



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

## **Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción**

"Diseño e implementación de un sistema de  
acondicionamiento del aire en un galpón avícola"

### **TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN**

Examen Complexivo

Previo la obtención del Título de:

**INGENIERO MECÁNICO**

Presentado por:

**Jorge Enrique García Aguilar**

**GUAYAQUIL - ECUADOR**

**Año: 2016**

# AGRADECIMIENTO

A mi Padre y mi Madre que hicieron posible mi educación y me guiaron en cada momento de mi vida.

A mi esposa que de una u otra manera colaboró con la realización de este TFG.

# DEDICATORIA

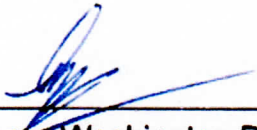
A MIS PADRES

A MI ESPOSA

A MIS HIJOS

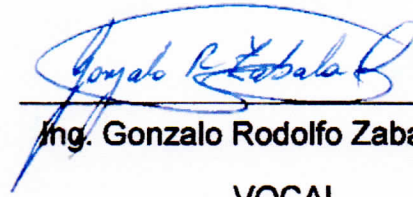
A MIS HERMANOS

## TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



Ing. Jorge Washington Duque Rivera

VOCAL



Ing. Gonzalo Rodolfo Zabala Ortiz

VOCAL

## DECLARACIÓN EXPRESA

**"La responsabilidad del contenido desarrollado en la presente propuesta de examen complejo me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL"**

**(Reglamento de Graduación de la ESPOL)**



**Jorge Enrique García Aguilar**

## RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo diseñar e implementar un sistema de acondicionamiento del aire para un galpón avícola, con la finalidad de mejorar las condiciones ambientales, llevándolas a niveles de confort óptimos, de manera que la producción de kilos de carne de pollos alcance su mayor rentabilidad. El calor generado por el mal diseño de los galpones, la mala selección de materiales de construcción, el calor radiante del sol, el calor producido por los pollos, ocasionan estrés calórico a los mismos, afectando la conversión alimenticia y aumentando su mortalidad. Para lograr el enfriamiento del aire se usó paneles de celulosa, extractores de 1,5 hp de acero galvanizado de 54 pulgadas de diámetro y tableros de control automático de temperatura, humedad y presión estática. La técnica consistió en hacer cruzar aire, inducido por los extractores, a través de los paneles de celulosa humedecidos ubicados al otro extremo del galpón. Analizados los resultados obtenidos se logró mejorar los parámetros que intervienen en el ambiente interno del galpón, llevando éste a niveles eficientes de confort térmico, aumentando la producción, disminuyendo su mortalidad, reduciendo el tiempo de crianza, disminuyendo su conversión, con los correspondientes beneficios zootécnicos y económicos que esto implica.

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN	II
ÍNDICE GENERAL	III
ABREVIATURAS	VI
SIMBOLOGÍA	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	IX
INTRODUCCIÓN	1
<b>CAPÍTULO 1</b>	
<b>1. CONTROL DEL AMBIENTE DENTRO DE UN GALPÓN AVÍCOLA.</b>	<b>4</b>
1.1. Variables y conceptos básicos.	4
1.2. Características de galpones convencionales.	12
1.3. Descripción de los problemas en galpones convencionales.	13
1.4. Sistemas de calefacción.	14
1.5. Ventajas de usar calefacción.	14
1.6. Definiciones de índices de estrés térmicos.	15
1.7. Acondicionamiento de aire dentro de un galpón avícola.	16
1.8. Ventilación natural y tipos de ventilación.	16
1.9. Sensación térmica.	18
1.10. Descripción del sistema de ventilación usado.	18

## **CAPÍTULO 2**

<b>2. EVALUACIÓN TÉRMICA DE UN GALPÓN CONVENCIONAL Y ALTERNATIVAS DE SISTEMAS DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE.</b>	<b>24</b>
2.1. Análisis térmico dentro de un galpón convencional.	24
2.2. Evaluación del diseño y de los materiales de construcción.	27
2.3. Evaluación de las variables medidas antes de la implementación.	31
2.4. Valoración del grado de estrés calórico.	34
2.5. Descripción de la alternativa propuesta para solución del problema.	34

## **CAPÍTULO 3**

<b>3. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE.</b>	<b>36</b>
3.1. Justificación de selección de la alternativa.	36
3.2. Parámetros de diseño.	37
3.3. Cálculo del caudal real, velocidad real y número de extractores.	37
3.4. Cálculo de dimensiones de los paneles evaporativos.	44
3.5. Cálculo de las velocidades a la entrada y salida del galpón.	47



3.6. Observaciones y Resultados Obtenidos.	57
3.7. Análisis de Resultados.	59
<b>CAPÍTULO 4</b>	
<b>4. IMPLEMENTACIÓN Y ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD.</b>	<b>62</b>
4.1. Equipos utilizados y sus características técnicas.	62
4.2. Ubicación de los equipos.	67
4.3. Cuantificación de los costos de la implementación.	69
4.4. Evaluación de las variables obtenidas después de la implementación.	71
4.5. Factibilidad técnica económica	74
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>81</b>
<b>APÉNDICES A</b>	<b>84</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>85</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>88</b>

## ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
NA	Número de aves
PA	Peso del ave
CFM	Pie cubico por minuto
RPM	Revoluciones por minuto
FPM	Pies por minuto
R10	Factor de aislamiento 10
SP	Presión estática.
HSI	Sistema de ignición de calor.
IEC	Índice de estrés calórico

## SIMBOLOGÍA

<i>Hg</i>	Mercurio
%	Porcentaje
$H_2O$	Agua
$O_2$	Oxígeno
<i>Pulg</i>	Pulgadas
<i>Pulg H<sub>2</sub>O</i>	Pulgadas de agua
<i>Pulg Hg</i>	Pulgadas de mercurio
<i>PH</i>	Potencial de Hidrógeno
<i>m</i>	Metro
<i>bar</i>	Bares
<i>atm</i>	Atmósfera
°C	Grados Centígrados
°F	Grados Fahrenheit
°K	Grados Kelvin
%HR	Porcentaje de humedad relativa.
<i>m/s</i>	Metros por segundos
<i>kg</i>	Kilogramos
<i>lb</i>	Libras
$\Delta T$	Diferencial de temperatura
$CP_{Aire}$	Calor específico del aire
$\dot{m}$	Flujo másico

$\rho$  Densidad.

*mbar* Milibar.

$NH_3$  Amoníaco.

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Desempeño energético con respecto a la temperatura	4
Figura 1.2. Efecto de enfriamiento por velocidad del aire.	8
Figura 1.3. Rango de temperatura de estrés calórico.	10
Figura 1.4. Enfriamiento evaporativo	11
Figura 1.5. Ventilación mínima en clima frío.	19
Figura 1.6. Ventilación mínima en clima caliente.	19
Figura 1.7. Ventilación de transición o poder.	20
Figura 1.8. Ventilación túnel sin accionamiento de bombas de paneles evaporativos.	21
Figura 1.9. Ventilación túnel con accionamiento de bombas de paneles evaporativos.	22
Figura 2.1. Efecto de enfriamiento a las 4 semanas y 7 semanas.	33
Figura 3.1. Diagrama esquemático de galpón avícola.	38
Figura 3.2. Eficiencia de enfriamiento vs velocidad del aire.	43
Figura 3.3. Presión estática vs velocidad del aire.	43
Figura 3.4. Distribución de paneles de celulosa en galpón implementado.	46
Figura 3.5. Diagrama de enfriamiento evaporativo de un galpón con acondicionamiento de aire.	47
Figura 3.6 Dibujo del galpón y el volumen de aire de recambio	56
Figura 4.1. Ubicación de equipos implementados	68

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla # 1. Valor de las variables de diseño.	58
Tabla # 2. Temperaturas a la salida de paneles evaporativos.	58
Tabla # 3. Costos totales de implementación.	70
Tabla # 4. Detalle de costos de equipos.	70
Tabla # 5. Evaluación de las variables medidas después de la implementación.	71
Tabla # 6. Costos de producción	77
Tabla # 7. Ganancia por galpón implementado.	77
Tabla # 8. Detalle de totales anuales por galpón.	78

## INTRODUCCIÓN

La incapacidad que tienen las aves de disipar su calor interno al aire que le rodea en galpones convencionales debido a que éstos no tienen el equipamiento necesario para desalojar el calor rápidamente, genera alta mortalidad, bajo rendimiento y poca ganancia al productor avícola.

Es por a esto que los productores deciden hacer nuevas inversiones en nuevos equipamientos de crianza y engorde, eligiendo como la mejor solución la implementación de sus galpones con equipos de acondicionamiento de aire, de manera que ayuden a crear un ambiente más confortable para los pollos.

El presente Trabajo Final de Graduación describe la implementación que se hizo en un galpón 110x20m ubicado en el litoral ecuatoriano, en la provincia de Santa Elena.

En el capítulo 1 se describen las razones por las cuales es importante controlar el ambiente dentro de un galpón avícola, y para ello se empieza por describir las variables que intervienen directamente y se describen los problemas que estas variables generan cuando no están dentro de los niveles óptimos.

También se definen los conceptos de estrés calórico, ventilación natural, ventilación mínima, ventilación por o transición, ventilación túnel, ventilación con paneles evaporativos, sensación térmica y acondicionamiento de aire.

En el capítulo 2 se muestra el análisis térmico del diseño y materiales que se usan en los galpones convencionales, así como las variables medidas que están relacionadas con el estrés calórico que se presentó antes de la implementación. Luego del análisis de los valores de las variables se propuso la alternativa para la solución del problema.

En el capítulo 3, se detalla el diseño del sistema de acondicionamiento de aire, usando paredes de paneles de celulosa humedecidos, extractores, controladores de temperatura, humedad relativa, presión estática y demás elementos que forman parte de un sistema de acondicionamiento de aire, aplicando fundamentos ingenieriles bajo los principios de continuidad de un fluido, transferencia de calor por convección, conducción, y por radiación.

En el capítulo 4 se describe las características técnicas de los equipos que se usaron en la implementación, su ubicación dentro del galpón y se cuantifica los costos que se incurrieron. Adicionalmente se evalúan los valores medidos de las variables involucradas después de la implementación



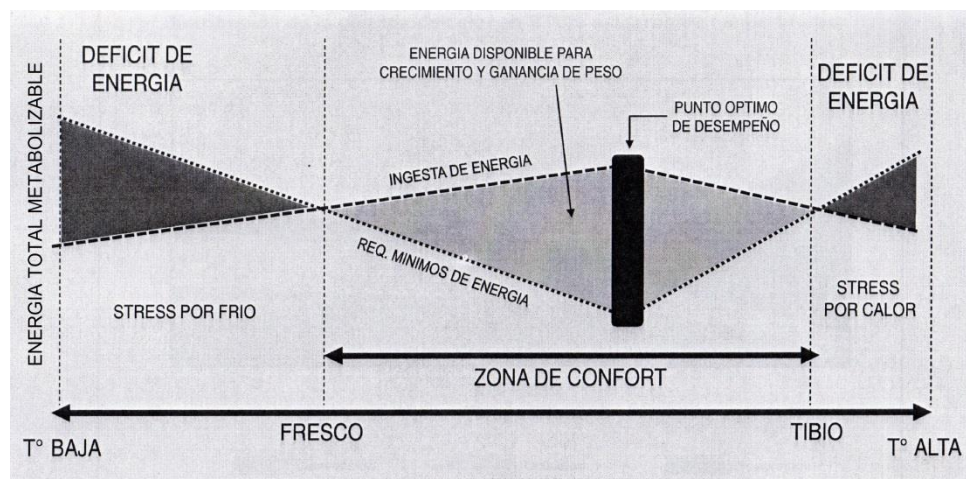
y se analiza su factibilidad técnica económica para determinar si es conveniente económicamente para un productor de pollos invertir en este tipo de sistemas. Finalmente se dan las respectivas conclusiones y recomendaciones.

# CAPÍTULO 1

## CONTROL DEL AMBIENTE DENTRO DE UN GALPÓN AVÍCOLA.

### 1.1. VARIABLES Y CONCEPTOS BÁSICOS.

En la crianza de pollos el ambiente de crecimiento es muy importante a lo largo de su proceso de engorde (45 a 55 días). Cuando el ambiente cumple con las condiciones de confort óptimas, el buen crecimiento del pollo se refleja en menor mortalidad y un pollo con más peso. Por otro lado, un ambiente en malas condiciones no cumple con los requerimientos de confort para el ave y por consiguiente se necesita realizar un análisis térmico dentro del galpón y observar el comportamiento de las mismas.



**Figura 1.1: Desempeño energético con respecto a la temperatura.** . (Campbell, Brothers, & Donald , 2011)

La Figura 1.1 muestra el estrés calórico como un déficit de energía, el cual también es conocido como la incapacidad del animal de evacuar el calor desde su cuerpo al medio ambiente.

Debido a que el aire que lo rodea se encuentra caliente podemos apreciar como el estrés calórico afecta los requerimientos mínimos energéticos y la ingesta de energía del ave; es decir su metabolismo, lo que ocasiona que el ave no gane el peso programado en el tiempo adecuado; en otras palabras, no alcance el peso correcto y rentable a la edad de captura (45 a 55 días), lo que significa pérdidas económicas para el productor.

Igualmente, en la figura 1.1 también se observa que existe una pequeña franja de desempeño óptimo, en una pequeña zona de confort óptima, en la cual el ave gana peso a la edad correcta de acuerdo a las tablas que suministran las compañías de genética del ave.

Es por lo expuesto que es muy importante analizar el comportamiento interno de un galpón avícola e identificar las variables que intervienen, siendo estas las siguientes:

- Temperatura de bulbo seco del aire.

- Temperatura de bulbo húmedo del aire.
- Humedad relativa del aire.
- Faenamiento.
- Temperatura de sensación térmica del pollo.
- Presión estática.
- Velocidad del aire.
- Edad.
- Peso del ave.

Existen conceptos básicos como: punto de rocío o condensación, punto de estrés calórico, enfriamiento evaporativo, conversión alimenticia que también debemos tener en cuenta para poder visualizar de mejor manera la problemática que se presenta dentro de un galpón convencional para engorde de pollos.

A continuación, definimos las variables y conceptos anteriormente mencionados.

### **TEMPERATURA DE BULBO SECO DEL AIRE.**

Es la temperatura del aire medida por un termómetro común. Se mide en °C, °F, °K. (GSI Mexico, 2012)

**TEMPERATURA DE BULBO HÚMEDO DEL AIRE.**

Es la temperatura que se registra por la evaporación de humedad de la mecha en un termómetro. Se mide en °C, °F, °K. (GSI Mexico, 2012)

**HUMEDAD RELATIVA EL AIRE.**

Es la cantidad de vapor de agua que contiene el aire a una temperatura dada. Se mide en porcentaje (%) (GSI Mexico, 2012)

**FAENAMIENTO**

Procesamiento del animal para el consumo humano, por medio de procesos industriales. (Zabala & Grima, 2012)

**TEMPERATURA DE SENSACIÓN TÉRMICA**

Es la reducción en la temperatura que siente el pollo por efecto de la velocidad del viento que pasa alrededor del ave. Se mide en °C, °F, °K y sus valores son estimados. (GSI Mexico, 2012, pág. 3)

**PRESIÓN ESTÁTICA.**

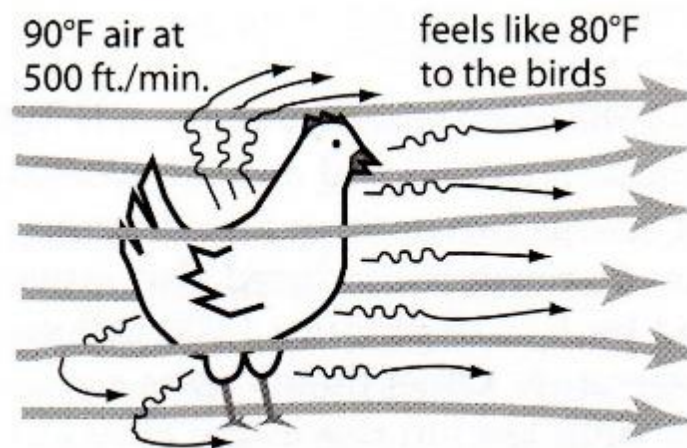
Es la diferencia entre la presión atmosférica y la presión negativa que se genera en el galpón. Se mide en *inch H<sub>2</sub>O*, pulgs Hg, *Bares*, *atm*, y etc. (GSI Mexico, 2012)

## VELOCIDAD DEL AIRE

Es el desplazamiento lineal de un flujo o masa del aire desde un punto 1 hasta un punto 2 ya sea en forma constante o variable en un tiempo determinado.

