

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE MAQUINA INCUBADORA DE HUEVOS DE
CODORNIZ PARA PRODUCCIONES INTEGRALES DEL CHICAMOCHA (PIC)**

**JORGE ANDRES MENDEZ MONSALVE
LUIS FERNANDO RODRIGUEZ NUÑEZ**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOMECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2015

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE MAQUINA INCUBADORA DE HUEVOS DE
CODORNIZ PARA PRODUCCIONES INTEGRALES DEL CHICAMOCHA (PIC)**

**JORGE ANDRES MENDEZ MONSALVE
LUIS FERNANDO RODRIGUEZ NUÑEZ**

**Trabajo de Grado para optar al título de
Ingeniero Mecánico.**

**DIRECTOR
Ingeniero Mecánico
OMAR A. GÉLVEZ AROCHA**

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

2015

A Dios por este logro tan maravilloso.

A mis padres Griselda Monsalve y Eliecer Méndez por su gran amor, apoyo incondicional, buenos consejos y dedicación.

A mi esposa Monica Ortiz, mis hijos Joseph y Ana Lucia por todo su amor son quienes hacen que cada día sea mejor que el anterior.

A mis amigos que siempre estuvieron dispuestos a colaborarme Luis Fernando Rodríguez, Ramiro Mejía, Alejandro Meléndez, Alexis Rojas, Julián Araque, Daniel Díaz, Juanfe Ordoñez y a todos los demás.

A la familia Roa Quintero por su amistad incondicional y acertados consejos.

Jorge Andrés Méndez Monsalve

Doy gracias primero que todo a Dios por permitirme culminar satisfactoriamente esta meta alcanzada con el apoyo incondicional de mi Madre María Rosalba, mi Padre Hernando y mis hermanos Carlos Andrés y Martha Yaneth, por su inquebrantable confianza y apoyo a lo largo de mi vida.

Luis Fernando Rodríguez Núñez

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Industrial de Santander por la formación académica y humana que nos brindó.

A los profesores, personal administrativo y personal de taller de la escuela de Ingeniería Mecánica por su dedicación y aporte a nuestra formación profesional y personal.

Al profesor Omar Armando Gélvez Arocha por su colaboración y aporte intelectual en el desarrollo de este proyecto.

Al ingeniero Ivan Augusto Roa, gerente de la empresa Producciones Integrales del Chicamocha y a su señor padre Rodolfo Roa por la confianza depositada en este proyecto y su apoyo permanente durante el desarrollo del mismo.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	21
1. OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO	23
1.1. OBJETIVO GENERAL	23
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	23
2. MARCO DE REFERENCIA DE LA EMPRESA PRODUCCIONES INTEGRALES DEL CHICAMOCHA (PIC).	25
2.1. DATOS DE LA EMPRESA.....	25
2.2. ANTECEDENTES.....	25
2.2.1. Localización.	26
2.2.2. Misión.....	27
2.2.3. Visión.	28
2.3. POLÍTICA DE INOCUIDAD.....	28
2.3.1. Layout de la empresa.	28
3. INCUBADO HUEVO DE CODORNIZ	32
3.1. FERTILIDAD E INCUBABILIDAD	32
3.2. CARGA DE HUEVOS EN LA INCUBADORA	33
3.3. FACTORES QUE INFLUYEN EN EL TIEMPO DE INCUBADO	33
4. CONDICIONES PARA EL CORRECTO INCUBADO	36
4.1. VENTILACION	36
4.2. TEMPERATURA.....	37
4.3. HUMEDAD.....	39
4.4. VOLTEO	40

5. DESCRIPCION Y PROCESO DE DISEÑO DE INCUBADORA DE HUEVO DE CODORNIZ.....	41
5.1. DESCRIPCION GENERAL DE LA INCUBADORA DE HUEVOS.....	41
5.2. DISEÑO MECANICO.....	43
5.2.1. Bandejas porta-huevos.....	44
5.2.2. Porta-bandejas móvil.....	45
5.2.2.1. Cálculos de diseño:.....	46
5.2.3. Selección apoyos móviles.....	49
5.2.4. Bandejas articuladas.....	50
5.2.5. Subsistema de movimiento rotativo.....	51
5.2.6. Cabina de incubado.....	52
5.2.6.1. Selección del material aislante.....	53
5.2.6.2. Diseño estructural de la cabina de incubado.....	53
5.2.6.3. Espesor del material aislante.....	54
5.3. SUBSISTEMA DE GANANCIA TERMICA.....	59
5.3.1. Selección de la Resistencia.....	59
5.3.2. Selección de los ventiladores.....	66
5.3.3. Selección y calculos del subsistema de humidificacion.....	67
5.4. SUBSISTEMA DE MONITOREO, VISUALIZACION Y CONTROL.....	69
5.4.1. Funcionamiento y componentes sistema de control.....	70
6. ETAPA DE PRUEBAS DE LA MAQUINA DE INCUBADORA.....	80
6.1. PRUEBAS A EQUIPO PORTA-BANDEJAS MÓVIL.....	81
6.2. CALIBRACIÓN DEL CONTROL DE TEMPERATURA Y HUMEDAD.....	83
6.2.1. Calibración control de temperatura.....	83
6.2.1.1. Constantes del control PID.....	83
6.2.2. Calibración control de humedad.....	86
7. RESULTADOS PRUEBAS DE DESEMPEÑO.....	87
7.1. ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA MAQUINA INCUBADORA.....	96

7.2. CONSUMO ENERGÉTICO.....	99
8. PLANOS UTILIZANDO HERRAMIENTAS CAD	100
9. CONCLUSIONES	120
BIBLIOGRAFIA.....	123
ANEXOS.....	124

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Ventilación incubadora avícola	37
Tabla 2. Parámetros simulación.....	47
Tabla 3. Propiedades del material	47
Tabla 4. Ubicación de la carga sobre la estructura	48
Tabla 5. Resultado del estudio utilizando von Mises	48
Tabla 6. Análisis de flexion. (Desplazamiento)	49
Tabla 7. Calculo del adecuado espesor de lana de vidrio.....	58
Tabla 8. Energía requerida para la incubación.	65
Tabla 9. Relación de costos (continua en tabla 11)	97
Tabla 10. Continuación relación de costos.	98

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Logo (PIC)	26
Figura 2. Ubicación del municipio de Aratoca	27
Figura 3. Layout PIC	29
Figura 4. Procedimiento para la producción. Inicio	30
Figura 5. Procedimiento para la producción. Fin.....	31
Figura 6. Desarrollo del embrión en el tiempo	34
Figura 7. Desarrollo del embrión en el tiempo	35
Figura 8. Grafica producción de calor vs días de incubación.....	38
Figura 9. Grafica relacional entre incubabilidad, temperatura y tiempo de nacimiento.....	38
Figura 10. Grafico Pérdida de humedad durante proceso de incubación bien controlado.	39
Figura 11. Esquemático incubadora de huevo de codorniz.	42
Figura 12. Bandeja porta-huevos.....	44
Figura 13. Imagen porta-bandejas móvil.....	45
Figura 14. Apoyos móviles. Ruedas de goma.....	50
Figura 15. Bandejas articuladas.....	51
Figura 16. Apoyo con buje de teflón.	51
Figura 17. Funcionamiento mecanismo de volteo.....	52
Figura 18. Estructura perfil cuadrado, dimensión interior 90 x 90 x140 cm	54
Figura 19. Estructura cabina de incubado completa, dimensión interior 90 x 90 x 120 cm.	54
Figura 20. Pared cabina de incubado.	55
Figura 21. Red de resistencias térmicas pared cabina de incubado.....	56
Figura 22. Grafica de espesor vs energía disipada.....	58
Figura 23. Ventilador 12 voltios.....	67

Figura 24. Esquema sistema para aumentar la humedad relativa	68
Figura 25. Diagrama control automático de temperatura	70
Figura 26. Diagrama control manual de humedad	70
Figura 27. Panel de control incubadora.	72
Figura 28. Arduino Mega	73
Figura 29. Arduino Uno	74
Figura 30. Sensor SHT 71	75
Figura 31. Relay solid state	75
Figura 32. Relé electromecánico	76
Figura 33. Integrado L293D	76
Figura 34. Transistor TIP 122	77
Figura 35. Pantalla LCD 4x20	77
Figura 36. Fuente 12 voltios.....	78
Figura 37. Regulador de voltaje 7805	78
Figura 38. Regla de luces led.	79
Figura 39. Maquina incubadora	81
Figura 40. Fotos pruebas y funcionamiento porta-bandejas móvil.....	82
Figura 41. Unidad de calefacción y extracción de la incubadora	83
Figura 42. Respuesta control P ($k_p=1$, $k_i=5$)	84
Figura 43. Respuesta control PI ($k_p=1$, $k_i=1$ y $k_p=3$, $k_i=5$)	84
Figura 44. Respuesta control PID. ($k_p 1, k_i 1, k_d 1$ y $k_p 2, k_i 5, k_d 3$).....	85
Figura 45. Prueba de respuesta a la perturbación, puertas abiertas.	85
Figura 46. Bandeja porta-huevos y porta-bandejas móvil.....	88
Figura 47. Cabina de incubado con lote de incubación.	88
Figura 48. Inicio de precalentamiento.	89
Figura 49. Continuación de precalentamiento	90
Figura 50. Fin precalentamiento inicio incubación.	90
Figura 51. Grafica día 2 de la incubación	90
Figura 52. Embriones día 10 de incubación.....	91
Figura 53. Embrión día 15 de incubación.	91

Figura 54. Bandejas porta-huevos y canasta de nacimiento.	92
Figura 55. Canasta de nacimiento.	93
Figura 56. Resultado nacimiento máquina de incubado.	94
Figura 57. Polluelos de codorniz.....	95
Figura 58. Transporte de polluelos de codorniz.	96
Figura 59. Contador monofásico.....	99

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Manual De Servicio	125
Anexo B. Recomendaciones Mantenimiento.	127
Anexo C. Código de Programación Arduino	128
Anexo D. Carta Producciones Integrales del Chicamocha.	136

GLOSARIO

AC: Corriente alterna.

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

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.

Cotornicultura: Se denomina así a la cría y explotación comercial de la codorniz.

Humedad relativa: Es la masa de agua que contiene el aire en relación con la máxima capacidad absoluta que puede admitir sin producirse condensación.

Inocuidad: Control de peligros asociados a los alimentos para el consumo humano.

LCD: Pantalla de cristal líquido.

PIC: Abreviatura de Producción Integrales del Chicamocha.

PID: Control Proporcional Integral Derivativo que por retroalimentación calcula el error o desviación entre un valor dado y una variable medible.

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

Thermolon: Aislante hecho de espuma de polietileno y polipropileno metalizado.

RESUMEN

TITULO: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE MAQUINA INCUBADORA DE HUEVOS DE CODORNIZ PARA PRODUCCIONES INTEGRALES DEL CHICAMOCHA (PIC)¹

AUTORES: MENDEZ MONSALVE JORGE ANDRES**
RODRIGUEZ NUÑEZ LUIS FERNANDO**

PALABRAS CLAVE: Diseño y construcción, incubadora, huevos, codorniz, maquina, mecánica, avicultura, control, arduino.

DESCRIPCIÓN:

La máquina incubadora de huevo de codorniz se encarga de recrear las condiciones necesarias para el correcto desarrollo embrionario de 2000 huevo de codorniz, como lo son temperatura de 37.5° Celsius en la incubación y 36.5° Celsius en el nacimiento, humedad relativa de 65% en la incubación y 75% en el nacimiento, intercambio de gases y movimiento oscilante adecuado para que el embrión no se adhiera a la cascara.

El objetivo principal del proyecto es alcanzar el mayor número de polluelos de codorniz nacidos por lote incubado, logrando en la primera prueba una eficiencia de nacimiento de huevos fértiles del 83% con un gasto energético menor a los 400 vatios por hora.

La máquina incubadora tiene un control PID que es aplicado a la resistencia eléctrica principal por medio de la tarjeta de desarrollo Arduino, controlando la temperatura de manera exacta, la humedad relativa se mantiene en los niveles adecuados al activar por pulsos una resistencia eléctrica que aumenta la temperatura de un tazón de agua dentro de la cabina de incubado.

El intercambio de gases adecuado se logra por el diseño de la incubadora lo que permite al aire recircular y renovarse simultáneamente.

Para el movimiento oscilante se utiliza un moto reductor unido a un sistema biela manivela que rota todas las bandejas donde reposan los huevos de codorniz.

El proyecto de construcción de una maquina incubadora de huevos de codorniz nace en la necesidad de la empresa PRODUCCIONES INTEGRALES DEL CHICAMOCHA de aumentar su capacidad de producción de codornices para postura, esto debido a la falta de máquinas incubadoras de aceptable eficiencia en el mercado local.

¹ Trabajo de grado.

** Universidad Industrial de Santander; Facultad de ingeniería Físico-Mecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica, Director: Ingeniero Omar Armando Gelvez Arocha.

SUMMARY

TÍTULO: MACHINE DESIGN AND QUAIL EGG INCUBATOR FOR PRODUCCIONES INTEGRALES DE CHICAMOCHA²

AUTHOR: MENDEZ MONSALVE JORGE ANDRES**
RODRIGUEZ NUÑEZ LUIS FERNANDO**

KEY WORDS: Design and Construction, incubator eggs, quail, machine, mechanical, poultry, control, arduino

DESCRIPTION:

The machine incubator of quail egg is responsible for recreating the conditions necessary for proper embryonic development of 2000 quail eggs, as are temperature of 37.5 ° Celsius in the incubation and 36.5 ° Celsius at birth, relative humidity of 65% in incubation and 75% at birth, gas exchange and oscillating movement suitable for the embryo will not stick to the shell.

The main objective of the project is to reach the largest number of chicks hatched quail born per batch, obtaining in the first test efficiency hatch of fertile eggs of 83% with an energy expenditure less than 400 watts per hour.

The setter has a PID control that is applied to the main electrical resistance through the card Arduino the temperature is controlled accurately, the relative humidity is maintained at the appropriate levels to enable pulsed electric resistance increases bowl temperature of water within the hatched cabin. Suitable gas exchange is achieved by the incubator designed for allowing the recirculated air and renewed simultaneously. For the oscillating motion the moto reducer attached to a rotating crank rod all system trays where lie the quail eggs used.

The project to build an incubator machine quail eggs born on business necessity PRODUCCIONES INTEGRALES DEL CHICAMOCHA to increase its production capacity of quail to posture, this due to lack of incubators acceptable efficiency machines in the local market.

² Degree Work.

** Universidad Industrial de Santander; Facultad de ingeniería Físico-Mecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica, Director: Ingeniero Omar Armando Gelvez Arocha.

INTRODUCCION

El sector agropecuario en el departamento de Santander ha venido creciendo en los últimos años incursionando en el mercado nacional con diversos productos, “hecho que se comprueba por el impacto que tienen estos sectores en el PIB, participación Santandereana que llega para todo el ramo agropecuario al 7,6%”.³

La cotornicultura⁴ forma parte de este sector y ha venido creciendo de manera favorable en los últimos años, debido a esto se ha visto la necesidad de implementar procesos que optimicen la producción para esto ha buscado la implementación de nuevas tecnologías.

Las actividades de cotornicultura realizadas en Producciones Integrales del Chicamocha (PIC) para una producción rentable necesitan de tres etapas Incubación, cría y postura; siendo la incubación la parte del proceso que requiere mayor precisión. Como consecuencia de un mal control de la variación de calor sensible y calor latente se afecta el correcto desarrollo del embrión disminuyendo significativamente la tasa de natalidad de huevos incubados generando pérdidas económicas de consideración.

El desarrollo de este trabajo de grado comprende varias fases iniciando con la investigación de las condiciones de desarrollo embrionario de la codorniz, para lograr establecer los subsistemas que modificaran el calor sensible y latente, la humedad y movimiento oscilante durante el proceso de incubación con el fin de implementar un diseño térmico y mecánico, que proporcione el calor sensible, el calor latente, movimiento oscilante y ventilación adecuados para el correcto

³ DANE - Encuesta Nacional Agropecuaria año 2010 - 2012

⁴ Cotornicultura se denomina así a la actividad de cría y explotación comercial de la codorniz.

desarrollo embrionario del huevo de codorniz, al implementar un subsistema encargado de monitorear y controlar las variables ya mencionadas debemos obtener tasas de nacimiento mayores al 80%.

1. OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO

1.1. OBJETIVO GENERAL

Contribuir con el principio misional de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad Industrial de Santander al ayudar a mejorar las condiciones socio-económicas de la comunidad, brindando una solución óptima y rentable para mejorar el proceso de producción de la PYME Santandereana PRODUCCIONES INTEGRALES DEL CHICAMOCHA (PIC) al desarrollar una máquina de incubado de huevo de codorniz.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ❖ Diseñar y construir una máquina que efectúe el ciclo completo de incubado del huevo de codorniz, con las siguientes características:
 - Capacidad de incubación de 2000 huevos/ciclo.
 - Subsistema de acondicionamiento de las condiciones de temperatura y humedad ambiental, utilizando para la temperatura una fuente de calor sensible a través de una resistencia eléctrica de 500W y para la humedad una fuente de calor latente a través de un tazón con agua expuesto a una resistencia eléctrica de 100W.
 - Subsistema de movimiento rotativo para evitar que el embrión se adhiera al cascaron, basado en un mecanismo biela-manivela.
 - Subsistema de suministro de aire para regular nivel de CO₂, distribuir la humedad y homogenizar la temperatura.

- Subsistema multi-etapas de monitoreo, visualización y control de la fuente de calor sensible y de calor latente. En la primera etapa (día 1 a 18), proporciona un rango de temperaturas de (37,5 a 38) ° Celsius y humedad relativa de (55 a 65) %. En la segunda etapa (día 19 a 22) proporciona un rango de temperaturas de (35,5 a 36.5) ° Celsius y humedad relativa de (70 a 80) %.

- ❖ Elaborar mediante herramientas CAD-CAE los planos de construcción de la incubadora.

- ❖ Elaborar un manual de operación y mantenimiento que simplifique el uso de la incubadora.

- ❖ Realizar pruebas de funcionamiento para lograr establecer el porcentaje de incubación alcanzado.

2. MARCO DE REFERENCIA DE LA EMPRESA PRODUCCIONES INTEGRALES DEL CHICAMOCHA (PIC).

2.1. DATOS DE LA EMPRESA.

Nombre: PRODUCCIONES INTEGRALES DEL CHICAMOCHA (PIC)

NIT: 1098.610.559-1

Dirección: Vereda San Antonio bajo, Aratoca, Santander

Gerente: Iván Augusto Roa Pereira

Clasificación de la empresa: Microempresa (PYME), menos de 10 empleados.

2.2. ANTECEDENTES.

Producciones Integrales del Chicamocha nace de una iniciativa de emprendimiento de uno de sus propietarios deseoso de crear una empresa sostenible y de carácter integral, esto quiere decir que las salidas de una actividad pudiesen llegar a servir de insumos para otra actividad.

En el año 2009 en busca de un oportunidad de negocio agrícola o pecuario ya que se tenía disponibilidad de un terreno ubicado en zona rural, uno de sus fundadores inicia una investigación para determinar qué tipo de actividad se podía desarrollar en dicho predio que fuese atractiva y visionaria. Después de unos meses de estudio y análisis de posibilidades se opta por la cotornicultura debido a que es un negocio en crecimiento en Colombia y con barreras de entrada menores que otras actividades, con lo cual se generó una expectativa a futuro de la creación de un negocio que perdurar y creciese en el tiempo. Es así como a principios del año 2010 PIC inicia su actividad habiendo conseguido un pie de cría

para la incubación de sus propias aves y al cabo de tres meses ya producía alrededor de 2000 huevos a la semana, los cuales comercializaba en la ciudad de Bucaramanga.

En la actualidad Producciones Integrales del Chicamocha posee 7000 mil ponedoras, las cuales producen un promedio de 30000 mil huevos semanales, cuenta con dos trabajadores en su granja que se encargan del mantenimiento de las aves. Su centro de operaciones esta se encuentra ubicada en la vereda San Antonio bajo del municipio de Aratoca, Santander en plena cordillera oriental a aproximadamente 70 kilómetros de la ciudad de Bucaramanga por la ruta 45A y a cerca de 30 kilómetros del municipio de San Gil por esta misma vía.

Producciones integrales del chicamocha ha buscado abrirse nuevos campos de negocio y ha empezado con la siembra y producción de café orgánico.

Figura 1. Logo (PIC)



2.2.1. Localización. La granja de PIC se encuentra ubicada en la vereda San Antonio bajo, del municipio de Aratoca, Santander en plena cordillera oriental a aproximadamente 70 kilómetros de la ciudad de Bucaramanga por la ruta 45A y a cerca de 30 kilómetros del municipio de San Gil por esta misma vía.

Figura 2. Ubicación del municipio de Aratoca



Fuente:http://www.worldmapfinder.com/Map_Earth.php?ID=/Es/South_America/Colombia

El predio tiene un área aproximada de 330.000 metros cuadrados y cuenta con el servicio de luz suministrado por la Electrificadora de Santander (ESSA), suministro de agua propio proveniente de dos Concesiones de agua otorgadas por la Corporación Autónoma Regional de Santander (CAS) y dos derechos adquiridos a dos acueductos veredales. Posee dos viviendas, un establo ganadero, sembradíos de café, maíz, pasto de corte y pasto de pastoreo. Adicionalmente la granja se encuentra certificada por la Rainforest Alliance como productora de cafés especiales.

2.2.2. Misión. Somos una organización empresarial que utiliza de manera eficaz y eficiente las materias primas, los bienes de capital y el talento humano adscritos a la organización, la cual enfoca todos sus esfuerzos en lograr un producto que se ajusta a los estándares de calidad internacionales. La empresa de manera permanente supera las expectativas de sus compradores, mediante la constante innovación y mejoramiento de nuestros procesos, con el objetivo de ganar una gran aceptación, fidelidad y un óptimo crecimiento de la compañía, todo esto en

un marco de responsabilidad social, respeto permanente por el medio ambiente, por la dignidad de las personas y por la normatividad vigente.

2.2.3. Visión. Ser la empresa productora de huevos de codorniz más rentable y sostenible de Santander.

2.3. POLÍTICA DE INOCUIDAD

El compromiso de Producciones Integrales del Chicamocha – PIC con la seguridad alimentaria, es brindar un producto completamente inocuo mediante mecanismo que permitan garantizar el cumplimiento de los estándares internacionales en producción de alimentos.

El compromiso de Producciones Integrales del Chicamocha – PIC- es ofrecer huevos de codorniz frescos y de una excelente calidad organoléptica y nutricional.

Producciones Integrales del Chicamocha maneja un sistema de calidad, en el cual interactúan procesos, talento humano y recursos, enfocados a la consecución de un producto que satisfaga los requerimientos del cliente.

Producciones Integrales del Chicamocha realiza sus actividades con la pretensión del aseguramiento de la calidad y la mejora continua, en un ámbito de armonía con el medio ambiente y apostándole a la instauración de una cultura de calidad.

2.3.1. Layout de la empresa. A continuación mostramos las instalaciones asignadas para la producción y distribución de huevo comercial de codorniz.

Figura 3. Layout PIC

Convenciones			
Área	Descripción	Área	Descripción
	Almacenamiento M.P.		Zona de alimentación.
	Administración.		Zona de Cría.
	Cuarto de almacenamiento de huevos.		Zona de Ponedoras.
	Almacenamiento de insumos agrícolas.		Zona de Levante.
	Cuarto de incubación		Zona de compostaje.



