



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA
CAMPUS II

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE
INCUBADORA AVÍCOLA BASADO EN EL ANÁLISIS
FENOMENOLÓGICO DEL EQUIPO”

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO QUÍMICO

P R E S E N T A N:

EDUARDO CASTILLA GÓMEZ
JOAQUÍN MENDOZA GALICIA

ASESOR:

ING. EDUARDO VAZQUEZ ZAMORA



MEXICO, D.F. A 16 DE MAYO DEL 2014



CONTENIDO.

Justificación del tema	1
Planteamiento del problema	2
Resumen	4
Introducción	5

CAPÍTULO 1.

Descripción y generalidades de las incubadoras de huevos	7
1.1 Descripción de la incubación avícola artificial	7
1.1.1 Condiciones normales para la incubación	7
1.2 Parámetros para la incubación artificial de huevos de gallina	8
1.2.1 Temperatura	8
1.2.2 Humedad relativa	10
1.2.3 Ventilación y renovación del aire	11
1.2.4 Importancia del volteo de los huevos durante la incubación	12
1.3 Altitud en la zona metropolitana	12
1.4 Proceso de incubación	13
1.4.1 Importancia de incubar huevos fértiles	13
1.4.2 Manejo del huevo incubable	14
1.5 Consideraciones previas a la incubación	15
1.6 Periodos críticos de la incubación	16
1.7 Nacimiento del pollo	16
1.8 Limpieza del equipo	17

CAPÍTULO 2.

Características del aire y funcionamiento del sistema de aire forzado	19
2.1 Psicrometría	19
2.2 Características del aire atmosférico	20
2.3 Humedad relativa y déficit de presión de vapor	22
2.4 Propiedades termodinámicas del aire húmedo	22
2.5 Flujo de aire húmedo en los sistemas comerciales de incubación	24
2.6 Comportamiento del flujo propuesto	24
2.7 Características del fluido y flujo de incubación	25
2.8 Funcionamiento del sistema de aire forzado	25

CAPÍTULO 3.

Partes constitutivas del equipo y diseño el calentador	30
3.1 Dimensiones principales	30



3.2 Compartimiento de incubación	31
3.3 Sección generadora de calor	32
3.3.1 La resistencia eléctrica	32
3.4 Sección de control de ventilación en la incubadora	36
3.5 Ventilación en la nacedora	38
3.6 Sistema de humidificación en la incubadora y nacedora	39
3.7 Estructura mecánica para el volteo de los huevos	41
3.8 Panel de control y sistema de control	43

CAPÍTULO 4.

Prototipo	46
4.1 Consideraciones a tomar antes de construir un prototipo	46
4.2 Características mínimas de una incubadora de huevos	50
4.3 Parámetros a controlar	51
4.4 Dispositivos de calentamiento y humidificación	52
4.5 Rotación de los huevos 45° cada 3 horas	53
4.6 Ventilación dentro del equipo de incubación	54
4.7 Capacidad de humidificación y ventajas de la incubación artificial	54

CAPÍTULO 5.

Cálculos	59
5.1 Grueso optimo del aislante	59
5.1.1 Factores a considerar al elegir un aislante térmico y su espesor	60
5.2 Cálculo del espesor de aislante térmico	60
5.3 Cálculo de la humidificación requerida	64
5.4 Análisis de los resultados obtenidos	70
5.5 Dimensiones del depósito de agua	72
5.6 Diseño del calentador	73
5.7 Cálculo de la energía requerida para calentar el aire de la incubadora	74
5.8 Cálculo de la energía requerida por los huevos	75
5.9 Cálculo de la energía de pérdidas	76
5.10 Cálculo de la energía de pérdidas cuando se abren las puertas	77
5.11 Selección de la resistencia eléctrica	78
5.12 Selección del ventilador	78

CONCLUSIONES.	80
----------------------	----



ANEXOS.

Anexo A.- Glosario	81
Anexo B.- Propiedades físicas y químicas de la espuma de poliuretano	82
Anexo C.- Sensores	83

BIBLIOGRAFÍAS.	86
-----------------------	----

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1. Porcentaje de nacimiento de huevo fértil según la edad de las reproductoras	13
Tabla 2. Composición del aire seco	21
Tabla 3. Descripción del funcionamiento de la incubadora de la figura 2	27
Tabla 4. Ventajas y desventajas del equipo propuesto	56
Tabla 5. Desventajas de equipos existentes dentro del mercado	57
Tabla 6. Flujo de calor perdido en determinados espesores de aislamiento	63
Tabla 7. Cantidad de agua requerida por cada huevo	70
Tabla 8. Cantidad de agua requerida por minuto	70
Tabla 9. Caudal de agua requerido para la sección de la incubadora	71
Tabla 10. Volumen del depósito de agua en la incubadora	72
Tabla 11. Energía requerida en el proceso	78

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1. Tipos de huevos no aptos para la incubación	15
Figura 2. Funcionamiento en los sistemas comerciales para incubación de huevo de gallina	27
Figura 3. Flujo en los sistemas comerciales para incubación de huevo de gallina	28
Figura 4. Secciones principales del equipo de incubación	30
Figura 5. Elemento calefactor	33
Figura 6. Disposición de la resistencia en la sección generadora de calor	34
Figura 7. Disposición de la resistencia y ventilador en la nacedora	35
Figura 8. Sección de control de ventilación de la incubadora	36
Figura 9. Operación de la sección de control de ventilación de la incubadora	37
Figura 10. Ventilador de computadora muy útil en el proceso de calentamiento y distribución homogénea de calor	38
Figura 11. Dispositivo de humidificación	40
Figura 12. Sistema de humidificación	41



Figura 13. Estructura mecánica de bandejas giratorias del sistema de volteo	42
Figura 14. Pantalla LCD la cual muestra condiciones de operación dentro del medio de incubación	43
Figura 15. Operación de la sección de control de ventilación en el equipo de incubación	50
Figura 16. Volteo automático dentro del equipo de incubación	53
Figura 17. Forma gráfica de interpretar el cálculo para el grueso óptimo del aislante térmico	59
Figura 18. Pared de la incubadora	61
Figura 19. Humedad requerida por el proceso	64
Figura 20. Energía requerida para el proceso de incubación	74

ÍNDICE DE GRÁFICAS.

Gráfica 1. Comportamiento de la humedad máxima, mínima y media	65
Gráfica 2. Promedio de la temperatura máxima, mínima y promedio mensual	66



JUSTIFICACIÓN DEL TEMA.

Desde nuestro punto de vista, la incubación artificial de huevos de aves en nuestro caso el huevo de gallina es una práctica de uso común entre las personas dedicadas al manejo y producción de este tipo de ave. Sin embargo, la mayoría no cuenta con incubadoras artificiales, en parte, por el elevado costo que tienen algunas de ellas, lo cual afecta directamente en los costos de producción. Es por eso que en este trabajo presentamos un análisis y una propuesta de diseño para un sistema de incubación que busca cubrir aspectos principalmente de funcionalidad y eficiencia acordes al desarrollo embrionario del huevo de gallina, lo cual también ayudaría a disminuir los costos de producción antes mencionados.

Una incubadora avícola tiene como principal objetivo mantener las condiciones adecuadas para el nacimiento del ave que se pretenda incubar basándose en un análisis fenomenológico que ocurre dentro del periodo de incubación, para ello debe de realizarse antes una revisión de los aspectos más relevantes que determinan la incubabilidad de los huevos. Como son los aspectos de calidad del huevo, temperatura de incubación, ventilación dentro de la incubadora, movimiento o volteo de los huevos a incubar y una buena higiene del equipo.

La incubadora es un equipo diseñado para mantener las condiciones necesarias de temperatura, humedad relativa y volteo automático controlados, con la finalidad de cuidar el desarrollo de embriones de huevos fértiles en un entorno que resulte adecuado y apto para el proceso de incubación, dicho control se realiza generalmente mediante un sistema de resistencias eléctricas que se controlan mediante dispositivos como son los termostatos. En cuanto a la transferencia de calor, las incubadoras utilizan básicamente la convección natural o forzada de la mezcla de aire que se genera dentro de ellas.

Los fracasos de la incubación se deben comúnmente a factores fundamentales como son, falta de ventilación y escaso flujo de aire, estos pequeños problemas son los que nos motivan a realizar la presente investigación para así poder medir la eficiencia de nuestro equipo de incubación y por ende obtener mayor cantidad de nacimientos.

Ciertamente la tecnología y las herramientas ya están disponibles, El éxito y la continuidad futura dependerán de la capacidad del uso práctico que se haga de los conocimientos acumulados y obtenidos a través de los años en el campo de la incubación.



PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

La incubación de huevos de gallina es un proceso en el que intervienen diversos factores tales como las características de la misma, capacidad de almacenamiento en los lugares de cría, condiciones ambientales y el factor del tiempo, para lograr una mayor probabilidad de nacimientos de pollos sanos. Para construir una incubadora es necesario llevar un estudio detallado de la crianza de pollos.

La incubación artificial de huevos consiste en sustituir a la gallina de manera que no necesite estar junto al huevo incubando para que este se logre. Para que el proceso de incubación sea exitoso, el huevo debe ser reciente. Con la incubadora es posible hacer que crezca la población de pollos según sea necesario.

Para llevar a cabo este proceso de incubación, es necesario una serie de pasos previos, como: hacer una limpieza del huevo, revisar físicamente el huevo, escoger únicamente los huevos que se encuentren en las mejores condiciones, se debe tener en cuenta que es necesario tener el control de: temperatura, humedad y el movimiento o volteo del huevo, durante un cierto periodo de tiempo, de tal forma que si se cumplen con todas estas condiciones tendremos una gran posibilidad de éxito en el nacimiento de los pollos.

Los huevos de gallina tienen características propias para su incubación, como la temperatura, la humedad y el volteo del huevo, de tal manera que la incubadora debe generar las condiciones adecuadas para que se logre el nacimiento.

Este proyecto trata de mejorar lo que ya está hecho dentro del campo de las incubadoras con ayuda de un análisis fenomenológico el cual como su nombre lo indica se basa en el estudio detallado de los acontecimientos que suceden en un periodo de tiempo dentro de la incubadora, controlando y mejorando de manera más eficiente el proceso de incubación.

El minucioso análisis de estos acontecimientos en la mayoría de las aplicaciones actuales nos permite tener en cuenta todos los conocimientos cualitativos los cuales son de gran ayuda para poder realizar un buen diseño de la incubadora y lógicamente una operación exitosa de la misma.

Este aspecto adaptable del estudio fenomenológico nos permite comenzar la atomización de procesos tales como la puesta en marcha (incubadora), y el funcionamiento perfecto de los parámetros que se desean controlar.

Al introducir un análisis fenomenológico a un proceso tenemos que reflejar como principales ventajas: la producción de sistemas más competitivos y tolerantes a fallas, refiriéndose a la mejor conservación y cuidados de las aves que queramos adoptar en nuestro proceso, en nuestro caso nos estamos enfocando únicamente a la gallina, con esto se obtendrán múltiples beneficios para las empresas que se dedican a la producción avícola, refiriéndonos de forma directa a la elevación de



una mejora en la producción y por ende a la disminución de los costos de las incubadoras.

Con el éxito de este proyecto será posible que la incubadora sea utilizada por cualquier persona que tenga conocimientos básicos sobre la avicultura, consideramos la importancia que debe existir al momento de la utilización de la incubadora pues se deben establecer los parámetros que se mencionaron anteriormente para la correcta incubación de huevos.



RESUMEN.

La incubación artificial de huevos de aves es una práctica de uso común entre las personas dedicadas al manejo y explotación de las aves. Sin embargo, no todos cuentan con incubadoras artificiales, en parte, por el alto costo que tienen, lo que redundaría en un incremento en los costos de producción.

Dada la problemática en el uso, rendimiento y adquisición para incubación de huevo de gallina; el presente trabajo tiene como objetivo diseñar y construir un prototipo de incubadora avícola para huevo de gallina analizando el desarrollo de la fenomenología asociada. Para un sistema de incubación que busca cubrir aspectos de funcionalidad y eficiencia acordes al desarrollo embrionario, es por eso que se realizó primeramente una revisión de los aspectos más relevantes que determinan la incubación de los huevos, como son: los aspectos de calidad del huevo a incubar, temperatura de incubación, ventilación, volteo de los huevos, higiene del equipo. Tomando en cuenta los conceptos de temperatura y los medios de propagación dentro del gabinete de incubación, el calor deberá ser transmitido de forma uniforme dentro del equipo.

La propuesta de diseño consiste en un aparato que realiza funciones de incubación y nacimiento; que procura garantizar el mantenimiento de los parámetros para el correcto desarrollo embrionario, permitiendo la adaptación para incubar otras especies avícolas.

Para poder implementar el control de temperatura y humedad relativa en una incubadora, es condición necesaria, poseer conocimientos teóricos y empíricos sobre el proceso de incubación. Los controladores deberán ser capaces de elevar o disminuir la temperatura y la humedad relativa y/o mantenerla en un mismo valor. Además para funcionar como tal, los controladores requieren de sensores siendo el caso de la temperatura un termostato y un sensor de humedad en el caso de la humedad relativa, y toda la electrónica asociada para activar los dispositivos correspondientes.



INTRODUCCIÓN.

Las incubadoras de huevo en la industria avícola, se utilizan para dar vida a los pollos de engorde o postura, reemplazando a la gallina en su proceso natural de incubación, manteniendo unas condiciones ambientales controladas de temperatura y humedad relativa, así como un movimiento oscilante de los huevos creando las mejores condiciones para el desarrollo del embrión, en cual en un tiempo aproximado de veintiún días, estará listo para eclosionar del cascara y comenzar su vida productiva.

El desarrollo de la industria aviar, no estaría en su apogeo actual, si estos equipos no participaran dentro del proceso; la gallina no siempre esta clueca (disposición del animal de incubar los huevos), por lo tanto el porcentaje de producción si se dependiera de estos animales sería muy bajo, además de los altos costos que esto acarrea.

La incubadora de huevos permite producir pollos en cualquier época del año, sin límites de producción, solo las impuestas por el equipo y por supuesto a un costo mucho menor.

El diseño y construcción de este equipo, está enfocado hacia los pequeños avicultores, los cuales debido a sus pocos ingresos y, en muchas ocasiones a la lejanía de sus hogares (granjas), hace difícil adquirir los pollos recién nacidos, los cuales durante el transporte muchas veces mueren generando pérdidas económicas a sus dueños.

Existe además, otro sector importante de la población objetivo de este equipo, como la cría y explotación de aves exóticas, tales como pavo reales o faisanes, los cuales adquieren precios bastante onerosos dentro del mercado nacional.

De esta forma, siendo consecuentes con las diversas necesidades tecnológicas que existen dentro del sector agrícola, se propuso construir un equipo de incubadora avícola basado en el análisis fenomenológico el cual permite solucionar uno de los muchos problemas del sector, aplicando los conocimientos desarrollados en la universidad con miras al mejoramiento de la calidad de vida de muchas personas y ofreciendo una solución real a los problemas que actualmente se tienen en el país.



CAPÍTULO 1.



DESCRIPCIÓN Y GENERALIDADES DE LAS INCUBADORAS DE HUEVOS.

1.1 Descripción de la incubación avícola artificial.

La incubación artificial es un proceso mediante el cual se proveen las condiciones aptas para el correcto desarrollo embrionario. Su importancia radica en la investigación o en elevar la producción de la especie incubada con fines económicos o de consumo.

Lo primero que se requiere para una incubación exitosa son huevos fértiles. De manera natural una hembra deposita los huevos en un medio razonablemente limpio y seco, conteniendo los nutrientes y humedad que requiere el embrión para su desarrollo y la protección al medio que lo provee el cascarón; solo falta ser provisto de las siguientes condiciones para incubarlo, manteniéndolas a pesar de las variaciones del ambiente externo.

- ❖ Temperatura ideal a la especie que se incuba.
- ❖ Suministro de aire limpio mediante la ventilación que mantenga un ambiente interno lo menos viciado debido a las emisiones de CO₂ por parte de los huevos prontos a nacer, así como un ángulo y frecuencia de giro apropiado para el desarrollo de las membranas del sistema circulatorio y respiratorio del embrión.
- ❖ Proporción de Humedad Relativa que no deshidrate ni deje edemas en el polluelo al nacimiento durante el proceso diario de evaporación que presente el huevo durante la gestación.
- ❖ Protección constante a depredadores, organismos dañinos o vibraciones.

El período entero de gestación, se puede dividir en dos etapas; la primera denominada incubación en la que se proporciona el giro alterno, es aproximadamente 6 veces más larga que la segunda denominada nacimiento, en la que se suspende el giro y se espera que el polluelo salga del cascarón. Para la incubación artificial se puede recomendar aislar el espacio de cada etapa por cuestiones de higiene y comodidad en la manipulación con el huevo o con el polluelo. Sin embargo los aparatos comerciales que emplean espacios compartidos dan buenos resultados para las aves de corral.

1.1.1 Condiciones normales para la incubación.

La incubación artificial es un proceso sencillo, en el cual los factores que intervienen son: temperatura, porcentaje de humedad relativa, ventilación y volteo. Estos principios se establecieron hace tiempo, habiendo cambiado únicamente los aspectos prácticos de la incubación artificial.



Los cambios que tienen lugar en el huevo durante la incubación se presentan ordenados y regidos por las leyes naturales. Estos cambios se producen, con normalidad, solamente bajo niveles determinados de temperatura, humedad relativa, contenido químico del aire y posiciones del huevo.

Por otra parte, el mismo huevo incubado modifica el medio que lo rodea al emitir calor y gases hacia el mismo. Podemos definir al régimen de incubación, por tanto, como el medio externo del desarrollo embrionario, condicionado por niveles establecidos de los factores de ese medio. El régimen de incubación es el conjunto de factores físicos presentes en el medio ambiente que rodea al huevo.