En un galpón avícola, el movimiento del aire a una cierta velocidad, siempre se debe a una variación de presión natural o inducida. Se expresa en  $m/s$  (metros/segundo) o (pies/minutos) *FPM* y se mide con diversos tipos de anemómetros.

En la figura 1.2 se ve como el viento ayuda al ave a disipar su calor produciéndole enfriamiento por efecto de la velocidad del aire.



**Figura 1.2. Efecto de enfriamiento por velocidad del aire** (Campbell, Brothers, & Donald, A high velocity airflow cools birds by the wind chill effect, 2011)

**EDAD DEL POLLO**

Factor que determina el tipo y conversión del alimento, así como el calentamiento o enfriamiento en la crianza y engorde del ave.

**PESO DEL POLLO**

Factor que determina la convertibilidad del alimento y el tiempo de captura para faenamiento.

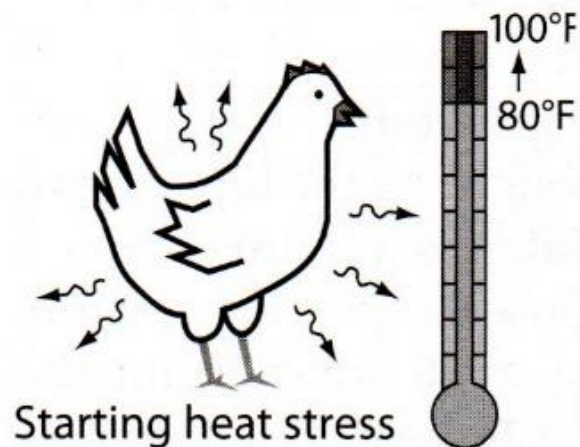
**PUNTO DE ROCÍO O CONDENSACIÓN**

Temperatura a la cual se inicia la condensación, si una mezcla de aire y vapor de agua se enfría a dicha temperatura. Se mide en °C, °F, °K (GSI Mexico, 2012, pág. 4)

**PUNTO DE ESTRÉS CALÓRICO**

Suma de los valores de temperatura y humedad relativa a la cual ocurre un gran incremento en la producción de calor, en donde disminuye drásticamente la capacidad de disiparlo. Siendo su valor crítico 110, cuando se suman los valores de la temperatura en °C + %HR o 160 cuando se suman los valores de la temperatura en °F + %HR. (GSI Mexico, 2012, pág. 4).

En la figura 1.3 se observa el rango de temperatura en °F donde se produce el estrés calórico.



**Figura 1.3. Rango de temperatura de estrés calórico** (Campbell, Brothers, & Donald, As temperatures rise bird's heat-shedding ability starts to drop, 2011)

### **ENFRIAMIENTO EVAPORATIVO**

Es la disminución de la temperatura del aire mediante el uso de agua. Se logra haciendo circular aire caliente, inducido por extractores, a través de un filtro o panel de celulosa humedecido. El aire se enfría al entrar en contacto con los paneles húmedos, debido a la evaporación del agua, logrando que baje la temperatura del aire, lo que produce una sensación de frescura, tal como se ve en la figura 1.4. (GSI Mexico, 2012, pág. 10)



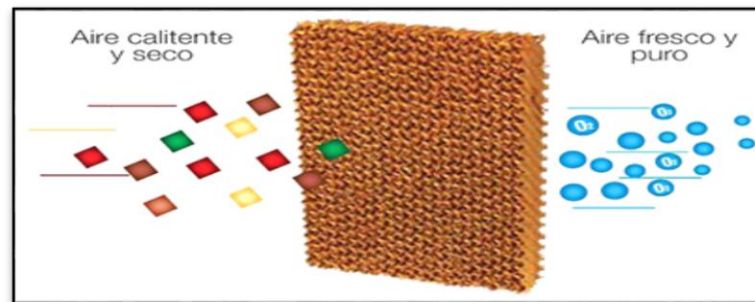


Figura 1.4. Enfriamiento evaporativo (Frío Sí, 2014)

### CONVERSIÓN ALIMENTICIA.

Es la relación entre los *kg* de alimento que ingiere el ave vs los *kg* de carne que produce. Si la conversión es baja, quiere decir que el ave asimiló mejor el alimento y produjo más *kg* de carne. Si la conversión es alta; quiere decir que su metabolismo no asimiló el alimento correctamente y no produjo muchos kilos de carne, de acuerdo a las tablas de la genética del pollo.

Las razones que ocasionan una conversión alimenticia alta son:

- Estrés por calor
- Estrés por frío
- Enfermedades
- Desperdicio de alimento
- Deficiencia de agua
- Presencia de amoníaco  $NH_3$  en el galpón

- Presencia de  $CO_2$
- Mala calidad de alimento (mico toxinas)
- Mal manejo en la crianza.

## 1.2 CARACTERÍSTICAS DE GALPONES CONVENCIONALES.

Un galpón convencional cumple con las siguientes características:

- Los materiales de fabricación son económicos tales como madera, caña guadua, metales de bajo costo, cortinas no plastificadas.
- Los comederos son de tolva plástica o metálica para llenado manual y los bebederos son abiertos y expuestos a contaminación por polvo, moscas, etc.
- Diseño sencillo, liviano con muy poca tecnología, que aprovecha la ventilación natural (viento) y su techo es con abertura en la cúspide.
- Tienen paredes laterales altas (3,5m a 4,5m) con la finalidad de alejar el techo la mayor distancia posible del pollo y permitir la mayor entrada del aire lateralmente.
- Cuando requiere ventilación forzada, se usa ventilación positiva o axial para enfriar, recambiar el aire y evaporar la humedad dentro del mismo.
- La conversión alimenticia en este tipo de galpón es alta fluctúa entre 2,95 y 3,5.
- Su longitud no sobrepasa de 100m y su ancho de 12m.

### **1.3 DESCRIPCIÓN DE LOS PROBLEMAS EN GALPONES CONVENCIONALES.**

Los principales problemas que se presentan en los galpones convencionales son los siguientes:

- Problemas respiratorios producidos por el polvo y baja cantidad de oxígeno.
- Problemas de envenenamiento por amoníaco y  $CO_2$
- Problemas de estrés calórico que se producen por las altas temperatura generadas por el calor radiante del sol, el calor generado por las aves y la alta humedad dentro del galpón.

#### **PARÁMETROS QUE GENERAN LOS PROBLEMAS.**

- La no homogeneidad de la temperatura y humedad a lo largo del galpón.
- La alta concentración de polvo y la baja concentración de oxígeno dentro del galpón.
- La distribución no uniforme de los pollos en el galpón.
- La concentración alta de calor radiante del sol irradiado por el techo sin aislamiento hacia el interior del galpón.
- Alta concentración de amoníaco generado por la biodegradación del estiércol de las aves.

#### **1.4 SISTEMAS DE CALEFACCIÓN.**

Dentro de los sistemas usados para el calentamiento de los galpones con acondicionamiento de aire tenemos:

- Los que calientan los cuerpos (aves) o superficies solidas (piso) por medio de ondas electromagnéticas infrarrojas, generadas por dispositivos que usan gas o energía eléctrica (criadoras)
- Los que calientan directamente el aire alrededor del ave o calentadores (Heaters) por aire forzados que usan gas, diésel o energía eléctrica.

La potencia emisiva calórica en *kW*(kilo Watts) o *BTU/h* depende del área y el número de aves a calentar o del volumen de aire a calentar.

#### **1.5. VENTAJAS DE USAR CALEFACCIÓN.**

Debido a que el ave al inicio de la crianza no está provista de plumas sino de un pelaje muy fino llamado plumón, el mismo que no le ayuda a mantener su calor interno, es ventajoso proveerle de calefacción artificialmente para evitar esa perdida.

Al usar un sistema de calefacción desde el inicio de la crianza, se garantiza que el ave no sufra de hipotermia y por consiguiente su sistema inmunológico no se deprima haciendo que su metabolismo no se altere.

Al sentirse confortable el ave (pollito) estará estimulado a alimentarse normalmente, creciendo saludable y ganando peso. Así no presentará índices de mortalidad altos.

## **1.6 DEFINICIONES DE ÍNDICES DE ESTRÉS TÉRMICOS.**

### **ESTRÉS POR FRÍO**

La alteración del metabolismo y depresión del sistema inmunológico de las aves (pollitos), ocasionada por la pérdida acelerada de calor durante los primeros días de la crianza se define como estrés por frío. Esta pérdida de calor, hace que en el ave se presenten enfermedades respiratorias y falta de apetito, lo que disminuye su ganancia de peso diario y en la gran mayoría casos ocasionándoles la muerte.

### **ESTRÉS POR CALOR**

La incapacidad de las aves de disipar su calor interno al aire circundante o medio ambiente, ocasionando se generen enfermedades cardiovasculares se define como estrés calórico.

Esta incapacidad de disipar el calor ocasiona además disminución de ingesta de alimento, disminución de ganancia de peso, asfixia y hasta la muerte por paro respiratorio. (GSI Mexico, 2012, pág. 4)

### **1.7.ACONDICIONAMIENTO DE AIRE DENTRO DE UN GALPÓN AVÍCOLA.**

La implementación de sistemas que bajen la temperatura del aire, muevan el aire, controlen su velocidad, generen una sensación térmica y lo recambien en menos de 1 minuto, se define como acondicionamiento de aire dentro de un galpón avícola.

### **1.8.VENTILACIÓN NATURAL Y TIPOS DE VENTILACIÓN.**

En las figuras 1.5 y 1.6 se muestra la dirección y el sentido por donde ingresa el aire al galpón y por donde sale; con fines didácticos no se grafica el techo de los galpones.

#### **VENTILACIÓN NATURAL**

Es la ventilación que aprovecha las condiciones ambientales o viento que rodean al galpón para mantener el confort ahorrando energía.

**VENTILACIÓN MÍNIMA**

Se usa para mantener en niveles óptimos la temperatura, el oxígeno, eliminar polvo, humedad y gases como el  $CO_2$  y el amoníaco sin enfriar al pollo.

**VENTILACIÓN PODER O TRANSICIÓN**

Se usa para mantener los niveles óptimos de temperatura y Oxígeno sin incrementar la extracción de aire y sin llegar a generar la temperatura de sensación térmica.

**VENTILACIÓN TÚNEL SIN ACCIONAMIENTO DE BOMBAS DE PANELES EVAPORATIVOS.**

Se usa para remover el calor del interior del galpón y refrescar a las aves por sensación térmica.

**VENTILACIÓN TÚNEL CON ENFRIAMIENTO EVAPORATIVO**

Se usa para sacar el calor del interior del galpón haciendo pasar el aire que ingresa por los paneles evaporativos con la finalidad de enfriarlo, disminuir la temperatura dentro del galpón y aumentar la sensación térmica en las aves.

### **1.9. SENSACIÓN TÉRMICA.**

Se puede definir como sensación térmica al estímulo de confort que le produce el aire en movimiento a los pollos. Esta sensación de confort es producida por la rapidez de transferencia de calor por convección entre las aves y el aire en movimiento que las circunda o rodea.

### **1.10. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN USADO.**

Dentro de los sistemas de ventilación usados en galpones con acondicionamiento de aire tenemos los siguientes:

#### **SISTEMA DE VENTILACIÓN MÍNIMA.**

Sistema de ventilación mínima se lo obtienen mediante el uso de inlets o entradas de aire en la parte superior de las paredes laterales a lo largo del galpón. Induciendo el aire a entrar mediante los extractores laterales de 36 *pulg* de diámetro, con caudal de 10.000 *pie<sup>3</sup>/min.*

Este sistema se usa básicamente durante los 15 a 20 primeros días, dependiendo cuan baja es la temperatura exterior del galpón. Ver figura 1.5.



## VENTILACION MINIMA

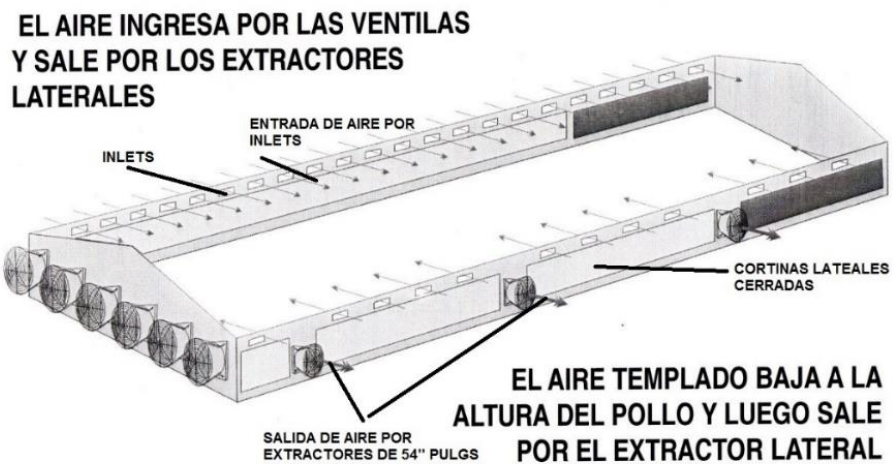


Figura 1.5. Ventilación mínima en clima frío (GSI Mexico, 2012, pág. 11)

## VENTILACION MINIMA

**EL AIRE ENTRA POR LAS PAREDES HUMEDAS Y SALE POR EL EXTRACTOR**



Figura 1.6. Ventilación mínima en climas calientes (GSI Mexico, 2012, pág. 11)

El aire caliente que entra por los paneles sin accionar, recorre homogéneamente a lo largo del galpón y sale por los extractores.

## SISTEMA DE VENTILACIÓN DE PODER O TRANSICIÓN.

### VENTILACION DE TRANSICION O PODER

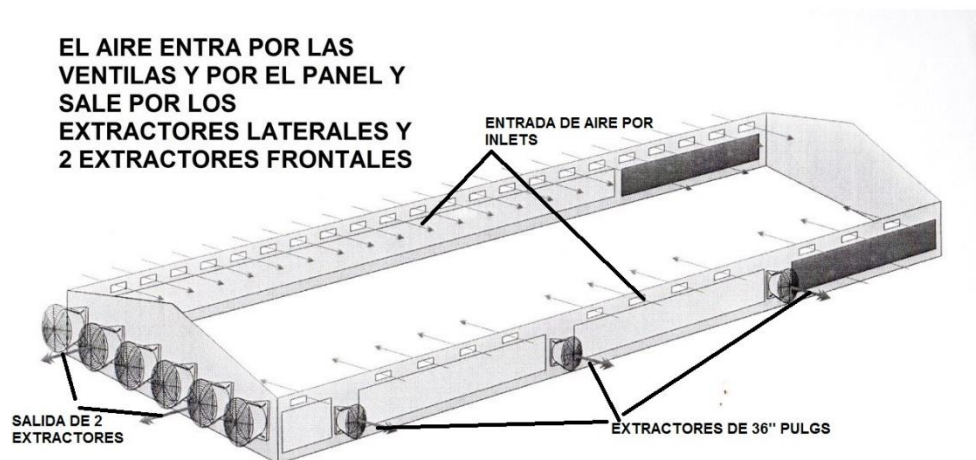


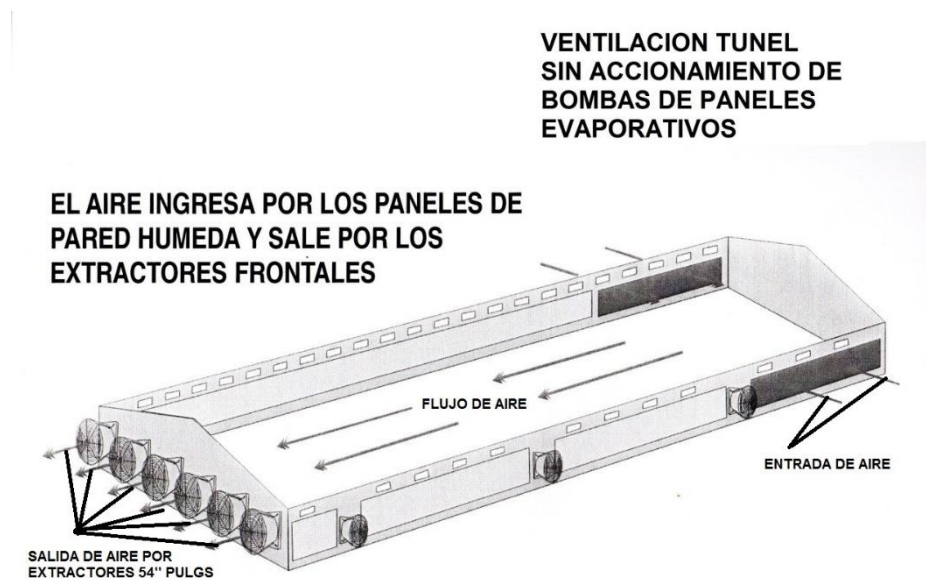
Figura 1.7. Ventilación de transición o poder (GSI Mexico , 2012, pág. 12)

Tal como se muestra en la figura 1.6. lo constituye el uso combinado automatizado de inlets o entradas de aire ubicadas a lo largo de las paredes laterales del galpón, 3 extractores laterales de 36 *pulg* de diámetro cada uno con caudal 10.000  $pie^3/min$  y 2 extractores de 54 *pulg*, de 29.184  $CFM$  – @0.05  $SP$  ubicados en la pared transversal de uno de los extremos del galpón.