Figura 4. Procedimiento para la producción. Inicio

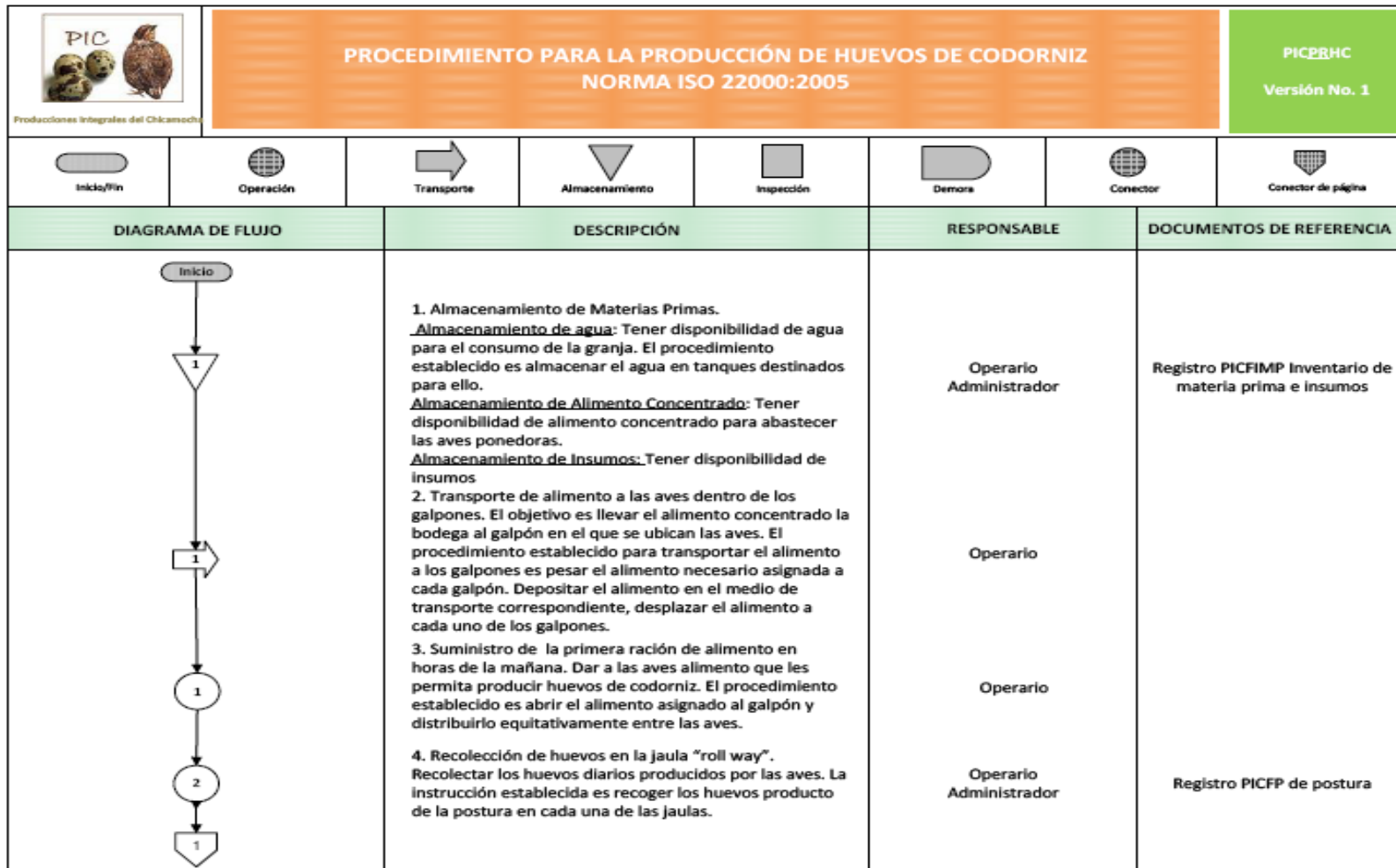
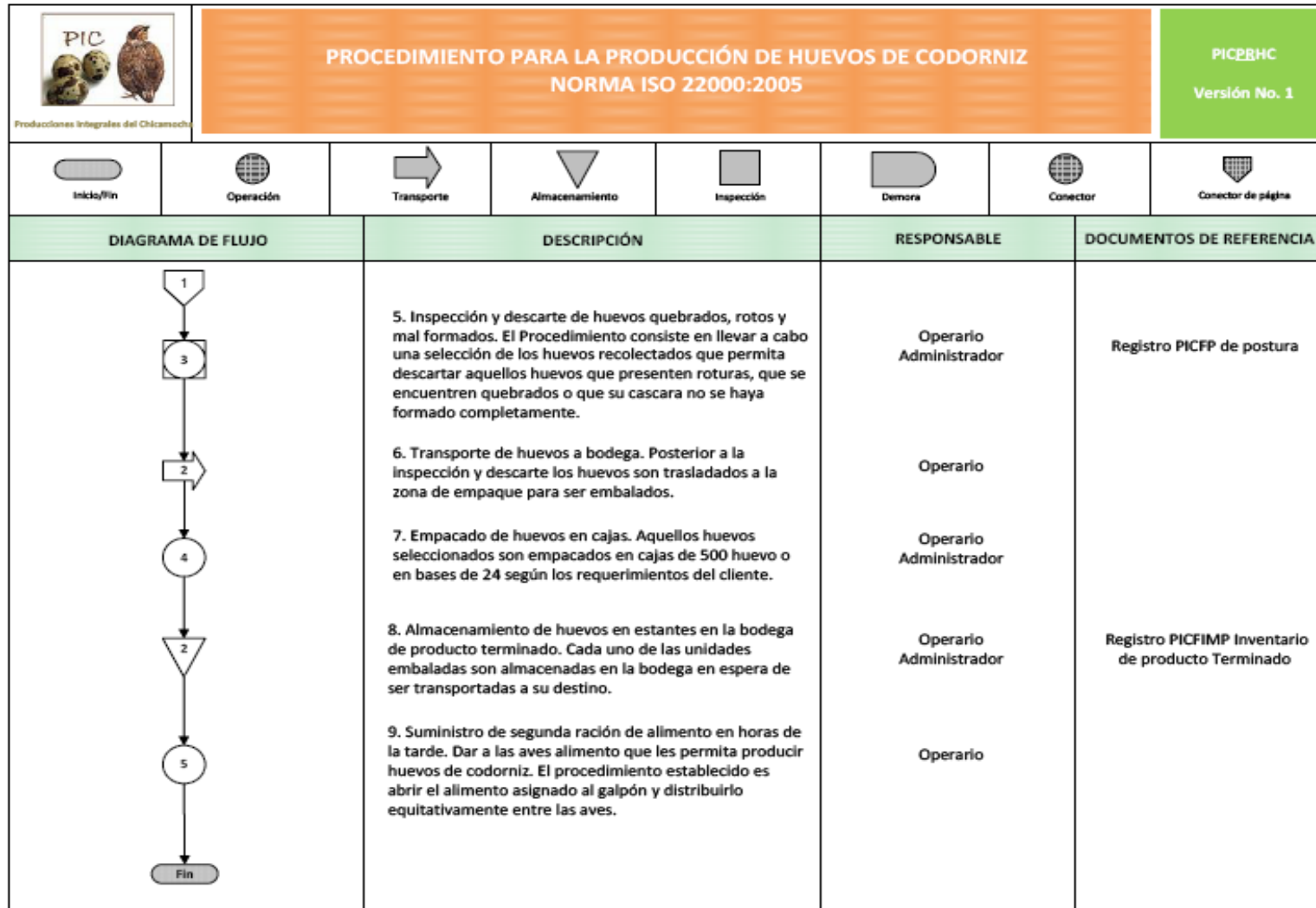


Figura 5. Procedimiento para la producción. Fin.



3. INCUBADO HUEVO DE CODORNIZ

El buen incubado se mide por el número de codornices de primera calidad producidas. Este número expresado como un porcentaje de todos los huevos incubados es normalmente llamado incubabilidad.

La incubabilidad se ve afectada de muchas formas. Algunos de estas son responsabilidad del operario de la máquina de incubado y otras son responsabilidad de la incubadora.

3.1. FERTILIDAD E INCUBABILIDAD

La fertilidad es un factor altamente influyente en el % de nacidos al ser determinante en la capacidad de producción de la incubadora. El nacimiento de los fértiles (%) es una medida de la eficiencia de la maquinaria en la incubadora. El nacimiento de fértiles toma en consideración la fertilidad del lote y la incubabilidad, esto es % nacidos, dividido en % fértiles por 100.

$$\text{NACIMIENTO DE FERTILES} = \frac{\% \text{ NACIDOS}}{\% \text{ FERTILIDAD LOTE}} \times 100$$

Esta ecuación se aplica para lograr el cálculo de eficiencia de la incubadora.

3.2. CARGA DE HUEVOS EN LA INCUBADORA

Para evitar un choque de temperatura del embrión y una condensación de la cáscara, los huevos deben ser pre-calentarlos antes de la carga. Lo ideal, es que los huevos se precalienten en una sala diseñada para esto a una temperatura de 24 -27 °C de manera que todos los huevos puedan alcanzar la temperatura deseada.

La circulación efectiva del aire y la correcta temperatura de la sala son esenciales para alcanzar un precalentamiento uniforme de todos los huevos. Un precalentamiento desuniforme aumenta la variación del tiempo de nacimientos.

Así sea con una buena circulación de aire, tomará 8 horas para que los huevos en un carro alcancen (25 °C), sin importar su temperatura inicial. Con una deficiente circulación, esto puede llegar a tomar el doble de tiempo. De esta manera las recomendaciones son:

- Proveer una buena circulación de aire alrededor de los huevos.
- Permitir que el precalentamiento dure entre 6 a 12 horas.

3.3. FACTORES QUE INFLUYEN EN EL TIEMPO DE INCUBADO

Tres factores influyen en el tiempo total de incubación.

- Temperatura de incubación: Se establece en la máquina incubadora, y la variación en la temperatura afecta el tiempo de incubación del huevo de codorniz de acuerdo a la edad y tamaño de los mismos.

- Edad de los huevos: Huevos almacenados toman más tiempo para incubar. Se necesitará adicionar tiempo de incubación extra si los huevos son almacenados más de 6 días. (1 hora por día de almacenamiento).
- Tamaño de los huevos: Huevos grandes tomas más tiempo para incubar.

Figura 6. Desarrollo del embrión en el tiempo



Figura 7. Desarrollo del embrión en el tiempo



DÍA 16

- Plumas cubren el cuerpo completo.
- Albumen casi desaparece.

16



DÍA 17

- Disminución del fluido amniótico.
- Cabeza está entre las piernas.

17



DÍA 18

- Desarrollo del embrión casi completo.
- Saco vitelino aún fuera del embrión.
- Cabeza debajo del ala derecha.

18



DÍA 19

- Saco vitelino entra a la cavidad corporal.
- Fluido amniótico desaparece.
- Embrión ocupa la mayor parte del espacio del huevo (no en la cámara de aire).

19



DÍA 20

- Saco vitelino entra totalmente dentro del cuerpo.
- Embrión se convierte en un polluelo (respirando en la cámara de aire).
- Picoteo de cáscara interna y externa.

20

4. CONDICIONES PARA EL CORRECTO INCUBADO

El consumo de energético, mano de obra, durabilidad, mantenimiento y valor de construcción influyen en el diseño de la incubadora. Las condiciones ideales para que cualquier embrión se desarrolle exitosamente son:

- Temperatura correcta
- Humedad correcta
- Intercambio adecuado del gas
- Volteo regular de huevos

4.1. VENTILACION

La incubadora toma aire fresco del medio ambiente, este aire provee oxígeno, humedad y ayuda a tener una correcta humedad relativa. El aire que sale de la maquina incubadora remueve los gases y el exceso de calor producido por los huevos.

La incubadora cuenta con una fuente de humedad que debe controlar varios niveles de humedad relativa. El aire fresco suplementa un poco de humedad de esta manera reduce la carga en el sistema de humidificación interna, el aire entrante a las máquinas es pre-humidificado para igualar lo más cercano posible la humedad relativa interna. La temperatura del aire debe ser de 24-27 °C (76 -80 °F).

Tabla 1. Ventilación incubadora avícola

Ventilación en la Incubadora – La correcta instalación						
Areas	Velocidad de Ventilación		Temperatura		Humedad Relativa	Presión del área en relación a la atmósfera:
	(cfm /1000)	(m³/hr /1000)	°F	°C	(%)	(En H ₂ O)
Recepción de huevo	(1 minuto Intercambio de aire)		66-70	19-21	60-65	Neutro a +0.01
Area de espera	2	3.38	66-70	19-21	60-65	Neutro a +0.01
Sala de incubación	8	13.5	76-80	24-27	55-62	+0.015 o +0.02
Sala de nacimiento	17	28.7	76-80	24-27	55-62	+0.005 to +0.01
Sala de pollitos bebes	40	67.6	72-75	22-24	65-70	Neutro
Salida de pollitos	(0.5 minutos Intercambio de aire)		72-75	22-24	65-70	-.015 to .025
Sala de limpieza	(0.5 minutos Intercambio de aire)		72-75	22-24	65-70	-.015 to .025
Sala de limpieza de equipo	(1 minuto Intercambio de aire)		72-75	22-24	N/A	Positivo
Corredores	(5 minutos Intercambio de aire)		75	24	N/A	Neutro

Conversión de la presión (0,01 pulgada H₂O = 2,5 Pascal, 0,025 mbar, 0,255 mm H₂O)

Fuentes: cobb-hatchery-management-guide.2013

4.2. TEMPERATURA

La temperatura determina la rata metabólica del embrión y por lo tanto su velocidad de desarrollo se recomiendan temperaturas entre 37.5° y 38.5° (Celsius) para un óptimo proceso de desarrollo del embrión.

En una incubadora, la temperatura debe permanecer constante en la cabina. Temperaturas más altas o más bajas de las que requiere el proceso conllevarán a desarrollos más rápidos o más lentos y reducirá el porcentaje de nacidos fértiles.

En la incubación, la temperatura puede ser alterada para el crecimiento del embrión y para la producción de calor, comenzando con una temperatura más alta y reduciéndola en diferentes etapas hasta el nacimiento.

El balance incorrecto al cargar la incubadora puede crear variaciones significantes de temperatura. Máquinas parcialmente llenas no podrán alcanzar temperaturas correctas y prolongan el tiempo de incubación, mientras que sobrecargar puede crear problemas de sobrecalentamiento.

Figura 8. Grafica producción de calor vs días de incubación.

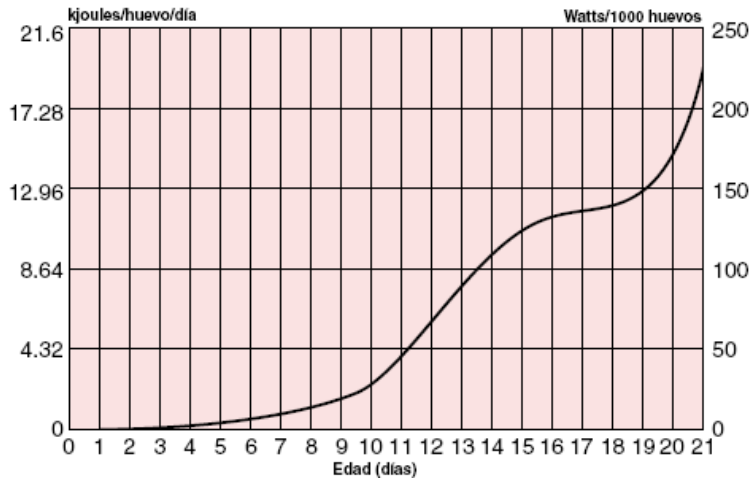
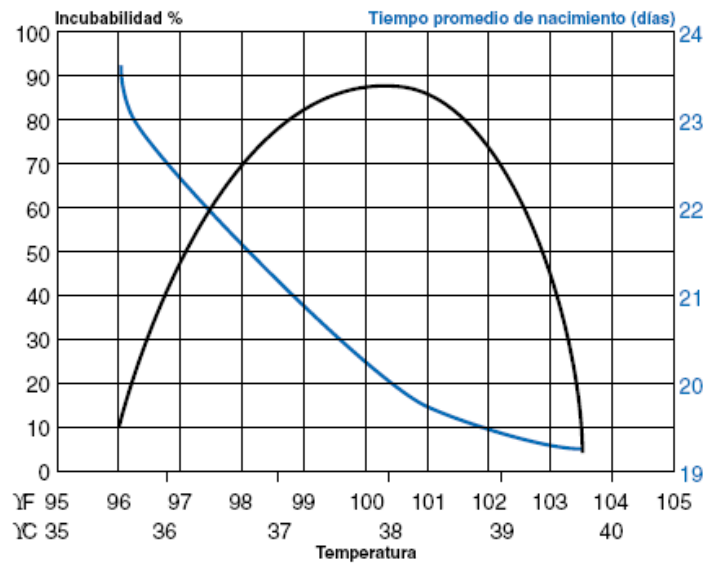


Figura 9. Grafica relacional entre incubabilidad, temperatura y tiempo de nacimiento.

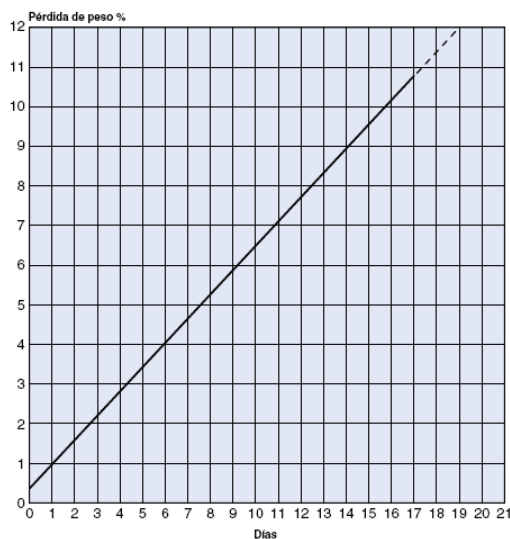


4.3. HUMEDAD

Durante la incubación se pierde vapor de agua a través de los poros de la cáscara. La velocidad con la cual esta humedad se pierde depende del número y tamaño de los poros (la conductibilidad de gas de la cáscara) y de la humedad del aire alrededor del huevo. Para que el proceso de incubación sea adecuado, un huevo debe perder un 12% de su peso hacia el día 18 de incubación, esto hace necesario mantener los niveles de humedad relativa constantes en el valor adecuado para cada etapa, etapa 1 humedad relativa de 55 % - 65 % y en la etapa 2 humedad relativa de 70 % - 80 %.

Debido a las diferencias de la estructura de las cáscaras y por lo tanto a la conductibilidad de gas, cuando todos los huevos son incubados bajo las mismas condiciones de humedad, habrá una variación en la pérdida de humedad esta deberá ser compensada por un sistema de humidificación que reponga la humedad perdida.

Figura 10. Grafico Pérdida de humedad durante proceso de incubación bien controlado.



4.4. VOLTEO

Los huevos deben ser volteados durante el proceso de incubación. Esto evita que el embrión se pegue a las membranas de la cáscara, particularmente en la primera semana de incubación y ayuda al desarrollo de las membranas del embrión.

A medida que el embrión se desarrolla y la producción de calor aumenta, un volteo regular ayudará al flujo del aire y por tanto al enfriamiento.

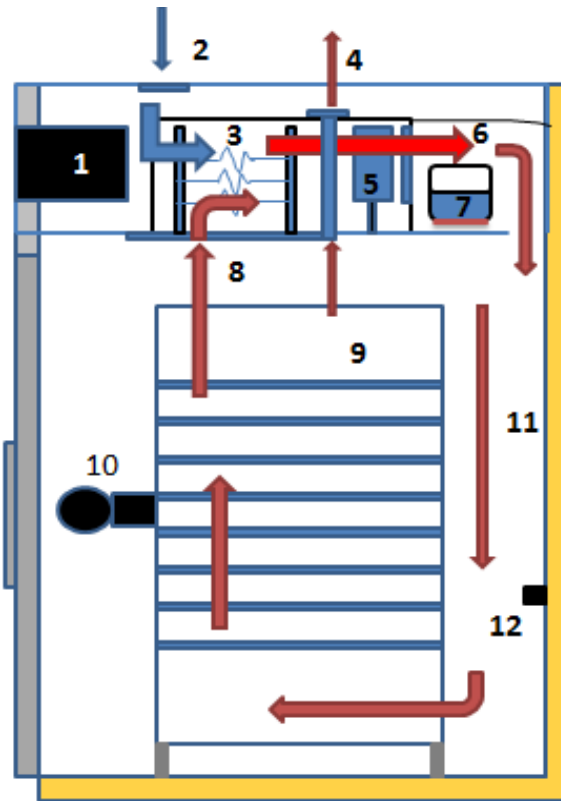
5. DESCRIPCION Y PROCESO DE DISEÑO DE INCUBADORA DE HUEVO DE CODORNIZ

5.1. DESCRIPCION GENERAL DE LA INCUBADORA DE HUEVOS

La máquina incubadora de huevo de codorniz debe cumplir con las siguientes especificaciones.

- Capacidad de incubación de 2000 huevos/ciclo.
- Subsistema de acondicionamiento de las condiciones de temperatura y humedad ambiental.
- Subsistema de movimiento rotativo, basado en un mecanismo biela-manivela.
- Subsistema de suministro de aire para regular nivel de CO₂, distribuir la humedad y homogenizar la temperatura.
- Subsistema multi-etapas de control, monitoreo y visualización de la fuente de calor sensible y de calor latente. En la primera etapa (día 1 a 18), proporciona un rango de temperaturas de (37,5 a 38) ° Celsius y humedad relativa de (55 a 65) %. En la segunda etapa (día 19 a 22) proporciona un rango de temperaturas de (35,5 a 36.5) ° Celsius y humedad relativa de (70 a 80) %.

Figura 11. Esquemático incubadora de huevo de codorniz.



COMPONENETES

1. Caja de control
2. Rejilla de ventilación
3. Resistencias eléctricas
4. Extractor de aire nacimiento
5. 4 Ventiladores en línea
6. Humidificación por evaporación y Convección
7. Tazón con agua
8. Rejilla de ventilación inferior
9. Porta-bandejas
10. Moto-reductor
11. Lana de vidrio+
12. Sensor SHT 71

La incubadora se diseñó en tres etapas:

- **DISEÑO SUBSISTEMA MECANICO**

El subsistema mecánico comprende los elementos cuya función es la de soportar y contener los huevos de codorniz tales como.

Componentes:

- Porta-bandejas móvil
- Bandejas articuladas
- Mecanismo biela manivela
- Moto reductor
- Cabina de incubado

- **DISEÑO SUBSISTEMA DE ACONDICIONAMIENTO TERMICO**

El subsistema térmico se encarga de suministrar la energía térmica y la humedad necesaria para obtener las condiciones ambientales adecuadas para la correcta incubación durante todo el proceso.

Componentes:

- Resistencias
 - Extractores
 - Tanque almacenamiento de agua
- **DISEÑO SUBSISTEMA DE CONTROL, MONITOREO Y VISUALIZACION**
El diseño del subsistema de control monitorea las condiciones ambientales al interior de la cabina de incubado para que sean adecuadas para la incubación de huevos de codorniz, todas condiciones ambientales son controlados por la implementación de un control PID.

Componentes:

- Tarjetas de desarrollo Arduino
- Sensores de temperatura y humedad relativa
- Pantalla LCD
- Finales de carrera
- Botones de accionamiento y set point
- Luz interior

5.2. DISEÑO MECANICO

Los parámetros para realizar el diseño mecánico son los siguientes.

- Capacidad de 2000 huevos/ciclo.
- Bandejas porta-huevos deslizantes y desmontables
- Porta-bandejas con capacidad de desplazamiento.

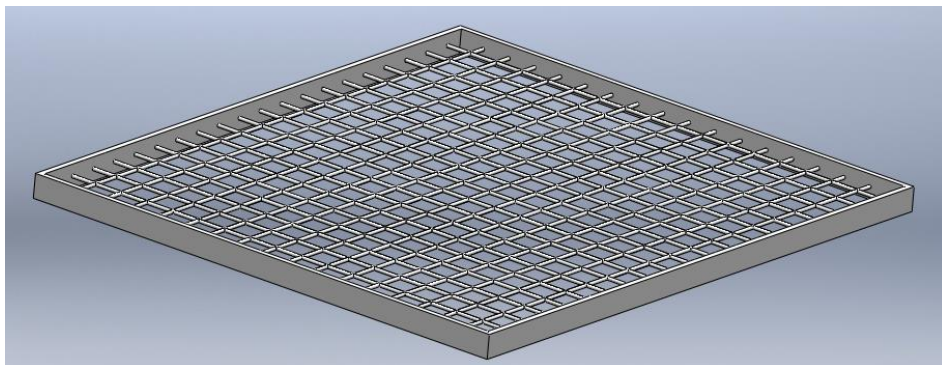
- Apoyos móviles.
- Bandejas articuladas, integradas al mecanismo oscilante.
- Mecanismo oscilante con una capacidad de giro de 45° y -45° .
- Materiales resistentes a la corrosión.
- Cabina aislada térmicamente para depositar porta-bandejas móvil.

5.2.1. Bandejas porta-huevos. Requerimientos del diseño

- Albergar 2000 huevos distribuidos en 8 bandejas.
- Contener el huevo dentro de la bandeja en la posición de 45° y -45° .
- Resistencia a la corrosión.

Las bandejas porta-huevos se diseñaron con el propósito de albergar 250 huevos de codorniz por bandeja. El conjunto de incubación consta de 8 bandejas porta-huevos con una capacidad total de más de 2000 huevos, estas se construyeron en platina de 25mm ancho x 3mm de espesor, junto con una malla la cual se unió mediante soldadura eléctrica a la platina, cada orificio de la malla tiene una dimensión de 20 x 20 mm para contener los huevos de codorniz, para evitar la corrosión se recubrió con pintura electrostática.

Figura 12. Bandeja porta-huevos.

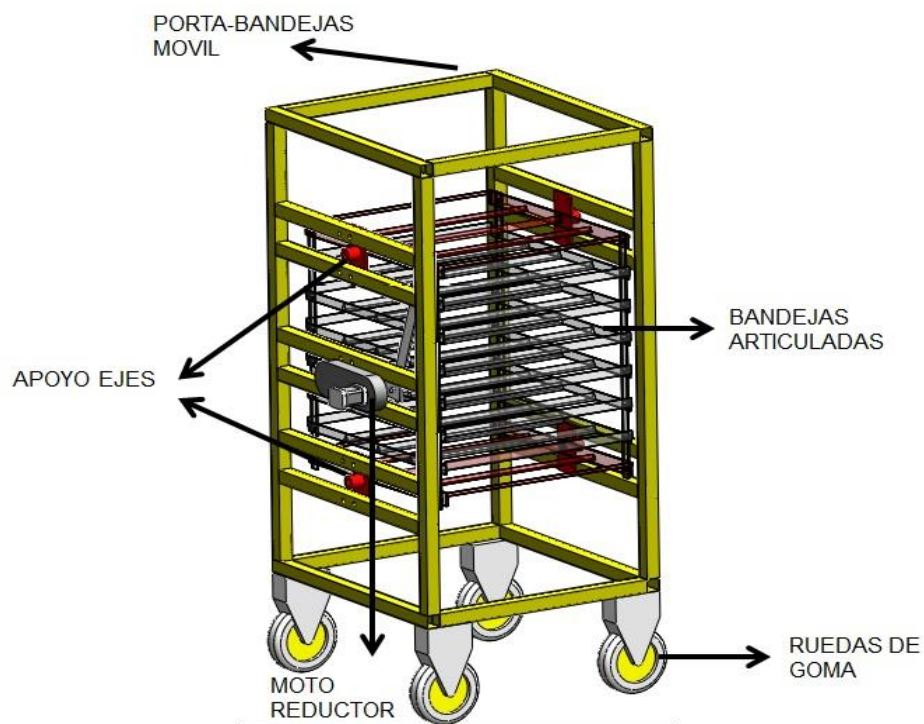


5.2.2. Porta-bandejas móvil. Requerimiento del diseño:

- Soportar la carga de las bandejas porta-huevos y la estructura de las bandejas articulas.
- Soporte para acoplar mecanismo oscilante.
- Capacidad para trasladarse fácilmente.
- Resistente a la corrosión.
- Geometría compacta.

