mesa de Los Santos, Santander. Contáctenos: 6432250 / 315 720 58 68





5.3 MENÚ INFORMACIÓN DE MÁQUINA

En este menú el usuario puede seleccionar el ítem de información de la máquina al cual desea acceder.

TEMPERATURA: **XX.XX** °C

HUMEDAD: **XX** %

CONTROL

**INFORMACIÓN
DE LA MÁQUINA**

MANTENIMIENTO



 Km 4 Vía los Santos, Mesa de Los Santos, Santander. Contáctenos:6432250 / 315 720 58 68



TEMPERATURA: **XX.XX °C**

HUMEDAD: **XX %**

CONTROL

INFORMACIÓN DE LA MÁQUINA

- Se debe llevar un control riguroso del nivel de agua en el humidificador.
- El día 18 poner la maquina en modo nacimiento, desde su interruptor en el panel de control



Km 4 Vía los Santos, Mesa de Los Santos, Santander. Contáctenos:6432250 / 315 720 58 68





5.4 CRÉDITOS

Si el usuario desea conocer acerca de los desarrolladores de la aplicación y incubadora, puede hacerlo a través de este ítem.

TEMPERATURA: XX.XX °C

HUMEDAD: XX %

- **Desarrollado en:**
<http://ai2.appinventor.mit.edu/>
- **Desarrolladores:**
CRISTIAN A. SOTO BAEZ
DIEGO R. JOYA CÁRDENAS
- **Escuela de Ingeniería**
Mecánica / Universidad
Industrial de Santander - 2016

CREDITOS



Km 4 Vía los Santos, Mesa de Los Santos, Santander. Contáctenos:6432250 / 315 720 58 68



6. PRUEBA Y RESULTADOS DE FUNCIONAMIENTO DE LA INCUBADORA

Terminada la fase de fabricación se evalúan la funcionalidad y fiabilidad de los sistemas que conforman la máquina. Se realizan las etapas de:

- Calibración
- Prueba de funcionamiento
 - Carga parcial
 - Carga total

6.1 CALIBRACIÓN DE LOS SISTEMAS DE LA INCUBADORA.

6.1.1 Sistema de calefacción Para el ajuste de las condiciones de temperatura y humedad de la cámara se realiza de manera iterativa la sintonización del control PID, variando sus constantes en busca de la respuesta adecuada, para el proceso de operación en incubación y nacimiento.