Los factores que lo integran son:

- Temperatura
- Humedad Relativa
- Ventilación
- Volteo de los huevos

De todos ellos la temperatura figura como el factor de mayor importancia, ya que inclusive, las variaciones en sus valores pueden resultar letales para muchos embriones.

1.2 Parámetros para la incubación artificial de huevos de gallina.

El periodo incubatorio (que dependiendo del tipo de huevo de ave a incubar dura aproximadamente 21 días), se denomina al tiempo en el cual se realiza el desarrollo embrional del huevo, ya sea de manera natural o artificial. Durante este periodo se ejecutaran varios eventos con los huevos a incubar, a todo este proceso se le denomina "Proceso de Incubación" y consiste en darle al huevo un medio óptimo para el desarrollo embrionario. Existen varios factores que le son adversos y que deben tomarse en cuenta para lograr altos índices de incubabilidad, los parámetros más importantes son: **temperatura, humedad relativa, ventilación y volteo de los huevos.**

1.2.1 Temperatura.

La temperatura es quizá el parámetro más influyente dentro del proceso de incubación si se requiere obtener un máximo rendimiento en el nacimiento de los pollitos.

La temperatura dentro del medio de incubación se debe situar en los 100°F (37.777°C), pero deberá variar según los días de incubación, pues, las dos primeras semanas se le mantiene lo más cercano a los 100°F y la tercera semana disminuye hasta los 98°F (36.666°C) aproximadamente.



La variación de temperatura puede ser ± 1 durante los periodos del proceso de incubación sin que esto influya significativamente, pero lo grave sería que este suceso se repita varias veces durante todo el ciclo incubatorio.

Algunos problemas que pueden ocasionarse debido a un mal control de temperatura durante el proceso de incubación son:

- Nacimiento adelantado \rightarrow Temperatura alta.
- Nacimiento atrasado \rightarrow Temperatura baja.
- Pollitos pegados \rightarrow Temperatura demasiado alta.
- Ombligo sin cicatrizar \rightarrow Altas temperaturas.
- Pollitos cojos (estropeados) \rightarrow Variación frecuente de la temperatura durante el periodo de incubación.
- Pollitos anormales:
 - ❖ Sin ojo: altas temperaturas.
 - ❖ Dedos torcidos: temperatura excesiva.

Al comienzo de la incubación, los embriones no están preparados funcionalmente (ni orgánicamente) para emitir calor. Por esto reaccionan como los organismos de sangre fría, es decir, cuando la temperatura del aire se eleva, aumenta el metabolismo de los embriones. Si la temperatura disminuye, el metabolismo decrece igualmente. Por tanto el aumento de la temperatura favorece la multiplicación celular, la formación de las capas y las membranas embrionarias (alantoides, corion, amnios y saco vitelino), así como la nutrición. En resumen, se incrementa el ritmo de crecimiento y desarrollo de los embriones. Al final de la incubación, cuando ya la emisión de calor es alta, la disminución de la temperatura (dentro de los límites normales) actúa por su parte, de forma completamente inversa; estimula el consumo de los nutrientes o lo que es lo mismo, acelera el metabolismo y el desarrollo en los embriones.

La temperatura y su rango efectivo para el huevo de gallina se determinaron con mediciones directas en hembras incubando. Las primeras semanas de incubación los embriones son más sensibles a la temperatura debido a que no generan calor y requieren de este para transformarse en pollos; en las últimas semanas el pollo tiene una mayor demanda de oxígeno para seguir desarrollándose.

El calentamiento de los huevos durante la incubación artificial se produce mediante el intercambio de calor entre el ambiente interno de la incubadora (aire caliente y húmedo) y los huevos. De ahí se deriva, que la temperatura del aire se constituye en el factor fundamental del proceso. La temperatura de trabajo de las incubadoras se enmarca entre los 37 y 37.777°C. El nivel de temperatura óptimo a aplicar depende del tipo de incubadoras, la calidad y el tamaño de los huevos, de la edad de los embriones, además de la especie de que se trate.



1.2.2 Humedad Relativa.

La humedad del ambiente dentro de la incubadora se pierde debido a la evaporación y otra parte debido a que el agua es absorbida por el embrión a través de los poros del cascarón, por lo tanto es necesario restituir esa humedad.

Toda incubadora debe satisfacer las necesidades de humedad requeridas en el proceso incubatorio, de esta manera obtendremos buena conformación ósea y buen tamaño de los pollitos, ya que la humedad relativa alrededor de los huevos controla la pérdida de peso de estos, lo que puede afectar significativamente los nacimientos y la calidad de los mismos. Idealmente los huevos deben perder entre el 12% y 15% de su peso desde el inicio de la incubación hasta el nacimiento.

Las mayores exigencias de humedad, se dan en la fase terminal del ciclo incubatorio, porque el embrión necesita girar para picar la cáscara y si las membranas que lo rodean se secan por falta de humedad, se impediría el movimiento y morirán.

De la humedad relativa del aire depende el calentamiento y la evaporación de agua de los huevos. A mayor temperatura del aire mayor será la cantidad de vapor de agua que el mismo puede llegar a contener. Por otra parte el aire seco es mal conductor de calor y, por lo tanto es necesario humedecerlo a fin de lograr el necesario calentamiento de los huevos a incubar. De los huevos se evapora agua durante la incubación, más o menos en función de la etapa de incubación. Durante la incubación el huevo pierde agua constantemente, lo que es imposible evitar, no obstante el régimen de humedad que se establezca ha de ir dirigido a disminuir la evaporación de agua de los huevos durante la primera semana de incubación. La pérdida de agua por evaporación ocasiona también la pérdida de calor de los huevos. De esto se infiere que, en los primeros días de incubación resulta una desventaja la evaporación excesiva de agua, en tanto que durante la segunda mitad de la incubación, la evaporación de agua es necesaria al contribuir a la eliminación del calor excesivo contenido en el huevo.

Al final del proceso de incubación se hace necesario elevar la humedad a fin de facilitar el reblandecimiento de las membranas de la cascara y, con ello, el fácil rompimiento de la misma. Por tanto en los últimos días de incubación, cuando las reservas de agua han sido agotadas, es necesario incrementar la humedad relativa del aire en el gabinete a fin de evitar el desecamiento de las membranas de la cascara y del plumaje de los pollitos en fase de eclosión.



Los problemas a ocasionarse por falla en el control de humedad relativa en el proceso de incubación son:

- Huevos picados, pero embriones muertos dentro del huevo → Humedad insuficiente en la incubadora.
- Pollos viscosos (plumón pegado) → Tasa de humedad demasiado alta.
- Pollitos anormales, débiles y pequeños → Humedad relativa insuficiente.
- Pollitos con poco plumón → Humedad relativa demasiado baja al final del ciclo incubatorio.
- Pollitos con dedos curvos y patas desviadas → Humedad relativa demasiado baja.

1.2.3 Ventilación y renovación del aire.

El problema de la ventilación debe ser abordado de dos formas: la circulación de aire propiamente dicha y la renovación o recambio de aire. Mediante el aire que circula en el interior de la incubadora, llega a los huevos el calor y la humedad necesaria.

A pesar de que en la incubadora haya una circulación de aire caliente en toda el área, un flujo débil tenderá a registrar temperaturas bajas de 35°C. Las diferencias de temperatura pueden ser usadas para detectar los problemas del flujo de aire. Si el aire no está siendo uniformemente distribuido en toda la incubadora, el resultado es muerte prenatal del pollo.

El aire refresca el medio que rodea a los huevos, en algunos casos y en otros contribuye a calentarlo. Por otra parte, el intercambio de aire constante es necesario para la extracción del exceso de calor que pudiera acumularse en el interior del gabinete de incubación y asegurar la pureza del aire.

Durante la incubación el huevo absorbe oxígeno y elimina CO₂ en gran cantidad. Solamente un adecuado intercambio de aire garantiza buenos resultados de incubación.

La correcta circulación del aire en el gabinete se garantiza mediante el funcionamiento del ventilador, los inyectores o los extractores de aire, las compuertas u orificios de entrada y salida. Para que la circulación de aire sea eficiente es importante también un buen funcionamiento del sistema de volteo, ya que el aire se mueve mejor entre las bandejas, cuando las mismas se hayan en posición inclinada. El sistema de renovación del aire puede ser muy simple, basta con realizar unos pequeños agujeros (de unos 12-20mm) por la zona baja de la incubadora y otros por la parte alta.



1.2.4 Importancia del volteo de los huevos durante la incubación.

El desarrollo de los embriones transcurre normalmente sólo cuando los huevos son volteados (virados) periódicamente durante los primeros 18 días de incubación. El giro contribuye además al mejor aprovechamiento del oxígeno en toda la superficie del cascarón. Ambos se reflejan en pollos mejor desarrollados y mayores índices de productividad.

En la incubación natural, la gallina volteo los huevos que incuba con cierta frecuencia, de ahí que en el proceso de incubación artificial sea necesario repetir este procedimiento mediante medios mecánicos. El huevo, como se ha explicado antes, pierde agua durante todo el período de incubación, es decir, sufre un proceso de deshidratación.

Por este motivo, el embrión está expuesto a pegarse a las membranas internas de la cáscara, lo que puede provocar su muerte, en particular durante los primeros seis días de incubación. A esto contribuye el hecho de que el peso específico del embrión lo lleva a mantenerse en la parte superior de la yema, durante los primeros días, por debajo y muy cercano a la cáscara, en la zona de la cámara de aire. Por otra parte la posición del huevo influye sobre la posición futura que adoptará el pollito en el momento de prepararse para la eclosión. Esto es de gran importancia para obtener un alto porcentaje de nacimientos.

La posición del embrión se define ya desde las 36 a 48 horas de incubación. En este momento el embrión descansa en la yema, de manera transversal, a lo largo del eje menor. Con posterioridad la cabeza del embrión comienza a separarse de la yema y girar a la izquierda. Hacia el 5to. día de incubación, el embrión se halla cerca de la cámara de aire. A partir del 11vo día, cuando el cuerpo del embrión pesa más que su cabeza, el mismo efectúa un giro a la izquierda, lo que provoca que el cuerpo descienda en dirección al polo fino del huevo. A los 14 días, el cuerpo del embrión está situado a lo largo del eje mayor del huevo, con la cabeza dirigida hacia el polo grueso. Esta es la posición correcta y necesaria que debe adoptar el pollito para el nacimiento.

1.3 Altitud en la zona metropolitana.

Un factor que también influye de manera significativa en el proceso de incubación es la **altitud**, ya que dependiendo de esta, variará la presión atmosférica y la humedad. Las plantas incubadoras que operan a altitudes elevadas experimentan nacimientos reducidos, a partir de los 6500 pies (2000 metros aproximadamente).

La presión barométrica disminuye con la altitud, así como la presión parcial de oxígeno, es decir con el incremento de altura la corriente de aire fresco tiende a ser más fría y seca que al nivel del mar. Las incubadoras con sistemas pobres de



control de temperatura o humedad tendrán menos probabilidades de enfrentar estas condiciones perjudiciales. Los problemas de nacimiento en altitudes elevadas se deben a una disponibilidad reducida de oxígeno en el aire y pérdida incrementada de humedad en los huevos.

1.4 Proceso de incubación.

Como se mencionó anteriormente, el *Proceso de incubación* consiste en darle al huevo un medio óptimo para el desarrollo embrionario desde la producción del huevo hasta el nacimiento del pollito. En la actualidad, la incubación de huevos a nivel industrial ha creado una gran demanda en el mercado, provocando cambios tecnológicos en los sistemas de incubación; por tal motivo, el monitoreo y control computarizados de máquinas han sido adoptados para realizar la automatización de numerosas operaciones diarias en los equipos incubadores.

1.4.1 Importancia de incubar huevos fértiles.

Las incubadoras no influyen sobre la fertilidad de los huevos, sino más bien sobre el porcentaje de eclosión (nacimiento de pollitos de los huevos ya fertilizados), es por eso que se debe tomar muy en cuenta que los huevos a incubar cumplan con ciertos requerimientos de fertilidad.

La incubación avícola a nivel industrial exige que los porcentajes de fertilidad de los huevos a incubar oscilen alrededor del 95%, es decir, que si a un lote de 100 huevos de reproductoras (gallinas madres) que se les brinda condiciones de incubación ideales, en 95 huevos se esperara un nacimiento garantizado. Con estos porcentajes se asegura la disminución de errores al momento de la incubación de huevos.

Existe una manera de estipular los niveles de fertilidad y porcentaje de nacimiento de acuerdo con la edad de las reproductoras:

Edad de las reproductoras (semanas)	Nacimiento del huevo Fértil (%)
28 a 33	>90.2
34 a 50	>91.8
51 a 68	88.6

Tabla 1. Porcentaje de nacimiento de huevo fértil según edad de las reproductoras.

El gran beneficio que se obtiene al considerar los porcentajes de nacimiento del huevo fértil, es el de aislar la fertilidad, de los problemas en la incubadora, facilitando así la solución de inconvenientes en la misma.



1.4.2 Manejo del huevo incubable.

Otro punto a considerarse antes del proceso de incubatorio es el manejo y condiciones a las que se debe mantener los huevos incubables durante el periodo entre la postura y la incubación, ya que de estas condiciones también dependerá el nacimiento óptimo y la calidad del pollito.

Los aspectos más importantes dentro de este lapso, son los que se mencionan a continuación:

1. Los huevos procederán de reproductores sanos, bien atendidos y que se encuentren en plenitud de vigor.
2. Se debe recoger e incubar por separado los huevos de piso y los de nido ya que los primeros reducen el porcentaje de nacimiento.
3. Los huevos serán frescos, siendo conveniente que no tengan más de siete días.
4. Estarán limpios de tierra y excrementos, para quitar la suciedad se lavarán con agua a unos 38°C que contenga un detergente alcalino y un desinfectante, secándose con un paño de tejido suave.
5. Se desecharán los que en la cáscara presenten alguna señal de rotura, así como los que presenten rugosidad o tengan una calcificación defectuosa.
6. Deberán tener una forma normal, desechándose todos aquellos que sean muy puntiagudos o redondos.
7. Deberán ser de tamaño medio, ni muy grandes ni muy pequeños, el peso ideal es de 56 a 60 gramos.

Por lo tanto se deberán descartar los siguientes tipos de huevos que no son aptos para la incubación.

- Rotos
- Sucios
- Pequeños
- Demasiado grandes o de doble yema
- De cascarrón débil, aunque se acepta cualquier color de cascarrón
- Deformes



Figura 1. Tipos de huevos no aptos para la incubación.

8. Ubicar los huevos cuidadosamente en las bandejas, siempre con la punta hacia abajo.
9. El almacenaje de huevos se debe hacer en un cuarto con temperatura y humedad controladas.
10. Mantener los contenedores, bandejas, y en sí en toda el área de incubación ordenada y limpia, llevando un buen control de roedores en el cuarto de almacenaje e incubación de huevos.

1.5 Consideraciones previas a la incubación.

Se deben evitar cambios bruscos de temperatura que afecten al embrión debido a la condensación en el cascarón, por lo tanto, los huevos deben ser aclimatados antes de llevarlos a la incubadora, esta temperatura oscila entre los 75°F y 80°F (23.9°C-26.7°C) con una buena circulación de aire. Es recomendable un periodo de 6 a 12 horas para que los huevos se aclimaten sin importar su temperatura inicial.

Otra consideración de gran importancia es la puesta en marcha del equipo de incubación el cual debe encenderse con un tiempo prudencial que permita la estabilización de los parámetros de control, principalmente el de temperatura.



1.6 Periodos críticos de la incubación.

En el proceso de los 21 días de incubación existen ciertos periodos que son críticos y deben tomarse muy en cuenta para no perder la producción, estos periodos son:

1. *El primero está entre el tercer y cuarto día de incubación* y es debido a problemas de los huevos como: falta de fertilidad, poco vigor, consanguinidad, etc. Muchas veces se utilizan los ovoscopios o mirahuevos, aparatos provistos de una luz mediante la cual podemos ver el interior de los huevos a trasluz. Esta operación se realiza entre el quinto y séptimo día de incubación pero para retirar los huevos claros o abortados, más no permite solucionar el problema de fertilidad de los huevos antes de introducirlos a la incubadora.
2. *El segundo en los 3 últimos días* y es debido a problemas con la regulación del equipo, como: temperatura, humedad, ventilación y/o volteo.

Los inconvenientes de estos dos periodos críticos pueden ser disminuidos siguiendo las recomendaciones descritas en las secciones anteriores y realizando un programa para el manejo del proceso de incubación.

1.7 Nacimiento del pollo.

En la industria avícola en gran escala el proceso de incubación de huevos se realiza dentro de las plantas de incubación, estas tienen diversas áreas previamente dispuestas para cada proceso que involucra la incubación. Es decir, tendrán un área de almacenaje de huevos, otra de incubación de huevos llamada incubadora y otra para el nacimiento de los pollitos luego de cumplidos los 18 días de incubación denominada *NACEDORA*.

Generalmente en estas áreas se controla la ventilación, humedad y temperatura por separado según sea el requerimiento para cada una.

En las nacedoras, la potencia de calefacción requerida para lograr la temperatura de incubación es más baja para evitar el sobre-calentamiento de los pollitos debido a que el huevo desprende más calor en ese punto del periodo, mientras que la ventilación se deberá aumentar.

Una vez iniciada la eclosión, la humedad se aumenta hasta el 80% (esto facilita la rotura del cascaron) y cuando la eclosión está a punto de concluir la humedad se reduce hasta el 40% (cosa que favorece el secado del pollo).