El porta-bandejas móvil es una estructura tubular diseñada con el propósito de dar soporte a las bandejas articuladas y al moto reductor. Esta estructura cuenta con un grupo de apoyos los cuales se encargan de acoplar los ejes de las bandejas articulas y así permitir el movimiento rotativo de $+45^\circ / -45^\circ$ necesario en el proceso de incubación.

Figura 13. Imagen porta-bandejas móvil.



5.2.2.1. Cálculos de diseño: Para establecer la medida de resistencia de nuestra estructura fue necesario calcular el peso de las bandejas articulas así como el total de peso de los huevos que se cargaran en las bandejas.

Los cálculos del peso de las bandejas articuladas se realizaron de manera experimental llevando a cabo la construcción de una bandeja para determinar su peso y dimensiones finales, con esta magnitud y conociendo el número de bandejas calculamos el peso del grupo de bandejas articuladas.

PESO TOTAL BANDEJAS ARTICULADAS

= PESO DE BANDEJA EXPERIMENTAL x # BANDEJAS TOTALES x FACTOR SEG.

Peso bandeja experimental aproximado = 5 kilogramos

Numero bandejas totales = 7

Factor de seguridad = 1.2

Resolviendo obtenemos

Peso total bandejas articulas = 42 kilogramos

El cálculo del peso de los huevos será la multiplicación del total de huevos cargados (2000huevos) por el peso de los huevos de codorniz (15 gramos aproximadamente).

$$m = 2000 \times 15 = 30000 \text{ gr o } 30\text{kg}$$

Con estos resultados obtenemos el peso total soportado por la estructura porta-bandejas móvil.

Peso total = 72 Kilogramos

Parámetros del material para simulación por software.

Tabla 2. Parámetros simulación

Document Name and Reference	Treated As	Volumetric Properties
Shell1 	Solid Body	Mass: 53.7092 lb Volume:245.802 in ³ Density:0.283599 lb/in ³ Weight:53.6619 lbf

Tabla 3. Propiedades del material

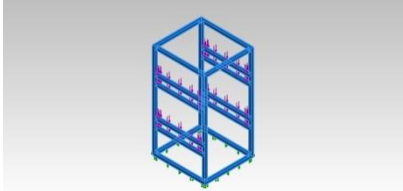
Model Reference	Properties
	Name: AISI 1045 Steel, cold drawn Model type: Linear Elastic Isotropic Default failure criterion: Max von Mises Stress Yield strength: 5.3e+008 N/m² Tensile strength: 6.25e+008 N/m² Elastic modulus: 2.05e+011 N/m² Poisson's ratio: 0.29 Mass density: 7850 kg/m³ Shear modulus: 8e+010 N/m² Thermal expansion coefficient: 1.15e-005 /Kelvin

Tabla 4. Ubicación de la carga sobre la estructura

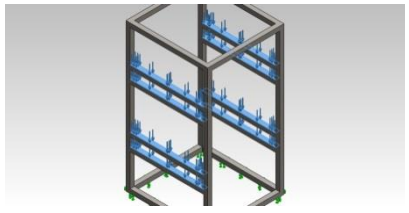
Load name	Load Image	Load Details
Force-1		Entities: 8 face(s) Type: Apply normal force Value: 72 kgf

Tabla 5. Resultado del estudio utilizando von Mises

Name	Type	Min	Max
Stress1	VON: von Mises Stress	3.67777 N/m ² Node: 11883	1.84808e+006 N/m² Node: 7719

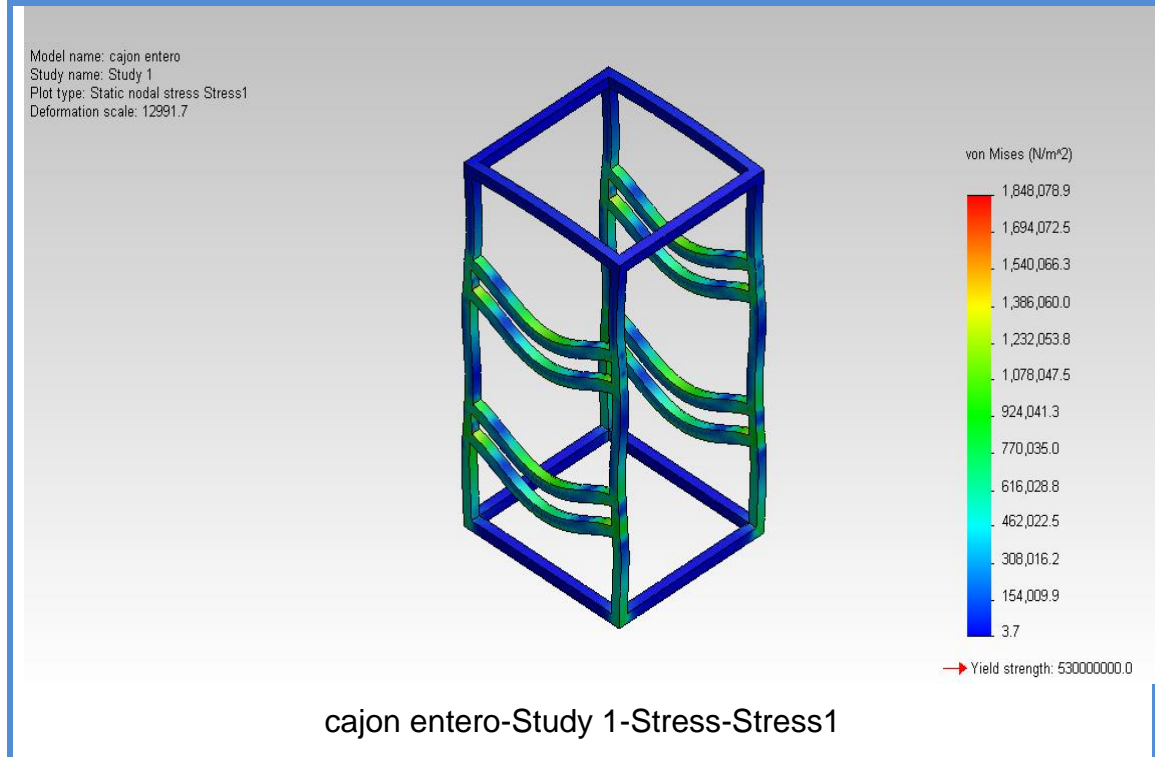
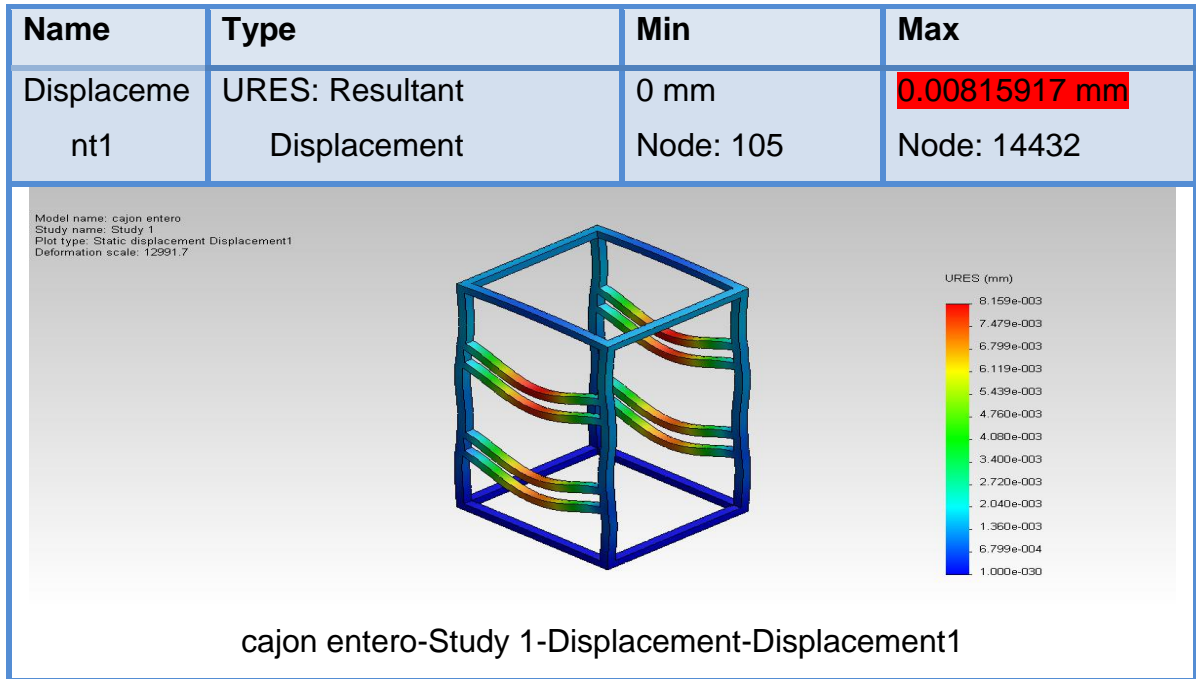


Tabla 6. Análisis de flexión. (Desplazamiento)



El análisis CAE hecho utilizando software de diseño nos muestra un valor de esfuerzo Von Mises muy pequeño comparado con el permitido por el material esto se traduce en una resistencia del material muy por encima de la carga aplicada, lo que es una garantía para la duración del elemento al no presentar esfuerzos o deformaciones significativas.

5.2.3. Selección apoyos móviles. Requerimientos del diseño.

- Soportar la carga del porta-bandejas móvil.
- Mecanismo de freno.
- Resistencia a la corrosión.

Los apoyos móviles son los encargados del desplazamiento del conjunto porta-bandejas móvil para seleccionar el adecuado tuvimos en cuenta el peso total que se va a soportar y las condiciones de humedad alta.

Seleccionamos para este propósito 4 ruedas de goma de 80 mm con capacidad de soportar hasta 110 kg por rueda, dos de estas ruedas cuentan con un bloqueo para garantizar que permanezca inmóvil durante el proceso de incubado.

Figura 14. Apoyos móviles. Ruedas de goma



5.2.4. Bandejas articuladas. Requerimientos del diseño.

- Soportar bandejas porta-huevos.
- Capacidad de girar a 45° y - 45°.
- Resistencia a la corrosión.

Este componente tiene como finalidad soportar las bandejas porta-huevos y a la vez ayudar a transmitir el movimiento generado por el motor a los huevos.

Para este propósito contamos con dos ejes empotrados a la estructura porta-bandejas a través de unos apoyos sujetos con tornillos. Para facilitar el movimiento circular de los ejes estos descansan sobre unos bujes de teflón. Todos los elementos se unen a cuatro platinas para sincronizar su movimiento. Para la construcción de este conjunto se utilizó platina de acero 1045 de 25mm ancho x 3mm de espesor. Para el eje se utilizó un tubo hueco de (1/2 pulgada). (Figura 15).

Figura 15. Bandejas articuladas.

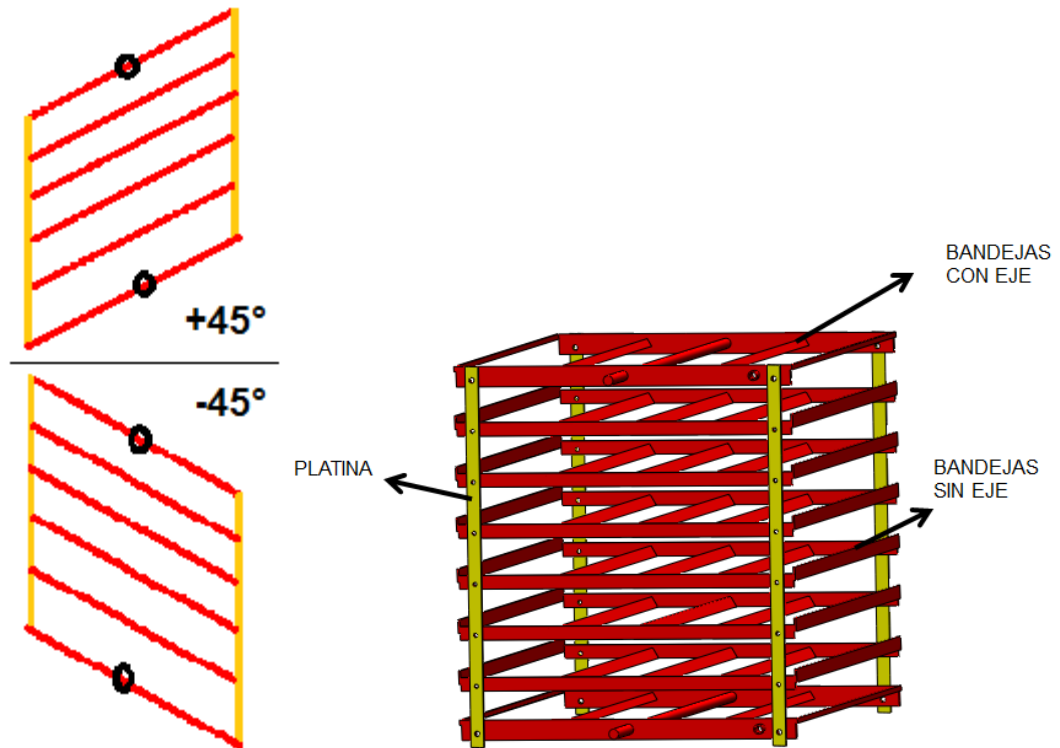
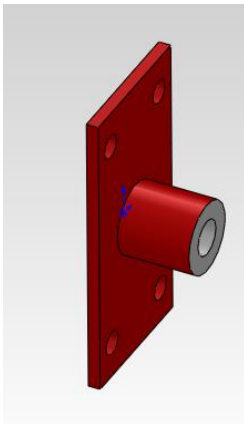


Figura 16. Apoyo con buje de teflón.



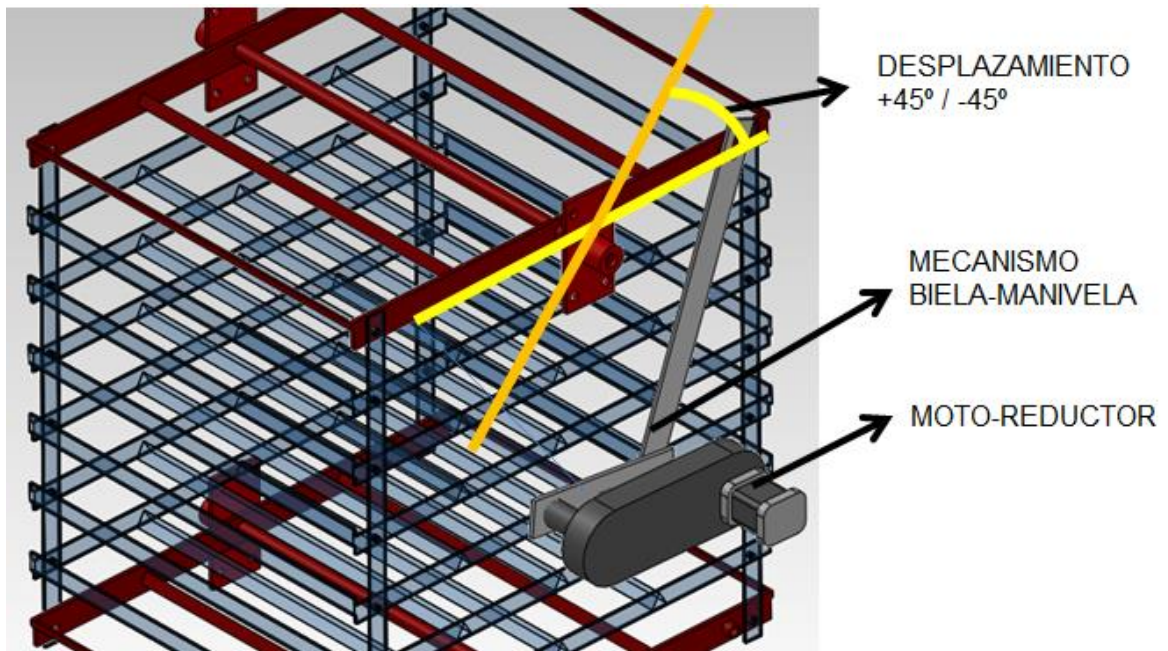
5.2.5. Subsistema de movimiento rotativo. Requerimientos del diseño.

- Capacidad de desplazar las bandejas articuladas cargadas a 45° y a -45° .

- Baja velocidad de rotación.
- Mecanismo para transformar movimiento rotativo por movimiento lineal.
- Resistencia a la corrosión.

El proceso de incubado necesita evitar la adherencia del embrión a la cascara, este movimiento se debe ser suave y cíclico. Para este fin se implementó un mecanismo biela manivela el cual es de sencilla construcción y nos garantiza un movimiento sobre las bandejas de $+45^\circ$ y -45° medido desde el eje horizontal, para inducir el movimiento se utilizó un moto-reductor eléctrico a 110V y con una relación 180: 1 unido a las platinas del mecanismo biela manivela. Ver Figura 17.

Figura 17. Funcionamiento mecanismo de volteo.



5.2.6. Cabina de incubado. Requerimientos del diseño.

- Alojar y soportar el conjunto que constituye la incubadora.
- En su interior debe presentar condiciones térmicas estables.
- Materiales resistentes a la corrosión y que garanticen inocuidad.

- Evitar al máximo las pérdidas energéticas.

La cabina de incubado es la encargada de alojar el porta-bandejas móvil y con él los huevos de codorniz. La cabina cuenta con un aislante térmico, resistencias eléctricas, fuente de humedad, extractores, luces, sensores y el sistema de control automático. Para su estructura utilizamos perfil cuadrado en acero inoxidable de 30mm x 30mm x 2 mm de espesor, lamina en acero inoxidable 2B calibre 20 para el interior y lamina en acero inoxidable satinado calibre 20 para el exterior. La cabina cuenta con puertas de paneles de vidrio para una perfecta visualización del interior.

5.2.6.1. Selección del material aislante. La lana de vidrio fue el material utilizado para aislar térmicamente la cabina ya que reúne una serie de cualidades. Además de su baja conductividad térmica, buen comportamiento frente a la humedad, al fuego, o a determinados agentes químicos; también se tuvo en cuenta la forma y facilidad para su instalación además su fabricación es de bajo costo, y es un material de bajo impacto ambiental.

5.2.6.2. Diseño estructural de la cabina de incubado. La cabina se construyó en dos secciones un marco en perfil cuadrado de acero inoxidable de 30 x 30mm y 2 mm de espesor (figura 18), y paneles en lamina de acero inoxidable calibre 20. Los paneles se construyeron para formar una pared tipo sándwich conteniendo la fibra de vidrio en su interior.

Las dimensiones al interior de la cabina proporcionan el espacio apropiado para facilitar el manejo del porta-bandejas móvil, además de garantizar áreas para un flujo de aire adecuado.

Figura 18. Estructura perfil cuadrado, dimensión interior 90 x 90 x140 cm

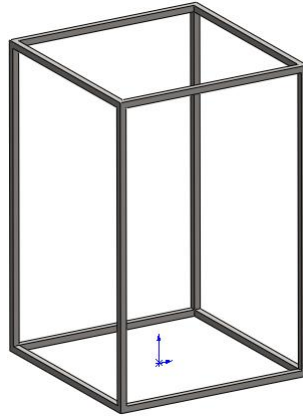
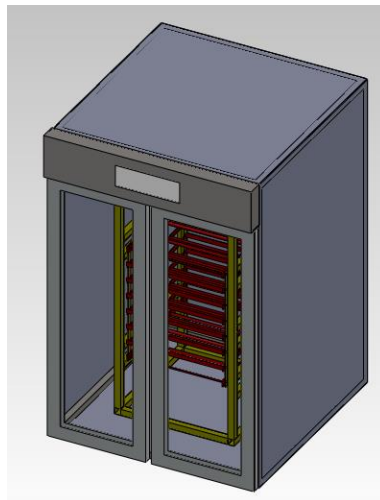


Figura 19. Estructura cabina de incubado completa, dimensión interior 90 x 90 x 120 cm.



5.2.6.3. Espesor del material aislante. La lana de vidrio como aislante establece una barrera al paso del calor entre dos medios que naturalmente tenderían a igualarse en temperatura, impidiendo que el calor traspase de la cabina de incubado que se encuentra a mayor temperatura hacia el ambiente que tendrá una menor temperatura, este se instala en las paredes de la cabina de incubado.

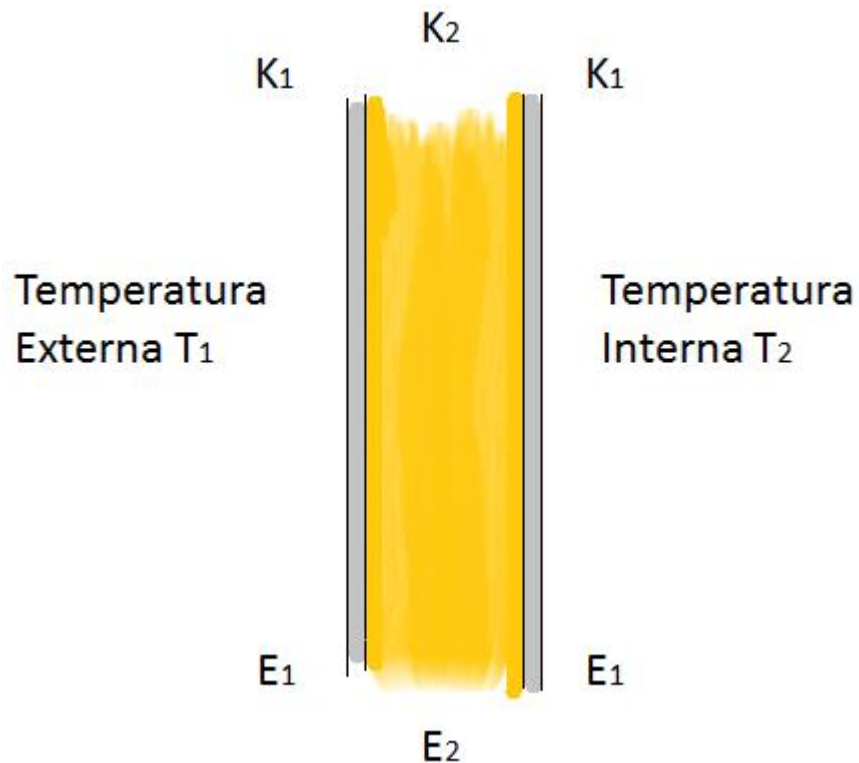
La metodología para calcular el espesor del aislante se basa en el balance de costo de colocar un determinado espesor de aislante contra el ahorro obtenido por

del calor que se debe aportar para mantener la Temperatura de la cámara de incubado.

Calculo del calor requerido.

- Dimensiones de la cabina de incubado 90 x 90 x 120 cm = 0.972 m³
- Cara con mayor área 90 x 120 cm = 1.08 m²
- Temperatura ambiente T₁ = 19 (temperatura promedio Aratoaca)
- Temperatura interior T₂ = 37 (temperatura incubación)

Figura 20. Pared cabina de incubado.



Partiendo de la ecuación general

$$Q = \frac{T_2 - T_1}{R_{equivalente}}$$

Donde

Q= Calor disipado

T₁= Temperatura promedio Aratoaca

$T_2 =$ Temperatura cabina de incubado

$R_{equivalente} =$ Grupo de resistencias del flujo de energía

Para hallar la resistencia equivalente de nuestro sistema se realiza una red de resistencias a la pared de la cabina de incubado.

Figura 21. Red de resistencias térmicas pared cabina de incubado.



$$R_{h1} = \frac{1}{h_1 * A}$$

$$R_{h2} = \frac{1}{h_2 * A}$$

$$R_{acero} = \frac{E_1}{K_1 * A}$$

$$R_{\substack{lanas \\ vidrio}} = \frac{E_2}{K_2 * A}$$

$R_{h1} =$ Resistencia equivalente al flujo energético por convección pared externa

$R_{h2} =$ Resistencia equivalente al flujo energético por convección pared interna

Los datos de h_1 y h_2 son de una superficie expuesta al aire a baja velocidad.

Al remplazar la resistencia equivalente tenemos.

$$Q = \frac{T_2 - T_1}{\frac{1}{h_1 * A} + \frac{E_1}{K_1 * A} + \frac{E_2}{K_2 * A} + \frac{E_1}{K_1 * A} + \frac{1}{h_2 * A}}$$

Donde se reemplazan los valores conocidos y se simplifica para obtener una ecuación del espesor en función del calor disipado.