Ilustración 55. Sintonización PID 1

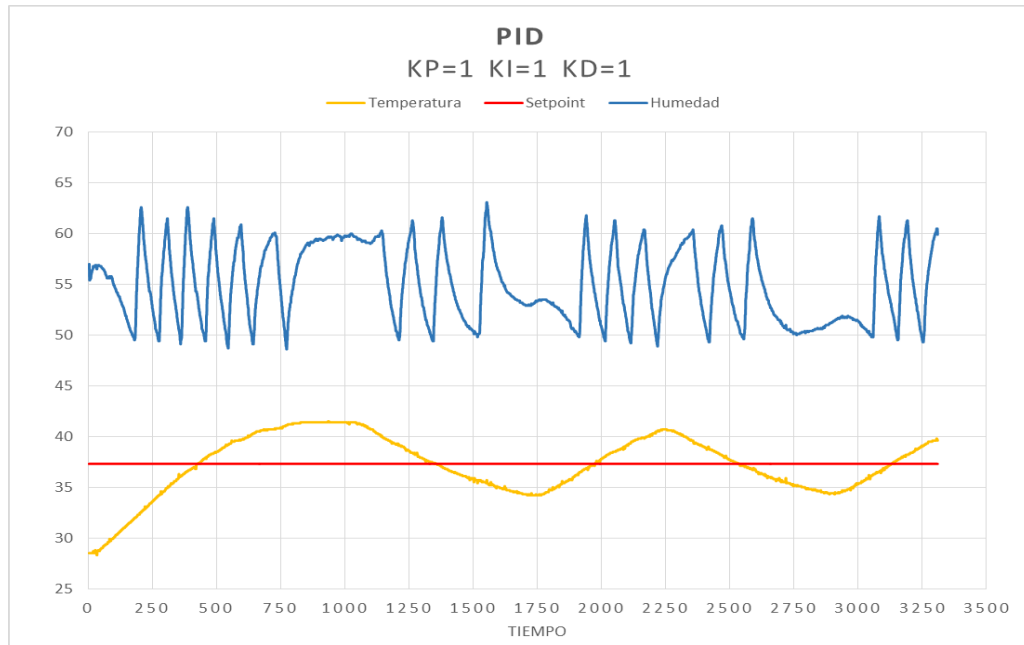


Ilustración 56. Sintonización PID 2