A partir del día 19 y 20 podrán verse huevos picados, iniciándose el nacimiento de los pollitos de los huevos más frescos. No debe ayudarse a nacer a ningún pollito, pues el animal que resulte carecerá de vigor y por tanto será más sensible a adquirir enfermedades. No debe retirarse ningún pollito de la nacedora hasta que hayan pasado 24 horas del nacimiento de los primeros pollitos, dejándolos en su interior hasta que estén bien secos, esto ocurrirá normalmente el día 22. Los pollitos que no hayan nacido hasta esa fecha, deberán ser desechados aunque estén vivos.

1.8 Limpieza del equipo.

Por último, luego de haber concluido con todo el proceso de incubación – eclosión y una vez retirados los pollitos, todo el equipo de incubación y las áreas internas del equipo deben limpiarse y desinfectarse después de cada nacimiento, lo cual garantizará la duración de la máquina y la higiene de las próximas cargas de huevo.



CAPÍTULO 2.



CARACTERÍSTICAS DEL AIRE Y FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE AIRE FORZADO.

2.1 Psicrometría.

El estudio detallado de las propiedades de la mezcla de aire seco y vapor de agua es de tal importancia que constituye una ciencia aparte la psicrometría.

La psicrometría se define como la medición del contenido de humedad del aire. Ampliando la definición a términos más técnicos, psicrometría es la ciencia que involucra las propiedades termodinámicas del aire húmedo, y el efecto de la humedad atmosférica sobre los materiales y el confort humano. Ampliando aún más, incluiríamos el método de controlar las propiedades térmicas del aire húmedo. Lo anterior, se puede llevar a cabo a través del uso de tablas psicrométricas o de la carta psicrométrica.

➤ **Cartas psicrométricas.**

La gráfica de humedad (carta psicrométrica), no es más que un medio gráfico que ayuda a la presentación de balances de materia y energía en las mezclas de vapor de agua-aire y varios parámetros asociados. Su estructura consiste en un sistema de coordenadas humedad (H)-temperatura (Tbs) junto con los parámetros (líneas) adicionales de:

- ❖ Humedad relativa constante.
- ❖ Volumen húmedo constante (volumen húmedo).
- ❖ Líneas de enfriamiento adiabático que son las mismas (sólo para el vapor de agua) que las líneas de bulbo seco o psicrométricas.
- ❖ La curva de humedad relativa de 100% (idéntica a la de humedad absoluta de 100%) o curva de aire saturado.
- ❖ Con cualesquiera dos valores conocidos, se puede determinar con precisión la condición de la humedad del aire sobre la gráfica y determinar todos los demás valores asociados.



FIGURA 4.1

DIAGRAMA PSICROMÉTRICO

$p = 760 \text{ mm Hg}$

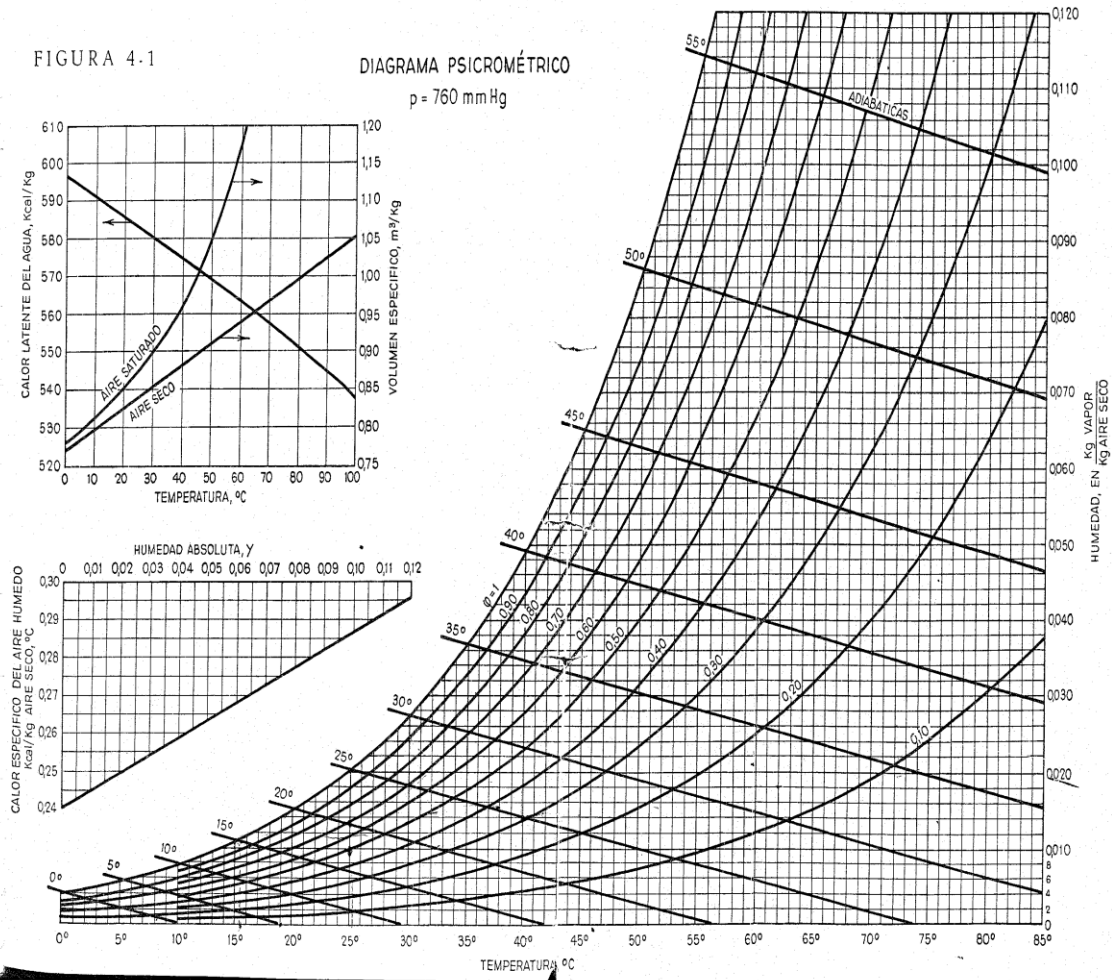


Diagrama psicrométrico. Está representado este diagrama para las mezclas de aire y vapor de agua a la presión atmosférica normal.

2.2 Características del aire atmosférico.

Por sus dimensiones y por los procesos físico- químicos que se produjeron, el planeta Tierra posee hoy una capa gaseosa que lo envuelve (aire atmosférico), la que constituye la atmósfera de la Tierra y es esencial para las formas de vida que se encuentran en ella.

El aire atmosférico se compone de una mezcla de gases, vapor de agua y una mezcla de contaminantes, tales como humo, polvo, y otros elementos gaseosos que no están presentes normalmente, en lugares distantes de las fuentes de contaminación.



Por definición, existe aire seco cuando se ha extraído todo el vapor de agua y los contaminantes del aire atmosférico. Mediante extensas mediciones se ha demostrado que la composición del aire seco es relativamente constante, si bien el tiempo, la ubicación geográfica y la altura determinan pequeñas variaciones en la cantidad de componentes. La composición porcentual, en volumen o número de moles por 100 moles de aire seco, aparece en el siguiente cuadro.

Elemento	Fórmula	Masa molecular (Kg/mol)	Porcentajes en volumen (moles/100 moles)
Nitrógeno	N ₂	28.016	78.084
Oxígeno	O ₂	32.000	20.9496
Argón	Ar	39.948	0.934
Dióxido de carbono	CO ₂	44.010	0.0314
Neón	Ne	20.183	0.001818
Helio	He	4.0026	0.000524
Metano	CH ₄	16.03188	0.0002
Dióxido de azufre	SO ₂	64.064	0.0001
Hidrógeno	H ₂	2.01594	0.00005
Criptón	Kr	83.800	0.0002
Ozono	O ₃	48.000	0.0002
Xenón	Xe	131.300	0.0002

Tabla 2. Composición del aire seco.

Cada uno de estos gases que componen el aire, se comportan de acuerdo a la ley de Dalton. Brevemente esta ley nos dice que una mezcla de dos o más gases, pueden ocupar el mismo espacio al mismo tiempo, y que cada uno actúa independientemente del otro o los otros, como si los demás gases no estuvieran allí presentes. Por ejemplo, si un cuarto está completamente lleno de aire, también está completamente lleno de oxígeno, de nitrógeno, vapor de agua, y demás gases mostrados en el cuadro anterior, cada uno independientemente del otro.

Cada uno tiene su propia densidad, su propia presión (presión parcial), y cada uno responde a los cambios de volumen y temperatura a su propia manera, "sin hacer caso" uno al otro, por lo tanto cada uno se comporta según las leyes que lo gobiernan en lo particular. Es esencial que esto sea entendido y recordado. Realmente, el aire seco no es un gas puro, como ya se mencionó anteriormente, y por ende, no se comporta exactamente a las leyes de los gases ideales, pero los gases que lo componen son verdaderos gases; así que para el propósito práctico de este capítulo, se considera a esta mezcla de gases (aire seco sin vapor de agua) como un solo compuesto, que sigue la ley de los gases.



El aire como ya vimos, tiene peso, densidad, temperatura, calor específico y además, cuando está en movimiento, tiene momento e inercia. Retiene sustancias en suspensión y en solución.

Cuando calentamos o enfriamos aire seco, solamente estamos agregando o quitando calor sensible. Podemos enfriar o calentar aire, limpiarlo y moverlo, pero esto no cambia significativamente sus propiedades; ya que, los relativamente pequeños cambios de temperatura que le hagamos, sólo causan pequeñísimos cambios en el volumen o densidad.

2.3 Humedad Relativa y déficit de presión de vapor.

La media de la humedad relativa del aire se puede obtener mediante las temperaturas de bulbo seco y de bulbo húmedo, medidas con un psicómetro. La disminución de temperatura de bulbo húmedo depende de la cantidad de vapor de agua que contiene el aire, además de la velocidad del aire en torno a la tela embebida en agua destilada. El déficit de saturación se encuentra por la diferencia entre la presión de vapor de agua saturado (P_{vs}) y la presión de vapor real del aire (P_v), a la temperatura a en que se encuentra el aire.

Se puede determinar la humedad relativa del aire en lugares en que no se dispone de gráficos psicométricos, de acuerdo a la altura del local, o incluso en situaciones en que no se dispone de psicómetros con sistema de movimiento de aire.

En muchos casos lo habitual es expresar la humedad del aire en términos de humedad relativa, pudiendo ser como en situaciones en que se supone que el contenido de humedad de un producto biológico está en equilibrio con la humedad y la temperatura del aire, pasado un lapso prolongado. En otros casos, en cambio, la tasa a la cual se produce el fenómeno, como consecuencia de una reacción a las condiciones de humedad del aire, está mucho más relacionada con déficit de presión de vapor que con la humedad relativa.

2.4 Propiedades termodinámicas del aire húmedo.

Hay diversas propiedades termodinámicas fundamentales ligadas a las propiedades del aire húmedo. Hay dos propiedades independientes, además de la presión atmosférica necesaria para establecer el estado termodinámico del aire húmedo.

Tres propiedades se relacionan con la temperatura:

1. Temperatura de bulbo seco.
2. Temperatura de bulbo húmedo.
3. Temperatura de punto de rocío.



Temperatura de bulbo seco (T_{bs}). Es la temperatura que registra un termómetro de una mezcla en condiciones ambientales.

Temperatura de bulbo húmedo (T_{bh}). La temperatura de bulbo húmedo del aire es la temperatura medida por un termómetro cuyo bulbo se encuentra encerrado en una mecha o un saco de tela húmeda.

Temperatura de punto de rocío (T_r). Es la temperatura que alcanza una mezcla vapor-gas, cuando se enfría a presión constante, por debajo de la cual se forma la primera gota de vapor condensado persistiendo las condiciones de saturación.

Algunas propiedades termodinámicas caracterizan la cantidad de vapor de agua presente en el aire húmedo:

1. Presión de vapor.
2. Humedad Relativa.
3. Grado de saturación.

Presión de vapor. Es la presión de la fase gaseosa o vapor de un sólido o un líquido sobre la fase líquida, para una temperatura determinada, en la que la fase líquida y el vapor se encuentra en equilibrio dinámico; su valor es independiente de las cantidades de líquido y vapor presentes mientras existan ambas.

Humedad Relativa. Es la relación entre la presión parcial del vapor y la presión de vapor a la misma temperatura multiplicado por 100.

Otras propiedades de fundamental importancia, relacionadas con el volumen ocupado por el aire y con la energía del aire, respectivamente, son:

1. Volumen específico del gas húmedo o volumen húmedo (V_H).
2. Entalpía.

Volumen específico del gas húmedo o volumen húmedo (V_H). Se define por el volumen ocupado por la mezcla que contiene una unidad másica de gas, y se calcula a partir de la ecuación del estado gaseoso ideal, en donde P es la presión, V el volumen, R es una constante, T es la temperatura y M es la masa del gas.

Entalpía. Es el contenido de energía de la mezcla con respecto a una temperatura de referencia por unidad de masa de gas.

La entalpía y el volumen específico son propiedades de la mezcla de aire seco y vapor de agua, pero para mayor comodidad se expresan sobre la base de una unidad de masa de aire seco.



2.5 Flujo de aire húmedo en los sistemas comerciales de incubación.

El ambiente de incubación es el flujo de aire tibio y húmedo distribuido en el espacio de incubación; con la temperatura y humedad apropiadas para el desarrollo del embrión. Este fluido se genera al calentar el aire externo y mezclarlo con un porcentaje de vapor de agua.

Un sistema de ventilación apropiado es el que mantiene un flujo constante que introduce aire con oxígeno y expulsa el existente. En la incubación el sistema de ventilación funciona además como el homogeneizador y distribuidor del fluido para el ambiente interno de la incubadora.

Para generar un ambiente homogéneo en todo el espacio de incubación o por lo menos en todo el espacio en contacto directo con los huevos, se requiere que las características del sistema garanticen y generen un flujo cuyo análisis se simplifique para poder estudiarlo en cualquier punto dentro del aparato. Por lo tanto, se puede concluir que el flujo de aire húmedo dentro del sistema que forma el aparato de incubación, tiene las siguientes características.

- ❖ Fluido ideal con temperatura y presión constantes.
- ❖ Fluido newtoniano incomprensible en estado gaseoso con densidad constante.
- ❖ Flujo turbulento inestable y continuo, generador de bolsas de aire permanente debido al movimiento constante que producen los ventiladores axiales y las características del trayecto durante todo el periodo de incubación artificial.

2.6 Comportamiento del flujo propuesto.

El sistema de ventilación es el que homogeniza y distribuye el fluido en el espacio de incubación para un correcto desarrollo de los embriones. Para que el sistema de ventilación cubra correctamente su función, es necesario diseñar un sistema que incluya no solo la forma de generar el flujo si no también poderlo controlar y conocer en los diferentes puntos de su trayectoria; es decir, hay que considerar la forma como se transporta el fluido hasta su contacto directo con los huevos y su posterior salida, de modo que sea posible definir la trayectoria completa con líneas de flujo que mantenga un movimiento descriptible en cada punto durante la mayor parte de tiempo posible.



Para que la descripción del flujo sea válida, es necesario que se cumplan las siguientes condiciones:

- ❖ La homogenización y estabilización del fluido y el flujo se realiza antes de introducirse a los conductos de transporte.
- ❖ El área transversal de introducción de aire en cada conducto y su variación por reducción y ampliación, es la misma o conserva una proporción definida que generen la misma variación en la velocidad del flujo.
- ❖ Debido a la baja velocidad de introducción del flujo a la incubadora, el contacto de éste con los huevos se considera como continuación de los conductos de transporte; ésta superficie presenta una variación de curvas suaves, sin estelas turbulentas que formen bolsas de aire entre los huevos. El paso en ésta zona sí puede generar una disminución en la velocidad por efecto de fricción e irregularidad de la superficie, sin embargo éstas se desprecian dado que son muy pequeñas y se puede seguir considerando como un flujo ideal.
- ❖ Para el espacio de nacimiento, el factor más importante es el oxígeno por lo tanto la reducción de la sección transversal del conducto permite aumentar la velocidad del flujo y realizar una recirculación del aire más rápida en este espacio.

2.7 Características del fluido y flujo de incubación.

Para que un embrión de pollo se desarrolle requiere de un ambiente con una temperatura de 37.7°C (100°F), una humedad relativa de 50% y 70% y un 21% de oxígeno en todo el espacio de incubación. Cuando el embrión ya se ha formado en polluelo empieza a generar su propio calor, convirtiéndose en una fuente calorífica; si el índice de temperatura suministrado se mantiene, la temperatura resultante en el espacio de incubación será mayor a la requerida y el porcentaje de evaporación en los huevos también. Esto implica que la temperatura y la humedad deben poder ser reguladas de acuerdo a las condiciones que se presenten en el proceso de incubación; especialmente si consideramos que el aire que se introduce trae determinada temperatura y humedad que varían con las condiciones climáticas del medio externo.

2.8 Funcionamiento del sistema de aire forzado.

Los aparatos existentes se han enfocado a cubrir los requerimientos de la parte funcional para proveer el giro, generar el ambiente de incubación y permitir diferentes capacidades de incubación. Debido a que el sistema de aire forzado presenta las mejores características para producción, es el sistema que se analiza



a profundidad; su funcionamiento es el siguiente: un ventilador succiona aire del exterior y lo empuja para hacerlo pasar por una malla con resistores; el aire se calienta por conducción y al contacto con la superficie de agua genera una evaporación que al mezclarse con el aire forman el flujo de aire húmedo mejor conocido como ambiente de incubación.

La presión ejercida por el ventilador sobre el aire húmedo y las paredes lisas que lo transportan generan un flujo que por convección distribuye el ambiente de incubación dentro del aparato para después salir de él.

