



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE MODELACIÓN DEL AMBIENTE TÉRMICO DEL ÁREA DE
PRODUCCIÓN EN ANIMALES DE ENGORDE DE UNA GRANJA AVÍCOLA, PARA REDUCIR
LA MORTALIDAD DEL AVE**

Edwin Alberto Mejía Ramírez

Asesorado por el Ing. Omar Fernando Augusto Pérez Ortiz

Guatemala, Septiembre de 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE MODELACIÓN DEL AMBIENTE TÉRMICO DEL ÁREA DE
PRODUCCIÓN EN ANIMALES DE ENGORDE DE UNA GRANJA AGRÍCOLA, PARA
REDUCIR LA MORTALIDAD DEL AVE**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

EDWIN ALBERTO MEJÍA RAMÍREZ

ASESORADO POR EL ING. OMAR FERNANDO AUGUSTO PÉREZ ORTIZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobar Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Luis Diego Aguilar Ralón
VOCAL V	Br. Christian Daniel Estrada Santizo
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

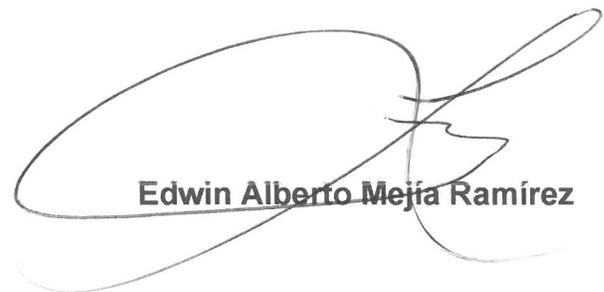
DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADORA	Inga. Miriam Patricia Rubio Contreras de Aku
EXAMINADORA	Ing. Alejandro Estrada Martínez
EXAMINADORA	Ing. Aldo Rodolfo Herrera Herrera
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

DISEÑO DE UN SISTEMA DE MODELACIÓN DEL AMBIENTE TÉRMICO DEL ÁREA DE PRODUCCIÓN EN ANIMALES DE ENGORDE DE UNA GRANJA AVÍCOLA, PARA REDUCIR LA MORTALIDAD DEL AVE

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 21 de marzo de 2018



Edwin Alberto Mejía Ramírez

Guatemala Marzo de 2019

Ing. Cesar Ernesto Urquizu Rodas
Director de escuela
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de ingeniería, Usac.

Ingeniero Urquizu

Por medio de la presente me dirijo a usted, para hacer de su conocimiento que como asesor del estudiante universitario Edwin Alberto Mejía Ramírez, con número de carné 2002-12549 he tenido a la vista el trabajo de graduación titulado **“DISEÑO DE UN SISTEMA DE MODELACIÓN DEL AMBIENTE TÉRMICO DEL ÁREA DE PRODUCCIÓN EN ANIMALES DE ENGORDE DE UNA GRANJA AVICOLA, PARA REDUCIR LA MORTALIDAD DEL AVE”**. El cual encuentro satisfactorio.

En tal virtud, LO DOY POR APROBADO, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me suscribo



Fernando Augusto Pérez Ortiz
INGENIERO INDUSTRIAL
COL 9383

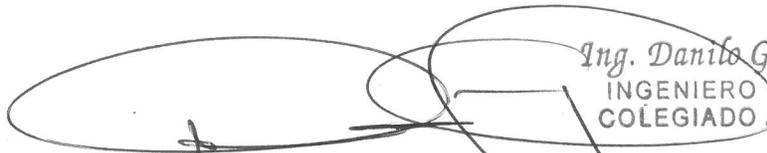
Ing. Omar Augusto Perez Ortiz
Ingeniero Industrial
Colegiado no. 9383



REF.REV.EMI.028.019

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **DISEÑO DE UN SISTEMA DE MODELACIÓN DEL AMBIENTE TÉRMICO DEL ÁREA DE PRODUCCIÓN EN ANIMALES DE ENGORDE DE UNA GRANJA AVÍCOLA, PARA REDUCIR LA MORTALIDAD DEL AVE**, presentado por el estudiante universitario **Edwin Alberto Mejía Ramírez**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. Danilo González Trejo
INGENIERO INDUSTRIAL
COLEGIADO ACTIVO 6182

Ing. Erwin Danilo González Trejo
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, marzo de 2019.

/mgp

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

REF.DIR.EMI.118.019

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor **DISEÑO DE UN SISTEMA DE MODELACIÓN DEL AMBIENTE TÉRMICO DEL ÁREA DE PRODUCCIÓN EN ANIMALES DE ENGORDE DE UNA GRANJA AVÍCOLA, PARA REDUCIR LA MORTALIDAD DEL AVE**, presentado por el estudiante universitario **Edwin Alberto Mejía Ramírez**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Ing. Cesar Ernesto Urquiza Rodas
DIRECTOR



Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, septiembre de 2019.

/mgp

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 362.2019

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE UN SISTEMA DE MODELACIÓN DEL AMBIENTE TÉRMICO DEL ÁREA DE PRODUCCIÓN EN ANIMALES DE ENGORDE DE UNA GRANJA AVÍCOLA, PARA REDUCIR LA MORTALIDAD DEL AVE**, presentado por el estudiante universitario: **Edwin Alberto Mejía Ramírez**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

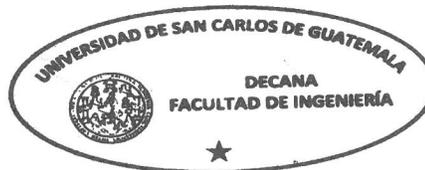
IMPRÍMASE:

Inga. Anabela Cordova Estrada

Decana

Guatemala, septiembre de 2019

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por las bendiciones en mi vida y por brindarme sabiduría e iluminar mi camino hacia el éxito.
- Mis padres** José Alberto Mejía Alvizures y Reyna Isabel Ramírez Soto, por toda su confianza apoyo y amor, sin ellos no hubiera logrado tan ardua tarea, les estoy agradecido infinitamente.
- El amor de mi vida** Cindy Waleska Hernández López, quien siempre ha creído en mí, siempre ha estado para mí, siempre me ha brindado su gran amor y paciencia, siendo morada de mi fortaleza. Te amo.
- Mis hijos** Jose Andres y Michael Alexander, quienes iluminan cada día de mi vida y me dan fuerzas para seguir adelante.
- Mis hermanas** Claudia y Griselda, por su cariño, paciencia, comprensión y por hacerme la vida más feliz con su compañía.

Mi amigo incondicional

Luis Pedro Caal Vásquez, compañero de estudios, amigo de vida, consejero, compañero de deporte, hermano, gracias por estar en mi camino.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por darme la oportunidad de ser parte de tan prestigiosa casa de estudios.

Facultad de Ingeniería

Por brindarme una excelente formación académica, creando profesionales que llevan el desarrollo a Guatemala.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	IX
LISTA DE SÍMBOLOS	XV
GLOSARIO	XVII
RESUMEN.....	XIX
OBJETIVOS.....	XXI
INTRODUCCIÓN	XXIII
1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA	1
1.1. Empresa de producción de pollo	1
1.2. Reseña histórica.....	1
1.2.1. Ubicación	2
1.2.2. Misión	3
1.2.3. Visión.....	3
1.2.4. Política de calidad.....	4
1.3. Ambiente térmico.....	5
1.3.1. Definición	7
1.3.2. Características.....	7
1.4. Productos a comercializar	7
1.4.1. Productos cárnicos de ave.....	7
1.4.1.1. Piezas empacadas	8
1.4.1.2. Vísceras crudas	9
1.4.2. Procesos cárnicos	9
1.4.2.1. Cárnicos formados.....	10
1.4.2.2. Cárnicos cocinados	10
1.4.2.3. Cárnicos embutidos.....	10

1.4.3.	Cárnicos empacados.....	10
1.4.4.	Alimentos balanceados para animales.....	10
1.5.	Granja de aves.....	11
1.5.1.	Granja de aves reproductoras.....	11
1.5.2.	Granja de aves de postura comercial.....	12
1.5.3.	Granja de pollos de engorde.....	13
1.5.4.	Plantas de incubación.....	14
1.6.	Eficiencia.....	14
1.6.1.	Definición.....	14
1.6.2.	Cuantificación de la eficiencia.....	15
1.6.3.	Eficiencia técnica.....	15
1.6.4.	Eficiencia económica.....	15
1.7.	Galpón para pollos.....	15
1.7.1.	Ubicación estratégica.....	16
1.7.2.	Dimensionamiento del espacio.....	16
1.7.3.	Paredes del galpón.....	16
1.7.4.	Piso del galpón.....	16
1.7.5.	Equipos técnicos pecuarios.....	17
1.7.5.1.	Bebederos automáticos.....	17
1.7.5.2.	Bandeja de recibimiento.....	18
1.7.5.3.	Comedores tubulares.....	18
2.	SITUACIÓN ACTUAL.....	19
2.1.	Departamento de producción agrícola.....	19
2.1.1.	Recepción materia prima (pollos).....	19
2.1.2.	Selección de pollos.....	20
2.1.3.	Ubicación de materia prima a tratar.....	20
2.2.	Preparación del galpón de pollos.....	21
2.2.1.	Galpones seleccionados.....	21

2.2.2.	Tratamiento piso del galpón.....	22
2.2.3.	Requerimiento de manejo de pollos	22
2.3.	Calor producido por pollos	22
2.3.1.	Tipo de ave	22
2.3.2.	Tasa de metabolismo nasal	24
2.3.3.	Incremento de calor por ingestión de concentrado	25
2.3.4.	Proceso fisiológico.....	26
2.3.5.	Densidad del lote	26
2.3.6.	Temperatura ambiente	27
2.4.	Transferencia de calor	27
2.4.1.	Conducción.....	29
2.4.2.	Convección	29
2.4.3.	Radiación.....	29
2.4.4.	Pérdida de calor.....	30
2.5.	Factores que determinan la velocidad del aire en los galpones.....	30
2.5.1.	Aislamiento	31
2.5.2.	Ventilación túnel	31
2.5.3.	Sistema enfriamiento evaporativo.....	33
2.5.4.	Sistema aspersion	35
3.	PROPUESTA PARA DISEÑAR EL AMBIENTE TÉRMICO EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN	43
3.1.	Diseño de sistema de ventilación	43
3.1.1.	Tipos de ventiladores.....	44
3.1.1.1.	Ventilación de túnel	44
3.1.1.2.	Ventilación frontal	45
3.1.2.	Caracterización climática.....	49

3.2.	Manejo de ventilación.....	52
3.2.1.	Ventilación requerida.....	52
3.2.2.	Presión negativa.....	56
3.2.3.	Entradas de aire al galpón.....	57
3.2.4.	Ventilación de transición.....	58
3.2.5.	Ventilación de túnel	60
3.2.6.	Temperatura afectiva	62
3.3.	Sistema de control de temperatura	65
3.3.1.	Temperatura variable	66
3.3.2.	Margen de histéresis de temperatura.....	68
3.3.3.	Aislamiento térmico	69
3.3.4.	Potencia calorífica	70
3.4.	Componentes para el control de temperatura	72
3.4.1.	Aislamiento por cortina de poliéster	72
3.4.2.	Calefacción industrial	73
3.4.3.	Tubería de distribución de aire	78
3.5.	Sistema de control de humedad.....	89
3.5.1.	Humedad relativa variable.....	89
3.5.2.	Sistema de micro nebulización	90
3.5.3.	Dispositivos para control de humedad	95
3.6.	Monitoreo de calidad del aire	102
3.6.1.	Requerimientos técnicos	102
3.6.2.	Equipo para control de la calidad del aire.....	102
3.7.	Evaluación de indicadores de productividad	120
3.7.1.	Peso corporal semanal.....	120
3.7.2.	Conversión alimenticia	122
3.7.3.	Ganancia de peso	123
3.7.4.	Eficiencia alimenticia	124
3.7.5.	Porcentaje mortalidad	125

3.8.	Evaluación económica (costos)	127
3.8.1.	Valor presente neto	127
3.8.2.	Tasa interna de retorno	129
3.8.3.	Beneficio costo	133
4.	IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA.....	137
4.1.	Análisis de indicadores	137
4.1.1.	Índice de mortandad debido a temperatura interna.....	137
4.1.2.	Temperatura en galpones tipo convencional	138
4.1.3.	Peso corporal.....	138
4.1.4.	Conversión alimenticia.....	139
4.1.5.	Eficiencia alimenticia	139
4.2.	Propuesta diseño.....	139
4.2.1.	Estudio de proyecto para un sistema de enfriamiento	139
4.2.1.1.	Ingeniería estructural	144
4.2.1.2.	Materiales a utilizar	146
4.2.1.3.	Costos	154
4.3.	Impacto del sistema propuesto para la disminución térmica .	155
4.3.1.	Área de galpones.....	155
4.3.2.	Temperaturas promedio	155
4.3.3.	Factibilidad del diseño propuesto	157
4.4.	Manejo del ambiente	161
4.4.1.	Manejo ambiental	161
4.4.2.	Factores climáticos	163
4.4.2.1.	Temperatura baja	163
4.4.2.2.	Clima frío	164
4.4.2.3.	Clima cálido	165

	4.4.2.4.	Clima caluroso.....	165
4.5.		Requerimientos de las aves	166
	4.5.1.	Calor y humedad	167
	4.5.2.	Efectos de la temperatura y humedad en los pollos	168
	4.5.3.	Humedad relativa	171
4.6.		Capacitaciones a personal de granja	172
	4.6.1.	Importancia de la bioseguridad y la prevención de riesgos.....	173
	4.6.2.	Acciones de bioseguridad	176
	4.6.3.	Evaluaciones periódicas.....	181
4.7.		Manejo de desechos	182
	4.7.1.	Desechos orgánicos	183
	4.7.2.	Desechos veterinarios	184
	4.7.3.	Excretas	185
	4.7.4.	Aguas residuales.....	185
4.8.		Medidas de seguridad	186
	4.8.1.	Bioseguridad	186
	4.8.2.	Sistemas de bebederos.....	188
	4.8.3.	Manejo de piensos	190
5.		SEGUIMIENTO DE LA PROPUESTA.....	195
5.1.		Análisis de indicadores.....	195
	5.1.1.	Sistema de calefacción	195
	5.1.2.	Sistema de nebulización.....	196
	5.1.3.	Sistema de monitoreo de la calidad del aire.....	196
5.2.		Adquisición de datos	197
	5.2.1.	Registros de temperatura	197
	5.2.2.	Registros de humedad	201

5.2.3.	Registros de calidad del aire.....	204
5.2.3.1.	Concentración de monóxido de carbono.....	205
5.2.3.2.	Concentración de dióxido de carbono.....	206
5.2.3.3.	Concentración de amoníaco	207
5.2.4.	Consumo de diésel	207
5.2.5.	Consumo de agua	208
CONCLUSIONES		211
RECOMENDACIONES.....		213
BIBLIOGRAFÍA.....		215

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ubicación de la empresa.....	3
2.	Organigrama de la planta procesadora de aves	5
3.	Pollo entero empacado	8
4.	Partes de pollo en bandeja empacadas	8
5.	Menudos de pollo	9
6.	Alimento para pollo de engorde	11
7.	Bebederos de la granja	17
8.	Comedero	18
9.	Área de crecimiento	20
10.	Recepción del pollo de día uno y ampliaciones de espacio según la edad	21
11.	Ventilación del túnel	33
12.	Vacunación de aves	36
13.	Distribución de gotas.....	39
14.	Vacunación por nebulización	41
15.	Ventilación al interior de un galpón tipo túnel.....	45
16.	Variaciones comunes en la distribución del aire de entradas para la ventilación mínima.....	54
17.	Propósito de la ventilación mínima.....	55
18.	Tipos de entrada de aire al galpón	58
19.	Modelo de ventilación de transición	59
20.	Ventilación de túnel.....	61
21.	Temperatura del efecto del enfriamiento.....	62

22.	Principios básicos de la ventilación de túnel.....	65
23.	Conducta típica a distintas temperaturas.....	66
24.	Gráfico de temperatura contra la edad del ave.....	67
25.	Matriz de regresión cuadrática.....	68
26.	Gráfico histéresis de temperatura.....	69
27.	Aislamiento de doble cortina.....	70
28.	Zona del galpón destinada a la calefacción y crianza.....	70
29.	Mecanismo de apertura de cortinas externas.....	72
30.	Sistema de cortinas internas.....	73
31.	Generador de aire caliente.....	74
32.	Diagrama del sistema de ventilación.....	76
33.	Diagrama del sistema de calefacción.....	77
34.	Funcionamiento de la tubería de distribución de aire.....	78
35.	Transmisor Aosong AQ3010Y.....	79
36.	Gráfico de temperatura censada contra lectura del ADC.....	81
37.	Gráfico de humedad relativa censada contra lectura del ADC.....	84
38.	Transmisor ultrasónico de nivel ESMUS07.....	85
39.	Esquema del reservorio de diésel.....	86
40.	Gráfico de nivel de combustible censado contra lecturas ADC.....	88
41.	Gráfico de humedad relativa contra edad del ave.....	90
42.	Esquema del sistema de nebulización.....	91
43.	Micro nebulizador CoolNet TM.....	96
44.	Electroválvula y válvula manual.....	96
45.	Bomba centrífuga LEO XCM 158-1.....	98
46.	Esquema del reservorio de agua.....	99
47.	Gráfico de nivel de agua contra lectura ADC PLC.....	101
48.	Sensor de monóxido de carbono DDF Robot MQ7.....	103
49.	Circuito de acondicionamiento sensor MQ7.....	104
50.	Gráfico del monóxido de carbono censado contra lecturas ADC.....	107

51.	Sensor de dióxido de carbono DDF robot MG811	109
52.	Esquema eléctrico de circuito de amplificación del sensor MG811....	110
53.	Circuito de amplificador por secciones.....	111
54.	Gráfico sensibilidad sensor MG811.....	113
55.	Gráfico dióxido de carbono censado contra lectura del ADC	114
56.	Sensor de amoniaco DDF Robot MQ137.....	116
57.	Gráfico amoníaco censado contra lecturas de ADC	118
58.	Disposición de los sensores de gases	119
59.	Comparación de pesos cada 7 días	121
60.	Conversión alimenticia de cada 7 días.....	122
61.	Índice de eficiencia alimenticia.....	125
62.	Porcentaje de mortalidad de cada 7 días.....	126
63.	Ubicación de los equipos	145
64.	Sistema de levante de cortinas para entrada de aire con cortinero eléctrico.....	146
65.	Sistema automático de apertura y cierre de entrada de aire (Inlets).	147
66.	Paneles de celulosa	148
67.	Sistema de generación de calor.....	149
68.	Criadora global 40 000 BTU con bulbo termopar	150
69.	Extractor de 54"	151
70.	Control de ventilación TC5-T6A	152
71.	Sistema de cortinas y sistema de levante	153
72.	Medidor de temperatura atmosférica (Atmospheric Data Center)	156
73.	Temperatura ideal y censada en semana 1 de crianza.....	197
74.	Temperaturas ideales y censadas en semana 2 de crianza	198
75.	Temperaturas ideales y censadas en semana 3 de crianza	198
76.	Temperaturas ideales y censadas en semana 4 de crianza	199
77.	Temperaturas ideales y censadas en semana 5 de crianza	199
78.	Temperaturas ideales y censadas en semana 6 y 7 de crianza.....	200

79.	Humedad ideal y censada en semana 1 de crianza	202
80.	Humedad ideal y censada en semana 2 de crianza	202
81.	Humedad ideal y censada en semana 3 de crianza	203
82.	Humedad ideal y censada en semana 4 de crianza	203
83.	Humedad ideal y censada en semana 5 de crianza	204
84.	Concentración de monóxido de carbono durante la producción	205
85.	Concentración de dióxido de carbono durante la producción	206
86.	Concentración de amoníaco durante la producción.....	207
87.	Consumo de diésel diario	208
88.	Consumo de agua para el sistema de nebulizadores	209

TABLAS

I.	Datos	50
II.	Enfriamiento evaporativo posible en distintas condiciones	64
III.	Datos censados de temperatura	80
IV.	Datos censados de humedad relativa.....	83
V.	Datos censados del nivel de combustible	87
VI.	Datos censados del nivel de combustible	89
VII.	Datos censados del nivel de agua	100
VIII.	Condiciones ambientales requeridas	102
IX.	Datos censados del monóxido de carbono	106
X.	Datos censados del monóxido de carbono	114
XI.	Datos censados del monóxido de carbono	117
XII.	Uso de la ventilación mínima, tipo túnel.....	123
XIII.	Evaluación de peso logrado, al mantener ventilación tipo túnel y mínima por dos semanas.....	124
XIV.	Costos directos de fabricación	128
XV.	Costos indirectos de fabricación	129

XVI.	Costo total	129
XVII.	Diferencia económica del sistema manual contra el sistema automático.....	132
XVIII.	Relación cantidades de producciones contra ganancia	132
XIX.	Beneficios obtenidos con el proyecto	133
XX.	Costo mano de obra de sistema manual.....	134
XXI.	Costo de producción sistema manual	134
XXII.	Materia prima y materiales indirectos sistema manual.....	135
XXIII.	Costo de mano de obra sistema automático	135
XXIV.	Costo de materia prima y materiales directos del sistema automático.....	136
XXV.	Costo de materia prima y materiales indirectos	136
XXVI.	Costo de implementación.....	154
XXVII.	Detalle de los costos de los equipos	155
XXVIII.	Detalle de totales anuales por galpón	159

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Q	Caudal
EM	Energía metabolizable
°C	Grados centígrados
°F	Grados Fahrenheit
h	Hora
HR	Humedad relativa
IP	Índice de productividad
Kcal	Kilocalorías
Kg	Kilogramo
Lb	Libra
m²	Metro cuadrado
m³/h	Metro cúbico / hora
MJ	Megajoules
Ω	Ohmio
%	Porcentaje
V	Velocidad

GLOSARIO

Arbor	Revista electrónica que aborda temas de ciencia.
Acre	Medida de superficie utilizada en agricultura.
Compostera	Recipiente donde se descompone la materia orgánica para convertirse en un abono.
Fogger	Dispositivo que contiene insecticida.
Galpón	Construcción grande y techada que se emplea como albergue para animales.
Histéresis	Es la tendencia de un material a conservar una de sus propiedades, en ausencia del estímulo que la ha generado.
Pecuario	Del ganado o de la ganadería o relacionado con ellos.
Rotor	Componente que gira en una máquina eléctrica.
Triac	Dispositivo semiconductor de la familia de los tiristores.

RESUMEN

Actualmente en el departamento de operaciones de la empresa, se tienen problemas con los índices de mortalidad de aves en sus diferentes etapas, este problema se da porque los registros de producción no son actualizados periódicamente, esto indicaría el punto dentro del proceso donde se debe aplicar una solución al problema que se tiene, es necesario tomar en cuenta el ciclo de vida del ave y el comportamiento dentro de las galeras para garantizar su confort y reducir el índice de mortandad, logrando una mayor eficiencia en cada lote de producción por galera.

En estación de invierno se obtienen pérdidas en la eficiencia energética, esto se debe a las bajas temperaturas que se tienen por las lluvias, acompañado de malas prácticas de revisión de los galpones, donde no se logra identificar las filtraciones de aire por sellos deteriorados o cortinas con fisuras. Se busca mejorar a través de un buen diseño de la infraestructura de la nave y mejores controles de revisión para garantizar el confort del ave dentro del galpón, y disminuir el índice de mortalidad, logrando obtener mejor productividad en cada uno de los lotes producidos en cada galpón, y con esto impactar positivamente en la producción de la empresa.

Los registros de revisión de equipos e infraestructura de las naves no se encuentran actualizados, lo que conlleva a pérdida de información sobre cómo se ha estado llevando a cabo la operación. No existen procedimientos que indiquen el funcionamiento de ciertos equipos, la falta de formación de algunos operadores de las granjas afecta directamente en el buen funcionamiento de cada una de las galeras.

OBJETIVOS

General

Diseñar un sistema de modelación del ambiente térmico en el área de producción en animales de engorde para reducir la mortalidad de las aves.

Específicos

1. Identificar los métodos para controlar el índice de mortandad en los pollos de engorde.
2. Establecer las medidas para el control de temperatura y humedad en los galpones de pollo para reducir el estrés térmico de las aves.
3. Analizar el comportamiento de la productividad lote a lote a través de gráficas comparativas para la mejora de los indicadores de producción.
4. Instituir las medidas de bioseguridad para el proceso de crianza de pollo en etapa de crecimiento, para mejorar el proceso de producción.
5. Determinar las medidas de seguridad ocupacional para el personal operativo y técnico para la prevención de riesgos laborales.
6. Fijar las capacitaciones para el personal de producción de pollos de engorde, para el manejo del ambiente térmico en los galpones de pollos.

7. Delimitar el análisis financiero para la realización del diseño de ambiente térmico en las áreas de producción.

INTRODUCCIÓN

Avícola Villalobos, S.A. de la división IP (Industria pecuaria), tiene dentro de sus procesos iniciales el cuidado minucioso de las aves para obtener los huevos de mejor calidad para su venta, y la incubación de los mismos para el proceso de criar pollitos y llevarlos a través de sus diferentes etapas y cuidados, para obtener uno de los mejores productos cárnicos para el consumo humano, que es garantizado por los controles estrictos de inocuidad y calidad por sus diferentes departamentos.

Se tiene identificado en dos etapas el proceso del ave, un indicador de mortandad alto, en las granjas de engorde y granjas de paso, este indicador varía según el área donde se encuentre ubicada la misma, el problema es debido a que se tiene un déficit en el proceso de mantener la temperatura idónea para el ave, porque donde el aire se vuelve delgado y escaso les provoca y un paro respiratorio.

Para poder resolver este problema se debe elaborar un diseño que se acople a los galpones actuales, con sus respectivas implementaciones de mejora, buscando obtener mejores resultados en el control de la temperatura interna de la nave, para darles el mejor confort a los pollos que se encontrarán dentro de ella, ya sea en las granjas de engorde o paso, reduciendo el índice de mortalidad y mejorando la productividad por cada uno de los galpones, y en consecuencia impacto en la eficiencia económica de la empresa.

Avícola Villalobos, S.A. en su unidad de negocio industria pecuaria, proceso de crianza del pollo, se utiliza para el manejo y control de la temperatura del galpón el uso del gas, para la etapa de crecimiento del ave, en sus primeros días de vida, la temperatura ideal buscada para mantener dentro del galpón es de (32 o 33) °C específicamente en la base o suelo de la nave, existe una preparación del área para que al momento de recibir los pollitos recién nacidos, la temperatura que se encuentre sea la indicada así se mantiene una mejor cadena de vida. Se debe tener un buen manejo del control y mantenimiento de la nave en los diferentes procesos de crecimiento del ave, en especial revisiones constantes de las cortinas, control de la ventilación, flujo del aire, estructura, entre otros. Con esto se logra obtener los mejores resultados en cada uno de los lotes de aves.

El factor alimentación en el ave cuando se encuentra en etapa uno de vida, es de vital importancia para su desarrollo, se ha verificado que no mantener la temperatura ideal para su confort dentro del galpón en cualquiera de sus etapas de vida, afecta directamente en su alimentación.

Actualmente para los procesos de crecimiento y engorde de las aves, se utiliza combustible para obtener calor dentro de la nave y mantener la temperatura idónea cuando se necesita, se busca reducir este costo dentro de la producción del ave, utilizando otras opciones que generen un menor costo.

En el capítulo uno del presente informe se habla sobre la historia, antecedentes, productos, manejo de la temperatura, las granjas, eficiencia, y todo lo asociado a las naves que contienen al ave.

El capítulo dos trata sobre la situación actual de la empresa en lo referente a la división pecuaria, todo sobre como adecuar el lugar de morada para las

aves, los componentes dentro de la infraestructura del galpón que rigen el comportamiento del aire dentro de él, la relación de la temperatura del ave con su entorno dentro de la nave.

En el capítulo tres, se procede con la elaboración de un sistema que se adecua a los diseños actuales en las naves de las granjas, enfocado al proceso de ventilar las áreas para mantener la temperatura adecuada para las aves, con un sistema que a través de controles como: humedad, velocidad del viento, infraestructura, entre otros, consiga mantener el confort para el ave y se logre reducir la mortandad.

En el capítulo cuatro se implementará la propuesta de trabajo, tratando específicamente el indicador de mortandad en las aves, provocado por una temperatura fuera del rango del confort, también se verán los controles que deben tenerse como medidas de seguridad para garantizar la calidad de vida del ave.

Por último en el quinto capítulo se realizará la evaluación de la propuesta, verificando el análisis económico, revisiones de los indicadores, uso y estudio de gráficas, análisis de consumo de combustible, registros de temperatura, entre otros. Luego se presentan las conclusiones y recomendaciones.

1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

Como parte de la propuesta de diseño de un sistema de modelación del ambiente térmico del área de producción en animales de engorde de una granja avícola, para reducir la mortalidad del ave, se presenta una breve reseña de lo que es la empresa avícola, sus inicios, su misión, visión, entre otros, con el único fin de poder hacer una propuesta más acertada.

1.1. Empresa de producción de pollo

Avícola Villalobos, S.A. en la división pecuaria, tiene dentro de sus procesos o etapas iniciales la crianza de aves para engorde, se pueden encontrar dentro de estos procesos: la producción de huevos para la venta, huevos para incubación, crianza de gallinas y gallos, siendo los dos procesos más fuertes los huevos para la venta y la crianza de gallinas y pollos de engorde, logrados a través de sus diferentes etapas controladas en las distintas granjas que se tienen según su proceso, logrando con esto uno de los mejores productos para el consumo humano.

En el siguiente apartado se desarrolla brevemente la historia de la empresa Avícola Villalobos, S. A.

1.2. Reseña histórica

La industria avícola en Guatemala vio sus inicios en la década de 1960, en esa época existieron granjas dedicadas a producir y comercializar las gallinas ponedoras para quienes producían huevos, comercializaban estos para

consumo en la región. A mediados de esta década, debido a no poder continuar sus operaciones, se tuvo la necesidad de poner a la venta una de las industrias existentes, esta producía aproximadamente cinco mil pollos a la semana.

A finales del año 1964, se fusionaron dos de las granjas designadas a lo que se conoce como engorde de pollo. Esta unión, dio vida a la empresa avícola más importante en la producción pollos. Esta sociedad sirvió para expandir el negocio y generando empleos en los distintos sectores del país, lo que permitió el crecimiento de la empresa, a nivel nacional, como regional, debido a que la demanda del producto se ha incrementado, esto se ha logrado por medio de estandarizar y modernizar los procesos productivos, para alcanzar la marca líder en el mercado avícola.

En la actualidad, la producción diaria es de aproximadamente 90 000 pollos. Esta producción es posible debido a los 780 colaboradores que laboran en el proceso, y es automatizado en su totalidad, poniendo especial atención a ciertos puntos del proceso en los cuales las maquinas no deben ser más eficaces que el personal humano.

1.2.1. Ubicación

La dirección física de la empresa es 24 Avenida 34-05 Santa Elisa, zona 12, de la Ciudad de Guatemala.

Figura 1. **Ubicación de la empresa**



Fuente: elaboración propia, empleando Google Earth.

1.2.2. **Misión**

“Ser una corporación internacional, líder en negocios relevantes y selectivamente diversificados que generan valor de manera sostenida para sus accionistas, consumidores, clientes, proveedores, colaboradores y la comunidad”.¹

1.2.3. **Visión**

“Ser una organización de clase mundial en productos, procesos y capital humano, participando de manera significativa en múltiples mercados y creciendo estratégicamente con una rentabilidad sobresaliente y sostenible”.²

¹ CMI. <https://www.cmi.co/es/quienes-somos/somos-cmi>. Consulta: enero de 2019.

² Ibíd

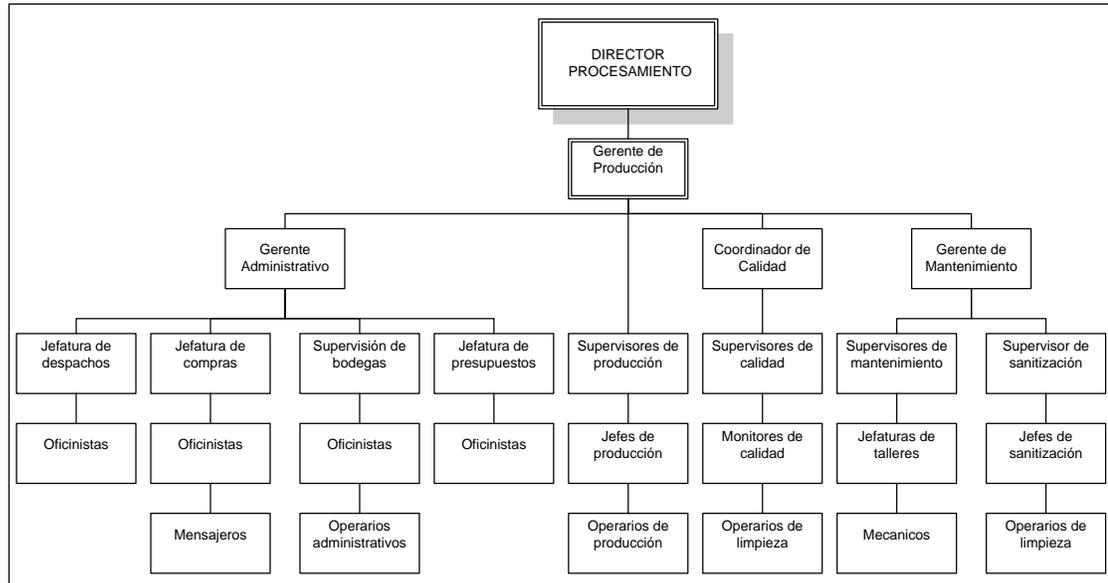
1.2.4. Política de calidad

La empresa se rige por características que comprometen los procesos a ser de la más alta calidad y en los cuales se debe involucrar a todo el personal para la correcta aplicación de estas, siendo estas:

- Responsabilidad: como empresa se tendrá la responsabilidad de cumplir con lo que se ofrece al cliente, para que este se mantenga fiel a la empresa.
- Respeto: los clientes son el porqué de la empresa y es por ello que se les tratará con respeto para que estos se sientan satisfechos con el servicio que la empresa ofrece.
- Integridad: se actuará de acuerdo con lo que se dice y con lo que se considera importante, comunicar las intenciones, ideas y sentimiento de forma directa y estar dispuestos a actuar con honestidad. ³

³ CMI. <http://web.dipcmi.corp/nuestrosvalores/Paginas/default.aspx>. Consulta: enero de 2019.

Figura 2. Organigrama de la planta procesadora de aves



Fuente: Avícola Villalobos, S. A.

1.3. Ambiente térmico

Cuando se habla de temperatura en los galpones de las aves, se debe tener en cuenta que es un indicador que aunado a otros marcara uno de los mejores resultados en cada lote de pollos que pasen por los galpones, los parámetros de control varían de acuerdo al área en el que se encuentre ubicada cada una de las granjas, lo común entre ellas debe ser conseguir y mantener el confort para el ave.

En lo relacionado a la temperatura dentro del galpón, es de suma importancia tener un flujo adecuado y controlado del viento, porque este se encargará de distribuir o expulsar dentro del galpón la temperatura, logrando así el mayor confort para el ave. Cuando se tiene un mal manejo de la ventilación o

una mala distribución de la misma, existirán áreas donde el flujo y temperatura no sean las adecuadas, acompañadas por el amoniaco producido por las heces de los pollos, y que afecten directamente el peso que puedan alcanzar, si se habla de porcentaje seria un 20 % lo que no se lograría ganar del peso total, en los primeros 7 días del ave.

En las empresas comerciales de gran tamaño, debido a las áreas que son de gran proporción, se hace necesaria la colocación de reflectores para producir calor a las crías, esto se hace para conseguir que estas se acerquen al alimento y el agua, estas luminarias son utilizadas durante los primeros cinco días posteriores al nacimiento de los pollitos, posterior a esto, las luces de fondo deben de aumentarse paulatinamente para alcanzar la iluminación normal al día diez. Una cubierta bien aislada disminuye el ingreso del calor del sol en el galpón en los días calurosos.

En las áreas rurales, muchos de los avicultores que se dedican a la crianza de pollos utilizan para los techos, láminas usadas, aunque brinda un mejor resultado la utilización de hojas, por ejemplo hoja de palma, de esta manera es aislado el área del calor y disminuye el estrés de las aves.

En las edificaciones con aislamiento inadecuado, se puede construir un área en el interior, en la cual sean minimizados los cambios de temperatura, en esta área se pueden utilizar cortinas y un cielo falso que ocupe todo el espacio para que la pérdida de calor se menor y facilite controlar la temperatura.

1.3.1. Definición

En los momentos que se tiene una temperatura fuera del rango establecido dentro del galpón, se tiene incomodidad en el estar del ave, reduciendo su consumo de alimento y agua.

1.3.2. Características

Se puede encontrar una relación directa entre la temperatura del galpón y la del ave, es decir a mayor temperatura dentro de la nave, mayor será la temperatura del pollo, esto comienza a suceder desde los 30° C.

1.4. Productos a comercializar

La empresa produce distintos tipos de productos derivados de los pollos, entre ellos se pueden describir los siguientes.

1.4.1. Productos cárnicos de ave

Los pollos enteros son productos cárnicos completos, pueden ser blancos o amarillos, además estos se distribuyen con menudos o sin menudos, siendo así del más alto grado higiénico y de calidad, proporcionando al mercado productos frescos.

Figura 3. **Pollo entero empacado**



Fuente: Avícola Villalobos, S. A.

1.4.1.1. **Piezas empacadas**

Para la distribución de estas, se seleccionan los mejores ejemplares para posteriormente cortar las piezas como piernas, alas, muslos, cortes realizados con precisión y con altas normas de higiene y calidad.

Figura 4. **Partes de pollo en bandeja empacadas**



Fuente: Avícola Villalobos, S. A.

1.4.1.2. Vísceras crudas

Existe una línea de producción específica para la extracción de las vísceras del animal, que son extraídas bajo estrictas normas de higiene, entre éstas se extraen las mollejas el corazón y el hígado.

Figura 5. **Menudos de pollo**



Fuente: Avícola Villalobos, S. A.

1.4.2. Procesos cárnicos

Dentro estos procesos se encuentran los formados, cocinados y embutidos, se describen a continuación:

1.4.2.1. Cárnicos formados

Estos son los productos que se empacan y se pueden cocinar en poco tiempo.

1.4.2.2. Cárnicos cocinados

Dichos productos se cocinan previamente a ser empacados, los que para poder ser consumidos solo es necesario calentarlos y servirlos.

1.4.2.3. Cárnicos embutidos

Los embutidos son productos de consumo masivo y se distribuyen tanto en cualquier negocio de barrio como en supermercados, entre los cuales se desatacan el jamón y las salchichas.

1.4.3. Cárnicos empacados

Los productos cárnicos empacados, son una opción cómoda para los consumidores, porque son diseñados para ser calentados en el microondas, este se empaca al vacío en un film flexible, y hace que mantenga sus propiedades.

1.4.4. Alimentos balanceados para animales

El alimento para animales preserva la calidad de los alimentos previniendo la contaminación para un mejor desarrollo de los animales. Dentro de esta línea se encuentra el alimento para pollo de engorde, y es un alimento balanceado para aves de engorde, utilizado desde el primer día, hasta los 21 días de edad.

Figura 6. **Alimento para pollo de engorde**



Fuente: Avícola Villalobos, S. A.

1.5. Granja de aves

Existen distintas clases de granjas avícolas, a continuación se describen estas.

1.5.1. Granja de aves reproductoras

Las granjas dedicadas a producir huevos necesitan de pollas para reemplazar a las gallinas ponedoras, además de la producción de carne, se dedican al engorde de las aves, siendo estas la materia prima principal para las granjas reproductoras, que se desarrollan en dos etapas, la de crianza y la de producción.

En la etapa de crianza, las aves deben mantenerse a ciertas temperaturas, que son establecidas de acuerdo a la temperatura ambiente, la edad del ave, genética, entre otros. Los factores como la iluminación, la alimentación, el agua y las vacunas son de suma importancia para que los pollos alcancen la madurez sexual, o sea, lleguen a la fase de producción, de manera adecuada.

La iluminación es un factor de mucha importancia en el confort del ave, esta debe ser automatizada y acoplarse correctamente a las necesidades del ave según su edad.

Las fases de crianza y producción de los pollos reproductores son realizadas en áreas amplias controladas, muy pocas veces se hace en jaulas. El suelo de los galpones, llamado base o cama, son cubiertos con materiales que se encuentran en el área como cascarilla de arroz. Esta cama es otro factor que ayuda al desarrollo de los pollos absorbiendo la humedad del ambiente, de los bebederos y la producción de excretas; de esta forma se evita dañar las patas de las aves y los problemas respiratorios. Este tipo de instalaciones son abiertos o en forma de túneles, y el equipo utilizado es automático o mecánico, para los cuales se tienen estrictos controles de bioseguridad.

1.5.2. Granja de aves de postura comercial

Conocidas como gallinas ponedoras o aves de postura, su función dentro del proceso es producir los huevos, que conlleva la fases crianza y desarrollo, con un día de edad y hasta 16 semanas.

Cuando inicia el proceso, es necesario realizar un control adecuado del calor y la ventilación por medio de cortinas, con el único objetivo de

proporciónale a las aves la temperatura adecuada. Es muy importante obtener pollas de primera calidad proveniente de los proveedores con los que sean confiables. Para alcanzar un estado de salud deseado en las aves, es necesario que un veterinario dedicado al área, pueda implementar controles de vacunación adecuados al proceso y edad del ave, para garantizar sus defensas ante las enfermedades.

1.5.3. Granja de pollos de engorde

Las granjas de engorde, como su nombre lo indica el principal propósito es lograr la mayor ganancia de peso en el ave, estas deben ingresar a estas granjas ya vacunados con un día de edad, la cantidad de tiempo necesario dentro de este tipo de granja para lograr su objetivo es de 35 a 42 días, tiempo en el que logran obtener un peso competitivo en el mercado, este peso es dependiente de los que requieren los distintos clientes o la demanda que establecida.

En el proceso del ave de un día de nacido, las gallinas criadoras juegan un papel muy importante, proporcionándoles el calor adecuado para que su etapa inicial de vida en sus primeros 10 días sea confortable. Al encontrarse los pollos en la etapa de engorde, no se les limita el alimento a los mismos, se les proporciona sin medida alguno. El alimento proporcionado es dependiente de la edad y la época del año. Aunado a lo anterior se utilizan programas de luz artificial para estimular a las aves para consumir los alimentos, además el agua que beben las aves debe de estar libre de contaminante y microorganismo que puedan provocar enfermedades.

A los 21 días son administradas las vacunas para la prevención de enfermedades comunes. Para que las aves se desarrollen de forma adecuada,

durante el engorde son implementados controles estrictos de bioseguridad, además de mantener limpia y desinfectada el área.

1.5.4. Plantas de incubación

En estas plantas son recibidos los huevos después de ser desinfectados y limpiados, estos son transportados en separadores plásticos o de cartón. Posterior a la recepción los huevos permanecen durante 18 días en las maquinas incubadoras, luego se trasladan y permanecen 3 días en las maquinas necedoras, para cumplir 21 días, que es el tiempo de incubación y nacimiento. Durante el proceso mencionado anteriormente, es debido apegarse a los procedimientos estrictos para que no se vea afectada la temperatura y humedad del proceso. Al terminar la etapa de incubación, las aves son clasificadas y contadas para posteriormente ser sexadas y vacunadas.

1.6. Eficiencia

Se encuentra eficiencia en su origen con el término latino *efficientia*, hace referencia al talento de contar con alguien o algo, para obtener un resultado ya sea esperado o no.

1.6.1. Definición

Por ejemplo, si se la aplica a la administración hace referencia al uso de los recursos que son los medios de producción que se tienen disponibles y puede llegar a conocerse, el nivel de eficiencia desarrollado a través de la ecuación $E = P/R$ (P = productos resultantes; R = recursos utilizados).