Adicionalmente cuenta con controladores de temperatura, presión estática, cortinero eléctrico para apertura y cierre de las compuertas

de entradas de aire ubicadas en los otros extremos laterales del galpón avícola.

### SISTEMA DE VENTILACIÓN TÚNEL SECO.



**Figura 1.8 Ventilación Túnel sin accionamiento de bombas de paneles evaporativos.**

(GSI Mexico , 2012, pág. 13)

En la figura 1.7. se ve lo conforma un conjunto de extractores que varía de 6 a 22 unidades, dependiendo del volumen de aire a mover o desalojar del galpón, comandado por controladores de temperaturas, presión estática y cortinero eléctrico para apertura y cierre de las cortinas de entradas de aire ubicadas en los extremos laterales del galpón avícola.

## SISTEMA DE VENTILACIÓN TÚNEL CON PANELES DE CELULOSA O PAREDES HÚMEDAS.

Se lo obtiene combinando el uso de extractores de 54 *pulg* de diámetro con una capacidad de 29.184 *CFM* a @0.05 *SP* cada uno, comandado por controladores de temperaturas, humedad relativa, presión estática, cortinero eléctrico, para apertura y cierre de las cortinas de entradas de aire.

También se combina 2 sistemas de recirculación de agua que hacen pasar la misma a través de paneles de celulosas o paredes

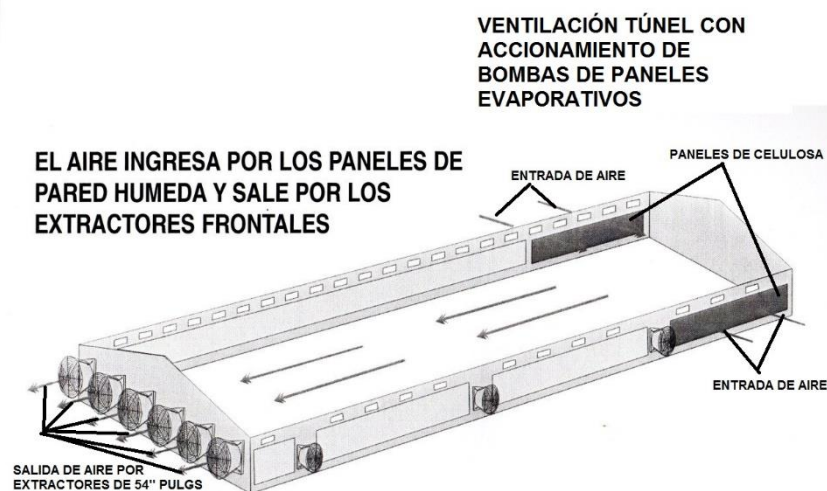


Figura 1.9 Ventilación túnel con accionamiento de bombas de paneles evaporativos

(GSI Mexico, 2012)

húmedas, con la finalidad de enfriar el aire que pasa transversalmente a través de ellos, inducido por los extractores como se muestra en la figura 1.8.

Todo esto lo hace el sistema automáticamente de acuerdo a una programación de los controladores preestablecida.

# **CAPÍTULO 2**

## **EVALUACIÓN TÉRMICA DE UN GALPÓN CONVENCIONAL Y ALTERNATIVA DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE**

### **2.1. ANÁLISIS TÉRMICO DENTRO DE UN GALPÓN CONVENCIONAL.**

El presente análisis se dividirá en 2 partes: Análisis térmico del día 1 al 20 y análisis térmico del día 21 al día del término del engorde.

#### **ANÁLISIS TÉRMICO DEL DÍA 1 AL 20.**

##### **DESCENSO CONTROLADO DE TEMPERATURA**

En un galpón avícola sea convencional o automatizado desde el día 1 al 20 los pollitos requieren que la temperatura vaya descendiendo controladamente y sin variaciones bruscas de temperatura desde 34°C día 1 hasta 26°C día 20.

##### **MAL DISEÑO DE GALPONES CONVENCIONALES**

Debido al mal diseño de los galpones convencionales y a la baja calidad de los materiales usados, el descenso controlado de temperatura no se da, ocasionando que los pollitos sufran de estrés por frío y en algunos casos de estrés por calor.

## **BAJA TECNOLOGÍA DE GENERACIÓN Y CONTROL DE TEMPERATURA.**

Entre las principales causantes del estrés por frío tenemos la baja tecnología de generación y control de temperatura; es decir sistemas que no pueden reaccionar rápidamente a los cambios internos de temperatura en especial desde las 6 pm hasta las 6 am.

## **CORRIENTES DE AIRE.**

La entrada de corrientes de aire del exterior al interior del galpón, debido a la alta permeabilidad de las cortinas, las mismas que dejan entrar aire frío y salir fácilmente el calor, agravan mucho más la condición de estrés por frío.

## **ANÁLISIS TÉRMICO DESDE EL DÍA 21 HASTA EL TÉRMINO DEL ENGORDE DE LAS AVES.**

En un galpón avícola, sea convencional o automatizado, desde el día 21 hasta el término del engorde los pollos requieren que la temperatura vaya descendiendo controladamente desde 25,9°C hasta 21,5°C.

Dentro de los factores que ocasionan que la temperatura no descienda controladamente se tienen: los siguientes:

**FALTA DE AISLAMIENTO DEL TECHO.**

En todos galpones convencionales se presenta como problemas principales la ausencia de aislamiento del techo. Por consiguiente, el calor radiante del techo fluye al interior del galpón en días soleados, haciendo que la temperatura dentro del galpón se incremente, ocasionando estrés calórico.

**POBRE RECAMBIO DEL AIRE DEL INTERIOR AL EXTERIOR**

Como los galpones convencionales no están provistos de dispositivos eficientes para recambiar el aire en el menor tiempo posible, este aire cargado de calor rodea a las aves produciéndoles, sofocamiento, estrés calórico, pérdida de apetito y hasta la muerte de las aves.

**GENERACIÓN DE AMONÍACO.**

Otros de los problemas que se presentan en los galpones convencionales es la generación de amoníaco. Esta generación se debe a la humedad en el estiércol de las aves y al calor presente en el interior del galpón por el pobre recambio de aire.

La presencia excesiva del amoníaco causa intoxicación de las aves.



## **2.2 EVALUACIÓN DEL DISEÑO Y DE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN.**

### **GALPÓN CONVENCIONAL.**

#### **DISEÑO DEL GALPÓN.**

- Las medidas de los galpones convencionales son menores: Largo  $100m$ , ancho  $10 m$ , altura lateral  $4,50m$  y altura en la cumbrera  $6,50m$ .
- Los diseñan altos para que se ventilen aprovechando los vientos durante toda la crianza.
- Doble techo de menor tamaño en la cumbrera para crear el efecto chimenea.

#### **BAJA CALIDAD DE LOS MATERIALES Y DE MANO DE OBRA.**

La selección de la baja calidad de los materiales se debe a que las dimensiones de las paredes laterales del galpón son mayores, con respecto a los galpones no convencionales. Esto obliga a que el productor busque economizar sacrificando la calidad. Entre los materiales usados en este caso son: madera, caña guadua, varillas de Construcción, tubos plásticos rellenos de mezcla de cemento y arena.

A continuación, se describe las características principales de los materiales usados en este tipo de galpones:

- Techo de paja toquilla o plancha metálicas de fino espesor sin mayor protección contra la corrosión, ni aislamiento.
- Bajo costo del material.
- Mayor cantidad de material.
- Mayor costo de mano de obra para construirlos.
- Baja calidad de mano de obra (no tecnificada) para operarlos.

### **EQUIPOS USADOS EN GALPONES CONVENCIONALES**

- Comederos de tolvas de llenado manual sin filo anti desperdicio.
- Bebederos semiautomáticos y de llenado manual. Humedecen en gran medida el piso del galpón.
- Sistema generador de calor de bajo rendimiento y sin control de temperatura.
- Ventiladores axiales de bajo rendimiento y sin sistema de control de temperatura.
- Cortinas de baja calidad no plastificadas sin sistema automático de levante de cortinas.
- Ausencia de control centralizado de temperatura, humedad, presión estática, control de apertura y cierre de cortinas de entrada de aire.
- Techo sin aislamiento.
- Sin sistema de precisión de pesaje de alimento en silos.
- Sin sistema de pesaje de pollos en el interior del galpón.

## **GALPÓN CON ACONDICIONAMIENTO DE AIRE.**

### **DISEÑO DEL GALPÓN.**

- Las medidas de los galpones acondicionados **son** mayores en  $m^2$  que las de un galpón convencional.
- El Largo desde 120 m en adelante, de ancho de 12 m hasta 20 m, altura lateral 2,65 m y altura en la cumbrera 3,65 m.
- Su diseño es de baja altura debido a que no necesitan ventilarse aprovechando los vientos, porque usan sistemas automáticos de ventilación forzada durante toda la crianza.
- No necesitan doble techo de menor tamaño en la cumbrera para crear el efecto chimenea porque que no se ventilan naturalmente.

### **ALTA CALIDAD DE MATERIALES Y MANO DE OBRA.**

- Alta calidad de los materiales. Debido a que las dimensiones laterales de un galpón acondicionado son menores que las de un galpón convencional, se requiere menor cantidad material, pero de mayor resistencia, para que no se colapsen por el efecto de succión que ejercen los extractores.
- Alto costo del material y mayor cantidad de material. En los que se tiene acero galvanizado o pintado.
- Techo de acero galvanizado con aislamiento.

- Mayor costo de mano de obra para construirlos.
- Alta calidad de mano de obra técnica para operarlos.

## **EQUIPOS USADOS EN GALPONES CON ACONDICIONAMIENTO DE AIRE.**

- Comederos de tolvas de llenado automático con filo anti desperdicio.  
(Ver. Anexo # 1)
- Bebederos automáticos de tetinas (Niples) y de llenado automático, no humedecen el piso del galpón. (Ver. Anexo # 2)
- Sistema generador de calor de alto rendimiento con control automático de temperatura. (Ver. Anexo # 3)
- Extractores de 54 *pulg* con 30.856 *CFM* de caudal máximo a 0,15 SP, de alto rendimiento. (Ver Anexo # 4).
- Sistema de control de temperatura y humedad relativa. (Ver Anexo # 5)
- Sistema de cortinas de alta calidad plastificadas con sistema manual de levante de cortinas. (Ver. Anexo # 6)
- Controlador de presión estática. (Ver Anexo # 7)
- Techo con aislamiento Factor *R10*.
- Sistema de precisión de pesaje de alimento en silos. (Ver Anexo # 8)
- Sistema de pesaje de pollos en el interior del galpón. (Ver Anexo #9)

- Sistema automático de apertura y cierre de entrada de aire (Inlets).  
(Ver Anexo # 10)

### **2.3 EVALUACIÓN DE LAS VARIABLES MEDIDAS ANTES DE LA IMPLEMENTACIÓN.**

Las variables medidas antes de la implementación son las siguientes:

- Temperaturas exterior máxima y mínima.
- Temperatura interior máxima y mínima.
- Humedad relativa exterior, máxima y mínima.
- Humedad relativa interior, máxima y mínima.

#### **TEMPERATURA EXTERIOR E INTERIOR DEL GALPÓN.**

La medición de la variable temperatura y % de humedad relativa ambiente exterior e interior, se registró con un centro de información atmosférico portátil, (Ver. Anexo # 11)

#### **TEMPERATURA EXTERIOR.**

La medición de la variable temperatura exterior presento una máxima de 32,06°C o 89,7°F y la mínima de 25°C o 80,60°F.

Los registros de temperatura se efectuaron durante la estación invernal.

La temperatura de la lámina de techo en un día soleado fue de 67°C.

#### **TEMPERATURA INTERIOR.**

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 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.

### **PORCENTAJE DE HUMEDAD RELATIVA EXTERIOR E INTERIOR DEL GALPÓN.**

#### **HUMEDAD RELATIVA EXTERIOR.**

En la zona, el % de humedad relativa exterior fluctuó entre 50% y 96% en la plena estación invernal, día y noche respectivamente.

#### **HUMEDAD RELATIVA INTERIOR**

La humedad relativa dentro del galpón registró valores altos de 67% a 93%.

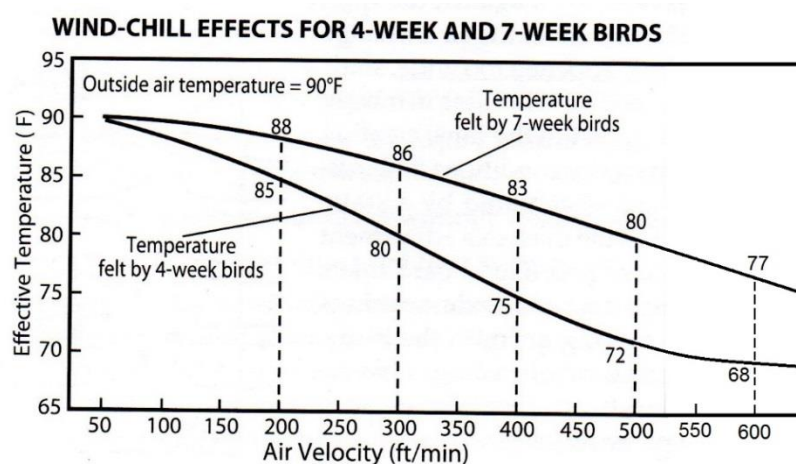
La evaluación de esta variable determinó que la humedad relativa registrada, sumada a las temperaturas altas, produjo en el galpón un alto estrés calórico en las aves, lo que hizo que se presenten altas mortalidades durante las 2 últimas semanas de la crianza.

## VELOCIDAD DEL AIRE DENTRO DEL GALPÓN.

La velocidad del aire registrada dentro del galpón antes de la Implementación en promedio fue muy baja  $1,96 \text{ m/s}$ . Esta velocidad dependía exclusivamente de la velocidad exterior de los vientos que entraban al galpón por las paredes laterales y de 6 ventiladores axiales de  $36 \text{ pulg}$  de diámetro, ubicados cada  $18 \text{ m}$ , uno seguido del otro, a lo largo de  $110 \text{ m}$  de longitud que tiene el galpón.

La evaluación que se hizo a esta variable nos determinó que, para poder mover el aire en los días cálidos, la acción del viento o ventilación natural no es suficiente, debiendo ser aumentada para producir refrescamiento en las aves.

La velocidad deberá ser aumentada a por lo menos  $3,05 \text{ m/s}$  en (SI) o  $600 \text{ FPM}$  para evitar sofocamiento de las aves, como se muestra en la figura 2.1.



**Figura 2.1. Efecto del enfriamiento a las 4 semanas y 7 semanas**

. (Campbell , Brothers, & Donald, Efecto de enfriamiento para 4 y 7 semanas , 2012)

### **DENSIDAD DE AVES POR $m^2$**

Luego de la evaluación se determinó que debido a lo ineficiente térmicamente que es un galpón no implementado, no se puede engordar pollos en dicho galpón con densidades mayores de 10 aves/ $m^2$ .

### **2.4. VALORACIÓN DEL GRADO DE ESTRÉS CALÓRICO.**

Para que las condiciones atmosféricas dentro de un galpón sean las ideales de confort, el índice de estrés calórico no debe pasar de 105; es decir la suma de la temperatura en °C y el % de humedad relativa debe ser igual o estar por debajo de dicho valor.

Lamentablemente en el galpón convencional que se evaluó los valores registrados en las mediciones nos 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 %

### **2.5. DESCRIPCIÓN DE LA ALTERNATIVA PROPUESTA PARA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA**

La alternativa propuesta la conforman los siguientes sistemas: 1 sistema de ventilación que incluye 14 extractores de acero galvanizados de 54 *pulg* de diámetro cada uno con una capacidad de mover 29.184 *CFM* @ 0.05 *SP*, la misma que se ve en el Anexo # 12.



1 sistema de recirculación de agua abierto, paneles de celulosa o paredes húmedas, como se muestra en la Anexo # 13

Controladores con sus respectivos sensores de temperatura, humedad, presión estática.