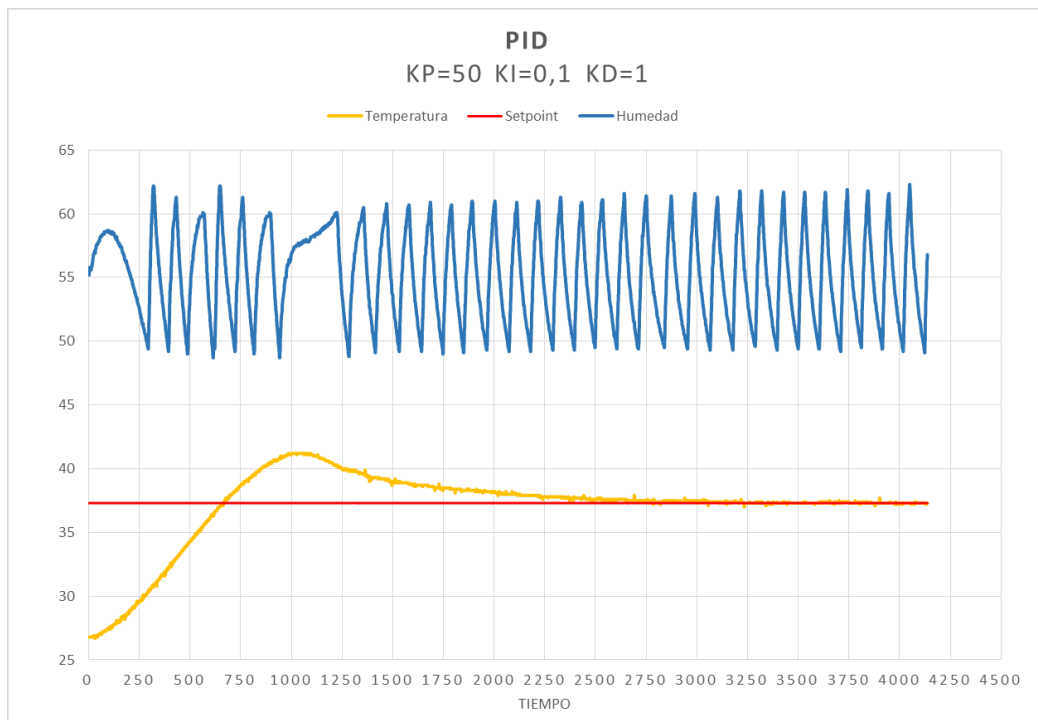


Ilustración 57. Sintonización PID 3

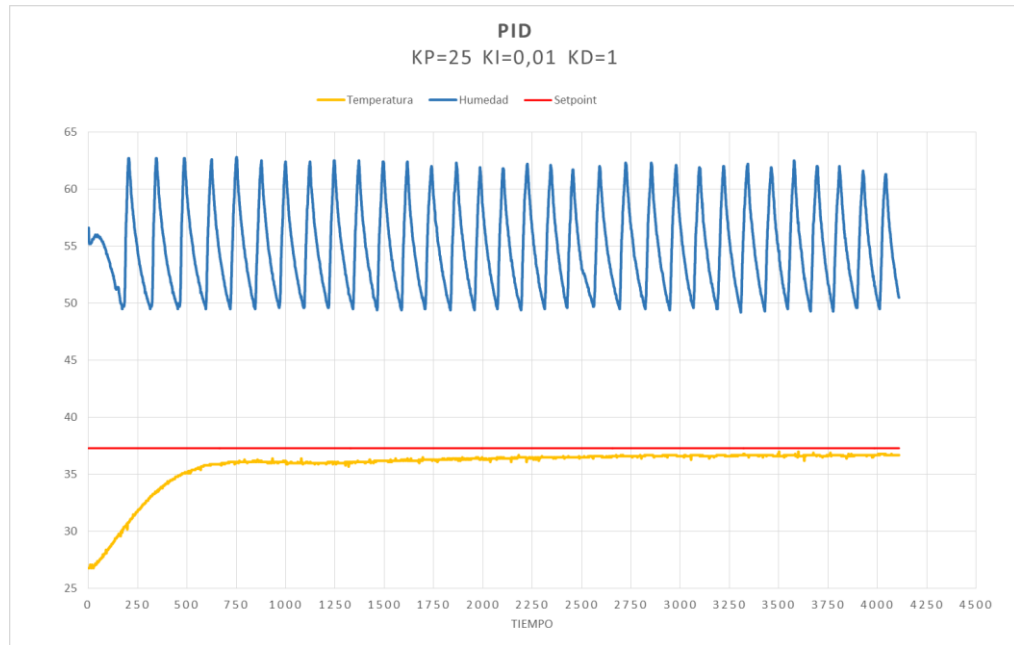