Los modelos comerciales que se utilizan en México para la crianza de pollos son los de bandejas giratorias o perchas giratorias; ubican el sistema de ventilación y generación del ambiente para incubación en la parte superior. Se componen de un ventilador axial de aspas de aluminio, una malla metálica que sostiene resistores y una vasija que contiene agua, cuya superficie expuesta forma el espejo de agua que permite una evaporación gradual generando la humedad relativa interna entre el 40% y 75%. El flujo de incubación se genera mediante la succión de aire en la parte superior del aparato, que por saturación y choque con las paredes y las bandejas, hace pasar el flujo entre estas hasta su salida por la parte baja del aparato, sobre la misma pared en que se realiza la succión, tendiendo a describir un flujo en forma de “D” como se ilustra en la figura. Figura número 2.

Aunque un equipo grande requiere mayor intercambio de aire, los problemas de flujo son encontrados con mayor frecuencia en equipos pequeños. Los principales problemas que puede presentar el sistema de aire forzado en la incubación artificial, empleando las estructuras internas que ofrecen los sistemas comerciales, son:

- ❖ Irregularidad en las características del fluido que genera el ambiente de incubación, provocando zonas con menor oxígeno y variación en las lecturas de temperatura y humedad, como producto de diferencias en el flujo dentro del aparato.
- ❖ Debido a los choques con las paredes no acondicionadas para el flujo y con elementos internos como la charola de agua y bandejas; se generan bolsas de aire que no se renueva y el ventilador requiere mayor potencia para que el flujo llegue adecuadamente al espacio en contacto con los huevos y logre salir del aparato.
- ❖ Si el aire no está siendo uniformemente distribuido en toda la incubadora se presentan polluelos con manchas en pico y en patas como muestra de deficiencias de oxígeno; en el peor de los casos, embriones no desarrollados o polluelos con muerte prematura.

- ❖ Altas posibilidades de re-succionar el aire que sale del aparato, restando la cantidad de oxígeno al aire entrante debido a la circulación de arriba abajo en forma de “D”.

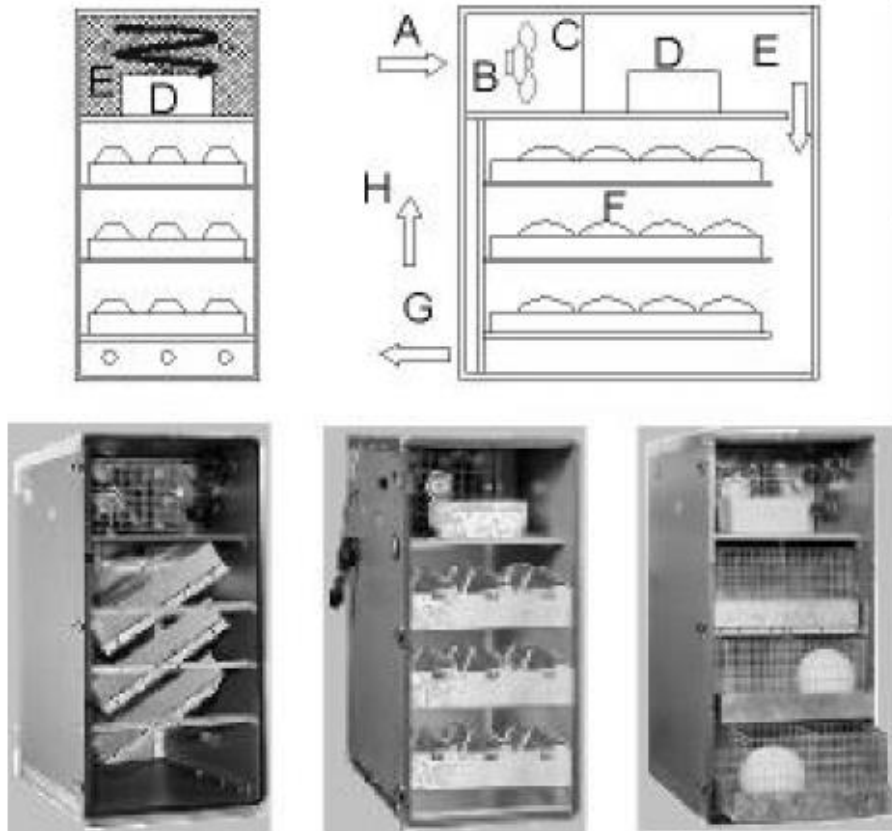


Figura 2. Funcionamiento en los sistemas comerciales para incubación de huevo de gallina.

A Entrada de aire por succión	B Ventilador
C Maya de calentamiento	D Bandeja de agua, zona de cambio de estado.
E Zona de saturación y paso del fluido al espacio de los huevos	F Almacenaje de huevos, zona de alta turbulencia del flujo por choque con objetos
G Salida del aire	H Dirección del flujo que sale por efecto de la corriente de convección

Tabla 3. Descripción del funcionamiento de la incubadora de la fig. 2

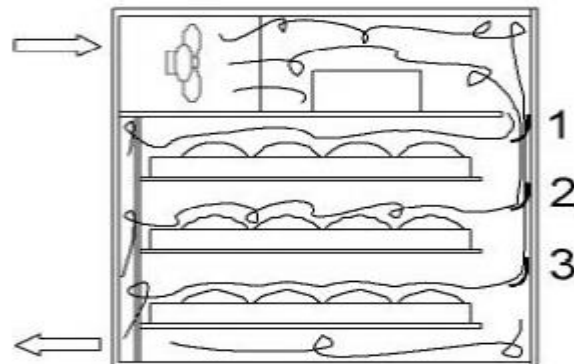


Figura 3. Flujo en los sistemas comerciales para incubación de huevo de gallina.

Ante los problemas de flujo, se ha optado por adaptar dispersores de aire en distintas posiciones (1, 2, 3). Las líneas describen una aproximación probable en la trayectoria que toma el flujo; las partes que experimentan más turbulencia son las que realizan más choques y tienen mayor velocidad.

En las incubadoras de cabina pequeña con bandeja es más frecuente encontrar estos problemas en la bandeja de arriba, por lo cual se recomienda como parte del manejo, reposicionarlas de acuerdo a la etapa de incubación en que se encuentren los huevos que contienen. Los avicultores han tratado de resolver los problemas del flujo de aire al sujetar por la parte interna de la puerta, dos o tres pequeñas piezas de cartón doblado en diferentes posiciones de tambaleo para que actúen como dispersores de aire; la posición de la dispersión de aire debe ser ajustada hasta que la temperatura en cualquier parte de la incubadora sea la misma como se muestra en la figura 3.



CAPÍTULO 3.



PARTES CONSTITUTIVAS DEL EQUIPO Y DISEÑO DEL CALENTADOR.

3.1 Dimensiones principales.

Según lo descrito anteriormente un equipo de incubación deberá poseer dos secciones o compartimientos básicos, estos son: Compartimiento de incubación y Compartimiento de eclosión o nacedero, los mismos deberán tener controles de temperatura, humedad y ventilación independientes.

En nuestro caso debido a requerimientos de diseño se construirán secciones adicionales, las mismas que son: Sección de control de ventilación, Sección de generación de calor y Sección de equipos electrónicos como se muestra en la figura 4.

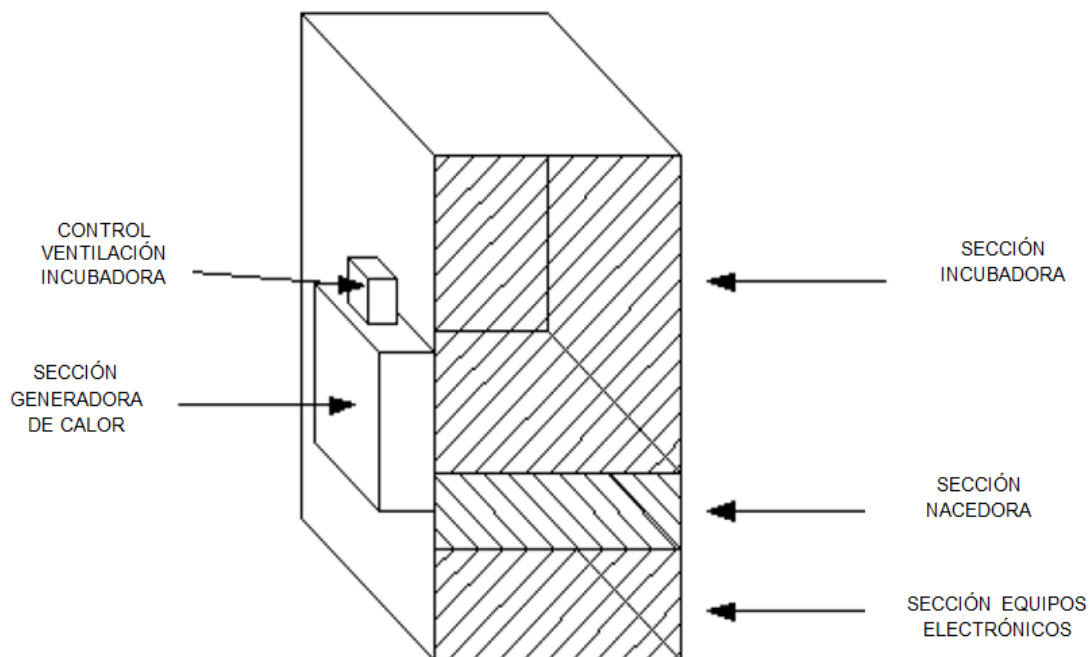


Figura 4. Secciones principales del equipo de incubación.



3.2 Compartimiento de Incubación.

El compartimiento de incubación como parte estructural del equipo, permite mantener las condiciones ambientales controladas dentro de un espacio cerrado diseñado para tal fin. En su interior se acomodaran los huevos a incubar y todos los dispositivos requeridos. El material estructural con el cual se construye el gabinete de incubación es de lámina galvanizada calibre 20 con el fin de soportar las cargas a las cuales estará solicitado, además de evitar la aparición de hongos u otras enfermedades; como la temperatura al interior del recinto es superior a la ambiental, es importante colocar aislante térmico y así minimizar las pérdidas de energía; en este caso se colocó espuma de poliuretano como aislante. Además interiormente las paredes de los compartimientos de la incubadora y la nacedora han sido recubiertas con una capa de pintura acrílica para disminuir la corrosión de la lámina galvanizada.

El equipo de incubación con el objetivo de cumplir a cabalidad las necesidades del sistema, se divide en varias secciones claramente diferenciadas; compartimiento de incubación, sección de equipos electrónicos, sección de generación de calor, sección de control de ventilación y sección de nacedora donde se llevara a cabo la eclosión, además del depósito de agua y las válvulas de control de paso. El montaje es completamente modular pudiéndose en caso de ser necesaria la separación de las dos partes (incubación y nacedero) con el fin de hacer aseo, almacenamiento y/o transporte.

El compartimiento de incubación es seguramente una de las partes más importantes del equipo, ya que sobre este se montan todos los elementos necesarios en la operación del mismo.

Los requerimientos que debe cumplir un buen diseño del equipo son:

- Tener la rigidez suficiente para soportar la carga a la cual está sometido.
- El peso del equipo debe ser el menor posible.
- Las puertas deben tener cierre hermético con el fin de evitar al máximo la pérdida de energía.
- El material de construcción no debe dañarse con la humedad y permitir la limpieza al interior.
- El diseño debe evitar al máximo las pérdidas de energía, es indispensable un excelente aislante térmico.



3.3 Sección generadora de calor.

Para las dos secciones: incubadora y nacedora se utilizan resistencias eléctricas térmicas (resistencias blindadas) como generadores de calor, más la disposición física para los dos casos es diferente.

3.3.1 La resistencia eléctrica.

La resistencia eléctrica como fuente de energía para el calentamiento del compartimiento de incubación y nacedero, suministra la energía en forma de calor al sistema de acuerdo a la corriente que a través de ella está circulando, con el fin de mantener la temperatura en el valor deseado.

➤ **Clasificación de las resistencias.**

En el calentamiento de piezas por resistencia eléctrica puede ser directo, cuando la corriente eléctrica pasa por las piezas, o indirecto, cuando las piezas se calientan por radiación, convección o una combinación de ambas, procedente de las resistencias propiamente dichas dispuestas en las proximidades de las piezas.

Las resistencias de calentamiento indirecto se clasifican del siguiente modo:

- Metálicas. Los materiales empleados para la fabricación de resistencias metálicas en equipos industriales se pueden clasificar en tres grandes grupos:

Aleaciones de base Ni-CR, aleación de 60 Ni-15 Cr-25 Fe, aleaciones Fe-Cr-Al

- No metálicas. Los materiales no metálicos utilizados en la fabricación de resistencias son:

Carburo de silicio en diversas formas, di siliciuro de molibdeno en forma de horquillas, grafito en barras, cromita de lantano en tubos, tubos radiantes.

- Resistencias blindadas, típicas para calentamiento de líquidos en baños, tanques de temple, precalentadores de combustión, etc; que en el caso de calentamiento de gases van provistos, normalmente de aletas para aumentar la superficie de intercambio.



La resistencia a utilizar es una resistencia blindada empleadas principalmente en calentadores de agua, generadores para sauna, hornos industriales, y maquinas selladoras de fácil adquisición en el mercado local y de bajo costo. En promedio puede disipar hasta 200w, dependiendo de la corriente que circule a través de ella.

La resistencia se monta en un bastidor aislante y se aprieta por medio de tornillos para una buena fijación como se muestra en la figura 5.

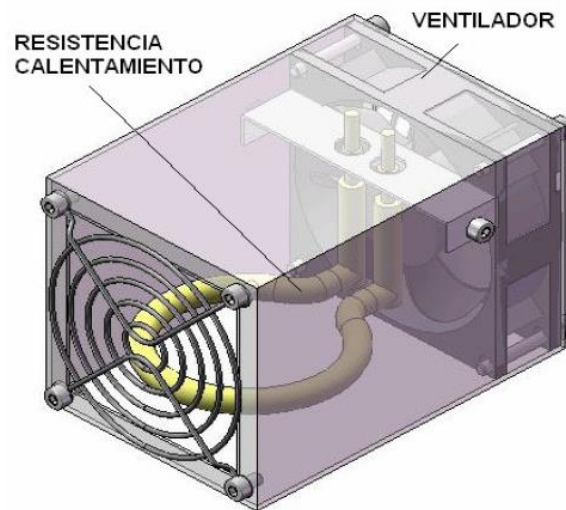


Figura 5. Elemento calefactor

➤ *Generación de calor en incubadora.*

En la incubadora debido a que el volumen físico es mayor, se utiliza una sección externa en donde serán ubicadas las resistencias blindadas generadoras de calor como se muestra en la figura 6.

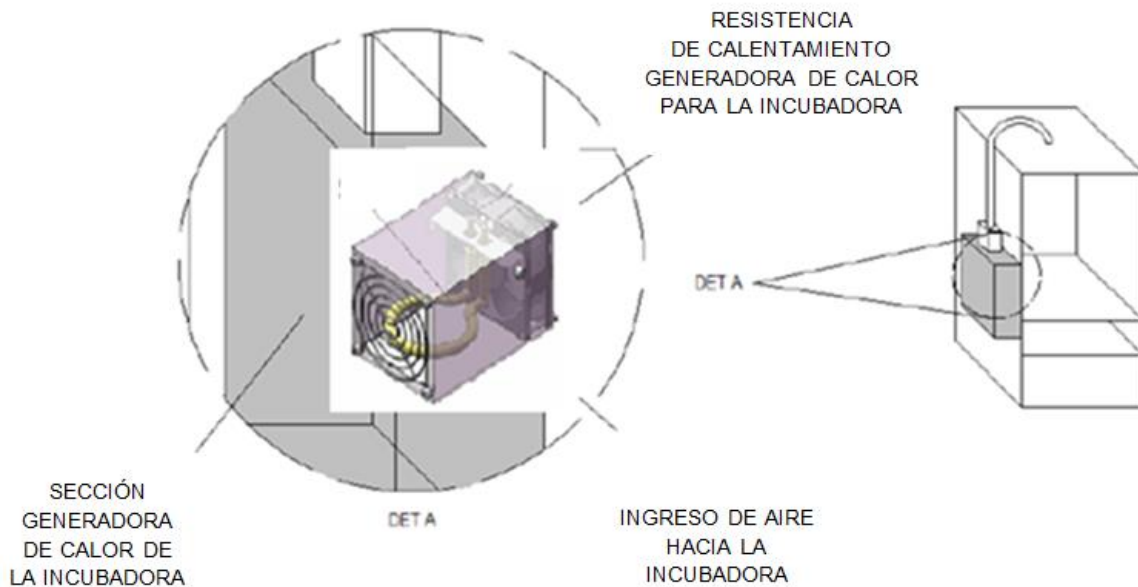


Figura 6. Disposición de la resistencia en la sección generadora de calor.

➤ *Generación de calor en la nacedora.*

En la nacedora la generación de calor también es proporcionada por una resistencia blindada, esta va ubicada en la pared posterior de la nacedora. En esta sección la resistencia ya no va colocada en un área fuera del equipo si no internamente y el aire de la nacedora es recirculado por un ventilador instalado junto con la resistencia como se muestra en la figura 7.



Resistencia blindada y ventilador en la nacedora.

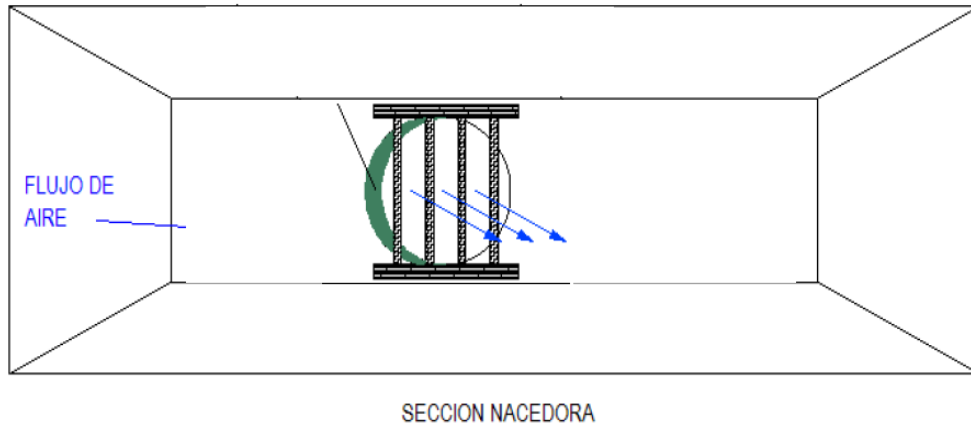


Figura 7. Disposición de resistencia y ventilador en la nacedora.