Propiedades de los materiales

- Conductividad térmica acero inoxidable $K_1 = 15$ [W/mK]
- Conductividad térmica lana de vidrio $K_2 = 0.038$ [W/mK]
- Espesor lamina de acero inoxidable $E_1 = 1\text{mm} = 0.001$ [m]
- Espesor lana de vidrio $E_2 =$ Por calcular.
- Coeficiente de convección externo $h_1 = 10$ [w/m²C°]
- Coeficiente de convección interno $h_2 = 20$ [w/m²C°]
- Área de la cara más grande $A = 1.08$
- Volumen cabina de incubado $V = 0.972$ m³

Las valores de las constantes fueron extraídas de tablas de libros de transferencia de calor algunos de estos valores se aproximaron para simplificar los cálculos.

$$Q = \frac{37 - 19}{\frac{1}{10 \cdot 1.08} + \frac{0.001}{15 \cdot 1.08} + \frac{E_2}{0.038 \cdot 1.08} + \frac{0.001}{15 \cdot 1.08} + \frac{1}{20 \cdot 1.08}}$$

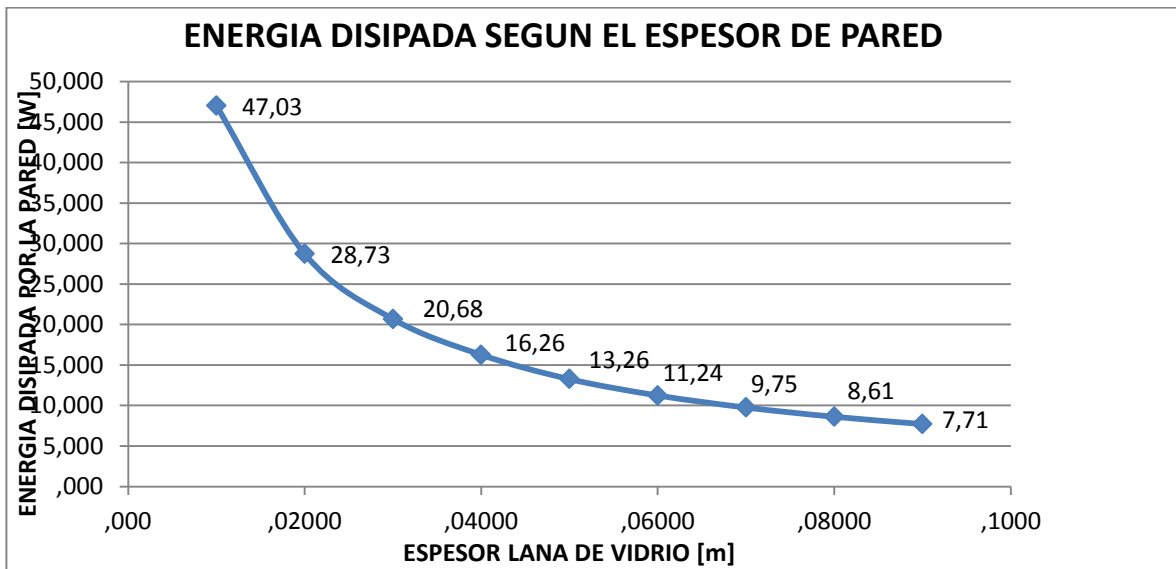
$$Q = \frac{0.74}{0.0057 + E_2}$$

Variando el espesor E_2 de la lana de vidrio, tabulamos los resultados en la siguiente tabla 7.

Tabla 7. Calculo del adecuado espesor de lana de vidrio

ESPESOR LANA DE VIDRIO E_2 [m]	Q [W]
0.01	47.03
0.02	28.73
0.03	20.68
0.04	16.26
0.05	13.26
0.06	11.24
0.07	9.75
0.08	8.61
0.09	7.71

Figura 22. Grafica de espesor vs energía disipada.



El espesor se seleccionó usando el criterio anteriormente mencionado además de ver la relación calor disipado vs material utilizado este incluye el acero necesario

para aumentar el espesor de la pared. Apoyados en el figura 22 observamos que la pendiente de pérdida de calor desciende rápidamente hasta los 3 cm valor escogido por su baja disipación de tan solo 21 watts este nos representa un buen ahorro energético además de una disminución en costos de construcción.

5.3. SUBSISTEMA DE GANANCIA TERMICA

Requerimiento del diseño.

- Capacidad de obtener la temperatura de la cabina de incubado a más de 39° Celsius.
- Recirculación de aire caliente.
- Suministro de aire para regular nivel de CO₂.
- Fuente de aire forzado para distribuir la humedad y homogenizar la temperatura.
- Capacidad de obtener humedad relativa de hasta el 85%.

El subsistema de ganancia térmica está conformado por los siguientes elementos de aporte de calor

- Resistencia eléctrica.
- Ventiladores.
- Tazón para agua con resistencia térmica.

5.3.1. Selección de la Resistencia. Requerimiento de diseño.

- Consumo inferior a 500Watts.
- Aumento de temperatura en la cabina mayor a 39° Celsius.

- Baja inercia térmica de la resistencia.

Para aumentar el calor latente de manera adecuada necesitamos realizar los cálculos que nos indiquen el gasto energético mínimo para seleccionar la Resistencia eléctrica más conveniente.

Los componentes de la carga térmica son.

- Energía requerida por el espacio de incubado.
- Energía requerida por los huevos de codorniz.
- Energía disipada por las paredes
- Energía gastada para la humidificación.
- Energía disipada al abrir las puertas.
- Cálculos para la selección de la resistencia requerida.
- Selección de la resistencia.

Energía requerida por el espacio de incubado.

Las dimensiones del cuarto a calentar son 90cm X 90cm X 120cm

$$V_{\text{incubadora}} = 0.972 \text{ m}^3$$

Luego la masa total de aire en el cuarto de incubado es

$$M_{\text{aire}} = V_{\text{incubadora}} \times \text{Densidad aire}$$

$$M_{\text{aire}} = 0.972 \text{ m}^3 \times 1 \text{ kg/m}^3 \text{ (densidad aire)} = 0.972 \text{ kg de aire}$$

Teniendo en cuenta el volumen del cuarto de incubado y las condiciones ambientales calculamos el calor ideal para una correcta incubación.

$$Q = M_{\text{aire}} * (T_2 - T_1) * C_v$$

Dónde:

$$M_{\text{aire}} = 0.972 \text{ kg}$$

$$T_2 = 37 \text{ (temperatura incubación)}$$

$$T_1 = 19 \text{ (temperatura promedio Aratoaca)}$$

$$Cv = 0.718 \text{ (aire a volumen constante)}$$

Obtenemos que.

$$Q = 12.56 \text{ KJ}$$

El Q obtenido es la energía que se necesita suministrar para lograr condiciones estables.

En la incubación cualquier cambio brusco en la temperatura afecta significativamente el embrión disminuyendo con esto la tasa de incubabilidad.

Por tanto se debe garantizar un suave aumento de la temperatura, como se cuenta con un control que regula el tiempo de entrega de energía, para efectos de cálculo se toma un tiempo de entrega de energía de 3 minutos.

$$Q = 12560 \text{ J}$$

$$\text{Tiempo} = 3 \text{ min} = 180 \text{ seg.}$$

Por tanto.

$$\text{Potencia espacio incubado} = \frac{12560 \text{ J}}{180 \text{ seg}} = 70 \text{ w en estado transitorio}$$

Energía requerida por los huevos de codorniz.

Utilizando la primera ley de la termodinámica y realizando un balance de energía podemos calcular la energía necesaria para el correcto desarrollo del embrión.

$$Q = M_{\text{huevos}} * (T_2 - T_1) * Cv$$

La masa total será la multiplicación del total de huevos cargados (2000huevos) por el peso de los huevos de codorniz (15 gramos aproximadamente).

$$M_{\text{huevos}} = 2000 \times 15 = 30000 \text{ gr o } 30\text{kg}$$

La temperatura inicial de los huevos será la temperatura ambiente 19°C y la temperatura final será la temperatura de incubado 37°C.

Para lograr el cálculo del Cv (Calor específico a volumen constante) para el huevo lo aproximamos al Cp (Calor específico a presión constante) del agua, para esto utilizamos el siguiente dato.⁵

El huevo desde la cascara hasta su interior alberga grandes cantidades de agua siendo esta responsable del 72.55% del peso total del huevo, sabiendo esto y solo para efectos de cálculo decimos.

$$C_v (\text{huevo}) = C_p (\text{agua}) = 4.18 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg} \cdot \text{C}}$$

Remplazando en la ecuación de balance de energía obtenemos el calor requerido por los huevos de codorniz

$$Q (\text{huevos de codorniz}) = 2257.2\text{KJ}$$

Teniendo en cuenta que para evitar daños en el embrión del huevo mientras este alcance su temperatura de 37° se recomienda un tiempo de 8-10 horas para alcanzar el estado estable.

⁵ CIENCIA PARA LOS FUTUROS CIUDADANOS. El huevo 20 de febrero de 2008 <http://www.nuevaalejandria.com/archivos-circulares/ciencias/notas-011.htm>.

Calculamos la potencia.

$$Potencia\ huevos\ codorniz = \frac{2257200J}{28800seg} = 79\ w$$

Energía perdida

La energía perdida o no aprovechada es la suma total de la energía disipada por las paredes, la gastada para humidificación y la que se llega a perder cuando durante el proceso se abran las puertas.

Energía disipada por las paredes

La energía disipada por las paredes fue calculada con anterioridad en los cálculos de espesor de pared el valor obtenido para una pared fue de 21 watts ya que la incubadora cuenta con tres paredes la energía total disipada por estas será:

Energía total disipada por las paredes = 63 [w]

Energía gastada para la humidificación.

La humedad relativa dentro de la cabina de incubado varía según la etapa del proceso de incubación tomando valores de entre 60 % y 85% de humedad relativa, para variar la humedad relativa se utilizó una fuente de calor latente a través de un tazón con agua expuesto a una resistencia eléctrica de placa sumergible 100W y una fuente de aire para ayudar homogenizar la humedad relativa dentro de la cabina de incubado.

Energía disipada al abrir las puertas.

Al abrir las puertas la temperatura al interior de la cabina de incubado disminuye debido a la liberación de calor al ambiente, esto perjudica notablemente el proceso de incubación disminuyendo la tasa de nacimiento de codornices.

Para tener un valor aproximado de cuanta energía se pierde al abrir las puertas se realizó prueba en la cual se tomaron datos de cambios de temperatura durante un tiempo medido.

Nuestra prueba se desarrolló a una temperatura inicial de 38° C, humedad relativa de 67 % al interior de la cabina, el ambiente se encontraba a una temperatura de 18 ° C, humedad relativa de 53 %, la cabina de huevos no tiene carga de huevos.

Para la toma de datos se alcanzó la temperatura de 38° C paso seguido se apagó la fuente de calor y se abrieron las puertas de la cabina de incubado manteniendo los ventiladores encendidos.

La temperatura desciende bruscamente alcanzando una temperatura de 19° Celsius a los 93 segundos.

El gasto energético por abrir las puertas se calcula como la energía total disipada al bajar la temperatura de 38° Celsius hasta 19° Celsius.

Esto nos da un valor de energía total perdida de 12560J.

El tiempo para disipar esta energía fue de 93 segundos, con esto calculamos la potencia extra que requerirá la resistencia para suplir la perdida de calor cuando durante el proceso se lleguen a abrir las puertas.

Donde

Energía total disipada = 12560J

Tiempo de disipación = 93 segundos

$$\text{Potencia gastada al abrir las puertas} = \frac{12560J}{93\text{seg}} = 135 \text{ w}$$

Cálculos para la selección de la resistencia requerida.

Para calcular el tamaño de la resistencia necesaria para cumplir con los requerimientos térmicos del proceso de incubación, calculamos la energía que se gasta durante el proceso de incubación y le sumamos las pérdidas que se producen en la cabina de incubado durante su operación. A continuación mostraremos una tabla con la relación de los gastos energéticos.

Tabla 8. Energía requerida para la incubación.

Requerimiento Energético	Potencia
Energía para calentar el aire de la incubadora	105 w
Energía para calentar los huevos de codorniz	70 w
Energía disipada por las paredes	63 w
Energía gastada para la humidificación	100 w
Energía disipada al abrir las puertas	135 w
Potencia total requerida por la incubadora	473 w

Selección de la resistencia.

Sabiendo que la potencia requerida por la fuente de calor latente es de 373 w seleccionamos una resistencia de alambre de níquel-cromo de 400 w debido a su rápida respuesta y baja inercia térmica. El control automático se encargara de administrar la energía liberada según lo necesite el proceso.

Para la fuente de calor sensible utilizamos una resistencia plana de 100 w.

El estado estable serán los 20 días de incubación a 37° C y el transitorio el tiempo tomado por el control y la resistencia para elevar la temperatura de la ambiental a la temperatura de incubación.

5.3.2. Selección de los ventiladores. Los ventiladores son fundamentales al igual que la resistencia en el proceso de incubación debido a que los huevos requieren un movimiento mínimo de aire para su correcto desarrollo ver tabla 1.

El flujo de aire continuo evita un sobrecalentamiento de la resistencia, no permite puntos fríos en la cabina, renueva el aire viciado y ayuda a mantener estable la humedad relativa.

Para calcular el tamaño del ventilador debemos averiguar cuando aire necesitamos mover en una hora del proceso de incubación, tomamos unos valores iniciales para el cálculo.

Sabiendo que el movimiento del aire dentro de la cabina debe ser suave evitando la turbulencia se toma como referencia un caudal de aire capaz de máximo mover 15 veces el volumen de aire del cuarto de incubado en una hora.

$$\text{Caudal aire} = N \times \frac{V}{t}$$

Donde

N= número de veces que se debe mover el aire del equipo = 15 veces

V= volumen cuarto de incubado = 0.972 m³

t = tiempo de referencia = 1 hora

$$\text{caudal de aire} = 14.58 \text{ m}^3$$

Para lograr un área de flujo homogéneo se escogieron 4 ventiladores tipo extractor de 90 x 90 x 25 mm los cuales se instalaron en paralelo y su velocidad es regulada por el control.

Características del ventilador

Tamaño: 90 x 90 x 120 mm

Voltaje: 12v

Velocidad: 2000 r.p.m.

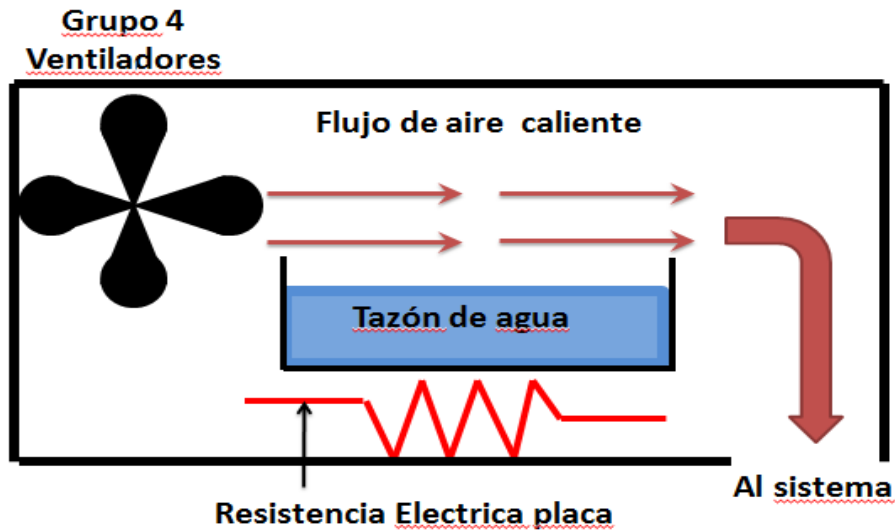
Caudal: 26 m³ por hora

Figura 23. Ventilador 12 voltios



5.3.3. Selección y calculos del subsistema de humidificacion. Para mantener los porcentajes de humedad relativa durante el proceso de incubacion en los limites que benefician la correcta formacion del embrión, se implementa un tazón con agua expuesto al aire impulsado por los ventiladores del sistema.

Figura 24. Esquema sistema para aumentar la humedad relativa



A este tazón se le adhiere una resistencia de placa de 100 watts con la cual podemos aumentar el calor latente facilitando una mayor evaporación del agua y dándonos la posibilidad de controlar el porcentaje de humedad relativa logrando un máximo de ganancia sin afectar la temperatura de la cabina de 35% de humedad relativa es decir logramos pasar de 53% de humedad relativa a 88% de humedad relativa en un tiempo de 8 minutos.

La resistencia de calor latente se activa desde el control a través de un interruptor manual que el operador de la incubadora activara el día 17 del proceso de incubación y pasara la humedad relativa de estar entre 60% y 70% durante la incubación a la necesaria para un correcto nacimiento, la humedad relativa sube a valores que oscilan entre 75% y 85%.

El tazón que se utilizó tiene por medidas 45cm x 25cm x 6cm de profundidad y mantiene su nivel gracias a una válvula con flotador que repone el agua perdida por la evaporación, el tazón es de aluminio y al costado tiene adherida la resistencia de 100 watts que ayuda a suministrar el calor latente.

Para lograr mantener la humedad relativa en los valores deseados se dispuso de un tazón con agua expuesto a la corriente de aire enviada por los ventiladores de la resistencia principal, el aire ayuda en la evaporación del agua además de ser necesario para homogenizar la humedad en la cabina de incubado, de esta forma se logra aumentar la humedad relativa a valores que oscilan entre 60% y 70% de humedad relativa, con la cabina a una temperatura de 37° Celsius se logra la estabilidad en un tiempo no mayor 10 minutos.

Para aumentar la humedad relativa al momento del nacimiento se cuenta con una resistencia eléctrica de 100 watts, esta funciona cuando el operador de máquina de incubado oprime el botón de nacimiento el programa de control empieza a encender la resistencia de manera intermitente, activa por 5 segundos desactiva por 20 segundos con esto se garantiza un aumento significativo en la humedad relativa llegando a valores que oscilan entre 75% y 85% de humedad relativa.

5.4. SUBSISTEMA DE MONITOREO, VISUALIZACIÓN Y CONTROL

Requerimientos del diseño.

- Subsistema multi-etapas de monitoreo, visualización y control de la fuente de calor sensible y de calor latente. En la primera etapa (día 1 a 18), proporciona un rango de temperaturas de (37,5 a 38) ° Celsius y humedad relativa de (55 a 65) %. En la segunda etapa (día 19 a 22) proporciona un rango de temperaturas de (35,5 a 36.5) ° Celsius y humedad relativa de (70 a 80) %.

Para alcanzar una alta tasa de nacimiento es necesario que el control presente una alta precisión y mantenga la temperatura en 37.7 ° Celsius, además de monitorear la humedad relativa y encender la resistencia instalada en el tazón de agua para aumentar la humedad relativa durante el nacimiento.

Los elementos usados para el control son de gran importancia ya que la precisión depende mucho de estos.

Figura 25. Diagrama control automático de temperatura

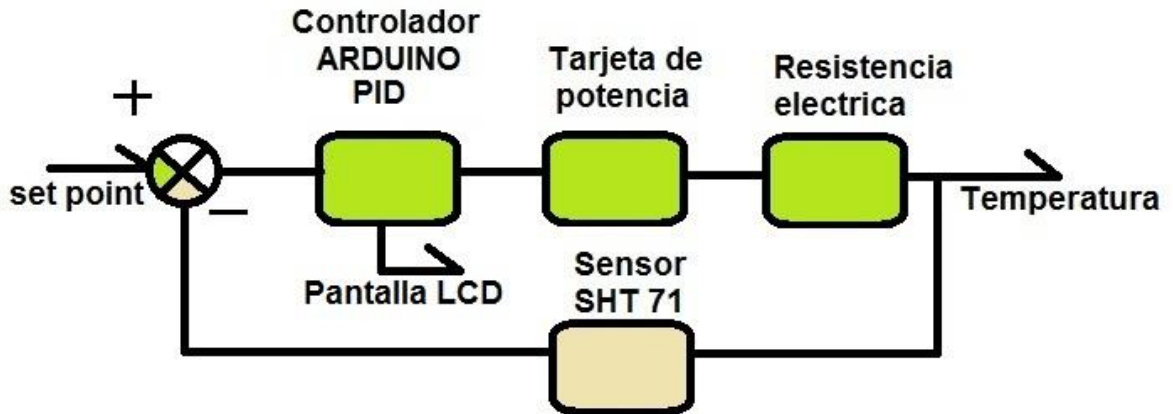
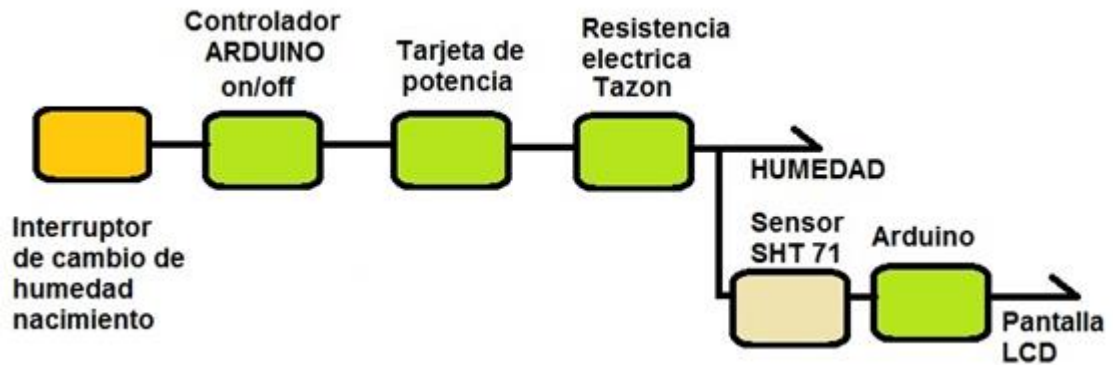


Figura 26. Diagrama control manual de humedad



5.4.1. Funcionamiento y componentes sistema de control. El principal componente del sistema de control es la tarjeta de desarrollo Arduino Mega 2560 la cual se programa con el código de control PID para encender o apagar la resistencia eléctrica y también ejecuta un control on/off para activar la resistencia del tazon con agua.

Se implementa un control PID despues de realizar prueba con el control P y el PI, observamos mayor estabilidad en el PID.

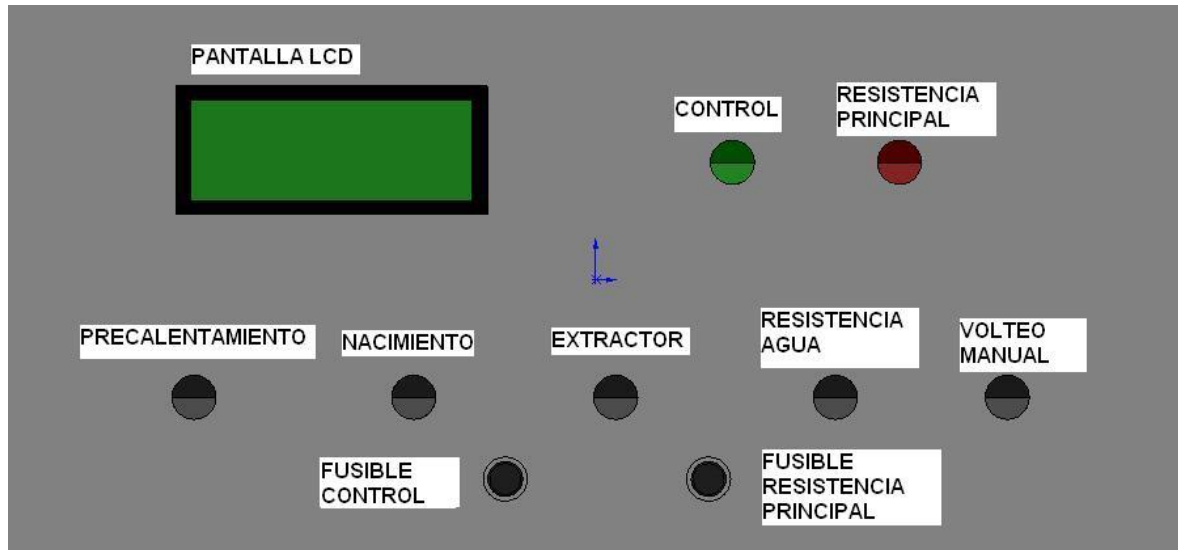
Para modificar la humedad relativa en la cabina de incubado durante el nacimiento se tiene un interruptor que se activa manualmente el dia 17 de la incubacion, el interruptor deja pasar 5 voltios a un puerto de entrada de la Arduino mega y la Arduino efectua un control on/off sobre la resistencia del tazon con agua.

El sensor de humedad y temperatura SHT 71 se encarga de monitorear el valor de la humedad relativa y mostrarlo en la pantalla LCD.

Para aumentar la temperatura en la cabina y mantenerla a 37,7° Celsius la tarjeta Arduino Mega en uno de sus puertos recibe la señal digital del sensor de humedad y temperatura SHT 71 que se encuentra en el interior de la cabina, esta señal es un pulso que varía de 0 a 4 voltios y por medio del código de programación transforma ese pulso en una medida de temperatura en grados Celsius la cual compara con un set point ya establecido en 37.7 ° Celsius.

La tarjeta de desarrollo arduino energiza uno de sus puertos de salida conectado a un rele de estado sólido para encender la resistencia eléctrica principal y así aumentar la temperatura en la cabina de incubado. La tarjeta Arduino continua censando ya que el código de control PID encenderá la resistencia hasta que la diferencia entre el valor de temperatura entregado por el sensor de humedad y temperatura SHT 71 y el set point establecido sea cero, la temperatura al interior de la cabina iguala a la del set point y se estabiliza.

Figura 27. Panel de control incubadora.



Los componentes principales que hacen parte del control son:

- Arduino mega 2560
- Arduino Uno
- Sensor humedad y temperatura SHT 71
- Rele de estado solido
- Rele electromecanico12V
- Integrado L293D
- Transistor TIP122
- Pantalla LCD
- Fuente de 12V
- Regulador de voltaje 5V

Arduino Mega 2560

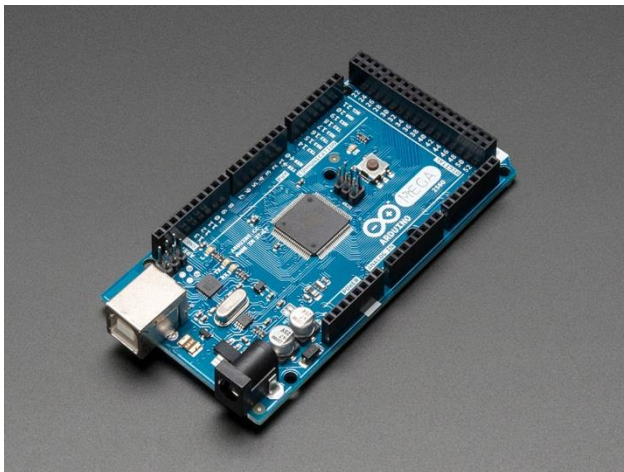
El Arduino Mega 2560 es una placa basada en un micro controlador ATmega2560. Tiene 54 pines de entradas/salidas digital (14 de ellos pueden ser usados como salidas PWM). 16 entradas analógicas.