1.6.2. Cuantificación de la eficiencia

La cuantificación de la eficiencia se puede dar en dos conceptos, eficiencia técnica que puede dar lo máximo a partir de los recursos financieros, materiales e insumos, que se tienen para un proceso.

1.6.3. Eficiencia técnica

Se hace referencia al uso de los componentes de producción que utiliza una organización de un modo técnico, de tal modo que el proceso más eficiente técnicamente será aquel que utilice menos unidades físicas de componentes productivos.

1.6.4. Eficiencia económica

Visto desde el lado empresarial, la eficiencia económica se refiere al proceso de utilizar de la manera más adecuada los insumos necesarios para producir un valor, sin afectar durante este proceso la calidad y excelencia deseada o establecida.

1.7. Galpón para pollos

La instalación denominada Galpón para pollos, debe tener varios componentes necesarios para el desarrollo y engorde de las aves, de estos lineamientos que se tomen en cuenta para la construcción, dependerá la productividad que se obtenga al final de cada lote de aves que se procese. A continuación se listan los puntos que deben tomarse en cuenta, para diseñar, ubicar y construir un galpón para pollos.

1.7.1. Ubicación estratégica

Cuando se diseña un galpón para aves, se debe tomar en cuenta factores importantes como; disponibilidad de agua, electricidad, corrientes de viento, sombra, porque estos factores afectarán la productividad del galpón si no se minimizan sus impactos en la menor cantidad, lo restante se podrá controlar con la infraestructura, ventilación y automatización.

1.7.2. Dimensionamiento del espacio

Este es otro de los factores importantes que se deben tomar en cuenta al momento de diseñar las naves que contendrán a los pollos, la relación del área necesaria para contenerlos con la cantidad de aves es del 10 %, por ejemplo si se quiere alojar 5 000 pollos, el área será $(5\ 000 \times 0,1 = 500\ m^2)$.

1.7.3. Paredes del galpón

Para construir las paredes del galpón, se deben colocar tres hiladas de bloque para lograr 45 cm de altura, sin tomar en cuenta la fundición de la zapata, luego debe colocarse malla plástica forrada de plástico hasta el techo, esto ayudará en mantener la ventilación adecuada.

1.7.4. Piso del galpón

El piso del galpón deberá ser elaborado en un material que proporcione una fácil limpieza y no absorba los desechos de los pollos, por ejemplo se puede elaborar en cemento, para posteriormente colocarse una capa de 10cm de cascarilla de arroz, esta ayudará a darles confort a las patas de los pollos, esta deberá cambiarse en cada lote.

1.7.5. Equipos técnicos pecuarios

Dentro de los equipos que se deben encontrar en un galpón, con las condiciones adecuadas para poder recibir a los pollos, y estos se encuentren en el confort deseado, para evitar la mortandad entre la población dentro de la nave, y se tienen los siguientes:

1.7.5.1. Bebederos automáticos

Existen distintos tipos en el mercado, los utilizados y recomendados en el proceso de industria pecuaria son de válvula o pistola, su principal objetivo es que el ave siempre cuente con agua disponible para su consumo a través de su sistema automático de llenado, evitando el trabajo manual. Son fabricados de plástico, para que sea más fácil su limpieza y su tiempo de vida es mucho mayor que los de metal, siendo de preferencia por ser más eficientes.

Figura 7. **Bebederos de la granja**



Fuente: Avícola Villalobos, S. A.

1.7.5.2. Bandeja de recibimiento

Estos al igual que los bebederos, se prefieren fabricados en material plástico, para que su higienización sea lo más fácil posible, son utilizados en los pollos de un día de nacidos hasta los siete días, luego son sustituidos por los comederos tubulares con capacidad para alimentar a 50 pollitos.

1.7.5.3. Comedores tubulares

Estos se encuentran de dos tipos en el mercado, aluminio que por su rápido deterioro se dejaron de usar en la división pecuaria, los de plástico que por su duración y eficiencia son utilizados en el 100 % de las granjas.

Figura 8. **Comedero**



Fuente: Avícola Villalobos, S. A.

2. SITUACIÓN ACTUAL

A continuación una un análisis de la situación en la que se encuentra actualmente granja avícola, esto con el propósito de saber las áreas en las que es necesario presentar una mejora. Se presentará un detalle del proceso actual, equipo, materia prima, entre otros

2.1. Departamento de producción agrícola

Es el encargado de generar la producción de aves dentro de la organización, desde su concepción, pasando por la incubación, crianza, engorde, venta de pollo en pie o producción de alimentos derivados del Arbor Acres.

2.1.1. Recepción materia prima (pollos)

En la sección de crecimiento, se encargan de la recepción del pollo, con un día de nacido es colocado en los galpones, estos son controlados constantemente para su cuidado y desarrollo óptimo del ave.

Figura 9. **Área de crecimiento**



Fuente: Avícola Villalobos, S. A.

2.1.2. Selección de pollos

El área de postura se encarga de verificar el lote de pollas, las cuales pueden tener una postura comercial de producción de 12 a 14 meses.

2.1.3. Ubicación de materia prima a tratar

Es el área que se encarga de la reproducción de aves que son enviados al área de crecimiento.

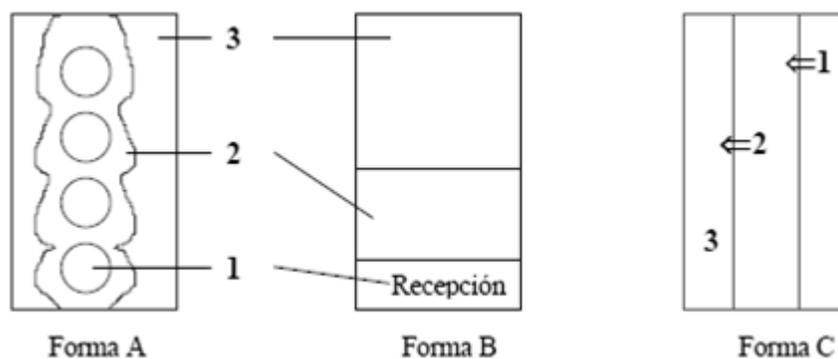
2.2. Preparación del galpón de pollos

El pollo de engorde llega al área de crecimiento con un día de nacido, es colocado en el galpón para que inicie el proceso de crecimiento, se le ponen las vacunas para evitar cualquier enfermedad.

2.2.1. Galpones seleccionados

Contar con la suficiente ventilación en los horarios con temperatura mayor a 27 °C es de mucha importancia para evitar el sofocamiento de las aves, con un ventilador instalado en la pared del galpón con un termostato, funciona de manera adecuada para este propósito.

Figura 10. **Recepción del pollo de día uno y ampliaciones de espacio según la edad**



Fuente: elaboración propia, empleando Paint.

2.2.2. Tratamiento piso del galpón

Es recomendable su fabricación en concreto, dejando en su diseño los drenajes necesarios para que no existan acumulaciones de agua, y afectar la humedad del suelo, esto ayudará a obtener condiciones de limpieza e inocuidad, dentro de los parámetros necesarios para la salud del ave. Deberá levantarse después de cada lote de pollos la capa de cascarilla de arroz, lavarse y desinfectarse correctamente, para luego colocar una nueva capa de cascarilla de arroz.

2.2.3. Requerimiento de manejo de pollos

La calidad que se obtiene del pollo joven es fruto de la interacción del manejo, la salud y la nutrición de las gallinas ponedoras, como también el cuidado del huevo durante la incubación. Cuando la calidad del pollo está dentro de lo aceptable y se le proporciona una buena nutrición, acompañado de un manejo correctos de la crianza hasta los 7 días de edad, la mortalidad deberá ser menor al 0,7 %, obteniendo así el peso objetivo.

2.3. Calor producido por pollos

Es el resultado del metabolismo de los pollos de engorde dentro del ambiente controlado, Galpón.

2.3.1. Tipo de ave

Cuando se trata de eficiencia alimenticia en el proceso de engorde, la raza Arbor Acres es una de las mejores, porque cuando consumen el alimento su metabolismo lo procesa de una manera más eficiente, captando la mayor

cantidad de aminoácidos disponibles en la comida, logrando un gran tamaño atractivo para el mercado a un menor costo.

Para obtener la mayor eficiencia alimenticia para este tipo de ave, debe ser indispensable que su alimento contenga lo siguiente; Calcio, fosforo, vitaminas, minerales traza, todo en las cantidades balanceadas correctamente, dependiendo de la etapa en la que se encuentre el ave, proporcionará una eficiencia en la evolución de su sistema óseo (patas grandes y fuertes), fortalecerá su sistema inmune haciéndolo más fuerte ante las enfermedades comunes. El balance necesario de los componentes mencionados anteriormente en el alimento del ave, debe ser verificado por un equipo de personas dedicadas al estudio y evolución de esta raza de pollos, entre ellos veterinarios, nutricionistas, para garantizar que el ave en cada una de sus etapas contara con el balance correcto en su alimento.

- Fosforo (P) y Calcio (Ca): para obtener un buen tamaño rápido en el ave, se necesita de la ayuda del calcio en su dieta alimenticia, se ayudará a que su sistema ósea sea fuerte, mientras para obtener un buen funcionamiento durante el proceso de sus funciones metabólicas, no deberá faltar el fosforo.
- Cloro (Cl), Sodio (Na), Potasio (K): como se mencionó anteriormente son elementos que no deben faltar en la dieta alimenticia del ave, porque a falta de ellos o concentraciones diferentes a las recomendadas por los nutricionistas y veterinarios dedicados a esta raza, afectarán directamente en sus funciones metabólicas, consumo de alimento, consumo de agua, y por consiguiente su desarrollo deficiente, ganancia de peso bajo, entre otros.

- Para las cantidades de minerales traza y vitaminas, siempre se deben apegar a la dieta que acompaña a cada una de las etapas del ave durante su crecimiento recomendadas por los expertos.
- Para que el ave tenga una buena digestión de los alimentos, no debe faltar dentro de estos las enzimas, esto ayudará a que el ave pueda consumir grandes cantidades de alimento sin sentirse indigestos y puedan alcanzar un tamaño dentro de parámetros.

2.3.2. Tasa de metabolismo nasal

En cuanto al estudio del consumo de alimento del Arbor Acres, se dice que es la cantidad de alimento consumido y el peso individual, esto de cada uno de las aves (alimento consumido o peso individual), marcado en libras. Para el estudio que se realiza se deben llevar a cabo mediciones del peso del pollo día con día en los primeros 14 días, luego se realizará una medición semanal, para verificar que este vaya acorde a los parámetros de crecimiento.

El cumplimiento en los objetivos de pollos de engorde, varía de un país a otro. Las metas que se muestran en este suplemento se fundamentan en una combinación de resultados del cumplimiento en campo y la experiencia obtenida alrededor del mundo.

- Eficiencia alimenticia: cuando se recibe un lote de aves para engorde, es necesario que el galpón tenga una preparación previa, para que el tiempo de acoplamiento del ave en el galpón sea el mínimo posible, y pueda comenzar a ingerir el alimento, mientras menos resistencia se tenga por ave al consumo y absorción del alimento mejor serán los resultados a obtener, en el proceso se puede detectar a las aves que no procesen de una manera adecuada el alimento y rechazarlas del lote.

- Índice de productividad: este índice es de mucha importancia y marca la productividad de cada lote de aves, y se puede establecer por medio de él la productividad total de cada una de las granjas, realizando la división entre el peso promedio del lote y la tasa de metabolismo nasal.

Con este índice se obtienen resultados, que ayudan a ver que lograr un peso alto sea rentable, porque si se obtiene un peso regular pero una conversión buena, se tiene mayor rentabilidad, por otro lado, lograr un peso alto y una conversión mala lleva a lo contrario. Este índice siempre se acompaña del costo por libra y además indica el número de aves promedio con mejor conversión.

- Porcentaje de mortalidad: este índice muestra la relación existente entre la cantidad de aves ingresadas en el lote Vs la cantidad de aves muertas del mismo lote, en porcentaje. Esta podrá verse afectada, por estados sanitarios de las aves, condiciones de la granja, condiciones ambientales, entre otros. Sin embargo, un valor importante sería no ejercer valores superiores a 5,5 %

2.3.3. Incremento de calor por ingestión de concentrado

El ave a través de la ingestión del concentrado y la absorción del mismo su metabolismo produce calor corporal, mismo que es transmitido hacia el exterior y sumado al de todos los pollos, si existiera enfermedades, sumado al estrés por calor y un mal control en la ventilación se podría obtener sofocación en las aves dentro del galpón.

2.3.4. Proceso fisiológico

Para muchos genetistas, este tipo de ave es considerado como un buen modelo para realizar estudios en sus diferentes etapas de desarrollo, su proceso es tan amigable para el estudio, que inclusive se puede retirar toda la cubierta del huevo (cascara), para luego protegerlo nuevamente con recipientes transparentes, y poder seguir paso a paso su desarrollo normal, como si estuviera dentro del huevo, con las condiciones climáticas adecuadas. Entre sus muchos aportes se tiene el estudio de la formación de los huesos, un proceso que se apega mucho al de los seres humanos, ayudando a descubrir el porqué de malas formaciones durante el proceso de gestación.

Dado el parecido casi similar entre la formación del sistema óseo de las aves comparado con el de los humanos, se ha venido prestando para múltiples estudios, como se mencionaba anteriormente malas formaciones en los huesos, también se pueden mencionar similitudes entre la formación del sistema nervioso de uno al otro.

En el caso de la industria pecuaria estos estudios ayudan a poder generar lotes de pollos sanos, que puedan crecer alimentarse bien, ganar un muy buen peso saludable para la demanda que genera el mercado creciente, y por ende generar más productividad para la empresa, mientras menos aves se pierdan durante las diferentes etapas y más peso ganen dentro de los parámetros establecidos, mayor será la eficiencia con la que trabaje la empresa.

2.3.5. Densidad del lote

No se debe colocar pollos en gran cantidad en un mismo galpón dado que requieren una temperatura ambiente para evitar la mortandad.

2.3.6. Temperatura ambiente

En los lotes de pollitos que se generan dentro de las granjas de incubación, se encuentra una temperatura entre los 40 y 41 °C, necesarios para su desarrollo inicial, temperaturas encontradas mayor a este rango provocan jadeo dentro de la población, temperaturas menores al rango sugerido, serán indicador que el pollo estará afectado por frío.

Los diferentes tipos de sensores, ya sea automáticos o manuales pueden indicar la temperatura ambiente del área, pero un simple estudio visual puede indicar si los pollitos están sufriendo de una temperatura mayor (que les provoque calor), estarán respirando por la boca, esto repercutirá en su estar alimenticio y comenzara a perder peso en vez de ganarlo.

Es necesario en la etapa de los pollitos recién nacidos de 0 a 14 días, los controles con respecto a humedad relativa, iluminación e higiene, porque son factores de cuidado, estos pueden ayudar a generar muy buenos lotes, que se convertirán en aves con buen peso para la venta.

2.4. Transferencia de calor

Como se mencionó anteriormente la temperatura como la humedad que se encuentre dentro del área que contiene a cada lote de pollitos, ambas fusionadas en un buen conjunto de parámetros necesarios para el desarrollo de cada ave, generará desde su primera etapa un confort deseable que genere una buena alimentación. La revisión constante del factor humedad y temperatura se debe llevar constantemente, en registros que puedan ser observables en cada momento (reportes físicos o digitales), deben analizarse en cada día 2 veces en la primer semana, luego se pueden realizar una vez por

semana, dado que no suceda nada inusual en el lote. Todo el equipo que medirá tanto la humedad como la temperatura, deberán estar acondicionados a los recipientes que contienen a los pollitos, para que las lecturas sean verídicas.

Los sistemas automatizados con sensores de última tecnología, son muy populares dentro de las empresas en la actualidad e industria pecuaria no está al margen de todo esto, este tipo de sensores dada su alta precisión y calidad tienen a ser delicado en su instalación y uso, un golpe un tornillo demasiado apretado podría dañarlo y dar lecturas erróneas, es por eso que siempre se deben confrontar con otros tipos de termómetros, por ejemplo si se usa uno digital, se puede comparar con uno de mercurio, que manejen la misma escala, esto con el fin de poder estar seguros de las mediciones y lecturas que se están obteniendo de ellos, y garantizar el confort para las aves de cada lote.

En conjunto con el sistema de verificación de temperatura de cada una de las áreas, se debe tener como complemento del sistema, un flujo de aire dentro del área para garantizar lo siguiente:

- Mantener dentro de los parámetros establecidos por los expertos para el proceso, un nivel de temperatura deseado, acompañado de una correcta humedad relativa, que en conjunto mantengan el confort en las aves.
- Mantener el adecuado cambio requerido, del volumen de aire dentro del área que contiene el lote de aves, para poder expulsar todo lo que no ayude al buen desarrollo como; amoníaco producido por las heces, monóxido, expulsado por la respiración del ave, gases generados por la descomposición de la cascarilla de arroz, entre otros.

Debe asegurarse que los sistemas de ventilación tengan su respaldo, en caso de fallas el aire fresco se siga manteniendo disponible para las aves

dentro de los galpones, aunado de un buen mantenimiento programado a los equipos, revisiones constantes y periódicas garantizarán que el buen flujo se mantenga en todo momento. Es importante tomar en cuenta la velocidad del viento que generarán los equipos que se instalen y se designen para esta tarea, los expertos recomiendan una velocidad a nivel del ave entre 25 a 30 pies por minuto.

2.4.1. Conducción

En la conducción el calor es transmitido a otros objetos con los cuales el ave está en contacto, cuando dentro de la nave la temperatura comienza a revesar el límite de los parámetros establecidos, se comienza a notar problemas en el sistema respiratorio del ave, en el caso de calor se da el denominado jadeo, por eso es importante que los sensores se encuentren bien calibrados y graduados.

2.4.2. Convección

Aire a baja temperatura entra en contacto directo con el ave, el calor se expande y se transmite directamente hacia el área interna del galpón.

2.4.3. Radiación

Cuando en el galpón existe una población muy baja, el pollo pierde temperatura corporal, causando cambios en su metabolismo que le provocan la muerte.

2.4.4. Pérdida de calor

Para mantener el equilibrio con la temperatura dentro de la nave que contiene el lote de pollos, es necesario manejar la población en base a su peso y tamaño, logrando tener el equilibrio entre espacio y población, para que no existan pérdidas de calor por una población baja o exceso del mismo por el contrario.

Esto se puede realizar con diferentes métodos, se mencionan algunos a continuación:

- Realizando una revisión visual del lote de aves dentro del galpón
- También dependiendo del peso del lote un máximo y mínimo del 10 % de lo recomendado para la estructura.
- Verificando minuciosamente la variación en los pesos por consumo de alimento.

Se puede revisar la homogeneidad en un lote de la siguiente manera:

- Realizando la división de la nave en tres partes iguales
- De cada una de las secciones obtener una muestra que redondee los 100 pollos.
- Tomar cada una de los pollos, pesarlo y mediante un registro controlar durante los primeros 15 días, el comportamiento en su peso.

2.5. Factores que determinan la velocidad del aire en los galpones

La uniformidad en la construcción del galpón evitará obstrucciones al flujo de aire, porque diseñándolo del centro del galpón (ancho / largo), hacia las

paredes de manera simétrica dará como resultado, que el movimiento del aire dentro del galpón sea lo más libre posible. Es necesario tener la presión total del sistema lo más eficientemente, dentro de la nave, obteniendo la mejor relación para la resultante de; (Presión estática + Presión dinámica), logrando el mejor flujo del aire.

2.5.1. Aislamiento

En un galpón con diseños de última generación, se entiende que el 80 % del enfriamiento se logra empleando ventilación tipo túnel, donde se puede encontrar el flujo de aire por encima de las aves, recogiendo el calor producido por el lote y llevándolo hacia afuera de la nave. El uso de cortinas (Nylon, Zaran al 80 %), genera un aislamiento de la temperatura interna del galpón con respecto a la del exterior, la cual se puede controlar con diferentes sensores automáticos seteados, que controlan los sistemas de ventilación y los Fogger (sistema de nebulización).

2.5.2. Ventilación túnel

Se logra mantener un confort para los pollos con un sistema de ventilación tipo túnel, ya sea que en el exterior del galpón se tengan temperaturas altas o bajas, esto ayuda a que el ave consuma alimento y se logre un buen tamaño en ellas. Con este sistema se logra obtener un efecto de enfriamiento resultante de la velocidad alta del viento (N. del T.: enfriamiento por viento).

Se obtiene un recambio de aire máximo dentro del galpón, gracias a la ventilación tipo túnel, logrando un enfriamiento por el movimiento del aire dentro de la nave. Cuando se tienen aves menores a 4 semanas de edad, se tendrá un enfriamiento de 1,4°C (2,5°F) por cada extractor de 122cm (48”). En el caso de

aves mayores a 4 semanas de edad, se tiene que la temperatura desciende a $0,7^{\circ}\text{C}$ ($1,3^{\circ}\text{F}$). Al realizar aumentos de la velocidad del aire dentro de la nave se obtiene como resultado disminución de la temperatura que percibe el lote, (a mayor velocidad del viento, menor temperatura).

En pollos jóvenes el tamaño de la reducción de temperatura crece el doble en relación con los de mayor edad. Considerando, que se tiene una temperatura exterior de 32°C (90°F), con una velocidad de 200 pies / minuto (1 metro / segundo), logrará en las aves de 4 semanas de edad, percibir una temperatura de 29°C (84°F). Al aumentar la velocidad del aire en 500 pies / segundo (2,5 metros / segundo), el mismo lote percibirá una temperatura de 22°C (77°F), similar a una reducción de 7°C (12°F).

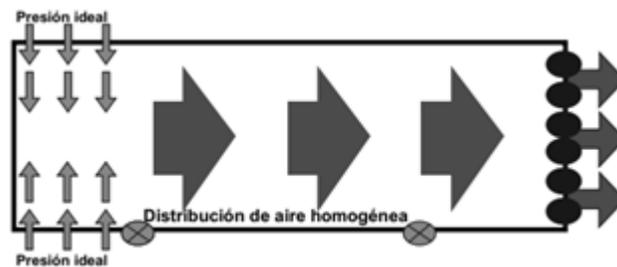
Con 7 semanas de edad, la disminución resultante de temperatura es de la mitad, en las aves dentro del galpón, cerca de 4°C (7°F). Observando la conducta de las aves, se puede determinar si se encuentran con el mejor confort posible.

Cuando el galpón diseñado únicamente deja utilizar el tipo de ventilación por túnel, se deberá de tener un mayor cuidado con las aves menores a 4 semanas, porque estas se encuentran más dispuestas a los efectos del enfriamiento por viento. Con aves jóvenes se debe tener una velocidad del viento al nivel del piso menor a 30 pies / minuto (0,15 metros / segundo).

Se tiene movimiento de las aves dentro del galpón, hacia los lados del centro del mismo, buscando entradas de aire por el clima caluroso, al no tener una buena distribución del aire con ventilación tipo túnel. Al tener un exacto flujo de aire dentro del galpón, se obtiene que la diferencia entre la temperatura de ingreso y salida no sea grande.

Al tener movimiento de las aves dentro de la nave, se obtiene espacios saturados y espacios vacíos, esto provoca concentraciones de calor en algunos puntos y variaciones en el viento por los espacios vacíos, se puede controlar estos movimientos a través de la instalación de barreras anti migratorias, colocadas a cada 10 metros de separación dentro de la nave, Estas deberán restringir el paso de las aves, pero no el del flujo de aire, por lo que el alma de la barrera deberá ser de electro malla, para mantener correctamente proporcionadas las parvadas de aves dentro del galpón.

Figura 11. **Ventilación del túnel**



Fuente: elaboración propia, empleando Paint.

2.5.3. Sistema enfriamiento evaporativo

En el caso de tener un flujo de viento adecuado dentro de la nave, pero aun así no se logra obtener la temperatura deseada, es posible apoyarse de un sistema paralelo de enfriamiento, que funciona generando nubes de agua, con él se logrará favorecer el ambiente climático dentro del galpón, este sistema está basado en la nebulización del agua para enfriar el ambiente. Su principal función es reducir la temperatura del ambiente dentro de la nave, trabajando en conjunto con la ventilación tipo túnel, se logrará obtener la temperatura recomendada según el área y etapa en la que se encuentre el ave, el objetivo principal del sistema de control de temperatura es controlar y mantener la

temperatura objetivo, para garantizar el confort del ave, la productividad del galpón en base al índice de mortandad baja y la mayor cantidad de libras ganadas por ave.

Si se desea mejorar la temperatura dentro de la nave y mantenerla en donde se necesita, es recomendable utilizar un sistema de enfriamiento evaporativo de agua, así se evitará generar estrés en las aves y por consiguiente el jadeo. Al implementar este sistema, se debe tener cuidado con tres puntos que pueden impactar en este tipo de enfriamiento utilizado, dentro del galpón.

- Temperatura del aire exterior
- El choque de humedad entre la interior y exterior del galpón (Relativa)
- Eficiencia evaporativa

Se puede encontrar 2 modelos elementales cuando se trata de sistemas evaporativos para enfriamiento, entre ellos; cortina húmeda también conocido como tablero evaporativo, que se puede instalar paralelamente con la ventilación tipo túnel, y los nebulizadores a través de aspersores. La mezcla de estos sistemas dependerá de la demanda que se tenga en temperatura, porque para regiones con temperatura alta (calor), se necesita un sistema con mayor eficiencia para llegar a la temperatura objetivo.

- Cortinas húmedas, mezclados con sistemas de ventilación tipo túnel, el método por el cual este sistema funciona, es someter a un sistema de circulación el aire, obligándolo a atravesar cortinas húmedas de celulosa. Este sistema permite mantener un control sobre la temperatura, cuando se tiene internamente 84°F (29°C). Para mantener controlada la humedad con este sistema, es necesario trabajar con temperaturas no

menores a 81°F (27°C), en regiones donde se puede encontrar que la humedad del ambiente rebase el 80 %.

- Nebulización a través de aspersores, este sistema funciona con una estructura montada dentro de la nave (tuberías PVC, en su mayoría), en la cual se puede encontrar líneas que atraviesan el galpón de un extremo al otro, con aspersores instalados a cada 15 cm de distancia, estos provocan una nube de agua que refresca el ambiente dentro de la galera, gracias al a presión generada dentro del sistema por bombas de agua, que son alimentadas por tinacos instalados en la parte superior de los galpones, o directamente desde una cisterna. El objetivo principal de este sistema es crear una nube de agua, que se esparce de arriba hacia abajo refrescando el área donde se encuentran las aves, dándoles el confort térmico necesario mitigando las temperaturas altas (calor).

2.5.4. Sistema aspersión

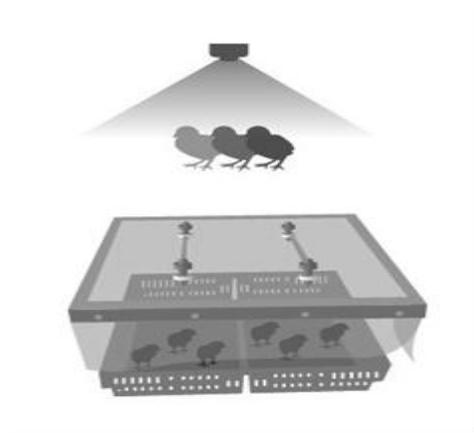
En incubadoras como en granjas, las vacunas son administradas por método de aspersión (spray), la desigualdad en los dos lugares impacta en aspectos técnicos y prácticos de vacunación. Dependiendo de la región en la que se encuentre ubicada la granja o incubadora, variaran las cantidades de medicación en cada una de ellas.

- Vacunación en la incubadora en aves de 1 día de edad
 - En grupos de 80 a 150 pollitos deben realizarse las vacunaciones por nebulización en las mismas cajas de transporte. En cada una de estas cajas el volumen de aspersión debe ser el mismo y verificado continuamente, para validar que la vacuna está siendo

administrada lo más uniforme posible, logrando la mayor eficiencia en la absorción de la vacuna.

La finalidad es obtener con la aspersion de la vacuna cubrir al 100 % las aves, y así lograr el consumo directo a través de fosas nasales, ojos. Las gotas restantes que reposen sobre los pollitos serán consumidas a través las picaduras entre ellos. Se recomienda que el tamaño de la partícula nebulizada de la vacuna deba estar entre 100 a 300 micras, porque si son de menor tamaño pueden caer fuera de la caja. Para restaurar la vacuna siempre se usará agua destilada a temperatura baja, para extenderle el tiempo de vida. De lo contrario se tendrá un impacto negativo en la utilización de la vacuna por este método (aspersion), obteniendo malos resultados que llevarán a tener aves enfermas.

Figura 12. **Vacunación de aves**



Fuente: *Avinews avicultura.info*. <https://avicultura.info/vacunacion-por-nebulizacion/>. Consulta: 5 de noviembre de 2018.

- La uniformidad de la cobertura del aerosol en la caja.

- la altura de los inyectores debe ser la apropiada, así toda la vacuna caerá dentro de la caja.
- Si se encuentran obstrucciones de los inyectores.
- Si el volumen nebulizado por cada inyector es el deseado.
- Si el ajuste obtenido en la sincronización es exacto. Debe aplicar la vacuna cuando la caja comienza a pasar por debajo del inyector, y finalizar cuando esta termine de pasar por el sensor, así se utilizará eficientemente la vacuna administrada a la caja.
- Una presión alta, provocará que la vacuna en aerosol golpee la caja y se tendrá niebla que desperdiciará el producto.
- Tamaño de la gota.

Entendido lo importante que es para el proceso, el tamaño de la gota se logrará tener claridad para poder escoger el equipo correcto que ayudará en esta función. A través de estudios se ha encontrado que en gotas menores a 100 micras, llegan a inhalarse hasta el tracto inferior del sistema respiratorio del ave, donde se puede incluir pulmones y sacos aéreos, provocando una reacción desfavorable a la vacunación.

- Aparatos convencionales
 - En los aparatos convencionales la presión (que contienen un cilindro hidroneumático con aire comprimido para generar las gotas) producirán tamaños de gotas diferentes que se apeguen al proceso.

Pocas de las gotas llegan a los tejidos diana, sin embargo otras serán demasiado pequeñas y podrían provocar reacciones desfavorables de la vacuna.

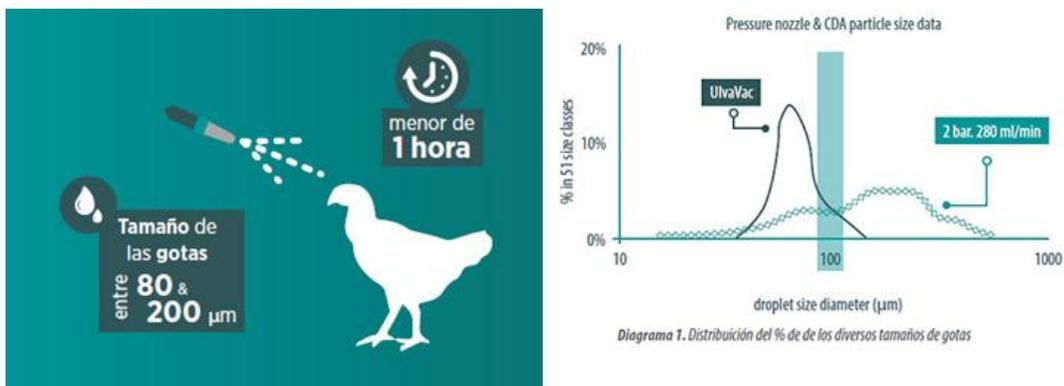
En las gotas de mayor tamaño se tendrá ineficiencia al momento de aplicar la vacuna por este método, ya que por su tamaño tienen mayor velocidad y caerán al suelo de la caja, fuera o simplemente resbalaran por la superficie del cuerpo de las aves.

- Disco rotatorio
 - En los aparatos que funcionan con administración controlada de la gota, se obtendrá una a un rango seleccionado de tamaños de gota. Así se tendrá la seguridad de que la vacuna estará siendo aprovechada en mayor porcentaje, reduciendo al mínimo la pérdida de producto, logrando mayor eficiencia en el proceso.

Se obtendrá un tamaño de gota generado entre 100 a 150 micras, con esta dimensión de gota generada se garantiza la aspersion por medio de una cortina uniforme, alcanzado cubrir el 100 % de los pollos dentro del contenedor.

En la siguiente figura, se puede encontrar el porcentaje de los diferentes tamaños de gotas del tipo de aspersores de disco rotatorio, como de los aparatos convencionales de spray. En el esquema se puede observar la producción de diferentes tipos definidos de gota, donde se producen gotas mayores a 100 micras en un porcentaje alto.

Figura 13. **Distribución de gotas**



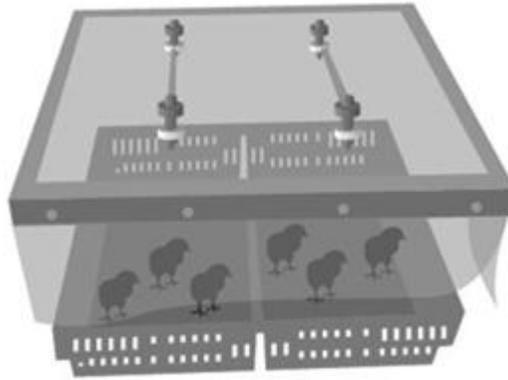
Fuente: *Avinews avicultura.info*. <https://avicultura.info/vacunacion-por-nebulizacion/>. Consulta: 5 de noviembre de 2018.

- Recomendaciones con un proceso de vacunación en spray para granjas
 - Dimensión de las gotas (idealmente entre 100 y 200 micras, salvo para la vacunación de MG, donde las gotas deberán ser más pequeñas).
 - Los tipos de equipos nebulizadores (presión o disco rotatorio).
 - Higiene en el aparato utilizado para nebulizar (el uso de este aparato debe ser únicamente para la aplicación de la vacuna, luego deberá higienizarse correctamente).
 - Calidad del agua (agua mineral o destilada, el ph deberá encontrarse entre 7,2 y 5,5 a temperatura baja hasta la generación de la vacuna).
 - Cantidad de solución (mayor con aparatos de presión; en los de disco rotatorio, el volumen de agua que se debe utilizar es de 1 litro).

- Atenuar la magnitud de la luz, así se logra que las aves no tengan estrés y obtener tranquilidad en su estar.
- Mantener la temperatura objetivo dentro del rango, para no generar estrés entre las aves del galpón.
- Cuando se realice la vacunación, se deberá cortar la ventilación, porque de lo contrario no se obtendrá una aspersion uniforme. Y volver a encender el sistema 15 minutos después, para que la vacuna sea absorbida.
- La cantidad de tiempo en la duración del spray, tendrá que ser menor a 1 hora (deberá contemplarse los 15 minutos que debe apagarse la ventilación).
- Los operadores deberán estar verificando continuamente la vacunación, para garantizar que sea suministrada en cantidad correcta y en los tiempos exactos.
- Conducta en las aves: Las aves se acostumbran al ruido que genera el equipo, en galpones de última generación, con volúmenes más altos es vital utilizar dos equipos, deberán estar colocados simétricamente del centro de la nave hacia izquierda y derecha sin llegar a una distancia corta entre el final del galpón, esto para lograr que la aspersion alcance a los pollos que se encuentran cerca de las paredes. La mejor manera para que la aspersion sea lo más eficiente posible es, lograr que llegue a ellos por encima de su cabeza y no al cuerpo. Se puede comprobar en la conducta de las aves al momento de la aspersion, mueven la cabeza de un lado a otro o parpadean.
- Acumulación de aves: cuando se tiene una baja población de aves, como en el caso de las reproductoras, se debe minimizar el espacio en el que se encuentran.

- Verificar que las barreras anti migratorias se encuentren ubicadas en su posición, esto evitará que las aves se ubiquen en grandes grupos juntos dentro del galpón.

Figura 14. **Vacunación por nebulización**



Fuente: *Avinews avicultura.info*. <https://avicultura.info/vacunacion-por-nebulizacion/>. Consulta: 5 de noviembre de 2018.

3. PROPUESTA PARA DISEÑAR EL AMBIENTE TÉRMICO EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN

Debido a que la producción de aves cuenta con ciertas particularidades en la temperatura ambiental, y calidad del aire es necesario tener un buen diseño de dichos ambientes. Por lo que a continuación se presenta una propuesta del diseño para que estas variables puedan ser controladas.

3.1. Diseño de sistema de ventilación

El sistema de ventilación está formado por ventiladores pequeños de gran caudal cuya misión principal es la de la renovación del aire del interior de la nave con ayuda de las ventanas de la propia granja, entraran en acción además cuando la temperatura o la humedad relativa no tengas los valores deseados, o cuando se salgan de los límites establecidos para el interior de la granja, estas temperaturas y humedades ya han sido incluidas en tablas en el proyecto para tenerlas como referencia para el cuidado de los animales, si la temperatura y humedad relativa no son las óptimas se pondrá el sistema de ventilación en funcionamiento por un autómata que se pone en funcionamiento a través de sensores de temperatura y humedad.

Para la apertura de las ventanas, se encuentran cuatro motores integrados en el sistema de ventilación en los extremos de la nave con un sistema de cables y poleas, además las ventanas se encuentran protegidas por una malla que impide el paso de cualquier animal o ave perjudicial para la estabilidad del proceso de engorde.

En el sistema de ventilación además deben incluirse 6 ventiladores de gran caudal y 4 ventiladores de pequeño caudal situados en la cara sur de la nave, y que sirven como apoyo para la instalación general, rara vez es necesaria la puesta en marcha de los ventiladores de pequeño caudal.

3.1.1. Tipos de ventiladores

Los requerimientos de ventilación varían según crecen los pollos y cambian la temperatura, la humedad o el clima.

Los sistemas más comunes de ventilación son:

3.1.1.1. Ventilación de túnel

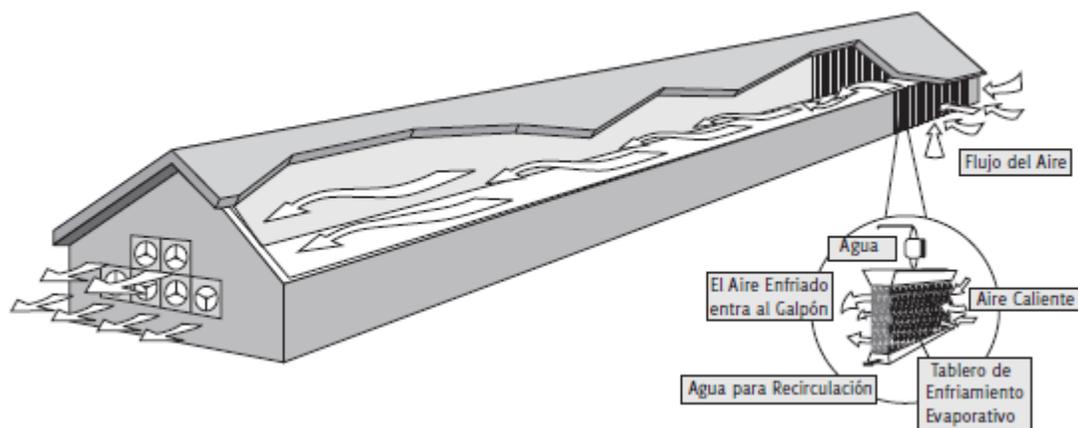
Para las regiones en donde las temperaturas son altas (calor), es necesario contar con un sistema que reduzca la temperatura de manera eficiente dentro de cada galpón, el sistema de ventilación tipo túnel es recomendado específicamente para este tipo de región. Lo que hace realmente eficiente a este sistema, es la ubicación donde son instalados los ventiladores que expulsan el aire caliente fuera del galpón, en la dirección contraria son instalados los ingresos de aire. Con este sistema se pueden obtener velocidades de 3 metros por segundo, su primordial objetivo es mantener el confort para las aves, retirando la temperatura alta (calor), humedad y elementos flotantes en el ambiente.

Es necesario contar con una temperatura dentro de la nave entre; 28 y 30 °C, el sistema de ventilación tipo túnel es ideal para realizar este trabajo, ya que por su diseño genera un flujo, que reduce la temperatura expulsando el

calor hacia el exterior de manera eficiente. Los equipos más recomendados para este sistema son los motores con fajas de 54” en diámetro.

En la figura 3 se muestra el flujo de aire que se remueve ingresando desde el panel evaporativo hasta la salida por los extractores.

Figura 15. **Ventilación al interior de un galpón tipo túnel**



Fuente: Arbor Acres. *Guía del manejo del pollo de engorde*. p. 36.

3.1.1.2. Ventilación frontal

Según las referencias de CAVENCO, que es un fabricante experto en ventilación para granjas avícolas “para una óptima renovación el ave necesita obtener un caudal de 0,5 m³/h por ave en invierno, y 10 m³/h por ave en verano”.⁴

Para poder calcular el número de ventiladores necesarios, se tendrá en cuenta el caso más desfavorable en verano donde el caudal de aire a mover

⁴ CAVENCO. *Especificaciones técnicas de ventiladores*. p. 2.

son 10 m³/h por ave. Si la población de aves más desfavorable es de 21 600 aves, el caudal necesario total (Q_T) será:

$$Q_T = n^{\circ} \text{ aves máximo} * \text{aire a renovar por ave}$$

$$Q_T = 21\ 600 * 10 \text{ m}^3/\text{h} = 216.000 \text{ m}^3/\text{h} \text{ (Verano)}$$

$$Q_T = 21\ 600 \cdot 0,5 \text{ m}^3/\text{h} = 10.800 \text{ m}^3/\text{h} \text{ (Invierno)}$$

Para elegir el tipo de ventilador, no solo se ha de tener en cuenta el caudal a renovar, sino también la velocidad del aire que provoca ese caudal para no perjudicar el desarrollo del animal, ya que en épocas de mucha lluvia este no deberá superar los 2m/s y en épocas de calor los 5m/s, para ello se ha elegido un ventilador especializado para granjas avícolas de la marca Sodeca, con una capacidad de caudal de 35 000 m³/h por ventilador, teniendo en cuenta el cálculo anterior de aire a renovar por ave, y tomado la observación en práctica que el peor escenario sea de 216 000 m³/h, se debe tomar en cuenta el siguiente cálculo para tener el caudal estándar que se necesita:

$$N \text{ Ventiladores} = \frac{216\ 000 \text{ m}^3/\text{h}}{35\ 000 \text{ m}^3/\text{h}} = 6 \text{ ventiladores}$$

Cantidad de equipos necesarios = 6 equipos de ventilación.

Una vez se haya elegido el equipo idóneo para la operación, se deberá calcular la velocidad al final de salida del galpón de la siguiente manera:

$$V_s = \frac{Q}{S}$$

Donde:

V_s = Sera la velocidad con la que el aire es expulsado del galpón en m/s

S = Área de la sección a la salida en m^2

Q = caudal, en $[m^3/s]$

Y la velocidad de entrada, mediante la expresión:

$$V_e = \frac{Q}{S_e}$$

Dónde:

V_e = velocidad del aire hacia el interior del galpón, en $[m/s]$

S_e = superficie de entrada, en $[m^2]$

Q = caudal, en $[m^3/s]$

Calculando la velocidad de salida:

$$S = 1\,375\,mm * 1\,375\,mm = 1,9\,m^2$$

$$V = \frac{35\,000}{S * 36\,000} = 5\,m/s$$

La velocidad del aire de entrada dependerá de la infraestructura que se tenga en el vano de ingreso hacia el galpón, y de la ventanería que se haya destinada para este propósito, estas se pueden graduar para gobernar la

cantidad de aire de ingreso, así se tendrá el flujo de aire correcto para cada lote de pollos dependiendo en el proceso que se encuentren.

$$S = 6,5 \text{ m}^2$$

$$V = \frac{35\,000}{6,5 * 3\,600} = 1,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

El tipo de ventilador a instalar y sus características serán:

- Marca = Sodeca
- Tipo = EU - 56
- r.p.m = 1 300
- Caudal max. = 35 000 m³/h
- Potencia = 0,6 Kw
- Aislamiento clase F
- cos α 0,9
- V = 380 V I = 3ª
- Condensador 16μ F/ 450V

Características técnicas del ventilador: El accionamiento se realiza mediante un motor rotor externo, en el que se ha montado un rodete de ventilación. El accionamiento tiene un IP44, según DIN 40050, y el bobinado se fabrica con materiales aislantes de clase "B".