Sistema automático de levante de cortinas para entradas de aire con cortinero eléctrico, tal como se muestra en la Anexo # 14

# CAPÍTULO 3

## DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE.

### 3.1. JUSTIFICACIÓN DE LA ELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA.

Para evitar que las temperaturas dentro del galpón a implementar se incrementen, de manera que ocasione que las aves pierdan la eficacia de disipación del calor de su cuerpo, es necesario extraer todo el aire caliente del interior del galpón y hacer el recambio de aire fresco en menos de 1 minuto.

Para ello se propone como alternativa de solución, el uso de un sistema de ventilación túnel con extractores de alto caudal y con paneles evaporativos de celulosa. Adicional a estos se tiene un sistema de circulación de agua que sirve para humedecer los paneles y transferir el calor del aire al agua, y hacer que entre el aire a menor temperatura al galpón.

Todo este sistema de ventilación, trabaja automáticamente mediante controladores de última generación de: temperatura, humedad relativa, encendido y apagado de bombas, presión estática, apertura y cierre de entradas de aire.

### 3.2. PARÁMETROS DE DISEÑO.

Los parámetros de diseño que se consideraron fueron los siguientes:

- Dimensiones del galpón: largo, ancho, altura lateral, altura en la Cumbre.
- Densidad de aves alojadas en el galpón.
- Velocidad del aire deseada en el interior del galpón.
- Velocidad de entrada de aire:
- Caudal o flujo de aire a desalojar del galpón.
- Tiempo de recambio de aire.
- Incremento de temperatura entre los extremos del galpón.

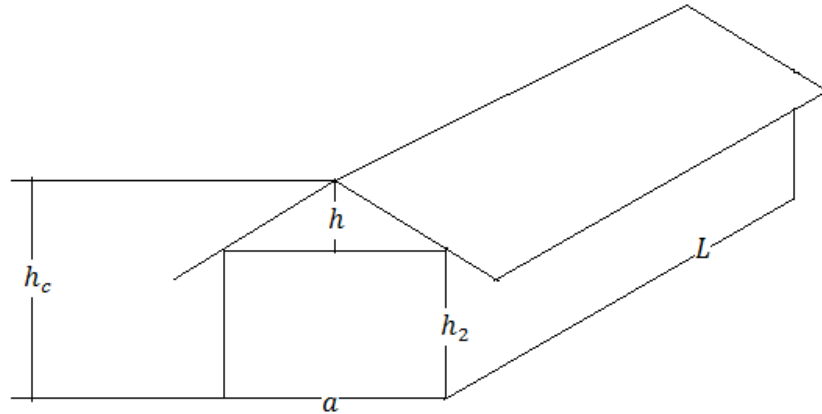
### 3.3. CÁLCULOS DEL CAUDAL DE AIRE REAL, VELOCIDAD REAL Y NÚMERO DE EXTRACTORES.

Para calcular el caudal de aire necesario para el recambio dentro del galpón, la cantidad de extractores y el área de paneles en un galpón avícola de 360,80 pies (110 *m*) de largo por 65,60 pies (20 *m*) de ancho, altura lateral 10,17 pies (3,10 *m*) y en la cumbre 14,76 pies (4,50 *m*), se requiere realizar los siguientes cálculos.

Datos:

- $L = 360,80 \text{ pies} = 110 \text{ m}$
- $a = 65,60 \text{ pies} = 20 \text{ m}$
- $h_2 = 10,17 \text{ pies} = 3,10 \text{ m}$
- $h_c = 14,76 \text{ pies} = 4,50 \text{ m}$

Las unidades a utilizar son el sistema inglés y el S.I. (sistema internacional) donde:



**Figura 3.1. Diagrama esquemático de un galpón avícola**

Mediante el uso de la ecuación (3.1) se determina el área de la sección transversal del galpón:

$$A_t = a \times h_2 \quad (3.1)$$

Descripción de las variables:

- $L$ = Ancho del galpón (pie).
- $a$ = Ancho del galpón. (pie)
- $h_2$ = Altura lateral (pie)
- $h_c$ = Altura en la cumbre (pie).
- $h$ = Altura desde el final de la pared lateral hasta la cumbre (pie).

Dónde:

$A_t$  =Área de la sección transversal hasta la altura de la pared lateral. (Pie)

El área de la sección transversal del ático no será calculada debido a que se usó un cielo raso.

De la ecuación (31), se calcula el área transversal del galpón hasta la altura lateral máxima, debido a que implementó un cielo raso a todo lo largo del galpón.

$$A_{t_1} = (65,60 \text{ pie}) \cdot (10,17 \text{ pie})$$

$$A_t = 667,15 \text{ pie}^2$$

Luego se procede a calcular el volumen de aire que se encuentra dentro del galpón y que será desalojado por los extractores.

$V$  = Volumen total de aire dentro del galpón ( $\text{pie}^3$ ).

Usando la ecuación (3.2) se tiene el volumen del galpón:

$$V = L \cdot A_t \tag{3.2}$$

$$V = (360,80 \text{ pie}) \cdot (817,05 \text{ pie}^2)$$

$$V = 294.791,64 \text{ pie}^3$$

Para mejorar la eficiencia de la transferencia de calor del cuerpo de las aves al aire que las rodean, este aire debe ser renovado en menos de 1 min, por lo que tomando de la tabla del fabricante, que se ve en el anexo # 12, el valor en *CFM* que se usaron en la implementación tenemos a una

presión estática de @ 0.05 SP el valor del flujo o caudal de aire que mueve de 29.184 CFM y junto con la velocidad deseada de 600 FPM se procedió a calcular los CFM o caudal de diseño requerido y el caudal real para renovar el aire.

Datos:

- $v_{Aire}$  = Velocidad de diseño del aire deseada (pie/min).
- $Q_{req}$  = Caudal de diseño o flujo de aire requerido para renovar (pie<sup>3</sup>/min).
- $N$  = Número de extractores.
- $Q_{Ext}$  = Caudal o flujo de aire en CFM de cada extractor (pie<sup>3</sup>/min).
- $Q_{real}$  = Caudal o flujo real promedio de aire de renovación dado por todos los extractores (pie<sup>3</sup>/min).
- $v_{real}$  = Velocidad real generada por todos los extractores dentro del galpón (pie/min).
- Dado que la velocidad del aire para diseño es  $v_{aire} = 600 \frac{pie}{min}$  y el caudal de cada extractor es de  $Q_{Ext} = 29.184$  CFM a una presión estática de @ 0.05 SP y el área transversal del galpón calculada es  $A_t = 667, 15$  pie<sup>2</sup>, se procede a calcular el caudal requerido  $Q_{req}$  de la ecuación (3.3):

$$Q_{req} = v_{Aire} \times A_t \quad (3.3)$$

El número de extractores se calcula mediante la ecuación (3.4):

$$N = \frac{Q_{req}}{Q_{Ext}} \quad (3.4)$$

EL caudal real del aire a ser removido por el total de los extractores se calcula mediante la ecuación (3.5):

$$Q_{real} = N \times Q_{Ext} \quad (3.5)$$

La velocidad real a que va a ser removido el aire al exterior del galpón se calcula mediante la ecuación (3.6) y esta debe ser mayor a 600 *pie/min*.

$$v_{real} = \frac{Q_{real}}{A_t} \quad (3.6)$$

Reemplazando los parámetros conocidos en la ecuación (3.1) se obtiene:

$$Q_{req} = \left( 600 \frac{pie}{min} \right) \cdot (667,15 pie^2)$$

$$Q_{req} = 400.290,00 \frac{pie^2}{min}$$

Con el valor del Caudal de diseño requerido y el caudal de los extractores seleccionados, se obtiene el número de extractores.

El número de extractores a instalar se los obtiene reemplazando lo valores ya conocidos en la ecuación (3.4):

$$N = \frac{400.290,00 \frac{\text{pie}^3}{\text{min}}}{29.184 \frac{\text{pie}^3}{\text{min}}}$$

$$N = 13,72 \approx 14 \text{ extractores de } 54 \text{ pulgs de diámetro}$$

Para obtener el caudal o flujo de aire que los extractores mueven realmente, multiplicamos la cantidad caudal de cada extractor por el número total de extractores a implementar.

El caudal real es el producto entre el número de extractores y el caudal de aire que mueve cada extractor.  $Q_{real} = (14) \cdot \left(29.184 \frac{\text{pie}^3}{\text{min}}\right)$

$$Q_{real} = 408.184 \frac{\text{pie}^3}{\text{min}}$$

$$Q_{real} = 408.576,00 \frac{\text{pie}^3}{\text{min}}$$

Con el  $Q_{real}$  se determina la velocidad real promedio ( $v_{real}$ ) del aire dentro del galpón.

Reemplazando el valor del caudal real en la ecuación (3.6) se obtiene la

$$\text{velocidad real: } v_{real} = \frac{408.576,00 \frac{\text{pie}^3}{\text{min}}}{667,15 \text{ pie}^2}$$

$$v_{real} = 612,42 \frac{\text{pie}}{\text{min}}$$



Con el valor de la velocidad real dentro del galpón se determina el valor de la eficiencia de enfriamiento y el valor real de la presión estática dentro del galpón, como se ve en las figuras 3.2 y figura 3.3 respectivamente.

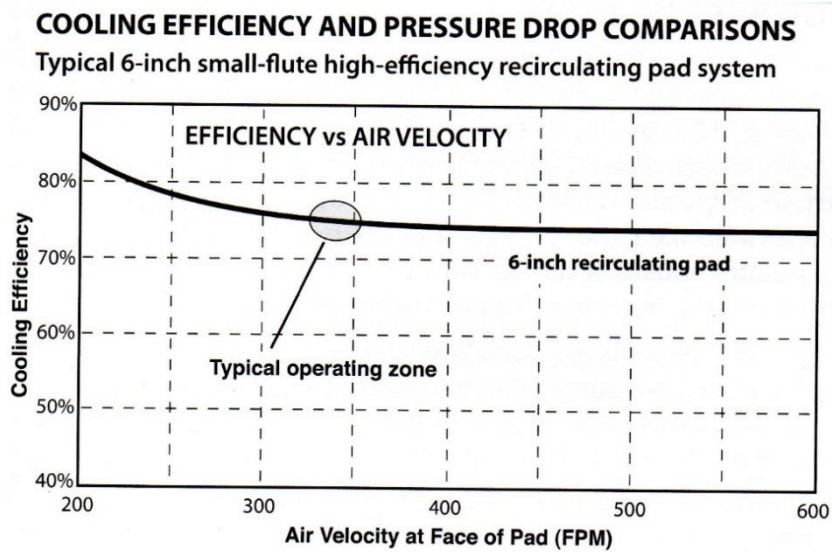


Figura 3.2 Eficiencia de enfriamiento vs velocidad del aire.

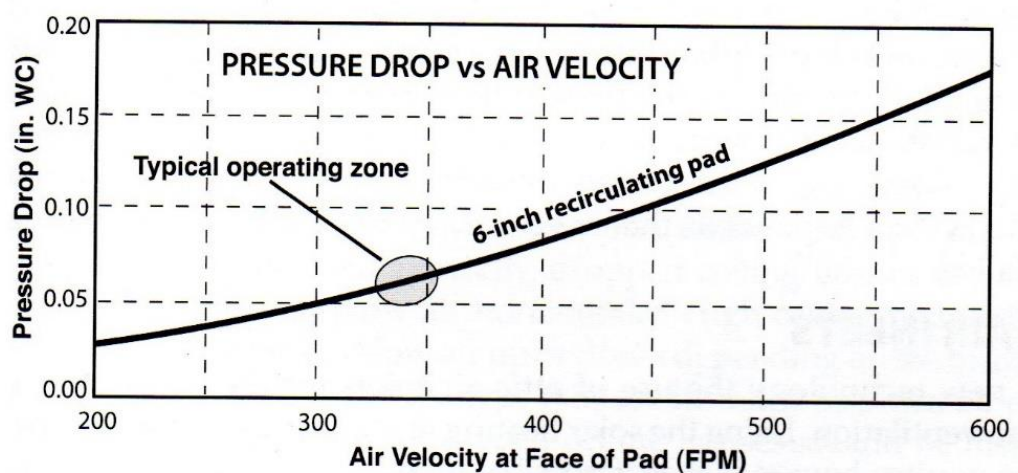


Figura 3.3. Presión estática vs velocidad del aire.

### 3.4. CÁLCULO DE DIMENSIONES DE LOS PANELES EVAPORATIVOS.

Para calcular el área y dimensiones de los paneles evaporativos de celulosa se debe definir el valor de la velocidad del aire que pasa a través de los paneles.

Reemplazando los parámetros conocidos  $Q_{\text{Entrada}} = 408.576 \frac{\text{pie}^3}{\text{min}}$  El

valor de la velocidad de entrada de aire por los paneles se lo obtiene del gráfico que se muestra en la figura 3.2, siendo este valor con fines de cálculos  $V_{\text{Entrada}} = 350 \text{ pie}/\text{min}$ .

El valor del caudal de entrada de aire por los paneles se evalúa a través de la ecuación (3.7):

$$Q_{\text{Aire a entrada}} = A_{\text{Paneles}} \cdot V_{\text{Entrada}} \quad (3.7)$$

Dónde:

$$Q_{\text{real}} = Q_{\text{Aire a entrada}}$$

$Q_{\text{Aire a entrada}}$ : Caudal de aire a la entrada de los paneles evaporativos

$V_{\text{Entrada}}$ : Velocidad del aire a la entrada del galpón.

$A_{\text{Paneles}}$  = Área de paneles evaporativos

Se despeja el área ( $A_{\text{Paneles}}$ ) de la ecuación (3.7) y se obtiene:

$$A_{\text{Paneles}} = \frac{Q_{\text{Entrada Paneles}}}{V_{\text{Entrada Paneles}}}$$

Remplazando los valores:

$$A_{\text{Paneles}} = \frac{408.576 \frac{\text{pie}^3}{\text{min}}}{350 \frac{\text{pie}}{\text{min}}}$$

$$A_{\text{Paneles}} = 1.167,36 \text{ pie}^2$$

Debido a la disponibilidad en la industria de paneles de 6 *ft* de altura (*a*) la longitud (*l*) de las paredes de paneles evaporativo está dada por la ecuación (3.8):

$$A_{\text{paneles}} = l \cdot a \quad (3.8)$$

Dónde:

*l* : Longitud de paneles evaporativos.

*a* : Altura de los paneles.

Despejado la longitud de los paneles queda:

$$l = \frac{1.167,36 \text{ pie}^2}{6 \text{ ft}}$$

$$l = 194,56 \text{ pie} \approx 195 \text{ pie}$$

Haciendo la conversión de unidades al SI queda:

$$l = 59,32m$$

La distribución de los paneles se muestra en la figura 3.4, es decir es 2 paredes de paneles de  $70 \times 6 \text{ pie}^2$  más 1 pared de paneles de  $55 \times 6 \text{ pie}^2$ .

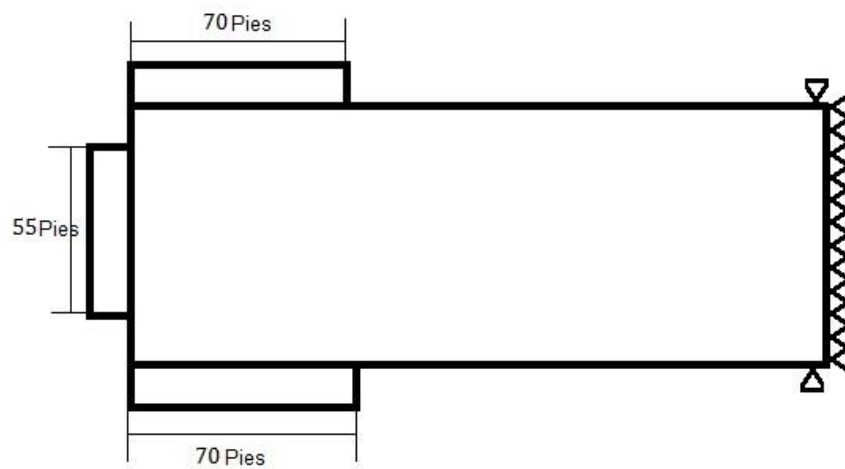


Figura 3.4: Distribución de paneles de celulosa en galpón implementado.