La potencia de encendido de esta resistencia es comandada por un controlador PID (Proporcional Integral Derivativo), que al recibir señales provenientes de los sensores de temperatura, calcula el valor de voltaje que deberá ser aplicado a la resistencia para conseguir el objetivo de mantener una temperatura controlada dentro de la incubadora.

Los sensores de temperatura son 2 en la incubadora y 1 en la nacedora, mientras que los sensores de humedad son dos uno para cada sección. Todos estos están colocados en las paredes laterales de la incubadora y nacedora en una disposición tal que permita adquirir homogéneamente los datos de temperatura y humedad relativa de las secciones.



3.4 Sección de control de ventilación en la incubadora.

Para el control de ventilación en la incubadora, se ha diseñado un sistema denominado *sección de control de ventilación de la incubadora*, que va ubicado en la parte superior de la sección de generación de calor.

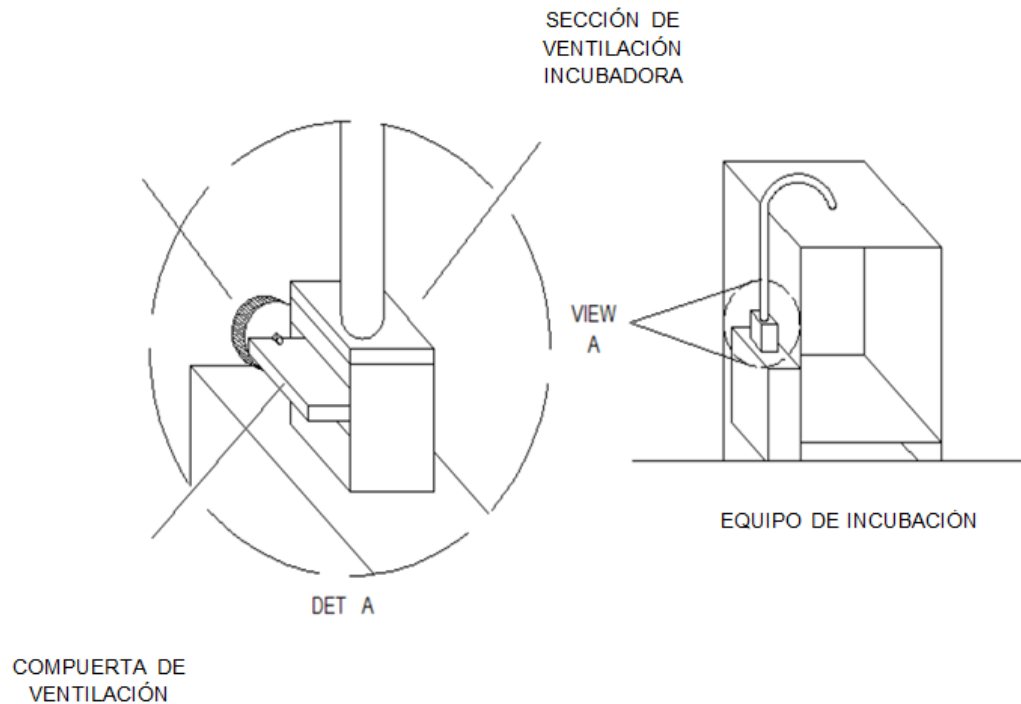


Figura 8. Sección de control de ventilación de la incubadora.



Este dispositivo en su parte interna se divide en dos pequeñas cámaras por las que circula el aire que viene desde la incubadora y va hacia la sección de generación de calor. En una de las cámaras (cámara A) circula directamente el aire que viene desde la incubadora (aire con temperatura controlada) y va hacia la sección de generación de calor, mientras que la otra cámara (cámara B) deja ingresar aire fresco proveniente del exterior siempre y cuando la compuerta de ventilación haya sido activada. Esta compuerta es comandada mediante un motor a pasos. Este control se lo explica gráficamente en la figura 9.

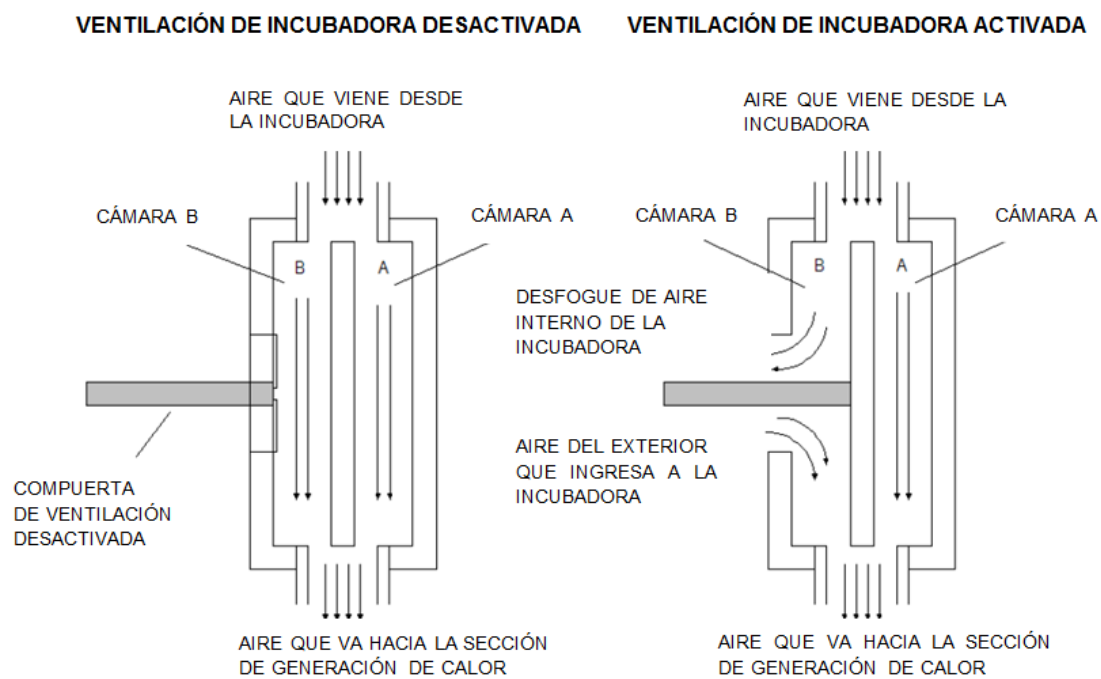


Figura 9. Operación de la sección de control de ventilación de la incubadora.

3.5 Ventilación en la nacedora.

La ventilación en la sección de la nacedora es realizada mediante el desplazamiento de aire por los ventiladores y dos orificios ubicados a los costados de la misma. Los ventiladores y estos orificios extraen el CO_2 de la nacedora que es mayor en esta parte del proceso por procesos fisiológicos de los embriones. Si existiera una demanda de calor, el control de temperatura mediante los sensores y las resistencias compensan esta pérdida de calor generada por la ventilación.

➤ *El ventilador.*

El ventilador es al igual que la resistencia un elemento indispensable para el calentamiento del aire al interior del equipo, ya que este renueva las capas de aire adyacentes a la resistencia, evitando el calentamiento excesivo de la misma y su posible daño. Además permite que todo el aire confinado en el equipo se caliente de forma uniforme evitando puntos fríos.

El ventilador en su operación normal envía aire hacia adelante, succionándolo de la parte posterior; el aire de salida del ventilador fluye a través de la resistencia, calentándose y distribuyéndose a través de todo el equipo.

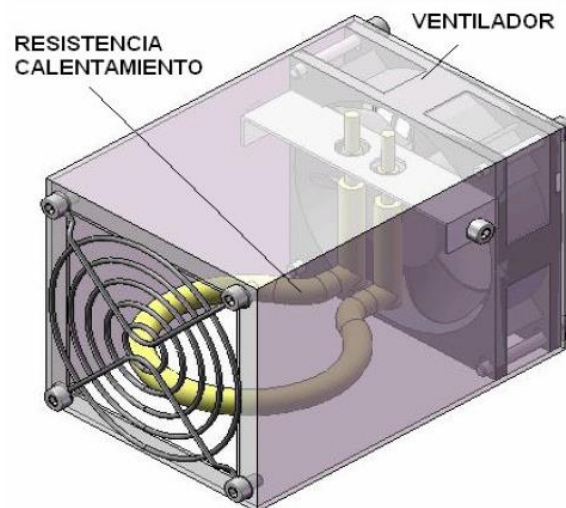


Figura 10. Ventilador de computadora muy útil en el proceso de calentamiento y distribución homogénea de calor.



3.6 Sistema del Humidificador en la incubadora y nacedora.

El agua al ser evaporada se mezcla con el aire del ambiente dentro de la sección respectiva incrementando así la humedad relativa del mismo. Cabe destacar que los valores de temperatura, humedad relativa y ventilación llevan un control dependiente entre ellos y son vigilados por los sensores existentes en el equipo de incubación.

El humidificador es el dispositivo que aporta la cantidad de agua requerida para mantener la humedad relativa en el nivel establecido de 60% - 65% en los primeros 18 días y de 80% - 85% los últimos tres días.

El método de humidificación escogido es por medio de vapor saturado, generado de la ebullición de pequeñas gotas de agua que se dejan caer libremente sobre la superficie de la resistencia eléctrica; debido a su alta temperatura el cambio de fase del agua es instantáneo y aumenta rápidamente la humedad en el sistema.

Este sistema fue escogido debido a que el aporte de agua necesario para aumentar la humedad relativa de nuestro sistema es de apenas unos cuantos mililitros razón por la cual la dosificación de la cantidad de agua debe ser muy precisa; el aporte de agua se realiza gota a gota lo cual permite un control exacto de la humedad.

Es importante aclarar que el dispositivo de humidificación está montado sobre la plataforma del elemento calefactor; por lo tanto tenemos en su conjunto el dispositivo de calentamiento – humidificación.

El humidificador diseñado se basa en un principio sencillo pero con resultados excelentes para nuestra aplicación específica. Por medio de una electroválvula conectada al depósito de agua se da paso al fluido dependiendo de las necesidades de humedad del sistema. El agua mientras es conducida por las mangueras de alimentación es dosificada dependiendo de la cantidad de flujo que solicite el sistema. De esta forma cuando la humedad disminuye por debajo de un valor de referencia, la electroválvula se enciende permite el paso de agua por el dosificador, y estas gotas de agua caen sobre la resistencia eléctrica cambiando de fase de forma instantánea.

A continuación en la Figura 11. Se presenta la forma final del dispositivo de humidificación, en el cual se aprecia la resistencia eléctrica, el ventilador y la tubería para la entrada de agua.

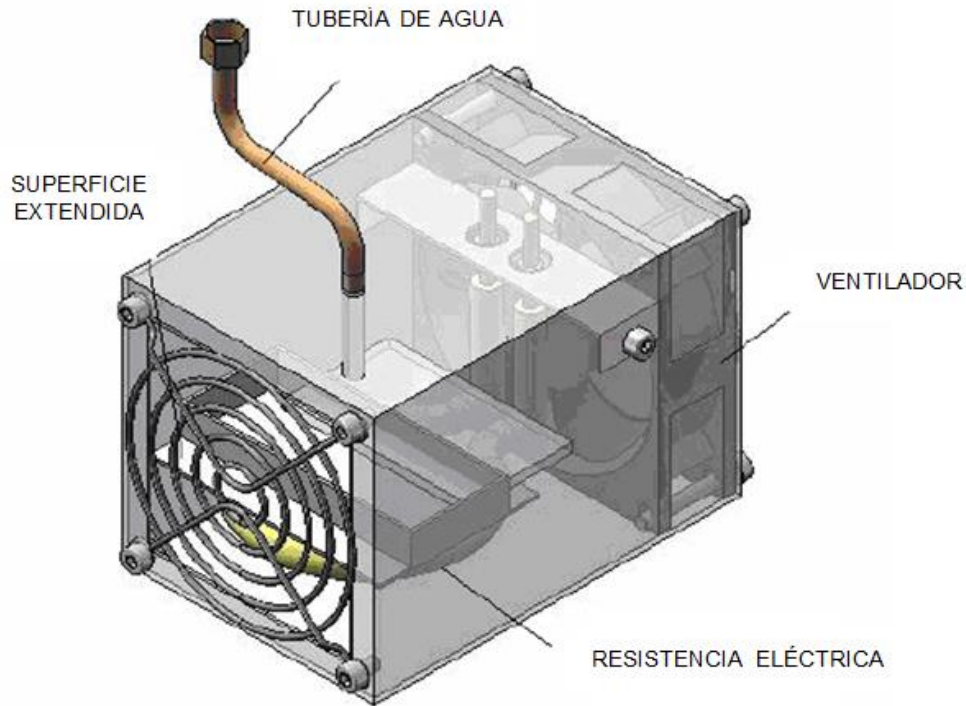


Figura 11. Dispositivo de humidificación.

El valor de humedad existente ya sea en la incubadora o en la nacedora, es informado al microcontrolador a través de los sensores de humedad HTF3130 instalados uno en cada sección. Cuando el valor de humedad en una sección específica es menor al requerido, una señal del microcontrolador actuará sobre la electroválvula dejando pasar la cantidad necesaria de agua. Los recipientes de agua deben ser llenados completamente al inicio del proceso de incubación, y revisados periódicamente ya que el sistema no incluye control de nivel y abastecimiento de líquido.

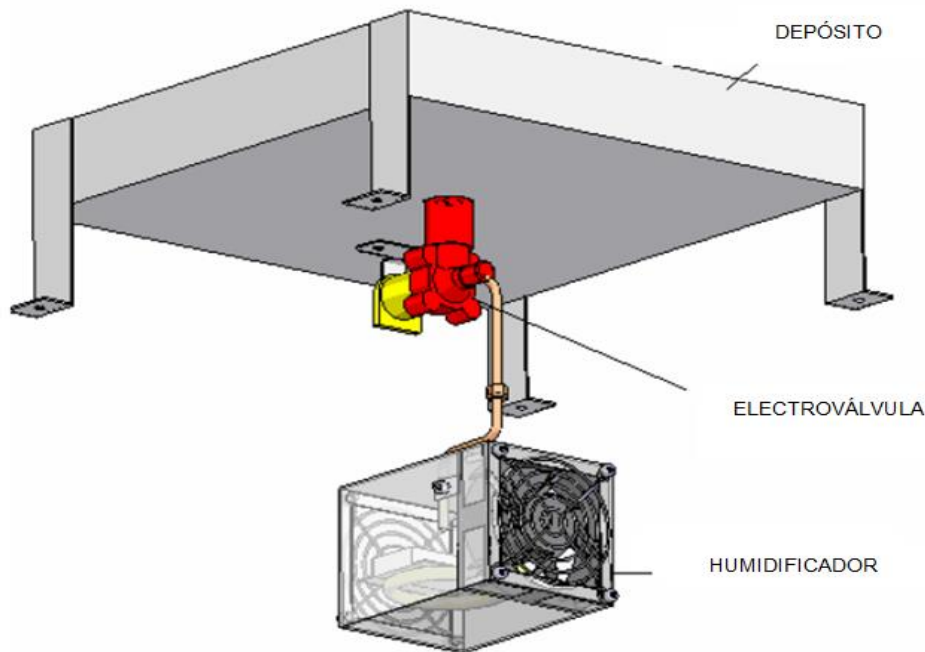


Figura 12. Sistema de humidificación.

3.7 Estructura mecánica para el volteo de los huevos.

Esta estructura mecánica para el volteo, es utilizada solamente para el proceso de incubación, por tal motivo va instalada en la sección de incubadora. Su fabricación es de hierro en su totalidad y posee tres bandejas que giran a la izquierda y derecha $\pm 30^\circ$ respecto al plano horizontal como se muestra en la figura.

Todas las bandejas son movidas al mismo tiempo y con el mismo ángulo de giro mediante un juego de piñones que va conectado a un motor de corriente continua ubicado en la parte inferior trasera de la estructura mecánica de volteo.

El control electrónico del motor es comandado desde la tarjeta de control y para sensar el ángulo correcto de giro recibe señales desde dos sensores infrarrojos ubicados en la viga central de la estructura de volteo, estos sensores indican el giro máximo de las bandejas.