La regulación de velocidad, se puede hacer con resistencias, autotransformador, triac o tiristor, variando la tensión de alimentación, o

variando la frecuencia. Los condensadores van situados y cableados en cajas de plástico con protección IP55.

3.1.2. Caracterización climática

En el proceso de recambio de aire dentro del galpón, se tienen reducciones de temperatura, provocadas por el flujo de aire, que conduce el calor hacia el exterior de la nave.

Para ello el primer dato a obtener es el resultado del caudal resultante que se produce al mezclar aire del exterior con el interior por unidad de m^3 .

$$C = \frac{P}{P_i - P_e}$$

Donde:

C : caudal de aire a resultado de mezclar el aire exterior e interior [m^3/h por ave]

P : vapor de agua a extraer por el ave [g/h]

P_i : agua en un metro cúbico de aire del interior [g/ m^3]

P_e : agua en un metro cúbico de aire del exterior [g/ m^3]

Tabla I. **Datos**

Datos	Interior	Exterior
Temperatura máxima/mínima	33°C	3°C
Humedad relativa	70 %	60 %
Vapor de agua contenido en aire saturado	37,47 g/m ³	6,07 g/m ³
Calor sensible	8 Kcal/h	
Coefficiente vapor de agua excrementos	2 g/ m ³	

Fuente: elaboración propia.

Para el estudio de la humedad en el ambiente se debe tener en cuenta varios factores importantes, porque servirán para determinar los parámetros que deberán encontrarse dentro del galpón, estos varían dependiendo de la región donde se encuentre la granja, ya que son afectados por altitud, humedad, tipo de suelo, viento, entre otros. Entre los factores a tomar en cuenta:

- Cuando se tiene un volumen de aire, se debe comprender que su humedad no dependerá del agua que contenga por m³, la humedad depende de la cantidad de agua que pueda absorber ese volumen.
- Se tiene que tomar en cuenta que cuando se trata de humedad relativa, esta dependerá totalmente de la temperatura del aire, son inversamente proporcionales.

Vapor de agua contenido en aire saturado según la tabla I.

- Agua en un metro cúbico de aire del exterior: El agua contenido en un metro cúbico de aire es el vapor de agua contenido en aire saturado por el coeficiente de humedad ambiente.
 - $P_e = 6,07 * 0,6 = 3,64 \text{ g/ m}^3$

- Agua en un metro cúbico de aire del interior: El agua contenido en un metro cúbico de aire es el vapor de agua contenido en aire saturado por el coeficiente de humedad ambiente.
 - $P_i = 37,47 * 0,7 = 26,23 \text{ g/ m}^3$
- Vapor de agua a extraer: El vapor de agua a extraer de la humedad es el calor sensible por coeficiente vapor agua excrementos.
 - $P = 8 * 2 = 16 \text{ g/ m}^3$
- La mezcla de caudal de aire final será

$$C = \frac{P}{P_i - P_e} = \frac{16}{26,23 - 3,64} = 0,7 \text{ m}^3/\text{h por ave}$$

Ahora se calculan las pérdidas de calor por el aire, que entra por el sistema de ventilación, mediante la fórmula.

$$C_V = C * n * 0,31 * (T_i - T_e)$$

Dónde:

C_V : perdidas de calor por ventilación [Kcal/h]

C : caudal de aire a renovar como resultado de mezclar el aire exterior e interior [m³/h por ave]

n : no. de aves

0,31: calor específico del aire

T_i : Temperatura interior [°C]

T_e : Temperatura exterior [°C]

$$V = 0,7 * 21,600 * 0,3 * (33 - 3) = 136\ 080\ Kcal/h$$

3.2. Manejo de ventilación

Es necesario para el diseño de los galpones que contendrán los lotes de aves, comprender el papel importante que juega la ventilación dentro de las etapas por las que pasan las aves, porque es parte de los elementos importantes que comprenden los procesos y un buen diseño suma al momento de obtener resultados de productividad, son dos los tipos de ventilación de los cuales se debe tener conocimientos; ventilación tipo túnel y con equipos.

3.2.1. Ventilación requerida

Expulsar del galpón la humedad innecesaria, es uno de los objetivos de un buen sistema de ventilación, entre otros elementos que no suman dentro del área como lo son; amoníaco, gases producidos por la orina, descomposición de la cascarilla de arroz, entre otros. A través del ingreso de aire fresco del exterior, los equipos utilizados para este fin, debe estar colocados en los extremos del galpón, empujando y extrayendo el flujo de aire, en su mayoría estos extractores miden 36 pulgadas.

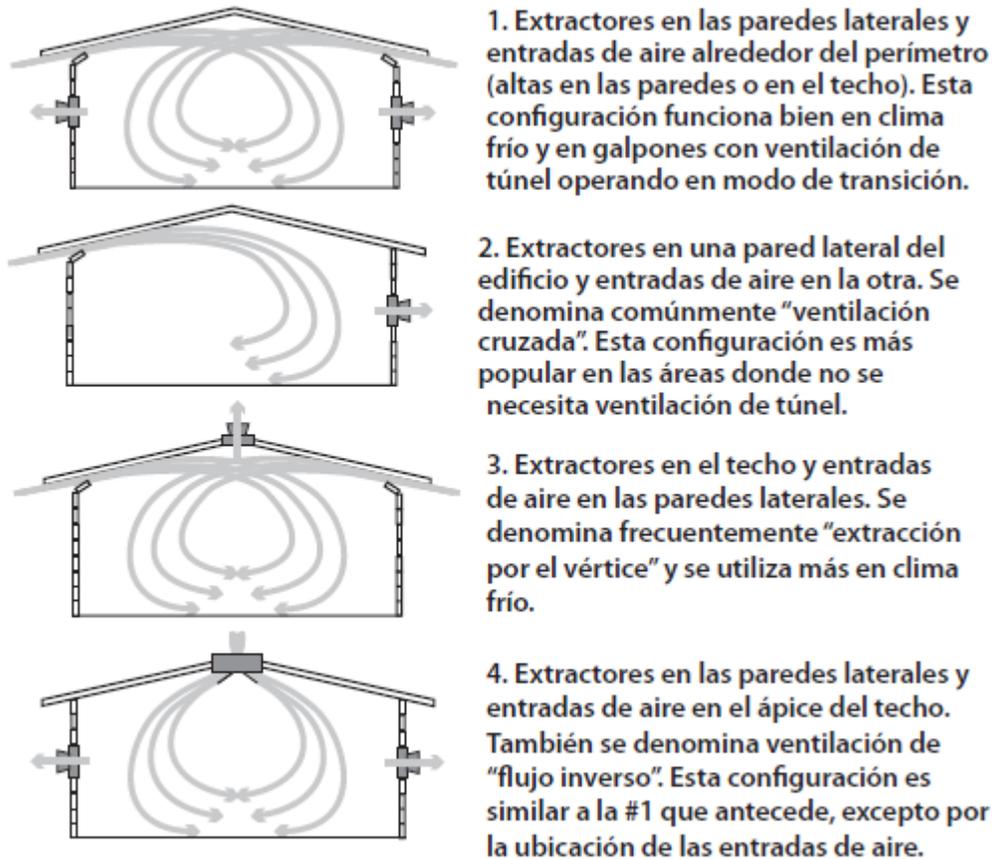
Es de suma importancia que la velocidad del aire sea equitativa en toda la nave, por eso es importante desde el diseño en planos de la infraestructura, tomar en cuenta el comportamiento de dicho flujo, dejando la menor resistencia a su paso.

Conocer las distintas variables que se encuentran en las regiones donde se desean instalar las granjas, ayudará a elegir sabiamente que tipo de estructura se utilizará para colocar los equipos de ventilación dentro de la nave,

para obtener la mayor eficiencia de los equipos y la mayor productividad en el lote de aves. En la figura 17, se revisarán las estructuras más utilizadas.

Para la siguiente figura se encontrarán diferentes formas de colocar los equipos dentro del galpón, siendo una de las más utilizadas la primera figura, donde se puede observar los extractores colocados en las paredes laterales del galpón en conjunto con ingresos de aire en el perímetro del mismo, se debe comprender que no importa la configuración utilizada mientras se alcancen los parámetros deseados, para garantizar el confort de las aves, un flujo de aire correcto acompañado de humedad dentro de parámetros, evitará el sofocamiento de las aves.

Figura 16. **Variaciones comunes en la distribución del aire de entradas para la ventilación mínima**



Fuente: VACA ADAM, Leonel. *Producción avícola*. p. 36.

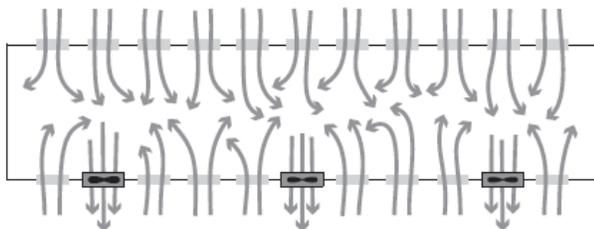
La relación entre la capacidad y cantidad de los extractores para crear flujo de aire dentro de la nave, es directamente proporcional al área total de los vanos de ingreso, una mala relación entre estos dos elementos, puede crear demasiada velocidad del viento a mínimas revoluciones o poca velocidad a grandes revoluciones. Esto creará un ambiente deficiente para el confort del ave, sumando a un mal control de revisión de infraestructura de la nave, donde se puede encontrar fisuras en las cortinas, láminas en mal estado por donde

pueda ingresar agua, frío y otros contaminantes conlleva a un mal término del proceso para el lote de pollos.

La hermeticidad del galpón juega un papel muy importante con respecto al flujo correcto de la ventilación, porque aberturas que no se encuentren en el diseño pueden provocar un flujo no uniforme y descontrolado.

Entre los aparatos que pueden ayudar para controlar la cantidad de ventilación mínima dentro del galpón, se puede utilizar un *timer* para encender y apagar los equipos, la facilidad que dan estos equipos es la graduación que se les puede realizar y así trabajaran en base a los parámetros que les coloques y su trabajo sea en automático, adaptando el clima dentro de la nave a las necesidades que tena el lote de aves, estos parámetros varían dependiendo de la región en la que se encuentre ubicada la granja, estos equipos brindaran por medio de la programación realizada el flujo de viento adecuado en base a la etapa en la que se encuentren las aves, incubación, recién nacidos, engorde, entre otros.

Figura 17. **Propósito de la ventilación mínima**



Fuente: VACA ADAM, Leonel. *Producción avícola*. p. 37.

3.2.2. Presión negativa

Existen tres opciones distintas en las que pueden ser instalados en la nave, los extractores y las entradas de aire, con el fin de generar presión negativa, estas opciones se apegan a diferentes tipos de ventilación que se necesiten dentro de la estructura, a fin de apegarse a los parámetros establecidos por los expertos.

- Cuando se trata de un clima con una temperatura menor a la indicada (frio) y con pollos de 15 días, se utiliza ventilaciones mínimas controladas por *timer* de acción para encendido y apagado.
- Si lo que se desea es deshacerse del calor dentro de la nave, hay que utilizar ventilación de transición, operada a través de un termómetro digital que activará los ventiladores para provocar el flujo de aire.
- En climas calurosos y en su mayor parte en la etapa de engorde cuando las aves son adultas, en este tipo de nave que los contiene, se utiliza ventilación tipo túnel, de igual manera apoyada de sensores que indiquen la temperatura y termostatos, que controlan el accionamiento y velocidad de los extractores.

Las tres maneras de operar de los equipos mencionadas anteriormente, se rigen en las bases de presión negativa, muy diferente a cuando operan con presión estática. Cuando se utiliza la presión estática para encontrar la magnitud de vacío que debe obtener dentro de la nave (diferencia de presión dentro y fuera), a una magnitud más elevada de presión estática, se tendrá una mejor eficiencia en la ventilación mínima, porque se obtendrá mayor vacío dentro del galpón y se puede llegar a obtener en columna de agua entre 0,08 y 0,13 pulgadas. También se puede generar una presión estática entre 0,05 a 0,10 pulgadas con el tipo de ventilación tipo túnel, acompañado de un tablero

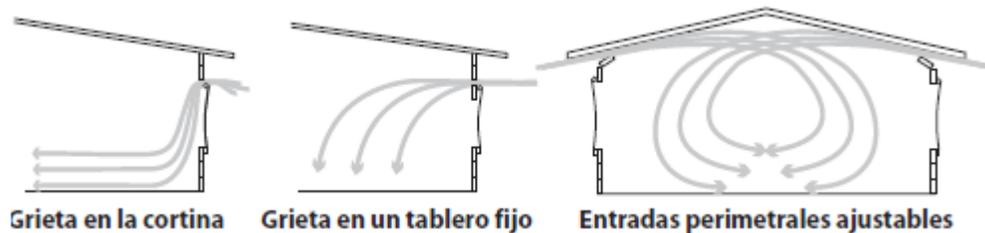
húmedo recomendado para este sistema que se necesita sea enfriamiento evaporativo.

Es necesario tener el cuidado al momento de diseñar los sistemas de ventilación, para cada uno de los galpones, de los factores más importantes a tomar en cuenta, es el tipo de clima de la región donde estará instalada nuestra granja con sus respectivos galpones, en climas de temperatura alta (calor), se debe utilizar la ventilación tipo túnel, y en regiones con clima con temperatura baja (frio), o aves entre 1 y 15 días, se utilizará ventilación de túnel, con mínima y transición, regidos siempre según la temperatura de la región y peso de los pollos, siempre se debe tener operadores que se encarguen de estar revisando el buen funcionamiento de los equipos, realizando las inspecciones visuales de los pollos (si tiene frio o calor), para estar cambiando los tipos de ventilación para garantizar siempre el confort del ave dentro del galpón.

3.2.3. Entradas de aire al galpón

Es importante lograr una buena transacción entre el aire que ingresa al galpón y el que se encuentra dentro de él, porque de lo contrario se puede provocar frio en las aves, es posible apoyarse en las diferentes maneras que existen para poder instalar los equipos y entradas de aire, para lograr el fin dentro del galpón que es mantener el confort para el ave. Colocando ventanas con rejillas graduables para poder gobernar la cantidad de aire que ingrese al galpón, en las partes altas de la infraestructura o en las paredes perimetrales, siempre en la parte más alta, ayudan a mejorar el flujo dentro del galpón, esto dado por la ayuda de la gravedad. Es posible observar el tipo de comportamiento del aire en la figura 18 donde se puede observar el movimiento deseado hacia la parte baja de la infraestructura, que es donde se encuentran las aves.

Figura 18. Tipos de entrada de aire al galpón



Fuente: VACA ADAM, Leonel. *Producción avícola*. p. 37.

3.2.4. Ventilación de transición

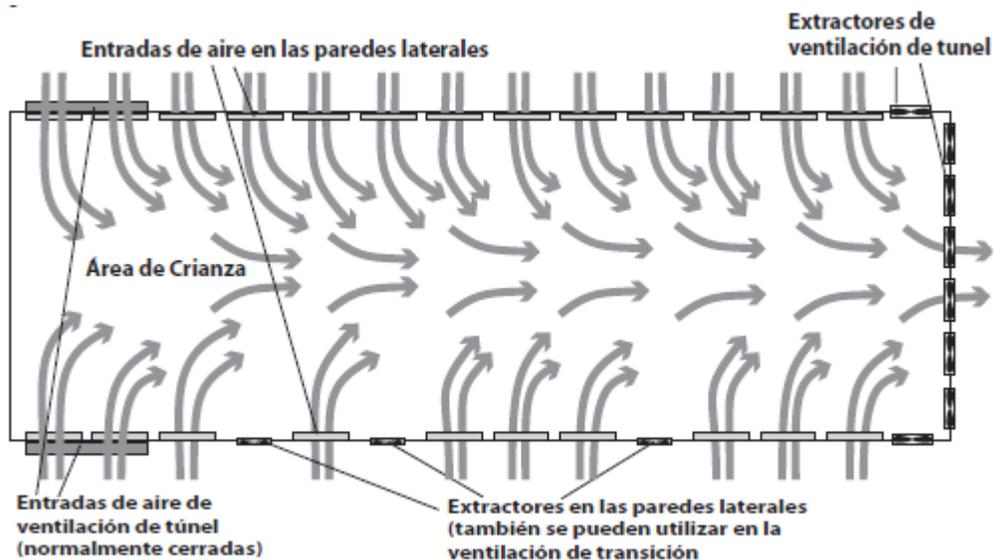
Este tipo de ventilación tiene su escenario en el momento que se pasa de mínima a transición, los sensores que gobiernan este proceso están sujetos a los cambios en la temperatura dentro de la nave, se pasa por alto totalmente los *timer* para este proceso. La ventilación de transición tampoco dependerá del tipo de ubicaciones que se haya elegido para las entradas de aire y los extractores. Siempre y cuando los equipos de medición de la temperatura estén por encima del funcionamiento del *timer* de flujo mínimo, para que los extractores se encuentren siempre en funcionamiento, se tendrá el tipo de ventilación mínima en funcionamiento, en modo transición. En las regiones donde la temperatura es alta (calor), se puede agregar equipos extra que generan mayor cantidad de flujo.

Entre algunos diseños especiales para ciertas regiones, se puede encontrar sistemas mezclados con, ventiladores para extracción del aire del galpón de gran tamaño, colocados en los galpones con tipo de ventilación tipo túnel, con el fin primordial que es mantener el confort entre las aves, inyectando cantidades de aire muchos mayores, apoyado de la ventanería perimetral de la

estructura de la nave, para lograr esta mayor cantidad de ingreso de aire, se debe dejar cerradas los ingreso para la ventilación tipo túnel.

En el tipo ventilación de transición acoplado al sistema de ventilación por túnel con extractores, tiene como objetivo la mejora continua del ambiente dentro de la nave, como realizar la mezcla correcta entre el aire entrante y el que se encuentra dentro del área. La fusión de estos dos sistemas facilita un recambio de aire dentro de la nave mucho mayor, manteniendo equidad en todo el trayecto del flujo, no provocando remolinos ni variaciones que afecten el confort de las aves.

Figura 19. **Modelo de ventilación de transición**



Fuente: VACA ADAM, Leonel. *Producción avícola*. p. 34.

3.2.5. Ventilación de túnel

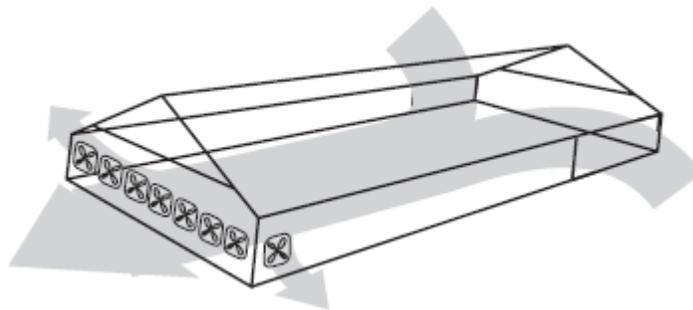
Cuando se establece realizar la instalación de una graja en una región en donde la temperatura es elevada (calor), un sistema de ventilación tipo túnel será uno de los componentes que ayudará a mantener un ambiente agradable para las aves dentro del galpón, ya que mediante el flujo de viento a gran velocidad que produce, expulsa de manera eficiente el calor generado dentro de la estructura, sustituyéndolo por aire fresco. Este sistema es esencial en granjas ubicadas en regiones con temperaturas altas (calor), porque el sistema de las aves se desarrollan con un peso mayor en menos tiempo (pesos que van desde 3,5 a 8 lb), lo contrario a regiones frías donde el tiempo para alcanzar esta meta es más grande. La cantidad de equipos y entradas de aire debe estar acorde al tamaño de la estructura y del lote de aves que contendrá, estos sistemas son capaces de realizar recambios de aire en tiempos menores a 60 segundos.

Una de las propiedades del sistema de ventilación tipo túnel, es que gracias al diseño que lo comprende, facilita el movimiento de grandes volúmenes de aire a través de la nave, de un extremo a otro (entradas de aire como extractores), para obtener mejores resultados en cuanto al enfriamiento y recambio de aire dentro de la nave, se recomiendan obtener una velocidad de 153 metros por segundo, para este tipo de ventilación. El mantener la infraestructura de la nave en buenas condiciones ayudará a que el sistema funcione de manera más eficiente, porque al tener cortinas rasgadas y láminas despegadas, provocará pérdidas y vacíos que se puedan generar dentro de la nave.

Se puede observar en la gráfica de la figura 22, las diferentes temperaturas que se pueden obtener del sistema de ventilación tipo túnel, que dependerán totalmente de la velocidad del viento que se pueda generar a

través del galpón, sin afectar el confort de las aves que se encuentren entre 4 y 7 semanas de vida.

Figura 20. **Ventilación de túnel**



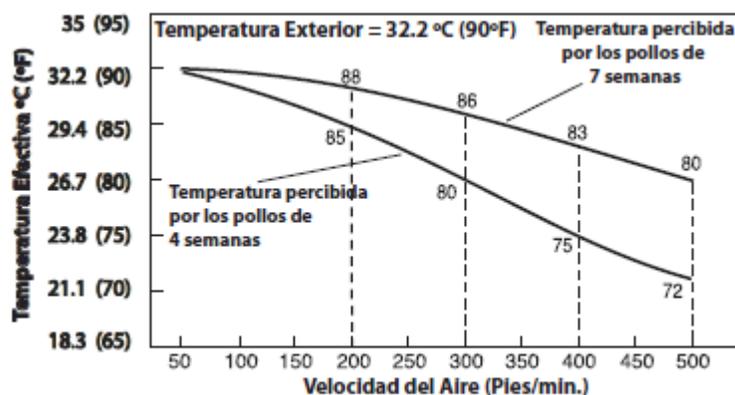
Fuente: VACA ADAM, Leonel. *Producción avícola*. p. 30.

Se debe tener el cuidado minucioso al utilizar este tipo de ventilación para aves de pocos días, ya que aún no cuentan con su plumaje total, que les ayuda a conservar el calor, y serán más propensos a sentir frío y enfermarse con vientos de 153 metros por segundo, es porque para aves con pocos días de nacidos, el principal indicador deberá ser visual, conforme se pueda observar su comportamiento dentro del galpón, donde se encuentren grupos de pollos juntos en rincones o pequeñas agrupaciones dispersas en toda el área, esto significará que tienen frío, se debe graduar la velocidad del viento hasta que comiencen a tener un comportamiento normal y comiencen a comer y beber agua.

Al sistema de ventilación tipo túnel se le puede agregar otro componente que lo hace más eficiente en las regiones donde las temperaturas rebasan los 30 °C, y se necesita de un enfriamiento mucho mayor, lo contrario de regiones con temperaturas menores. Existen dos componentes que se pueden agregar,

uno de ellos es un sistema de nebulización; donde su principal función es provocar una nube de agua fresca por encima de las aves, que es llevada hacia toda la estructura por el sistema de ventilación tipo túnel, generando recambios de aire mucho más frescos. Otro sistema es colocar cortinas húmedas en las entradas de aire hacia la estructura, este sistema enfría el aire antes que ingrese al galpón, una vez dentro absorbe el calor y es llevado fuera por el sistema de ventilación.

Figura 21. **Temperatura del efecto del enfriamiento**



Fuente: VACA ADAM, Leonel. *Producción avícola*. p. 30.

3.2.6. **Temperatura afectiva**

Cuando se trata de producción avícola, industria pecuaria, refuerza sus sistemas de enfriamiento con enfriamiento evaporativo, que hace los sistemas más eficientes al momento de mantener el confort dentro de la nave, tan solo evaporar 4 galones de agua, puede generar la eliminación de hasta 9 000 BTU'S.

El sistema de nebulización funciona por medio de boquillas instaladas en tuberías pvc a través de toda la estructura del techo del galpón (Algunos proveedores utilizan pvc por ser más económico y fácil de instalar), el circuito de tuberías está conectado a una bomba en su mayoría de ½ hp (para galpones de 8X10 metros), que por medio de un timer se puede graduar los espacios de tiempo en los cuales deberá generar la nube de agua dentro de la nave.

En comparación del sistema de nebulizadores, se tiene que el sistema de cortinas húmedas instaladas en las entradas de aire al galpón, requieren de un mantenimiento mucho menor, además de que su función es enfriar el aire que ingresa y no humedecerlo, no genera micro lluvia que pueda mojar a los pollos o la infraestructura de la nave generando oxido en las partes metálicas y moho en la cama, conllevando a que el sistema de nebulizadores genera mayor mantenimiento.

Dependerá de tres circunstancias, que el sistema de enfriamiento produzca temperaturas deseadas para la operación:

- Cuando en el exterior se tenga una medición de humedad relativa menor a la interna del galpón mejor será el enfriamiento.
- Se obtendrá mayores grados de enfriamiento, mientras mayor sea la temperatura del aire que se encuentre afuera del galpón.
- Mientras mejor sincronización se tenga entre el sistema de nebulización y la ventilación tipo túnel, mejor temperatura y confort se obtendrá para las aves dentro del galpón.

En el siguiente cuadro se puede encontrar el comportamiento de la temperatura del aire contenido dentro de la nave, que se obtiene de una temperatura mayor de entrada o mucho menor, de equipos con curvas de

trabajo distintas y no se puede descartar también la humedad relativa, y si se tuviera fuera de la nave una temperatura de 37,8 °C, con una humedad relativa del 40 %, acompañado de un sistema de nebulización con una buena sincronización de trabajo al 75 %, se obtendrá en conjunto 7,3 grados de diferencia de temperaturas, para obtener 30,5 °C.

Tabla II. **Enfriamiento evaporativo posible en distintas condiciones**

Temperatura inicial del aire, °C (°F)	Eficiencia del sistema	Temperatura resultante del aire en °C (°F) ante diferentes niveles de humedad relativa		
		40 % HR	50 % HR	60 % HR
37,8 (100)	50 %	32,2 (90)	33,3 (92)	34,4 (94)
	75 %	28,9 (84)	30,5 (87)	32,2 (90)
35 (95)	50 %	29,4 (85)	30,5 (87)	31,6 (89)
	75 %	26,7 (80)	28,3 (83)	29,4 (85)
32,2 (90)	50 %	27,2 (81)	28,3 (83)	28,9 (84)
	75 %	24,4 (76)	26,1 (79)	27,2 (81)

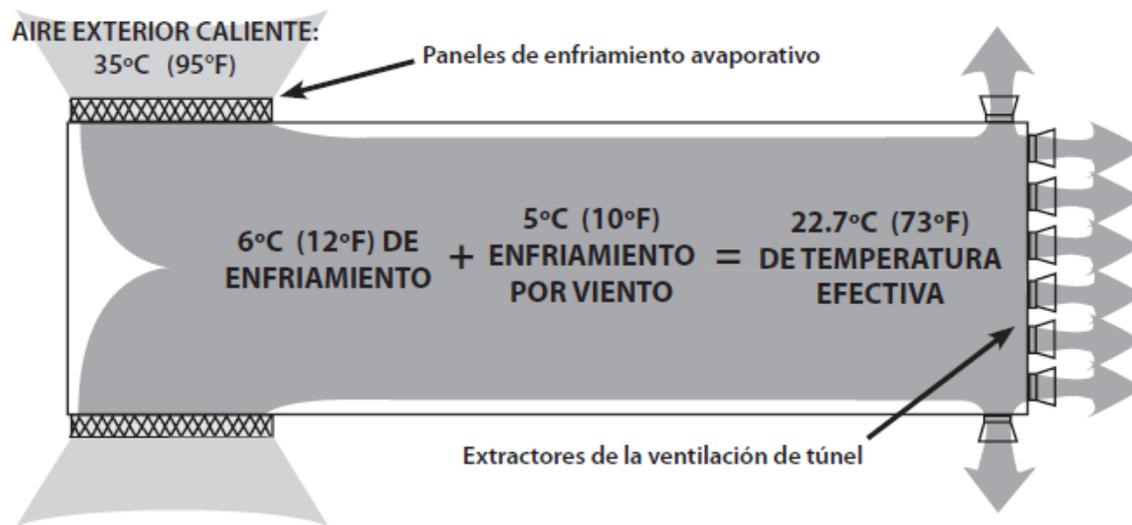
Fuente: Aviagen, Manejo del ambiente en el galpón de pollo de engorde. p. 17.

Para regiones en donde el clima es caluroso, y se encuentra humedad en el ambiente, el sistema de nebulización resulta ser muy eficiente en estos lugares, se puede encontrar en muchos lugares del mundo humedades relativas que alcanzan el 90 %, en época de verano durante la noche y conforme avanza hacia el día y el sol llega a su cenit baja hasta el 50 %. Debido a que conforme avanza la noche la temperatura oscila entre los 20 a 22 °C, acompañado de una elevación de 12 °C, alcanza entre los 31 y 32,2 °C, disminuyendo la HR (humedad relativa) al 50 %.

Como resultado de lo anterior, se puede concluir que el sistema de nebulización funcionara con mayor eficiencia en regiones donde la resta de la temperatura que se tenga por la noche y el día sea de $\sim 11^{\circ}\text{C}$.

A continuación en la figura 23 se encuentra el comportamiento del aire a través de la nave, como se va reduciendo la temperatura durante su recorrido a través de la estructura, a mayor velocidad de enfriamiento tipo túnel, mayor será la reducción de temperatura obtenida.

Figura 22. Principios básicos de la ventilación de túnel



Fuente: VACA ADAM, Leonel. *Producción avícola*. p. 17.

3.3. Sistema de control de temperatura

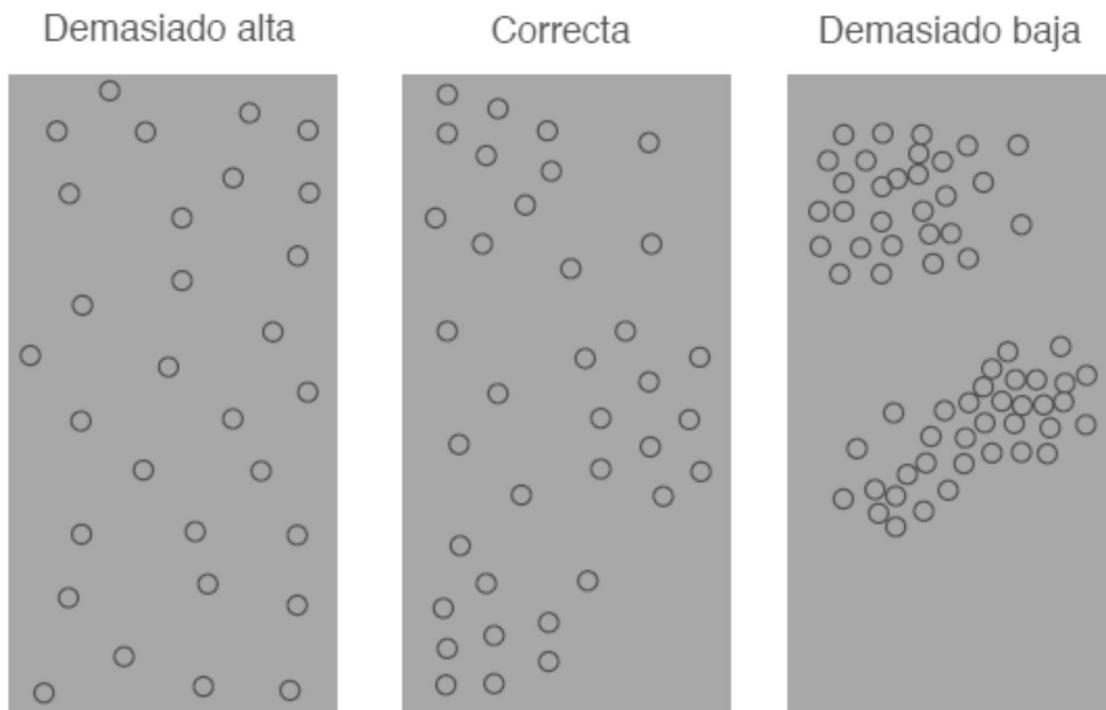
En todo sistema automatizado debe existir un mando operativo, que controle la temperatura de la nave, a través del control del sistema de

ventilación. Que recabe la información necesaria para obtener en cualquier momento una curva del comportamiento del ambiente dentro del galpón.

3.3.1. Temperatura variable

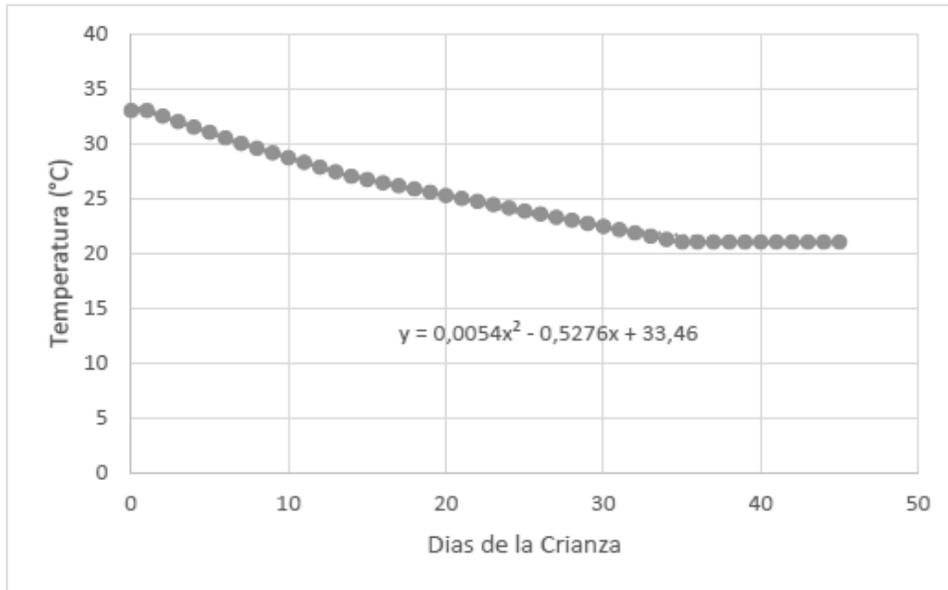
El proceso de crianza avícola comprende 45 días, en los cuales el punto de control de la temperatura debe ir variando paulatinamente (Figuras 24 y 25), partiendo desde el primer día donde se recibe los pollitos bebes, a una temperatura de 32 °C hasta el último día en el que se despachan las aves adultas y donde la temperatura debe alcanzar los 21 °C.

Figura 23. **Conducta típica a distintas temperaturas**



Fuente: Aviagen. *Manual de manejo del pollo de carne*. p. 22.

Figura 24. Gráfico de temperatura contra la edad del ave



Fuente: elaboración propia.

De la figura 25 se utiliza la herramienta tendencia y ecuación, que usa el método de regresión por mínimos cuadrados para deducir la ecuación que relaciona temperatura y edad durante todo el proceso productivo.

Ecuación Característica de una Función Cuadrática

$$y = a + b.x + c.x^2$$

Para determinar los valores de a, b y c, se resuelve la matriz de regresión cuadrática, con los datos de la figura 25.

Figura 25. **Matriz de regresión cuadrática**

$$\begin{pmatrix} N & \sum_{i=1}^N x_i & \sum_{i=1}^N x_i^2 & \sum_{i=1}^N y_i \\ \sum_{i=1}^N x_i & \sum_{i=1}^N x_i^2 & \sum_{i=1}^N x_i^3 & \sum_{i=1}^N x_i \cdot y_i \\ \sum_{i=1}^N x_i^2 & \sum_{i=1}^N x_i^3 & \sum_{i=1}^N x_i^4 & \sum_{i=1}^N x_i^2 \cdot y_i \end{pmatrix}$$

Fuente: QUINTANA, Pedro. *Métodos numéricos con aplicaciones en Excel®*. p. 103.

Y se encuentra la siguiente ecuación:

Ecuación para la temperatura

$$y = -0,0054x^2 - 0,5276x + 33,46$$

$$\text{Set Point de Temperatura (}^\circ\text{C)} = -0,0054\text{dias}^2 - 0,5276\text{dias} + 33,46$$

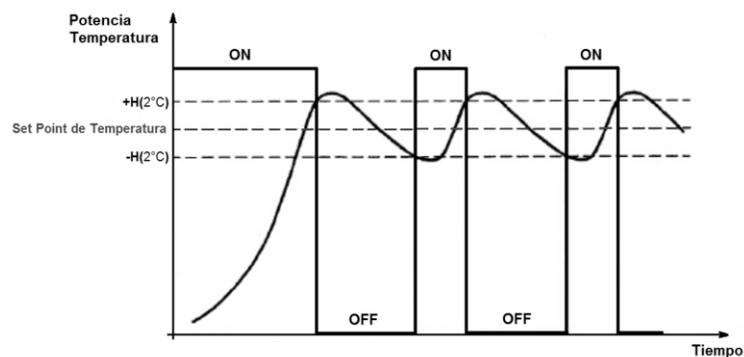
Siendo y el *set point* de temperatura variable requerido durante los 45 días del evento productivo.

3.3.2. Margen de histéresis de temperatura

En el proceso avícola se puede tener un margen de error de 5°C, lo que se puede optimizar mediante un control ON/OFF por histéresis como se puede observar en la gráfica a continuación. La temperatura oscila alrededor del *set point* de temperatura variable. Cuando la curva está por debajo del margen de

histéresis positivo, el calefactor trabaja en modo calefacción, una vez que excede dicho límite el calefactor trabaja en modo ventilación hasta que la temperatura sea menor que el margen negativo de histéresis, obteniendo una variación cíclica de la variable a controlar.

Figura 26. **Gráfico histéresis de temperatura**

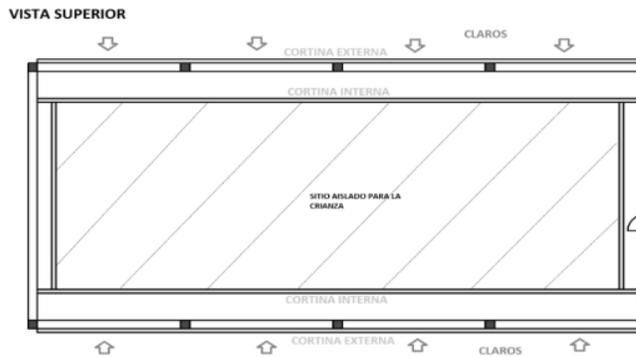


Fuente: elaboración propia, empleando Paint.

3.3.3. Aislamiento térmico

Para garantizar la conservación del calor generado por el calefactor se debe instalar un sistema de doble cortina, es decir la cortina externa existente que cubre los claros del galpón y aparte una cortina interna que forme un túnel dentro del galpón donde se ubicaran las aves y se les garantizará una temperatura adecuada sin altas variaciones.

Figura 27. **Aislamiento de doble cortina**

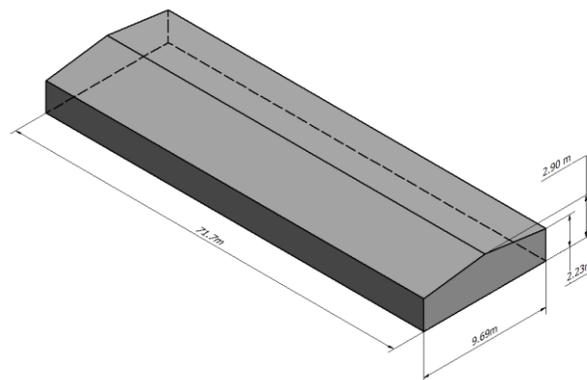


Fuente: elaboración propia, empleando Paint.

3.3.4. **Potencia calorífica**

Una vez acoplado el sistema de aislamiento por doble cortina se genera un espacio dentro del galpón, en donde el calefactor ingresara aire caliente, para ello se debe calcular las necesidades térmicas necesarias para elevar la temperatura de 10 °C (temperatura ambiente más baja registrada) hasta 35 °C (temperatura más alta requerida al interior del galpón).

Figura 28. **Zona del galpón destinada a la calefacción y crianza**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

De acuerdo a la figura 29 se procede a calcular el área de la sección frontal del galpón:

$$A_{\text{Sección frontal}} = A_{\text{Sección Triangular}} + A_{\text{Sección Rectangular}}$$
$$A_{\text{Sección Frontal}} = \frac{9,69 * 0,67}{2} + (9,69 * 2,23) = 24,85 \text{ m}^2$$

Complementario a esto el volumen estaría dado por:

$$Volumen \text{ de Aire} = A_{\text{Sección Frontal}} * \text{Largo del Galpón}$$
$$Volumen \text{ de Aire} = 24,85 \text{ m}^2 * 71,7 \text{ m} = 1 \text{ 782,09 m}^3$$

De acuerdo al catálogo de Calefactores a Diésel, la Potencia Calorífica se expresa:

Requerimientos caloríficos para volúmenes de aire

$$Potencia \left(\frac{kcal}{K} \right) v * \Delta * K$$

En donde:

V = Volumen del ambiente a calentar en m^3

ΔT° = Incremento de temperatura en $^\circ\text{C}$

K = Coeficiente de dispersión del calor en base al material de la caseta

Para el sistema a implementarse los datos son:

$$V = 1 \text{ 782,09 m}^3$$

$$\Delta T^\circ = 35^\circ\text{C} (T^\circ \text{mas alta requerida}) - 10^\circ\text{C} (T^\circ \text{ambiente mas baja}) = 25^\circ\text{C}$$

$K = 2,0$; Construcciones poco aisladas, de pared simple con ventanas y techo no aislado.

El resultado es:

$$\text{Potencia} = 1\,782,09 \text{ m}^3 * 25 \text{ }^\circ\text{C} * 2,0$$

$$\text{Potencia} = 89\,104 \text{ kcal/h}$$

3.4. Componentes para el control de temperatura

En base a los requerimientos descritos se procede a elegir los componentes a ser utilizados para controlar la temperatura.

3.4.1. Aislamiento por cortina de poliéster

Las cortinas son de poliéster con tejido plano, resistentes a la lluvia y alta protección contra los rayos UV. El sistema de cortinas externa se maneja mediante un mecanismo de manivela con polea, cuerdas y contrapesos, del cual, la apertura y cierre estará a cargo del personal, quien lo activará en horas donde la temperatura ambiente es muy elevada, es decir 11h a 12h y de 15h a 16h.

Figura 29. **Mecanismo de apertura de cortinas externas**



Fuente: elaboración propia.

Las cortinas internas constan de dos partes una fija que cubrirá permanentemente los pollitos a una altura de 55 cm, y una parte plegable mediante ganchos con lo cual se garantizará el ingreso de aire al interior del galpón y no directamente sobre los pollitos.

Figura 30. **Sistema de cortinas internas**



Fuente: elaboración propia.

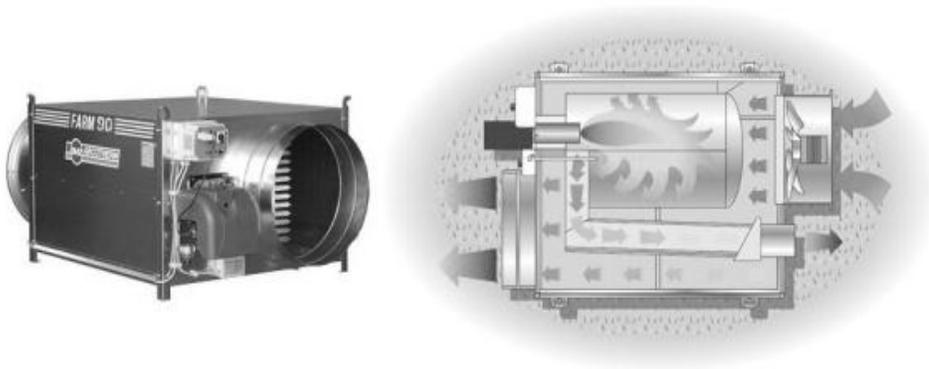
El sistema de cortinas en conjunto proporciona un ambiente aislado térmicamente con ventilación y extracción de aire mediante el cierre y apertura manual por parte del personal de la granja.