### 3.5 CÁLCULO DE LAS VELOCIDADES A LA ENTRADA Y SALIDA DEL GALPÓN.

Para el cálculo del diferencial de temperatura entre los extremos  $\Delta T_{1-2}$  se plantea el siguiente proceso, dado en la figura 3.5:

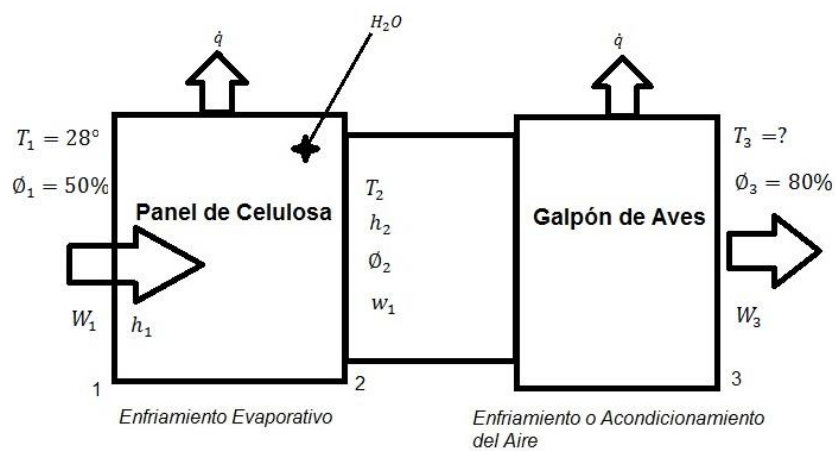


Figura 3.5. Diagrama de proceso de enfriamiento evaporativo de un galpón con acondicionamiento de aire.

Los datos de entrada y los parámetros a calcular son:

$$T_1 = 28\%$$

$$\phi_1 = 50\%$$

$$T_2 = ?$$

$$h_1 = ?$$

$$\phi_2 = 80\%$$

$$h_2 = ?$$

$$T_3 = ?$$

$$\phi_3 = 80\%$$

$$h_3 = ?$$

Dónde:

$T_1$  = Temperatura ambiente del aire o temperatura en la entrada del intercambiador o panel de celulosa.

$T_2$  = Temperatura del aire a la salida del panel de celulosa luego.

$T_{H_2O}$  = Temperatura del agua en el intercambiador.

$\phi_1$  = Humedad relativa del aire ambiente externo.

$\omega_1$  = Humedad absoluta del aire exterior.

$\dot{q}$  = Rapidez de transferencia de calor.

$\phi_2$  = Humedad relativa del aire a la salida del intercambiador.

$\omega_2$  = Humedad absoluta del aire a la salida del intercambiador.

$T_3$  = Temperatura del aire a la salida del galpón.

$\phi_3$  = Humedad relativa a la salida del galpón.

$\omega_3$  = Humedad absoluta a la salida del galpón.

Con fines de cálculos se asume que el proceso se lleva a cabo bajo los siguientes supuestos.

- Galpón aislado
- Estado estable
- Enfriamiento evaporativo, entalpía constante
- Flujo laminar
- $\omega_1 = \omega_2 = \omega_3 =$  Humedades constantes por tratarse de un proceso de enfriamiento simple
- $h_1 = h_2 =$  Constante
- $\phi_2 = \phi_3$

El principio ingenieril que se aplicó fue un balance de energía:

***Calor del aire que entra = Calor del aire que sale***

Siendo el balance de energía el siguiente:

$$\dot{q}_e = \dot{q}_s$$

EL cálculo del calor a mover está dado por la ecuación (3.9):

$$\dot{q}_{aves} = \dot{q}_{aire} \quad (3.9)$$

Dónde el flujo de calor que generan las aves está dado por la ecuación

(3.10):

$$\dot{q}_{aves} = \dot{q}_1 \cdot NA \cdot PA \quad (3.10)$$

El flujo de calor que debe ingresar al galpón está dado por la ecuación

(3.11)

$$\dot{q}_{aire} = \dot{m}_{aire} C_{PAire} \Delta T \quad (3.11)$$

Dónde:

$NA$  = Número de aves.

$PA$  = Peso de cada ave.

$\dot{q}_e$  = Calor que entra al galpón.

$\dot{q}_s$  = Calor que sale del galpón

$\dot{q}_1$  = Calor generado por cada ave

$\dot{q}_{aire}$  = Calor que acumuló el aire desde que entró hasta que salió.

$\dot{q}_{aves}$  = Calor total generado por todas las aves.

De la referencia (Donald, 2012, pág. 1)

El calor irradiado por (una) ave es.  $\dot{q}_1 = 5 \frac{BTU lb}{h}$

Para calcular el calor irradiado por las aves al interior del galpón se usa la ecuación (3.10).

Reemplazando los siguientes datos conocidos:

$$\dot{q}_1 = 5 \frac{BTU}{h} lb,$$

$$NA = 30.800 \text{ aves},$$



$$PA = 7 \frac{lb}{ave}$$

en la ecuación (3.10) y se obtiene:

$$\dot{q}_{aves} = \left(5 \frac{BTU}{h \cdot lb}\right) \cdot (30.800 \text{ aves}) \cdot \left(7 \frac{lb}{ave}\right)$$

$$\dot{q}_{aves} = 1'078.000 \frac{BTU}{h}$$

Para calcular el calor  $\dot{q}_{aire}$  del aire que entra y sale del galpón avícola se usa la ecuación (3.11)

$$\dot{q}_{aire} = \dot{m}_{Aire} C_{P_{Aire}} \cdot \Delta T_{1-2}$$

Dónde:

$$\rho_{Aire} = 0,06242 \frac{lb}{pie^3}$$

$$C_{P_{Aire}} = 1,005 \frac{kJ}{kg \cdot K}$$

$$Q_{Real}^{Aire} = 408.576,00 \frac{pie^3}{min}$$

Siendo:

$\Delta T$  = Diferencial de temperatura entre la entrada y salida del galpón.

$\rho_{aire}$  = Peso específico del aire.

$C_{P_{Aire}}$  = Calor específico del aire

$\dot{m}_{Aire}$  = Flujo másico del aire

$Q_{Aire}$  = Caudal de aire

Reemplazando  $\dot{q}_{aves}$  y  $\dot{q}_{aire}$  en el balance de energía, despejando

$\Delta T_{1-2}$  y reemplazando las variables conocidas en la ecuación (3.9)

Se obtiene:

$$\Delta T_{1-2} = \frac{1'078.000 \frac{BTU}{h \cdot lb} (lb)}{\rho_{Aire} \cdot (Q_{Aire}) C_{p_{aire}} \left( \frac{lb}{pie^3} \right) \left( \frac{BTU}{lb^{\circ}F} \right) \left( \frac{pie^3}{min} \right)}$$

$$\Delta T_{1-2} = \frac{1'078.000 \frac{BTU}{h \cdot lb} \cdot (lb)}{(408.576,00) \cdot (1.1) \cdot \left( \frac{lb}{pie^3} \right) \cdot \left( \frac{BTU}{lb^{\circ}F} \right) \left( \frac{pie^3}{min} \right) \cdot \left( \frac{min}{h} \right)}$$

$$\Delta T_{1-2} = 2,40^{\circ}F$$

$$\Delta T_{1-2} = 1.33^{\circ}C$$

Para el cálculo de temperatura  $T_2$  a la salida del intercambiador y a la salida del galpón  $T_3$  se usa la tabla psicométrica Anexo # 15.

Se ubica el punto  $T_1 = 32^{\circ}C$  A  $50\% HR$  y se halla el valor de la entalpía para esa temperatura, luego se asciende hasta la curva de  $80\%HR$  (Parámetro de diseño) y bajando hasta el eje de las X, se

obtiene el valor de la temperatura a la salida del intercambiador de celulosa  $T_2 = 28,2^\circ\text{C}$ .

Sumando la temperatura a la salida del intercambiador más el  $TR$ , nos da el valor de la temperatura a la salida del galpón.

Para calcular la temperatura a la salida del galpón se usa la ecuación (3.12):

$$T_3 = T_2 + TR \quad (3.12)$$

Dónde:

$$\Delta T = TR$$

Siendo  $TR$  la diferencia de temperatura entre los extremos del galpón:

$$TR = 2,40^\circ\text{F} \approx 1.33^\circ\text{C}$$

Se reemplaza ese valor en la ecuación (3.12) y queda el valor de la temperatura del aire a la salida del galpón:

$$T_3 = 28,2^\circ\text{C} + 1.33^\circ\text{C}$$

$$T_3 = 29,53^\circ\text{C}$$

Para calcular del Índice de estrés calórico a 80% de humedad relativa y una temperatura de salida  $T_3 = 29,53^\circ\text{C}$  se reemplaza el valor de  $T_3$  en la ecuación (3.13)

$$IEC = T_3 + 80 \quad (3.13)$$

Reemplazando el valor de  $T_3$  queda:

$$IEC = 29,53^\circ\text{C} + 80 = 109,53$$

$$IEC = 109,53$$

Siendo  $IEC > 105$  no estando dentro del rango de confort de las aves sino acercándose al valor crítico de 110 según (Campbell, Dennis, & Jim, 2011)

Hay que anotar que en este  $IEC$  calculado no se toma en cuenta la temperatura de sensación térmica, la misma que es producida por el movimiento del aire alrededor de las aves y que se calcularía tomando de la tabla de sensación térmica (ver. Anexo # 16) (Boles, y otros, 2012)

En $^\circ\text{C}$ , el valor del  $\Delta T_{st}$  es  $7,43^\circ\text{C}$  a 600 pie/min.

El cálculo de la temperatura de sensación térmica  $T_{st}$  esta dado por la ecuación (3.14):

$$T_{st} = T_3 - \Delta T_{st} \quad (3.14)$$

Al reemplazar los valores de  $T_3$ ,  $\Delta T_{st}$  en la ecuación (3.14) da:

$$T_{st} = 29,53^\circ\text{C} - 7,43^\circ\text{C}$$

$$T_{st} = 22,10^\circ\text{C}$$

Para calcular el índice de estrés calórico real  $IEC_{real}$  se usa la ecuación (3.15), siendo esta:

$$IEC_{real} = T_{st} + 80 \quad (3.15)$$

Reemplazando el valor numérico sin tomar en cuenta las unidades de  $T_{st}$  en la ecuación (3.15) nos da:

$$IEC_{real} = 22,10 + 80$$

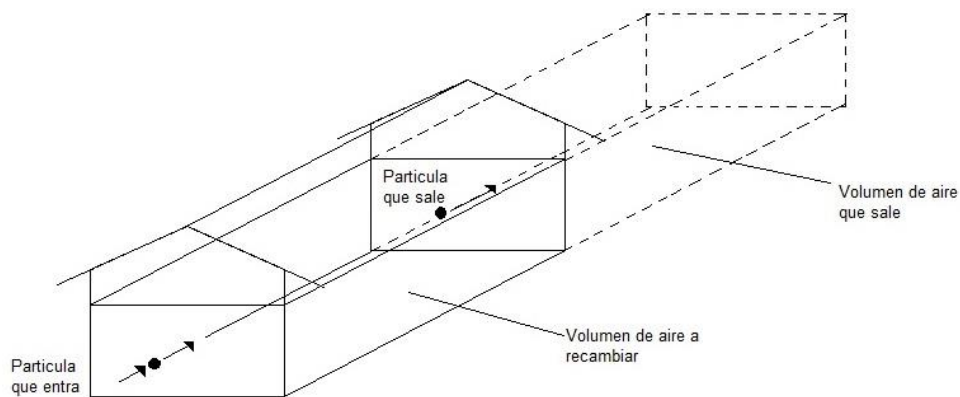
$$IEC_{real} = 102,10$$

Siendo  $IEC_{real} < 105$  estando dentro del rango de confort de las aves.

### **CÁLCULO DEL TIEMPO DE RECAMBIO DE AIRE.**

Para el cálculo del tiempo de recambio de aire de un galpón avícola se va a asumir lo siguiente:

- Flujo incompresible.
- Galpón aislado.
- Una partícula que viaja desde la entrada hasta la salida del galpón con el volumen de aire a desalojar



**Figura # 3.6 Dibujo del galpón y el volumen de aire de recambio**

Se aplica el principio de continuidad de fluidos o conservación de flujos másicos ecuación (3.16) :

$$\dot{m}_{entra} = \dot{m}_{sale} \quad (3.16)$$

Siendo el flujo incompresible  $\rho = constante$  despejando nos queda:

Caudal que entra  $Q_{entra}$  es igual a caudal que sale  $Q_{sale}$  .

La ecuación que se aplica es:

$$Q_{entra} = Q_{sale} \quad (3.17)$$

Dónde el caudal que entra es igual a:

$$Q_{entra} = v \cdot A_t$$

Y el caudal que sale es igual a:

$$Q_{sale} = Q_{real}$$

Reemplazando en la ecuación (3.18) las igualdades anteriormente

descritas queda como:

$$\frac{l}{t} \cdot A_t = Q_{real}$$

Despejando t:

$$t = \frac{l \cdot A_t}{Q_{real}}$$

$$t = \frac{v}{Q_{real}} \cdot 60 \text{ seg}$$

Reemplazando los valores del volumen de aire a recambiar y el caudal real que extraen los extractores, mostrados en la tabla # 1 y multiplicamos por 60 para tener el tiempo en *seg* nos queda:

$$t = \frac{294,79 \text{ pie}^3}{408,57 \frac{\text{pie}^3}{\text{min}}} \cdot \frac{60 \text{ seg}}{\text{min}}$$

$$t = 43,29 \text{ seg}$$

Siendo *t* de recambio menor que 1 minuto, cumpliéndose el objetivo de recambiar el aire del galpón en menos de 1 minuto.

### 3.6. OBSERVACIONES Y RESULTADOS OBTENIDOS.

En la tabla # 1 se observa los resultados de los cálculos de valores de las variables de diseño. Estos valores sirven para cuantificar el número de extractores y el área de paneles evaporativos que se implementaron en el galpón.

TABLA # 1: VALOR DE LAS VARIABLES DE DISEÑO.

VARIABLES	RESULTADOS
Caudal requerido $Q_{req}$	400.290 pie <sup>3</sup> /min
Caudal real $Q_{real}$	408.576 pie <sup>3</sup> /min
Velocidad real $V_{real}$	612,42 pie <sup>3</sup> /min
Numero de extractores $N_{ext}$	14
Diferencia de temperatura entre ambos extremos $TR$	1,33°C
Temperatura a la salida de paneles evaporativos $T_2$	22,5°C
Temperatura a la salida del galpón $T_3$	23,83°C
Tiempo de recambio de aire $t$	43,29 seg

TABLA # 2: TEMPERATURAS A LA SALIDA DE PANELES EVAPORATIVOS

Temp. A la entrada de paneles ( $T_1$ )	Temp. A la salida paneles evaporativos ( $T_2$ )	Temp. A salida de galpón ( $T_3$ )	Temp. De sensación térmica ( $T_{st}$ )	IEC
$T_1$ °C	$T_2$	$T_2 + TR$	$T_1 - T_{st}$ a 600 pie <sup>3</sup> /min	°C + 80
35	29	30,33	22,90	102,90
32	28,2	29,53	22,10	102,10
30	24,5	25,83	18,40	98,40
28	22,5	23,83	16,40	96,40

En la tabla # 2 Temperaturas de salida luego del enfriamiento evaporativo, se detalla los valores para diseño obtenidos de la Carta psicométrica para distintos valores de temperatura de entrada de aire por los paneles evaporativos de celulosa implementados.



### 3.7. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

De los cálculos realizados se obtuvieron los valores que nos sirven para diseñar los sistemas y seleccionar los equipos necesarios para implementar el galpón.

En la tabla # 1 se detallan los valores de las variables siguientes:

- Caudal requerido ( $Q_{req}$ ) o volumen total de aire de todo el galpón a ser desalojado en 1 minuto.
- Número de extractores. ( $N_{ext}$ )
- Caudal real. ( $Q_{real}$ ) o volumen de aire a ser extraído del galpón en menos de 1 minuto por todos los extractores. (GSI Mexico, 2012, pág. 14)
- Velocidad real. ( $V_{real}$ ) o velocidad generada por todos los extractores.
- Diferencia de temperatura entre la entrada y salida de aire. ( $TR$ )
- Temperatura del aire a la salida de los paneles evaporativo. ( $T_2$ )
- Temperatura del aire a la salida del galpón. ( $T_3$ )
- Tiempo de recambio de aire (t).

Luego de hacer un análisis comparativo del Caudal requerido ( $Q_{req}$ ). Vs el Caudal real ( $Q_{real}$ ), se observa que el Caudal real, es mayor en 8.576  $pie^3/min$  que el caudal  $Q_{req}$ , lo que nos garantiza que el aire, dentro del galpón, siempre va a estar renovado de oxígeno y sin calor acumulado.

Esa diferencia de valor entre los ( $Q_{req}$ ) y ( $Q_{real}$ ) se debe a que en el cálculo del número de extractores ( $N_{ext}$ ) el valor fue 13,72 y como no se dispone de 0,72 partes de extractores se procedió a redondear en 14 extractores de 54 *pulg* de diámetro.

En lo referente a la velocidad real ( $V_{real}$ ) obtenida, se observa que esta es mayor que la velocidad de diseño del aire  $V_{aire}$  con 12,42 *pie/min*. Lo que mejora aún más la velocidad de recambio del aire que rodea a las aves.