RADIO DE GIRO DE LA PARTE MÁS LEJANA DEL EQUIPO

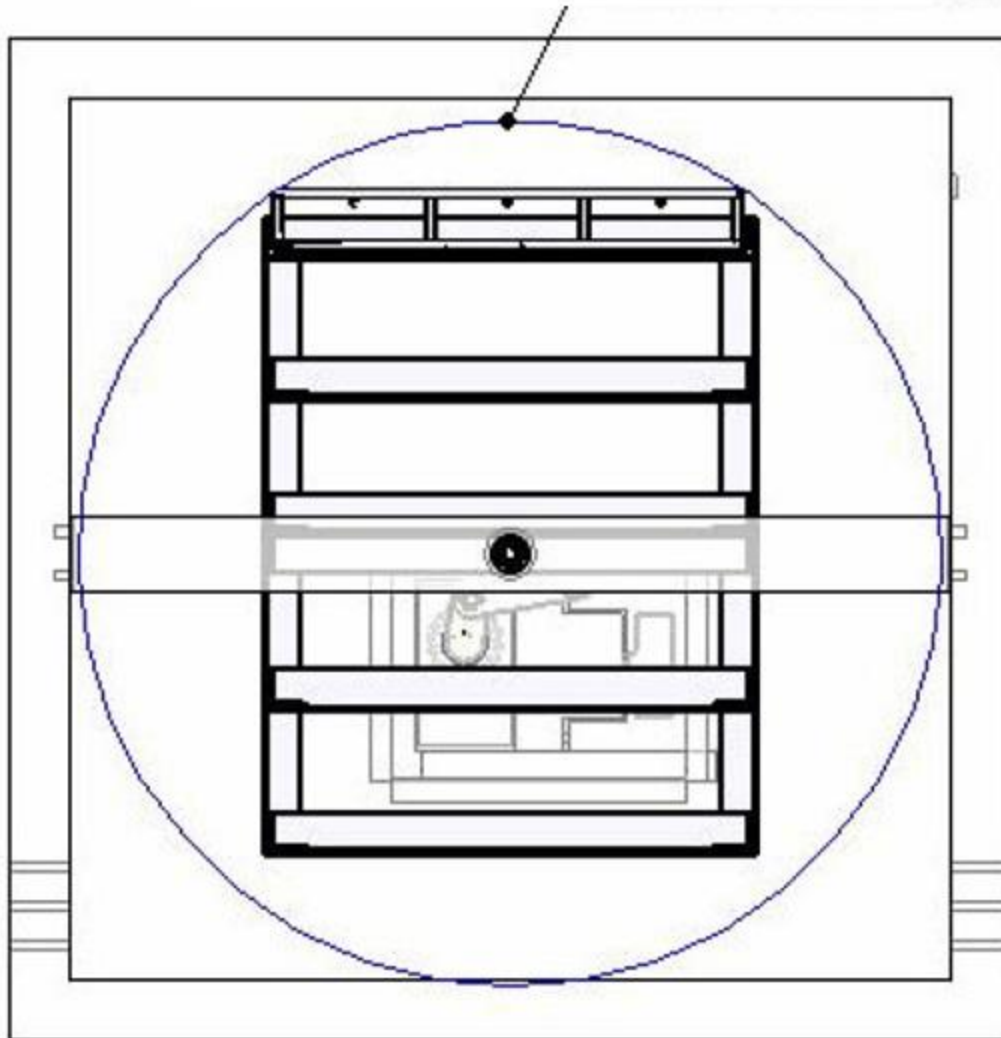


Figura 13. Estructura mecánica de bandejas giratorias del sistema de volteo.

3.8 Panel de Control y Sistema de Control.

➤ *Panel de control.*

El panel de control está ubicado en la parte superior del equipo, y alberga todos los circuitos eléctricos utilizados, así como el depósito de agua y la electro-válvula, los switch de operación del equipo y la pantalla LCD que muestra la temperatura y la humedad relativa como se muestra en la figura. En la parte inferior se encuentra la sección de equipos electrónicos como el motor eléctrico del volteo automático cableado de sensores de humedad y temperatura, así como cableado de ventiladores y resistencias eléctricas.

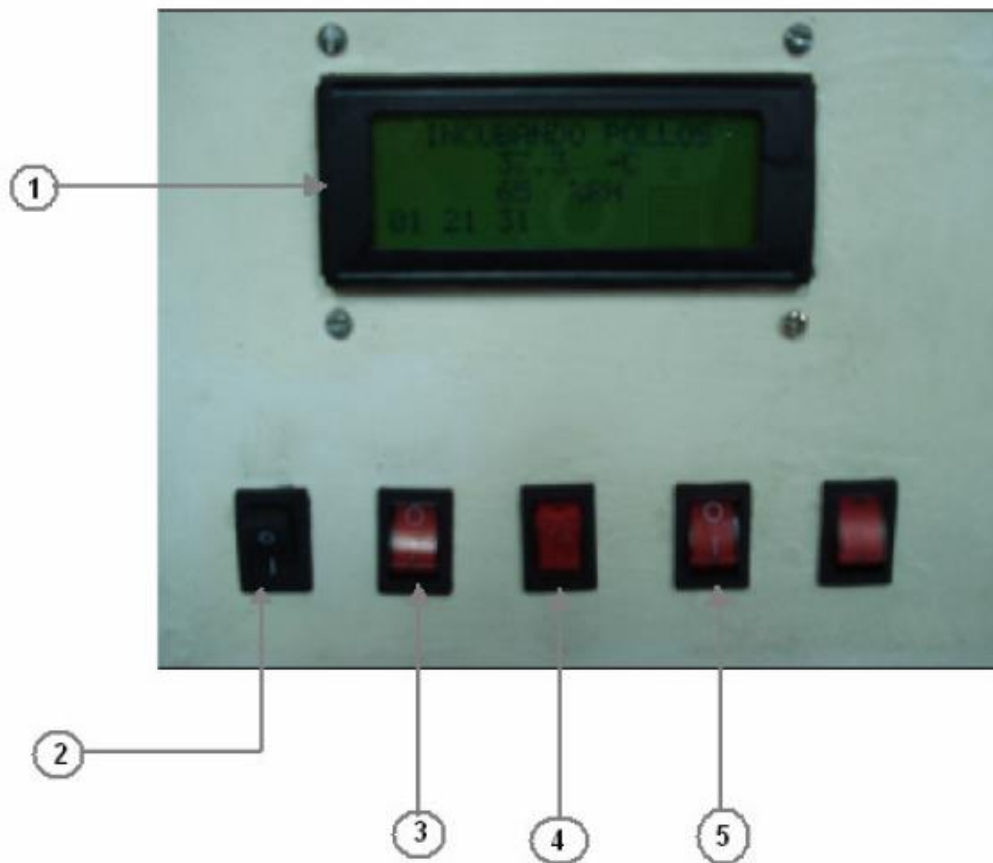


Figura14. Pantalla LCD la cual muestra condiciones de operación dentro del medio de incubación.



➤ *Funciones del panel de control:*

1. **LCD.** Como se requiere mostrar cuatro indicaciones se hizo necesario un LCD 4X20 el cual nos proporciona las 4 líneas, en este se puede visualizar la temperatura y humedad relativa tanto de la incubadora como de la nacedora.
2. **ON/OFF.** Este switch es utilizado para encender (I) o apagar (0) todo el sistema.
3. **Volteo.** Con este switch el usuario puede en cualquier momento del proceso detener o encender el movimiento de las charolas (detener el motor eléctrico del volteo automático).
4. **Iluminación.** Enciende una lámpara fluorescente para iluminar el interior del equipo de incubación.
5. **Nacedora.** Este switch detiene o enciende las resistencias el ventilador y los sensores en el área de nacedora cuando no se tiene en funcionamiento.



CAPÍTULO 4.



PROTOTIPO.

4.1 Consideraciones a tomar antes de elegir un prototipo.

Una incubadora de huevos es un equipo utilizado en la industria avícola en el proceso de producción de pollos, el cual sustituye a la gallina durante el tiempo en el cual se empollan los huevos hasta que nazca el pollo; el equipo mantiene las condiciones ambientales necesarias de temperatura y humedad en los valores óptimos con el fin de garantizar las mayores probabilidades de éxito y así lograr la mayor cantidad de nacimientos a partir de los huevos fecundados introducidos en el equipo, las incubadoras de huevos se utilizan para producir todo tipo de especies aviares como gallina, pato, avestruz, gansos y reptiles tales como iguanas y víboras.

La verdadera importancia de una incubadora radica en la sustitución de la gallina en el momento de empollar el huevo, ya que, teniendo presente que las gallinas solo durante ciertas temporadas están cluecas y el resto del tiempo no incubaran; el equipo permite empollar polluelos durante cualquier época del año sin importar en que temporada se encuentre la gallina, además la incubadora permite aumentar la población de pollos, haciendo de la industria avícola un negocio rentable y que fácilmente pueda ser llevado a grandes escalas.

El equipo de incubación avícola se compone principalmente de un elemento calefactor, un humidificador, y un mecanismo de volteo automático, todo esto manejado de forma automática, con el objetivo de controlar de forma exacta los valores de temperatura y humedad relativa, además de realizar el volteo cada cierto intervalo de tiempo exacto.

Los huevos se introducen dentro de un recinto cerrado el cual mantiene las condiciones ambientales controladas dentro de los valores establecidos durante el periodo de incubación, que en el caso de las gallinas es de 21 días a partir de la fecha de iniciación.

Existen diversas capacidades de incubadoras que se pueden encontrar comercialmente.

Los modelos de pequeña capacidad de alrededor de 50 huevos para aplicaciones caseras, los modelos de mediana capacidad para 200-1,000 huevos que es nuestra aplicación específica; los modelos grandes que es incubadoras de 1,000-3,000 huevos de gallina y las incubadoras de grandes dimensiones y de aplicación industrial las cuales pueden llegar hasta los 150,000 huevos.

Las incubadoras de huevo dependiendo del alto grado de automatización pueden venir equipadas con controladores de tiempo real, sistemas de energía auxiliares,



necedoras, elementos de lectura del estado de las variables; además de utilizar energías primarias tales como el gas natural.

El desarrollo de este trabajo de tesis se refiere a una estructura de incubadora de huevo mejorada, que mantiene una unidad ambiental interna para asegurar resultados de producción altamente eficientes a partir de cada tanda de huevos.

Más específicamente, el equipo de incubación, en donde la salida del aire interior se controla de modo positivo para mantener unos niveles de temperatura, humedad y aire fresco dentro de la cámara incubadora, de valores uniformes y prescritos para favorecer el crecimiento de los embriones de ave hasta obtener pollos incubados.

Un objetivo de la incubación es hacer que todos los huevos de una tanda se desarrollen e incuben en el mismo periodo de tiempo. Para lograr esto los niveles de temperatura, humedad y aire fresco deben mantenerse de modo continuo y uniforme. Pequeñas desviaciones de los niveles prescritos en las condiciones citadas pueden afectar adversamente a un alto porcentaje o incluso a toda la tanda de huevos que se están incubando. No es posible esperar el desarrollo de una tanda, ni retener una tanda que haya rebasado su periodo normal de desarrollo y tiempo de incubación. La extracción temprana de una tanda hará que queden pollos todavía en el cascarón y que otros salgan húmedos o sin tenerse en pie. Igualmente, la extracción tardía hará que los pollos se deshidraten. Esos dos casos harán que muchos pollos hayan de ser seleccionados y desechados. Dado que una incubadora puede contener hasta más de 15,000 huevos, las pérdidas potenciales del productor pueden ser muy sustanciales. En consecuencia, es imperativo que la incubadora mantenga uniformemente unas adecuadas condiciones ambientales.

El ambiente interno de una incubadora está cambiando constantemente. Durante el proceso de incubación, las aves en gestación (pollos, ánsares, patos y otras aves toman oxígeno y producen dióxido de carbono). Además a medida que los embriones maduran y por último empollan, generan más y más calor. En consecuencia el oxígeno en la cámara de incubación debe reponerse de modo continuo introduciendo así aire del exterior que no tiene los niveles adecuados de calor o humedad, el aire viciado debe ser expulsado de la cámara, y el calor así como los niveles de humedad deben ser comprobados y mantenidos en sus valores prescritos.

La desviación de cualquiera de dichos niveles de calor, humedad o dióxido de carbono pueden tener consecuencias adversas para el desarrollo de los pollos.

Por ejemplo si los pollos se someten a temperaturas inferiores, tan pequeñas como 2 o 3 °C, por debajo de la temperatura prescrita, no se desarrollarán del todo y no podrán salir del cascarón al final del período normal de incubación. Una



simple reducción de temperatura tan pequeña como de dos grados requerirá un tiempo de incubación mayor, dando por resultado que todavía algunos de los pollos estén húmedos en el momento de la retirada de la tanda, de la cámara de incubación. Esto a su vez, hace que algunos de los pollos hayan de ser desechados.

Por el contrario, una temperatura, de tres a cuatro grados centígrados por encima de lo normal hará disminuir el periodo de incubación y producirá pollos con diversos grados de deshidratación, postración térmica y otros problemas que harán que deban ser desechados.

Aunque se entiende que la condición de humedad adversamente alta o baja, y sus efectos sobre los embriones, se habrá producido ya en el periodo de incubación, antes del periodo de empollado, es importante el mantenimiento de una condición de humedad predeterminada en dicho periodo. Por ejemplo si la humedad se mantiene demasiado alta, el pollo crecerá y tendrá dificultades para moverse dentro del cascarón y para salir de éste. En comparación demasiada pérdida de humedad da por resultado unos pollos pequeños y deshidratados. Además, poca humedad en la cámara de incubación hará que la membrana bajo el cascarón y próxima al pollo se seque y se pegue al pulmón.

La fluctuación en los niveles de dióxido de carbono puede resultar igualmente dañina. Por ejemplo, si dichos niveles son suficientemente superiores a los prescritos, se aprecia que los pollos resultantes salen de sus cascarones privados de oxígeno y anhelando aire. Un aumento demasiado grande sobre el nivel prescrito mata a los pollos.

En general en las incubadoras, se introduce aire en la cámara de incubación para proporcionar el suministro de oxígeno necesario para los embriones o pollos en formación, para reponer el aire interior expulsando el contenido de dióxido de carbono, y para permitir una regulación de la humedad y de la temperatura en el ambiente interno.

En algunas incubadoras convencionales, el aire exterior es introducido dentro de la cámara a través de una ranura o abertura de entrada en el techo, o posiblemente en la pared frontal de dicha incubadora. Mediante el mantenimiento de la presión dentro de la cámara a un nivel inferior, o a una presión negativa con respecto al aire fuera de la incubadora, el aire exterior es introducido hacia la cámara a través de la abertura de entrada.

En otras incubadoras convencionales, el aire es forzado a veces a entrar en la cámara mediante el uso de conjuntos sopladores accionados con un motor u otros sistemas mecanizados para controlar el tamaño de la abertura de entrada de aire.



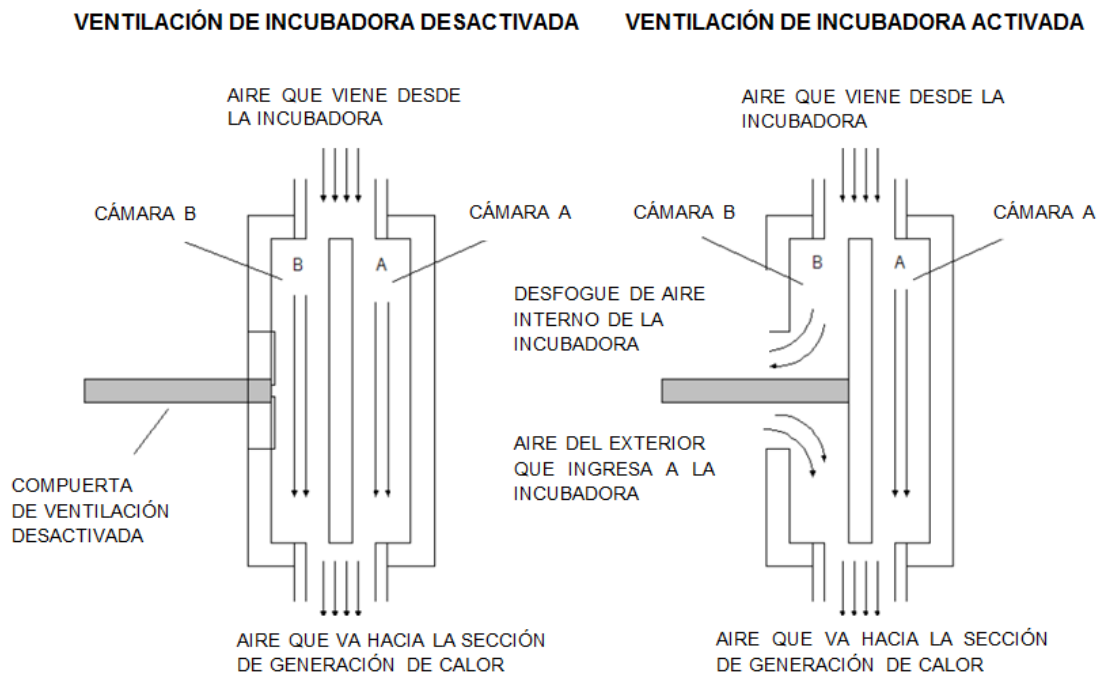
En las incubadoras convencionales, la pauta del flujo de aire que penetra en la cámara de incubación resulta afectada por la manera según la cual el aire penetra dicha cámara. Por ejemplo, la citada pauta será alterada debido a la actividad de los conjuntos sopladores forzados, así como el movimiento de los mecanismos de regulación.

Típicamente, las pautas de aire se dispersan en todas direcciones y produce un medio ambiente no uniforme en toda la cámara. Elementos de ajuste ambiental, tales como resistencias eléctricas para calentar el aire, humidificadores para añadir humedad al medio, así como sopladores o ventiladores para hacerlo circular, todos ellos se hayan situados dentro de la cámara de incubación para mantener la uniformidad ambiental. Sin embargo, dado que el aire exterior se dispersa en todas las direcciones, estos elementos de ajuste ambiental no son suficientes para acondicionar suficientemente el aire de entrada y mantener un ambiente interno a nivel estable, o para acondicionar o tratar de manera inmediata todo el aire entrante. El aire exterior entrante puede estimular artificialmente las sondas medidoras de humedad y de temperatura, haciendo así que los elementos de ajuste ambiental reaccionen y mantengan unos niveles ambientales imprecisos, o el aire sin tratar puede crear zonas adversas de humedad y temperatura que tendrán un efecto nocivo sobre los pollos en formación.

Para resolver los problemas expuestos, el presente trabajo de tesis controla de modo positivo la salida del aire interior procedente de la incubadora, mediante lo cual se controla también de modo positivo la cantidad de aire fresco exterior que penetra en la sección de incubación, además, se circulara, el aire caliente y húmedo de modo efectivo en el interior de esta sección, tratando de mezclar también de modo eficiente el aire exterior recién introducido con el aire interior estabilizado y acondicionado, antes de que el aire que acaba de penetrar pueda afectar adversamente a los embriones en formación.