Ilustración 58. Sintonización PID 4

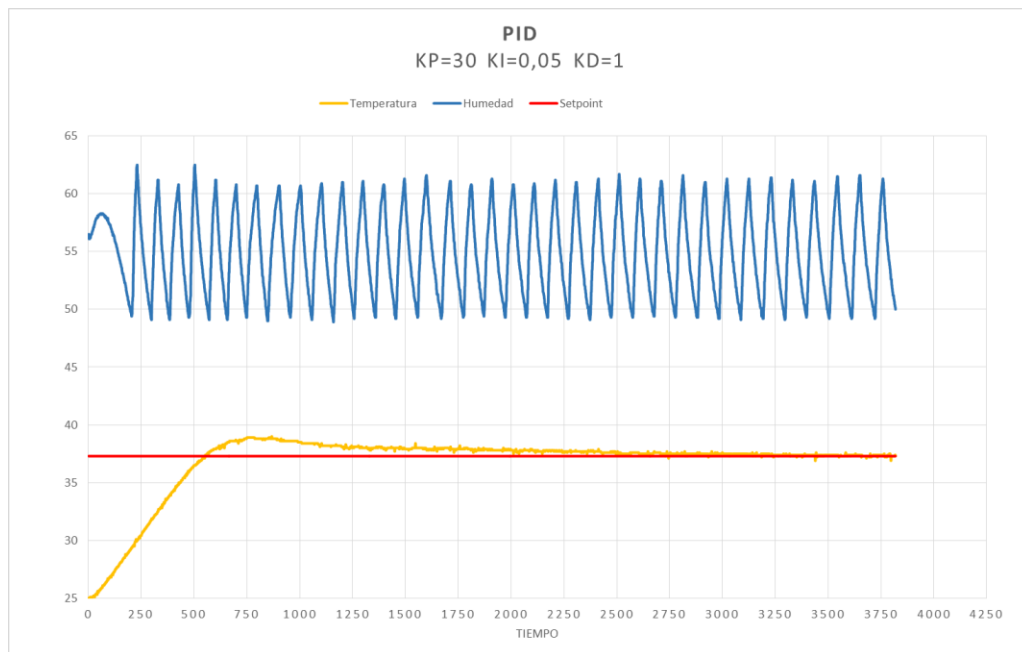
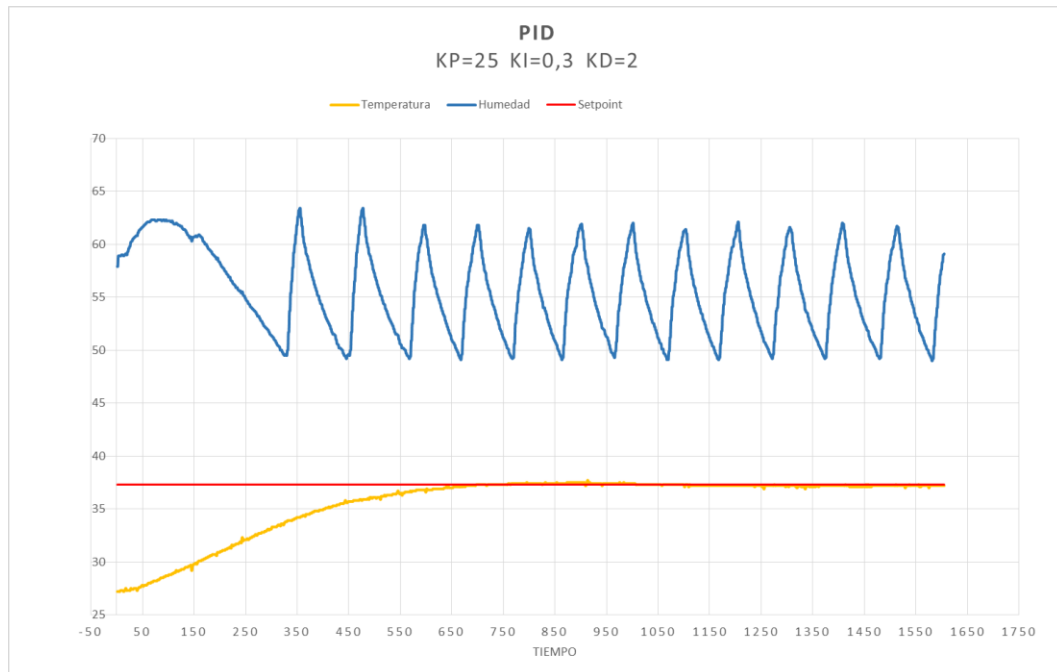