3.4.2. Calefacción industrial

De acuerdo a las necesidades térmicas se necesita un calentador que genere 89 104 kcal/h, para elevar la temperatura dentro del galpón a los niveles requeridos. Para ello se revisó el catálogo 2013 de Calentadores Industriales de la empresa Biemedue S.A., entre los equipos recomendados, tienen un calefactor diésel, con una capacidad de generar calor de hasta 90 000 kcal/h,

por medio de un interruptor se puede utilizar de dos maneras, como ventilación o calefactor, este se encuentra en el mercado por el nombre; ARCOTHERM BIEMEDUE FARM 90M.

Figura 31. **Generador de aire caliente**



Fuente: elaboración propia.

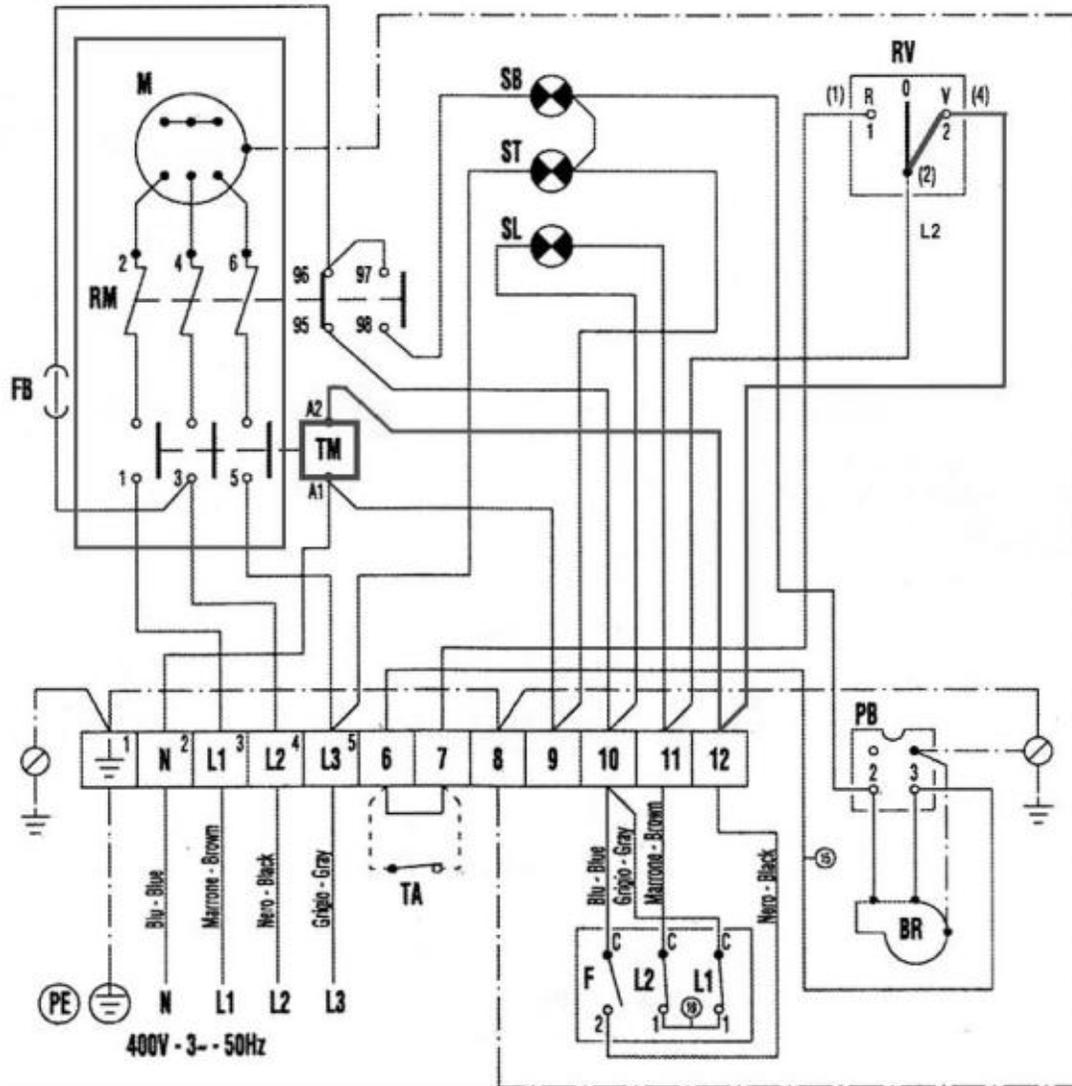
El Calefactor Arcotherm Biemedue Farm 90 presenta las siguientes características:

- Potencia calorífica: 104,7 KW , 90 000 kcal/h
- Caudal de aire: 6 000 m³
- Modelo de ventilador: axial
- Potencia eléctrica del ventilador: 1 240 W
- Tensión de alimentación 220VAC~50 Hz
- Salto térmico: 46 °C
- Consumo de gasóleo: 10,49 m³/h
- Dimensiones: 1 520 x 960 x 702mm
- Peso: 160 Kg

- Despliegue por medio de su sistema de tuberías el aire caliente
- Un escape que se debe redirigir al exterior para expulsión de humos

El interruptor para encender el sistema, activa (L2), encendiendo el motor que se encuentra en la turbina de aire, esta comienza a ingresar el aire de afuera del galpón, lo hace pasar por el sistema y lo envía hacia adentro de la nave con la temperatura deseada.

Figura 32. Diagrama del sistema de ventilación

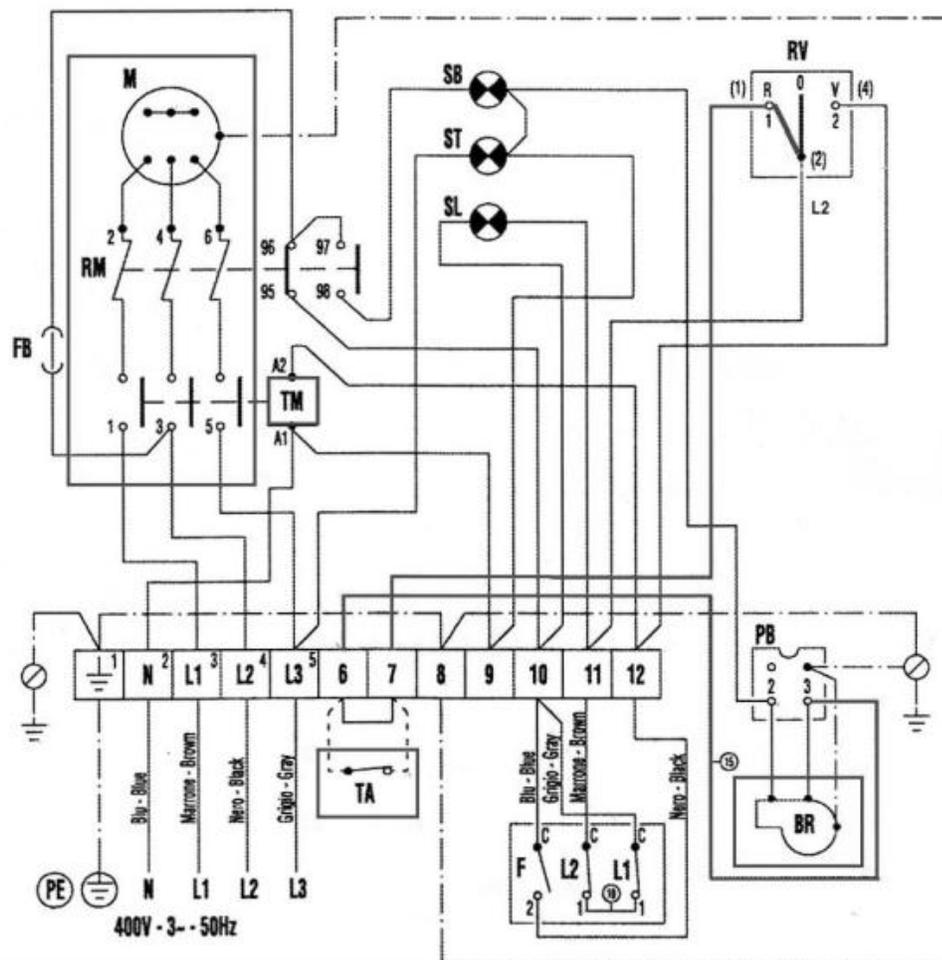


Fuente: Arcotherm. *Manual de Mantenimiento L-L 141.03-BM - Generador de Aire Caliente*
 Arcotherm Biemmedue Farm 90. p. 6.

El sensor (TA) registra la temperatura de ingreso del aire, la compara con la indicada en el seteo, si encuentra una diferencia en contra, activa los quemadores de diésel (BR). Cuando el sensor de temperatura interna instalado

en la cámara de combustión llega a su programación, activa el interruptor (TM), y deja ingresar el aire que pasa por la cámara de combustión y se calienta y es ingresado al galpón, los gases tóxicos producidos por la combustión del diésel son expulsados a través de un tubo de escape hacia el exterior, sin contaminar el aire del galpón.

Figura 33. Diagrama del sistema de calefacción

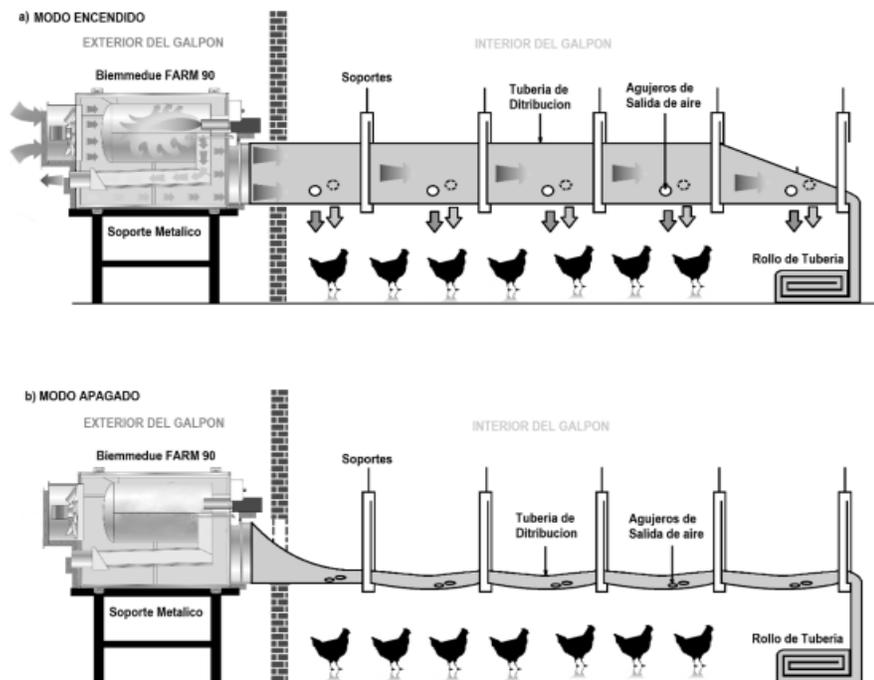


Fuente: Arcotherm. *Manual de Mantenimiento L-L 141.03-BM - Generador de Aire Caliente Arcotherm Biemmedue Farm 90.* p. 8.

3.4.3. Tubería de distribución de aire

Para la distribución de calor, este equipo (Biemmedue FARM 90), cuenta con un sistema de tuberías, que recorren el galpón de un extremo al otro para poder abarcar la mayor cantidad de área, estas tuberías tienen 60 metros de largo, se le pueden acoplar mangas si fuera necesario para completar el área dentro de la nave, el diámetro de estas tuberías es de 0,75 metros, son elaboradas en un material que se acopla a la ergonomía de la estructura donde será anclado, en su recorrido cuenta con salidas para el aire caliente, cada salida tiene 0,10 metros de diámetro, separadas por 70 cm en de espacio entre cada salida, lo que provee una calefacción uniforme dentro del galpón.

Figura 34. Funcionamiento de la tubería de distribución de aire



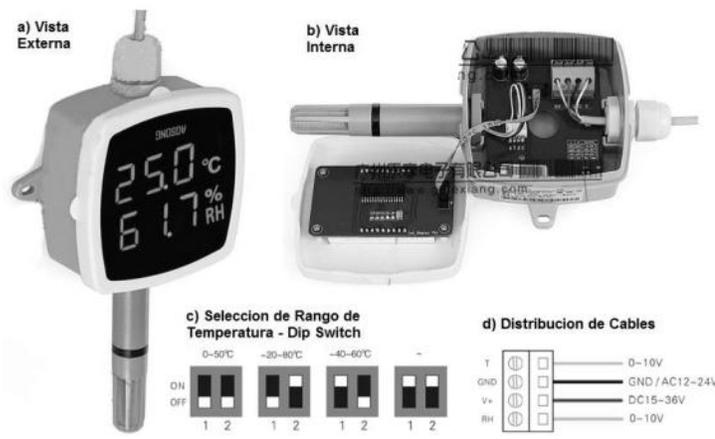
Fuente: Arcotherm. *Manual de Mantenimiento L-L 141.03-BM - Generador de Aire Caliente*
Arcotherm Biemmedue Farm 90. p. 15.

Cuando se instala este sistema, se puede utilizar una parte del galpón o todo dependiendo del tamaño del lote de aves que estará en él, la tubería puede irse ampliando según las etapas en la que se encuentre el desarrollo del ave, a manera de generarle más espacio para que se ejercite y siga manteniendo el confort que se necesita.

- El Transmisor de Temperatura y Humedad Relativa AOSONG AQ3010Y

El transmisor AQ3010Y, posee dos sensores uno de temperatura y uno de humedad, ambos pre calibrados de fábrica, posee un display donde se proyectan los valores de cada variable, y resulta muy útil para el personal de la granja que ingresa al galpón.

Figura 35. Transmisor Aosong AQ3010Y



Fuente: Aosong. *Catálogo de Transmisores de Temperatura y Humedad AOSONG*. p. 12.

Características técnicas del transmisor:

- Alimentación: 12-36 VDC

- Sensor de humedad: capacitivo
- Rango de medición de humedad: 0- 95 % HR
- Salida de humedad: 0-10 VDC
- Precisión de humedad: + - 2 % HR
- Repetitividad: +- 0.3 % HR
- Sensibilidad: +- 0.1 % HR
- Sensor de temperatura: DSI8B20
- Precisión de temperatura: +- 0.3 °C a 25 °C
- Salida de temperatura: 0-10 VDC
- Rango de medición de temperatura: seleccionable de 0 a 50 °C, -20 a 80 °C, -40 a 60°C.

El muestreo de datos se realizó para 3 parámetros: temperatura censada con la ayuda de un termómetro de mercurio, valores de temperatura pre calibrados mostrados en el *display* del transmisor AFQ3010Y y las lecturas del conversor análogo digital del PLC con este se obtuvo la siguiente tabla.

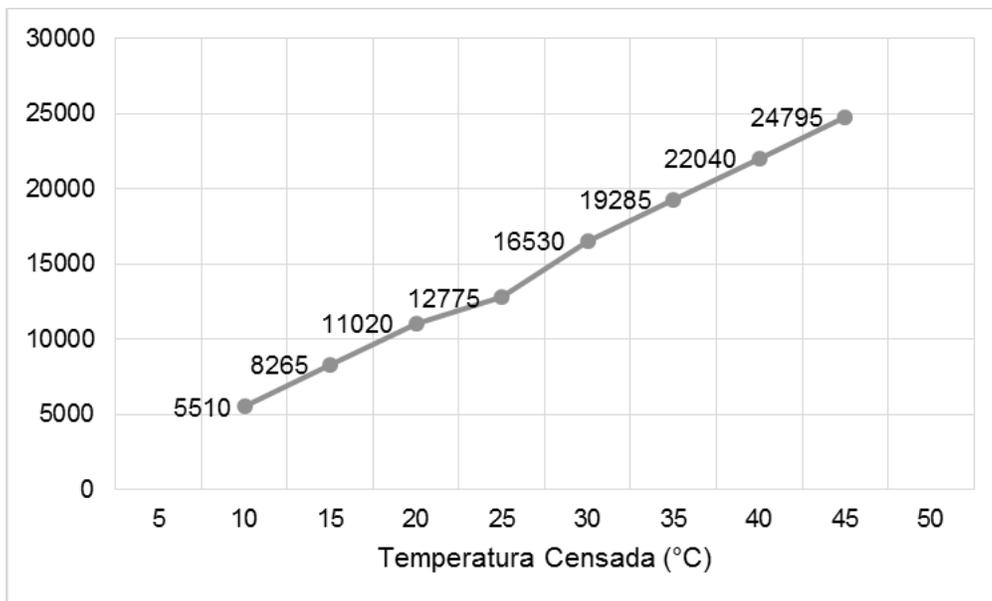
Tabla III. **Datos censados de temperatura**

Temperatura Termómetro (°C)	Temperatura Transmisor (°C)	Lecturas ADC PLC (Adimensional)
10	10,23	5 510
15	15,21	8 265
20	20,20	11 020
25	25,21	12 775
30	30,22	16 530
35	35,23	19 285
40	40,26	22 040
45	45,28	24 795

Fuente: elaboración propia.

Se demostró que la temperatura censada por el transmisor y el termómetro es igual y varían en una cantidad despreciable de 0,23 °C en promedio. A continuación se generó la gráfica que relaciona la Temperatura censada por el transmisor con las lecturas del ADC (Conversor Análogo Digital) del PLC.

Figura 36. **Gráfico de temperatura censada contra lectura del ADC**



Fuente: elaboración propia.

De la figura 37 se obtiene la ecuación de la recta, o matemáticamente mediante el método de regresión lineal, en donde se utiliza:

Ecuación Característica de una Función Lineal

$$y=ax+b$$

Para determinar los valores de a (pendiente de la recta) y b (punto de corte de la recta) se resuelve las siguientes expresiones con los datos usados en la figura 38.

Pendiente de una función lineal

$$a = \frac{N \cdot \sum_{i=1}^N x_i \cdot y_i - \sum_{i=1}^N y_i \cdot \sum_{i=1}^N x_i}{N \cdot \sum_{i=1}^N x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^N x_i \right)^2}$$

Punto de corte de una función lineal

$$b = \frac{\sum_{i=1}^N y_i \cdot \sum_{i=1}^N x_i^2 - \sum_{i=1}^N x_i \cdot y_i \cdot \sum_{i=1}^N x_i}{N \cdot \sum_{i=1}^N x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^N x_i \right)^2}$$

Resolviendo se encuentra la siguiente ecuación:

Relación lectura ADC y temperatura censada

$$Y = 550,08x - 101,27$$

En donde despejando x , se obtiene la ecuación que transforma los valores leídos por el conversor análogo digital del PLC, en lecturas reales de temperatura.

Conversión lecturas ADC en valores reales de temperatura censada

$$x (\text{valor real de temperatura } ^\circ\text{C}) = \frac{y (\text{Lecturas ADC}) + 101,27}{550,08}$$

- Calibración de la Humedad Censada

El muestreo de datos se realizó para 3 parámetros: humedad censada con la ayuda de un higrómetro, valores de humedad pre-calibrados mostrados en el display del transmisor AFQ3010Y y las lecturas del conversor análogo digital del PLC con esto se logra obtener la información para formar la siguiente tabla.

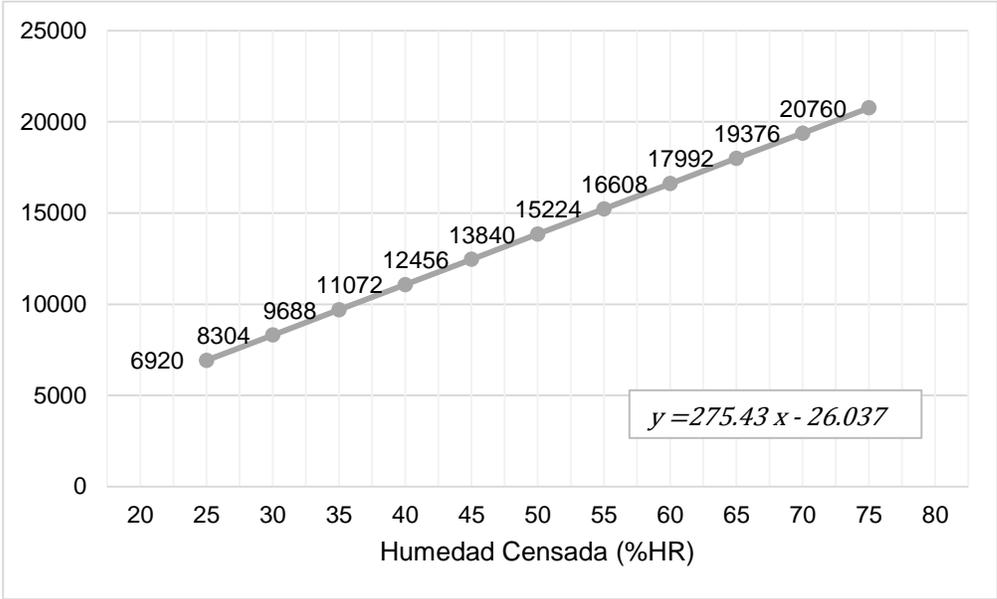
Tabla IV. Datos censados de humedad relativa

Humedad Higrómetro (% HR)	Humedad Transmisor (% HR)	Lecturas ADC PLC (Adimensional)
25	25,2	6 920
30	30,25	8 304
35	35,27	9 688
40	40,3	11 072
45	45,32	12 456
50	50,35	13 840
55	55,38	15 224
60	60,39	16 608
65	65,41	17 992
70	70,43	19 376
75	75,47	20 760

Fuente: elaboración propia.

Para los datos antes mencionados se genera la siguiente gráfica.

Figura 37. **Gráfico de humedad relativa censada contra lectura del ADC**



Fuente: elaboración propia.

Se puede observar de la gráfica 38, que se puede obtener la ecuación que representa la recta, utilizando regresión línea.

Ecuación lecturas ADC, humedad relativa:

$$y=275,43x-26,037$$

En la formula anterior resolviendo para x, se puede obtener los datos de humedad relativa dados los resultados obtenidos por el equipo digital del PLC.

La Conversión Lecturas ADC en valores reales de Humedad Censada

$$x (\text{valor real de humedad \% HR}) = \frac{y (\text{Lecturas ADC}) + 26,037}{275,43}$$

- Transmisor Ultrasónico de Nivel ESMUS07

El combustible necesario para el funcionamiento del calefactor Biemmedue FARM90 se almacena en un cilindro metálico de 55 galones, la medición de nivel de diésel se censa a través del sensor ultrasónico de Nivel ESMUS07.

Figura 38. **Transmisor ultrasónico de nivel ESMUS07**



Fuente: elaboración propia.

Características técnicas

- Alimentación: 24 VDC
- Sensor de nivel: ultrasónico
- Rango de medición: 15 cm – 2m
- Medio de trabajo: sólidos y líquidos de cualquier tipo

- Señal de salida: 0-10 VDC
- Precisión de Nivel: + - 1mm
- repetitividad: +- 0,5 mm
- Angulo de cono ultrasónico: 5°
- Frecuencia de funcionamiento: 20 KHz
- Temperatura de funcionamiento: -30 ~ 70 °C

Figura 39. **Esquema del reservorio de diésel**



Fuente: elaboración propia, empleando Visio 2010.

La calibración de nivel de diésel censado se refiere al muestreo de datos, el cual se realizó para 3 parámetros: valores de voltaje proporcionados por el equipo de nivel ESMUS07, nivel de combustible insertado con un envase de un galón y las lecturas correspondientes del conversor análogo digital del PLC, con lo cual se obtienen los datos para formar la tabla siguiente:

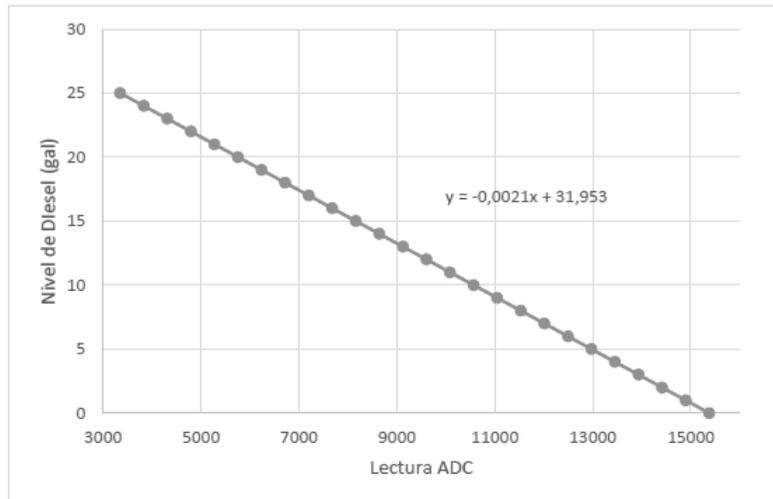
Tabla V. **Datos censados del nivel de combustible**

Vout ESMUS07 (V)	Nivel de Diésel (gal)	Lecturas ADC (Adimensional)
2,34	0	15377
2,27	1	14896
2,19	2	14414,8791
2,12	3	13933,6352
2,05	4	13452,3912
1,97	5	12971,1473
1,9	6	12489,9033
1,83	7	12008,6594
1,75	8	11527,4154
1,68	9	11046,1715
1,61	10	10564,9275
1,53	11	10083,6836
1,46	12	9602,43962
1,39	13	9121,19567
1,31	14	8639,95172
1,22	15	8158,70777
1,17	16	7677,46382
1,09	17	7196,21987
1,02	18	6714,97592
0,95	19	6233,73197
0,87	20	5752,48801
0,8	21	5271,24406
0,73	22	4790,00011
0,65	23	4308,75616
0,58	24	3827,51221
0,51	25	3346,26826

Fuente: elaboración propia.

A continuación se genera la siguiente gráfica:

Figura 40. **Gráfico de nivel de combustible censado contra lecturas ADC**



Fuente: elaboración propia.

A continuación se obtiene la ecuación de la recta mediante el uso de la herramienta línea de tendencia o matemáticamente mediante el método de regresión lineal, que transforma los valores leídos por el convertor análogo digital del PLC, en lecturas reales de nivel de combustible actual censado en el reservorio de diésel de la figura 41.

Relación lectura ADC y nivel de combustible censado

$$y = -0,0021x + 31,953$$

$$y \text{ (valor real de nivel de diesel gal)} = -0,0021x \text{ (Lecturas ADC)} + 31,953$$

3.5. Sistema de control de humedad

El control de la humedad dentro de las diferentes etapas de crecimiento del ave, deberá estar regida por un sistema que regule y mantenga los objetivos deseados dentro del galpón.

3.5.1. Humedad relativa variable

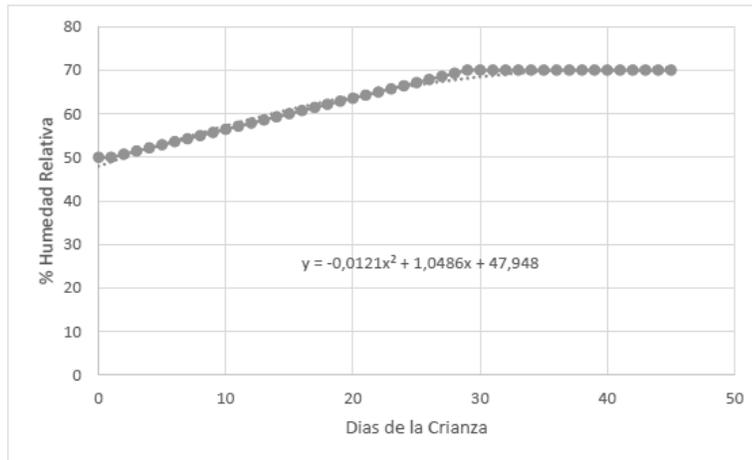
Según la región en la que se encuentra la granja y la fase de producción en la que contenga los lote de aves, se tendrá variaciones tanto en la humedad relativa como en la temperatura, con un 50 % de humedad relativa y un nivel alcanzado del 70 % en las fases finales del lote de aves (últimas semanas), como se puede visualizar en la tabla siguiente:

Tabla VI. Datos censados del nivel de combustible

Edad	Humedad R (%)
1o – 2o día	50-55
3o - 7o día	50-60
2a semana	55-60
3a semana	60-65
4a semana	65-70
5a semana en adelante	65-70

Fuente: QUINTANA, José. Avitecnia. *Manejo de las aves domésticas más comunes*. p. 37.

Figura 41. **Gráfico de humedad relativa contra edad del ave**



Fuente: elaboración propia.

De la figura 42, utilizando la Línea de Tendencia, o matemáticamente con el método de regresión por mínimos cuadrados, se deduce la ecuación que gobernara la humedad durante todo el proceso productivo.

Ecuación para la Humedad

$$y = -0,0121x^2 + 1,0486x + 47,948$$

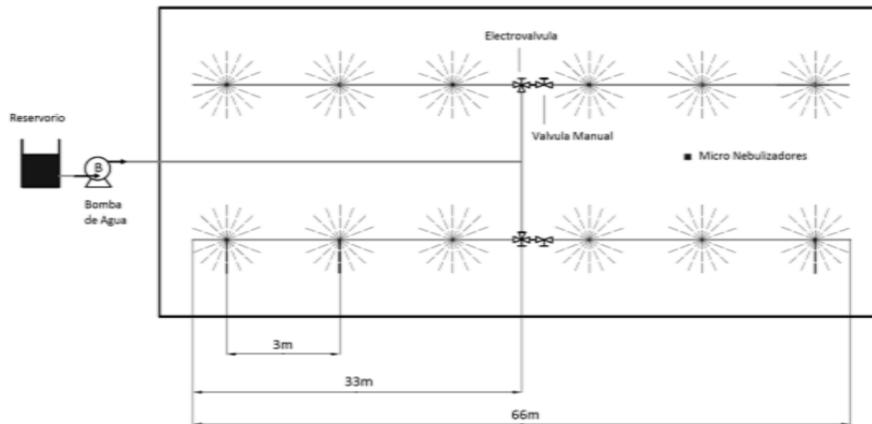
$$\text{Set Point de Humedad (\%HR)} = -0,0121\text{días}^2 + 1,0486\text{días} + 47,948$$

3.5.2. Sistema de micro nebulización

Cuando se utiliza la nube de agua para reducir la temperatura dentro del galpón, se aumenta la cantidad de humedad, esto debido a la cantidad de agua nebulizada dentro del mismo, es por eso que el calefactor juega un papel importante y reduce esta humedad contenida dentro de la nave, para que el sistema en conjunto funcione de la manera más eficiente, se debe distribuir equidistantemente dos líneas de vaporizadores de agua, a lo largo del galpón

para que la humedad se encuentre en la misma proporción en cualquier parte de la nave.

Figura 42. **Esquema del sistema de nebulización**



Fuente: elaboración propia, empleando Visio 2010.

El sistema de nebulización a través de sus boquillas genera una nube confortable hacia el ave, las partículas generadas por cada una de las boquillas deberán ser de 1m de distancia cada una, esto gracias a la presión que genera la bomba de 1 HP en el sistema, se deben instalar válvulas de control de cierre entre secciones del galpón, esto con el fin de controlar las áreas donde se desea y no se desea roció. Es recomendable utilizar un extremo del galpón para los primeros días (una línea de roció), y cuando se utilice todo el galpón, entre la semana 3 y 4 habilitar toda el área, junto con la dos líneas completas de roció.

- Requerimientos de la bomba

Para los requerimientos de la bomba se realizó el siguiente análisis mediante la figura 43. La distancia del tanque de agua a la bomba es de 2m, un recorrido por todo el galpón de 175m.

Datos:

$Z_2 = 2m$ (Altura de la bomba hacia los nebulizadores)

$L_{equi} = 2 (66m) + 35m + 8m = 175m$ (Longitud desplazamiento de agua)

$\Delta_{H2O} = 1000 \text{ kg/m}^3$ (Densidad del agua)

$g = 9,8 \text{ m/s}^2$ (Fuerza de gravedad)

$\emptyset_1 = 2cm = 0,02m$ (Diámetro de la tubería)

Número de nebulizadores = 44

$Q = 8,5 \text{ l/k} * 4 = 8,33 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ (Presión requerida)

$Q_T = Q \times \# \text{ nebulizadores} = (8,33 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}^2) * 44 = 3,66 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$

Cálculo de la Velocidad:

Caudal en un punto

$$Q_T = A * V_2$$

Remplazando el área de una sección circular y despejando la velocidad:

$$V_2 = \frac{4Q_T}{\pi \emptyset_1^2} = \frac{4 (3,66 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s})}{\pi (0,02\text{m})^2} = 1,167 \text{ m/s}$$

Cálculo del número de Reynolds:

$$u \text{ (Viscosidad)} = (25^\circ\text{C}) \approx 0,001 \text{ N.s/m}^2$$

Número de Reynolds

$$Re = \frac{\varnothing_1 \times V_2 \times \delta}{u}$$

$$Re = \frac{0,02 \times 1,167 \times 1\,000}{0,001} = 23\,342,72$$

Cálculo del Factor de Fricción:

Para Reynolds > 4 000: Turbulento Liso

Factor de Fricción de Darcy-Weisbach

$$1/\sqrt{f} = 2 \log [Er/3,71\varnothing_1 + 2,51/Re\sqrt{f}]$$

Se calcula el factor de fricción f , mediante iteraciones en Excel con la herramienta Solver:

$$f = 0,08$$

Cálculo de pérdidas de carga:

$$Er = 0,0015; \text{plástico}$$

Pérdida de carga

$$h_{ftotal} = \frac{f \times L_{equi} \times V_2^2}{2\phi_1 g}$$

$$h_{ftotal} = \frac{0,08 \times 175m \times 1,167^2 m^2/s^2}{2 \times 0,02 \times 9,8 m/s^2}$$

$$h_{ftotal} = 48,65m$$

Cálculo de la altura de carga:

$$P_1 = \text{al aire libre}; V_1 = \text{en reposo} = 0$$

Altura de carga

$$H_B = h_{ftotal} + \left(\frac{P_2}{\delta g} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 \right) - \left(\frac{P_1}{\delta g} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 \right)$$

$$H_B = 48,65m + \left(\frac{8 \times 10^5}{1000 \times 9,81} m + \frac{1,167^2}{2 \times 9,81} m + 2m \right) - (1m) = 131,26m$$

Cálculo de la Potencia de la Bomba

Potencia de la bomba

$$P(HP) = HB \times \delta \times g \times QT / 745$$

$$P = \frac{131,26m \times 1000kg/m^3 \times 9,8m/s^2 \times 3,66 \times 10^{-4} m^3/s}{745} = 0,633 HP$$

Cálculo de la Potencia Real de la Bomba

Potencia real

$$P_{rel} = \frac{P}{Eficiencia}$$

$$P_{rel} = \frac{0,633 \text{ HP}}{85 \%} = 0,745$$

Mediante los cálculos realizados se necesita una bomba de 1 HP para abastecer el sistema de micro nebulización.

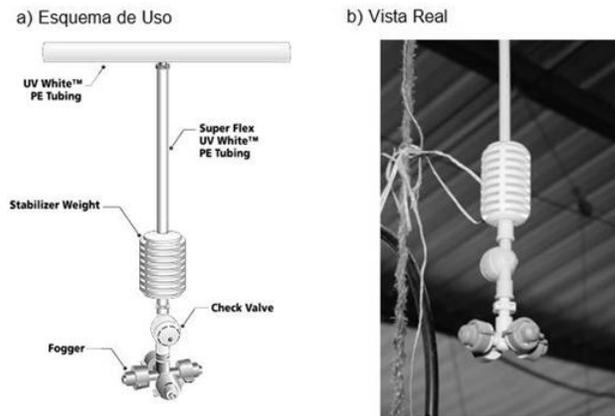
3.5.3. Dispositivos para control de humedad

Los dispositivos utilizados son:

- Nebulizadores CoolNet Pro Netafim

Este tipo de nebulizador ofrece una nube de partículas de hasta 65 micrones (milésima parte de 1mm), con sus sistema de boquillas en cruz, alcance de 1m perimetral, con un sistema de válvulas anti goteo incluido, en las especificaciones del fabricante indica que la presión de trabajo de este tipo de nebulizadores debe ser de 7,5l/h.

Figura 43. **Micro nebulizador CoolNet TM**

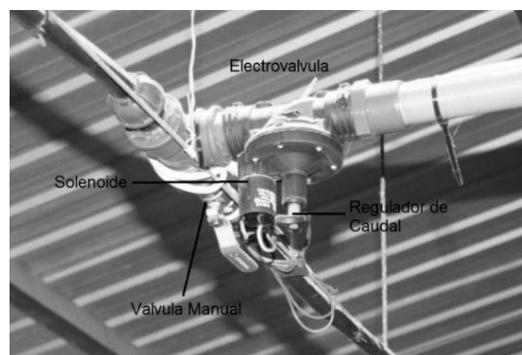


Fuente: elaboración propia, empleando Visio 2010.

- **Válvulas**

Las electroválvulas son del tipo solenoide de dos posiciones, se accionan mediante una bobina y habilitan el flujo de agua hacia la línea izquierda o derecha de nebulizadores.

Figura 44. **Electroválvula y válvula manual**



Fuente: elaboración propia.

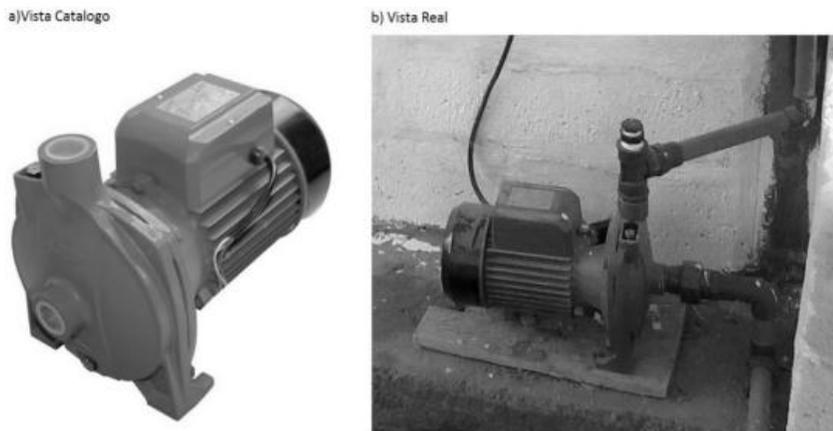
Las válvulas manuales son del tipo bola, se accionan mediante una manivela que controla el caudal de paso y permite el flujo en cada línea de nebulizadores, ya sea habilitando la mitad del galpón para las primeras semanas de producción o habilitando por completo la línea a partir de la tercera semana en adelante.

Características técnicas electroválvulas:

- Voltaje de activación: 24 Vdc
 - Intensidad de corriente: 0,20 A
 - Válvula manual incorporada
 - Caudal soportado hasta 36l/s
 - Presión soportada: 9,5 Bares
-
- Bomba de agua LEO XCM 158-1

La bomba de agua proporciona el caudal y presión de agua necesaria para habilitar los 22 micro nebulizadores CoolNet Pro que se habilitaran de acuerdo al tiempo de producción en conjunto con las válvulas de distribución que mantendrán este número constante a lo largo de toda la producción.

Figura 45. **Bomba centrífuga LEO XCM 158-1**



Fuente: elaboración propia.

Características técnicas

- Alimentación 220 Vac / 60 Hz
 - Potencia: 0,75 KW / 1 HP
 - Tipo de Bomba: Centrifuga
 - Líquido Bombeado: agua limpia con pequeñas impurezas y líquidos no corrosivos
 - Flujo Máximo: 130 l/min
 - Altura Máxima de Impulsión: 41 mac
 - Succión Máxima: 8 mac
-
- Sensor de nivel de agua

Para el almacenamiento de agua, se cuenta con un tanque de polietileno de 260 litros. El sensor de nivel es el mismo que se utilizó en el tanque de diésel, es decir el Transmisor Ultrasónico de Nivel ESMUS07.

Figura 46. **Esquema del reservorio de agua**



Fuente: elaboración propia, empleando Visio 2010.

- Calibración del Nivel de agua censada: El muestreo de datos se realizó para 3 parámetros: valores de voltaje obtenidos del transmisor ultrasónico ESMUS07, nivel observado en el reservorio de agua y las lecturas correspondientes del conversor análogo digital del PLC, con él se obtuvo la siguiente tabla.

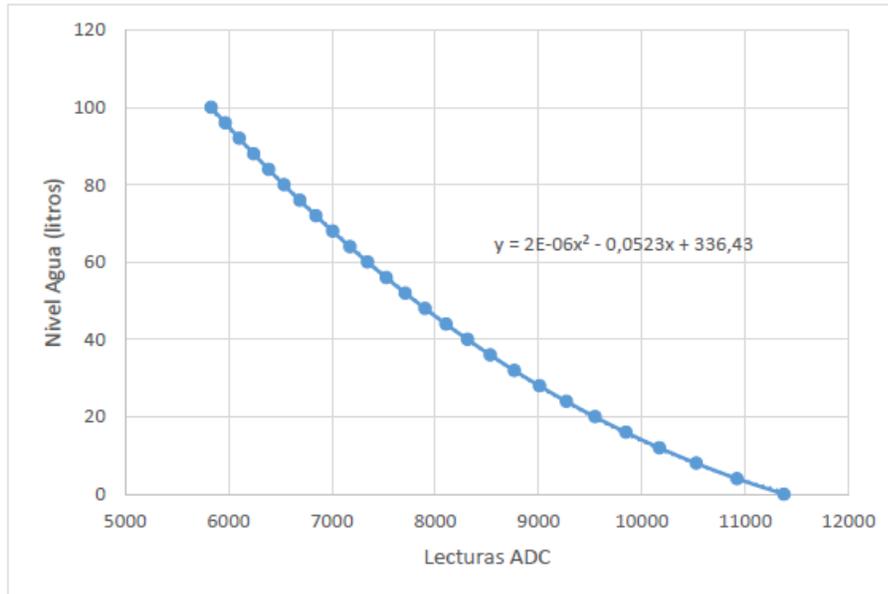
Tabla VII. Datos censados del nivel de agua

Vout ESMUS07 (V)	Nivel de Agua (litros)	Lecturas ADC (Adimensional)
1,73	0	11 374
1,66	4	10921
1,6	8	10 523
1,55	12	10 167
1,5	16	9 843
1,45	20	9 544
1,41	24	9 267
1,37	28	9 007
1,33	32	8 763
1,3	36	8 531
1,26	40	8 311
1,23	44	8 101
1,2	48	7 901
1,17	52	7 708
1,14	56	7 523
1,12	60	7 344
1,09	64	7 172
1,06	68	7 005
1,04	72	6 843
1,02	76	6 686
0,99	80	6 534
0,97	84	6 386
0,95	88	6 241
0,93	92	6 101
0,91	96	5 966
0,88	100	5 829

Fuente: elaboración propia.

Para los datos de la tabla VII, se genera la siguiente gráfica.

Figura 47. **Gráfico de nivel de agua contra lectura ADC PLC**



Fuente: elaboración propia.

A continuación se obtiene la ecuación de la recta mediante el uso de la herramienta Línea de Tendencia o matemáticamente mediante el método de regresión por mínimos cuadrados.

Relación lectura ADC y Nivel de Agua censado

$$y = 0,000002x^2 - 0,0523x - 336,43$$

En donde x representa los valores leídos por el convertor análogo digital del PLC, mientras que y las lecturas reales de Nivel de Agua actual censado en el reservorio.

Conversión Lecturas ADC en valores reales de Nivel de Diésel censado

$$y (\text{Nivel de Agua en litros}) = 0,000002x (\text{ADC})^2 - 0.0523x (\text{ADC}) - 336.43$$

3.6. Monitoreo de calidad del aire

La cantidad de micro partículas que se encuentren flotando en el ambiente del galpón, deben encontrarse dentro de un rango establecido por los expertos, esto garantizará la calidad del aire para el ave, aumentando su confort.

3.6.1. Requerimientos técnicos

Uno de los factores más importantes dentro de cualquiera de las etapas de desarrollo de las aves, es la calidad del aire, así como los controles para que no exista un volumen toxico de dióxido de carbono, amoniaco.

Tabla VIII. **Condiciones ambientales requeridas**

Gas	Concentración Máxima (ppm)
Amoniaco (NH3)	20
Monóxido de Carbono (CO)	400
Dióxido de Carbono (CO2)	5 000

Fuente: DAMEROW, Gail. *Guía de la cría de pollos y gallinas*. p. 28.