En particular, el movimiento y circulación del aire dentro de la incubadora son críticos. Para controlar de modo positivo el escape del aire interior y simultáneamente influir y controlar la entrada de aire exterior, así como la mezcla de este con el aire del interior, nuestro prototipo crea una zona restringida de alta presión de aire adyacente a las aberturas de salida de la cámara de incubación.

Una colocación inadecuada del soporte de montaje y de los dispositivos de circulación de aire, podría no solo entorpecer la zona limitada de alta presión de aire, sino también entorpecer la pauta del flujo de aire prevista dentro de la cámara, lo que produciría zonas con niveles adversos de humedad y temperatura. Como se muestra en la siguiente figura.



La incubadora a desarrollar resuelve este problema y en realidad, simplifica el funcionamiento y construcción general al proporcionar una característica de alineación uniforme que asegura una colocación precisa del soporte de montaje que contiene los elementos de caldeo, humidificación y circulación de aire, sin modificaciones estructurales.

4.2 Características mínimas de una incubadora de huevos.

Para el diseño de la incubadora y su excelente funcionamiento es necesario que el equipo cumpla con las siguientes características mínimas las cuales lo hacen un equipo confiable y de alto rendimiento.

- Condiciones ambientales uniformes y estables respecto con la temperatura y la humedad; durante los 21 días que es el tiempo de incubación para los



pollitos, como uno de los factores más importantes y que tienen la mayor influencia en el éxito del equipo.

Para tal efecto estos parámetros deben de mantenerse así:

- Temperatura = [37.5 – 37.777°C]
- Humedad relativa = [50 – 60]% los primeros 18 días
[65 – 80]% los últimos 3 días

Los resultados pobres en nacimientos, se producen comúnmente por un control incorrecto de la temperatura y/o la humedad. El control incorrecto significa que la temperatura o la humedad fueron demasiado altas o demasiado bajas por un lapso suficiente de tiempo que interfirió con el crecimiento y el desarrollo normales del embrión.

La temperatura puede variar durante el tiempo de incubación pero en lo posible no más de un grado centígrado; las temperaturas altas son especialmente serias. Una incubadora demasiado caliente tiende a producir nacimientos tempranos. Una que funcione constantemente a una temperatura más baja tiende a producir nacimientos más tardíos. En ambos casos el número de polluelos nacidos es bajo.

4.3 Parámetros a Controlar.

- ❖ *La temperatura.* Se regula automáticamente por medio de un sistema de control de temperatura controlador (PID). El valor ideal es de 37.7°C (100°F), que se puede bajar a los 37.5°C en los tres últimos días de incubación para controlar el calor metabólico del propio huevo.
- ❖ *Ventilación.* Los huevos tienen en su cascara micro poros por los que respiran intercambiando calor y humedad con el medio, y eliminando agua por evaporación, la renovación del aire, permite que se introduzca aire fresco con mayor porcentaje de oxígeno, y la salida del aire viciado.
- ❖ *Humedad Relativa.* Es el parámetro más difícil de medir con precisión. La humedad relativa ideal es de entre el 60% y el 70% los 17 primeros días, y de un 80% los tres últimos días del periodo de incubación. Este incremento de humedad, facilita la rotura del cascaron ayudando al nacimiento los pollos. De hecho, cuando empieza la eclosión se puede incrementar la humedad relativa hasta el 70% sin afectarlos. Con la humedad del ambiente se puede regular el ritmo al que el huevo pierde agua, en concreto, mientras mayor sea la humedad del ambiente, menor será el ritmo de perdida de agua en el huevo. Se va formando una cámara de aire, que es lo primero que respira el embrión y permite que este se pueda girar para



ponerse en posición para poder romper la cascara en el momento de la eclosión. A lo largo del periodo de incubación, es normal una pérdida de peso en el huevo porque existe una pérdida de agua de hasta el 14%.

- ❖ *Volteo del Huevo.* Las gallinas periódicamente giran los huevos, si esto no se hace, el embrión se queda pegado a la cascara. El volteo, se tiene que hacer durante los 18 primeros días con una regularidad de dos o tres horas. En la actualidad existen diferentes tipos de incubadoras de huevos para aves las cuales funcionan con un control normal o las que utilizan la energía de las celdas solares.

4.4 Dispositivos de Calentamiento y Humidificación.

Los dispositivos de calentamiento y humidificación hacen referencia a todos los equipos, aparatos y componentes que permiten mantener la temperatura al interior del gabinete de incubación, dentro del rango de 37.5°C y 37.7°C, y la humedad relativa entre 60%-65% durante el periodo de 21 días que tarda el proceso de incubación.

Es importante aclarar que para lograr mantener constante la temperatura y la humedad relativa dentro de un rango tan estrecho, es indispensable implantar un control continuo de temperatura y humedad el cual garantice mantener las condiciones ambientales en el rango óptimo.

Para el diseño del dispositivo de calentamiento y humidificación se deben cumplir unos requerimientos mínimos para garantizar la excelente operación del equipo. Dichos requerimientos se enlistan como:

- Mantener las condiciones necesarias uniformes y constantes al interior del equipo, de temperatura y humedad relativa durante todo el tiempo de incubación.
- Suministrar la energía y humedad óptimas para satisfacer las necesidades de los embriones durante su crecimiento.

Para la selección, disposición y puesta a punto del calentador y humidificador es necesario analizar, todas las causas que generan consumo de energía y humedad dentro del equipo, con el fin de cuantificarlas, reducirlas y seleccionar los elementos acordes con esas necesidades.



4.5 Rotación de los huevos 45° cada 3 horas.

- Este requerimiento al igual que el anterior, determina el éxito de los nacimientos de las incubadoras de huevo; los huevos durante los primeros 18 días deben ser movidos cada hora 45° con el fin de evitar que los embriones se queden pegados a la cáscara.

A pesar de que existen diversas teorías acerca del volteo de los huevos, todas coinciden en que este es un factor determinante para el éxito de la incubación, esta labor reemplaza la acción de la gallina de mover los huevos uno a uno en el nido mientras los incuba; las diversas teorías o protocolos de volteo han sido investigados por diversos centros especializados de incubación en el mundo, y de acuerdo a los mejores resultados obtenidos en las investigaciones, el protocolo escogido ha sido inclinar los huevos 45° a la derecha durante tres horas, colocarlos en posición horizontal una hora y ubicarlos 45° a la izquierda tres horas más; este patrón se repite durante los primeros 18 días. La figura 15 ejemplifica el proceso de volteo automático dentro del equipo de incubación.

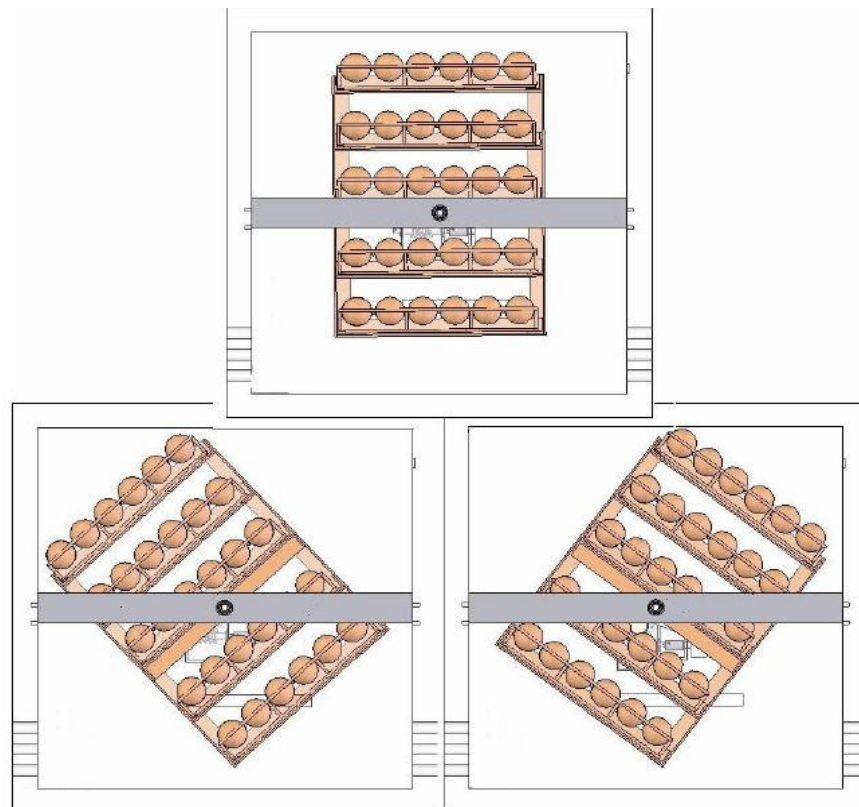


Figura 16. Volteo automático dentro del equipo de incubación.



4.6 Ventilación dentro del equipo de incubación.

- La ventilación es muy importante dentro del proceso de incubación. Mientras que el embrión se está desarrollando, el oxígeno entra en el huevo a través de la cascara y el bióxido de carbono se escapa de manera igual. Mientras que los polluelos nacen requieren de una fuente creciente de oxígeno fresco. Mientras que los embriones crecen, deben de existir aberturas de salida de aire que gradualmente se abran para satisfacer la demanda embrionaria creciente de oxígeno.

Debe tenerse presente que a pesar de que este proceso de incubación artificial permite el manejo de las variables de forma muy exacta, el proceso de incubación es algo muy natural, por lo que tener los huevos encerrados en un cuarto no es provechoso para su desarrollo, es muy importante tener aperturas en las paredes del equipo así como mantenerlo en una pieza con suficiente ventilación.

4.7 Capacidad de incubación y ventajas de la incubación artificial.

La capacidad de incubación del equipo es de 210 huevos por cada periodo de incubación.

Las ventajas que presenta la incubación artificial sobre la incubación natural son muy grandes, dado que se pueden criar pollos en la época que se requiera y en la cantidad que la persona lo desee; la producción puede hacerse de manera continua, con poco esfuerzo y con la posibilidad de reducir los costos de producción e incrementando la oferta del producto; se puede eliminar la presencia de enfermedades y plagas que afecten a los polluelos, y permite hacer una selección más eficaz tanto en las aves como en el huevo. En el caso de la producción avícola, puede decirse que mucho de su éxito se debe al uso de incubadoras puesto que son un método industrial excelente para la producción de pollo.

El diseño de una incubadora es en esencia una solución de ingeniería a los parámetros fenomenológicos de temperatura, humedad relativa, recambio de aire y volteo. Mantener el nivel de la temperatura en un nivel estable no es nada sencillo.

Para lograr esta exigencia es necesario un ajuste casi perfecto de todos los sistemas de la incubadora y un trabajo eficiente de los instrumentos de control y de los factores de incubación. Para que se mantenga un nivel óptimo de temperatura en el interior del gabinete de incubación es necesario contar con una interrelación muy estrecha entre los sistemas de humedad, ventilación por un lado y la temperatura por el otro, la temperatura ideal es 37.7°C (100°F)



A continuación se expondrán las ventajas y desventajas que se obtendrán con la utilización del prototipo propuesto comparándolas con equipos de incubación existentes dentro del mercado, aclarando en que a pesar que se cuenta con la tecnología necesaria para mejorarlos no ha sido así y se siguen usando equipos muy ineficientes para el proceso de incubación. Y los que cuentan con la tecnología necesaria son muy costosos. Aquí solo se exponen las desventajas de los equipos de costos más accesibles en el mercado comparándolas con el prototipo propuesto que tendrá un costo similar, lo que sería muy útil para los productores que no cuentan con recursos necesarios para adquirirlo.

VENTAJAS DEL EQUIPO DE INCUBACIÓN PROPUESTO.	DESVENTAJAS DEL EQUIPO DE INCUBACIÓN PROPUESTO.
<p>Sección de ventilación más eficiente en el sistema de incubación dejando pasar aire fresco cuando los días de incubación son más críticos también ayuda a ahorrar energía los primeros días de incubación ya que no requiere tener mucho tiempo prendida la resistencia por el método de recircular el aire caliente.</p>	<p>El prototipo diseñado solo tendrá una capacidad de incubación menor, lo cual trae como consecuencia que grandes productores de aves no se interesen por él, ya que estos se interesan más por equipos que van de los 1000 a los 10000 huevos en una tanda de incubación.</p>
<p>Utilización de una válvula eléctrica dosificadora, capaz de controlar la cantidad exacta de agua en la sección de generación del ambiente de incubación, la cual es de gran importancia en la incrementación o disminución de humedad, porque permite de manera muy exacta el paso de fluido requerido por el sistema, ya sea mayor o en menor porcentaje dependiendo de la etapa del proceso.</p>	<p>Una desventaja que tiene este al igual que otros equipos de incubación es que deben ser colocados dentro de una habitación que cuente con una temperatura ambiente promedio, ni muy baja ni muy alta, en caso de tener una temperatura ambiente muy alta se debe contar con un sistema de aire acondicionado que mantenga la temperatura ambiente debajo del rango de operación del equipo, por el caso contrario de una temperatura ambiente muy baja se debe mantener una temperatura usando un calefactor que mantenga en un rango no muy bajo la temperatura ambiental ya que esto haría fallar mucho el sistema manteniendo temperaturas muy variables y como consecuencia bajo índice de nacimientos.</p>
<p>Sección de nacedero con mayor ventilación utilizando dos ventiladores con resistencia integrada cada uno, encargadas de hacer circular el aire por todo el medio y renovando el aire viciado por aire fresco utilizando unos barrenos en la parte lateral que sirve como respiraderos.</p>	<p>El área de nacedero es muy pequeña y por ende de poca capacidad para el proceso de eclosión del pollo, lo que perjudica si se quiere pasar la misma cantidad de huevo de incubadora a nacedora, una manera que resultaría eficiente en esta parte sería contar con un calendario de incubación y desechando los huevos que sus embriones no tuvieron un buen desarrollo</p>



	utilizando un ovoscopio, siendo de mucha ayuda para poder reducir espacios en el nacedero.
Una ventaja más en nuestro prototipo es que cuenta con sistemas automatizados los cuales son de mucha ayuda en el control de la temperatura, humedad y volteo automático, los cuales por medio de sensores que envían una señal eléctrica al controlador el cual registra y se encarga de mantener los parámetros exactos de temperatura y humedad relativa encendiendo o apagando la resistencia eléctrica del sistema y en el caso de la humedad abriendo o cerrando la electroválvula dosificadora según sea el porcentaje de humedad relativa que solicite el sistema.	En la sección de generación de humedad solo se contara con un deposito que deberá ser revisado periódicamente, ya que no contara con ningún sistema de alarma o llenado eléctrico que lo mantenga con agua, sabiendo que esto es muy perjudicial para las dos etapas del proceso.
El prototipo podrá ser modificado para ser empleado para incubar otras especies, con solo cambiar las condiciones de incubación de la especie que se desee incubar.	
La sección de incubación y nacedero son independientes, con esto se hace más eficiente el proceso de incubación, ya que los niveles de CO ₂ emitidos por embriones ya prontos a eclosionar no afectan a los embriones en desarrollo en la sección de incubación, también se evita que la sección de incubación se sobre caliente por el calor que los embriones más desarrollados comienzan a generar, con todo esto el sistema funciona más correctamente y se tendera a obtener un porcentaje de nacimientos mayor.	

Tabla 4. Ventajas y desventajas del equipo propuesto.



DESVENTAJAS DE OTROS EQUIPOS EXISTENTES DENTRO DEL MERCADO.

Una desventaja muy grande en equipos de incubación ofertados en el mercado es que la sección de incubación y de nacedero se encuentran juntas esto es muy perjudicial en el proceso de incubar aves, una sección de incubación cuando se encuentra invadida por una sección de nacedero es muy afectada, el control de temperatura por muy exacto que sea no podrá mantener un valor exacto en esta sección por que los embriones que se encuentren prontos a nacer empezaran a emitir más calor y mucho más emisiones de CO₂ en el sistema afectando a todos los que se encuentren en el inicio de la incubación por exceso de CO₂ y disminución de O₂ menos viciado.

La mayoría de equipos existentes en el mercado no cuentan con volteo automático, muchos son semi-automáticos lo que no es muy favorable para el proceso.

Otra desventaja más es que no todos los equipos de incubación cuentan con sistemas de control de temperatura automáticos, la temperatura solo la controlan con un sistema de oblea termostato la cual es muy inexacta, lo que no es muy conveniente en el proceso.

La humedad no es controlada solo utilizan una charola que contiene agua la cual es evaporada y mezclada con el aire seco, manteniendo valores de humedad relativa muy variables

Tanto la temperatura como la humedad son medidas con termómetros ambientales en el caso de la temperatura, e higrómetros en el caso de la humedad, con esto se quiere decir que para ser controladas las variables se debe tomar la lectura y proceder a controlarlas mecánicamente lo que causa que no siempre se tengan lecturas exactas.

Tabla 5. Desventajas de equipos existentes dentro del mercado.



CAPÍTULO 5.



CÁLCULOS.

5.1 Grueso óptimo del aislante.

El grueso óptimo del aislante se puede determinar por consideraciones puramente económicas. Si un tubo descubierto fuera a conducir un fluido caliente, habría cierta pérdida de calor por hora cuyo valor podría determinarse del costo de producir los *Btu* en la planta generadora. En el caso del equipo de incubación para nuestro propósito se ahorraría energía y se mantendría más estable la temperatura del ambiente al interior de la incubadora.

A menor pérdida de calor, mayor grueso el aislante y mayor costo inicial, y a mayores cargos fijos anuales (mantenimiento y depreciación), los que deben añadirse a la pérdida anual de calor. Los cargos fijos en el aislante de la tubería serán de cerca de 15 a 20% del costo inicial del aislante instalado.