En la Figura 3.4 se observa que a 612,42 *pie/min* la temperatura efectiva es aproximadamente 76 °F o 24,4 °C, lo que nos demuestra que los cálculos están dentro de los valores esperados, es decir, que a medida que la velocidad aumenta, más baja la temperatura del interior del galpón y por consiguiente de las aves.

Con respecto al incremento de temperatura entre los extremos del galpón de este valor no debe ser mayor que 5°F o 2,78 °C (GSI Mexico , 2012, pág. 14)

Siendo el valor calculado 1,33 °C o 2,39 °F el mismo que está por debajo del valor máximo de diseño.

Una variable importante del diseño es la temperatura de salida del aire de los paneles evaporativos. Por tratarse de un proceso de enfriamiento evaporativo se usa la tabla psicométrica para calcularlos.

En el Anexo # 15 Carta psicométrica se muestra gráficamente los valores.

En la tabla # 2 se observa los distintos valores de temperatura de salida del aire de los paneles  $T_2$ , temperatura de salida del galpón  $T_3$ , temperatura de sensación térmica  $T_{st}$  y  $IEC_{real}$ , para distintos valores de temperatura de entrada de aire a los paneles  $T_1$ .

En la tabla # 1 se observa el tiempo de recambio de aire y este fue de 43,29 *seg*, estando por debajo del límite de 1 minuto, lo que nos garantiza que habrá el suficiente aire renovado con oxígeno y libre de calor, gases como el  $CO_2$  y amoníaco  $NH_3$ , siendo este un aire comfortable e idóneo para criar y engordar pollos.

# CAPITULO 4

## IMPLEMENTACIÓN Y ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD.

### 4.1. EQUIPOS UTILIZADOS Y SUS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS.

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:

1. Sistema de ventilación túnel.
2. Sistema de levante de cortinas laterales y de las entradas de aire.
3. Sistema automático de apertura y cierre de ventilas de aire o inlets
4. Sistema de enfriamiento evaporativo.
5. Sistema de calefacción por aire forzado
6. Sistema de control automático de temperatura y humedad.
7. Sistema de control automático de presión estática.

#### **Sistema de ventilación túnel: (Ver Anexo # 17)**

**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  $29.184 \frac{pie^3}{min}$  a 0.05 SP.
- Fabricado en EEUU.

**Sistema de levante de cortinas laterales y entradas de aire. (Ver Anexo # 14)**

**Lo conforma 1 Sistema manual de levante de cortinas laterales y 1 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  
(Ver Anexo # 10)**

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

- Ventilass plásticas con marco de acero galvanizado
- Disponible en 2 medidas (0,75" x 41.5") y (10,5" x 46")
- Ventilass plásticas modelo curvo.
- Ventilass 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 2000 lb- 5000lbs
- Longitud máxima de recorrido 12 pulgadas
- 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 evaporativo. (Ver Anexo # 13)**

**Lo conforman 3 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 recirculación de agua open top fácilmente desmontable para fácil mantenimiento.

**Sistema de calefacción por aire forzado (Ver Anexo # 3)**

**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 1000 CFM ( $1.699 m^3/hr$ ) 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 control automático de temperatura y humedad. (Ver Anexo # 5)**

**Lo conforma 1 tablero de control de temperatura y humedad relativa 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 (Ver. Anexo # 7)**

**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. UBICACIÓN DE LOS EQUIPOS.**

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.

Para la ubicación final se deberá tener en cuenta la dirección del viento y la dirección y sentido del recorrido del sol.

Las paredes húmedas siempre deben estar a favor de la dirección del viento; es decir el viento debe entrar al galpón naturalmente para ayudar a empujar y sacar el aire del galpón.

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 4.1 se observa la ubicación correcta de los equipos implementador

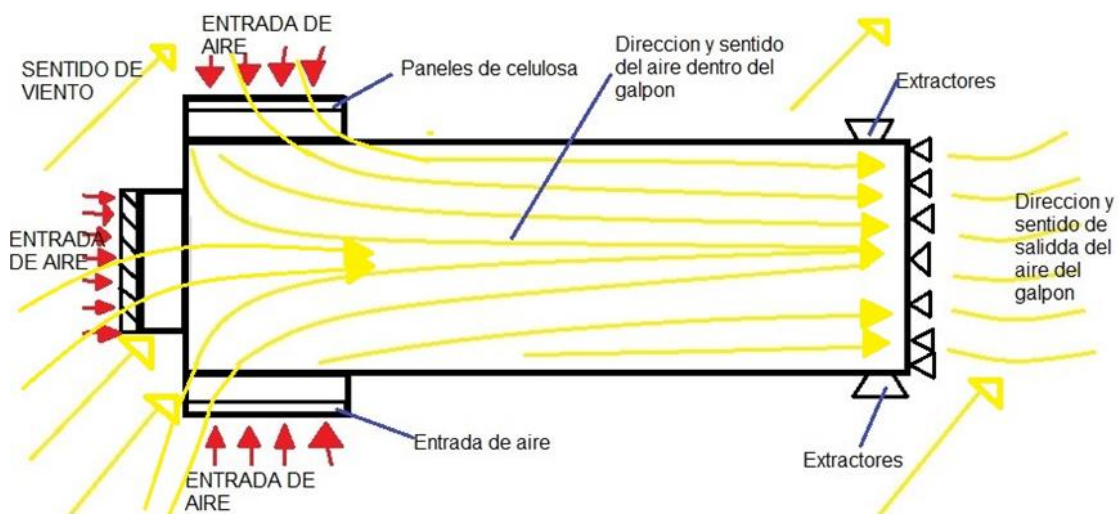


Figura 4.1.: Ubicación de equipos implementados.

### 4.3. CUANTIFICACIÓN DE LOS COSTOS DE LA IMPLEMENTACION.

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

- (a).** Material para la preparación del terreno.
- (b).** Alquiler de maquinaria para nivelación del terreno.
- (c).** Obra civil y albañilería.
- (d).** Costo de mano de obra para construcción de la estructura metálica del galpón.
- (e).** Costo del material para los perfiles metálicos y techo metálico
- (f).** 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.
- (g).** Mano de obra de instalación de equipos.
- (h).** Costo de materiales eléctricos (Incluye generador).
- (i).** Costos de la mano de obra de instalación eléctrica.

A continuación, en la tabla # 3 se detalla los valores incurridos en cada ítem.

**Tabla # 3: COSTO TOTALES DE IMPLEMENTACIÓN**

<b>COSTOS</b>	<b>VALOR</b>
Material para la preparación del terreno	\$ 6.000,00
Alquiler de maquinaria para nivelación del terreno	\$2.000,00
Obra civil albañilería	\$3.000,00
Material para los perfiles metálicos y techo metálico	\$50.000,00
Mano de obra para construcción de la estructura metálica	\$15.000,00
Costos de los equipos	\$112.933,01
Mano de obra de instalación de equipos	\$13.000,00
Materiales eléctricos (Incluye generador)	\$40.500,00
Mano de obra de instalación eléctrica	\$1.500,00
<b>TOTAL</b>	<b>\$243.933,01</b>

**TABLA # 4: DETALLE DE COSTOS DE EQUIPOS**

<b>COSTOS DE EQUIPOS</b>	<b>VALOR</b>	<b>%</b>
Sistema de Comederos	\$26.764,36	23,70%
Sistema de Bebederos	\$11.618,83	10,29%
Sistema de ventilación más paneles de celulosa y controles	\$74.549,82	66,01%
<b>TOTAL</b>	<b>\$112.933,01</b>	<b>100%</b>

#### 4.4. EVALUACIÓN DE LAS VARIABLES OBTENIDAS DESPUÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN.

Las variables medidas después de la implementación fueron las siguientes:

**Tabla # 5: VARIABLES OBTENIDAS DESPUÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN**

VARIABLES	GALPÓN CONVENCIONAL		GALPÓN ACONDICIONADO	
Temp. De extracción	35°C		28°C	35°C
Temp. De entrada, de aire	35°C		28°C	35°C
Temp. A la salida de paneles de celulosa	-----		22,5°C	29,5°C
Temp. Promedio interna del galpón.	38,5°C		27°C	30,5°C
Temp. A la salida del galpón	38,5°C		24,5°C	31°C
%HR Exterior	50% – 96%		50%	55%
%HR Interior	67% – 93%		80%	80%
Índice de Mortalidad	14,2%		0,5%	0,5%
Índice de estrés calórico	121,5		97	103,5
Velocidad promedio interior del galpón	1,96 m/s		3,17 m/s	3,17 m/s
Conversión alimenticia a la 5ta semana	2,96		1,98	1,98
Densidad de ave/m <sup>2</sup>	10		14	14

### **TEMPERATURA EXTERIOR E INTERIOR DEL GALPÓN.**

La medición de la variable temperatura ambiente exterior máxima, se registró con un centro de información atmosférico portátil, ver anexo # 11 (foto del medidor de temperatura) siendo esta 32,06°C o 89,7°F y la mínima de 25°C o 80,60°F.

El galpón está ubicado en el litoral ecuatoriano, provincia de Sta. Elena. La zona corresponde al bosque tropical seco, y los registros de temperatura se efectuaron durante la estación invernal. La temperatura del techo en un día soleado fue de 67°C.

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.

### **PORCENTAJE DE HUMEDAD RELATIVA DENTRO Y FUERA DEL GALPÓN.**

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 % 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 % de humedad relativa fluctuó entre 50% y 96% en la plena estación invernal, día y noche respectivamente.

La humedad relativa dentro del galpón registró valores altos de 67% a 93% debido a la presencia de humedad en el estiércol de las aves sumada a la humedad exterior que entra por las paredes laterales del galpón.

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.

### **VELOCIDAD DEL AIRE DENTRO DEL GALPÓN.**

La velocidad del aire registrada dentro del galpón antes de la Implementación en promedio fue muy baja 1,96 m/s. Esta velocidad dependía exclusivamente de la velocidad exterior de los vientos que entraban al galpón por las paredes laterales y de 6 ventiladores axiales de 36 pulgs de diámetro, ubicados cada 18 m, uno seguido del otro, a lo largo de 110m de longitud que tiene el galpón.

La evaluación que se hizo a esta variable nos determinó que, para poder mover el aire en los días cálidos, la acción del viento o ventilación natural no es suficiente, debiendo ser aumentada para producir refrescamiento en las aves. La velocidad deberá ser aumentada a por lo menos 3,5m/s en (SI) o 689 FPM en (UNIDADES BRITÁNICAS) para evitar sofocamiento de las aves.

**DENSIDAD DE  $\frac{\text{aves}}{\text{m}^2}$ .**

Luego de la evaluación se determinó que debido a lo eficiente térmicamente que es un galpón implementado, si se puede engordar pollos en dicho galpón con densidades mayores de 10 *aves/m*<sup>2</sup>.

#### **4.5. FACTIBILIDAD TÉCNICA ECONÓMICA.**

El objetivo del cliente que 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 de

$\frac{\text{kg}_{\text{carne de pollo}}}{\text{m}^2}$ .

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 la tabla 4. En la tabla 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.

Los parámetros que intervienen en la determinación de la factibilidad económica son:

- Área total de engorde.
- Total, de lb por aves.
- Costos de producción por galpón anual.
- Ganancia neta por galpón y anual.
- Tiempo de 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 ecuaciones (4.1) y (4.2):

$$PT_{=n.(P)} \quad (4.1)$$

$$CP_{Total} = C \cdot PT \quad (4.2)$$

Dónde:

*PT*: Producción total de libras de carne de pollo.

$n$ : Número total de aves por galpón

$P$ : Peso de 1 ave en lb.

Reemplazando los valores de las variables conocidas que se encuentran en la tabla 6 en las ecuaciones (4.1) se tiene:

$$PT = 30.800 \cdot (7) \text{aves} \left( \frac{\text{lb}}{\text{ave}} \right)$$

$$PT = 215.600 \text{ lb}$$

De igual manera reemplazando los datos en la ecuación (4.2) se tiene el costo de producción total:

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

$$CP_{Total} = \$ 159.544,00$$

TABLA 6: COSTOS DE PRODUCCIÓN

PARAMETROS	UNIDADES	VALOR TOTAL
Dimensiones del galpón	<i>m</i>	110x20
Área del galpón	$m^2$	2.200
Densidad del galpón	$\frac{ave}{m^2}$	14
# de aves por galpón	<i>aves</i>	30.800
Peso de aves a la salida	<i>lb</i>	7
Costo de producción por lb	$\frac{\$}{lb}$	0,74
Costo de producción por ave	$\$$	5,18
Producción en lb de car	<i>lb</i>	215.600
Costo de producción del galpón	$\$$	159.540

TABLA 7: GANANCIAS POR GALPÓN IMPLEMENTADO

VARIABLES	UNIDADES	VALOR TOTAL
# de aves	<i>aves/galpón</i>	30.800
% de mortalidad	%	2
Mortalidad de aves	<i>aves/galpón</i>	616
# de aves a engordar	<i>aves</i>	30.184
Peso del ave	<i>lb</i>	7
Producción en lb por galpón	<i>lb/galpón</i>	211.288
Ganancia por libra ave	$\$/lb$	0,25
Ganancia por ave	$\$/aves$	2,45
Ganancia total por galpón	$\$/galpón$	73.950,80

En la tabla 7 y 8 se registran los datos suministrados por el cliente referente a la ganancia por  $\frac{lb}{ave}$  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 8: DETALLE DE TOTALES ANUALES POR GALPÓN**

VARIABLES	UNIDADES	VALOR TOTAL ANUAL
# Aves	Aves	146.996
Unidades de Producidas	Lb	1.028.972
Costo de Producción	\$	761.439,28
Ganancia	\$	257.243,00

Debido a que el cliente tuvo que recurrir a un préstamo bancario para poder financiar su inversión, se procede a calcular el costo de la operación con el banco.

Se aplica la ecuación (4.3) de Interés compuesto:

$$F = P(1 + r)^n \quad (4.3)$$

Definiendo las variables P, r, n nos 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:

$$P = 112.933,01 + 60.000 \text{ siendo } P = \text{capital} + \text{Intereses}$$

$$P = 172.933,96$$

$$r = 0,15 \text{ interés anual}$$

$$r = 1 \text{ año}$$

Reemplazando en la ecuación (4.3) nos queda:

$$F = \$172.933,01(1 + 0,15)^1$$

$$F = \$198.872,96$$

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:

$$X = \text{Ganacia total año} - \text{Total a pagar al banco} \quad (4.4)$$

$$X = \$257.243 - \$198.872,96$$

$$X = \$58.370,04$$

Lo que nos dice que la ganancia que genera la producción al año si cubre los costos, pago del capital y los intereses que se adeudarían al banco y quedando un valor (x) a favor del cliente, haciendo factible la inversión en la implementación de los sistemas de acondicionamiento de aire de un galpón avícola.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES.

Se logró alcanzar todos los objetivos planteados:

- Diseñar e implementar los sistemas de acondicionamiento de aire en un galpón de 110 x 20m. que permitan enfriarlo para que las aves puedan disipar fácilmente su calor interno.
- Entrenar al personal del cliente en el manejo óptimo de los sistemas para que puedan generar un ambiente interno en el galpón más fresco y confortable con miras a evitar el sofocamiento de las aves y reducir la mortalidad.
- Multiplicar las ganancias del cliente.
- Reducir la conversión alimenticia ya que los sistemas mantienen a las aves en la zona de confort.
- Reducir los costos de mano de obra debido a que optimización de todos los procesos de la crianza.
- Tecnificar el manejo de la crianza.
- Reducir los costos de producción.
- Se logró mantener a las aves durante toda la crianza en una zona de confort y alta eficiencia energética que la estimule a alimentarse y por consiguiente a ganar peso mucho más rápido.

## RECOMENDACIONES

Dentro de las recomendaciones necesarias para seguir alcanzando los objetivos planteados se tienen las siguientes:

- Entender bien el concepto de temperatura efectiva, sensación térmica, índice de estrés calórico, enfriamiento evaporativo.
- Observar el comportamiento del pollo. Ver si se hecha al piso, si deja de comer, si se mueve en la dirección del viento para tratar de alejarse del resto de las aves. Esto nos indica si el pollo está cómodo o no y nos ayuda a hacer correctivos a tiempo.
- Extremar las precauciones en las aves jóvenes ya que el efecto es exponencialmente mayor en ellas.
- Verificar constantemente que el diferencial entre los extremos del galpón no sobrepase de 5 °F (2,78 °C) puede ser indicio de que está entrando calor por alguna abertura por las cortinas o el cielo raso o que algunos equipos no están trabajando adecuadamente.
- Instalar vallas o rejas para evitar migración
- Asegurarse que los paneles evaporativos entren a funcionar antes de que las aves estén fuera de la zona de confort  $T > 26^{\circ}\text{C}$  en aves de más de 5 lbs.
- Se recomienda verificar que los paneles evaporativos siempre estén completamente humedecidos y limpios.