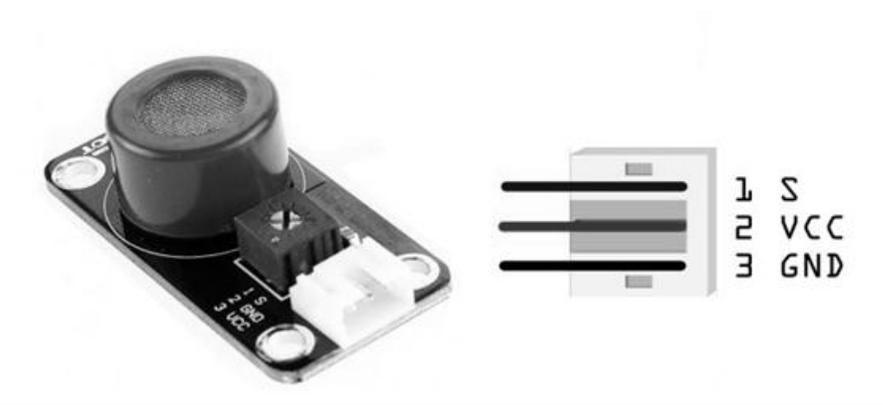
3.6.2. Equipo para control de la calidad del aire

- Sensor de monóxido de carbono DDF Robot MQ7

Las características que brinda el sensor de monóxido de carbono se muestran a continuación:

- Voltaje de operación: 5 Vdc
- Salida análoga de 2,2- 4,5 Vdc
- Placa de acondicionamiento incorporada
- Tamaño 40x20 mm

Figura 48. **Sensor de monóxido de carbono DDF Robot MQ7**

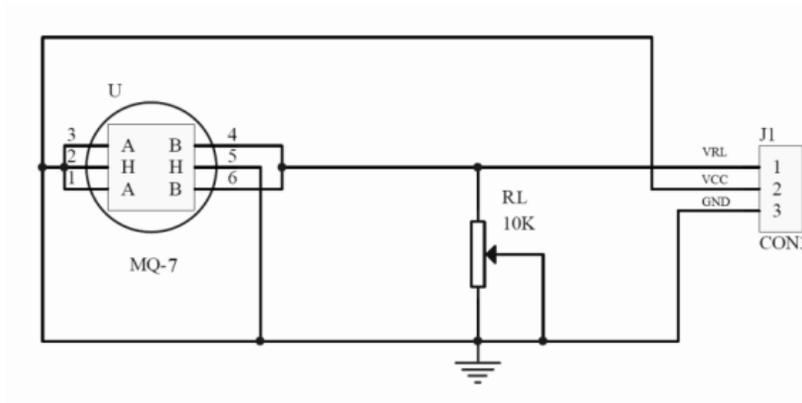


Fuente: DFRobot. <https://www.dfrobot.com/product-686.html#.U4UgHHkU-TM>. Consulta: 5 de octubre de 2018.

Calibración del monóxido de carbono censado

Para la calibración del sensor MQ7 se parte del circuito de dicho sensor:

Figura 49. **Circuito de acondicionamiento sensor MQ7**



Fuente: FDRobot. <https://www.dfrobot.com/product-686.html#.U4UgHHkU-TM>. Consulta: 8 de octubre de 2018.

En donde se determina la resistencia del sensor R_s , mediante el uso de la Ley de Tensiones de Kirchhoff:

Resistencia del Sensor MQ7

$$R_s \left(\frac{V_c}{V_{RL}} - 1 \right) * R_L$$

Siendo:

V_{RL} = Voltaje de salida del sensor

R_L = Resistencia correspondiente al ambiente = $10K\Omega$ (65 % HR y 21 % Oxígeno)

La curva del sensor está determinada por la expresión:

Ecuación de un sensor de gas resistivo

$$R_s = K * C^\alpha$$

Siendo:

K = Coeficiente del óxido metálico del sensor = 8,07

C = Concentración del gas en *ppm*

α = Coeficiente del gas censado = 0,49

Igualando las ecuaciones de la resistencia del sensor MQ7 y la ecuación de un sensor de gas resistivo y despejando C (Concentración de Gas) se obtiene la siguiente ecuación:

Concentración de Gas en un Sensor Resistivo de Oxido Metálico

$$C = \left(\frac{\left(\frac{V_c}{V_{RL}} - 1 \right) * R_L}{K} \right)^{\frac{1}{\alpha}}$$

Una vez determinado la ecuación antes descrita, se procede a realizar el muestreo de datos, aplicando gas mediante una fosforera y observando el voltaje de salida del sensor, y así lo se sustituye en la ecuación mencionada anteriormente, para determinar el valor de C , ya con los valores operados se define la siguiente tabla:

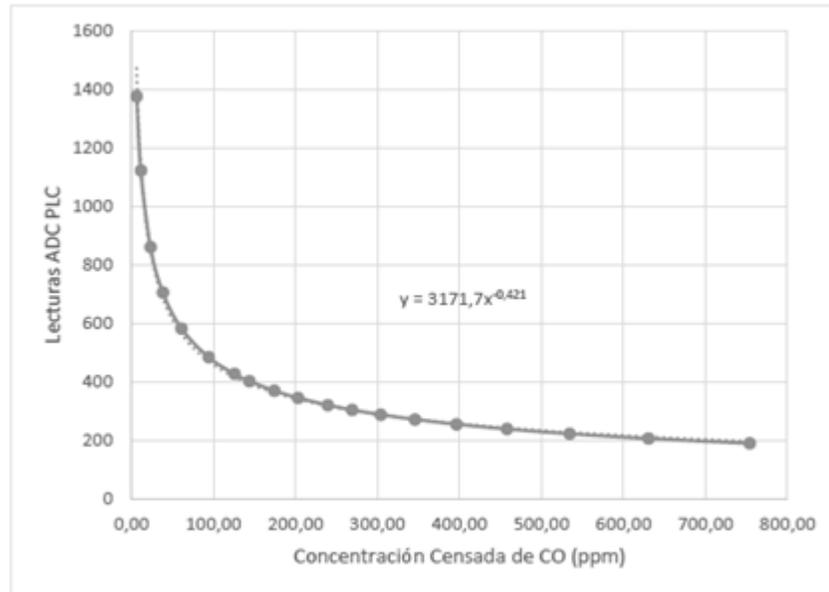
Tabla IX. **Datos censados del monóxido de carbono**

VRL (V)	Concentración CO (ppm)	ADC PLC (Adimensional)
1,68	6,22	1376,088
1,37	11,32	1122,167
1,05	23,14	860,055
0,86	38,27	704,426
0,71	60,86	581,561
0,59	93,95	483,269
0,52	125,54	425,932
0,49	143,67	401,359
0,45	174,05	368,595
0,42	203,07	344,022
0,39	239,39	319,449
0,37	268,91	303,067
0,35	303,86	286,685
0,33	345,65	270,303
0,31	396,12	253,921
0,29	457,84	237,539
0,27	534,32	221,157
0,25	630,60	204,775
0,23	754,02	188,393

Fuente: elaboración propia.

Para la tabla IX se genera la siguiente gráfica.

Figura 50. **Gráfico del monóxido de carbono censado contra lecturas ADC**



Fuente: elaboración propia.

Como siguiente paso se obtiene la ecuación de la curva mediante el uso de la herramienta Línea de Tendencia de Microsoft Excel o matemáticamente mediante el método de regresión exponencial, en donde:

Ecuación característica de una función potencial

$$y = ax^b$$

Aplicando la expresión:

$$\log y = \log a + b \log x$$

Asignando las expresiones:

$$Y = \log Y; A = \log a; X = \log x$$

Remplazando en la ecuación característica de una función potencial, se tiene una función lineal

$$Y = A + bX$$

Resolviendo por el método de regresión lineal

$$b = \frac{n \sum X_i Y_i - \sum X_i \sum Y_i}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}$$
$$A = \frac{\sum Y_i - b \sum X_i}{n}; a = \text{antilog } A$$

Sustituyendo los valores de A y b en la ecuación se obtiene la ecuación que relaciona la concentración de CO con las lecturas del ADC:

Relación lectura ADC y concentración de CO

$$Y = 3171,7 * X^{0,421}$$

En donde despejando x, se obtiene la ecuación que transforma los valores leídos por el conversor análogo digital del PLC, en lecturas reales de Concentración de Monóxido de Carbono censado al interior del galpón.

Conversión Lecturas ADC en valores reales de Concentración de CO

$$x(\text{valor real de Nivel de CO en ppm}) = \left(\frac{y(\text{Lecturas ADC})}{3171,7} \right)^{\frac{1}{0,421}}$$

Sensor de Dióxido de Carbono DDF Robot MG811

El sensor DDF Robot MG811 posee las siguientes características:

- Voltaje de Operación: 5 Vdc
- Salida análoga de 470- 620 mV
- Placa de amplificación incorporada
- 1 Salida digital
- Tamaño 32x42 mm

Figura 51. **Sensor de dióxido de carbono DDF robot MG811**

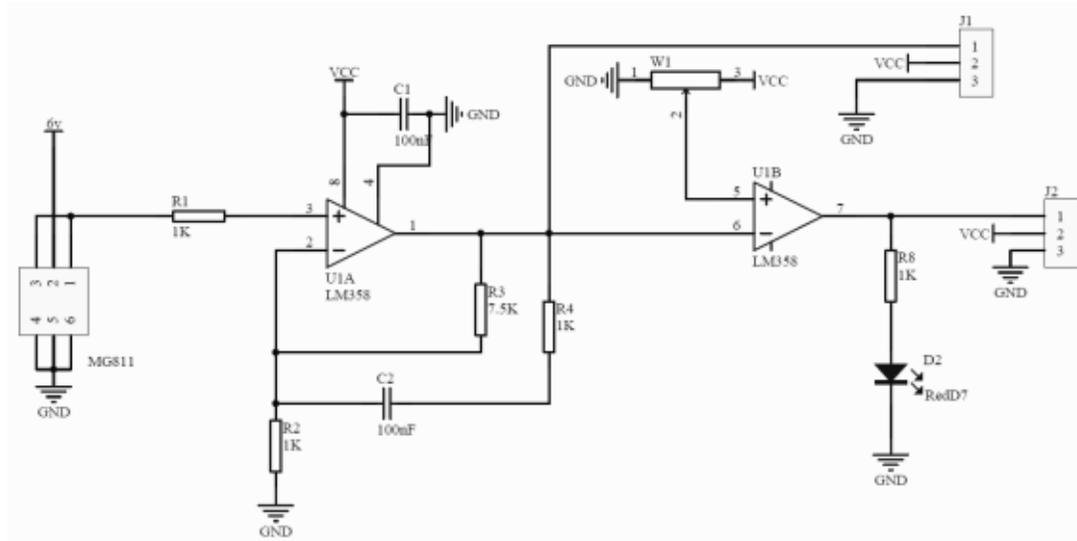


Fuente: *Electronic Components Datasheet*. <http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/172004/ETC2/MG811.html>. Consulta: 8 de octubre de 2018.

- Factor de amplificación

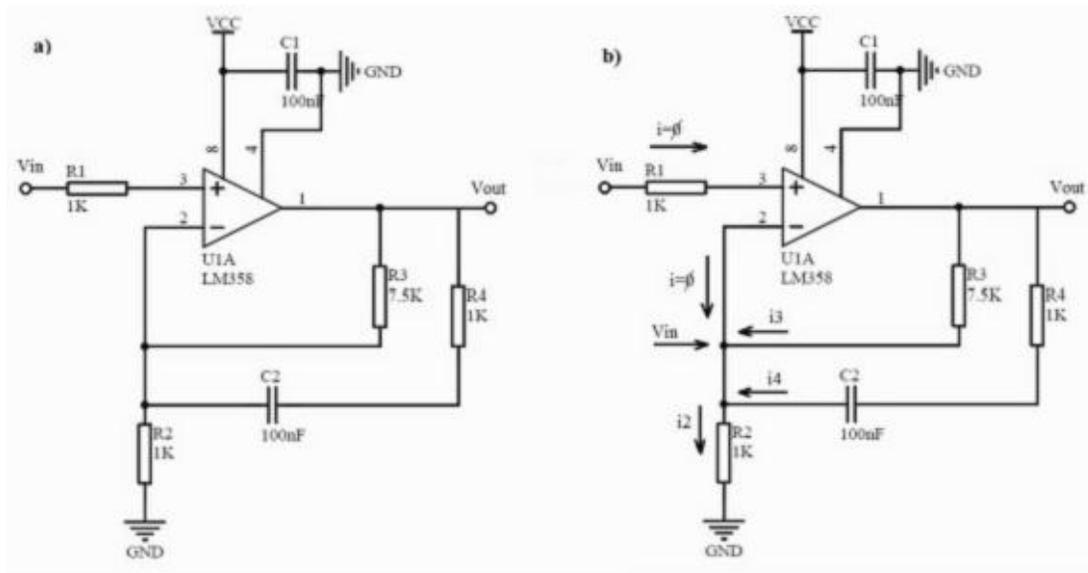
La placa del sensor posee un circuito amplificador, en el que se debe determinar el factor de amplificación para obtener el valor no amplificado del sensor, y se podrá utilizar el *datasheet* del mismo.

Figura 52. Esquema eléctrico de circuito de amplificación del sensor MG811



Fuente: *Electronic Components Datasheet*. <http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/172004/ETC2/MG811.html>. Consulta: 9 de octubre de 2018.

Figura 53. Circuito de amplificador por secciones



Fuente: elaboración propia, empleando Visio 2010.

De la figura 54, se tiene las siguientes ecuaciones:

Sumatoria de Corrientes

$$i_3 + i_4 = i_2$$

Dónde:

Corriente i_2 referente a la ilustración del circuito amplificador

$$i_2 = \frac{V_{in}}{R_2}$$

Corriente i_3 referente a la ilustración del circuito amplificador

$$i_3 = \frac{(V_{out} - V_{in})}{R_3}$$

Corriente i_4 referente a la ilustración del circuito amplificador

$$i_4 = (V_{out} - V_{in}) \frac{C_2^s}{R_4 C_2^s + 1}$$

Remplazando en la ecuación de Corriente i_3 referente a la ilustración del circuito amplificador las ecuaciones siguientes se tiene:

$$(V_{out} - V_{in}) \left[\frac{1}{R_3} + \frac{C_2^s}{R_4 C_2^s + 1} \right] = \frac{V_{in}}{R_2}$$

$$(V_{out} - V_{in}) \left[\frac{1}{R_3} + \frac{C_2^s}{R_4 C_2^s + 1} \right] = \frac{V_{in}}{R_2}$$

$$V_{out} = V_{in} \left[\frac{R_3 (R_4 C_2^s + 1)}{R_3 [(R_3 + R_4) (C_2^s + 1)]} + 1 \right]$$

$$V_{out} = \left[\frac{R_3}{R_2 (R_3 + R_4)} \left(\frac{R_3 / [(R_3 + R_4) / C_2]}{s + 1 / [(R_3 + R_4) C_2]} \right) \right]$$

$$V_{out} = \left[\frac{R_3 R_4 + R_2 (R_3 + R_4)}{R_2 (R_3 + R_4)} + \frac{1}{R_2 C_2} \left(\frac{R_3}{R_3 + R_4} \right)^2 e^{\frac{t}{e(R_3 + R_4) C_2}} \right]$$

$$V_{out} = 1,88 + 7785,72 e^{1176,47t}$$

Para valores de $t \geq 0,01$ segundos.

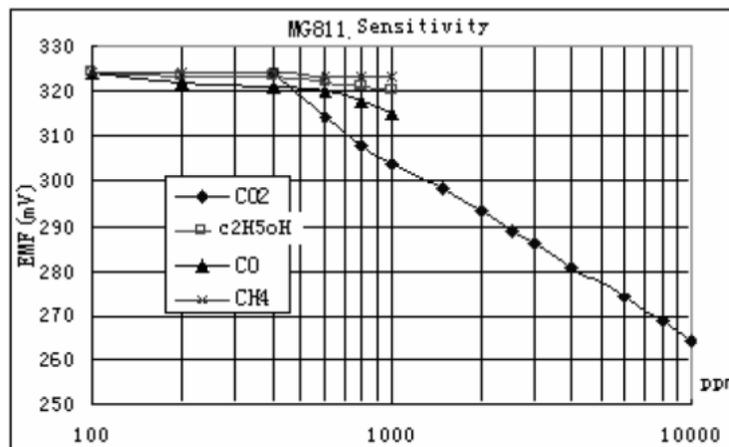
Factor de amplificación placa sensor MG811

$$V_{out} = 1,88 V_{in}$$

- Calibración del sensor

Se colocó el sensor cerca de la chimenea del calefactor y se pudo variar el voltaje de salida amplificado del sensor. Posteriormente se dividió este valor para el factor de amplificación obteniendo la variación mínima del sensor, con este dato y la gráfica del sensor se determinó los valores reales de CO₂ censados con su correspondiente lectura en el ADC del PLC.

Figura 54. **Gráfico sensibilidad sensor MG811**



Fuente: *Electronic Components Datasheet*. <http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/172004/ETC2/MG811.html>. Consulta: 09 de octubre de 2018.

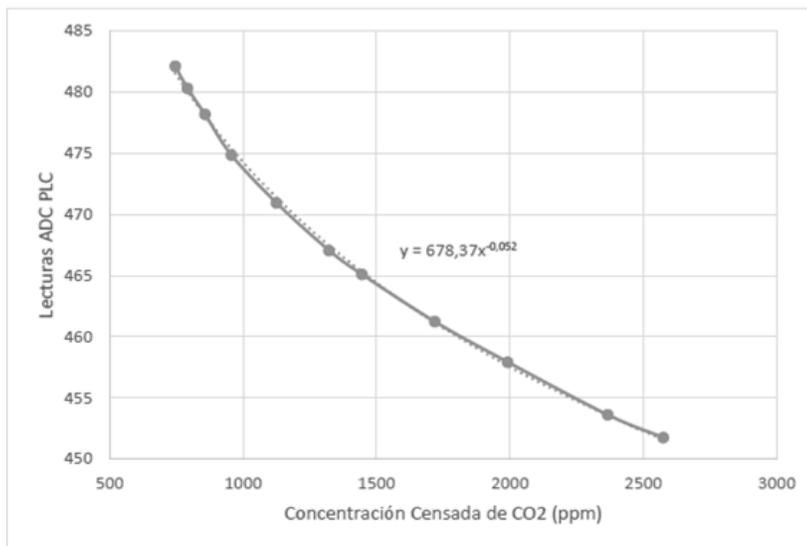
Tabla X. **Datos censados del monóxido de carbono**

Voltaje Placa (mV)	Voltaje Sensor (mv)	Concentración CO2 (PPM)	ADC PLC (Adimensional)
588,59	313,077	745,6	482,11
586,40	311,915	791,46	480,32
583,77	310,519	857,31	478,17
579,73	308,369	956,09	474,86
574,95	305,823	1 125,14	470,94
570,20	303,297	1 322,27	467,05
567,81	302,025	1 445,73	465,09
563,09	299,518	1 718,59	461,23
559,05	297,368	1 991,89	457,92
553,79	294,570	2 366,61	453,61
551,52	293,362	2 574,64	451,75

Fuente: elaboración propia.

En base a la tabla X, se genera la siguiente gráfica.

Figura 55. **Gráfico dióxido de carbono censado contra lectura del ADC**



Fuente: elaboración propia.

A continuación se obtiene la ecuación de la curva mediante el uso de la herramienta Línea de Tendencia o matemáticamente mediante el método de regresión potencial.

Relación lecturas ADC y Concentración de CO2

$$Y = 678,37 * X^{0,052}$$

En donde despejando x, se obtiene la ecuación que transforma los valores leídos por el conversor análogo digital del PLC, en lecturas reales de Concentración de Dióxido de Carbono censado al interior del galpón.

Conversión Lecturas ADC en valores reales de Concentración de CO2

$$x(\text{valor real de Nivel CO2 en ppm}) = \left(\frac{y(\text{Lecturas ADC})}{678,37} \right)^{\frac{1}{0,052}}$$

Sensor de Amoniaco DDF Robot MQ137

El sensor de amoniaco posee las siguientes características:

- Voltaje de Operación: 5 Vdc
- Salida análoga de 3- 5 Vdc
- Placa de amplificación y linealización incorporada
- 1 Salida digital
- Tamaño 23x36 mm

Figura 56. **Sensor de amoniaco DDF Robot MQ137**



Fuente: Alibaba.com. <https://spanish.alibaba.com/g/air-quality-module.html>. Consulta: 9 de octubre de 2018.

- **Calibración del Sensor**

Para el sensor MQ137 se tiene que los coeficientes de la ecuación 26, Concentración de gas en un sensor resistivo de óxido metálico, son:

K = Coeficiente de Oxido Metálico del Sensor = 3,55

α = Coeficiente de Gas Censado = 0,67

Sustituyendo estos valores en la Ecuación de Relación lectura ADC y Concentración de CO, se obtiene la siguiente ecuación:

Concentración de Gas en el sensor MQ137

$$C = \left(\frac{\left(\frac{V_C}{V_{RL}} - 1 \right) * R_L}{3,55} \right)^{-\frac{1}{0,67}}$$

Se procede a realizar el muestreo de datos, acercando el sensor a una fuente de amoniaco, en este caso la gallinaza de las aves, y observando el voltaje de salida del sensor, el cual se sustituye en la ecuación de relación lecturas ADC y Concentración de CO₂, para encontrar el valor de C con lo que se forma la siguiente tabla:

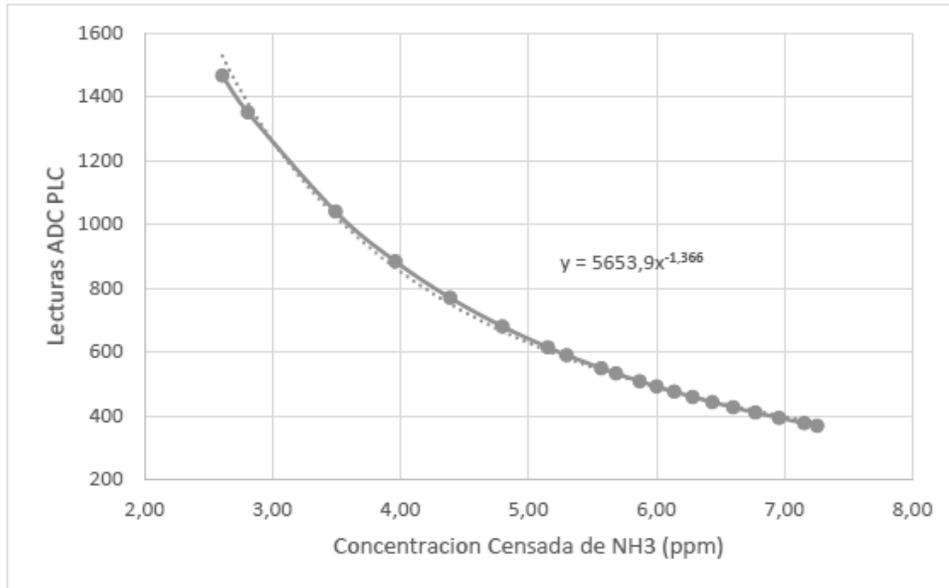
Tabla XI. **Datos censados del monóxido de carbono**

VRL (V)	Concentración NH3 (ppm)	ADC PLC (Adimensional)
1,79	2,61	1466,189
1,65	2,81	1351,515
1,27	3,49	1040,257
1,08	3,96	884,628
0,94	4,39	769,954
0,83	4,80	679,853
0,75	5,15	614,325
0,72	5,30	589,752
0,67	5,57	548,797
0,65	5,68	532,415
0,62	5,87	507,842
0,6	6,00	491,46
0,58	6,14	475,078
0,56	6,28	458,696
0,54	6,44	442,314
0,52	6,60	425,932
0,5	6,77	409,55
0,48	6,96	393,168
0,46	7,15	376,786
0,45	7,26	368,595

Fuente: elaboración propia.

A continuación se genera la siguiente gráfica.

Figura 57. Gráfico amoníaco censado contra lecturas de ADC



Fuente: elaboración propia.

A continuación se obtiene la ecuación de la curva mediante el uso de la herramienta Línea de Tendencia o matemáticamente mediante el método de regresión potencial.

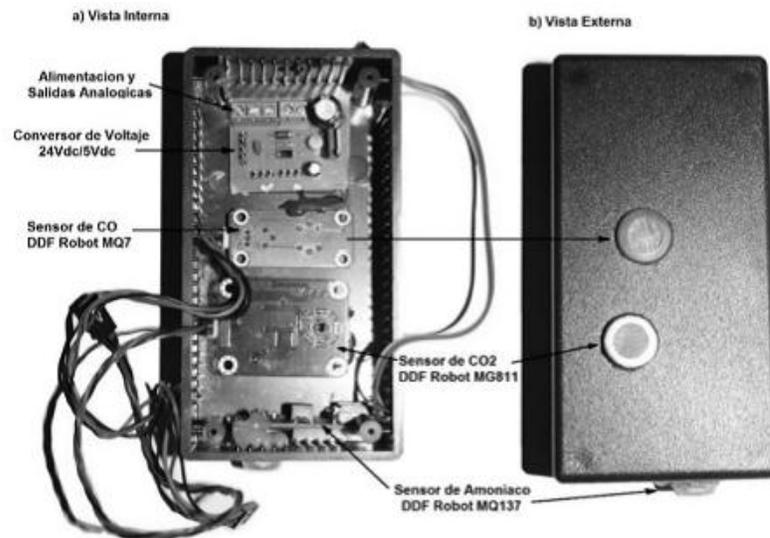
Relación lecturas ADC y Concentración de NH3

$$x(\text{valor real de Nivel NH3 en ppm}) = \left(\frac{y(\text{Lecturas ADC})}{5653,9} \right)^{-\frac{1}{1,366}}$$

Disposición de los sensores de gases

Para el uso de los sensores antes mencionados se dispone de una caja, en la que se ubicaran cada uno de ellos, brindándoles robustez, protección y estarán conectados a una placa reductora de voltaje que permita su correcta alimentación y conexión hacia el PLC.

Figura 58. **Disposición de los sensores de gases**



Fuente: elaboración propia.

Cuando se diseña la distribución de los equipos dentro del galpón, específicamente el área donde se encontrarán las aves, se debe colocarlos estratégicamente para que su funcionamiento ayude eficientemente a mantener el confort dentro de la nave. Los sensores que transmitirán las lecturas de emisión de amoníaco, deberán estar cerca del suelo que es donde se encontrará las excretas de las aves, los sensores de CO₂ y CO, estarán cerca de tubería que distribuye el aire.

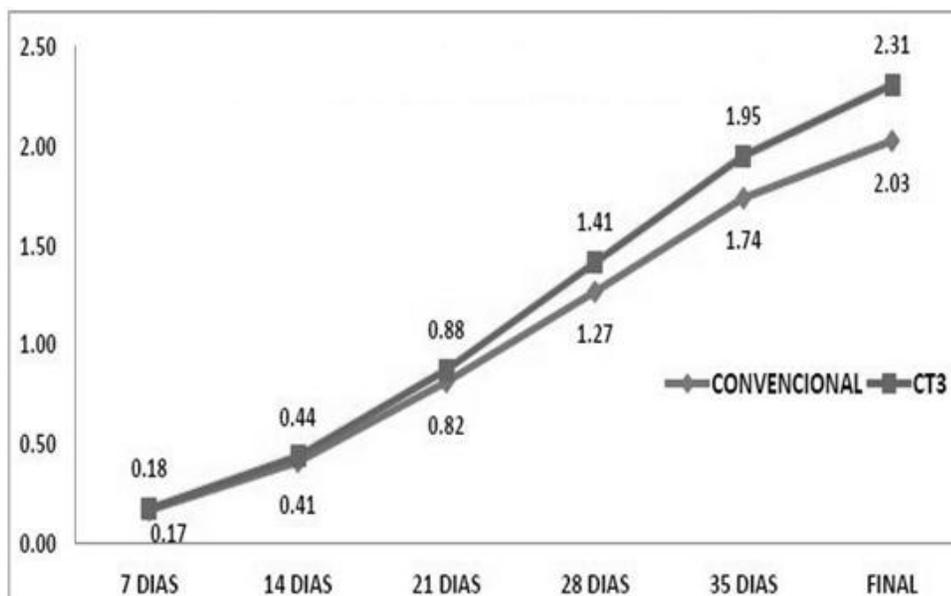
3.7. Evaluación de indicadores de productividad

En la producción avícola existen parámetros o indicadores productivos que se utilizan para llevar un buen control y registros de cada parvada y también datos históricos, además son herramientas que se utilizan para hacer comparaciones con lo que exige la línea genética, muchos de estos parámetros pueden ser afectados por diversos factores uno de ellos pueden ser de carácter ambiental entre estos indicadores se puede mencionar la mortalidad la cual está representada en porcentaje, el peso está representado en libras, el consumo que es lo que el ave a ingerido, la conversión alimenticia que es lo que el ave ha convertido en relación a lo que se ha consumido, y el índice de eficiencia europeo que encierra todos los parámetros antes mencionados y que se utiliza como medición con otras empresas.

3.7.1. Peso corporal semanal

Para evaluar pesos se consolido el promedio de cada 7 días en galeras convencionales como en galeras túnel, en el lapso de tiempo de 3 años, los pesos se realizaron de forma manual con balanzas de reloj en las galeras convencionales y con balanzas electrónicas que tiene incorporado el equipo CT3, el peso final se realizó un corte a los 38 días, para tener una edad promedio de cierre de lotes, los pesos fueron extraídos de los datos *plexus* de la granja y del sistema avícola para validar la información, se separó los datos de cada 7 días y se consolidaron los tres años, esto se realizó por cada tipo de galpón. Los resultados se presentan en la figura 60.

Figura 59. Comparación de pesos cada 7 días



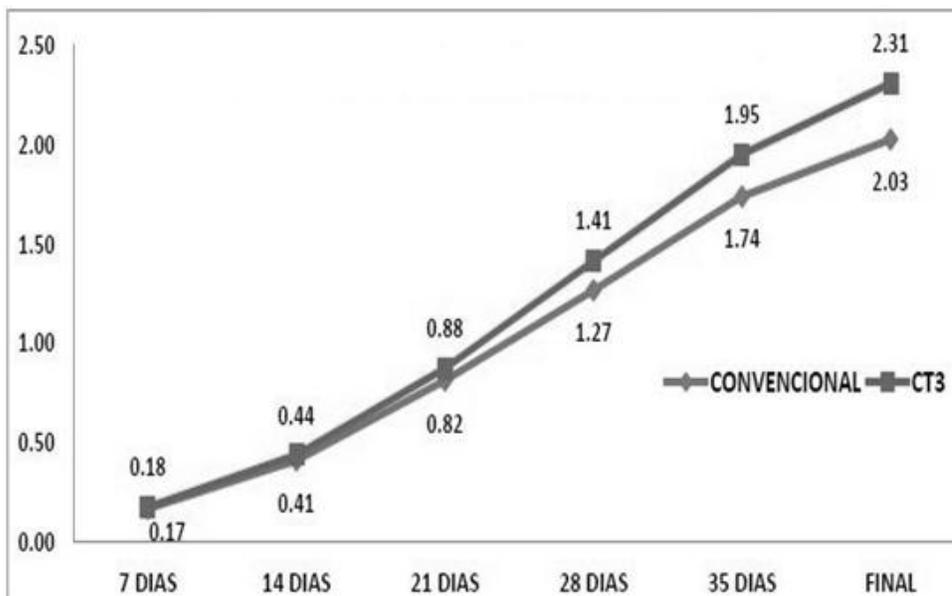
Fuente: elaboración propia.

El mejor resultado de peso se obtuvo en los galpones con una diferencia de 0,28 kilos con relación a los galpones convencionales, en el caso del peso entre más alto sea es mejor porque ahí se ve reflejada la ganancia diaria, para este caso esa ganancia equivale a 3 días, es decir 0,09 kilos cada día, el peso de la galera convencional se atrasó 3 días con relación a los galpones con tecnología, esto puede deberse a los gastos de energía que las aves utilizan en este tipo de galpón para regular su temperatura, en este caso para los galpones con tecnología los beneficios serian, si se contaran con granjas completas con este tipo de galpones, esos tres días se pueden aprovechar como vacío sanitario o bien como para sacar más lotes por año, los pesos de una granja pueden estar influenciados por la buena salud que las aves, confort que se les brinde y como base, el alimento, agua y temperatura de buena calidad.

3.7.2. Conversión alimenticia

Los datos de conversión alimenticia fueron extraídos en base al consolidado de alimento consumido de cada 7 días con relación al peso obtenido de cada cierre de semana y se fue tomando de una manera acumulada con corte a los 38 días para que todos los datos sean con una edad homogénea de cierre, los resultados se presentan en la figura 61.

Figura 60. Conversión alimenticia de cada 7 días



Fuente: elaboración propia.

El objetivo primordial para la conversión alimenticia es que sea lo más bajo posible, de este rubro depende mucho mejores resultados económicos, esta depende de obtener un peso alto con la más baja cantidad de alimento para producir una libra de carne, en este caso para las convencionales se aportó 0,79 kilos (1,73 libras) de concentrado para producir 0,454 kilos (una

libra de carne) y para las 0,77 kilos (1,70 libras), la diferencia es de 3 puntos de conversión por cada libra de carne producida, el mejor dato obtenido es el de los galpones con tecnología y a este tipo galpón lo favorece el peso alto que obtenido por tener un buen confort y no gastar energía en mantener su temperatura corporal, esta energía fue aprovechada para producir musculo en el ave.

3.7.3. Ganancia de peso

Se pudo observar a lo largo del estudio realizado, una ganancia de peso extra, en la última etapa en la que se encontró al lote de aves (peso obtenido en las granjas de engorde, para venta a clientes directos). Esto se atribuye a que el sistema logra mantener el confort entre las aves, y mientras esto suceda el consumo de alimento será mayor, logrando obtener una ganancia en el peso.

Tabla XII. **Uso de la ventilación mínima, tipo túnel**

Semana	T1	T2	P
1	117,2	111,9	
2	311,4	283,0	
3	649,8	620,4	
4	1 075,5	1 041,1	
5	1 647,5 ^b	1 545,1 ^a	0,024

Fuente: elaboración propia.

Se puede observar diferencias entre las medidas

T1= Testigo

T2= Ventilación utilizada mínima y tipo túnel

El peso extra obtenido revisado diariamente en la tabla XIII, se extrajo de evaluar el peso corporal, donde se encuentra el mismo comportamiento.

Tabla XIII. **Evaluación de peso logrado, al mantener ventilación tipo túnel y mínima por dos semanas**

Semana	T1	T2	P
(g/ave)			
1	16,8	16,0	
2	27,7	24,4	
3	48,3	48,2	
4	60,8	60,1	
5	81,7 ^b	72,0 ^a	0,024

Fuente: elaboración propia.

Medias en la misma fila con letra diferente, difieren significativamente

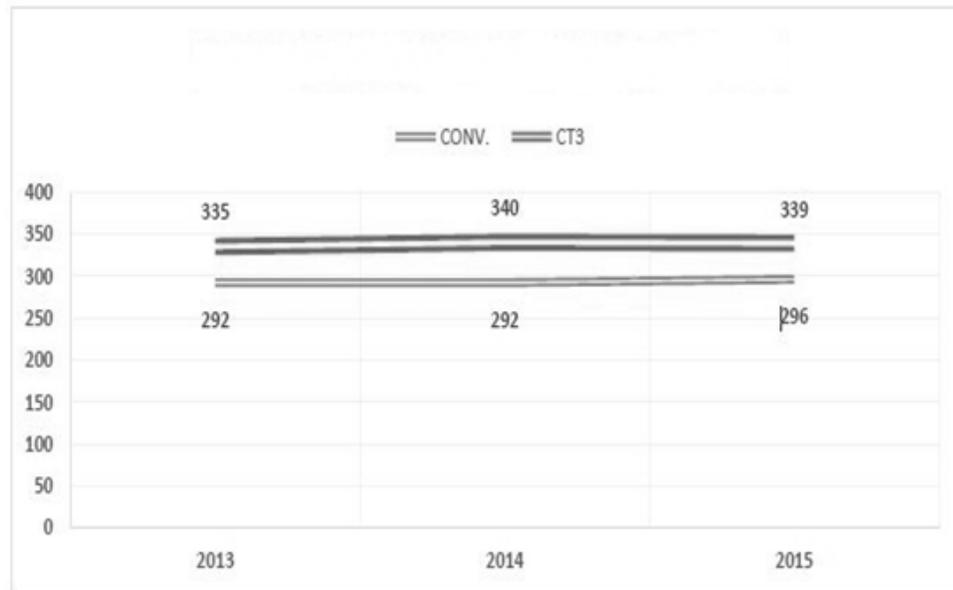
T1= Testigo

T2= Uso constante de ventilación mínima y túnel

3.7.4. Eficiencia alimenticia

Datos obtenidos de la mortalidad, ganancia de peso, cantidad de alimento consumida por las aves, que fueron obtenidos en la etapa final o granja de paso (venta de pollo en pie), ayudaron a obtener el índice de eficiencia alimenticia, esta información fue recabada de un historial de tres años de una de las granjas de industria pecuaria, el proceso consiste en que las aves llegan a este tipo de granja de una edad adulta, son ingresadas a los galpones donde se les da de comer, y ganan más peso del que tenían cuando ingresaron, listas para la venta, los clientes llegan a comprar el producto por peso, los pollos son vendidos vivos, es por eso el nombre de pollo en pie. Los resultados se pueden verlos en la figura 62, a continuación.

Figura 61. Índice de eficiencia alimenticia



Fuente: elaboración propia.

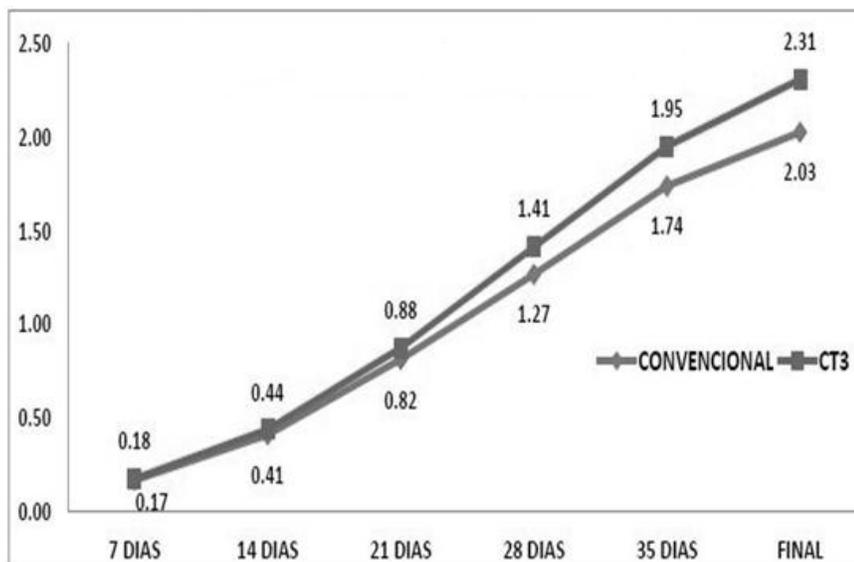
En el caso del índice de eficiencia europeo entre más alto es este es mejor, en este caso las galeras CT3 tienen un mejor promedio anual de índices y es una forma de medirse a nivel nacional e internacional con otras empresas avícolas, los datos que favorecen a los galpones con tecnología es la mortalidad baja, mejor peso, conversión alimenticia más baja.

3.7.5. Porcentaje mortalidad

Para obtener los datos de mortalidad se consolidó información de los *plexus* de cada 7 días de la granja, así también se comparó con datos del sistema para validar la información, separando galeras convencionales de las con tecnología, se consolidó y separó la mortalidad de cada 7 días y así también la mortalidad de cierre, se realizó un corte a 38 días de edad en todos

los lotes para tener datos comparativos, los resultados se presentaran en la figura 63.

Figura 62. **Porcentaje de mortalidad de cada 7 días**



Fuente: elaboración propia.

La mortalidad se manejó de una manera acumulada en ambos casos, el objetivo de las mortalidades es que sean lo más bajas posibles, en este caso la mortalidad es menor en los galpones con tecnología que en los convencionales, dando una diferencia de 0,29 % que equivale a 870 aves que se tienen disponibles para la venta en las galeras con tecnología, lo cual permite tener más kilos de carne para la venta, analizando este caso se demuestra que en los galpones con tecnología de cada 100 aves se murieron 4,5 aves y para las convencionales 4,79, estos datos son porcentual, las mortalidades pueden estar influenciadas por la salud que se tenga en los galpones, fallos eléctricos o factores ambientales para el caso de las convencionales.

3.8. Evaluación económica (costos)

Es necesario cuantificar el proyecto de adicionar un sistema automático de enfriamiento para los galpones, ya sea para regiones donde la temperatura sea menor (frio) o mayor (calor), porque el costo de construir un galpón únicamente con ventilación tipo túnel y uno con adicionales como cortinas de humedad o sistema evaporativo de enfriamiento automáticos, será de un costo mucho menor que el que tenga los componentes adicionales.

3.8.1. Valor presente neto

Son los costos que intervienen directamente en el proceso de fabricación.

Tabla XIV. Costos directos de fabricación

Detalle	Valor U. (Q)	Cantidad	Valor Total (Q)
PLC Siemens S7-1200 CPU 1214C	3 817,07	1	3 817,07
Modulo Salidas Digitales SM1222	1 071,46	1	1 071,46
Pantalla Touch HMI KTP600	8 782,11	1	8 782,11
Fuente de Poder Logo	623,39	1	623,39
Calentador FARM 90	41 209,47	1	41 209,47
Caja o Tablero Eléctrico 40x30	262,24	1	262,24
Cable de Timbre (Rollo 100m)	112,39	1	112,39
Corte Caja Para Touch + Leds	7,49	1	7,49
Riel Standard 1M X 35MM	26,22	1	26,22
Luz Piloto 22MM 24V	28,45	3	85,34
Bornera con Tapa 12 Pines	36,79	1	36,79
Base Relés 14 Pines	20,07	4	80,28
Relé MY4-24VDC 14 Pines	46,16	4	184,64
Bornea Par Riel	7,36	2	14,72
Bornera Tierra	26,76	1	26,76
Terminal Pin Rojo	0,15	1	0,15
Agarradera Pie de Amigo 4x5	1,12	4	4,50
Nebulizadores	29,22	44	1 285,74
Bomba de agua	1 798,23	1	1 798,23
Tubo PVC 1/2"	112,39	8	899,12
Tanque de almacenamiento	674,34	1	674,34
Electroválvulas	179,82	2	359,65
Válvula Bola	52,45	1	52,45
Manguera	3,15	75	236,02
Tornillo 1x6	0,60	12	7,19
Tacos #5	0,22	12	2,70
Tornillo para estufa	0,07	4	0,30
Broca Cobalto 5/32	15,88	1	15,88
Broca Concreto 3/16	1,35	1	1,35
Tornillos Sujeción Caja	1,50	2	3,00
Tacos #8	0,37	2	0,75
Broca Cobalto Tornillo Sujeción	26,97	1	26,97
Cable Flexible #12 TFF	4,48	38	170,32
	Total		61 879,01

Fuente: elaboración propia.

Costos indirectos

Son aquellos que no pueden identificarse con la producción, pero constituyen un costo aplicable a la producción en general.

Tabla XV. **Costos indirectos de fabricación**

Detalle	Valor U. (Q)	Cantidad	Valor Total (Q)
Internet	4,50	100	449,56
Material de oficina	149,85	1	149,85
Impresiones	0,75	500	374,63
Gastos Varios	1 498,53	1	1 498,53
	Total		2 472,57

Fuente: elaboración propia.

Costo total

Es la suma de los costos directos e indirectos

Tabla XVI. **Costo total**

Detalle	Valor Total (Q)
Costos Directos	61 879,01
Costos Indirectos	2 472,57
Total	64 351,58

Fuente: elaboración propia.