Ilustración 59. Sintonización PID 5



Se observa una mejor respuesta del sistema en la calibración PID 5, debido a la ausencia de picos de temperatura que sobrepasen el Setpoint y una respuesta lenta y adecuada del sistema sin cambios bruscos de temperatura que puedan ocasionar inconvenientes en el desarrollo de los embriones.

6.1.2 Sistema de volteo Se prueba el funcionamiento de los servomotores encontrando algunos rangos en los que se pierde la linealidad, para superar tal inconveniente, se define la amplitud de movimiento en 75° y su rango entre 45° y 120° .

6.1.3 Sistema de humidificación (VER 4.5.3 Pág. 56)

6.2 PRUEBA A CARGA PARCIAL

Inicialmente se realiza una prueba con unos pocos huevos para probar la eficiencia de los sistemas en el proceso de incubación, para tal fin se carga la incubadora con 7 huevos fertilizados y se pone en funcionamiento de acuerdo a los parámetros de diseño definidos.

Ilustración 60. Prueba 1

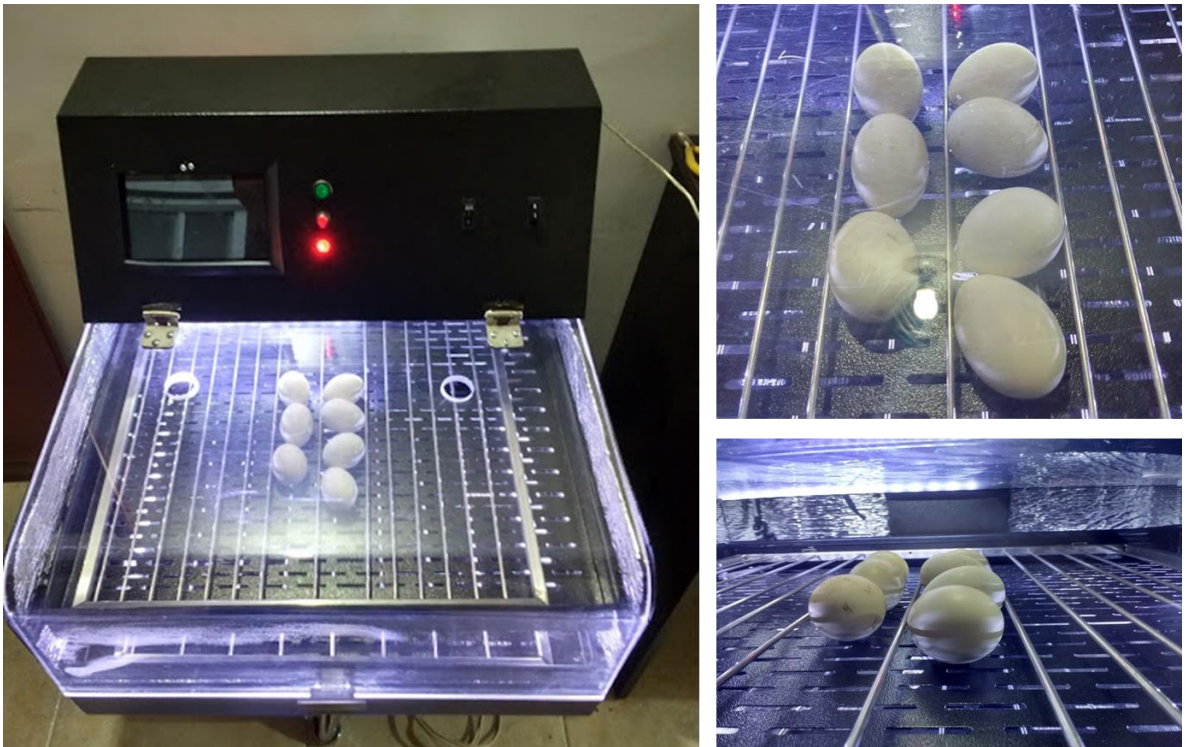


Ilustración 61. Prueba 1



Obteniendo los siguientes resultados:

- Temperatura constante y una respuesta adecuada frente a perturbaciones.
- Todos los sistemas funcionaron correctamente con fallas menores que fueron corregidas a conformidad.
- De los 7 huevos cargados, nacieron 6 pollos en buen estado, el último mostró un desarrollo tardío, que impidió su nacimiento.

6.3 PRUEBA A CARGA TOTAL

A partir de los resultados a carga parcial se prueba la incubadora a capacidad máxima, donde se introducen 110 huevos de gallina, cumpliendo los protocolos higiénicos y técnicos descritos en el manual de operación. Obteniendo los siguientes resultados:

Ilustración 62. Prueba 2



Ilustración 63. Prueba 2



Ilustración 64. Ilustración 57. Prueba 2



- Todos los sistemas funcionan eficaz y confiablemente.
- De los 100 huevos introducidos se encontraron 30 que no eran fértiles o sufrieron algún tipo de daño durante la recolección, almacenamiento o transporte, pues no se evidencio desarrollo embrionario, de los 70 restantes hubieron 58 nacimientos exitosos, 5 muertes en el nacimiento, 3 malformados y 4 con desarrollo incompleto.

7. ANALISIS DE COSTOS

A continuación se presenta el análisis de costos y viabilidad del proyecto, partiendo de los gastos de fabricación, el costo de desarrollo, los gastos de energía por ciclo y mantenimiento de la máquina.

Cuadro 11. Gastos de Fabricación

GASTOS FABRICACION			
SISTEMA	DESCRIPCIÓN	VALOR	TOTAL
MECANISMO DE VOLTEO			\$189.000
	Servomotor (2)	60.000	
	Mecanismo barras (2)	12.000	
	Rieles(2)	22.000	
	Parrillas (2)	80.000	
	Rodamientos (6)	15.000	
SISTEMA CALEFACTOR			\$25.000
	Resistencia Eléctrica	8.000	
	Soporte	5.000	
	Ventilador(2)	12.000	
SISTEMA HUMIDIFICACION			\$75.500
	Deposito	7.500	
	Humidificador	50.000	
	Ductos	9.000	
	Embudo	3.000	
	Ventilador	6.000	
PANEL DE CONTROL			\$176.000
	Tablet	150.000	
	Indicadores	26.000	
CIRCUITOS DE POTENCIA Y CONTROL			\$229.000
	PCB	50.000	
	Fuente Eletrica	37.000	
	Fuente 24V	20.000	

GASTOS FABRICACION			
SISTEMA	DESCRIPCIÓN	VALOR	TOTAL
	Arduino	32.000	
	Relés (2)	15.000	
	Pachas	10.000	
	Conectores	5.000	
	Sensor DHT22	30.000	
	Modulo Bluetooth	20.000	
	Soporte	10.000	
			\$575.500
Estructura	Bastidor	300.000	
	Acrílico	200.000	
	Iluminacion	10.000	
	Refuerzo	16.000	
	Aislante Thermolon	12.000	
	Pegantes	6.000	
	Cauchos	21.000	
	Tornillos y remaches	10.500	
Otros	Transportes	36.000	\$36.000
Costos de desarrollo			\$1.000.000
Sub-total			\$2.306.000
Imprevistos			\$154.000
Total			\$2.460.000

En el anterior cuadro podemos observar los gastos de inversión del proyecto los cuales son de \$ 2'460.000; para tener en cuenta los altos gastos en imprevistos y el gasto de desarrollo.