- Elaborar un programa de mantenimiento preventivo y correctivo para todos los sistemas implementados.

## APÉNDICE A

## BIBLIOGRAFÍA

1. Boles, M. A., Cengel, Y. A., Apraiz, I. B., Cargnelutti, M., Bautista Martínez, A. L., Coto Palencia, C., . . . Ukar Arrien , O. (2012). Carta psicrométrica a 1 atm de Presión total. En Y. A. Cengel , & M. A. Boles, *Termodinámica* (pág. 953). Mexico D.F.: The Mcgraw-Hill companies Inc.
2. Campbell , J., Brothers, D., & Donald, J. (2012). Efecto de enfriamiento para 4 y 7 semanas . En A. University, *Poultry House Ventilation Guide* (pág. 12). Auburn : National Poultry Technology Center (NPTC).
3. Campbell, J., Brothers, D., & Donald , J. (2011). Optimum performance zone . En A. University, *Poultry House Ventilation Guide* (pág. 2). Auburn: (NPTC), National Poultry Technology Center.
4. Campbell, J., Brothers, D., & Donald, J. (2011). A high velocity airflow cools birds by the wind chill effect. In A. University, *Poultry House Ventilation Guide* (p. 4). Auburn : Nationall Poultry Technology Center (NPTC).
5. Campbell, J., Brothers, D., & Donald, J. (2011). As temperatures rise bird's heat-shedding ability starts to drop. En A. University, *Poultry ventilation Guide* (pág. 4). Auburn: National Poultry Technology Center .

6. Campbell, j., Dennis, B., & Jim, D. (2011). . In A. university, *Poultry House Ventilation Guide* . Auburn, Estados Unidos : National Poultry Technology Center .
7. Donald, J. (2012). *Managing Broiler House Backup Systems to Avoid Losses*. Auburn University , Extension Agricultural Engineer and professor . Auburn : Alabama cooperative .
8. Frío Sí. (mayo de 2014). *Enfriamiento Evaporativo: Symphonyn Limited*. Obtenido de Symphony Limited web site : <http://www.symphonyiberica.com/caracteristicas/>
9. GSI. (2012). Seminario de ventilación . (pág. 13). Queretaro: GSI.
10. GSI Mexico . (2012). Seminario de ventilación . (pág. 12). Queretaro : GSI.
11. GSI Mexico . (2012). Seminario de ventilación . (pág. 13). Queretaro : GSI .
12. GSI Mexico . (2012). Seminario de ventilación . (pág. 14). Queretaro : GSI .
13. GSI Mexico. (2012). Seminario de ventilacion. *¿Porque es tan importante el tema del ambiente controlado?* (pág. 4). Queretaro: GSI.
14. GSI Mexico. (2012). Seminario de ventilación. *¿Porque es tan importante el tema del ambiente controlado* (pág. 4). Queretaro: GSI.
15. GSI Mexico. (2012). Seminario de ventilación. (pág. 10). Queretaro: GSI.

16. GSI Mexico. (2012). Seminario de ventilación. (pág. 11). Queretaro: GSI.
17. GSI Mexico. (2012). Seminario de ventilación. (pág. 5). Queretaro: GSI.
18. GSI Mexico. (2012). Seminario de ventilación. (pág. 14). Queretaro: GSI.
19. GSI Mexico. (2012). Seminario de ventilación . *¿Porque es tan importante el tema del ambiente controlado?* (pág. 3). Queretaro: GSI.

## **Anexos**

## Anexo# 1

### Comederos de tolva de llenado automático

#### CUMBERLAND PAN FEEDING

Cumberland manufactures a variety of broiler pan feeder models to accommodate the specific needs of each and every grower. All of our broiler pan feeders represent a concept for taking birds from day old through adult. We can help build a system that provides the performance you need to maximize the return on your investment.



#### Hi-Lo™ Pan Feeders Features Include...

- Multiple levels of feed depth control
- 2" to 3.5" collapsible/expandable pan accommodates bird size
- 8 or 14 spoke pan design for easy bird access
- 360° pan play reduces bruising and injury
- Exclusive feed saving design features
- Optional 2-piece drop tube



Hi-Lo™ Classic

Hi-Lo™ VIII



The drop tube and grill combination allow **PLAY IN 360°**, reducing bruising and injury to the birds.

The **HI-LO™ TELESCOPING DROP TUBE** automatically compensates for uneven floor conditions. The drop tube is available in either the standard one piece or optional two piece design.

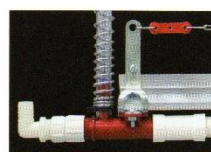
## Anexo # 2

### Bebedores automáticos de tetinas y llenado automático

#### QUALITY WATERING SYSTEMS

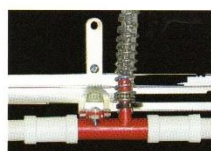
Cumberland's experience and engineering continue to bring to you a complete watering system loaded with innovations and features that promote large healthy birds and dry floors.

*Cumberland's watering systems are engineered for easy installation, low maintenance, and cost saving operation.*



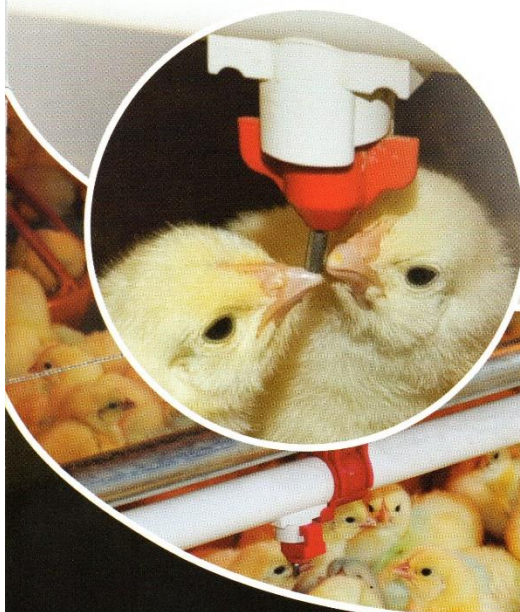
##### END KIT

- Extra strong design
- Tall flexible sight gauge allows for easy pressure reading
- Garden hose drain



##### AIR VENT

- Bleeds air from high spots
- Offers mid-line sight gauge reading
- Can be installed anywhere

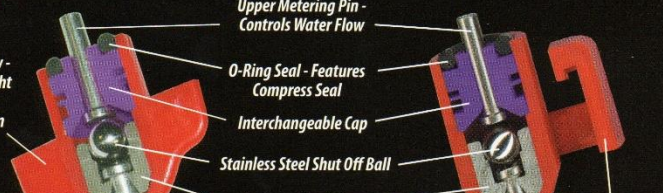


*Cumberland's nipple drinker system includes the 360° side-to-side nipple valve toggle action, plus an increased flow rate with vertical lift action.*

#### Twin Lock/J-Lock Nipple Valves

- 6 different styles available to meet your watering needs
- Only 3 moving parts
- Four times easier action
- Stainless steel upper pin for

Valve Body -  
Left or Right  
Twin Lock  
Connection



Upper Metering Pin -  
Controls Water Flow

O-Ring Seal - Features  
Compress Seal

Interchangeable Cap

Stainless Steel Shut Off Ball



## Anexo # 3

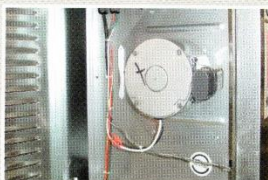
### Sistema de generador de calor

#### 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 ½" 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 <sup>3</sup> /hr)	120 Volts	2.5 Amps
SS-75-XL	75,000 BTUH (21.9kWh)	500 CFM (849.5 m <sup>3</sup> /hr)	120 Volts	2.5 Amps
HH-SS-120-XL	120,000 BTUH (35.2kWh)	1000 CFM (1699 m <sup>3</sup> /hr)	120 Volts	4.8 Amps
HH-SS-175-XL	175,000 BTUH (36.6kWh)	1000 CFM (1699 m <sup>3</sup> /hr)	120 Volts	4.8 Amps
HH-SS-200-XL	200,000 BTUH (58.6kWh)	1000 CFM (1699 m <sup>3</sup> /hr)	120 Volts	4.8 Amps
HH-SS-225-XL*	225,000 BTUH (65.9kWh)	1000 CFM (1699 m <sup>3</sup> /hr)	120 Volts	4.8 Amps
HH-SS-250-XL	250,000 BTUH (73.3kWh)	1200 CFM (2039 m <sup>3</sup> /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

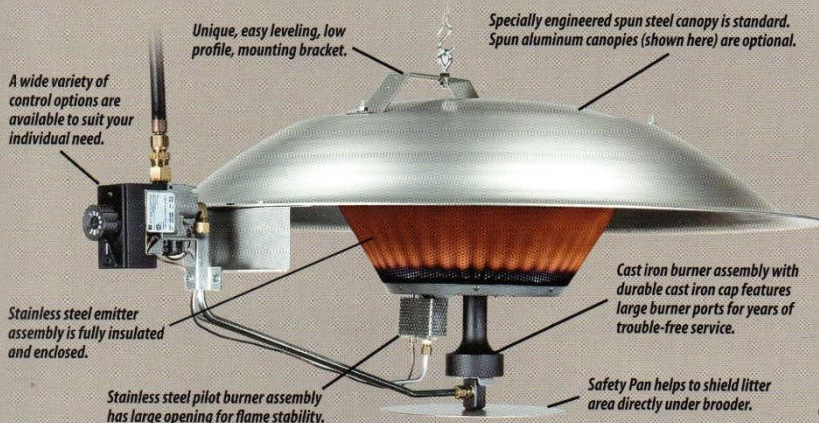
Maximum 14 in. W.C. (34.8 mbar) and minimum 5 in. W.C. (12.5 mbar) inlet gas supply pressure acceptable at gas regulator connection. Burner manifold pressure of 3.5 in. W.C. (8.7 mbar) at maximum input. Gas pressure should be checked by a certified gas technician while heater is in operation.

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

## 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.	30-35 mbar
	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.
Ventilation Required	Per Brooder	200 CFM	340 m <sup>3</sup> /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.



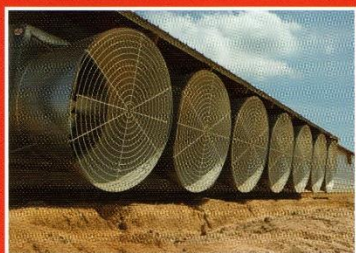
The **ZONE CONTROL PANEL** allows you to control up to 30 brooders from one place. It also features a battery backup, four fused zone connections and one thermostat.

## Anexo # 4

### Extractores de 54 pulgs con

#### GALVANIZED STEEL FANS

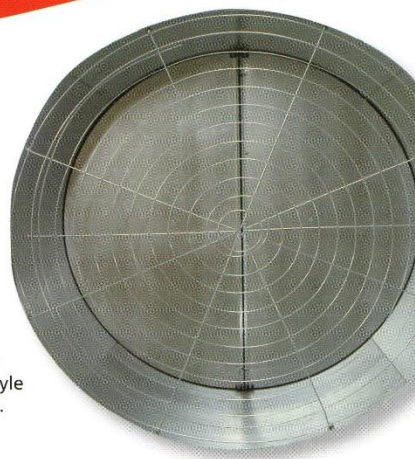
A main contributor to high bird stress and low bird weight is an overheated or poorly ventilated poultry house. Even if your building is well ventilated, inefficient equipment can blow healthy bird profits right out the window. Cumberland ventilation systems are the perfect solution.



#### 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.



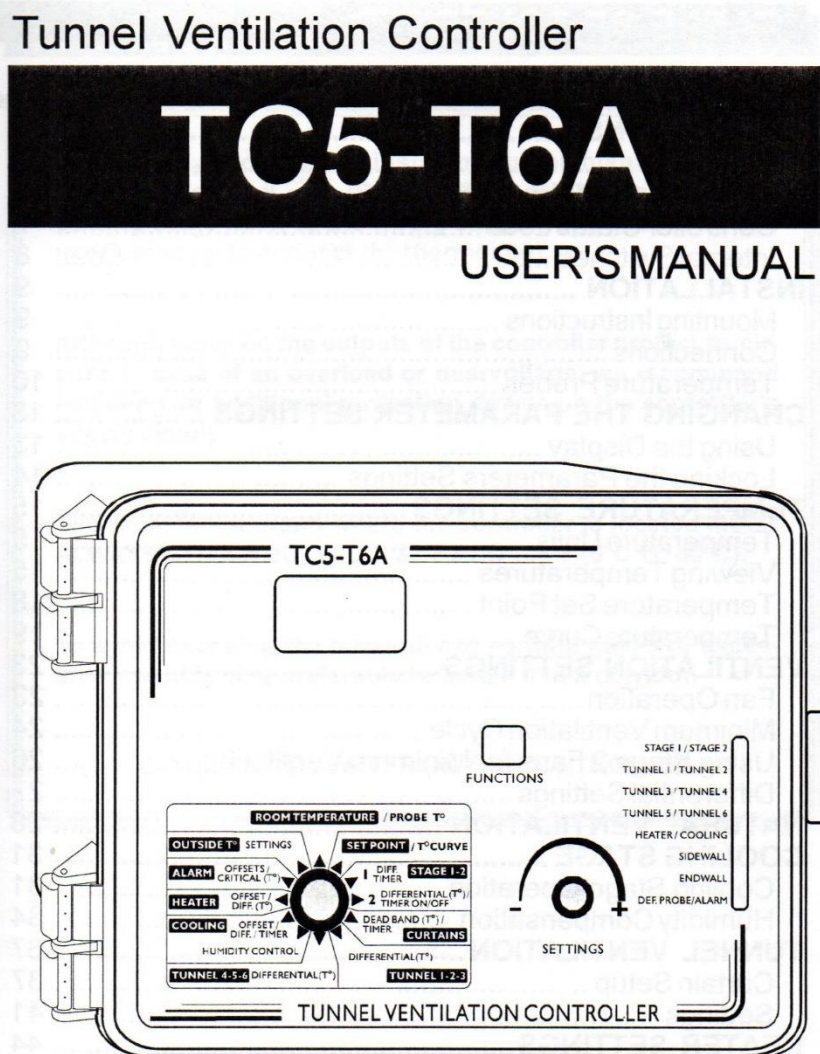
Easy access **DRIVE TRAINS** come standard with all belt drive fans. Large, cast iron, high quality greasable pillow block bearings are used for longer life. Large pulleys allow for longer belt life and smooth operation. An automatic belt tensioner ensures proper belt tension.



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

## Anexo # 5

### Control de ventilación TC5-T6A



## Anexo # 6

### 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 comercializados 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 él 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.

## Anexo # 7

### Controlador de presión estática

#### INSTALLATION

1. PLACE THE REQUIRED NUMBER OF CABLE HOLDERS IN THE HOLES PROVIDED ON THE BOTTOM OF THE CONTROLLER. IF THE CONTROLLER IS INSTALLED IN A DUSTY OR HUMID ENVIRONMENT, USE WATERTIGHT CABLE HOLDERS.
2. MOUNT THE CONTROLLER ON THE WALL WITH SCREWS THROUGH THE MOUNTING HOLES PROVIDED IN THE BACK OF THE CASE.
3. FASTEN THE BLACK CAPS SUPPLIED ON EACH OF THE MOUNTING HOLES.
4. INSTALL THE AIR INLET AND OUTLET TUBES:

THE END OF THE OUTLET TUBE (ROOM) MUST BE PLACED IN THE VENTILATED ROOM WITH THE PLASTIC FILTER PROVIDED.

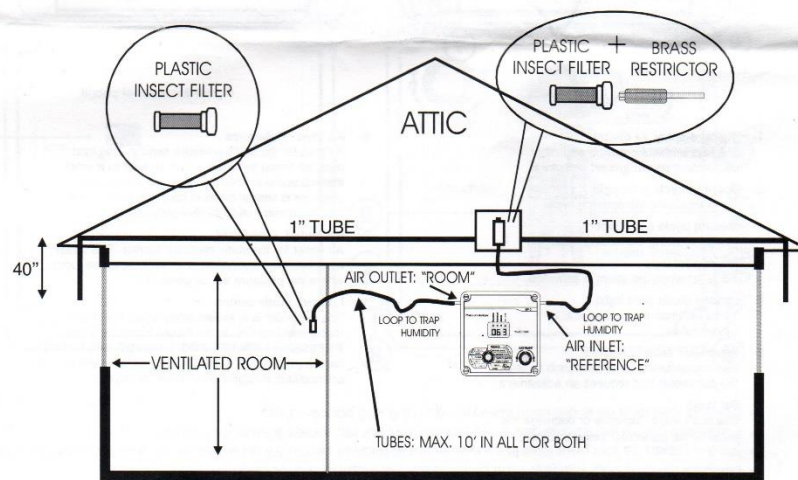
THE END OF THE INLET TUBE MUST BE INSTALLED WITH THE BRASS RESTRICTOR AND THE INSECT FILTER AWAY FROM DRAFTS. AN AIR-TIGHT BOX WITH 1" TUBING LEADING OUTSIDE CAN BE USED TO ELIMINATE PRESSURE VARIATIONS DUE TO DRAFTS. THE ATTIC CAN GENERALLY BE USED AS A REFERENCE. TO DETERMINE IF THE ATTIC IS AN ADEQUATE REFERENCE, READ THE PRESSURE DIFFERENCE BETWEEN THE ATTIC AND OUTSIDE. THE PRESSURE DIFFERENCE SHOULD BE CLOSE TO ZERO.