3.8.2. Tasa interna de retorno

Para determinar su valor, es necesario obtener el tiempo necesario que se llevara para que el proyecto recupere el valor invertido.

Se puede observar la viabilidad del proyecto, estudiando la diferencia de utilizad obtenida entre los dos sistemas (manual y automático), además de automatizar los sistemas, se obtiene una ganancia.

- Sistema manual

Se refleja un gasto para la producción de Q. 459 581,14, en la mortandad 10 %, el diseño de la nave tiene una capacidad instalada para mantener en confort a 18 000 aves, si se calcula la mortandad para este dato, se obtiene un resultado de 16 200 aves, del total.

Entonces:

Unidades Ingreso=18 000

Mortalidad (10 %)=1 800

Unidades Salida = Unidades Ingreso - Mortalidad (10 %)

Unidades Salida= 18 000 -1 800

Unidades Salida = 16 200

La granja entrega los pollos a distintos clientes para los cuales la libra tiene un valor de Q. 5,62, el peso obtenido al final de la etapa de engorde esta en (+-) 5,5 libras.

Cantidad de pollos = 16 200 unidades

Cantidad de libras de pollos = 89 100 libras

Costo de libra de pollo = Q. 5,62

Total de ventas = Q. 500 695,00

Total gastos = Q. 459 581,14

Ganancia = Total de ventas - total gastos

Ganancia = 41 113,86

- Sistema automático

Se tiene que de gastos de producción es de Q. 451 908,69, con mortandad del 9 %, el diseño de la nave tiene una capacidad instalada para mantener en confort a 18 000 aves, si se calcula la mortandad para este dato, se obtiene un resultado de 16 380 aves, del total.

Entonces:

Unidades Ingreso=18 000

Mortalidad (9 %)=1 620

Unidades Salida = Unidades Ingreso - Mortalidad (9 %)

Unidades Salida = 18 000 – 1 620

Unidades Salida= 16 380

La granja entrega los pollos a distintos clientes en donde su costo por libra es de Q. 4,50, los pollos salen con un promedio de 5,5 libras

Numero de aves = 16 380 unidades

Numero de libras = 90 090 libras

Valor de la libra = Q. 5,62

Total de ventas = Q. 506 258,28

Total gastos = Q. 451 908,69

GANANCIA =Total de ventas - total gastos

GANANCIA = Q. 54 349,59

Tabla XVII. **Diferencia económica del sistema manual contra el sistema automático**

Descripción	Valor Total (Q)
Sistema manual	41 113,86
Sistema automático	61 842,22
Diferencia	20 728,36

Fuente: elaboración propia.

Como se puede ver en el análisis en cada camada de 45 días se tiene una ganancia de Q. 13 235,73 entonces el tiempo de recuperación de la inversión es de Q. 94 111,67.

Es decir:

Como se puede ver en el análisis en cada camada de 45 días se tiene una ganancia de Q. 13 235,73 entonces el tiempo de recuperación de la inversión es de Q. 94 111,67.

Tabla XVIII. **Relación cantidades de producciones contra ganancia**

Proceso de Camada	Ganancia
1	20 728,36
x=?	64 111,67

Fuente: elaboración propia.

$$x = \frac{8556.6305x1}{2766,50}$$

$$x = 309 \text{ CAMADAS}$$

Comparación de los beneficios en base a los costos

La automatización del galpón consiste en mantener controlado el ambiente dentro del galpón.

Tabla XIX. **Beneficios obtenidos con el proyecto**

Costos	Total	Beneficio	Total
Costo implementación	6 410,92	Disminución del índice de mortalidad (9 %).	5 743,10
Mantenimiento eléctrico y electrónico	1 873,16	Producción en menor tiempo (46 DIAS).	7 492,63
		Reducción de costos de calefacción.	3 746,32
		Reducción de mano de obra.	3 746,32
Costos Totales	8 284,08	Beneficios Totales	20 728,36

Fuente: elaboración propia.

En base a estos resultados, se presenta el proyecto como viable, la recuperación de la inversión será en un espacio de tiempo mínimo, se debe mejorar los procesos internos de las granjas, volviendo más productivos los galpones entre cada lote de aves que procese.

3.8.3. Beneficio costo

El análisis costo beneficio permite determinar la conveniencia del proyecto mediante la enumeración y valoración en términos monetarios de todos los costos que intervienen en la realización.

- Análisis sistema manual

El proceso de producción tiene un periodo de 47 días entre las diferentes etapas del proceso, fecundación, incubación, crianza, engorde, para obtener un peso entre 5,5 y 6 libras, adicionalmente se tiene un índice de mortalidad del 10 %.

A continuación se detallan los costos de la producción, a través del sistema manual.

Tabla XX. **Costo mano de obra de sistema manual**

Costo de producción			
Mano de obra directa			
Detalle	Cantidad	Sueldo	Total Mensual
Galponero	2	3 746,32	7 492,63

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXI. **Costo de producción sistema manual**

Costo de producción			
Materia prima y materiales directos			
Detalle	Cantidad	Costo Unitario	Total
Pollos Bebé	18 000	3,90	7 0131,02
Comida desarrollo	925	187,32	173 267,07
Comida crecimiento	975	187,32	182 632,86
Vacunas	1	14 985,26	14 985,26
		Total	441 016,20

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXII. **Materia prima y materiales indirectos sistema manual**

Costo de producción			
Materia prima y materiales indirectos			
Detalle	Cantidad	Costo Unitario	Total
Gas industrial	55	149,85	8 241,89
Cascarilla de arroz	1	2 247,79	2 247,79
Agua	1	291,31	291,31
Luz	1	291,31	291,31
	Total		11 072,31

Fuente: elaboración propia.

Dando un total de egresos de Q. 459 581,32

Análisis sistema automático: El proceso de producción tiene un periodo de 46 días para obtener un peso entre 5,5 y 6 libras, adicionalmente se tiene un índice de mortalidad del 9 %.

Tabla XXIII. **Costo de mano de obra sistema automático**

Costo de Producción			
Mano de Obra Directa			
Detalle	Cantidad	Sueldo	Total Mensual
Galponero	1	3 746,32	3 746,32

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIV. **Costo de materia prima y materiales directos del sistema automático**

Costo de producción			
Materia prima y materiales directos			
Detalle	Cantidad	Costo Unitario	Total
Pollos Bebé	18 000	3,90	70 131,02
Comida desarrollo	925	187,32	173 267,07
Comida crecimiento	975	187,32	182 632,86
Vacunas	1	14 985,26	14 985,26
	Total		441 016,20

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXV. **Costo de materia prima y materiales indirectos**

Costo de producción			
Materia prima y materiales indirectos			
Detalle	Cantidad	Costo Unitario	Total
Combustible diésel	525	7,79	4 090,98
Transporte de combustible	3	74,93	224,78
Cascarilla de arroz	1	2 247,79	2 247,79
Agua	1	291,31	291,31
Luz	1	291,31	291,31
	Total		7 146,17

Fuente: elaboración propia.

Dando un total de Egresos de Q. 451 908,69

4. IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

A continuación se presenta la implementación de la propuesta, en dicha implementación se presentan análisis de indicadores,

4.1. Análisis de indicadores

Mantener la productividad dentro de cada galpón en todas las granjas, dependerá de cumplir con los objetivos planteados y alcanzarlos dentro de los diferentes procesos, esto conllevará a generar la rentabilidad deseada para la empresa. La importancia de medir la productividad en cada una de las granjas se verá reflejada en los resultados positivos obtenidos.

4.1.1. Índice de mortandad debido a temperatura interna

Para que las condiciones atmosféricas dentro de un galpón sean las ideales de confort, el índice de estrés calórico no debe pasar de 105; lo que se puede concluir, es que no debe sobrepasar este límite la sumatoria de la temperatura y la humedad relativa dentro de la nave.

Lamentablemente en el galpón convencional que se evaluó los valores registrados en las mediciones dan un índice de estrés calórico 121,5 el mismo que se encuentra por encima de 105 en la hora pico 15:00 pm. Este índice alto de estrés calórico generó mortalidades sobre el 14,2 %.

4.1.2. Temperatura en galpones tipo convencional

En las granjas de engorde, es de vital importancia el correcto manejo de la temperatura dentro del galpón, para esto el operador debe estar capacitado para mantener la ventilación correcta, a través de los sensores y verificando visualmente el comportamiento de las aves. En todo el trayecto del proceso la temperatura juega un papel muy importante, y en cada una de las etapas no puede faltar una correcta ventilación, sin ella se tiene pérdidas dentro de los lotes de aves. Para facilitarle el trabajo al operador se pueden colocar parámetros deseados para cada uno de los días, y que se cumplan mediante la manipulación de los sistemas, por ejemplo para las granjas de engorde la temperatura ideal se encuentra a los 32 °C a partir del día 1 y luego desciende hasta 21 °C en la semana 6. El operador deberá verificar las temperaturas reales contra las marcadas, y manipular el sistema para llegar a la temperatura ideal marcada.

4.1.3. Peso corporal

Para evaluar pesos se consolidó el promedio de cada 7 días en galeras convencionales como en galeras túnel, los pesos se realizaron de forma manual con balanzas de reloj en las galeras convencionales y con balanzas electrónicas que tiene incorporado el equipo CT3, el peso final se realizó un corte a los 38 días, para tener una edad promedio de cierre de lotes, los pesos fueron extraídos de los datos *plexus* de la granja y del sistema avícola para validar la información, se separó los datos de cada 7 días y se consolidaron los tres años, esto se realizó por cada tipo de galpón. El resultado mostró que el peso tuvo una diferencia de 0,28 kilos, en el caso del peso entre más alto sea es mejor porque ahí se ve reflejada la ganancia diaria, para este caso esa ganancia equivale a 3 días, es decir 0,09 kilos cada día.

4.1.4. Conversión alimenticia

Estos fueron extraídos en base al consolidado de alimento consumido de cada 7 días con relación al peso obtenido de cada cierre de semana y se fue tomando de una manera acumulada con corte a los 38 días para que todos los datos sean con una edad homogénea de cierre.

4.1.5. Eficiencia alimenticia

Para esta se tomaron valores absolutos de datos consolidados de mortalidad, peso, conversión alimenticia, consumo de alimento por ave enviada a la venta, edad por cada parvada y se consolidaron los tres años, todos estos datos fueron extraídos del sistema avícola que se maneja en la granja y validados en los *plexus* que se manejan internamente.

4.2. Propuesta diseño

Como objetivo principal disminuir la tasa de mortalidad de las aves dentro de cada uno de los galpones, se propone la implementación de equipos y sistemas de control para la ventilación y temperatura dentro de la nave, esto con el fin de lograr una mayor productividad.

4.2.1. Estudio de proyecto para un sistema de enfriamiento

Luego de realizar todos los cálculos se procedió a seleccionar los equipos a utilizar en los sistemas a implementados.

A continuación, se detalla los sistemas:

- Sistema de ventilación túnel
- Sistema de levante de cortinas laterales y de las entradas de aire
- Sistema automático de apertura y cierre de ventilas de aire o inlets
- Sistema de enfriamiento por nubes de agua
- Sistema de calentamiento del aire de ingreso forzado
- Sistema de gobernación para humedad / temperatura
- Sistema de control automático de presión estática

- Sistema de ventilación túnel:

Lo conforman 14 extractores de acero galvanizado de 54 pulgadas con compuertas tipo mariposa, cuyas características técnicas son las siguientes.

- Motor Monofásico de 1,5 HP, 115/230 Voltios, 60/50 Hz
- Banda dentada AX60, 62 pulgs de longitud nominal
- Dispositivo tensionador de banda
- Relación CFM/Watts# de 2013
- Venturi galvanizado para extractor de 54 pulgadas
- Cono con paneles galvanizado.
- Aspas de 3 paletas para extractor de 54 pulgadas.
- Alerones tipo mariposa para extractor de 54 pulgadas galvanizado
- Armazón metálico fabricado de acero galvanizado
- Rejilla frontal de acero galvanizado
- Rejilla posterior del cono galvanizado
- Caudal que mueve 29,184 pie^3/min a 0,05 SP
- Fabricado en EEUU

- Sistema de levante de cortinas laterales y entradas de aire.

Lo conforma un sistema manual de levante de cortinas laterales y un sistema automático de levante de cortinas de las entradas de aire, cuyas características técnicas son las siguientes.

- Rollos de cortinas de tejido sintético de polipropileno
- Doblemente plastificada con láminas de polietileno
- Fabricadas con aditivo anti rayos ultravioleta
- Herraje de levante de cortinas. Incluye cables, poleas, malacates, contrapesos.
- Máquina de cortina marca Power-Track con motor, 1/3 HP, 120/240 voltios, 50/60 Hz.

- Sistema automático de apertura y cierre de ventilas de aire o inlets

Lo conforma 1 conjunto de accesorios y dispositivos de apertura y cierre de ventilas de aire o inlets, cuyas características técnicas son las siguientes:

- Ventilás plásticas con marco de acero galvanizado
- Disponible en 2 medidas (0,75" x 41,5") y (10,5" x 46")
- Ventilás plásticas modelo curvo
- Ventilás galvanizadas modelos Butterfly o con aislante de polietileno.
- Máquina de cortina marca Power-Track con motor, 1/3 HP, 120/240 voltios, 50/60 Hz.
- Capacidad 2 000 lb- 5 000lbs.
- Diseñado para montar sobre pared, cielo raso.

- Ideal para levantar o bajar cortinas laterales, cortinas de entradas de aire, para abrir compuertas o ventilar (inlets).
- Sistema de enfriamiento creando nubes de agua

Lo conforman tres paredes de celulosa para enfriamiento evaporativo, cuyas características técnicas son las siguientes:

- 195 Paneles de celulosa de 6'x1'x0.5', revestidos de resina fabricado en EEUU.
- 3 Bandeja de agua de 3 galones por pie lineal de capacidad, hechas de PVC con aditivo anti UV.
- Sistemas de recirculación de agua abierto; de acero inoxidable con tubería de PVC perforada con deflector de agua, 1 sistema cam-lock para sujetar los paneles.
- Bomba de chorro con un condensador dividido permanentemente incluido, que elimina el uso de switch de encendido y apagado de la bomba.
- Sistema de calentamiento del aire de ingreso forzado

Lo conforman 3 calentadores por aire forzado tipo cajón de 225 000 BTU cada uno, cuyas características técnicas son las siguientes:

- Calentador modelo ahorrador Super Saver 225 000 BTU
- Sistema de encendido de chispa directa
- Puertas abatibles de fácil acceso y mantenimiento
- Luces de diagnóstico para fácil identificación de problemas
- Deflector de calor Standard ajustable

- Motor de 1/3 HP, 120 Voltios, 60 Hz
 - Turbo ventilador de 1 000 CFM (1,699 *m³/hr*) 4,8 amperios
 - Unidad de control eléctrico SERVICE SAVER sellado para evitar, escombros, polvo, humedad, de fácil acceso a través de una puerta abatible de fácil acceso.
 - Presión de gas de trabajo 11 pulgadas de agua (27,4 *m bar*).
 - Ignición electrónica HSI.
 - Quemadores de hierro fundido sumergido en esmalte para que no se adhiera el polvo y el moho.
 - Cámara de combustión de acero aluminado resistente a altas temperaturas.
- Sistema de gobernación para humedad / temperatura.

Lo conforma 1 tablero de control de temperatura y humedad cuyas características técnicas son las siguientes:

- Controlador de encendido y apagado de extractores de acuerdo a programación TC5-T6A. incluye 8 etapas.
- 1 etapa para ventilación mínima.
- 6 etapas para ventilación túnel.
- 1 etapa para enfriamiento evaporativo.
- Adicional puede accionar sistema de levante de cortina lateral, de entrada, de aire y de calefacción.
- 3 sensores para el interior del galpón y 1 para el exterior.

- Sistema de control automático de presión estática

Lo conforma 1 controlador de presión estática cuyas características técnicas son las siguientes:

- Tablero automático de presión estática SP-2
- Sensor para interior del galpón
- Sensor exterior con captador de impureza para el exterior del galpón.

4.2.1.1. Ingeniería estructural

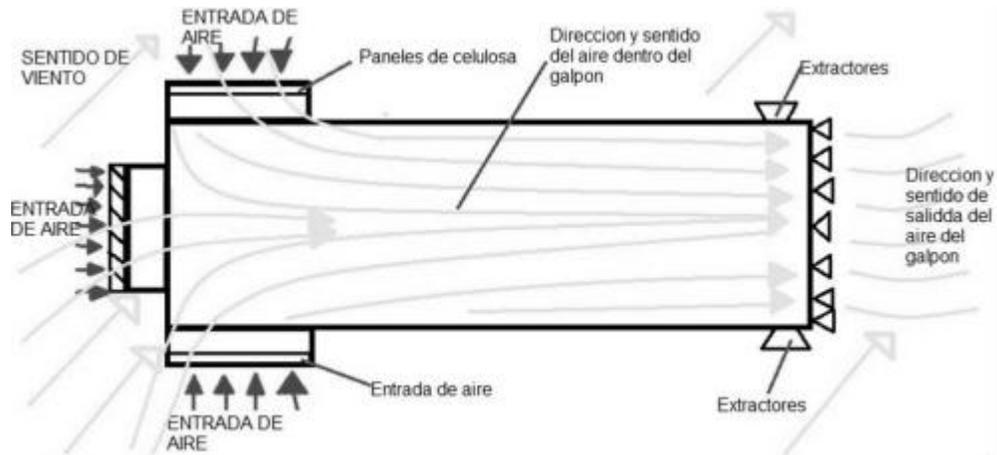
En un galpón con acondicionamiento de aire normalmente se usan los extremos frontales y posteriores para instalar los extractores y los paneles evaporativo de celulosa.

Uno de los factores importantes que se debe tener en cuenta, para poder tomar la decisión de donde colocar los equipos en base a la región son: donde sale el sol y donde se oculta, y no menos importante la dirección del aire.

Los extractores deben estar ubicados de manera que al expulsar el aire del galpón deben hacerlo en la dirección y sentido a favor del viento para que no hagan contra flujo y afecte la velocidad y presión estática del interior del galpón.

En la figura 64 se observa la ubicación correcta de los equipos implementador.

Figura 63. **Ubicación de los equipos**



Fuente: elaboración propia, empleando Visio 2010.

4.2.1.2. Materiales a utilizar

A continuación se presenta el sistema de levante de cortinas que servirán para la entrada de aire con un cortinero eléctrico.

Figura 64. Sistema de levante de cortinas para entrada de aire con cortinero eléctrico

Protect the health of your investment with a properly controlled curtain system. Cumberland's curtain machines deliver powerful performance and reliable operation with durable components to withstand a rigorous environment.

CURTAIN CONTROLLER

Cumberland's Curtain Controller is a screw driven automated curtain machine with a heavy duty 15, 30 or 60 RPM motor. Multi-directional, frame mounted, header pulleys and latch out assembly come standard.

A plastic water resistant junction box is accessible from the outside of the curtain controller.



The drive block assembly features a removable nylon insert in a heavy-duty cast iron drive block simplifying cable/chain installation and ease of maintenance. This design also decreases friction and provides wear characteristics superior to conventional brass drive blocks. UHMW polyethylene guide wheels insure smooth travel, proper alignment and stability.

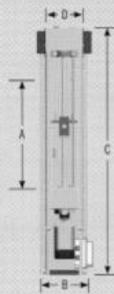
Solid construction and rust resistant materials make the sprocket controller a reliable workhorse year after year.

The Curtain Controller utilizes a threaded block and drive screw directly coupled to a direct drive gear motor.

Isolated primary and secondary limit switches allow for backup protection.

Model	H. P.	Voltage	Frequency	AMP Draw	Travel Speed	RPM
15 RPM Curtain Controller	1/12	115V	60 Hz	1.0 Amps	3" per minute	15
30 RPM Curtain Controller	1/8	115/220V	50/60 Hz	1.7 Amps	6" per minute	30
60 RPM Curtain Controller	1/6	115V	60 Hz	1.8 Amps	12" per minute	60
A. T. Newell	1/2	115V	60 Hz	6.0 Amps	3" per minute	1725

Curtain Commander Length	"A" Travel	"B" Width	"C" Length	"D" Width Less Flange	Weight
24" (61 cm)	22" (55.9 cm)	10.2" (25.9 cm)	52" (132.1 cm)	9.5" (24.1 cm)	110 lbs. (49.9 kg.)
36" (91.4 cm)	34" (86.4 cm)	10.2" (25.9 cm)	64" (162.6 cm)	9.5" (24.1 cm)	130 lbs. (58.9 kg.)
48" (121.9 cm)	46" (116.8 cm)	10.2" (25.9 cm)	76" (193 cm)	9.5" (24.1 cm)	150 lbs. (68.0 kg.)
60" (152.4 cm)	58" (147.3 cm)	10.2" (25.9 cm)	88" (223.5 cm)	9.5" (24.1 cm)	160 lbs. (72.6 kg.)



Cumberland

HARDWARE KITS are available with heavy duty galvanized steel components including sealed needle bearing pulleys, and plated, anti-wrap designed fasteners for ease of installation.



20

Fuente: Cumberland. <https://county-line.ca/wp-content/uploads/2015/07/Cumberland-Broiler.pdf>.

Consulta: 15 de octubre de 2018.

Figura 65. Sistema automático de apertura y cierre de entrada de aire (Inlets)



POWERTRAK[®]
Vent Machine

Operate attic inlets, vent doors, and other items requiring a 12" or less controlled movement at, or under, a 2,000 lb. capacity with the PowerTrak™ Vent Machine. Designed for a wall or ceiling mounted indoor installation, this machine will provide a more cost effective way to operate your vent inlet applications. The PowerTrak Vent Machine is available in 15 or 30 RPM models and can be ordered in either 120v or 240v single phase units. (Note: 240v units available in 50/60hz)

- Machine designed specifically for vent inlet applications
- 15 or 30 RPM - 120v, 60hz, 1ph
- 30 RPM - 240v - 50/60hz, 1ph
- 42.5" overall machine length for tight areas or short walls.
- Maximum travel length on rod is 12"
- Threaded block/drive screw directly coupled to DD gear motor
- Hardware included for cable or chain connection





Composite load nut offers increased life expectancy over brass.



The door hinges from the top of the cabinet on a ceiling mount or can be easily removed on a wall mount for unobstructed access to components.



Channel lock "trak-drive" system captures load block



Easy adjust spring-cam limit switch system



POWERTRAK[®]

With a 5,000 pound capacity, the superior quality and design of the PowerTrak™ linear drive system boasts many performance and durability enhanced features.

- Modular construction for ease of service.
- Built in head bracket with needle bearing pulleys.
- Channel lock "trak-drive" system captures load block.
- 15% increase in load block support surface for greater life.
- Easy adjust spring-cam limit switch system.
- Convenient, easily removable, hinged springlock door.
- Greater protection from the elements.
- Upper and lower auxiliary contact for enhanced Evolution features.






Cumberland's SIDEWALL VENT DOORS are used in poultry applications where transitional ventilation is required.

Part Number	Description	CFM @ .10 SP	Rough Opening
SWI-1700	Curved Sidewall Vent w/Plastic Door & Galvanized Frame	2,250	10.75" x 41.5"
SWI-2000	Curved Sidewall Vent w/ Plastic Door & Galvanized Frame	2,550	10.5" x 46"




The all plastic Curved Sidewall Vent Door directs fresh air into the house along the ceiling toward the peak for gentle air mixing without downdrafts on the birds.

Also available in an all galvanized door construction, Cumberland vent doors are simple to install and provide years of optimum circulation.

Fuente: Cumberland. <https://county-line.ca/wp-content/uploads/2015/07/Cumberland-Broiler.pdf>.

Consulta: 15 de octubre de 2018.

Figura 66. **Paneles de celulosa**



Fuente: *Cumberland*. <https://county-line.ca/wp-content/uploads/2015/07/Cumberland-Broiler.pdf>.

Consulta: 15 de octubre de 2018.

Figura 67. Sistema de generación de calor

SUPER-SAVER XL HEATERS

- 250,000 BTU pilot light model features manual modulating valve (150,000 – 250,000 BTU's)
- Hot surface & direct spark models available in 40,000 to 250,000 BTU
- High temp aluminized steel burn chamber
- Side swing door for easy access and maintenance
- Diagnostic lights for troubleshooting ease
- Standard adjustable "Y" heat deflector
- 1/3 HP totally enclosed thermally protected motor with sealed bearings
- Available in 120 & 240 volt models.
- 1/10 HP on all 40,000 – 75,000 BTU models
- Standard 1/2" gas cock installed at gas valve
- Back-up safety sail switch
- High limit safety switch (manual reset)
- On/Off toggle switch
- Stainless steel, high altitude & CE certified models* available
- Service-Saver enclosed control box




The "SERVICE-SAVER" enclosed electrical control unit is sealed from debris such as dust and moisture and is accessible through a side swinging door making the unit easily field serviceable.



A side swinging door design gives EASY ACCESS to internal components like the "Super-Saver" control unit and blower motor, making it one of the easiest to service heaters on the market.



The ELECTRONIC HSI IGNITION is standard on all models. The heating chamber is made of high temp aluminized steel for superior rust protection. The cast iron burner is enamel dipped to eliminate dust adhesion and rust. The air intake surround increases combustion and heat change efficiency.

The outside mount model is a forced air heater complete with all relevant installation hardware.

The inside mount model is a gas circulating heater ideal for a confinement environment.

Super-Saver pilot heaters available.

Super-Saver XL Minimum Clearances	
Ceiling	12" (305mm)
Wall	12" (305 mm)
Floor	20" (508 mm)

Heater must be positioned such that livestock and combustible materials are unable to come in contact with the heater or within 10 feet (3 meters) of the hot air discharge.

SUPER-SAVER XL SPECIFICATIONS

Model#	Maximum Input	Ventilation	Voltage	Amps
SS-40-XL	40,000 BTUH (11.7kWh)	500 CFM (849.5 m ³ /hr)	120 Volts	2.5 Amps
SS-75-XL	75,000 BTUH (21.9kWh)	500 CFM (849.5 m ³ /hr)	120 Volts	2.5 Amps
HH-SS-120-XL	120,000 BTUH (35.2kWh)	1000 CFM (1699 m ³ /hr)	120 Volts	4.8 Amps
HH-SS-175-XL	175,000 BTUH (36.6kWh)	1000 CFM (1699 m ³ /hr)	120 Volts	4.8 Amps
HH-SS-200-XL	200,000 BTUH (58.6kWh)	1000 CFM (1699 m ³ /hr)	120 Volts	4.8 Amps
HH-SS-225-XL*	225,000 BTUH (65.9kWh)	1000 CFM (1699 m ³ /hr)	120 Volts	4.8 Amps
HH-SS-250-XL	250,000 BTUH (73.3kWh)	1200 CFM (2039 m ³ /hr)	120 Volts	6.0 Amps

LP/Propane Gas
Maximum 14 in. W.C. (34.8 mbar) and minimum 12.5 in. W.C. (31.1 mbar) inlet gas supply pressure acceptable at gas regulator connection. Burner manifold pressure of 11 in. W.C. (27.4 mbar) at maximum input. Gas pressure should be checked by a certified gas technician while heater is in operation.

Natural Gas
Maximum 14 in. W.C. (34.8 mbar) and minimum 5 in. W.C. (12.5 mbar) inlet gas supply pressure acceptable at gas regulator connection. Burner manifold pressure of 3.5 in. W.C. (8.7 mbar) at maximum input. Gas pressure should be checked by a certified gas technician while heater is in operation.

*CE certified available in the HH-SS-225-XL Model

14

Fuente: Cumberland. <https://county-line.ca/wp-content/uploads/2015/07/Cumberland-Broiler.pdf>.

Consulta: 15 de octubre de 2018.

Figura 68. Criadora global 40 000 BTU con bulbo termopar

RADIANT BROODER

A consistent, stress-free environment promotes healthier, more productive animals. Radiant heaters provide a consistent, clean-burning and fuel-efficient source of warmth for all types of poultry houses. With near 100% efficiency, and liquid propane or natural gas compatibility, the thermostat controlled Radiant Brooder uses less energy to yield greater BTU's for your money.

BROODER CONTROL OPTIONS

ZONE CONTROL RADIANT BROODER
For single or multi-zone installations using central or multiple thermostats. This 24 volt AC zone type control can also operate on 12 volt DC as backup if desired. The gas valve includes a built-in regulator. A 24 volt power supply is required. Brooder can be operated by 24 volt thermostat, computer or environmental controller. 100% gas safety shut-off valve.

MODULATING RADIANT BROODER
A modulating type HI/LO control with integral thermostat. No electrical supply is needed. Upon call for heat, valve will open from pilot to low fire and modulate between low and high fire as necessary to maintain desired temperature setting. When thermostat has been satisfied, valve will modulate down to low fire and then drop to pilot. 100% gas safety shut-off valve.

NON-MODULATING RADIANT BROODER
An individual, non-electric and fully automatic On/Off control with integral thermostat which operates on millivolts generated by the pilot — no electrical supply needed. Integral thermostat features a wide temperature range for easy adjustment. 100% gas safety shut-off valve.

DIRECT SPARK IGNITION
A 24 VAC direct spark ignition system. No pilot light saves fuel and maintenance costs.

RADIANT BROODER SPECIFICATIONS

Input Rating (LP or NAT)		40,000 BTU/HR	11.72 kw
Gas Supply Pressure	LP	12-14" w.c.	30-35mbar
	Natural	6-14" w.c.	15-35 mbar
Mounting Height		60-72"	1520-1830mm
Brooder Spacing		25-40'	7.6-12.2 m
Brooder Size	Canopy Diameter	35"	890 mm
	Weight	23 lbs.	10.5 kg
Ventilation Required	Per Brooder	200 CFM	340 m ³ /hr
Gas Consumption	LP	.43 GPH	4.63 l/hr
	Natural	.40 THERM	42.2 MJ/hr
Minimum Clearance to Combustibles	Side	36"	915 mm
	Top	18"	460 mm
	Below	48"	1220 mm

Cumberland's durable THERMOSTAT ensures accurate, automatic operation and are moveable for your convenience.

The ZONE CONTROL PANEL allows you to control up to 30 brooders from one place. It also features a battery backup, four fused zone connections and one thermostat.

15

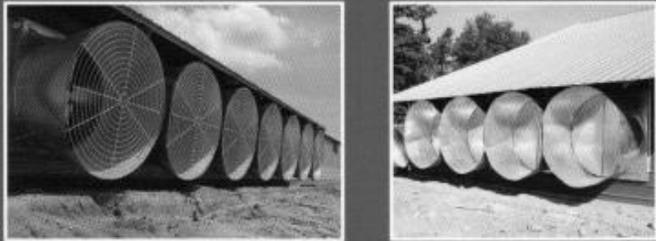
Fuente: Cumberland. <https://county-line.ca/wp-content/uploads/2015/07/Cumberland-Broiler.pdf>.

Consulta: 15 de octubre de 2018.

Figura 69. Extractor de 54"

GALVANIZED STEEL FANS

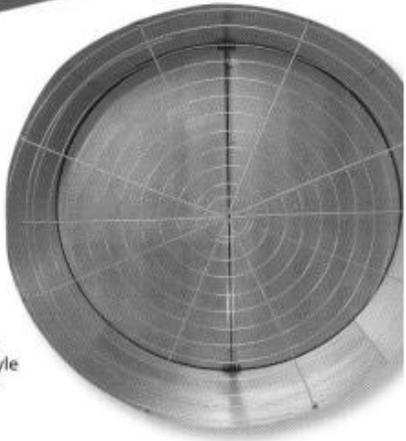
A main contributor to high bird stress and low bird weight is an overheated or poorly ventilated poultry house. Even if your building is well ventilated, inefficient equipment can blow healthy bird profits right out the window. Cumberland ventilation systems are the perfect solution.



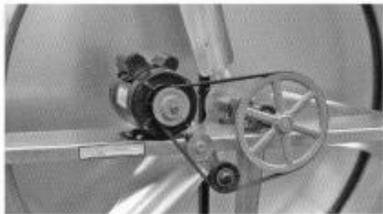
50" & 54" BUTTERFLY FANS

The BUTTERFLY FAN eliminates the need for the traditional louver shutter which are prone to dust buildup. During fan operation, the air forces the shutter doors open to provide full fan performance.

- Simple Butterfly style shutter structure improves fan performance and stability.
- Uses a magnetic shutter panel ring to alleviate movement of shutter doors while not in operation. In turn, the sealing area is reduced 50% or more compared to the traditional louver style shutter, resulting in lower heating cost during winter months.
- Easy to assemble, flangeless cone panels.




ARCHED SIDE CONE PANELS allow Cumberland fans to be mounted closer together on field installations.



Easy access DRIVE TRAINS come standard with all belt drive fans. Large, cast iron, high quality greasable pillow block bearings are used for longer life. Large pulleys allow for longer belt life and smooth operation. An automatic belt tensioner ensures proper belt tension.



Front shutter doors of PROTECTION FROM HARSH WEATHER CONDITIONS as wind and moisture the fan is not in use.

Fuente: *Cumberland*. <https://county-line.ca/wp-content/uploads/2015/07/Cumberland-Broiler.pdf>.

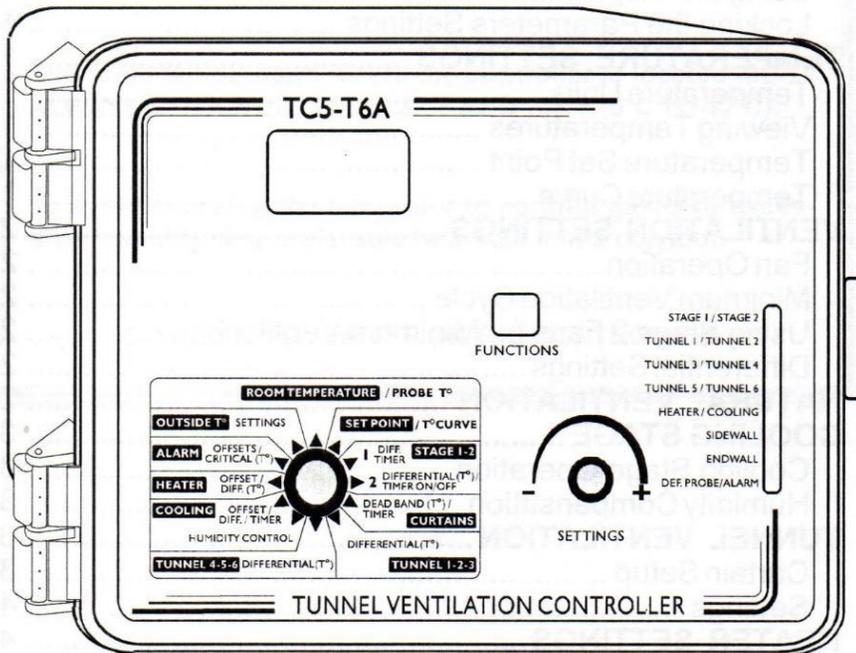
Consulta: 15 de octubre de 2018.

Figura 70. Control de ventilación TC5-T6A

Tunnel Ventilation Controller

TC5-T6A

USER'S MANUAL



Fuente: Imexco Incorporated. http://www.imexcoinc.com/product_manuals/TC5-T6A_Manual.PDF. Consulta: 20 de octubre de 2018.

Figura 71. Sistema de cortinas y sistema de levante

CORTINAS

Son confeccionadas en tejido sintético polipropileno revestidas con laminación de polietileno, posee aditivo de protección contra rayos UV. Son comercializadas en colores amarillo, azul, blanco, negro-negro, negro-plata, azul/plata, azul/blanco y translúcida.

Cortinas unidas por soldadura térmica, permite total sellado de humedad y de luz.

- Fácil manejo;
- Crea condiciones de clima adecuado con bajas y altas temperaturas externas impidiendo el viento frío, más circulación de aire y viento excesivo.

MÁQUINA DE CORTINAS

La función de la máquina de cortinas es el movimiento (apertura y cierre) de las cortinas laterales o entrada de aire de acuerdo con sus necesidades, puede ser operada manualmente por un operario o automáticamente a través de un controlador de ambiente.

- Velocidad constante;
- Opera dos cortinas por máquina;
- Finales de carrera como micro switch de seguridad;
- Con caja de accionamiento y potenciómetro incluido.

DESARME DE CORTINA

El Desarme de Cortina, es un equipamiento utilizado para actuar en casos de falla de energía eléctrica, entonces el mismo "desarma" las cortinas dejándolas caer por gravedad. Esto evita que ocurra la muerte de los animales debido al exceso de calor. El desarme de cortinas GSI Agromarau controla hasta dos cortinas, con alimentación en 220/254V 50/60 Hz, operando en tensión 12Vcc, que ofrece seguridad al operario conforme NBR 5410. El Desarme de Cortina también funciona como alarma por falta de energía.

agromarau 12

Fuente: Garvelsa. <http://garvelsa.com/avesreproductoras.pdf>. Consulta: 20 de octubre de 2018.

4.2.1.3. Costos

Para lograr los objetivos de acondicionamiento del aire dentro de un galpón avícola, se procedió a incurrir en los siguientes costos:

- Costos de los equipos: de alimentación, sistemas de ventilación, sistemas de levante de cortinas, sistema de calefacción, sistema de enfriamiento evaporativo, y sistema de control de temperatura, humedad.
- Mano de obra de instalación de equipos.
- Costo de materiales eléctricos (Incluye generador).
- Costos de la mano de obra de instalación eléctrica.

A continuación, en la tabla XXIII se detalla los valores incurridos en cada renglón.

Tabla XXVI. **Costo de implementación**

Costos	Valor
Costos de los equipos	846 150,27
Mano de obra de instalación de equipos	97 404,19
Materiales eléctricos (Incluye generador)	303 451,52
Mano de obra instalación eléctrica	11 238,95
Total	1 258 244,92

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVII. **Detalle de los costos de los equipos**

Costos de Equipos	Valor
Sistema de comederos	200 535,45
Sistema de bebederos	87 040,61
Sistema de ventilación más paneles de celulosa y controles	558 574,22
Total	846 150,27

Fuente: elaboración propia.

4.3. Impacto del sistema propuesto para la disminución térmica

Cumplir continuamente con las temperaturas objetivo dentro de las naves que contienen a los pollos, ayudará a mejorar la productividad de cada lote de producción, y reduciendo el estrés térmico y manteniendo el confort para las aves, disminuirá la tasa de mortalidad.

4.3.1. Área de galpones

El estudio se realizó en uno de los galpones de la ciudad capital de industria pecuaria, donde se encuentra que la temperatura asciende a 68 °C, en el cenit del sol sobre la lámina.

4.3.2. Temperaturas promedio

La medición de la variable temperatura ambiente exterior máxima, se registró con un centro de información atmosférico portátil (ver figura 73), siendo esta 32,06°C o 89,7°F y la mínima de 25°C o 80,60°F.

Figura 72. **Medidor de temperatura atmosférica (Atmospheric Data Center)**



Fuente: Synergy. <https://synergysupplies.co/geologia/es/termohigroanemometros-anemometros-altimetros-barometro/1-estacion-metereologica-anemometro-termometro-altimetro-barometro-humedad-digital-electronico-brunton-adc-pro.html>. Consulta: 18 de octubre de 2018.

La temperatura máxima que se registró en el interior del galpón fue de 38,5°C y la mínima de 27°C.

La evaluación de la temperatura exterior e interior determinó que la diferencia que se presentó antes de la implementación, se debió al calor generado por los pollos, sumado al calor del aire que entra del exterior, y al calor radiante del techo, acumulado dentro del galpón debido a la baja velocidad de renovación del aire dentro del mismo.

Fuera de un galpón avícola, la humedad relativa siempre se comporta de manera inversa a la temperatura; es decir a mayor temperatura ambiente del aire menor porcentaje de humedad relativa. Dentro de un galpón avícola el comportamiento de la humedad depende de las fuentes de humedad que coexistan dentro del mismo como: la humedad del estiércol de las aves, la humedad que caiga al piso y provenga de los bebederos, la humedad que entre

con el aire exterior en caso de lluvia, la humedad relativa en el exterior del galpón o ambiente. En la zona, el porcentaje de humedad relativa fluctuó entre 50 % y 96 % en la plena estación invernal, día y noche respectivamente.

Se encuentra valores para la HR entre 67 % y 93 %, esto se dio por la cantidad de humedad contendida dentro del galpón, porque la cascarilla de arroz se encontraba mojada.

La evaluación de esta variable determinó que la humedad relativa registrada, sumada a las temperaturas altas, produjo en el galpón un alto estrés calórico en las aves, lo que hizo que se presentaran altas mortalidades durante las 2 últimas semanas de la crianza.

4.3.3. Factibilidad del diseño propuesto

El objetivo que se implementó el galpón con los sistemas de acondicionamiento de aire fue tener una producción avícola más eficiente, con los costos de producción más bajos e incrementar sus ganancias en la misma superficie de producción; es decir con mayor producción.

$$\frac{kg_{carne\ de\ pollo}}{m^2}$$

Luego de evaluar los costos de la mejor oferta económica por los equipos necesarios para lograr los objetivos técnicos, se decidió por hacer la inversión detallada en el cuadro XXIV. En la que se detalla todos los costos incurridos en la implementación, dividiéndolos de manera general en:

- Costos de los equipos
- Costo del galpón
- Costo de la parte eléctrica

A continuación, los factores que indicarán la factibilidad económica del proyecto:

- Área total de engorde
- Total, de lb por aves
- Costos obtenidos por la producción por lote por galpón en cada año
- Ganancia neta por galpón y anual
- Cantidad de tiempo en que se verá el retorno de la inversión
- Intereses por financiamiento
- Precio de venta de la libra de carne de pollo

Para calcular la producción total de libras de carnes que un galpón avícola produce se aplica las siguientes ecuaciones:

$$PT = n \cdot (p)$$

$$CP_{Total} = C \cdot PT$$

Dónde:

PT: Producción total de libras de carne de pollo.

n: Número total de aves por galpón

P: Peso de 1 ave en lb.

Si se sustituye los valores que se tienen en la formula, se obtendrá lo siguiente:

$$PT = 30\ 800 \cdot (7)aves \left(\frac{lb}{ave} \right)$$

$$PT = 215\ 600\ lb$$

De igual manera reemplazando los datos en la siguiente ecuación se tiene el costo de producción total:

$$CP_{Total} = C \cdot PT \left(Q \frac{ave}{lb} \right) \left(\frac{lb}{ave} \right)$$

$$CP_{Total} = Q1\ 195\ 404,16$$

Se registran los datos suministrados por el cliente referente a la ganancia por *lb/ave* tanto por una crianza como todas las crianzas por año.

Siendo:

- Tiempo máximo de crianza es de 60 días
- Tiempo de preparación de galpón para nueva crianza es de 15 días
- Número de crianzas al año son 4,87

Tabla XXVIII. **Detalle de totales anuales por galpón**

Variables	Unidades	Valor Total Anual
Número de Aves	Aves	146 996,00
Unidades producidas	Lb	1 028 972,00
Costo de producción	Q	5 705 182,79
Guanacia	Q	1 927 426,62

Fuente: elaboración propia.

En este caso, como el financiamiento se logró a través de un banco, se debe introducir el costo de la operación con dicha entidad. Se aplica la siguiente ecuación de interés compuesto:

$$F = P(1 + r)^n$$

Definiendo las variables P, r, n da:

F: Capital más intereses que deberá pagar al banco.

P: Valor del capital.

r: Tasa anual del préstamo.

n: Plazo préstamo del banco.

Siendo los datos los siguientes:

$P = 112\,933,01 + 60\,000$ siendo $P = \text{capital} + \text{Intereses}$

$P = 172\,933,96$

$r = 0,15$ interés anual

$r = 1$ año

Reemplazando en la ecuación queda:

$$F = Q1\,295,723.06(1 + 0,15)^1$$

$$F = Q1\,490\,081.51$$

AL final del ciclo productivo del primer año restando las ganancias netas obtenidas de los gastos, dejó un saldo positivo como se observa a continuación:

$X = \text{Ganancia obtenida en el año} - \text{Pago al banco}$

$$X = Q1\ 927\ 426.62 - Q1\ 490\ 081.51$$

$$X = Q437\ 345,11$$

Al obtener el valor de x como positivo, se puede analizar que el proyecto es factible, restando lo que se le debe al banco, el valor queda favorable para el cliente. Haciendo favorable el sistema de ventilación para el control y manejo de la temperatura y el confort del ave.