Cuadro 12. Costo de energía por ciclo

COSTO ENERGÍA POR CICLO		
Corriente Instantánea	I	1.0 A
Potencia Instantánea	$P = V \times I$	110 W
Potencia /día	$P_{dia} = P \times 24$	2,640 KW
(Potencia/ciclo)pollos	$P_{ciclo} = P_{dia} \times 21$	55,440 KW
(Potencia/ciclo)codorniz	$P_{ciclo} = P_{dia} \times 18$	47,520 KW
Costo KW/hr	KW/hr	422.16
(Costo/ciclo)pollos	(\$energía/ciclo)pollos	\$23.440
(Costo/ciclo)codorniz	(\$energía/ciclo)codorniz	\$20.061

El costo de energía por cada ciclo se efectúa al someter la maquina a condiciones de carga máxima con 110 huevos de gallina, y poniendo todos los sistemas que componen la maquina en funcionamiento. Por medio del uso de una pinza amperimétrica medimos la corriente instantánea máxima, la cual es de 1.0A a 110V.

Cuadro 13. Balance Económico

Balance	Vir Unidad	Total
INGRESOS		
Valor Pollito	\$3.000	\$330.000
Valor Codorniz	\$2.000	\$760.000
EGRESOS		
Huevo Gallina	\$400	\$44.000
Huevo Codorniz	\$300	\$114.000
Mantenimiento/ciclo		\$10.000
Eficiencia Incubadora	85%	
(Ingresos/ciclo)pollos	$Ing = Valorpollo \times 110 \times Eficiencia$	\$280.500
(Ingresos/ciclo)codorniz	$Ing = Valorcodorniz \times 380 \times Eficiencia$	\$646.000
(Ganancia/ciclo)pollos	$G = Ing - (\$energía/ciclo)pollos - \$huevos - \$mtto$	\$203.060
(Ganancia/ciclo)codorniz	$G = Ing - (\$energía/ciclo)codorniz - \$huevos - \$mtto$	\$501.939

Para efectos prácticos se asume un ciclo de incubación por mes para el análisis económico, dando una semana para mantenimiento y limpieza de la máquina. El análisis de viabilidad y tiempo de recuperación de la inversión se evalúa a 18 meses, dando dos opciones, considerando la tasa de oportunidad y sin tasa de oportunidad. Además se evalúa el proyecto con posibilidad de operación en producción de pollitos y codornices.

Cuadro 14. Tiempo de recuperación de la inversión con incubación de huevo de pollos

Periodo	Ingresos	Tasa de Oportunidad	18%	EA	Flujos Netos a VP	Acumulado con Tasa de Oportunidad (DPB)
			1,388%	EM		
		Egresos	Neto	Acumulado sin Tasa de Oportunidad (PB)		
0		\$2.460.000	-\$2.460.000	\$2.460.000	\$2.460.000	\$2.460.000
1	\$203.060		\$203.060	\$2.256.940	\$200.280	\$2.259.720
2	\$203.060		\$203.060	\$2.053.880	\$197.538	\$2.062.182
3	\$203.060		\$203.060	\$1.850.820	\$194.834	\$1.867.348
4	\$203.060		\$203.060	\$1.647.760	\$192.167	\$1.675.181
5	\$203.060		\$203.060	\$1.444.700	\$189.536	\$1.485.645
6	\$203.060		\$203.060	\$1.241.640	\$186.941	\$1.298.704
7	\$203.060		\$203.060	\$1.038.580	\$184.382	\$1.114.322
8	\$203.060		\$203.060	\$835.520	\$181.858	\$932.464
9	\$203.060		\$203.060	\$632.460	\$179.368	\$753.096
10	\$203.060		\$203.060	\$429.400	\$176.913	\$576.183
11	\$203.060		\$203.060	\$226.340	\$174.491	\$401.692
12	\$203.060		\$203.060	\$23.280	\$172.102	\$229.591
13	\$203.060		\$203.060	\$179.780	\$169.746	\$59.845
14	\$203.060		\$203.060	\$382.840	\$167.422	\$107.577
15	\$203.060		\$203.060	\$585.900	\$165.130	\$272.707
16	\$203.060		\$203.060	\$788.960	\$162.869	\$435.577
17	\$203.060		\$203.060	\$992.020	\$160.640	\$596.216
18	\$203.060		\$203.060	\$1.195.080	\$158.441	\$754.657
	VPN	\$754.657				
	TIR	5%	EM			
	PB	12,115	Meses			
	DPB	13,357	Meses			