La tarjeta de desarrollo Arduino Mega 2560 en nuestro sistema se encarga de monitorear la temperatura y la humedad, y controlar la temperatura en la cabina de incubado al retroalimentarse de la señal enviada por el sensor de humedad y temperatura SHT 71.

Está conectada a la resistencia por medio de un relé de estado sólido que al ser activado acciona la resistencia eléctrica y permite un aumento en la temperatura.

Para poder realizar cambios en el set Point por algunos de sus puertos dispuestos como entradas se conectan Interruptores que al ser accionados envían una señal de 5 voltios a los puertos de la tarjeta Arduino.

Figura 28. Arduino Mega



Arduino Uno

El Arduino Uno es una placa electrónica basada en el micro controlador Atmega328. Cuenta con 14 pines digitales de entrada / salida (de los cuales 6 pueden ser utilizados como salidas PWM), 6 entradas analógicas.

La tarjeta de desarrollo Arduino Uno se encarga en nuestro sistema de controlar el volteo de los huevos activando el relé electromecánico que acciona el motor de

volteo 60 segundos cada hora. También controla el grupo de ventiladores de la resistencia principal para disminuir su flujo de aire durante el precalentamiento al inicio del proceso. Controla también un ventilador para la extracción de gases en la etapa de nacimiento esto por medio del transistor Tip122.

Figura 29. Arduino Uno

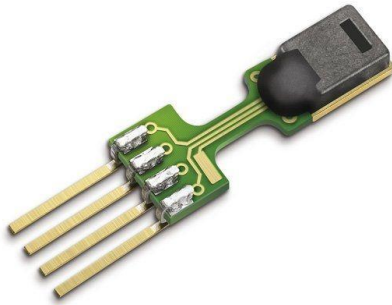


Sensor de humedad y temperatura SHT 71

El sensor digital SHT 71 de humedad relativa y temperatura se alimenta de una fuente a 5 voltios y sus señales varían de 0 a 4 voltios. Internamente consiste en un sensor de temperatura de tipo bandgap y un sensor de humedad relativa de tipo polímero capacitivo. Ambos sensores se conectan a un conversor analógico/digital de 14bits. Una memoria OTP (One Time Programmable) dispone de los coeficientes de calibración de los sensores y son usados internamente tras cada medida para calibrar las señales de los sensores (está completamente calibrado).

Comunica datos a la Arduino Mega 2560 que gracias a un código programado en el micro controlador transforma las señales del sensor SHT 71 en los valores de humedad relativa en porcentaje y temperatura en grados Celsius.

Figura 30. Sensor SHT 71



Relé estado sólido

Este elemento nos proporciona la posibilidad de poder activar una resistencia de 110v y 400watts con los 5 voltios que nos envía la Arduino Mega por uno de sus puertos, permitiéndonos manejar grandes potencias con una tarjeta de desarrollo de bajo poder.

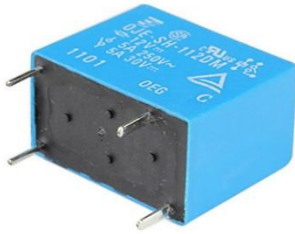
Figura 31. Relay solid state



Relé electromecánico de 12 voltios

Este al igual que el relé de estado sólido permite accionar el motor de volteo de los huevos el cual trabaja a 110 voltios.

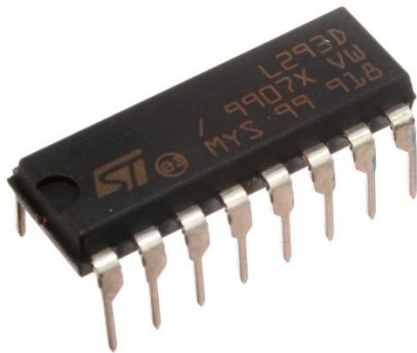
Figura 32. Relé electromecánico



Integrado L293D

Este integrado nos permite accionar los 4 ventiladores desde la Arduino Uno y variar su intensidad de giro según lo programado para las etapas de incubado con los 5 voltios que envía Arduino. Este integrado se alimenta de 12 voltios de una fuente externa y varía la velocidad de los ventiladores al variar los 5 voltios que recibe de Arduino por una entrada set point.

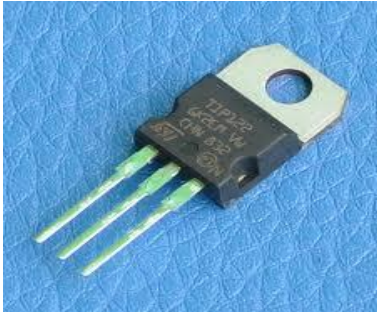
Figura 33. Integrado L293D



Transistor TIP 122

Transistor NPN para accionar el ventilador de extracción de aire en el nacimiento. Con este transistor encendemos un ventilador de 12 voltios con los 5 voltios de salida de la Arduino Uno.

Figura 34. Transistor TIP 122



Pantalla LCD

Esta pantalla está conectada a la Arduino Mega 2560 para poder visualizar los datos de valores de Temperatura y Humedad relativa. Funciona a 5v y tiene un tamaño de 4x20 caracteres de escritura.

Figura 35. Pantalla LCD 4x20



Fuente de 12 voltios

Para alimentar los circuitos de muchos de los elementos que funcionan a 12 voltios utilizamos esta fuente de 3 amperios. También nos sirve para generar la alimentación de otros circuitos a 5 voltios conectando un regulador de voltaje.

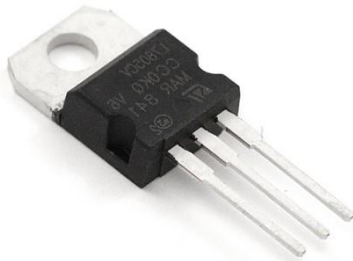
Figura 36. Fuente 12 voltios



Regulador de voltaje 7805

Al conectar la fuente de 12 voltios al regulador 7805 obtenemos una salida de 5 voltios para alimentar todos los elementos que funcionan a este voltaje.

Figura 37. Regulador de voltaje 7805



Luz interior

La cabina de incubado tiene en su interior un sistema para la iluminacion conformado por un grupo de bombillas tipo led acomodadas a lo largo de una

regleta en la parte superior de la cabina, este se activa por medio de un interruptor manual dispuesto en el exterior de la incubadora.

Figura 38. Regla de luces led.



6. ETAPA DE PRUEBAS DE LA MAQUINA DE INCUBADORA

Las pruebas a la máquina de incubado se realizaron para lograr calibrar la maquina antes de iniciar el incubado del primer lote de huevos de codorniz.

Las pruebas de calibración se estructuran de la siguiente forma:

- Porta-bandejas móvil
 - Inspección de los elementos y piezas
 - Prueba de carga
 - Prueba de giro de bandejas
- Control de temperatura y humedad
 - Calibración control automático de temperatura
 - Calibración control PID
 - Calibración control manual de humedad
 - Calibración control On/Off

Iniciamos las pruebas con el equipo porta-bandejas móvil en donde se alojaron los dos mil huevos del primer lote, posterior a esto se probó el control de temperatura, se monitoreo el estado de la humedad, se comprobó el ajuste de las puertas y el correcto flujo de aire.

Figura 39. Maquina incubadora



6.1. PRUEBAS A EQUIPO PORTA-BANDEJAS MÓVIL

Las pruebas en el equipo porta-bandejas móvil comenzaron con una rigurosa inspección visual comprobando la correcta unión entre las piezas de metal, se buscan orificios en los pliegues soldados por donde el agua se pueda filtrar y corroer la estructura.

Se simula el peso de los huevos de codorniz con un grupo de pesas, en total se distribuyen 30 kg en las ocho bandejas para probar la resistencia de la estructura y la facilidad de movimiento de los apoyos móviles con la carga completa.

Para probaron las bandejas porta-huevos observando que durante la inclinación del volteo los huevos no fueran a resbalar o se golpearan contra la estructura.

Se probó el motor de volteo observando el funcionamiento del mecanismo biela manivela.

Figura 40. Fotos pruebas y funcionamiento porta-bandejas móvil.



6.2. CALIBRACIÓN DEL CONTROL DE TEMPERATURA Y HUMEDAD

6.2.1. Calibración control de temperatura. Para las pruebas del control de temperatura empezamos escribimos un código de control PID en la Arduino Mega 2560 donde el set point establecido fue 37.5, la señal de entrada la proporciona el sensor SHT 71 y el actuador es accionado por una salida de la tarjeta Arduino que activa un relé de estado sólido y dejan fluir los 110 voltios que alimentan la resistencia eléctrica.

Figura 41. Unidad de calefacción y extracción de la incubadora



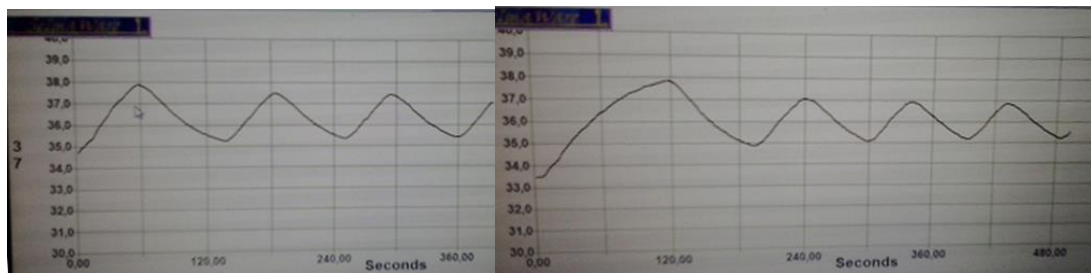
6.2.1.1. Constantes del control PID: El control fue probado de muchas maneras iniciamos con un control P, luego probamos con un PI, pero al final nos decidimos

por un control PID que en las pruebas nos dio una respuesta más rápida y proporcional en la aproximación a la temperatura del set point.

Control P

El control proporcional fue el primero en ser probado, daba grandes saltos en los valores temperatura lo cual fue un indicador de cambio pues no daba la precisión necesaria. Se varía la constante proporcional en busca de mejoras en la respuesta pero no se logra nada significativo.

Figura 42. Respuesta control P ($k_p=1$, $k_p=5$)



Control PI

Al probar con un control proporcional integral se ve en las gráficas un cambio significativo al notar que varía menos de 1 grado Celsius muy diferente al proporcional que lo hacía casi en 3 grados Celsius. Se realizaron múltiples variaciones a las constantes las que se muestran a continuación fueron las más estables que se lograron con este tipo de control.

Figura 43. Respuesta control PI ($k_p=1$, $k_i=1$ y $k_p=3$, $k_i=5$)



Control PID

Al agregar la constante derivativa a nuestro control de temperatura notamos una mejoría en la respuesta bastante notable además de gran estabilidad encontrando variaciones menores a 0.3 grados Celsius.

A continuación mostraremos algunas de las respuestas a las diferentes constantes de control y la reacción al abrir las puertas estando en funcionamiento con las constantes ya elegidas para el proceso de incubación.

Para elegir las constantes se empieza a probar variando una a una y esperando alrededor de una hora para ver cómo se estabilizaba el sistema.

Se eligen como proporcional $k_p=2$, integral $k_i=5$, derivativo $k_d=3$.

Figura 44. Respuesta control PID. (k_p 1, k_i 1, k_d 1 y k_p 2, k_i 5, k_d 3)

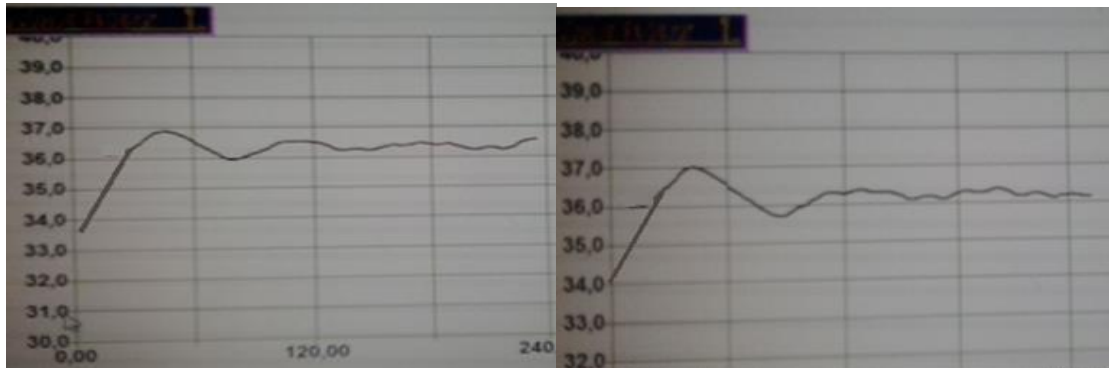
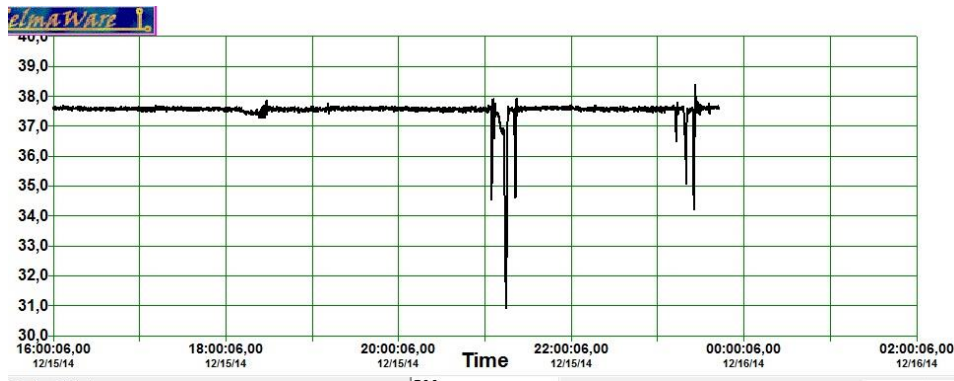


Figura 45. Prueba de respuesta a la perturbación, puertas abiertas.



6.2.2. Calibración control de humedad. Para lograr aumentar la humedad relativa hasta los niveles requeridos por el proceso de incubado en la etapa de nacimiento, se enciende la resistencia unida a el tazón de agua anteriormente seleccionado, primero con pulsos de 3 segundos On seguido de 5 segundos Off, así logramos aumentar la humedad relativa rápidamente pero se presentaron interferencias con el control de temperatura además de aumentar la humedad relativa por encima del valor máximo permitido por el proceso.

Los pulsos se modificaron en varias ocasiones hasta que se encontró el pulso que aumentaba la humedad relativa hasta el valor máximo permitido sin modificar la temperatura de la cabina de incubado este es 1 segundo On seguido de 10 segundos Off.

7. RESULTADOS PRUEBAS DE DESEMPEÑO

Las pruebas de desempeño se estructuran de la siguiente forma:

- Porta-bandejas móvil
 - Carga de huevos en bandejas porta-huevos
- Cabina de incubado
 - Limpieza
- Inicio incubación
 - Precalentamiento
 - Seguimiento
 - Nacimiento
- Resultados incubación
 - Eficiencia maquina incubadora

Al probar todos los subsistemas de la maquina incubadora y comprobar su correcto funcionamiento se prepara el lote de huevos de codorniz a incubar.

El lote de 2000 huevos se inspecciona visualmente al momento de ubicarlos en las bandejas porta-huevos.

Ubicación de los huevos de codorniz en el porta-bandejas móvil

Al ubicar los huevos de codorniz en el porta-bandejas móvil se detectan 28 huevos con quebraduras o daños de algún tipo, estos son separados del proceso por presentar un riesgo a la inocuidad del proceso.

En total se ubican en las bandejas 1972 huevos de codorniz.

Figura 46. Bandeja porta-huevos y porta-bandejas móvil.



Cabina de incubado

La cabina y demás piezas de la incubadora fueron limpiadas con una mezcla de yodo que ayuda a mantener la inocuidad evitando la formación de bacterias y hongos que pueden afectar el proceso.

Figura 47. Cabina de incubado con lote de incubación.



Seguimiento a la incubación

El proceso de incubación se monitoreo por medio del seguimiento de la temperatura este seguimiento se realizó en el programa StampPlot y nos permitió observar y llevar un registro de cualquier variación en la temperatura de la cabina de incubado.

Precaentamiento

El precaentamiento fue la primera etapa en la incubación. Es necesario precalentar los huevos pues se evita un daño del embrión por un choque térmico demasiado brusco, para esto el operario activa el interruptor de precaentamiento situado en el parte frontal de la incubadora, con esto la resistencia aumente muy suavemente la temperatura, elevando la temperatura de los huevos de codorniz de 27° Celsius hasta los 33° Celsius en un tiempo de alrededor de 4 horas logrando así disminuir daños prematuros al embrión.

Figura 48. Inicio de precaentamiento.

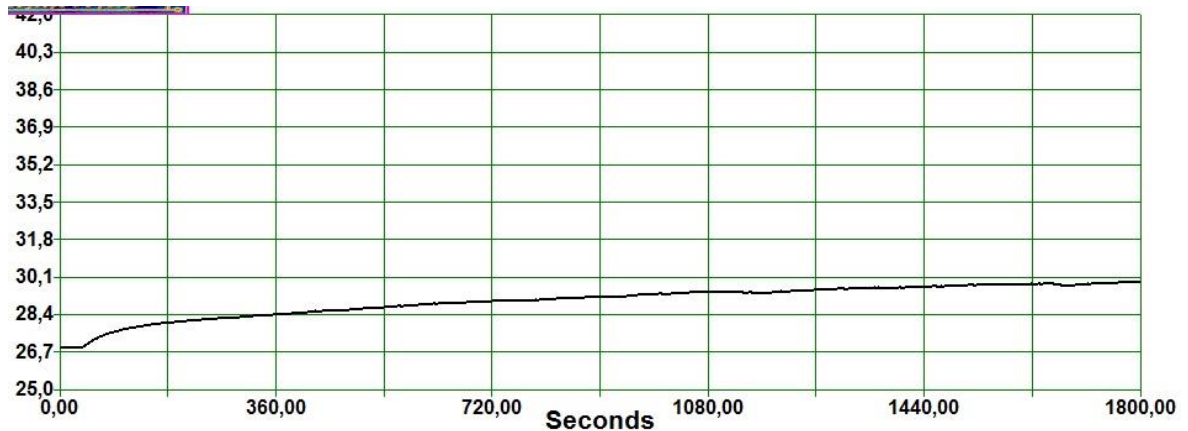
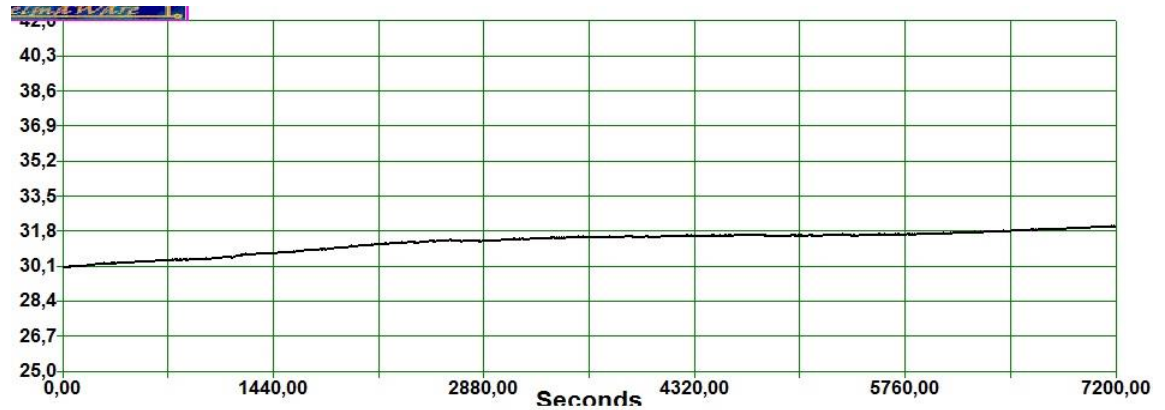


Figura 49. Continuación de precalentamiento



Al llegar a los 34° el control desactiva automáticamente el precalentamiento e inicia el proceso de incubación.

Figura 50. Fin precalentamiento inicio incubación.

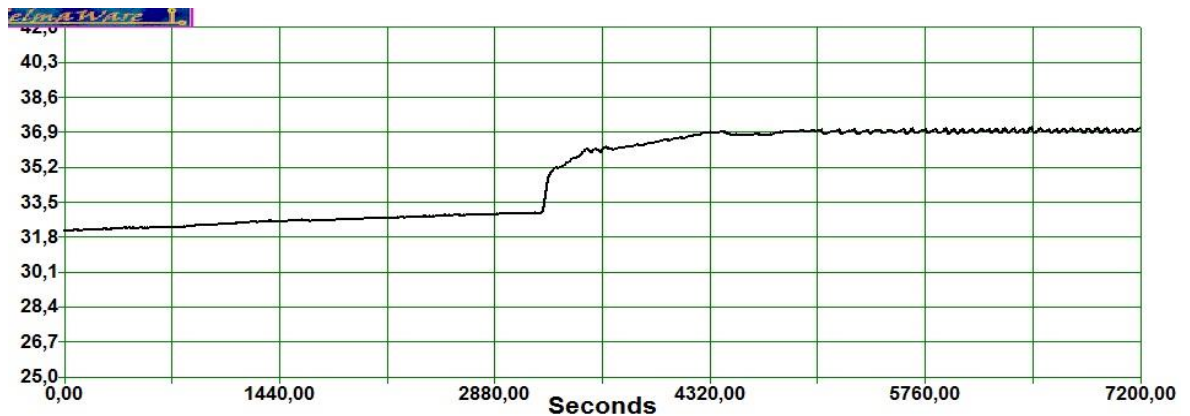
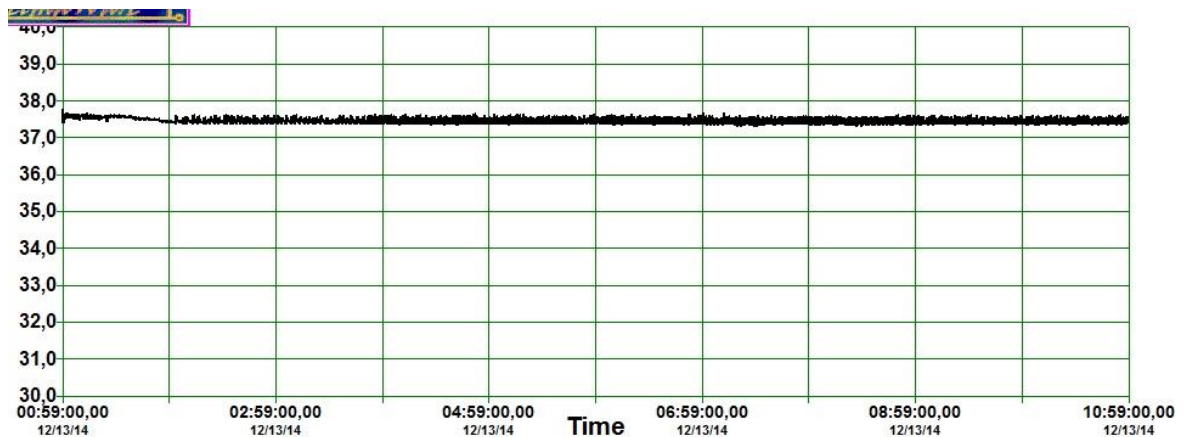


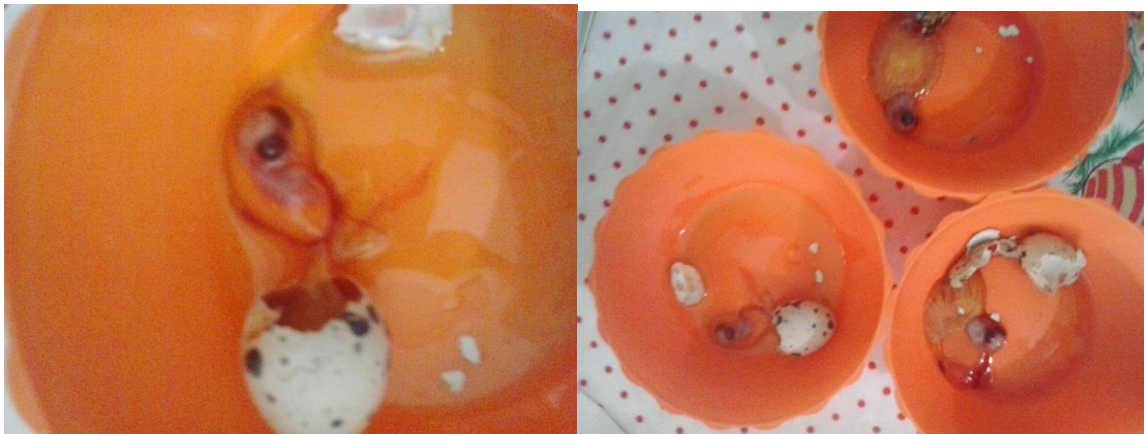
Figura 51. Grafica día 2 de la incubación



El día 10 del proceso se rompen 3 huevos de diferentes bandejas (superior, central e inferior) para observar cómo avanza la formación del embrión y así poder comprobar la fertilidad de los huevos del lote.

Se observa una avanzada formación del embrión en los tres huevos.

Figura 52. Embriones día 10 de incubación.