MAKE A LOOP IN BOTH TUBES (ROOM AND REFERENCE) TO TRAP THE HUMIDITY.

DO NOT INSTALL ENDS OF INLET (REFERENCE) AND OUTLET (ROOM) TUBES IN WALLS, IN INSULATION, IN A HUMID ENVIRONMENT OR NEAR WALLS AFFECTED BY DRAFTS.

DO NOT USE MORE THAN 10 FEET OF TUBING FOR BOTH THE AIR INLET AND THE AIR OUTLET TUBES.

THE ROOM TEMPERATURE WHERE THE CONTROLLER IS INSTALLED MUST ALWAYS REMAIN BETWEEN 32° AND 104°F (0° AND 40°C).



**DO NOT UNDER ANY CIRCUMSTANCES CHANGE THE SETTINGS OF THE TWO POTENTIOMETERS (TP1, TP2) ON THE ELECTRONIC CARD INSIDE THE ENCLOSURE. THIS WILL DECALIBRATE THE PRESSURE GAUGE.**

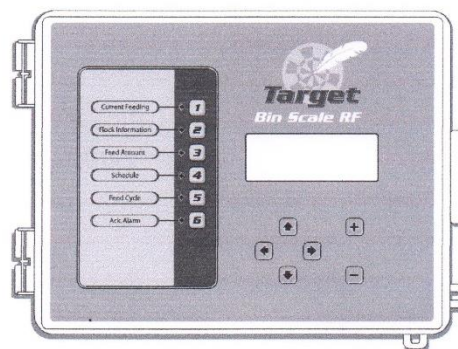
## Anexo # 8

Sistema de precisión de pesaje de alimento en silos

# TARGET

## Bin Scale RF

User's Manual



## Anexo # 9

Sistema de pesaje de pollos en el interior del galpón.



Water • Feed Systems • Video Surveillance • Feed Inventory & Consumption • Bird Weight

**I-BOX 360**  
INFORMATION IS POWER

For more details refer to I-Box Literature

### Alarm Systems



**AA-800**  
Agri Alert 800 Alarm System -

- Alarm for 8 Zones
- 8 programmable Numbers
- Maximum Surge Protection


**AA-2400**  
Agri Alert 2400 Alarm System -

- Expandable 8 to 24 Zones
- Alarm History
- Outdoor Temp. Compensation
- Dial-Out & Monitoring System

**AA-9600**  
Agri Alert 9600 Alarm System -

- Expandable 8 to 24 Zones
- 8-Zone Extension Box (up to 6)
- Agnet Windows Software
- Sophisticated Lightning Protection

### Feather Weight Bird Scale



- Weigh your birds 24 hours/day
- Give you accurate data
- Help you reduce mortality
- Help you reach your desired TARGET weight
- Featherweight can have up to 4 platforms - 2 in each house. Each platform has an independent reading. Any platform can be assigned to house 1 or house 2.
- Load cells are not on the floor, giving you a precise reading every time.
- Easy to use
- Push-button access to information.
- Gives important daily information:
  - Average weight
  - Number of weight
  - Standard deviation
  - Uniformity and daily gain
- PC Compatible

### Programmable Light Control



- LCD Display
- 10 Light Programs
- 6 Sunrise/ Sunset Cycles
- Light Peaks
- Automatic/Manual Mode
- Computer Control
- Backup Battery
- Password Protection

### Alarm Accessories

**AA-24Ext**  
Agri Alert 2400 Extension Card

- 8 Zone (Up to 2 per AA-2400)

**AA-96Ext**  
Agri Alert 9600 Extension Card

- 8 Zone (Up to 2 per AA-9600)

**AA-Battery**  
Agri Alert Rechargeable Battery

- 7A/H (AA-9600 and AA-2400)

**AA-24Power**  
Agri Alert 800/2400, Power Pack

**AA-96Power**  
Agri Alert 9600, Power Pack

### Light Dimmers



**Module**

Intensity can be different in 1 & 2 or identical.

Resistive loads of 3500W

Manual Mode: Can be used as a stand alone unit.

Auto Mode: Light intensity in the selected zone(s) is automatically controlled by the master controller. Communication between both units is established by using a radio signal.


Pre-programmed curve for incandescent lights.

Compatible with Expert32ES & Expert64+




## Anexo # 10

### Sistema automático de apertura y cierre de entrada de aire (Inlets)




# POWERTRAK<sup>®</sup>

## 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.

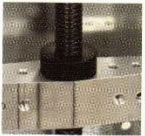


# POWERTRAK<sup>®</sup>

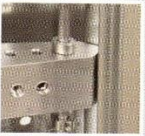


With a 5,000 pound capacity, the superior quality and design of the PowerTrak™ linear drive system boasts many performance and durability enhanced features.


- 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.





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

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.

## Anexo # 11

### Atmospheric Data Center (ADC. Pro)

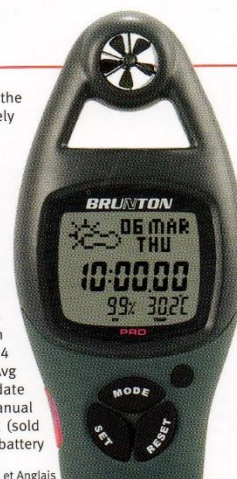
# BRUNTON

## ATMOSPHERIC DATA CENTER ADC • PRO™

No matter the conditions, the **Atmospheric Data Center (ADC)** gives you the stats when you need them most. Completely waterproof and extremely durable, it's a marvel of modern technology.

**ADC Pro** is packed with data. From relative humidity and air density to barometric pressure and wind speed, the Pro is the elite model in the ADC line. You can even download information to your computer via the waterproof infrared data port. Know Mother Nature's vitals...so they don't have to search for yours.

**Pro displays:** Relative humidity · Heat index · Dew point · Wet bulb · Relative air density · Air density · Density altitude · Density alarm · Current barometric pressure (in hPa, mb or inHg) · Storm alarm · Past 24 hour pressure tendency · 12 hour weather forecast · Altimeter shows current, max, min altitude (in meters or feet) · Altitude alarm · Ski run counter · Current temperature · Past 24 hour temperature tendency · Current, max and avg wind speed · Wind chill · Avg and min wind chill · Wind chill alarm · Alarm clock · Time, day & date · Chronograph race timer · Waterproof · Submersible · Water-flow meter · Manual and automatic data logging · IR data communication with PC using ADC-IR (sold separately) · Data download in universal format · Includes lanyard and extra battery



Mode d'emploi en Français et Anglais

## GET OUT THERE™

**BRUNTON**

620 E. Monroe Avenue, Riverton, WY 82501  
PH: 307.856.6559  
E-Mail: support@brunton.com  
Web: brunton.com

©The Brunton Co., 2003



MADE IN CHINA

## Anexo # 12

### Valores de eficiencia de extractores galvanizados

#### GALVANIZED FAN PERFORMANCE VALUES

Model	Dia.	Drive	Type	HP	0.0 Static Pressure		.05 Static Pressure		.10 Static Pressure		BESS Lab Test #
					CFM	CFM/Watt	CFM	CFM/Watt	CFM	CFM/Watt	
G50CBF16GA	50"	Belt	Butterfly	1.5	25238	27.4	23524	24	21807	20.8	4309
G50CBF16GAHE	50"	Belt	Butterfly	1.5	23915	30.2	22131	25.9	19937	22.1	4310
G50CBF16GAHF	50"	Belt	Butterfly	1.5	26913	24.2	25427	21.5	23603	18.9	4308
G54CBF16GA	54"	Belt	Butterfly	1.5	-	-	* 31800	22.6	29450	19.8	6218
G54CBF16GAE	54"	Belt	Butterfly	1.5	-	-	27500	25.9	24720	21.7	6223
G54CBF16GAU	54"	Belt	Butterfly	1.5	-	-	25000	28.8	21850	23.3	6222
CGSB36	36"	Belt	Slantwall	0.5	10578	19	9984	17.1	9379	15.5	98273
G50SL16GA	50"	Belt	Slantwall	1	22373	18.6	21042	17	19595	15.5	98283
CGSD36	36"	Direct	Slantwall	0.5	10417	17.5	9747	15.8	9105	14.2	94-0015
CGSD50	50"	Direct	Slantwall	1.25	20400	19.2	19300	17.5	18100	15.8	94328
CGBB3614	36"	Belt	Box	0.5	10171	19.6	9615	17.8	8969	15.8	00128
CGBB5021	50"	Belt	Box	1	20861	20.9	19486	19.1	18071	17.4	94276
CGBD3614	36"	Direct	Box	0.5	10950	19.3	10280	17.7	9560	16	94131
CGBD5021	50"	Direct	Box	1.25	20450	19.09	19200	17.8	17910	15.9	94283
CGSBC36	36"	Belt	SW Cone	0.5	11341	20.9	10653	18.4	9898	16.4	98275
G50SCL16GA	50"	Belt	SW Cone	1	24700	22.5	23100	20	21500	17.7	3168
G54SCL16GA	54"	Belt	SW Cone	1.5	28900	27.1	26700	23.6	24300	20.4	-
G54SCL16GHF	54"	Belt	SW Cone	1.5	30856	24.0	29184	21.3	27185	18.8	-

\* Performance values of this fan at .05" static pressure exceeds the BESS Lab test capabilities and were calculated through regression analysis of CFM and CFM/Watt measurements.

#### FIBERGLASS FAN PERFORMANCE VALUES

Model	Dia.	Drive	Cone	HP	0.0 Static Pressure		.05 Static Pressure		.10 Static Pressure		BESS Lab Test #
					CFM	CFM/Watt	CFM	CFM/Watt	CFM	CFM/Watt	
APPB-36	36"	Belt	No	0.5	10952	16.1	10152	15.4	9339	14	-
APPB-36C	36"	Belt	Yes	0.5	11232	18.2	10905	17.5	10135	15.8	-
APPB-50	50"	Belt	No	1	21508	17.6	20160	15.7	18707	14.4	-
APPB-50C	50"	Belt	Yes	1	24282	23.4	22760	21	21129	19	01251
CS54C1-P	54"	Belt	Yes	1.75	32125	-	30044	20.2	28157	18.3	-

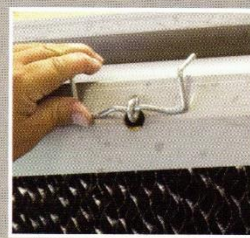
## Anexo # 13

### Paneles de celulosa



#### EVAP COOLING PADS

- Strongest & heaviest pad available
- Produced using the most advanced curing process
- Use the most advanced resin technology
- Superior black diamond edge coating
- Custom sizes from 2' to 6' tall.
- Made in the USA



*Cam-Lock system allows toolless pad installation and replacement.*



*The spray bar bracket and water deflector insure pads are uniformly wet.*

## Anexo # 14

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.)

**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.




# Anexo # 15

## Carta psicrométrica



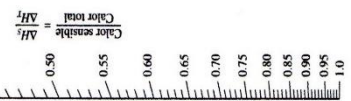
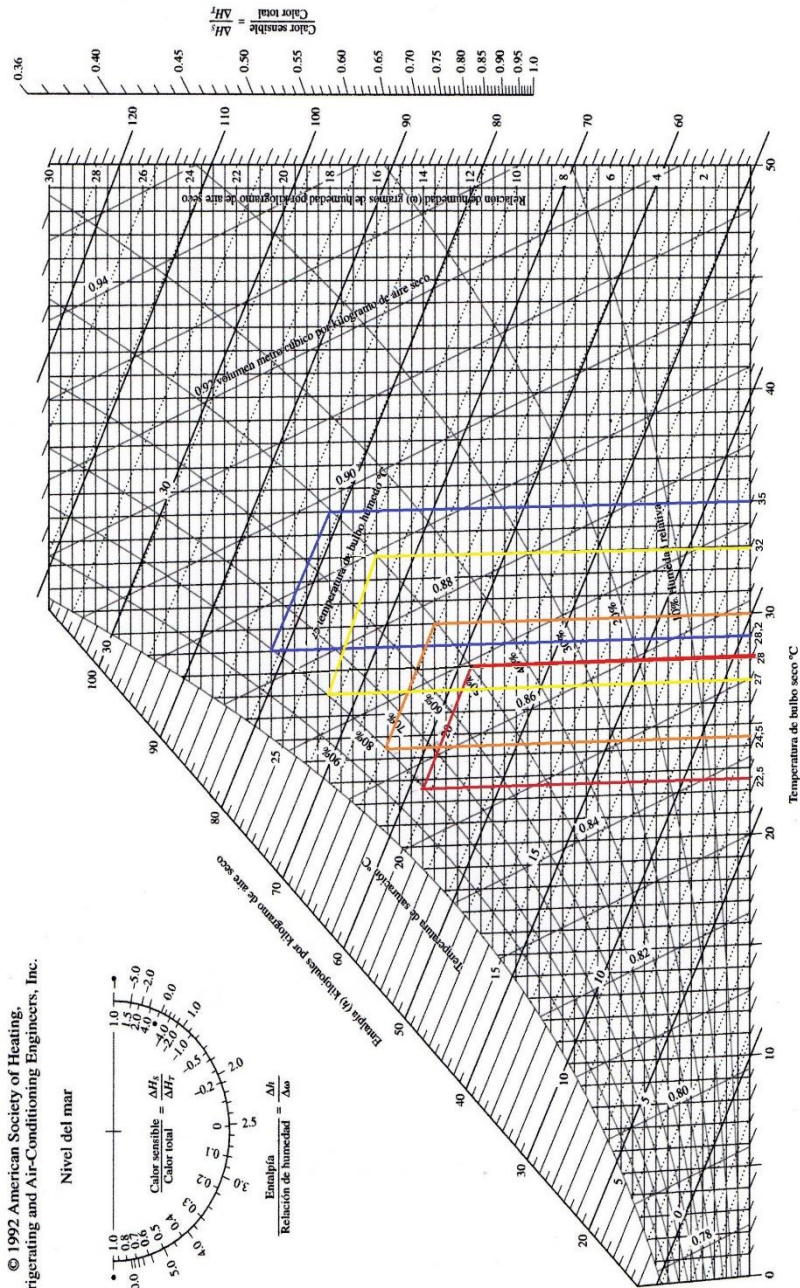
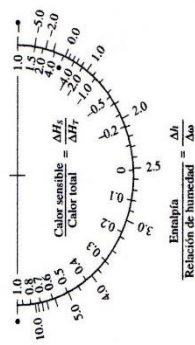
ASHRAE Gráfica psicrométrica núm. 1

Temperatura normal

Presión barométrica 101.325 kPa

© 1992 American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.

Nivel del mar



## Anexo # 16

Tabla de sensación térmica.

### SENSACION TERMICA / T° DE SENSACION

REFERENCIA CUMBERLAND	Velocidad del aire (ft/min)	Sem 1	Sem 2	Sem 3	Sem 4	Sem 5	Sem 6	Sem 7
	Disminución de temperatura en °C							
75	2.32	2.32	1.47	0.62	0.51	0.45	0.40	
150	4.70	4.70	3.48	2.26	1.92	1.58	1.25	
225	7.02	7.02	5.86	4.70	4.08	3.45	2.83	
300	9.34	9.34	8.21	7.08	5.55	4.64	4.30	
375	11.66	11.66	10.16	8.66	7.53	6.40	5.26	
450	14.04	14.04	11.97	9.91	8.66	7.36	6.06	
525	16.32	16.37	13.75	11.14	9.68	8.20	6.74	
600	18.62	18.77	15.52	12.31	10.70	9.04	7.43	

LA EDAD Y PESO DEL AVE SON FACTORES DETERMINANTES

LA T° SENSACION DISMINUYE NOTORIAMENTE CERCA DE LOS 95° F (35° C)

CASI DESAPARECE CERCA DE LOS 100° F (37.8° C)

LA TABLA DE SENSIBILIDAD SON VALORES ESTIMADOS

NO ES CIENCIA EXACTA