4.4. Manejo del ambiente

Mantener las condiciones adecuadas en higiene, temperatura, flujo de aire, infraestructura, sistema de alimentación, agua para beber, y el apoyo de los operadores en verificar que todo esté funcionando en base a los parámetros establecidos, impactara positivamente en la productividad de cada lote de aves.

4.4.1. Manejo ambiental

Cuando se trata de la producción avícola, el principal objetivo es producir aves de un gran tamaño sano, y para poder lograr este objetivo es necesario que se tenga una buena alimentación derivado de que las aves no se sientan estresadas y encuentren en su estar dentro del galpón el confort, para lograr esto es necesario tener la temperatura correcta, a través de un buen sistema de control automatizado.

En las aves con pocos días de vida, 1 día de nacido hasta los 14 días, la calefacción del aire de ingreso al galpón es de vital importancia, porque ayudará a mantenerles la temperatura correcta para su crecimiento, dándoles el

confort necesario y puedan pasar su etapa de crecimiento con una buena eficiencia alimenticia.

En cuanto a utilizar equipos para introducir calor dentro de la nave, se encuentran muchas técnicas y variedad de maquinaria utilizada alrededor del mundo en cuanto a la producción avícola se refiere, diferentes tipos de combustibles, maneras diferentes de poder introducir el calor. No se detallará el funcionamiento de estos diferentes sistemas utilizados a nivel mundial porque este documento tiene como objetivo verificar las bases térmicas para el manejo del ambiente dentro de la estructura de la nave que contiene a los lotes de aves.

El buen manejo del clima dentro del galpón, es una de las principales razones de un buen sistema de ventilación, es más crítico manejar un rango de temperaturas ideales en las primeras semanas de aves jóvenes, y es cuando más riesgo se corre de que puedan contraer enfermedades por temperaturas bajas o morir de jadeo provocado por temperaturas muy altas. La ventilación juega su papel importante en cada una de las etapas por las que pasan las aves, desde la incubación hasta la venta de pollo en pie (engorde), y mantener una buena ventilación dentro del galpón significará que el ave encontrará el confort deseado. Se ha determinado que dentro de la temperatura ideal para el buen manejo del lote de aves, existe una variación de pocos grados (de 1,2 a 1,5 °C) donde se encuentra que el sistema digestivo de las aves, acciona de la mejor manera para proporcionar los nutrientes para su crecimiento, y se nombra como la temperatura de rendimiento óptimo.

4.4.2. Factores climáticos

Como se mencionó anteriormente, para determinar el buen diseño de un galpón, desde la región donde se encontrarán, los cimientos con los que será construido, que tipo de materiales se utilizarán para la infraestructura, el diseño de los drenajes, tipo de loza, entre otros. Es necesario tomar en cuenta cada uno de los factores mencionados para que el funcionamiento de la nave sea lo más eficiente posible, pero el factor determinante para diseñar el sistema de ventilación que mantendrá el confort para los lotes de aves que contenga, es el clima que se maneja en la región donde estará situada la granja.

Para determinar el tipo de ventilación que se utilizara en cada uno de los galpones, se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- El tipo de clima que se encuentra en la región donde se quiere instalar la granja, acompañado de un promedio de temperaturas del último año.
- Los picos que se encuentran durante la evaluación de los datos de temperatura, en un año de registros en la región. Se pueden observar, los efectos que se tienen sobre qué tipo de sistema de ventilación utilizar, dada la temperatura de la región donde se proponga instalar una granja avícola, las recomendaciones se realizarán de manera general, debido a que no es el objetivo de este documento y sus limitaciones de espacio.

4.4.2.1. Temperatura baja

Al momento de diseñar la infraestructura que contendrá al lote de pollos para engorde, se debe ser cuidadosos con las regiones donde se tengan situaciones con temperaturas muy bajas (frio extremo), estas deberán estar equipadas para poder mitigar ese frio, y mantener el confort en las aves.

Cuando se trata de la salud de las aves dentro del ambiente controlado que se tiene, mantener los parámetros correctos recomendados por los expertos, es de vital importancia para lograr la productividad del galpón, cuando se tienen ingresos de aire con temperatura baja y este ingresa al proceso de calefacción y luego se mezcla con el que se encuentra dentro del galpón, se llegan a tener situaciones de ambiente demasiado secas, que inciden directamente sobre la salud en las aves. Cuando los sensores indiquen una humedad relativa muy baja, será indicador de que las aves están afectas a respirar aire con temperatura alta y esto implicara jadeo y sin un buen control en la temperatura, la muerte del ave. En ocasiones los galponeros apagando los sistemas de ventilación, con el objetivo de reducir costos, pero esto afecta directamente la temperatura, ocasionando problemas de salud en las aves que no precisamente impactaran en ese momento, pero las pérdidas que puedan llegar a obtener, serán mayores que el ahorro que puedan generar pausando los equipos.

4.4.2.2. Clima frío

En las regiones con niveles de altitud superiores al del mar, donde la temperatura es baja (frío), se facilita controlar la temperatura corporal que expulsan las aves, no es necesario una gran infraestructura para un sistema de ventilación de última generación, ni diseños para ventilación tipo túnel, gracias a que estas regiones mantienen temperaturas menores a los 10°C.

Para este tipo de clima se debe trabajar con un sistema que ayude a eliminar la humedad en exceso dentro de la nave, un sistema de ventilación con movimiento de aire forzado y mantener una presión negativa, beneficiará en la productividad del galpón, a diferencia de las regiones donde se encuentran temperaturas altas (calor), donde se utilizan equipos complementarios para

mitigar el calor dentro del galpón, para las regiones con temperaturas bajas (frio), también se pueden utilizar equipos complementarios para poder mejorar la temperatura interna, por medio de sistemas de calefacción recomendadas para la industria avícola.

4.4.2.3. Clima cálido

En las regiones donde se puede observar que los rangos de temperatura se mantienen por arriba de los 24,5°C, se debe tomar en cuenta los diseños del sistema de ventilación, colocarla de manera forzada, no importando la fase en la que se encontrará el lote de aves. Entre 24,5 y 30 °C se puede utilizar ventilación forzada, cuando la temperatura rebaza este rango es cuando el diseño de ventilación cambia por un sistema tipo túnel, por las cualidades que brinda este sistema, será más eficiente el cambio del volumen de aire y mantener fresco dentro de la nave, dadas las temperaturas arriba de los 30 °C en el exterior del galpón. Al momento que son rebasados los 35°C, ya es necesario complementar la ventilación tipo túnel con un sistema de enfriamiento evaporativo de agua o cortinas húmedas instaladas en las entradas de aire, con el fin de poder mantener la temperatura correcta recomendada por los expertos dentro del galpón, esto ayudará mantener el confort para el ave y no afecte su rendimiento alimenticio.

4.4.2.4. Clima caluroso

Regiones con temperatura extrema (calor), siempre exigirán en los diseños de las naves que contendrán a los pollos, un sistema de ventilación con todos sus complementos, se ha visto con anterioridad que con temperaturas bajas se puede tener un tipo de ventilación forzada, con temperaturas medias un sistema de ventilación tipo túnel realiza muy bien la función, pero con

temperaturas altas es necesario contar con un sistema de ventilación de túnel con un sistema de enfriamiento evaporativo de agua acoplado, para poder mitigar la temperatura y mantener a las aves sin estrés térmico.

Cuando se tienen temperaturas demasiado altas (35°C en adelante), no se puede mantener cantidades grandes de aves dentro de los galpones, porque el calor de la región sumado al calor generado por las aves, dificulta mantener una buena temperatura dentro de la nave, y es recomendable tener lotes con población no muy densa. Regiones con humedades bajas repercuten en el crecimiento del ave, es por eso la importancia de mantener los parámetros recomendados por los expertos en producción pecuaria dentro de la nave, para obtener la mayor eficiencia posible en cada lote, estas recomendaciones varían dependiendo del diseño del galpón, materiales, región donde estará ubicada la granja, etapa en la que se encontrarán las aves, entre otros.

4.5. Requerimientos de las aves

En aves con pocos días de nacidos una a dos semanas, por la falta de plumaje tiene, dificultades para generar y mantener el calor corporal, es por eso que para esta fase, se deben utilizar equipos que mantengan una temperatura entre los 28 y 30°C con una HR entre el 60 a 70 %. Manteniendo este rango de humedad relativa, se puede llegar a contar una temperatura entre los 20 y 24 °C, al momento de que las aves ganan más edad, en general esta parte se da dentro del proceso, cuando se encuentran en las granjas de paso, donde los clientes se acercan para poder comprar por peso a los pollos vivos, a este proceso suele llamársele “venta de pollo en pie”. El objetivo principal siempre es mantenerles la temperatura de confort, no importando la etapa en la que el ave se encuentre. Mientras se tenga una temperatura correcta sumada a una humedad relativa entre el 60 y 70 %, agua para consumo disponible, alimento

para engorde, la productividad de cada lote que se obtenga será la esperada. Es responsabilidad del galponero monitorear los parámetros deseados en los tableros de control, verificar visualmente el comportamiento de las aves, revisar la infraestructura de la nave, para garantizar que el sistema en conjunto funciona de la manera correcta.

4.5.1. Calor y humedad

El proceso natural del ave es convertir el alimento que consume junto con el agua, en energía que es utilizada por su organismo para crecer, la que no logra utilizar la transforma en ganancia de peso, parte de ella también la utiliza para generar calor. La humedad generada por la cama del galpón afecta el proceso, porque las heces generadas caen directamente sobre ella, sumado al sistema de enfriamiento evaporativo de agua en las regiones de mayor calor.

Se puede encontrar que las aves llegan a generar cantidades entre 5 a 7 BTU (Unidades Térmicas Británicas), de temperatura en cada libra de peso corporal que posean, por ende mientras más peso gane el ave dentro de la etapa en la que se encuentre, más será el calor que desarrollen. Se puede verificar el siguiente escenario, suponiendo que se tienen 25 000 aves cada una de ellas con un peso de 4,5 libras, desarrollaran entre 562 000 a 787 000 BTU / hora. El objetivo principal de la industria avícola, es producir aves de buen tamaño sanas, para ser una competencia más agresiva dentro del mercado, a mayor tamaño del ave y menor costo de producción, mayor será la ganancia obtenida por libra vendida. Se debe tomar en cuenta que la humedad también depende del tamaño de la población y ave dentro del galpón, por ejemplo si se revisa el mismo escenario las 25 000 aves con un peso de 4,5 libras, desarrollaran 4 700 litros de agua en 24 horas, este dato varía según la

región y temperatura. Es decir que mientras más crezca en peso el lote de aves dentro de un galpón, más temperatura y humedad se desarrollaran.

4.5.2. Efectos de la temperatura y humedad en los pollos

A continuación se verificará el comportamiento de la humedad y la temperatura, así como el papel que juegan dentro al mantener un clima confortable para el ave en galpón.

La ventilación generada por el sistema dentro del galpón, pasa entre las aves recogiendo la temperatura generada por ellas y lo expulsa fuera, renovando con aire fresco en cada uno de estos ciclos, a través de la respiración el ave puede obtener cierto enfriamiento en el cuerpo, también lo realizan a través del jadeo.

La observación del comportamiento de las aves dentro del galpón, puede indicar tres cosas, primero si se encuentran jadeando o con las alas extendidas, esto indicara que tienen calor, si se ven pequeños agrupaciones de aves en los rincones, esto quiere decir que tienen frio, lo contrario a verlos tomando agua y consumiendo alimento dispersos simétricamente dentro del área, esto quiere decir que están en un ambiente térmico de confort.

Es importante mantener un diferencial de temperatura entre la generada por el sistema de ventilación y la temperatura interna que generan las aves, cuando estas ya tienen todas su plumas, en esta etapa las aves ya se encuentran en engorde, y se deben tener listos los complementos para el sistema de ventilación, mientras más se necesite bajar la temperatura dentro del galpón, mas componentes funcionando se necesitarán de la ventilación en conjunto.

El calor emitido por cada una de las aves, es liberado hacia el ambiente interno del galpón, provocando un aumento en la temperatura general dentro del mismo, y se necesitará que los recambios de aire sean mucho más rápidos y efectivos, para evitar un estrés térmico para el ave, que conlleve a problemas de salud, mala alimentación y la muerte.

Generarles una corriente de viento dentro del galpón a las aves, aparte de realizar los cambios de volúmenes de aire, brinda el confort necesario para el ave. Como se debe mantener una temperatura más baja, comparada con la que las aves emiten corporalmente (con aves emplumadas), por esto utilizar los componentes necesarios en un sistema de ventilación, para garantizar el confort térmico es de vital importancia. Otro factor que termina siendo aliado al momento de mantener la temperatura, es la velocidad del viento, ya que mientras más velocidad tenga más calor emitido por las aves recogerá, si se obtuviera en una nave, una temperatura de 32,2 °C, con HR promedio, y la velocidad del vientos es de 500 p/m, el sentimiento de temperatura para los pollos será de 26,7°C, cuando se tiene aves con poco plumaje o jóvenes, el efecto puede resultar en que sientan frío.

En regiones donde se tienen temperaturas altas (calor), tener como componente extra al sistema de ventilación tipo túnel un sistema de enfriamiento evaporativo de agua, ayuda significativamente a reducir la temperatura dentro del galpón, también se puede utilizar cortinas húmedas, para enfriar el aire de ingreso.

Mantener los extractores funcionando durante la noche, permite eliminar el calor de las aves dentro del galpón, aunque las aves por la noche duerman, esto no quiere decir que no estén generando calor, con los equipos se puede eliminar y darles un nuevo comenzar al siguiente día más fresco, brindándoles

más oportunidad, de superar el calor generado por el ambiente de la región donde se encuentre ubicada la granja durante el día.

El ave genera jadeo, cuando la temperatura ambiente dentro del área que la contiene asciende hasta 5°C por encima de la temperatura recomendada, este jadeo le permite expulsar calor interno y refrescarse, de no lógralo procederá a expandir su alas para para exponer mayor parte de su cuerpo a la corriente de viento, el galponero debe estar atento a este tipo de comportamiento y accionar de manera rápida, para mejorar la temperatura interna de la nave a través de los sistemas de ventilación.

Entre las técnicas utilizadas por gente que tiene años de experiencia en la producción avícola, se tiene que al sumar la temperatura (en grados Fahrenheit) con la humedad relativa, se tendrá como resultado un indicador de que las aves sufren estrés por calor, por ejemplo; si se tiene una temperatura (interna del galpón) de 75 °F con una HR de 80 %, se obtendrá ($75 + 80 = 155$), este valor indicara que se tiene un buen confort para las aves, lo contrario si se rebasa esta sumatoria, tener como resultado 160, indica que las aves sufren de estrés térmico, el calor generado por ellas es demasiado, en comparación con la disipación por el sistema de ventilación.

En regiones en donde la temperatura es baja (frio), se utilizan los calefactores de aire, que al pasar el aire exterior por ellos le cambia la temperatura, pero a la vez también le agrega humedad sumado al producido por las aves, por la cama del galpón, cada una de estas aportaciones de humedad individual no afecta en gran manera, pero todas juntas en el funcionamiento del día a día, subirán la humedad en gran porcentaje, en este escenario es donde la velocidad de la ventilación debe ayudar a mitigar que se eleve la humedad.

En regiones donde la temperatura es alta (calor), se tiene el fenómeno que después de lluvias con poco volumen cubico de agua, la temperatura tiende a elevarse llegando hasta los 33 °C, lo mismo sucede con la humedad, esta puede llegar hasta el 90 %. Como se ha mencionado anteriormente en estas regiones se debe contar con galpones diseñados para tener ventilación tipo túnel, cortinas de humedad para enfriar el aire de ingreso o sistema de enfriamiento evaporativo, para cuando la temperatura y humedad rebasen los parámetros establecidos, mitigar por medio del sistema de ventilación en conjunto el aumento de los mismos, y seguir manteniendo al ave en un área de confort y no afectar su desarrollo, como también que contraigan enfermedades generadas por los cambios tan bruscos de temperatura de estas regiones, obteniendo al final una producción limpia y eficiente de aves.

4.5.3. Humedad relativa

Con el sistema de enfriamiento evaporativo, los aspersores generan gotas con tamaños muy pequeños para ser visibles al ojo humano, lo que se ve en realidad es una nube de agua flotando en el ambiente.

Es de mucha importancia la cantidad de humedad que pueda ser retenida en el aire, no sea menor al 50 %, porque un buen sistema contendrá la mayor cantidad de agua vaporizada, para dar un buen porcentaje de humedad relativa que se tendrá dentro del galpón.

El porcentaje de humedad relativa contendía en el aire, dependerá de la cantidad de saturación que se pueda encontrar dentro del galpón, si la facultad del aire del sistema está conteniendo la mitad, esto quiere decir que la HR es del 50 %, si la capacidad subiera un 25 %, quiere decir que la HR sería del

75 %, al momento de tener dentro del sistema una totalidad de saturación en el aire, estará al 100 % con respecto a la humedad relativa.

La cantidad de saturación de agua vaporizada en el aire, dentro del galpón, dependerá directamente de la temperatura que tenga el mismo, la medición de esta saturación deberá hacerse en litros de agua por metro cubico de aire (lt/m³). Se tiene la ventaja en las regiones con temperatura alta (calor), que es más fácil para el aire absorber mayor cantidad de humedad del sistema en conjunto. En las regiones con temperatura baja (frio), se puede colocar calefactores, calentando aire de ingreso se estará disminuyendo la humedad relativa, para poder apoyar con la ventilación en la estación de invierno, porque al disminuir HR el aire gana la capacidad de aumentar la captación de humedad del sistema y expulsarla del galpón.

4.6. Capacitaciones a personal de granja

Los operadores son el mejor aliado dentro del proceso de producción avícola, es por ello que deben estar enterados de los procedimientos que deben seguir, en cada una de las etapas por las cuales pasaran las aves dentro de los galpones.

Es indispensable que se tenga un programa de capacitación ya sea para nuevos empleados, así como para los que van a iniciar una nueva actividad, y de actualización para aquellos que ya tienen cierto tiempo laborando en la granja; considerando la evaluación para confirmar que el conocimiento ha sido adquirido. La periodicidad con la que deben realizarse las capacitaciones es cada 6 meses. Se debe reforzar el conocimiento de los galponeros, instalando rótulos con los procedimientos en las áreas de trabajo, en un lugar visible, esto facilita al operador al momento de estar en el lugar y realizar su trabajo.

Entre las capacitaciones de operación en los galpones, es de vital importancia agregar las normas de higiene que deben tener al momento de ingresar a las naves y tener contacto con las aves.

4.6.1. Importancia de la bioseguridad y la prevención de riesgos

Los procesos de bioseguridad en una explotación avícola se suman en importancia a estos procesos tales como el baño e higiene del personal que ingresa a la granja.

Las reglas de higiene que debe seguir el personal deberán ser claras y estar visible en cada área de trabajo. El objetivo es prevenir y controlar la sanidad en las operaciones avícolas cumpliendo los lineamientos y flujos, con la finalidad de que toda persona que ingrese a las áreas de operación esté libre de portar algún microorganismo patógeno.

Al momento de comenzar a diseñar las áreas dentro de la granja, se debe tomar muy en cuenta, el área donde se colocaran los sanitarios para el personal operativo, ya que no pueden estar cerca de la operación (aves), ni tan lejos como para descuidarse del trabajo, se deberán colocar rótulos con los procedimientos de lavado de manos, para que no se tenga el riesgo de contaminar a la población de aves.

Dentro de los procedimientos de control de riesgos contra enfermedades que se pueda contraer el ave, es necesario llevar el registro de todas las personas que sean ajenas al proceso e ingresen a la granja, dentro de los requisitos que se deben tener, es necesario que las personas tengan 72 horas

sin haber tenido alguna enfermedad. La información de los registros deberá guardarse durante un periodo de un año.

Toda persona que pretenda ingresar a la granja colocará las pertenencias que sean estrictamente necesarias introducir a la granja, en el cajón de desinfección; después de realizar todo el proceso de baño podrá tomarlas nuevamente.

El cajón de desinfección es una estructura cúbica totalmente cubierta, con una puerta de acceso por la cual se introducen los artículos, estos artículos deberán ser desinfectados antes de ingresarlos a la granja; para lograr la desinfección existen distintos productos en el mercado desde aerosoles hasta hojuelas de formaldehído que gasifican y llegan a las áreas difíciles de los artículos.

Usar equipo de protección personal como mascarilla y guantes para evitar inhalar o tener contacto directo con químicos que pudieran producir alguna reacción en las personas.

El flujo o secuencia que se debe realizar al momento de pasar al módulo sanitario es el siguiente: Antes de ingresar al área sucia se deberá utilizar el tapete sanitario, y está localizado frente a la puerta de ingreso, este tapete deberá contener la solución desinfectante.

Cuando las personas ingresan a la granja, lo hacen directamente a las regaderas (zona sucia), todas sus pertenencias deben dejarlas en locker, luego se deben bañar y colocarse ropa destinada para el ingreso a la granja, esta ropa es proporcionada por personal operativo.

Se tendrán en esta zona equipos o implementos como bancas, percheros y sandalias.

Zona gris: se encuentran las regaderas para realizar el baño del personal, contando con agua caliente, Jabón o shampoo y letrero con las indicaciones del “procedimiento de baño” no introducir nada que provenga del área sucia.

Dentro de las regaderas, se realizará el aseo de cuerpo completo, enjabonando todo el cuerpo, especialmente en las áreas cubiertas de pelo, lavar detalladamente las orejas con jabón y asear la nariz, pues sus secreciones son un medio ideal para el desarrollo y transporte de microorganismos.

Mantener recortadas y arregladas las uñas de pies y manos; lavarse las manos según el procedimiento establecido con químico desinfectante.

Zona limpia: una vez que se haya realizado el baño, se pasa a esta área, donde se deberá utilizar ropa exclusiva de la granja. Dentro de esta área se tendrán los cambios de ropa y calzado de trabajo, suficiente para el personal o visitas; limpios, completos y en orden.

Al pasar del área limpia a la granja se utilizará el tapete sanitario, que está localizado en la puerta.

Al momento de salir de la granja se realizará el mismo proceso a la inversa.

Dentro de las normas de contratación para el personal de las granjas, deberá prohibírseles tener pollos en sus casas, para evitar traslado de

enfermedades a las aves sanas de la granja. Estas normas deberán dejarse plasmadas en su contrato de trabajo y se deberá dar fin al mismo, al no cumplirse con las reglas establecidas.

4.6.2. Acciones de bioseguridad

A continuación se describe las normas esenciales que deberán tener las granjas, para que el programa de bioseguridad sea lo menos infalible posible.

- Mantener el control sobre la cantidad de gente que ingresa a la granja, si las visitas son innecesarias evítelas y siempre lleve registros de ingreso.
- Recomendar al personal que opera dentro de la granja, no tener contacto con aves que sean fuera de la granja, para evitar traslado de enfermedades.
- Con los traslados de equipo entre granja y granja, deberá existir un área destinada a la matización, antes de que ingresen a la granja.
- Tener un sistema de desinfección para los vehículos livianos y camiones, que pueda desinfectar desde las llantas, hasta la parte más alta del mismo, antes de ingresar a la granja.
- Es recomendable contar con un perímetro que logre aislar el terreno donde estará la granja, este puede construirse de lámina.
- Normar a los operadores para que mantengan en todo momento los ingresos cerrados.
- En la granja únicamente deberá contarse con el ave en producción, no se debe permitir ninguna otra ave de raza diferente.
- Absolutamente prohibido el ingreso de mascotas a las granjas.
- Es importante designar un perímetro para control de roedores, revisar por lo menos dos veces al día las trampas, y tener en inventario cebo para reponer el que ya se utilizó.

- Se deberá mantener una programación de jardinería para evitar que la maleza crezca alrededor del galpón y pueda albergar algún tipo de plaga. La infraestructura de la nave deberá estar protegida.
- Los baños deberán instalarse por lo menos a 150 metros de distancia del galpón, y deberán contar siempre con desinfectante para que se puedan lavar las manos.
- Se deberá sellar cualquier ruptura de las cortinas del galpón, o cualquier fisura en la estructura de la nave, durante las revisiones.
- Los locker deberán estar situados al ingreso de la granja, para que los operadores o visitantes, puedan pasar dejar su ropa y bañarse para entrar limpios a la granja.
- Mantener en inventario el químico para lavarse las manos, esta nunca deberá faltar en los lavamanos de ingreso de la granja.
- Instalar pediluvios en el ingreso general a la granja, como en los galpones, ayudará mantener a las aves sanas.
- Se le debe proporcionar botas de hule al personal operativo como a los visitantes, únicamente para el uso dentro de la granja, al terminar su jornada deberán dejarlas.
- En los pediluvios se debe tener cuidado de colocar un químico que tenga la capacidad de matar las bacterias en el menor tiempo posible.
- Se deben hacer coincidir los calendarios de vacunación de las aves jóvenes como de las reproductoras.
- Al momento en que los lotes de aves de todos los galpones son retirados de la granja, se deberá dejar pasar una semana, antes de la llegada de los nuevos pollitos.
- Todo el personal que ingrese a realizar la colecta de los lotes de aves, junto con los camiones y equipos a utilizar, deberán estar debidamente desinfectados.

- En el tiempo de espera para la nueva población de aves, se deberá cambiar la cama de los galpones, por cascarilla de arroz fresca.
- Si se piensa volver a usar la cama de la parvada anterior, deberá levantarse toda la parte húmeda de la misma. Levantarse las cortinas y dejar los extractores funcionando para secar la parte de la cama que se dejará.
- Los comederos como los bebederos deberán ser desinfectados en el proceso de espera al nuevo lote de aves, se deberá verificar que funcionen correctamente y reemplazar todos aquellos que estén en mal estado.
- Realizar análisis de metales pesados y fisicoquímicos al agua que se les provee a las aves, es de vital importancia para mantener la salud, estos análisis deben hacerse anualmente.

Generalmente mantener la inocuidad y seguir los procedimientos establecidos en las granjas de producción avícola ayudarán a mejorar la bioseguridad dentro de las instalaciones, el objetivo es poder mantener las instalaciones adecuadas para el buen desarrollo de las aves, y así mantener el mejor rendimiento por galpón, evitando enfermedades que puedan producir mortandad de una o varias aves.

Factores que se deben tomar en cuenta para el programa de higiene y sanitización dentro de la granja:

- Cuando se recogen todas las aves de los galpones de la granja, es necesario también retirar las aves muertas de las composteras.
- Utilizar una mata insectos minutos después de retirar a las aves de los galpones, para matar cualquier plaga en la cama del galpón, si esta fuera a utilizarse con la siguiente parvada.

- Revisar el cordón de control de roedores, para volver a colocar los cebos en las que se hayan utilizado, y recoger los roedores que se hayan atrapado.
- Limpiar el suministro de alimento y agua hacia los galpones, debe quitarse los restos de alimento de sobre la cama, tuberías y equipos.
- Verificar que el alimento sobrante del lote anterior este en buenas condiciones para utilizarse con la nueva parvada.
- Si no volverá a utilizarse la cama del galpón, esta deberá retirarse en su totalidad y ser extraída de la granja.
- Se deberá realizar una limpieza profunda de la estructura del galpón, piso, cortinas, tuberías, techos, entre otros. Para recibir la nueva parvada.
- Tener el debido cuidado con los sensores y equipos automatizados dentro del galpón, para evitar malos funcionamientos posteriormente.
- Cuando se realice la limpieza profunda dentro del galpón, deberá verificarse que los drenajes realizan su trabajo efectivamente y no estén tapados. Para el lavado profundo deberán utilizarse espumadoras, hidrolavadoras, escobas, cepillos, todos estos utensilios deberán desinfectarse antes y después de ser utilizados para este fin.
- Realizar mantenimiento al mecanismo de las cortinas, verificar que las cortinas queden sanitizadas por dentro y fuera.
- Los controles que gobiernan el funcionamiento automático de los equipos dentro del galpón, deberán sanitizarse de manera cuidadosa y en seco, para evitar que se puedan dañar, utilizar aspiradores de aire es una herramienta que beneficia en este proceso.
- Los depósitos colocados encima de los galpones deberán de drenarse, para lavarse con detergente y luego volverse a llenar.
- Drenar todas las tuberías del sistema de bebederos, si puede diluir desinfectante en el agua de los depósitos, para aprovechar el paso por las tuberías y sanitizar desde adentro, tendrá una limpieza mucho más eficiente.

- Luego de terminar las limpiezas profundas dentro del galpón y las áreas por las que el ave tendrá contacto directo, es necesario realizar análisis microbiológicos y coliformes fecales, para determinar la sanitización de las áreas y poder garantizar de esta manera, que las aves estarán en un área totalmente limpia, para su buen desarrollo.
- Todos los equipos o materiales que no puedan destaparse para realizarles una limpieza profunda, es mejor desecharlos porque crearán colonias de bacterias que afectarán al nuevo lote.
- En cuanto se refiere a la estructura externa de la nave, los canales son de vital importancia su cuidado y mantenimiento, durante el periodo de espera para el nuevo lote, deberán de limpiarse retirando todas las hojas y tierra que puedan acumular durante cada lote.
- Todas las partes de la infraestructura que necesiten mantenimiento, deberá realizárseles en este tiempo de espera.
- Los drenajes deberán tener tapaderas, que servirán para liberar los fluidos de las limpiezas profundas, pero al llegar el nuevo lote deben volverse a cerrar, para evitar el ingreso de plagas al galpón.
- Se deben lavar bordillos y banquetas externas del galpón, si es necesario deberán pintarse para evitar crecimiento de colonias de bacterias.
- Después de la limpieza profunda, puede utilizarse el sistema de ventilación para expulsar toda la humedad y evitar que se queden restos de agua dentro.
- Deberá sanitizarse la ropa utilizada por los operadores así como las botas y realizar una fumigación dentro de las oficinas y lugares donde se guarde la ropa.

4.6.3. Evaluaciones periódicas

Cuando los nuevos lotes de aves ingresan a la granja, se debe tomar en cuenta que por el traslado ellos vienen estresados, es por eso que en el primer día de estadía se debe monitorear, para garantizar su confort.

Deberán pasar un tiempo de 4 horas para realizar la siguiente revisión:

- Tomar una muestra de 100 aves, en los diferentes galpones dentro de la granja.
- Se debe sentir la temperatura de sus patas y compararla contra la temperatura de nuestra frente.
- Si se encuentra una temperatura baja (frio) en las patas de las aves, es necesario revisar la graduación del sistema de calefacción, a modo de mejorarles la temperatura.
- Precalentar la cascarilla de arroz (cama del galpón), antes de que el lote de aves llegue, es de vital importancia para evitar los impactos de una cama fría, como:
 - Poca alimentación por parte del ave
 - Bajo desarrollo físico-nutricional
 - Tener un lote de aves con variaciones de tamaño y peso

Como se ha mencionado anteriormente, las inspecciones visuales del comportamiento de las aves dentro del galpón, pueden brindar mucha información de utilidad para mejorarles el confort, a esto se viene a sumar el poder validar la temperatura de las extremidades inferiores y tomar medidas necesarias, para mejorarles su ambiente térmico, porque de lo contrario se tendrá aves estresadas, que no consumirán alimento y no tendrán un desarrollo

normal. Los sensores pueden indicar la temperatura del ambiente, pero es necesario verificarla a través del tacto con las patas de las aves.

Revisión que se debe realizar con un día de estadía en el galpón.

Mediante las yemas de los dedos se puede palpar el buche de las aves, para verificar que hayan tenido una alimentación balanceada entre alimento y agua, si se siente la bolsa de comida muy tensa, esto indica que el ave consumió alimento pero no logro la suficiente agua, lo contrario si la bolsa está demasiada flácida, indicara que únicamente lograron tomar agua, en ambos casos se debe verificar la disponibilidad tanto de agua como de alimento, y analizar porque fue que sucedió alguno de los dos casos, ya que por tuberías estropeadas puede que el agua no llegue hacia los bebederos, o que el alimento se quede atorado, es necesario resolver estos percances de inmediato. La manera correcta en la que se debe encontrar la bolsa alimenticia del ave es flexible y elástica.

- Para tener una muestra representativa por cada etapa y galpón, se deberá tomar 100 aves para el estudio.
- Tan solo un 5 % de las 100 aves deberán estar con algún problema de los mencionados anteriormente, en su bolsa de comida.
- De tener un porcentaje más alto, es necesario realizar la revisión, reparación de los equipos, para evitar este tipo de problemas.

4.7. Manejo de desechos

Todo lo considerado como basura, resultado de la operación día a día dentro de la granja, que no sea orgánico, deberá acumularse en recipientes destinados únicamente para este objetivo, deberán existir estaciones de paso,

donde el encargado de recolectar deberá pasar dos veces por día, llevando toda la basura hacia otros recipientes que deberán estar cerca de la entrada a la granja, esto con el objetivo de facilitar al servicio municipal recolectar la basura y evitar contaminación dentro de la granja, ya que el camión no tendrá ingreso a las instalaciones.

4.7.1. Desechos orgánicos

El operador de turno, deberá durante su rondas de revisión en los galpones, aparte de revisar temperatura, ventilación, agua comida, es muy importante que debe verificar la existencia de aves muertas, de ser así, deberá inmediatamente retirarla, llevarla al área de inspección y llamar a veterinario que se encuentre de turno, con el fin de poder verificar el causante de su muerte, y si es por enfermedad se pueden tomar medidas necesarias de vacunación para salvar al resto del lote, si fuera por sofocación es necesario revisar las entradas y salidas de aire como la ventilación en sí. El ave muerta deberá llevarse al área de compost donde junto con camas anteriores de cascarilla de arroz se descompondrá y luego se venderá como abono.

Estas composteras deberán estar a una distancia mínima de 30 metros de los galpones, bodegas de insumos, alimentos, vestidores, oficinas, entre otros. para evitar cualquier contaminación, porque el olor de descomposición atrae moscas que pueden transmitir enfermedades a las aves dentro de la granja.

Deberán estar construidas en la base de una capa de 10 cm de concreto con piso cerámico, paredes hasta dos metros de altura construidas en block repelladas y con azulejo (para evitar que desechos se queden en las fisuras), deberá contar con drenajes de fácil lavado, que se utilizaran únicamente cuando se realicen limpiezas profundas. De los dos metros en adelante deberán

tener parales de madera en cada esquina hasta un metro de altura y luego el techo de lámina, con cortinas plásticas para evitar las plagas.

Trabajando la mortalidad de las aves por medio de las composteras, se ayuda al medio ambiente, de manera que no contamina los mantos freáticos, los suelos, o cauces de agua cercanas a la granja, además de obtener un beneficio a través de la venta de la composta como abono para los sembrados de vecinos próximos.

4.7.2. Desechos veterinarios

Todos aquellos insumos que se utilizan en el día a día de la operación, como guantes, agujas, frascos que contenían químicos, serán catalogados como desechos veterinarios, se debe de tener un proceso diferente al de la basura normal, estos desechos contaminan agresivamente el planeta, y debe existir un procedimiento interno de la granja para tratarlos.

A diferencia de la basura normal, deberán existir recipientes especiales para este tipo de desecho con material apropiado para resistir, su corrosión, cortes y guardar posibles emisiones de gases. Estos recipientes deberán estar debidamente identificados y de igual manera alejados por lo menos 30 metros de los galpones, vestidores, oficinas, tomas de agua, entre otros. Cuando los recipientes estén por llenarse, se deberá notificar a la empresa contratada para que se presente a llevárselos y tratarlos de la manera correcta.

Se debe llevar registros de estas actividades, para demostrar antes las autoridades sanitarias el correcto manejo de los desechos, se debe tener copias de las licencias ambientales y de manejo de desechos de la empresa que se contrate.

4.7.3. Excretas

Cuando el lote de aves es retirado de los galpones, la cascarilla de arroz que funciona como cama, por lo general se encontrará húmeda por los desechos de las aves, es importante catalogar si se volverá a utilizar para una siguiente parvada, de ser así se debe recoger el exceso de cascarilla húmeda de la parte de arriba de la cama y sanitizar con un desinfectante el resto que se deja, en el caso de que no se vuelva a utilizar, se deberá juntar dentro del mismo galpón en tres surcos, que irán desde un extremo al otro, y rosearse con agua periódicamente durante tres días, esto para poder matar la mayor cantidad de bacterias, luego deberá dejarse dos días más en reposo para que pueda secarse lo máximo posible, al sexto día ya podrá venderse como abono seco, procedimiento realizado por industria pecuaria, Avícola Villalobos, S.A.

4.7.4. Aguas residuales

Son el resultado del proceso de producción avícola en cada una de las granjas, desde las limpiezas profundas que se les realizan a los galpones, entre cada lote de aves que pasa por ellos, como la de los baños, lavamanos, regaderas. Estas aguas deberán ser almacenadas en cisternas y luego vaciadas por empresas certificadas para el manejo de este tipo de desechos o tratadas a través de una planta de tratamiento de aguas por granja.

Para diseñar la planta de tratamiento que se utilizará en cualquiera de las granjas, es necesario que se tenga una separación de drenajes, para aguas grises (lavamanos, duchas), y aguas negras (sanitarios, limpiezas de galpones), deberán ir juntas, diferente a ellas deberá existir un drenaje para aguas pluviales. Con esto se logra captar en la planta de tratamiento únicamente aguas grises y negras (que son las dañinas al medio ambiente), luego de la

separación de drenajes es de vital importancia conocer el caudal de dichas aguas que llegaran a la planta, para que los expertos puedan diseñar la capacidad de la misma, también se debe realizar análisis de laboratorio de las aguas, para determinar qué tipo de planta se construirá, por lo general para este tipo de proceso las plantas aeróbicas funcionan muy bien. Los lodos generados por la planta deberán ser retirados, por la empresa contratada que cumpla con los requisitos ambientales, para tratar este tipo de desechos. En este documento no se aborda el proceso, diseño y tipos de plantas de tratamiento, por no ser el objetivo principal.

4.8. Medidas de seguridad

Para mantener las condiciones ideales, uno de los factores importantes a seguir es poder aislar en lo mayor posible la granja del exterior, para minimizar el riesgo de contagio de enfermedades al ave, es por eso necesario la implementación de protocolos de seguridad para lograrlo.

4.8.1. Bioseguridad

Las empresas avícolas deben poseer un Plan global de bioseguridad para prevenir o minimizar el ingreso y salida de agentes infecciosos en la granja. El personal de la granja deberá estar debidamente capacitado, para cumplir y hacer valer los procedimientos para salvaguardar la salud de las aves, que se encuentren en los galpones.

El material veterinario, vacunas, químicos, incluso materiales de limpieza deberán contar con su registro sanitario, esto garantizará que su funcionamiento durante la operación no dañará a las aves.

Se debe estar avalado bajo las normas del MAGA (Ministerio de agricultura, ganadería y alimentación), cuando se importen aves, como el macho alfa para reproducción.

Existen enfermedades que son adquiridas por las aves durante etapas anteriores a la engorda (reproductores y nacedoras por ejemplo) y cuyos signos clínicos se evidencian durante esta, afectando la salud y bienestar de la parvada. Algunos ejemplos de esta situación son los problemas podales y cojeras. Por esta razón, la granja debe implementar estrictas medidas de bioseguridad e higiene en las unidades productivas donde se mantengan las parvadas reproductoras, incuben huevos, en las nacedoras y en todos los procedimientos que impliquen manipulación de las aves y pollitos, de manera de prevenir la presentación de enfermedades en las parvadas de engorda.

La empresa que se contrate para el control de plagas, deberá presentar mes a mes los logros que se han obtenido, con el cordón de seguridad que se instale en base a planos de la granja, se debe contar con su registro sanitario, con las fichas técnicas de los productos que vayan a utilizar en las trampas. Para mayor información sobre control de plagas se recomienda revisar el manual de buenas prácticas de producción avícola en control de plagas.

No se debe permitir el ingreso ni la mantención de animales domésticos en a la granja.

Ningún empleado podrá poseer aves de corral en sus domicilios y deben evitar entrar en contacto con aves y con otras especies de ganado, ferias de animales, plantas faenadoras y fábricas de procesamiento de alimentos de origen animal ajenas a la granja.

Todos los operarios de la granja, que estén en contacto con las aves deben respetar los procedimientos de higiene y desinfección para el personal establecidos por el programa de bioseguridad de la empresa.

Todos los trabajadores deben ser capacitados y entrenados para poder conocer, entender y aplicar las medidas de bioseguridad establecidas dentro del Plan global de bioseguridad. Para mayor información sobre entrenamiento y capacitación de los empleados, se recomienda revisar el manual de buenas prácticas de producción avícola en personal.

Se debe establecer un método de retiro y eliminación de cadáveres, ya sea pozo, compostaje, *rendering* u otro, que impida la diseminación de potenciales agentes infecciosos.

Del manual de buenas prácticas de producción avícola en bioseguridad, se debe verificar los procedimientos y normas que puedan aplicar para nuestras granjas, con la finalidad de fusionar y aplicar un plan de bioseguridad, para garantizar la salud de las aves dentro de los galpones.

4.8.2. Sistemas de bebederos

El equipamiento de suministro de agua debe ser diseñado, construido, instalado y mantenido de manera de permitir que las todas las aves de corral puedan beber agua sin dificultades.

El equipamiento de suministro de agua debe minimizar la contaminación y los efectos perjudiciales de la competencia entre aves por estos recursos.

Se debe revisar y ajustar la altura de los bebederos diariamente, con la finalidad verificar su correcto funcionamiento como también de minimizar la probabilidad de derrame.

Para poder llevar registros de consumo del agua por lote de producción en cada galpón, se tiene que contar con la instalación de un equipo para contabilizar la cantidad de agua utilizada entre cada etapa de las aves, por cada galpón, un contador de agua instalado en la tubería principal de alimentación de agua, será útil para esa tarea. Los registros de consumo diario de agua de una parvada proveen de una alerta para la detección temprana potenciales problemas con las aves, por lo que debe ser considerada como una herramienta de manejo necesaria de incorporar en la granja.

Para garantizar la productividad del lote de aves, se debe considerar el tener un sistema de respaldo para suministro de agua, en caso de tener algún desperfecto con el suministro principal, este deberá ser capaz de mantener funcionando la operación por lo menos tres días, en lo que las personas encargadas puedan realizar los ajustes y reparaciones necesarias.

Los tanques destinados al almacenamiento del agua que se usará frente a situaciones de emergencia, deben ser de un tamaño adecuado o encontrarse en cantidad suficiente para asegurar un suministro de 2 litros de agua por ave al día como mínimo.

Lograr los correctos niveles de agua potable en el sistema de suministro de agua para los bebederos, dependerá del programa de mantenimiento que se tenga establecido para este fin, y de realizarlos con la periodicidad establecida por los expertos.

Los tanques de almacenamiento de agua de bebida deben estar protegidos (cubiertos), y ser manejados higiénicamente.

Dentro de la rutina de revisión del operador dentro de la granja, este deberá revisar que el suministro de agua se encuentre funcionando al 100 %, de existir cualquier problema deberá notificarlo inmediatamente al personal dedicado a solucionar y dar mantenimiento a estos equipos, con la finalidad de mantener garantizado el suministro de agua para las aves.

4.8.3. Manejo de piensos

La responsabilidad de la producción, elaboración, almacenamiento, transporte y distribución de piensos e ingredientes inocuos y adecuados recae en todos los operadores de la cadena de piensos: agricultores, fabricantes de ingredientes de piensos, fabricantes de piensos compuestos, transportistas entre otros. Todos los involucrados en este proceso, deben velar por el cumplimiento de las normas y requisitos para que se cumplan y así mantener una cadena saludable de este producto.

Las aves deben ser alimentadas con una dieta saludable y apropiada para la edad, especie y condición productiva de estas.

La dieta debe ser suministrada en cantidad suficiente para que las aves mantengan un buen estado de salud, satisfagan sus necesidades fisiológicas y minimice la presentación de desórdenes metabólicos y nutricionales.