El día 15 de la incubación volvemos a escoger 3 huevos de diferentes bandejas y los quebramos para observar el nivel de formación del embrión.

Figura 53. Embrión día 15 de incubación.



Etapa de nacimiento.

Para poder iniciar la etapa de nacimiento el día 16 del proceso se cambian los huevos de codorniz de las bandejas porta-huevos a las canastas de nacimiento, estas canastas contendrán a los polluelos evitando que se golpeen o lastimen.

Figura 54. Bandejas porta-huevos y canasta de nacimiento.



Después de cambiar los huevos de la bandeja a la canasta el operario oprime el interruptor de nacimiento situado en la parte frontal de la incubadora para aumentar la humedad encendiendo el control de la resistencia instalada en el tazón con agua.

Resultados del proceso de incubación

Los polluelos de codorniz empezaron a romper cascaron el día 17 del proceso de incubación y lo continuaron haciendo hasta el día 20 que se desecharon los

huevos que no rompieron los resultados se tomaron teniendo en cuenta la posición de la canasta esto con el fin de observar la homogeneidad de la temperatura en la cabina logrando detectar falencias de tipo térmico o por humedad deficiente.

La tabla que presentaremos a continuación contiene la información de las canastas de nacimiento y los huevos que no nacieron o eran infértiles.

La canasta 8 es la canasta superior y la canasta 1 la inferior, los huevos sin nacer fueron todos los que empezaron a formarse pero en algún punto esta formación se detuvo ya sea al inicio o empezando a romper la cascara. Los huevos infértiles son los que nunca empezaron a formarse y al final del proceso continúan siendo una yema amarilla.

Figura 55. Canasta de nacimiento.



Figura 56. Resultado nacimiento máquina de incubado.

CANASTA	SIN NACER	INFERTIL
8	38	37
7	61	43
6	65	42
5	16	44
4	43	39
3	25	40
2	20	25
1	5	16
TOTAL	273	286

De esta tabla se obtienen el total de huevos infértiles y los huevos no incubados.

Para obtener el porcentaje de nacimiento de la máquina de incubado resolvemos la ecuación antes planteada.

Eficiencia de incubación de la maquina incubadora

Al terminar el proceso de incubado y con teniendo total conocimiento de los resultado podemos obtener el porcentaje de polluelos fértiles nacidos, para esto utilizamos la ecuación de nacimiento de fértiles en donde

$$\% \text{ de nacidos es } \frac{\text{total huevos nacidos}}{\text{total lote}}$$

$$\% \text{ fertilidad lote es } \frac{\text{huevos fertiliz}}{\text{total lote}}$$

Datos conocidos

Huevos total lote = 1978

Total Fértiles = 1682

Total Nacidos = 1409

Total no nacidos = 273

Total infértiles = 296

$$\text{NACIMIENTO DE FERTILES} = \frac{\% \text{ NACIDOS}}{\% \text{ FERTILIDAD LOTE}} \times 100$$

$$\% \text{ de nacidos es } \frac{1409}{1978} = 0.712$$

$$\% \text{ fertilidad lote es } \frac{1682}{1978} = 0,850$$

$$\text{NACIMIENTO DE FERTILES} = \frac{0.712}{0,850} \times 100 = 83.7\%$$

Esto nos muestra una eficiencia de la máquina de incubado de $\eta = 83,7\%$

A continuación se muestran un grupo de imágenes del resultado de la incubación.

Figura 57. Polluelos de codorniz



Figura 58. Transporte de polluelos de codorniz.



7.1. ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA MAQUINA INCUBADORA

Para hacer el análisis económico se tienen en cuenta todos los componentes que conforman la construcción de la máquina de incubado incluyendo los costos de mano de obra. Los valores se muestran en tres grupos, componentes mecánicos, componentes eléctricos y electrónicos, y costos varios.

Tabla 9. Relación de costos (continua en tabla 11)

COSTOS DE CONSTRUCCION MAQUINA INCUBADORA			
COMPONENTES MECANICOS			
Porta-bandejas móvil			\$ 1.060.000
	Estructura tubular soldada	\$ 300.000	
	Grupo bandejas giratorias	\$ 300.000	
	Motor, biela y manivela	\$ 60.000	
	Soporte de bujes	\$ 20.000	
	Soporte motor	\$ 10.000	
	Ruedas de goma	\$ 60.000	
	Bandejas porta-huevos	\$ 200.000	
	Pintura	\$ 110.000	
Cabina de incubado			\$ 1.622.000
	Lamina inox paneles internos	\$ 260.000	
	Lamina inox paneles externos	\$ 260.000	
	Doblado y soldado paneles int	\$ 100.000	
	Doblado y unión paneles ext.	\$ 120.000	
	Estructura perfil cuadrado inox	\$ 220.000	
	Caja intercambio de calor galv	\$ 40.000	
	Lamina inferior	\$ 30.000	
	Lamina superior	\$ 50.000	
	Puerta doble aluminio y vidrio	\$ 230.000	
	Impermeabilización silicona	\$ 20.000	
	Fibra de vidrio	\$ 52.000	
	Tazón para agua	\$ 35.000	
	Espuma thermolon	\$ 20.000	
	Otros	\$ 185.000	

Tabla 10. Continuación relación de costos.

COMPONENTES ELECTRONICOS			\$ 648.000
	Arduino Uno	\$ 65.000	
	Arduino Mega 2560	\$ 120.000	
	Sensor Sht 71	\$ 100.000	
	Pantalla LCD	\$ 30.000	
	Relay solid state	\$ 45.000	
	Tarjeta baquelita	\$ 60.000	
	Integrado L293D	\$ 6.000	
	Cables diferentes calibres	\$ 35.000	
	Fuente 12V 3A	\$ 28.000	
	Botones y fusibles	\$ 25.000	
	Otros electronicos	\$ 35.000	
	Resistencia electrica espiral	\$ 15.000	
	Resistencia electrica placa	\$ 10.000	
	Ventiladores 12v	\$ 30.000	
	Luz led cabina	\$ 24.000	
	Otros electricos	\$ 20.000	
	TOTAL		\$ 3.330.000

El costo de construcción cumplió con el presupuesto que se planeó en un inicio con PRODUCCIONES INTEGRALES DEL CHICAMOCHA quienes destinaron un monto no superior a cuatro millones de pesos. Esto hace que la incubadora de huevos de codorniz comercialmente sea altamente rentable al competir en un mercado donde máquinas de similar capacidad de carga 2000 huevos, pero con menor automatización y rendimientos no mayores al 60% llegan a alcanzar valores de más de seis millones pesos \$ 6.000.000.

7.2. CONSUMO ENERGÉTICO

Figura 59. Contador monofásico



Resistencia eléctrica principal de 400 watt

Resistencia placa 100 watt

Consumo en 12 horas 2.81 Kw

Consumo energetico promedio 0.235 Kw/h

Consumo 22 días de incubado 123.6 Kw

Valor promedio del kilovatio ESSA enero 2015 \$ 398 pesos

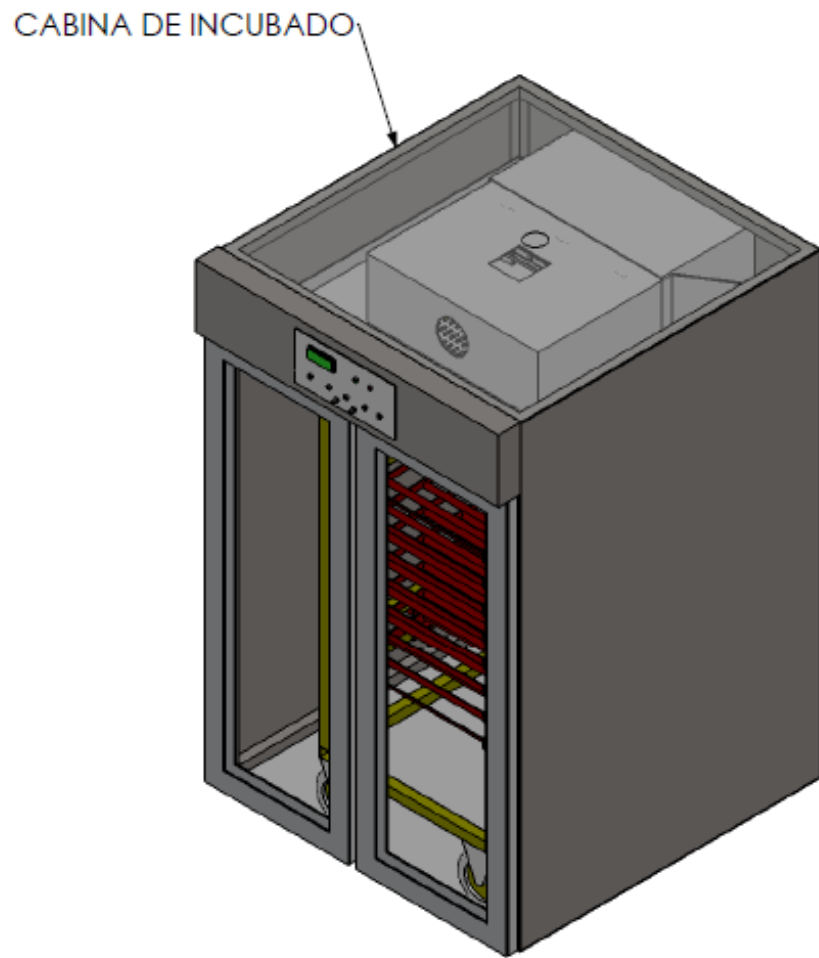
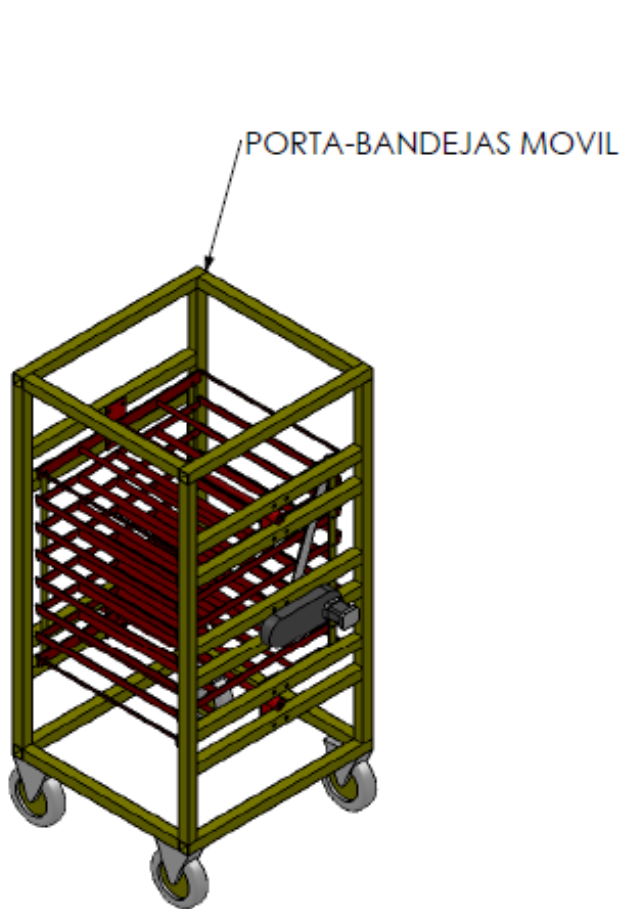
VALOR ENERGIA INCUBACION \$ 49.209

8. PLANOS UTILIZANDO HERRAMIENTAS CAD

La elaboración de los planos se realizó en un software de diseño, esto aparte de ayudarnos en la descripción de la maquina es la forma más adecuada de guardar una copia del diseño de la maquina incubadora por si se quiere construir otra igual en el futuro.

Los planos de construcción fue uno de los requerimientos hechos por PRODUCCIONES INTEGRALES DEL CHICAMOCHA al entregarles la máquina de incubado.

Para la elaboración de los planos se tuvo en cuenta las tolerancias de los diferentes ajustes, las piezas de la maquina incubadora entregada se hicieron según los planos que se adjuntan.



Universidad Industrial de Santander



ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

MAQUINA INCUBADORA

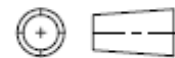
HOJA Nº 1-19

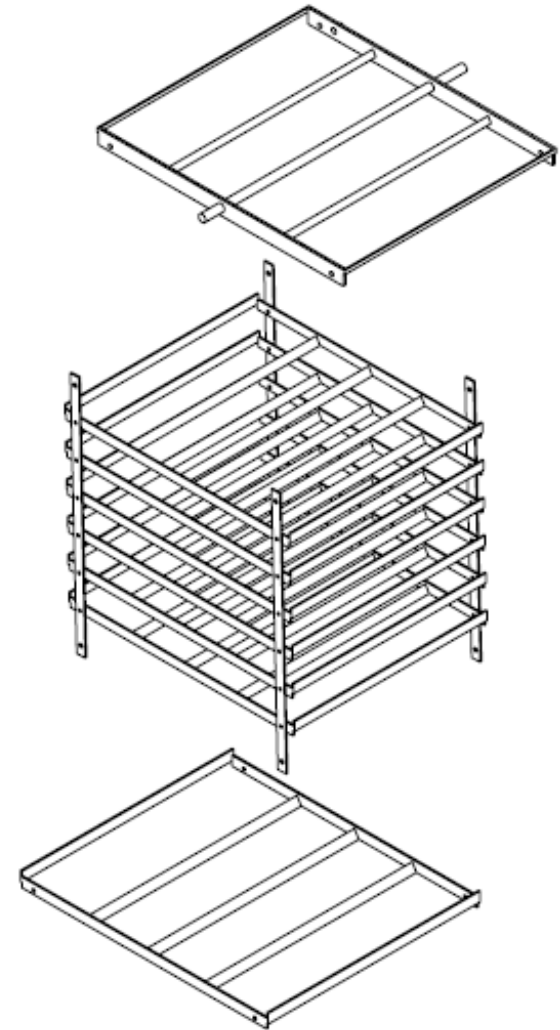
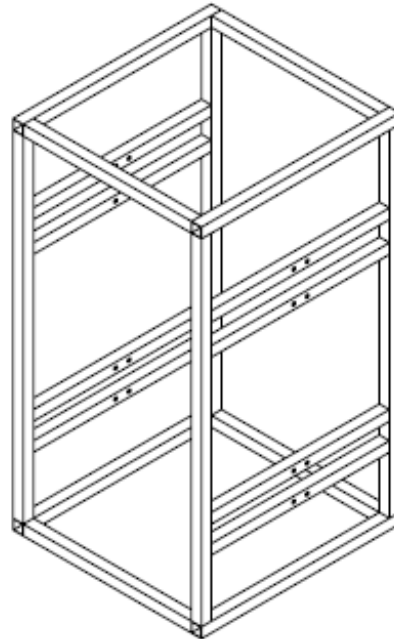
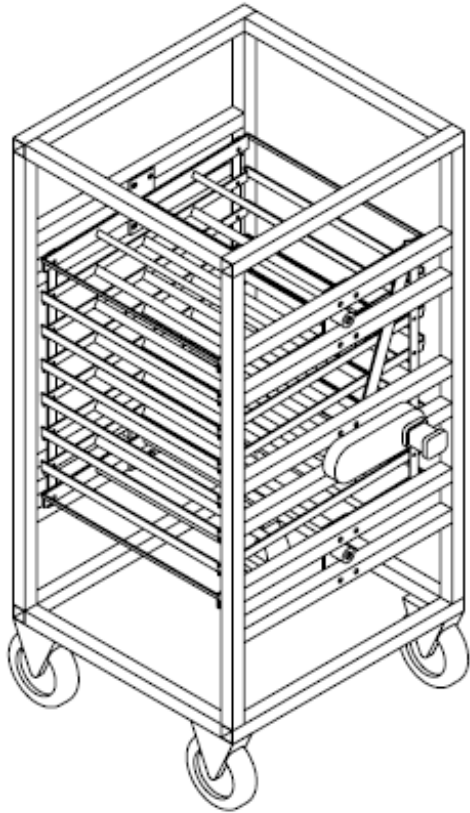
ESCALA: 1:15

MEDIDAS EN: CM.

FECHA: 26/01/15

DIBUJADO POR:
J. A. MENDEZ





Universidad
Industrial de
Santander



INGENIERIA MECANICA

ESCALA: 1:12

MEDIDAS EN: CM.

FECHA: 25/01/15

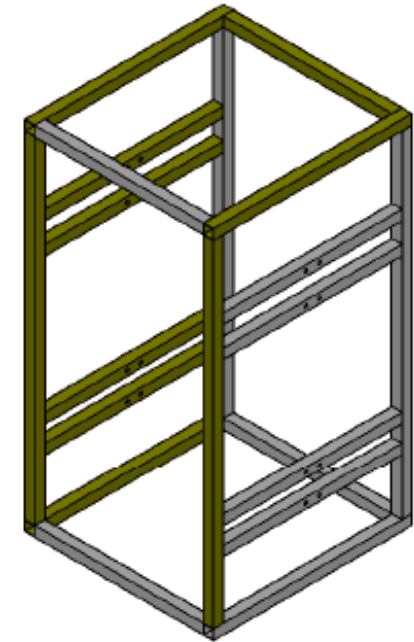
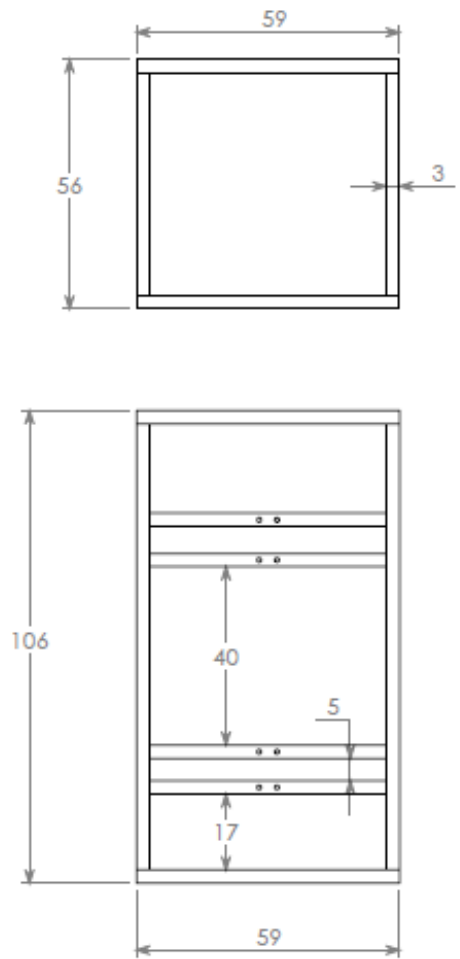
PORTA-BANDEJAS MOVIL

DIBUJADO POR:
J. A. MENDEZ



HOJA N° 2-19

MATERIAL:
ACERO 1045



Universidad
Industrial de
Santander



INGENIERIA MECANICA

ESTRUCTURA BANDEJAS

HOJA N° 3-19

MATERIAL:
ACERO 1045

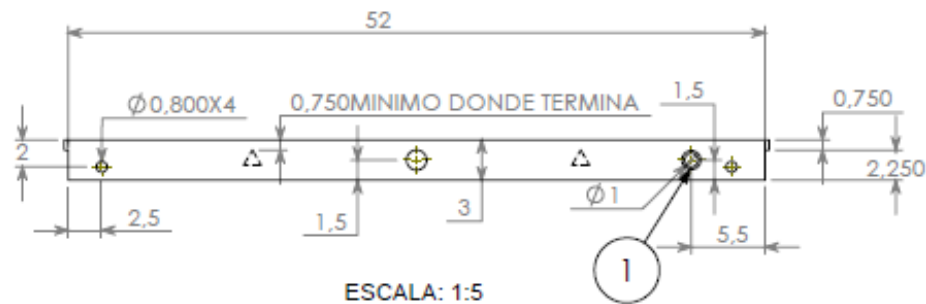
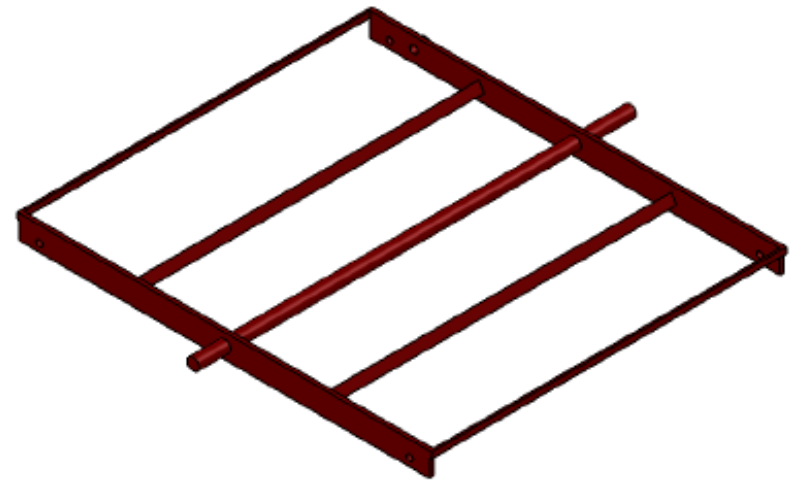
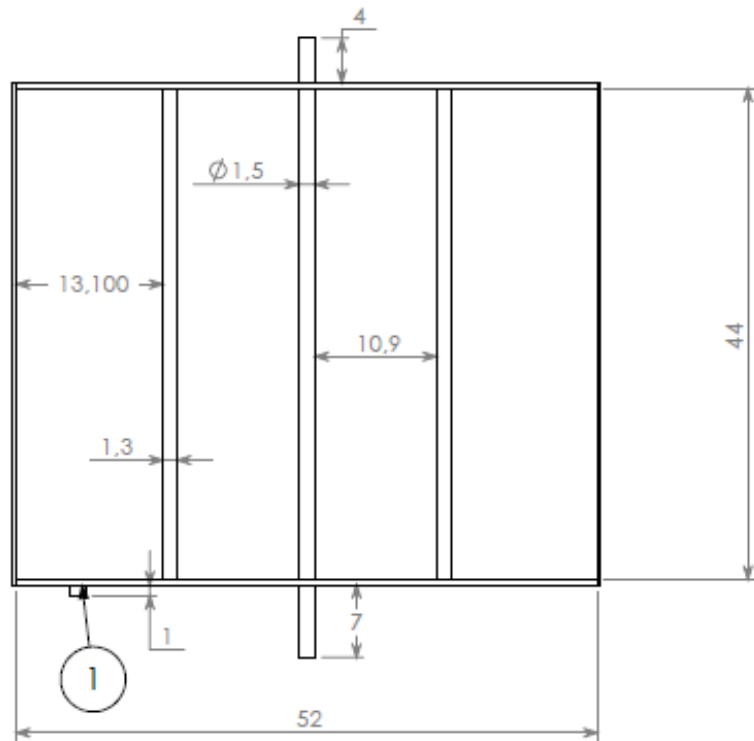
ESCALA: 1:12

MEDIDAS EN: CM.

FECHA: 25/01/15

DIBUJADO POR:
J. A. MENDEZ





INGENIERIA MECANICA

BANDEJA CON EJE

HOJA Nº 4-19

MATERIAL:
ACERO 1045

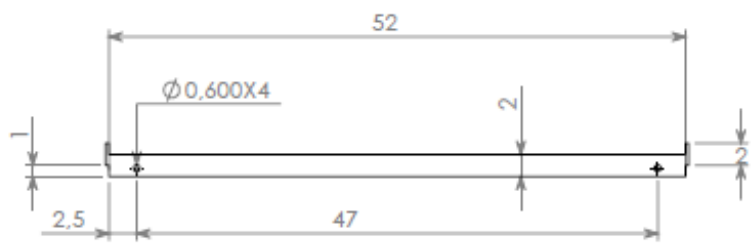
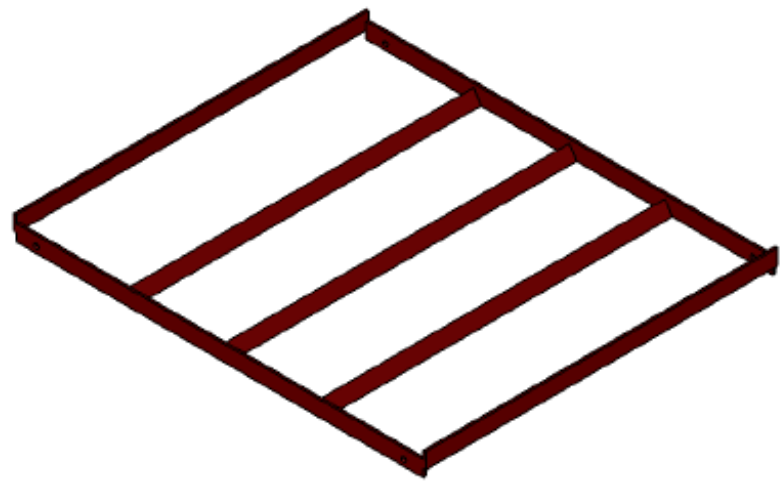
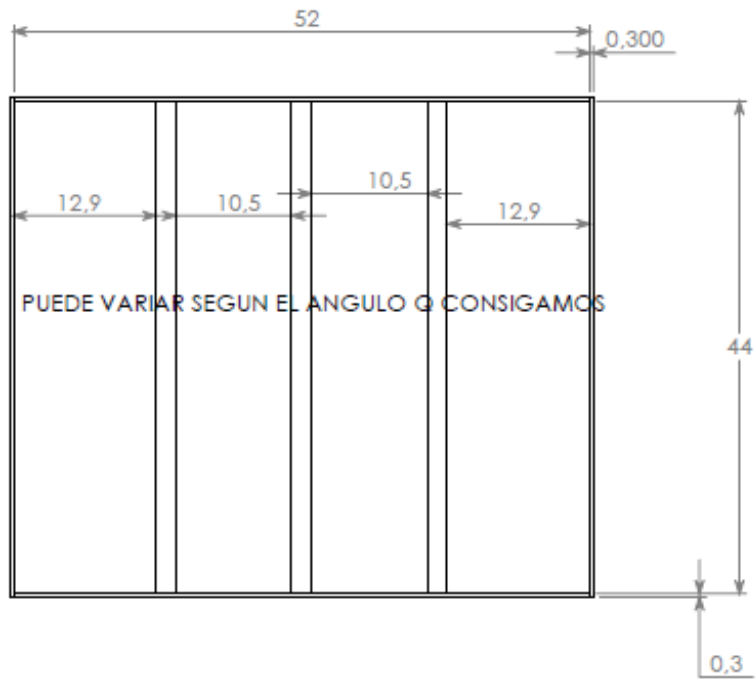
ESCALA: 1:6

MEDIDAS EN: CM.