La tasa de oportunidad del inversionista es de 18% EA o 1,388% EM. Teniendo en cuenta que la Tasa Interna de Retorno es superior a la tasa de oportunidad en

ambas situaciones, se puede concluir que la inversión en el proyecto es aceptable, para el caso de que la producción sea 100% dedicada a la incubación de huevos de gallina.

Ilustración 65. Ciclo huevos de Gallina sin tasa de oportunidad



Realizando la evaluación del proyecto sin tener en cuenta de la tasa de oportunidad, es decir no tenemos en cuenta el valor del dinero en el tiempo, podemos observar que la inversión es recuperada en el mes 12.

Ilustración 66. Ciclo Huevos de gallina con Tasa de Oportunidad



Sí se tiene en cuenta el valor del dinero en el tiempo, es decir se pasan todos los flujos de caja mes a mes a valor presente y se descuentan, se observa que la inversión se recupera en el mes 14.

Cuadro 15. Tiempo de recuperación de la inversión con incubación de huevo de codorniz

Periodo	Ingresos	Tasa de Oportunidad	18%	EA	Flujos Netos a VP	Acumulado con Tasa de Oportunidad (DPB)
			1,388%	EM		
		Egresos	Neto	Acumulado sin Tasa de Oportunidad (PB)		
0		\$2.460.000	-\$2.460.000	\$2.460.000	\$2.460.000	\$2.460.000
1	\$501.939		\$501.939	\$1.958.061	\$495.067	\$1.964.933
2	\$501.939		\$501.939	\$1.456.122	\$488.290	\$1.476.643
3	\$501.939		\$501.939	\$954.183	\$481.605	\$995.037
4	\$501.939		\$501.939	\$452.244	\$475.012	\$520.025
5	\$501.939		\$501.939	\$49.695	\$468.509	\$51.516
6	\$501.939		\$501.939	\$551.634	\$462.095	\$410.580
7	\$501.939		\$501.939	\$1.053.573	\$455.769	\$866.349
8	\$501.939		\$501.939	\$1.555.512	\$449.530	\$1.315.879
9	\$501.939		\$501.939	\$2.057.451	\$443.376	\$1.759.254
10	\$501.939		\$501.939	\$2.559.390	\$437.306	\$2.196.560
11	\$501.939		\$501.939	\$3.061.329	\$431.319	\$2.627.880
12	\$501.939		\$501.939	\$3.563.268	\$425.414	\$3.053.294
13	\$501.939		\$501.939	\$4.065.207	\$419.591	\$3.472.885
14	\$501.939		\$501.939	\$4.567.146	\$413.846	\$3.886.731
15	\$501.939		\$501.939	\$5.069.085	\$408.181	\$4.294.912
16	\$501.939		\$501.939	\$5.571.024	\$402.593	\$4.697.505
17	\$501.939		\$501.939	\$6.072.963	\$397.081	\$5.094.586
18	\$501.939		\$501.939	\$6.574.902	\$391.645	\$5.486.231
	VPN	\$5.486.231				
	TIR	20%	EM			
	PB	4,901	Meses			
	DPB	5,111	Meses			

El tiempo de recuperación de la inversión del proyecto si la producción se centra en codornices es mucho menor, debido a la gran cantidad de huevos que pueden ser incubados en un ciclo a la vez, elevando sus ingresos a \$501.939 lo que deriva en una amortización de la inversión en apenas 5 meses. También resaltar que al igual que con producción con huevos de gallina, esta posibilidad también muestra una TIR mayor a la tasa de oportunidad, lo cual hace aceptable la inversión.