Los veterinarios designados para llevar el control nutricional de las aves de cada una de las granjas, deben ser cuidadosos para determinar la dieta, porque una de las variables importantes a tomar en cuenta sería la temperatura

de la región, para ver la cantidad de estrés por calor que puedan llegar a sufrir, Los veterinarios deben establecer una dieta que cumpla con los requisitos mínimos de alimentación para el tipo de ave Arbor Acres, que es el que se produce en Avícola Villalobos, S.A.

La dieta deberá estar balanceada, para contener una mayor cantidad de energía disponible para el ave, para que su consumo de alimento sea el mayor posible y se logre un buen peso. Por esta razón, cuando se modifique el nivel de energía de la dieta, el consumo de alimento también lo hará, motivo por el que se deben ajustar los aportes de otros nutrientes en la dieta para satisfacer las necesidades orgánicas de las aves para un nuevo nivel de ingesta.

El alimento suministrado a las aves de la granja debe ser siempre fresco, no estando rancio ni contaminado. Para evitar que las aves tengan acceso a alimento rancio o contaminado, el alimento debe ser reemplazado de forma regular.

La ración de las aves debe incluir solo alimentos, ingredientes y aditivos permitidos por la legislación para ser incorporados en la alimentación de aves de corral.

El alimento de las aves de la granja, no debe contener harina de carne y hueso, aceites y grasas de origen avícola.

No se debe suministrar a los animales alimentos o ingredientes que puedan contener cualquier sustancia que pueda causar daño o sufrimiento innecesario a los animales.

Se debe conocer la composición nutricional de todos los ingredientes comprados y de elaboración propia a incorporar en la ración de las aves de la granja.

Los cambios repentinos en el tipo, cantidad o composición de los alimentos deben ser evitados, porque se puede ocasionar desorden alimenticio en el ave, si es muy necesario y no se puede evitar deberá realizarse de una manera pausada.

Es importante que se suministre el pienso apropiado al grupo de animales que corresponda, y que se sigan las instrucciones para su empleo.

Se debe reducir al mínimo la contaminación del alimento durante su suministro.

En todas las granjas deberá existir una segunda alternativa que no dependa del sistema automático de bebederos y comederos, para proveer de alimento y agua a las aves, este deberá activarse al momento de que el sistema original presente fallas.

La granja debe hacer esfuerzos para disminuir:

- El desperdicio de alimentos
- La variedad de alimentos dentro del proceso
- Tiempo y energía utilizados por las aves para comer

La producción animal, incluido el sector avícola, libera los nutrientes en exceso en el medio ambiente, por lo que debe asumir la responsabilidad de su impacto sobre el mismo, especialmente sobre la calidad del agua.

Dentro de los objetivos planteados por cada una de las granjas, deberá contarse con un plan ambiental para reducir el impacto en el mismo, dentro del ambiente que le rodeara a cada instalación. Mientras mejor sea el estudio por parte de los veterinarios para diseñar la dieta de las aves, sumado al buen diseño del sistema de ambiente térmico para crear el confort deseado, se tendrán mejores resultados al momento del consumo de alimento por parte del ave, porque aprovechará al máximo el alimento para engordar y excretar lo menos posible, de esta manera se impactará menos en el ambiente.

5. SEGUIMIENTO DE LA PROPUESTA

Para que la propuesta pueda tener una continuidad es necesario tener seguimientos a todos los aspectos presentados como son los indicadores, la adquisición de datos entre otros.

5.1. Análisis de indicadores

Una vez instalado el sistema se comprobó individualmente el funcionamiento de cada componente dentro de la calefacción, humidificación, calidad de aire y tablero de control.

5.1.1. Sistema de calefacción

Para la calefacción del galpón se analizó lo siguiente:

- Encendido manual mediante el uso del panel incorporado a la máquina.
- Encendido desde el tablero de control mediante el uso de *relays*.
- La correcta alineación del dispositivo AOSONG AQ3010Y contra los equipos manuales de temperatura de la infraestructura interna.
- Verificación del cumplimiento de los parámetros seteados del equipo AOSONG AQ3010Y, para el aire caliente.
- El comportamiento adecuado del combustible de inyección y vuelta al tanque.
- Funcionamiento del Termistor a diferentes escalas de temperatura.
- Funcionamiento del Sensor de nivel con diferentes cantidades de líquido en el reservorio.

- Funcionamiento del filtro de combustible a la salida del reservorio y entrada de la cámara de combustión.

5.1.2. Sistema de nebulización

Para el sistema de nebulizadores se comprobó:

- Correcto funcionamiento en la válvula manual acoplada a la tubería principal, fugas y soporte de las tuberías de abastecimiento.
- Funcionamiento de la válvula de flotador en el reservorio.
- Funcionamiento del filtro de agua acoplado a la entrada de la tubería de la bomba.
- Comprobación del funcionamiento manual y mediante voltaje para las electroválvulas y válvulas manuales de distribución.
- Accionamiento de la bomba.
- Comprobación de funcionamiento para cada uno de los nebulizadores y búsqueda de fugas en los acoples de los mismos y en las tuberías de distribución.

5.1.3. Sistema de monitoreo de la calidad del aire

Se realizaron pruebas a los sensores dentro de los galpones, esto con el fin de garantizar las correctas lecturas de amoníaco, monóxido y dióxido de carbono, se compararon contra lo indicado por el fabricante en los manuales de producto. También se realizó la comparación con equipos móviles digitales, para este tipo de gases, con el fin de comparar resultados.

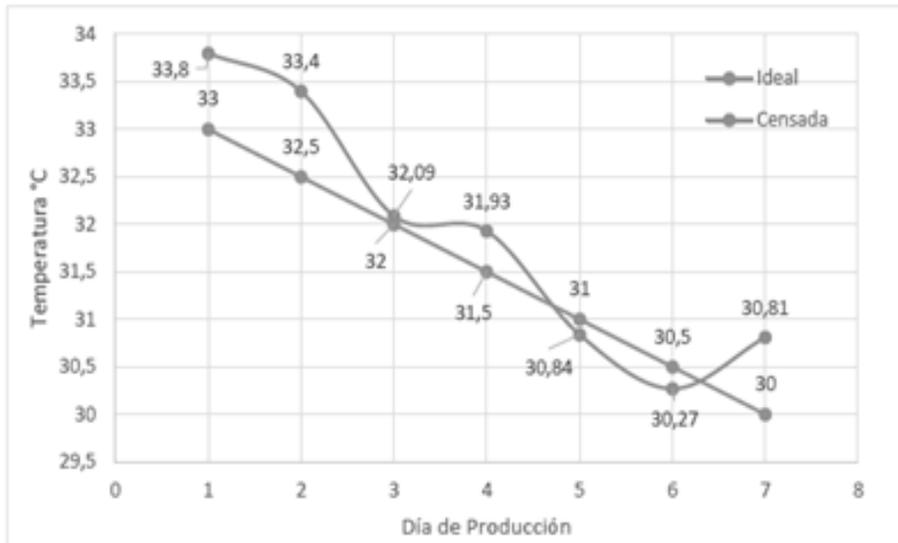
5.2. Adquisición de datos

Para el registro de datos se utilizó la función Datalog del PLC S7-1200, y se configuró para grabar datos de temperatura, humedad, encendido de calefacción, ventilación, y nebulización, cada 15 minutos durante todo el proceso productivo. El consumo de combustible se determinó mediante registro de datos escrito por parte del administrador del galpón.

5.2.1. Registros de temperatura

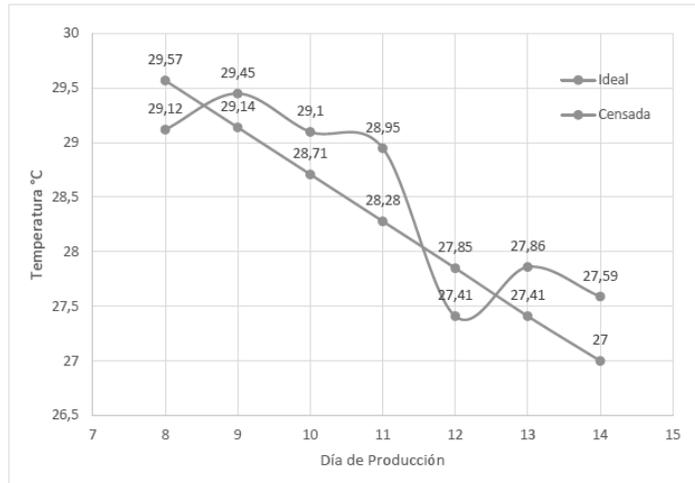
El sensor AOSONG AQ3010Y detectó que la temperatura se mantuvo estable dentro del rango programado inicialmente obteniendo los siguientes valores promedio durante las 5 semanas de producción.

Figura 73. Temperatura ideal y censada en semana 1 de crianza



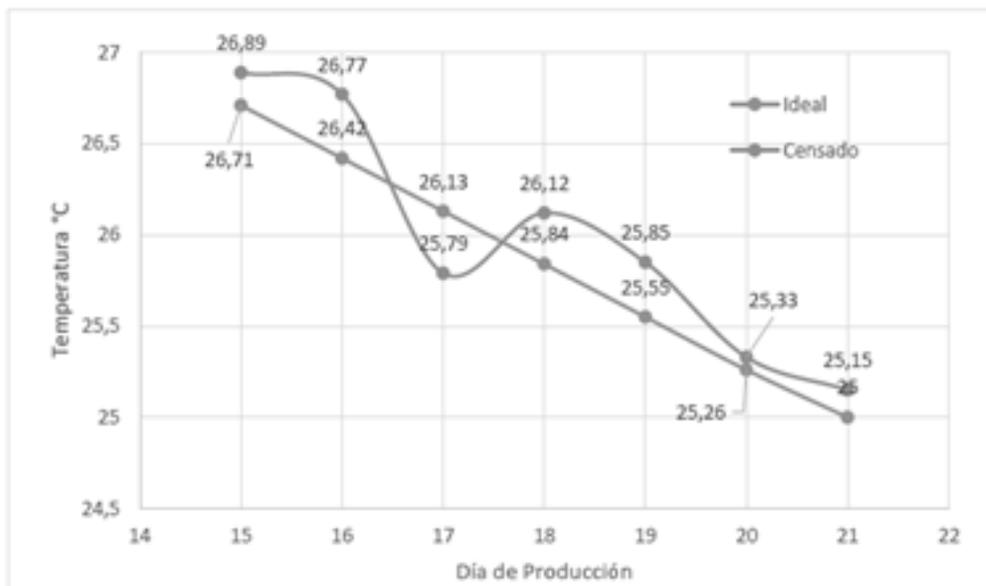
Fuente: elaboración propia.

Figura 74. **Temperaturas ideales y censadas en semana 2 de crianza**



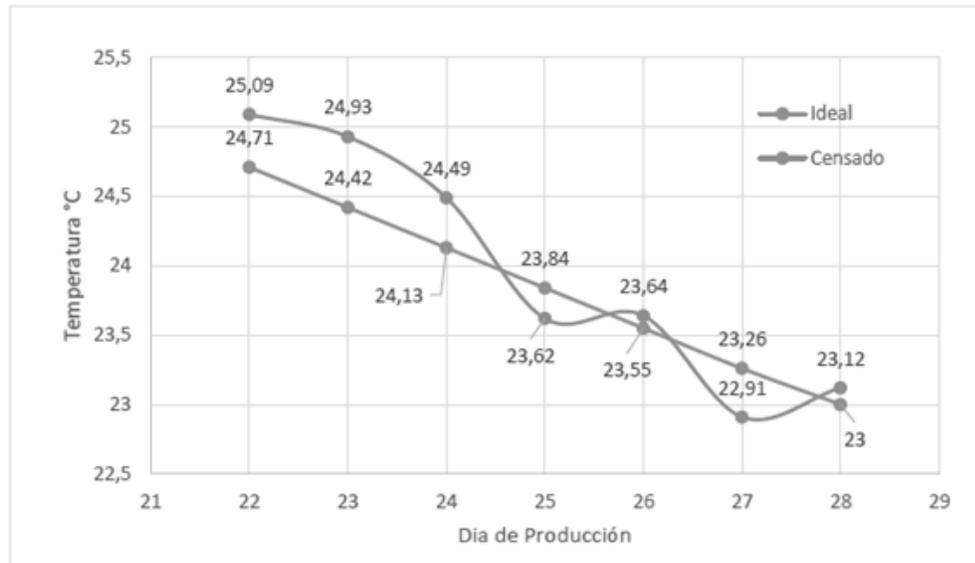
Fuente: elaboración propia.

Figura 75. **Temperaturas ideales y censadas en semana 3 de crianza**



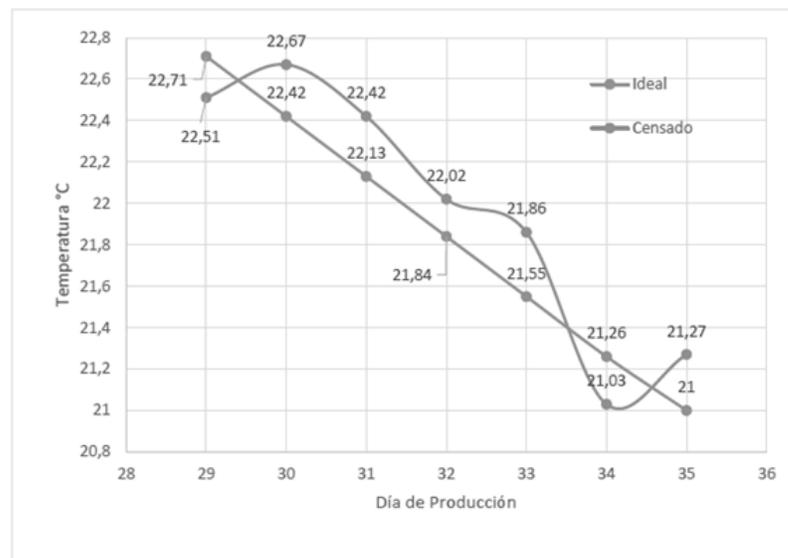
Fuente: elaboración propia.

Figura 76. **Temperaturas ideales y censadas en semana 4 de crianza**



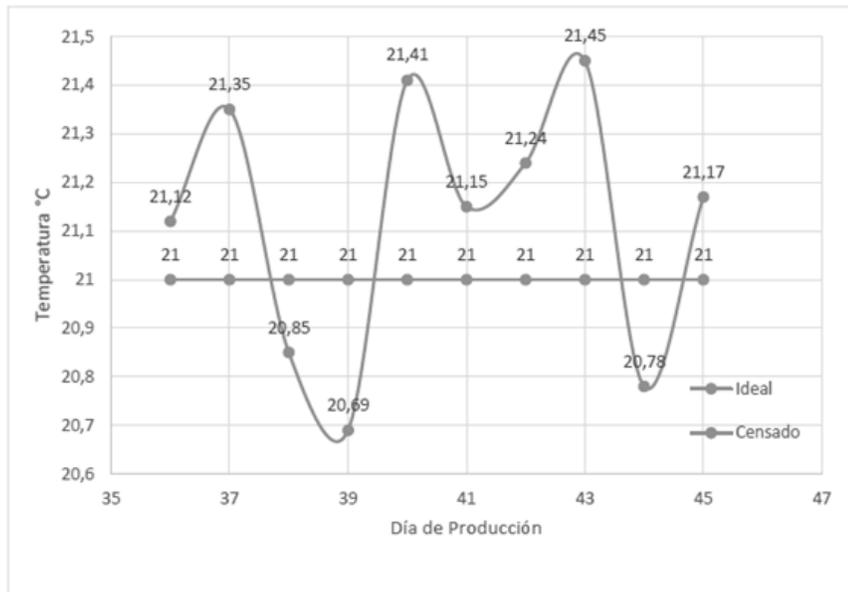
Fuente: elaboración propia.

Figura 77. **Temperaturas ideales y censadas en semana 5 de crianza**



Fuente: elaboración propia.

Figura 78. **Temperaturas ideales y censadas en semana 6 y 7 de crianza**



Fuente: elaboración propia.

En un periodo de 45 días, se verificaran la diferencia resultante entre las temperaturas objetivo (escritas en los carteles, en el cuadro de mandos), contra las temperaturas reales.

Calculo de la Varianza Estadística en 45 días de estudio

$$\text{Varianza } \delta^2 = \frac{\sum(y_i - \bar{y}_i)^2}{n} = \frac{\sum(y_{\text{censad}} - y_{\text{ideal}})^2}{45 \text{ días}} = 0,1431$$

Obteniendo el dato de la varianza, se procede a estimar el valor de la desviación estándar.

Calculo de la desviación estándar

$$\text{Desviación Estándar } \delta = \sqrt{\text{Varianza } \delta^2 = \frac{\sum (y_{\text{censad}} - y_{\text{ideal}})^2}{45 \text{ días}}} = 0,378$$

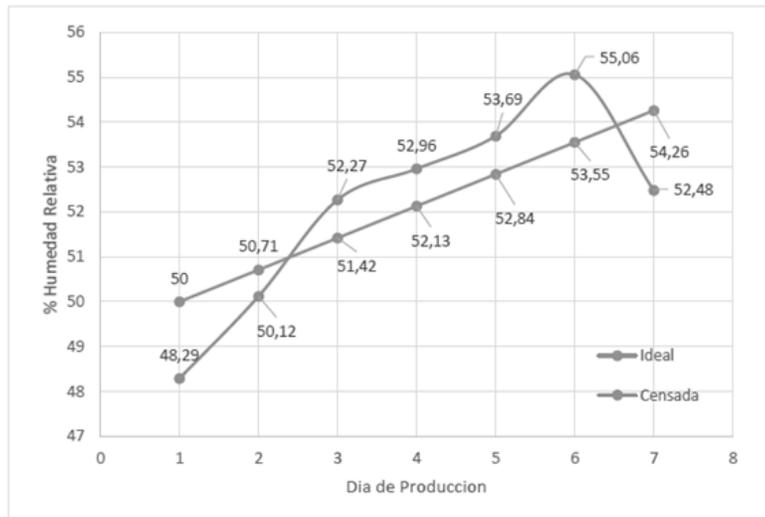
En este cálculo realizado se debe saber que se soporta en una variación de; +- 0.378°C, esta variación podría corresponder a datos que se registraron durante cambios importantes dentro del galpón, es decir, ventilación por cortinas en días soleados o muy fríos, datos registrados mientras estaba activa la nebulización o la simple acción del controlador por histéresis.

Dicho margen se encuentra dentro de los rangos permisibles dentro de la crianza avícola y representa la eficiencia del sistema.

5.2.2. Registros de humedad

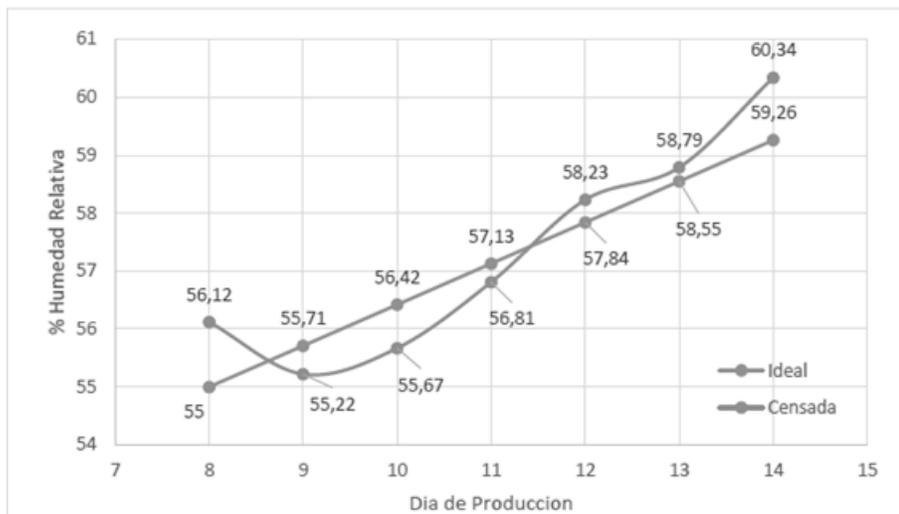
En base a la humedad promedio registrada por día, se generan las siguientes gráficas según las semanas de crianza avícola.

Figura 79. **Humedad ideal y censada en semana 1 de crianza**



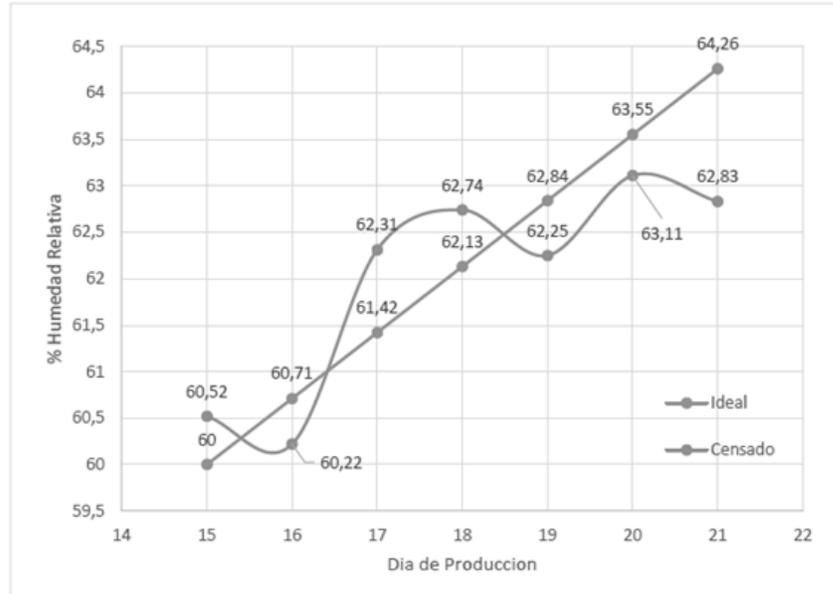
Fuente: elaboración propia.

Figura 80. **Humedad ideal y censada en semana 2 de crianza**



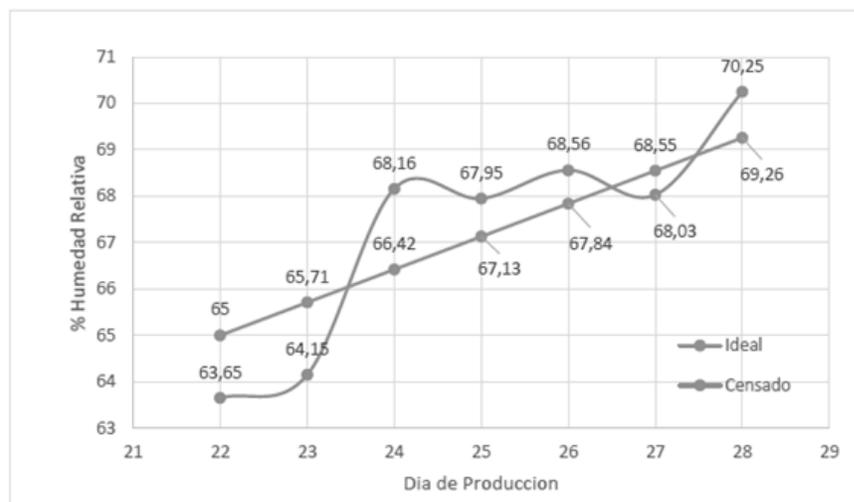
Fuente: elaboración propia.

Figura 81. **Humedad ideal y censada en semana 3 de crianza**



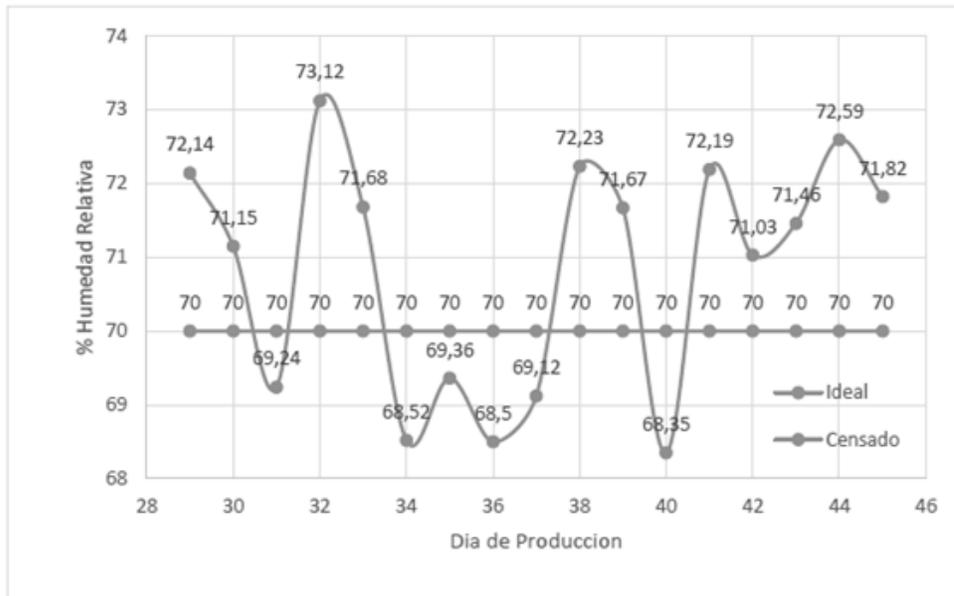
Fuente: elaboración propia.

Figura 82. **Humedad ideal y censada en semana 4 de crianza**



Fuente: elaboración propia.

Figura 83. **Humedad ideal y censada en semana 5 de crianza**



Fuente: elaboración propia.

De las gráficas se concluye que el margen de error en cuanto al control de humedad es de 1,811 % HR, aplicando el concepto de varianza y desviación estándar. Dicho margen corresponde a que el control de humedad funciona cada 20 minutos, para no interferir con el proceso de calefacción.

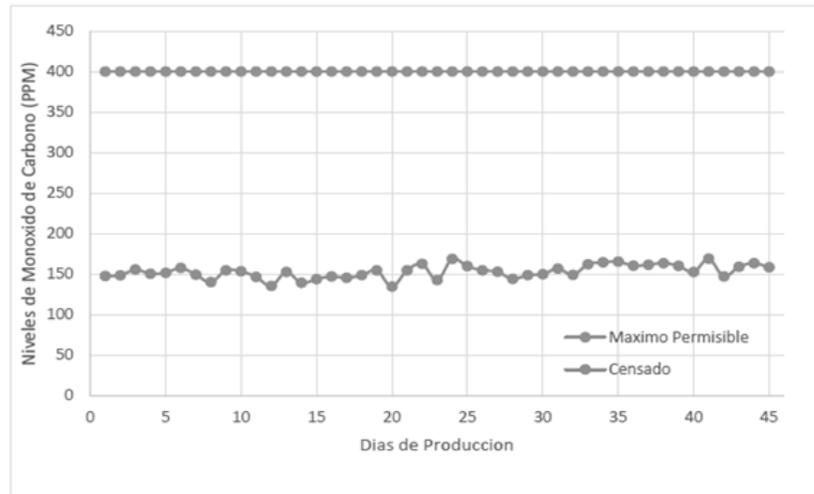
5.2.3. Registros de calidad del aire

Implementar formatos para llevar la data de historial de la calidad del aire proporcionará la información necesaria, para validar cualquier anomalía que suceda dentro de cada lote de aves.

5.2.3.1. Concentración de monóxido de carbono

Durante las revisiones realizadas con este sensor, no se obtuvieron resultados atípicos para la medición de agentes contaminantes de monóxido de carbono, a continuación se grafica los resultados obtenidos:

Figura 84. **Concentración de monóxido de carbono durante la producción**



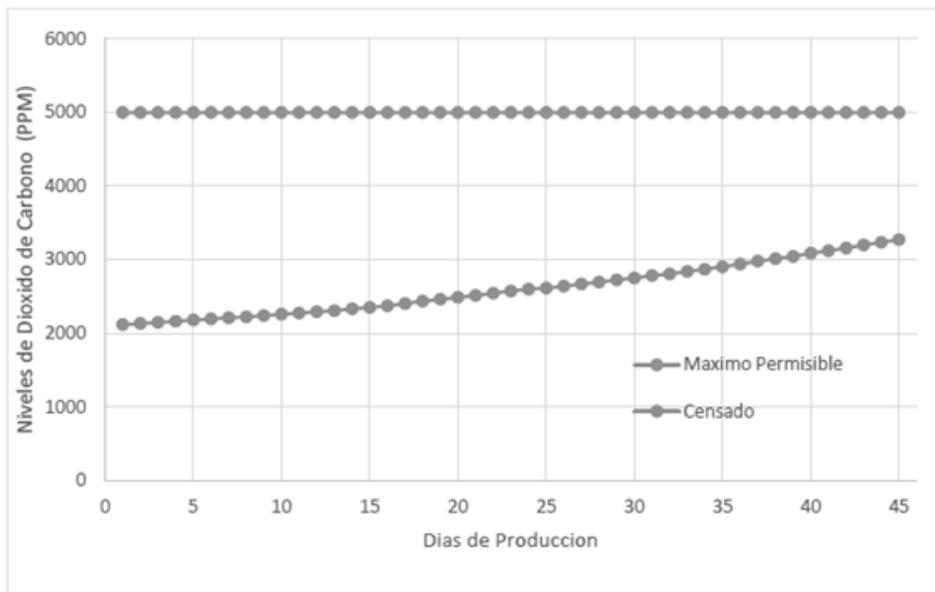
Fuente: elaboración propia.

Lo que demuestra que no hubo ninguna falla en el proceso de combustión del diésel, los puntos más altos podrían deberse a corrientes de aire en el exterior que intervinieron en el desfogue de la chimenea del calefactor haciendo que algunos residuos de humo reingresen por el ventilador.

5.2.3.2. Concentración de dióxido de carbono

El sensor MG811 detectó los siguientes datos para cada día de la producción. Este sensor está ubicado en la parte media del área donde se encuentran las aves, con el fin de sensor directamente el aire que se encuentran respirando las aves.

Figura 85. **Concentración de dióxido de carbono durante la producción**



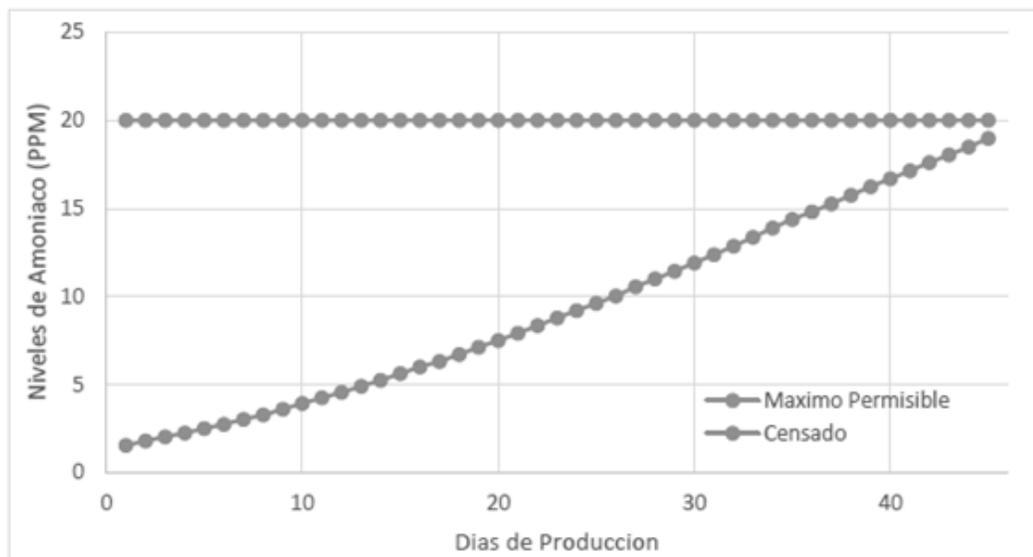
Fuente: elaboración propia.

De la gráfica se puede afirmar que la concentración de bióxido de carbono fue creciendo exponencialmente en un promedio de 32 a 41 ppm por día, debido principalmente a la respiración aviar que es mayor conforme avanza el proceso productivo. Sin embargo las mediciones demostraron que nunca se superó el límite permitido, en consecuencia no se tuvo ningún problema de salud asociado a este gas.

5.2.3.3. Concentración de amoniaco

El sensor MQ137 detecto un crecimiento exponencial de amoniaco en la caseta de producción. Este cambio se debe principalmente al incremento de gallinaza en la cama, con lo que se obtuvo un crecimiento de 0.25 a 0.49 PPM por día, superando los 12 PPM al día 30 y siendo perceptible por el olfato humano. La concentración máxima censada nunca supero el límite permisible, por lo que no se detectó problemas sanitarios relacionados con este gas.

Figura 86. **Concentración de amoniaco durante la producción**

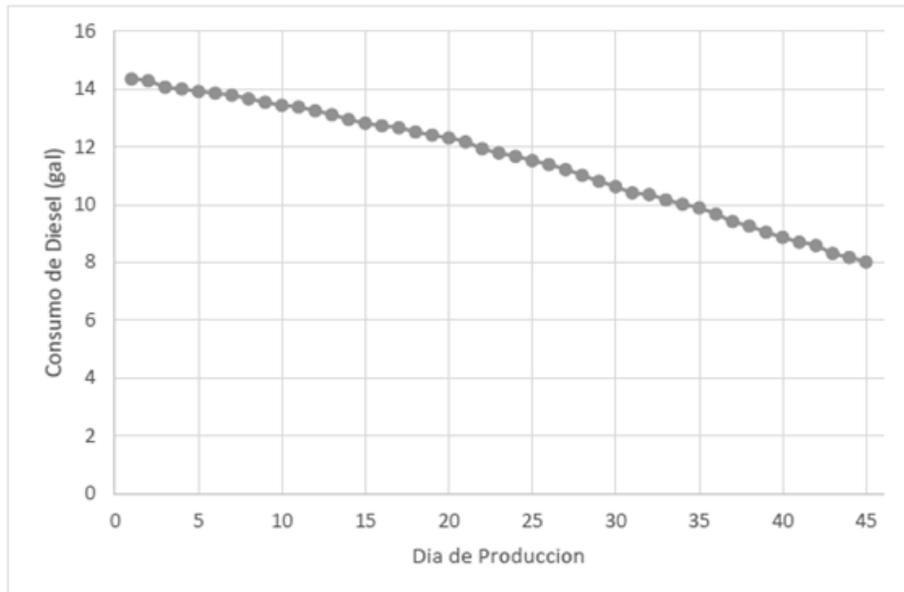


Fuente: elaboración propia.

5.2.4. Consumo de diésel

El consumo de diésel se calculó en base a la medición diaria que detecto el sensor de nivel de diésel, en coordinación con el registro de repostaje de diésel por parte del administrador del galpón, obteniendo la siguiente gráfica.

Figura 87. **Consumo de diésel diario**



Fuente: elaboración propia.

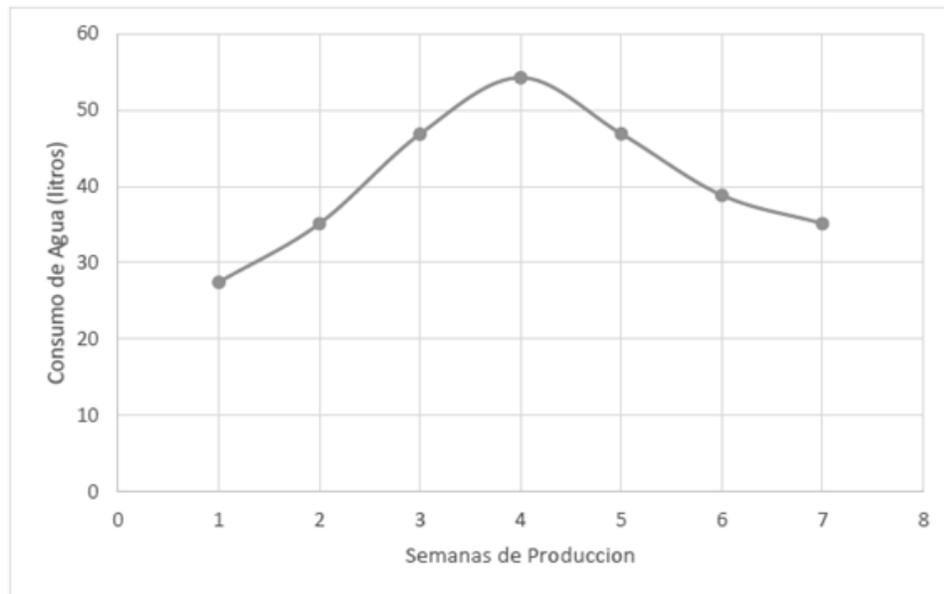
Se obtuvo un consumo de 14 a 8 galones promedio por día, el consumo va decreciendo conforme avanza la producción debido a que la temperatura requerida va disminuyendo, por ende el calefactor disminuye su ritmo de consumo en aproximadamente 0,21 galones por día. Al final de la producción se registró un consumo de 520,23 galones, con un residuo de 5 galones en el reservorio.

5.2.5. **Consumo de agua**

El consumo de agua se midió los primeros días de cada semana en colaboración con el galponero. Con el tanque lleno, se cerró la válvula principal para evitar el llenado automático del tanque, con lo que se obtuvo el consumo

diario, como la variación de humedad es baja se consideró este dato como semanal y se generó la siguiente gráfica.

Figura 88. **Consumo de agua para el sistema de nebulizadores**



Fuente: elaboración propia.

Donde se observó que el consumo se incrementa hasta la mitad del periodo de producción y luego empieza a disminuir para las últimas semanas debido a que el ambiente incrementa la humedad y por ende disminuye la nebulización de la caseta. Se concluye que el consumo aproximado es de 27 a 35 litros diarios, y el consumo total de 1 991,64 litros.

CONCLUSIONES

1. Cuando se desea mejorar un proceso ya establecido en una empresa, siempre se tendrá que realizar gastos, ya sea en maquinaria o en asesorías para el diseño y mejora del nuevo proceso, este gasto inicial que se realiza se deberá recuperar en un tiempo corto, para que sea factible invertir y obtener a parte de una ganancia, reduciendo tiempos de operación, mano de obra e inclusive mejorando la calidad de los productos, conduciendo a ser más eficientes.
2. Los costos por combustible en la granja han disminuido aproximadamente a un tercio, con la implementación de este proyecto, lo que demuestra la eficiencia del generador de aire Biemedue Farm 90 junto con el control ON/OFF por histéresis proporcionado por el PLC, evitando así las pérdidas de energía y combustible que solían haber cuando la maquina se controlaba manualmente.
3. El Sistema de Micro Nebulización es un pilar importante en la regulación de humedad dentro del galpón, porque debido a la naturaleza del calentador Biemedue Farm 90, la humedad se encuentra disminuyendo constantemente mediante el ingreso de aire caliente.
4. El uso de transductores en las variables a controlar garantizan una medición lineal sin necesidad de realizar mayor programación en el PLC, así como también permiten tener una mayor distancia desde el controlador hasta el sensor sin que se produzcan caídas de tensión importantes que afecten el censado de variables.

5. Al final se obtuvieron resultados, que apuntan hacia la viabilidad del proyecto, porque los objetivos como mantener el confort para las aves dentro de los galpones, se cumple sumado a la reducción de la mortandad de las aves del 10 al 9 % , colocando equipos de última generación, reduciendo utilización de combustible, tiempos de producción, y menor impacto ambiental.

6. El tiempo para la recuperación del capital inyectado para iniciar el proceso de automatización es de 5 meses, debido al incremento en la productividad de los galpones, en cada lote de aves que procese, bajo un programa de mantenimiento paralelo.

RECOMENDACIONES

1. Para que el personal que opera dentro de la granja, tenga las bases suficientes de como manipular los equipos, se tiene que contar con un programa de adiestramiento periódico, colocarles carteles con el funcionamiento de los equipos y como realizar los ajustes de estos, información de qué, deben realizar en caso de escenarios establecidos o a quien deben llamar en caso de emergencia.
2. Actualizar los proceso y sistemas es de vital importancia para las industrias avícolas, porque mediante la tecnología avanza los equipos se van quedando obsoletos, y los nuevos traen características nuevas que en base a estudios realizados, ayudarán a mejorar los procesos haciéndolos más eficientes, reduciendo costos y mejorando la calidad de los productos finales.
3. Los equipos a utilizar, deberán ser de última categoría de buena marca para la facilidad de repuestos y mano de obra como también garantía del fabricante. Tomando en cuenta la calidad de los resultados obtenidos, sumado al mantenimiento de bajo costo que ayudará a mejorar la productividad de cada galpón.
4. Usar estrictamente los equipos de seguridad personal como overoles, botas, guantes, mascarillas y gorras, dentro de la industria avícola, debido a que los ambientes y químicos utilizados en la crianza son altamente tóxicos y podrían conllevar a futuro, problemas de salud en el personal de la granja.

5. Se aconseja que el personal destinado a la manipulación eléctrica de los componentes del sistema, estén capacitados y usen el equipo y las herramientas adecuadas para no ocasionar daños en los equipos, o que el trabajador sufra lesiones dentro de sus labores.

6. Se debe apegar al programa de mantenimiento preventivo establecido para el buen funcionamiento de la operación de la granja, porque ayudará a mantener los equipos funcionando de forma eficiente al mantener el confort de las aves, también se puede adelantar a posibles fallas de la maquinaria e infraestructura, que puedan llegar a complicarse e impactar en la productividad total de la granja.

BIBLIOGRAFÍA

1. AOSONG ELECTRONICS CO, LTD. *Catálogo de Transmisores de Temperatura y Humedad AOSONG*. China: Aosong, 2013. 15 p.
2. ARBOR ACRES. *Guía del manejo del pollo de engorde*. Alabama, Estados Unidos de América: Aviagen, 2009. 12 p.
3. ARCOTHERM. *Manual de Mantenimiento L-L 141.03-BM - Generador de Aire Caliente Arcotherm Biemmedue Farm 90*. Wisconsin, Estados Unidos de América, Arcotherm, 2014. 32 p.
4. AVIAGEN. *Ross Manual de manejo del pollo de carne*. Alabama, Estados Unidos de América: Aviagen, 2010. 16 p.
5. CAVENCO. *Especificaciones técnicas de ventiladores*. Zaragoza, España: CAVENCO, 2010. 84 p.
6. DAMEROW, Gail. *Guía de la cría de pollos y gallinas*. Barcelona, España: Ediciones Omega, S.A., 2010. 85 p.
7. DFROBOT. *Gravedad: Sensor de monóxido de carbono analógico (MQ7) para Arduino*. [en línea]. <<https://www.dfrobot.com/product-686.html#.U4UgHHkU-TM/>>. [Consulta: 17 de junio de 2018].
8. JORDAN, M.; PATTISON, M. El manual moderno. *Enfermedades de las aves*. 3 ed. México 1998. 191 p.

9. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Programa de reproducción animal, guía para el manejo de pollos de engorde. *Manual de manejo del pollo de engorde ROSS, Aviagen*. El Salvador. 2009. 134 p.
10. NORTH, M.; Bell, D... *Manual de producción avícola*. 3 ed. México, DF, Manual Moderno. 1993. 829 p.
11. OBANDO Isabel, MURILLO Mario. *Pollos de engorde, técnicas de procesado*. 1 ed. Editorial de la Universidad de Costa Rica. 1998. 115 p.
12. PATTISON, Jordán. *Enfermedades de las aves*. 3 ed. México. El Manual Moderno MM. 1998. 522 p.
13. QUINTANA, José. Avitecnia. *Manejo de las aves domésticas más comunes*. 4a ed. México D.F., México: Trillas, 2011. 305 p.
14. QUINTANA, Pedro. *Métodos numéricos con aplicaciones en Excel®*. Barcelona, España: Reverté Ediciones, 2005. 283 p.
15. RIVERA, O. *Bioseguridad en la Industria Avícola*. México, Ediciones Pecuarias de México SA. 2005. 202 p.
16. SAINSBURY, D. *Aves, sanidad y manejo*. España, Acribia. 1987. 11 p.
17. VACA ADAM, Leonel. *Producción avícola*. Madrid, España: EUNED, 2010. 36 p.

18. VÁSQUEZ, B. *Instructivo de aplicación de medidas de bioseguridad en producción avícola*. Guatemala, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA). 2005. 23p.