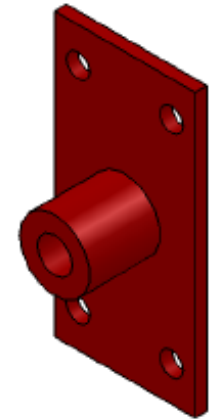
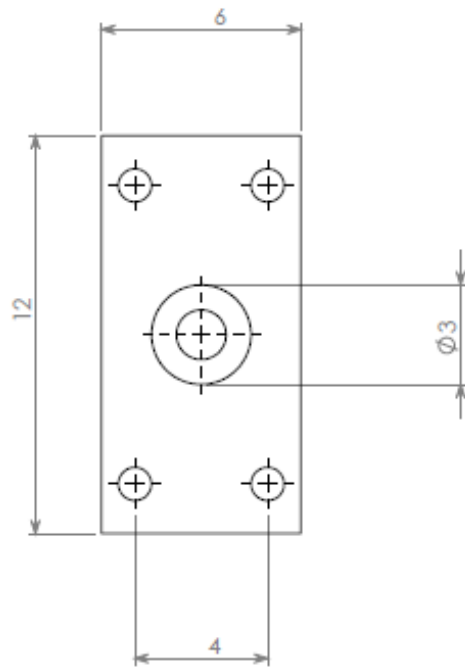
FECHA: 25/01/15

DIBUJADO POR:
J. A. MENDEZ





INGENIERIA MECANICA			BANDEJA		HOJA N° 5-19	MATERIAL: ACERO 1045
ESCALA: 1:6	MEDIDAS EN: CM.	FECHA: 25/01/15	DIBUJADO POR: J. A. MENDEZ			



INGENIERIA MECANICA

SOPORTE BUJE

HOJA Nº 6-19

MATERIAL:
ACERO 1045

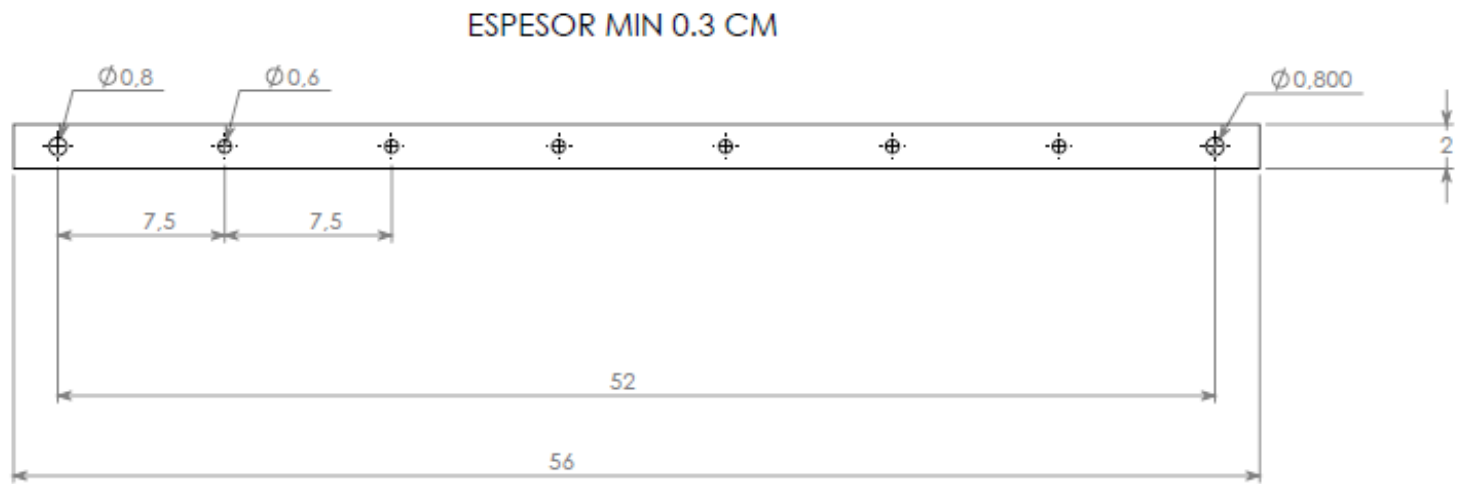
ESCALA: 1:2

MEDIDAS EN: CM.


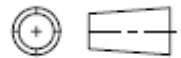
FECHA: 25/01/15

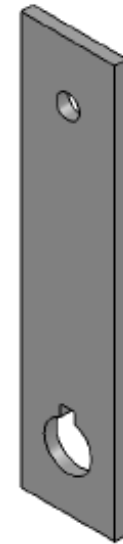
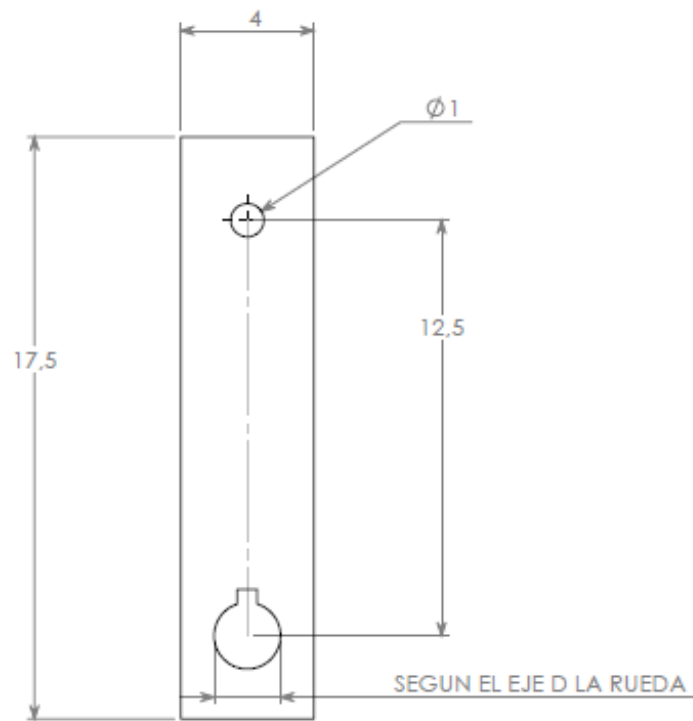
DIBUJADO POR:
J. A. MENDEZ

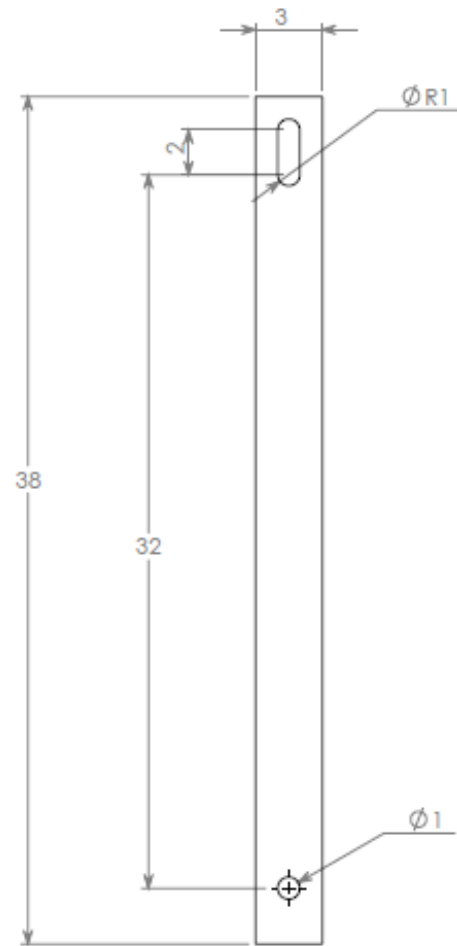




ESCALA: 1:5

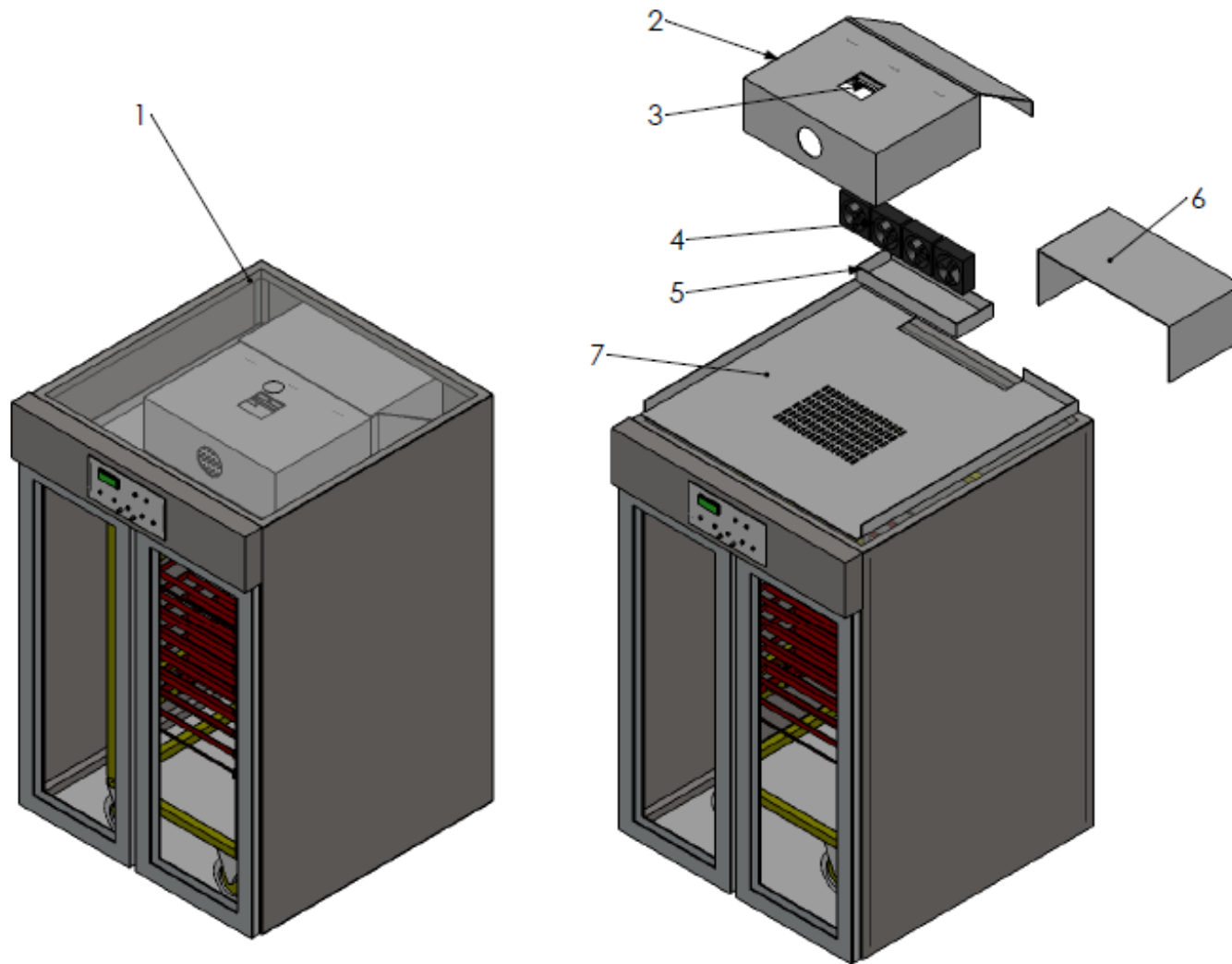
	INGENIERIA MECANICA			BARRA VERTICAL		HOJA N° 7-19	MATERIAL: ACERO 1045
	ESCALA: 1:3	MEDIDAS EN: CM.	FECHA: 25/01/15	DIBUJADO POR: J. A. MENDEZ			





ESPESOR MIN 0.4 CM





1	Cabina de incubado
2	Cajon termico
3	Resistencia electric
4	Grupo ventiladores
5	Tazon agua
6	Ducto de aire
7	Lamina ventilacion

Universidad Industrial de Santander



INGENIERIA MECANICA

CABINA DE INCUBADO

HOJA N° 10-19

MATERIAL:

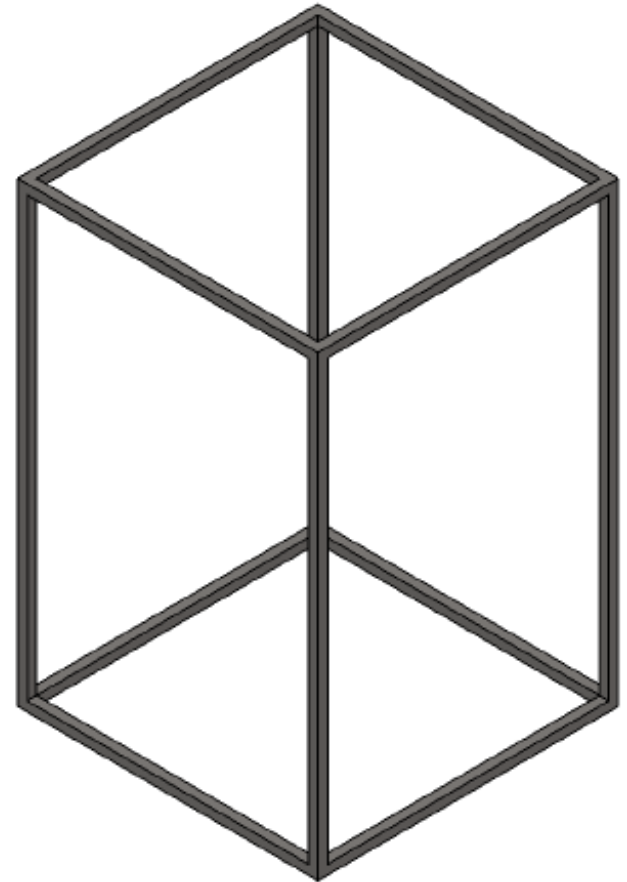
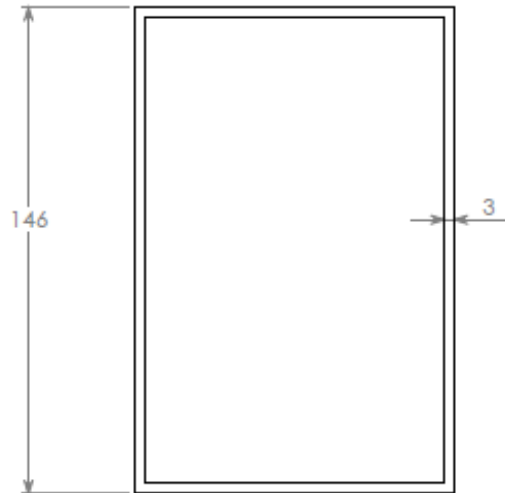
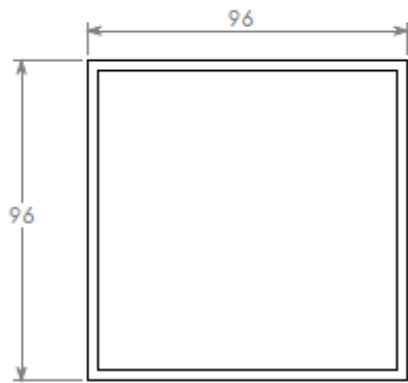
ESCALA: 1:18

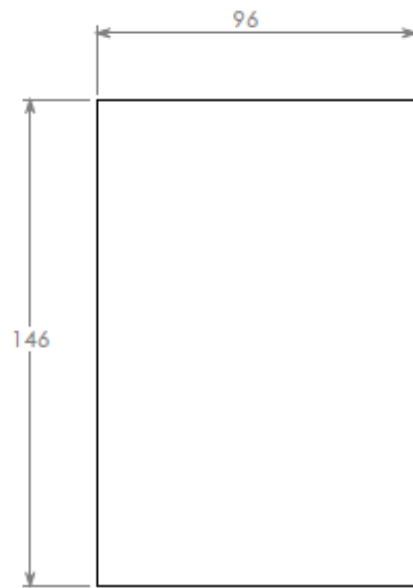
MEDIDAS EN: CM.





FECHA: 25/01/15

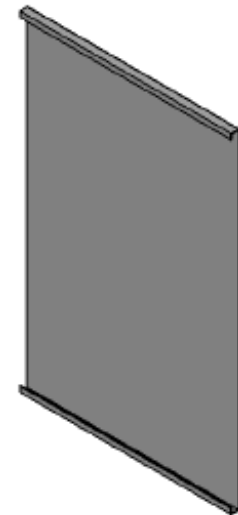
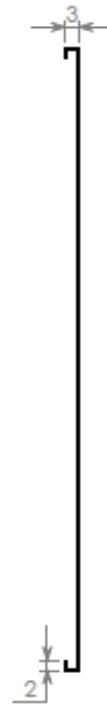
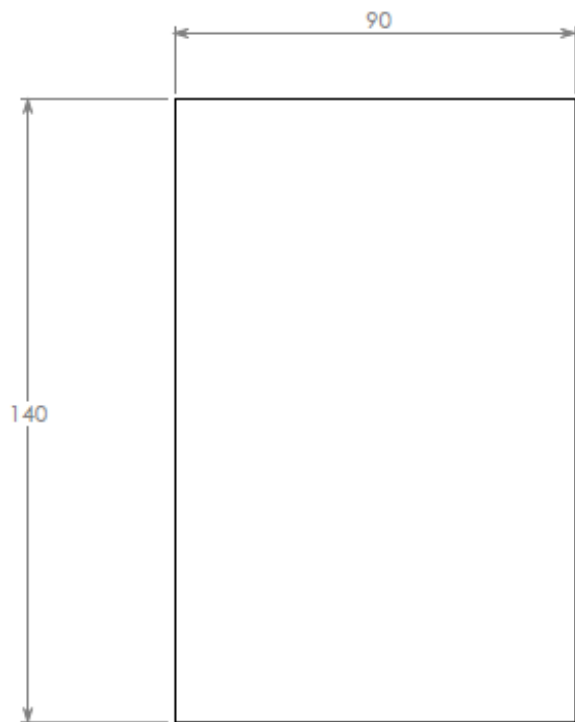
DIBUJADO POR:
J. A. MENDEZ







		INGENIERIA MECANICA			PANEL EXTERIOR		HOJA N° 12-19	MATERIAL: ACERO INOX
		ESCALA: 1:20	MEDIDAS EN: CM.	FECHA: 25/01/15	DIBUJADO POR: J. A. MENDEZ	 		



Universidad
Industrial de
Santander



INGENIERIA MECANICA

PANEL INTERIOR

HOJA N° 13-19

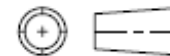
MATERIAL:
ACERO INOX

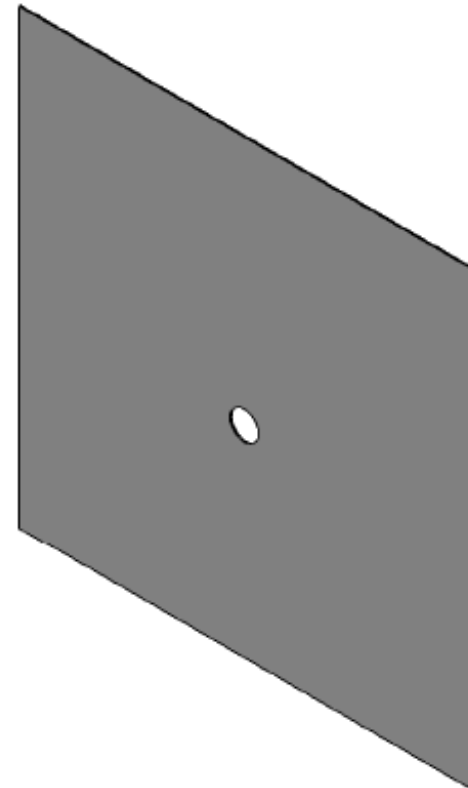
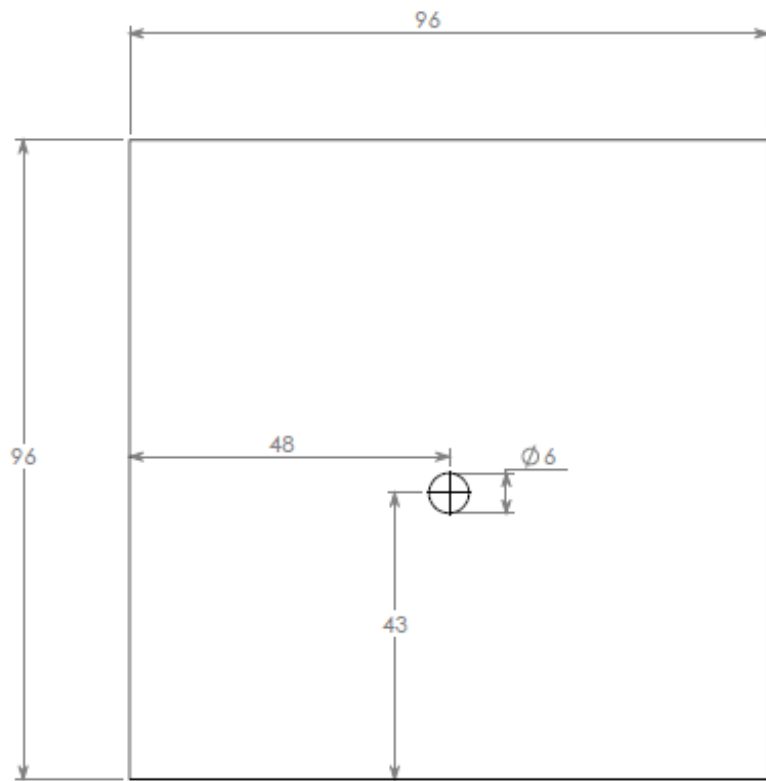
ESCALA: 1:15

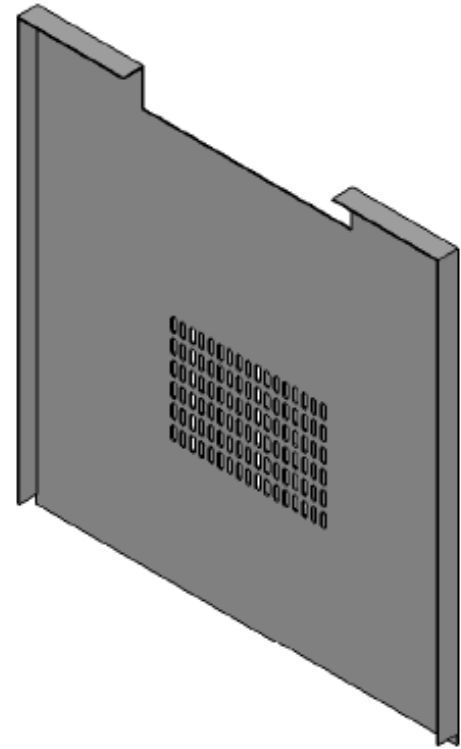
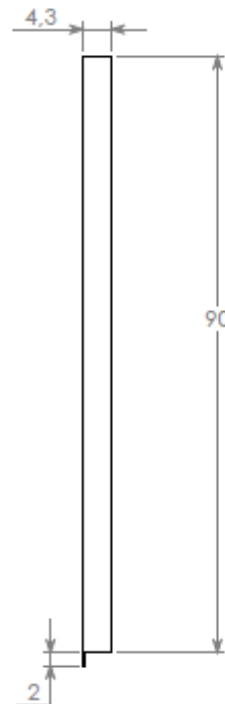
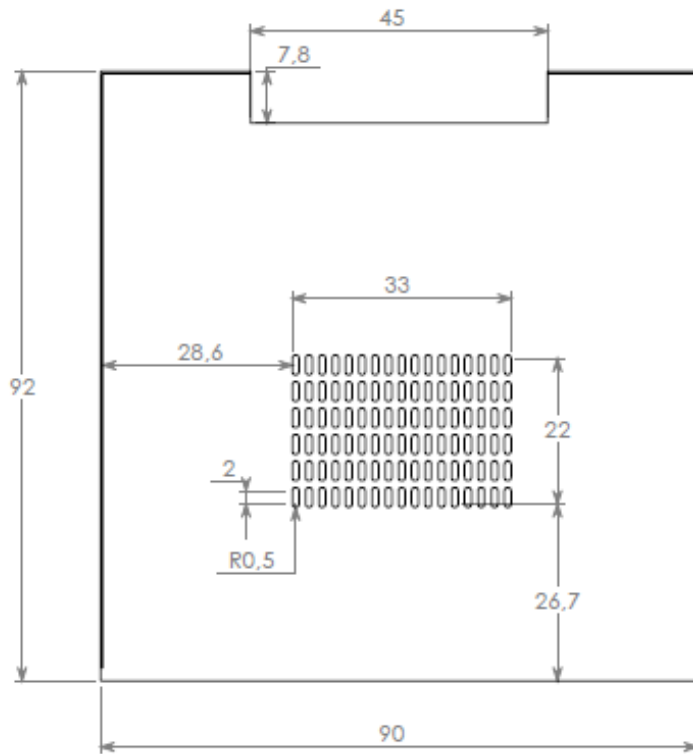
MEDIDAS EN: CM.