Ilustración 67. Ciclo huevos de codorniz sin tasa de oportunidad



La diferencia para el caso de producción con codornices en cuanto a meses de amortización es muy poca, además de rápida; pues podemos observar que para el caso sin considerar la tasa de oportunidad y teniendo en cuenta esta son 4,9 y 5 meses respectivamente.

Ilustración 68. Ciclo huevos de codorniz con tasa de oportunidad



8. CONCLUSIONES

- El proceso de incubación natural en la producción avícola es económicamente inviable y está prácticamente en desuso en cualquier aplicación productiva, debido a que el ave suspende la producción de huevos para dedicarse a la incubación de los mismos.
- La recolección, almacenamiento y transporte de los huevos fertilizados impacta directamente la eficiencia productiva de la incubación.
- El sistema de humidificación por ultrasonido y el sistema de calefacción es efectivo para mantener los niveles de humedad y temperatura adecuados para el correcto desarrollo embrionario, se obtiene una respuesta suficientemente rápida bajo las cargas psicrométricas a las que se somete la incubadora durante su funcionamiento normal y frente a perturbaciones como la apertura de la puerta.
- El desarrollo de plataformas de software y hardware libres como el appinventor2 y el arduino permiten el diseño de aplicaciones y programas sincronizables de fácil programación y operación.
- La incubadora cumple con los requerimientos ergonómicos que se definieron para facilitar la observación del funcionamiento de la máquina, y los procesos de incubación y nacimiento de los pollos.
- La formación como ingeniero UIS, brinda la capacidad de resolver con suficiencia problemas concretos de la sociedad, en beneficio de la nación.

9. RECOMENDACIONES.

- En la elaboración de maquinaria para incubación avícola es importante comprender previamente los procesos naturales de desarrollo, reproducción y cría, para proveer las soluciones adecuadas a cada necesidad.
- La recolección, transporte y almacenamiento de los huevos, se debe realizar de acuerdo a lo especificado en el manual de operación.
- En la implementación de circuitos electrónicos de potencia, es de gran importancia controlar las perturbaciones sobre los sensores del sistema, ya que estas pueden ocasionar errores en el proceso con consecuencias relevantes.
- La señalización y el uso adecuado de incubadora de acuerdo a lo especificado en el manual de operación, permite garantizar la seguridad de los usuarios de máquinas incubadoras, tomando las medidas de seguridad pertinentes, tanto en el diseño, como en la operación.

BIBLIOGRAFIA

ANTONIO, de la nuez. Cómo identificar los huevos de las aves. 11 de Junio 2015.
Pág. 200

BEAUREGARD, Brett. Arduino PID-Guía de uso de la librería a Creative Commons by-nc-sa. EEUU 2010.Pags 44.

CENGEL, Yunus A. Termodinamica, 4ta Edición, México, Mc Graw Hill, 2002, 648 p.

DIPRODAL, Avícola Metrenco E.I.R.L . Guía de manejo de la planta Incubadora.
Pág. 20.

GARCIA, Carlos, Curso de AppInventor, Universidad de Castilla-La mancha, España 2014. págs. 28.

HIBBELER, R.C. Mecánica de materiales. México: Prentice Hall, 1997.

JOE, G. Berry. Introducción a los tiempos y condiciones óptimas de la incubación en una serie de especies aviares. Estados Unidos: Oklahoma, 2007.

JUVINALL, Robert C., Fundamentos de Diseño para Ingeniería Mecánica, México, Limusa Noriega Editores, 1993, 821p.

ROJAS GARCÍA, Hernán, Diseño De Máquinas II; Bucaramanga, Ediciones Universidad Industrial de Santander, 1984.

ROSS, Manual de manejo de las reproductoras, E.E.U.U, 2013

THOMAS, Calil. Balance de aguay calor durante la incubación y conductancia de la cascara. Colombia 2008. págs. 21

YUNUS A. CENGEL, Transferencia de calor y masa, México: McGraw-Hill, 2007.