FECHA: 25/01/15

DIBUJADO POR:
J. A. MENDEZ







INGENIERIA MECANICA

LAMINA VENTILADA

HOJA N° 15-19

MATERIAL:
ACERO INOX

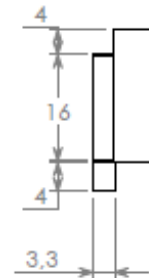
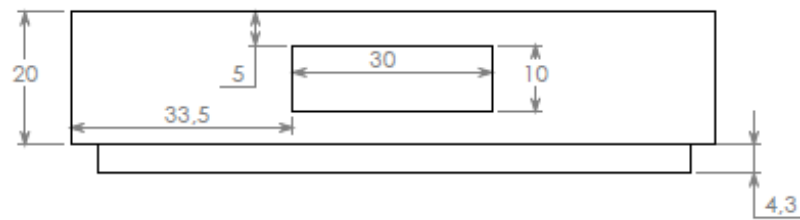
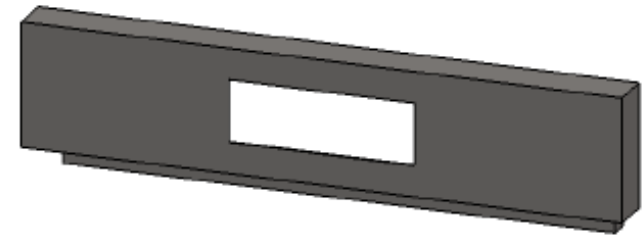
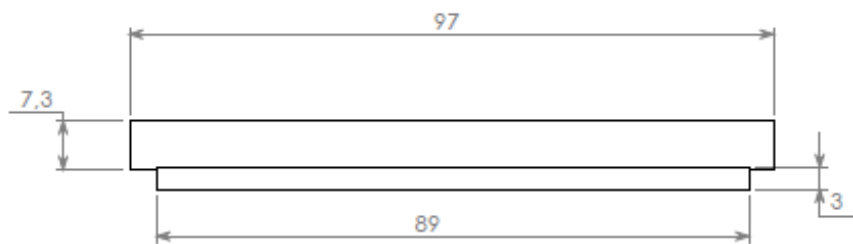
ESCALA: 1:10

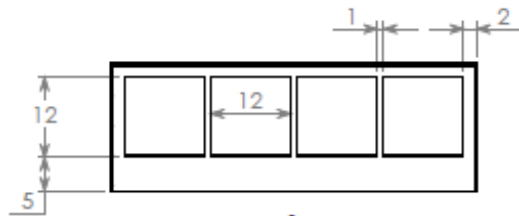
MEDIDAS EN: CM.

FECHA: 25/01/15

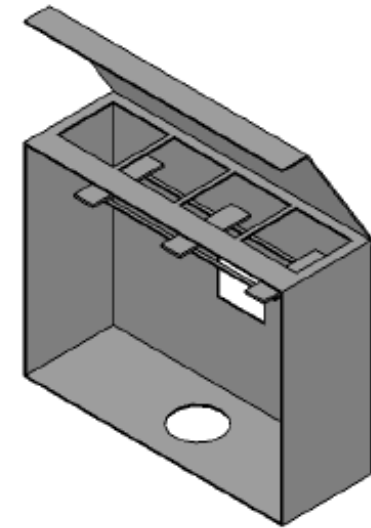
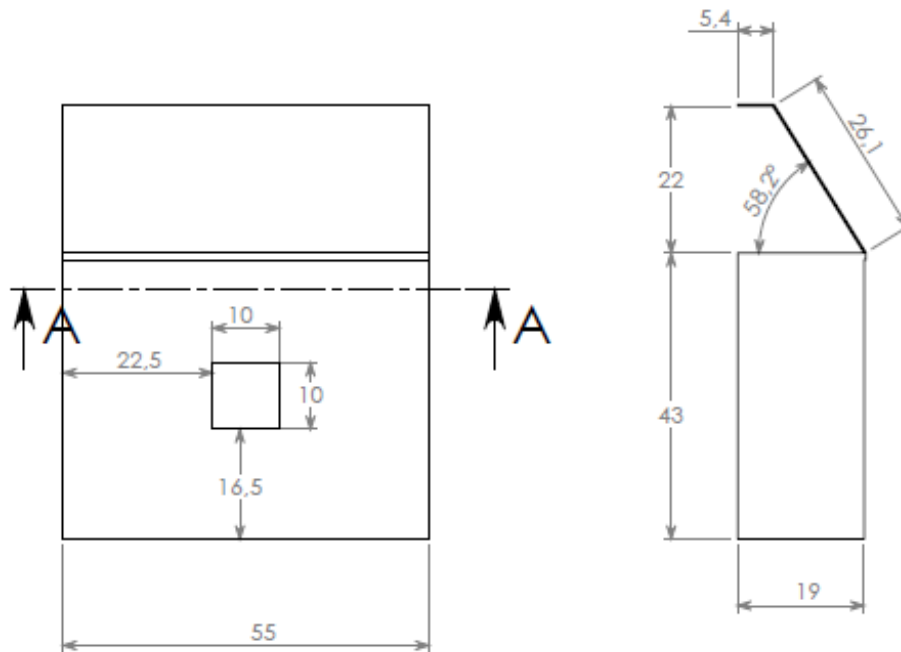
DIBUJADO POR:
J. A. MENDEZ

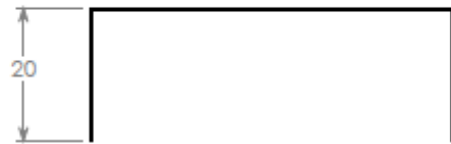
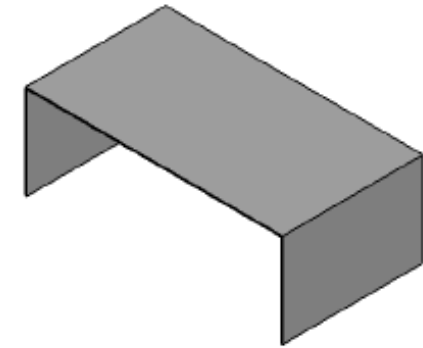
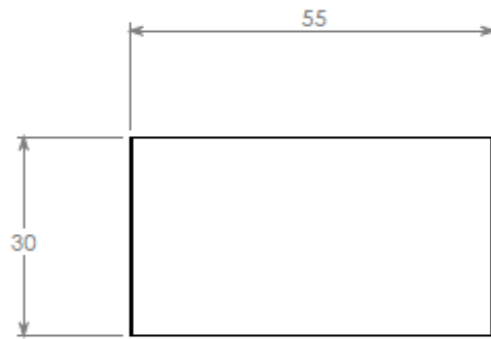


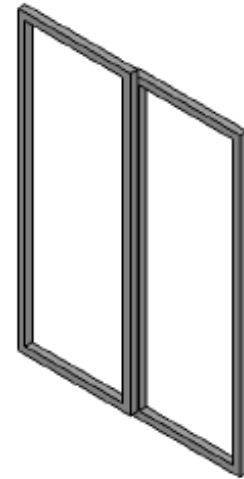
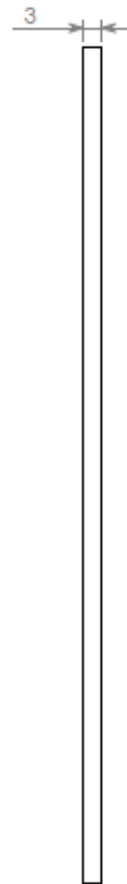
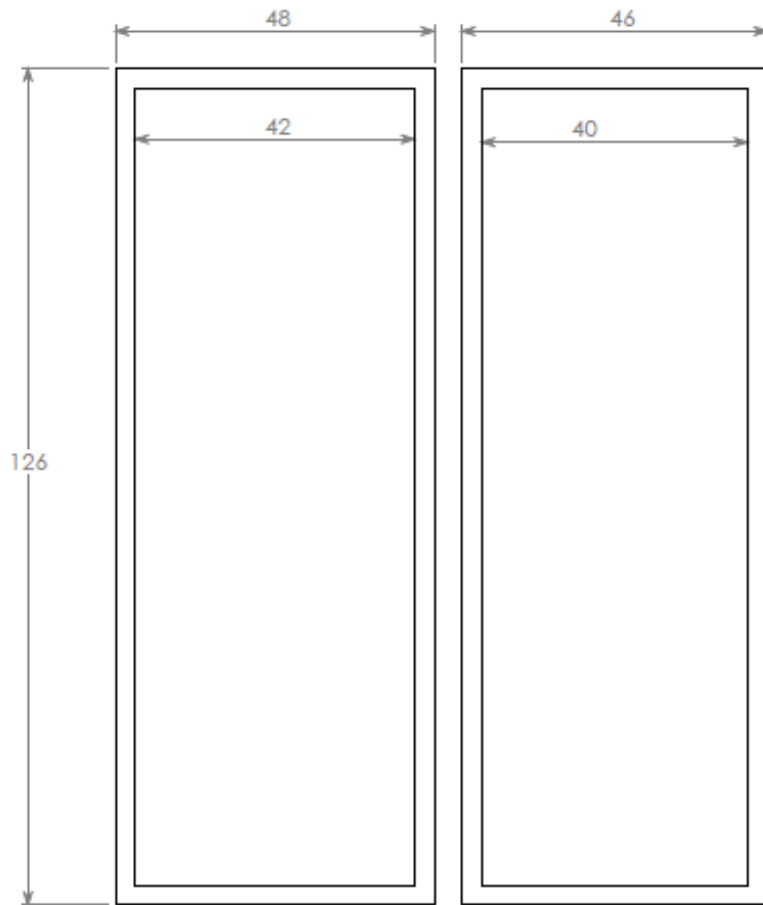




SECCIÓN A-A
ESCALA 1 : 10







Universidad
Industrial de
Santander



INGENIERIA MECANICA

PUERTAS

HOJA N° 19-19

MATERIAL:
ALUMINIO

ESCALA: 1:10

MEDIDAS EN: CM.

FECHA: 25/01/15

DIBUJADO POR:
J. A. MENDEZ



9. CONCLUSIONES

La construcción de la maquina incubadora de huevos de codorniz para PRODUCCIONES INTEGRALES DEL CHICAMOCHA cumplió con los objetivos planteados, incubando el primer lote sin ninguna complicación o falla.

Su funcionamiento fue continuo y no requirió ningún tipo de arreglo o ajuste de emergencia.

La temperatura se monitoreo durante todo el proceso observando el cumplimiento del requerimiento térmico planteado como objetivo además de gran estabilidad lo que mejora el éxito en la incubación.

La eficiencia de 83% que obtuvo la maquina incubadora de huevos de codorniz es un logro bastante significativo teniendo en cuenta que las máquinas de incubado que posee PRODUCCIONES INTEGRALES DEL CHICAMOCHA no superaban el 60% de eficiencia.

El consumo energético de la incubadora de tan solo 235 vatios por hora representa un ahorro energético y económico bastante importante comparado con las incubadoras en venta en el mercado local.

El subsistema de visualización monitoreo y control que se desarrolló en la maquina incubadora de huevos de codorniz creada para PIC, puede ser adaptado para instalarlo en las incubadoras de baja eficiencia y baja automatización de las que es dueño PIC o en general a cualquier incubadora con los mismos requerimientos térmicos y de humedad.

Las variaciones de humedad y temperatura ambiental no afectan el ciclo de incubación debido a un intercambio controlado de gases con el ambiente y al lograr un correcto aislado térmico de la cabina.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

[1] ALVA, B. s/f. Manual Práctico de Codornices para el Manejo de la Codorniz de Postura.

[2] AMARILLA PEDRO-ALBORNOZ MARIA, Guía para el coturnicultor, Buenos Aires: Dunken, 2013.

[3] COBB-VANTRESS, INC, Cobb hatchery management guide, E.E.U.U, 2013

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

[5] LUCOTTE, G. La Codorniz Cría y Explotación, Madrid- España: Ediciones Mundi-Prensa, 1985.

[6] ROSS, Manual de manejo de las reproductoras, E.E.U.U, 2013

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

BIBLIOGRAFIA

ALVA, B. s/f. Manual Práctico de Codornices para el Manejo de la Codorniz de Postura.

AMARILLA PEDRO-ALBORNOZ MARIA, Guía para el coturnicultor, Buenos Aires: Dunken, 2013.

COBB-VANTRESS, INC, Cobb hatchery management guide, E.E.U.U, 2013

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

LUCOTTE, G. La Codorniz Cría y Explotación, Madrid- España: Ediciones Mundi-Prensa, 1985.

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

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

ANEXOS

Anexo A. Manual De Servicio

MANUAL DE OPERACIÓN DEL EQUIPO

Esta incubadora para huevos de codorniz tiene una capacidad de 2000 huevos, así mismo cuenta con un sistema de control electrónico; para obtener un proceso de incubación exitoso se deben seguir las siguientes recomendaciones para la ubicación y posterior puesta en funcionamiento.

- La incubadora debe ubicarse en un lugar cubierto, libre de corrientes de aire, heladas, no se recomienda su exposición al aire libre, al sol directo, lluvia o tormentas.

La selección de un lugar idóneo para la ubicación y funcionamiento de la incubadora ayudara a evitar daños al equipo, tales como sulfatación de los componentes electrónicos, defectos estructurales, daño en el mecanismo de volteo, aumento consumo de energía, corrosión de los componentes, etc.

- Se debe revisar el nivel de agua del tazón humidificador antes de encender la incubadora.
- Cuando las bandejas porta huevos se ha llenado con una carga completa 2000 huevos se introduce en la incubadora y se coloca freno a las llantas de goma, se conecta el moto-reductor y se verifica que las puertas tengan los dos seguros colocados.

NOTA

Cuando la incubadora se llene con carga parcial la distribución de los huevos en las bandejas porta-huevos debe hacerse de manera simétrica y uniforme para un mejor funcionamiento de la incubadora.

- Pulsar el botón de precalentamiento en el tablero de control.
- El precalentamiento termina cuando la temperatura en la cabina de incubado es 34 °C y automáticamente inicia el programa de incubación siendo este el día 1.
- En el día 17 se procede a cambiar los huevos a las bandejas de nacimiento y se vuelve a cerrar las puertas.
- Del día 17 al final de la incubación en el día 21 se debe limpiar regularmente retirando los cascarones y desechos de las codornices.
- Cuando las codornices han nacido deben permanecer 48 horas adicionales vitales para su secado y desarrollo.

Anexo B. Recomendaciones Mantenimiento.

MANUAL DE MANTENIMIENTO DE LA INCUBADORA

La incubadora de huevos de codorniz fue fabricada en su mayoría en acero inoxidable y elementos plásticos, en general los elementos que la componen presentan poco desgaste y por ende poco mantenimiento.

El mantenimiento que requiere la incubadora consiste en una limpieza después de cada proceso de incubación. Esta limpieza debe hacerse con productos que contengan yodo para una mayor inocuidad, los elementos que se recomienda limpiar serán:

- La cabina de incubado
- Bandejas porta-huevos
- Porta-bandejas
- Bastidor
- Rejilla inferior
- Tazón de agua
- Ventiladores

Precaución

Los componentes electrónicos, la caja de control y los sensores no deben ser manipulados para evitar un funcionamiento inadecuado.

Anexo C. Código de Programación Arduino

ARDUINO MEGA 2560

```
#include <SHTxx.h>
#include <LiquidCrystal.h>//libreria lcd
LiquidCrystal lcd(43, 49, 39, 37, 35, 33, 31);//pines para lcd
#include <PID_v1.h>
#define RelayPin 45
#define clockPin 8 // sensor SHT71
#define dataPin 11 //sensor SHT71
int sensorLM = A2; //sensor LM35
float tempLM=0; //espacio para variable temperatura
int resistencia2 = 47; // salida rele resistencia humedad
int ventilador = 30;
int etapa = 28; //Etapa de precalentamiento
int etapa0 = 0;

SHTxx sht71(dataPin, clockPin);

long intervalTemp = 200;
int minOn = 1;
int maxOn = 1000;

double Setpoint = 37; // temperature
int relayPin = 45; // pin relay

long previousMillisTemp = 0;
unsigned long windowStartTime;
```

```

float tempAtual = 0;
int stat = 0; // 0 = relay off / 1 = relay on
// PID parameters (input, output, setpoint, Kp, Ki, Kd, direction)
double Input, Output;
PID myPID(&Input, &Output, &Setpoint,2,5,3, DIRECT);
void setup() {
    Serial.begin(9600);
    // Serial.println("UIS Starting up");
    // Power sensor
    lcd.begin(20, 4); //Pantalla LCD

    pinMode(sensorLM, INPUT); // definimos entradas y salidas
    pinMode(resistencia2, OUTPUT);
    pinMode(ventilador, OUTPUT);
    pinMode(etapa, INPUT);
    pinMode(relayPin, OUTPUT);

    // PID
    windowStartTime = ceil(millis()/1000);
    myPID.SetOutputLimits(minOn, maxOn);
    myPID.SetMode(AUTOMATIC);
}

void loop() {

    float temp_c;
    float temp_f;
    float humidity;
    pinMode(RelayPin, OUTPUT);

```

```

temp_c = sht71.readTemperatureC();
temp_f = sht71.readTemperatureF();
humidity = sht71.readHumidity();

tempLM = ((5.0 * analogRead(sensorLM)*100.0)/1024.0)+1.5;
etapa0 = digitalRead(etapa);

unsigned long currentMillis = millis();

if((currentMillis - previousMillisTemp > intervalTemp)||
(previousMillisTemp < 0)) {

    // Updates previous millis
    previousMillisTemp = currentMillis;

    // Gets temperature

    tempAtual = sht71.readTemperatureC();

    // Computes PID
    Input = tempAtual;
    myPID.Compute();

    // Controls relay
    unsigned long now = ceil(millis()/1000);
    if(now - windowStartTime > maxOn) {
        windowStartTime += maxOn;
    }
    if(Output >= now - windowStartTime) { // output defines how much of the time
    >minOn and <maxOn the relay will be on, the remaining time it will be off.

```

```

digitalWrite(relayPin, HIGH);

stat = 1;
} else {
digitalWrite(relayPin, LOW);

stat = 0;
}

Serial.println("TOMANDO DATOS... ");
delay(500);

Serial.println("INCUBADORA ");
Serial.print("TEMPERATURA1: ");
Serial.println(temp_c);
Serial.println("C ");
Serial.print("TEMPERATURA2: ");
Serial.print(tempLM);
Serial.println("C");
Serial.print("HUMEDAD RELATIVA: ");
Serial.print(humidity);
Serial.println("% ");
//Impresion en LCD
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("MECANICA UIS");
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("TEMPERATURA1 ");
lcd.print(temp_c);
lcd.print("C");
lcd.setCursor(0, 2);

```

```
lcd.print("TEMPERATURA2 ");
lcd.print(tempLM);
lcd.print("C");
lcd.setCursor(0, 3);
lcd.print("HUMEDAD ");
lcd.print(humidity);
lcd.print("%");
  if(stat == 0) {
    lcd.setCursor(19, 3);
    lcd.print("N");
  } else {
    lcd.setCursor(19, 3);
    lcd.print("R");
  }
}
}
```

CODIGO ARDUINO UNO

```
const int rele2=11;
long previousMillis=0;
long intervalo=3600000;
int IN1 = 7; // Input1 conectada al pin 7
int IN2 = 6; // Input2 conectada al pin 6
int IN3 = 2; // Input3 conectada al pin 5
int IN4 = 4; // Input4 conectada al pin 4
int ENB1 = 3; // ENB conectada al pin 3 de Arduino
int ENB2 = 5; //ENB conectado al pin 2
int NIVEL = 9; //ENTRADA SEÑAL NIVEL BAJO VENTILADORES
precalentamiento
int ETAPA = 0;
int EXTRACTOR = 8;//ventilador extractor nacimiento
int EXT = 0; // Variable ventilador
int NACIMIENTO = 10;
int VENTILADOR = 12;
int VENTI = 0;
void setup()
{
  // start serial port
  Serial.begin(9600); //inicia comunicacion serial a 9600bps
  Serial.println("UIS");//NOMBRE EMPRESA PARA SCOPE

  pinMode(rele2, OUTPUT);//SALIDA PARA LA RESISTENCIA AL RELE
  pinMode (ENB1, OUTPUT);
  pinMode (ENB2, OUTPUT);
  pinMode (IN1, OUTPUT);
  pinMode (IN2, OUTPUT);
```

```

pinMode (IN3, OUTPUT);
pinMode (IN4, OUTPUT);
pinMode (NIVEL, INPUT);
pinMode (EXTRACTOR, OUTPUT);
pinMode (NACIMIENTO, INPUT);
pinMode (VENTILADOR, INPUT);
}
void loop()
{
  unsigned long currentMillis = millis();
  if(currentMillis - previousMillis > intervalo)
  {

    previousMillis = currentMillis;

    digitalWrite (rele2, HIGH);
    delay(6000);
    digitalWrite (rele2, LOW);
  }
  //Preparamos la salida para que el motor gire en un sentido
  digitalWrite (IN1, HIGH);
  digitalWrite (IN2, HIGH);
  digitalWrite (IN3, HIGH);
  digitalWrite (IN4, HIGH);

  ETAPA = digitalRead(NIVEL);
  {
    if(ETAPA == HIGH)
    {
      analogWrite(ENB1,180);
    }
  }
}

```

```

    analogWrite(ENB2,180);
}
else
{
    analogWrite(ENB1,255);
    analogWrite(ENB2,255);
}
}
EXT = digitalRead(NACIMIENTO);
VENTI = digitalRead(VENTILADOR);

if(EXT == HIGH)
{
    digitalWrite (EXTRACTOR, HIGH);
}
else
    if(VENTI == HIGH)
    {
        digitalWrite (EXTRACTOR, HIGH);
    }
    else
        digitalWrite(EXTRACTOR, LOW);
}

```

Anexo D. Carta Producciones Integrales del Chicamocha.

Bucaramanga 27 de Enero del 2015

Universidad industrial de Santander

Escuela de Ingeniería Mecánica

DAVID ALFREDO FUENTES

Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica

Con el objetivo de Contribuir con el principio misional de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad Industrial de Santander al ayudar a mejorar las condiciones socio-económicas de la comunidad, brindando una solución óptima y rentable para mejorar el proceso de producción de la Pyme Santandereana se dio inicio meses atrás a un convenio específico entre la Universidad Industrial de Santander y Producciones INTEGRALES DEL CHICAMOCHA (PIC), para vincular mediante la modalidad de proyecto de grado a los estudiantes, **JORGE ANDRES MENDEZ MONSALVE** identificado con cédula de ciudadanía 91.542.014 de BUCARAMANGA y **LUIS FERNANDO RODRIGUEZ NUÑEZ** identificado con cédula de ciudadanía 13.741.083 de BUCARAMANGA. El proyecto de grado se basa en Diseñar y construir una máquina incubadora de huevos de codorniz.

El proyecto lleva por nombre:

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE MAQUINA INCUBADORA DE HUEVOS DE CODORNIZ PARA PRODUCCIONES INTEGRALES DEL CHICAMOCHA (PIC)”

Los objetivos este proyecto son los de diseñar y construir una máquina que efectué el ciclo completo de incubado del huevo de codorniz, con las siguientes características:

- Capacidad de incubación de 2000 huevos/ciclo.
- Subsistema de acondicionamiento de las condiciones de temperatura y humedad ambiental, utilizando para la temperatura una fuente de calor sensible a través de una resistencia eléctrica de 500W y para la humedad una fuente de calor latente a través de un tazón con agua expuesto a una resistencia eléctrica de 100W.
- Subsistema de movimiento rotativo para evitar que el embrión se adhiera al cascarón, basado en un mecanismo biela-manivela.
- Subsistema de suministro de aire para regular nivel de CO₂, distribuir la humedad y homogenizar la temperatura.
- Subsistema multi-etapas de monitoreo, visualización y control de la fuente de calor sensible y de calor latente. En la primera etapa (día 1 a 18), proporciona un rango de temperaturas de (37,5 a 38) ° Celsius y humedad relativa de (55 a 65)%. En la segunda etapa (día 19 a 22) proporciona un rango de temperaturas de (35,5 a 36.5) ° Celsius y humedad relativa de (70 a 80)%.
- Elaborar mediante herramientas CAD-CAE los planos de construcción de la incubadora.
- Elaborar un manual de operación y mantenimiento que simplifique el uso de la incubadora.
- Realizar pruebas de funcionamiento para lograr establecer el porcentaje de incubación alcanzado

La presente tiene el motivo principal de mostrar la satisfacción de la empresa por el cumplimiento de los objetivos del convenio y por el trabajo realizado por los estudiantes al construir y colocar en funcionamiento la incubadora para huevos de codorniz para PRODUCCIONES INTEGRALES DEL CHICAMOCA (PIC).

La construcción de esta máquina incubadora era una necesidad fundamental para el mejoramiento en los procesos productivos con el objetivo de buscar mejoras en

la producción y mayor rentabilidad en la empresa, sin duda alguna PRODUCCIONES INTEGRALES DEL CHICAMOCA (PIC), agradece la participación de la UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER, por el voto de confianza depositado en la firma del convenio específico y por el apoyo brindado a este proyecto, también se agradece en particular a los estudiantes JORGE ANDRES MENDEZ MONSALVE y LUIS FERNANDO RODRIGUEZ NUÑEZ que permitieron la construcción de la maquina incubadora de huevos de codorniz y al director de proyecto Ingeniero OMAR ARMANDO GELVEZ AROCHA.

A handwritten signature in black ink, consisting of stylized letters that appear to be 'IAP', written above a horizontal line.

IVAN AUGUSTO ROA PEREIRA
Gerente PIC