Suponiendo cierto número de gruesos de aislante y sumando los cargos fijos al valor de la pérdida de calor, se obtendrá un costo mínimo y el grueso correspondiente a él será el grueso óptimo económico del aislante. La forma de este análisis se muestra en la Figura 16.

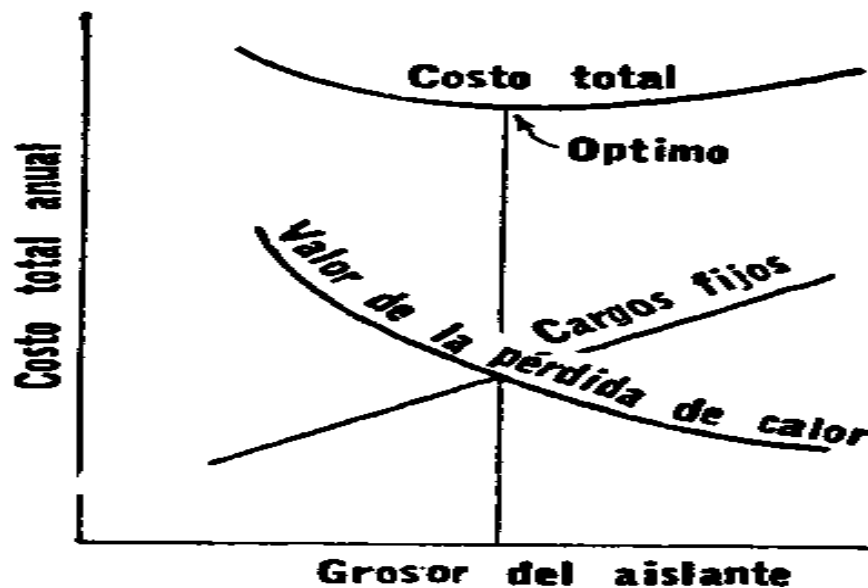


Figura 17. Forma gráfica de interpretar el cálculo para el grueso óptimo del aislante térmico.



5.1.1 Factores a considerar al elegir un aislamiento térmico y su espesor.

- Mínimo flujo de calor a través del aislamiento.
- Propiedad del material aislante (mecánicas, térmicas, físicas, químicas, etc).
- Costo. < de operación, < de capital.
- Seguridad.

5.2 Cálculo del espesor de aislamiento térmico.

Material aislante.

El material aislante utilizado es la espuma de poliuretano, por ser este un material de excelentes propiedades físicas y químicas: gran aislante térmico, impermeable a la humedad, dimensionalmente estable, resistente a la propagación del fuego, larga vida útil y muy liviano.

Material estructural.

La incubadora fue construida en lámina galvanizada calibre 20; su construcción fue realizada como pared tipo sándwich en el cual se tienen las dos caras de la lámina en las partes externas y en el interior el material aislante protegido de la intemperie. Las caras del equipo se soldaron con el fin de darle la mayor resistencia posible y la rigidez requerida en el diseño del equipo.

- Para el cálculo del espesor de aislamiento térmico se realizó el siguiente procedimiento.

Datos conocidos en la operación del equipo.

Temperatura externa $T_{ext} = 22^{\circ}\text{C}$

Temperatura interna $T_{int} = 37^{\circ}\text{C}$

Dimensiones del equipo = 60 X 60 X 48cm.

Área de la cara de mayor tamaño (A) = 60 X 60 = 0.36m²



De acuerdo al montaje que se desea realizar y las condiciones ambientales nombradas tenemos la siguiente figura.

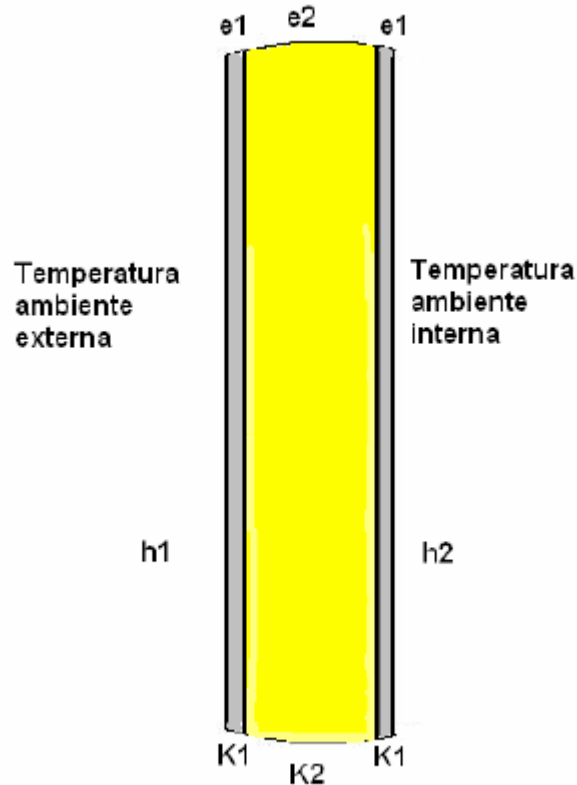


Figura 18. Pared de la incubadora.

- K_1 = Conductividad térmica lámina de acero.
- K_2 = Conductividad térmica espuma de poliuretano.
- h_1 = Coeficiente de convección T_{exterior}
- h_2 = Coeficiente de convección T_{interior}
- e_1 = Espesor de lámina de acero =1mm
- e_2 = Espesor de aislamiento.

La ecuación que relaciona todas estas variables con el calor disipado y el espesor de aislamiento es el siguiente:

$$Q = \frac{T_{\text{int}} - T_{\text{ext}}}{R_{\text{eq}}}$$



Donde:

Q = Calor disipado

R_{eq} = Resistencia equivalente al flujo de energía

En nuestro caso la R_{eq} incluye la resistencia por convección en ambas caras y la resistencia por conducción en las tres paredes.

Por tanto la ecuación se escribe así:

$$Q = \frac{T_{int} - T_{ext}}{\frac{1}{h_1 * A} + \frac{e_1}{k_1 * A} + \frac{e_2}{k_2 * A} + \frac{e_1}{k_1 * A} + \frac{1}{h_2 * A}}$$

Definiendo los valores de las variables, tenemos:

$T_{ext} = 22^\circ\text{C}$

$T_{int} = 37^\circ\text{C}$

h_1 = Coeficiente convección externo = $10\text{w/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$

h_2 = Coeficiente convección interno = $20\text{w/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$

e_1 = Espesor lámina de acero = $1\text{mm} = 0.001\text{m}$

k_1 = Conductividad térmica de acero = 58w/m k

k_2 = Conductividad térmica de espuma de poliuretano = 0.021w/m k

A = Área de una cara lateral = 0.36m^2

Los valores de h_1 y h_2 se han obtenido de los cuadros, para superficies expuestas al aire a baja velocidad. Las conductividades térmicas de los materiales se encuentran en los libros de transferencia de calor.

De acuerdo a estos valores se necesita encontrar el espesor de aislamiento óptimo con el fin de disminuir la pérdida de energía confrontando esto con el precio del aislante.

Sustituyendo valores en la ecuación:

$$Q = \frac{T_{int} - T_{ext}}{\frac{1}{h_1 * A} + \frac{e_1}{k_1 * A} + \frac{e_2}{k_2 * A} + \frac{e_1}{k_1 * A} + \frac{1}{h_2 * A}}$$



Iterando e introduciendo valores de espesor se tiene:

e2 (cm)	e2 (m)	Q (W)
1	0.01	31.5701246
1.5	0.015	22.8734676
2	0.02	17.9333483
3	0.03	12.5237083
3.5	0.035	10.8823622
4	0.04	9.62139126
5	0.05	7.81118238

Tabla 6. Flujo de calor perdido en determinados espesores de aislamiento.

Con los resultados obtenidos en la tabla anterior y teniendo presente el costo del aislante térmico, la mejor opción es utilizar un espesor de aislamiento de 2 cm, la energía disipada en este caso será de 17.9333483 W a través de todas las caras sin considerar los desperfectos por construcción y montaje.

Energía perdida a través de las paredes en condiciones estables es 17.9333483W.



5.3 Cálculo de la humidificación requerida.

Para el diseño del humidificador se deben tener presentes las condiciones ambientales para la Ciudad de México, con el fin de hacer un seguimiento óptimo en las condiciones ambientales al interior del gabinete de incubación.

Esto no implica que el equipo no funcione para cualquier condición climática, simplemente permite hacer un buen estudio de las variables que se analizarán.

Los requerimientos que el humidificador debe cumplir para un diseño exitoso son:

- El humidificador debe aumentar la humedad relativa desde 40% de HR hasta 70% HR en un tiempo no superior a 3 minutos.
- Suministrar la cantidad de agua requerida para mantener la humedad relativa en un rango de 70% - 80% teniendo presente:
 - Consumo de humedad de los huevos.
 - Humedad perdida al abrir las puertas.

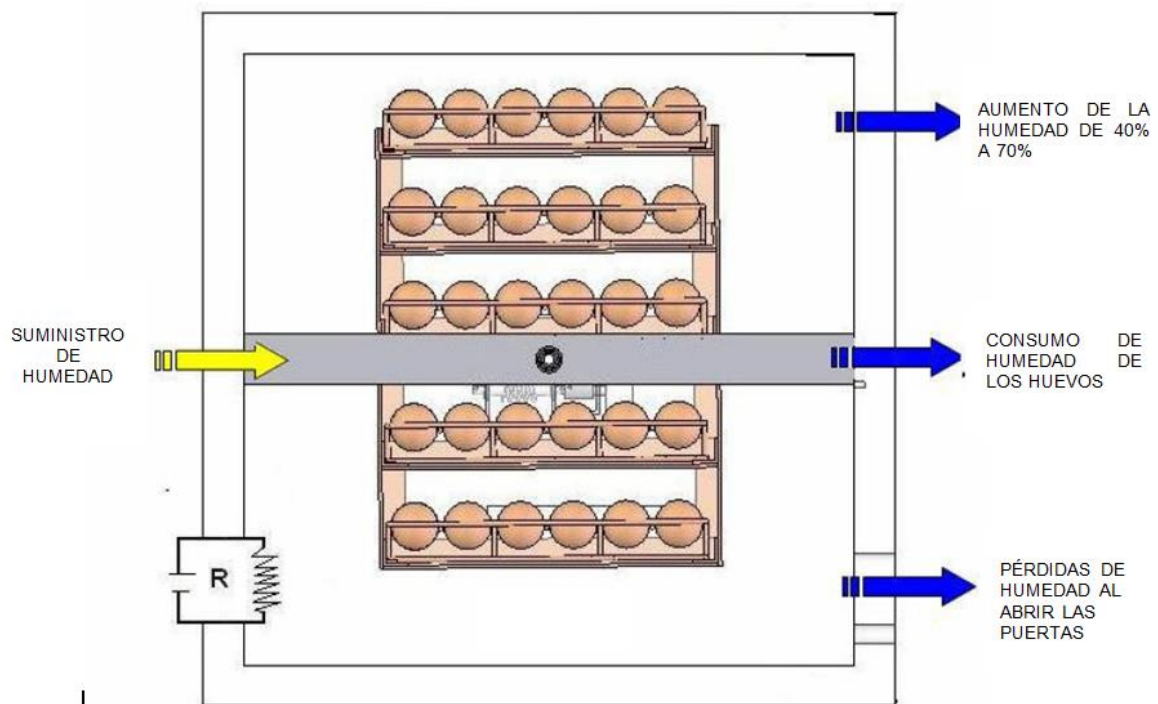


Figura 19. Humedad requerida por el proceso.



Para calcular cada uno de los parámetros anteriormente mostrados, primero se mostraran las condiciones ambientales para la Ciudad de México.

➤ **Características del medio ambiente en la Ciudad de México.**

Presión atmosférica = 760 mmHg = 1 atm

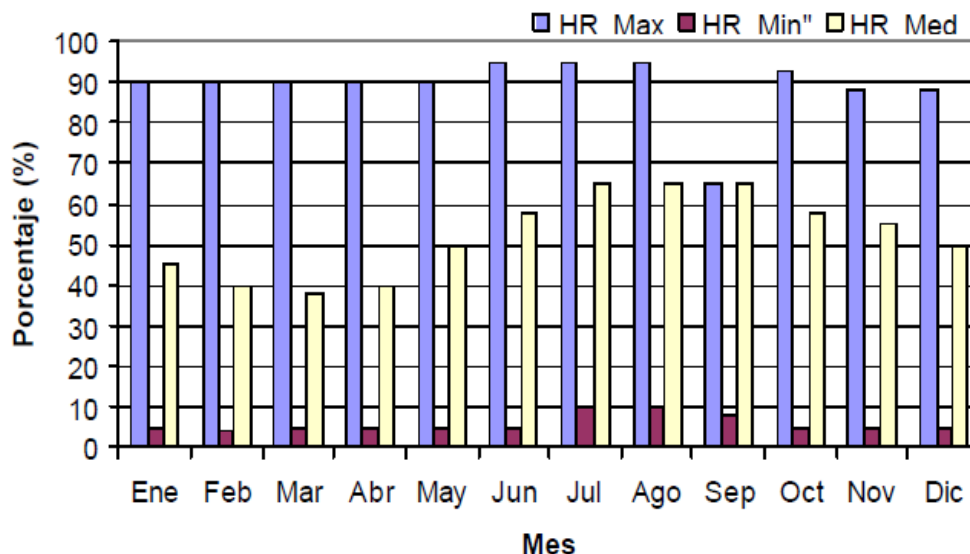
Humedad relativa = 60% HR en temporadas lluviosas y 40% HR en temporadas calurosas.

Temperatura ambiente = 20°C

Humedad relativa.

La etapa de mayor humedad se enmarca dentro de la temperatura de lluvias; los promedios mensuales de humedad relativa muestran una diferencia aproximada de 41% entre el mes más húmedo (septiembre) y el mes más seco (marzo), lo cual pone de manifiesto la naturaleza de las masas de aire que afectan la región centro del país y al Valle de México, de tipo marítimo tropical con alto contenido de humedad en la época de verano y de tipo continental en la época de invierno y primavera.

A continuación, en la gráfica 1. Se muestra el comportamiento mensual de la humedad relativa tomado de la página de sma.df.gob.mx.

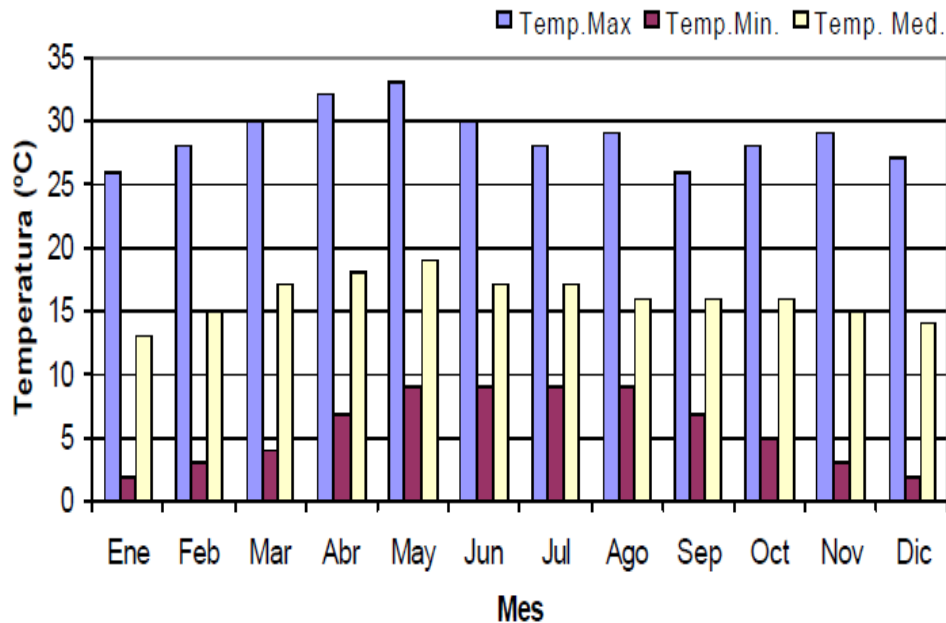


Gráfica 1. Comportamiento de la humedad relativa máxima, mínima y media.



Temperatura.

La temperatura máxima, mínima y promedio, presentan un patrón estacional. Los valores más bajos se registran en la época seca-fría y los más altos en la seca-caliente. En consecuencia los moderados se presentan en la época de lluvias, cuando la cobertura nubosa es significativa y por ello es menor la insolación. La grafica 2 muestra el promedio de la temperatura máxima, media y mínima.



Grafica 2. Promedio de la Temperatura máxima, mínima y promedio mensual.

Condiciones iniciales:

Humedad relativa promedio = 40%

Temperatura ambiente promedio = 20°C

Condiciones finales:

Humedad relativa = 70%

Temperatura = 37.777 °C ó 100 °F

- **El humidificador debe aumentar la humedad relativa desde 40% de HR hasta 70% HR en un tiempo no superior a 3 minutos al comienzo del periodo de incubación.**



A continuación se analizan los estados termodinámicos importantes para el análisis del proceso de incubación.

El proceso inicia con el aire húmedo a condiciones ambientales (ver condiciones para la Ciudad de México y Valle de México), aquí se inicia el calentamiento del aire por medio de la resistencia hasta alcanzar la temperatura deseada que es de 37.777°C y la humedad relativa disminuye hasta 40% debido al aumento de temperatura.

Para este estado tenemos:

$T = 37.777^{\circ}\text{C}$ Temperatura

$\varphi = \text{HR} = 40\%$ Humedad Relativa

Pv^* Saturación a $37.777^{\circ}\text{C} = 47.067 \text{ mmHg}$

Humedad relativa o saturación relativa. Es el cociente entre la presión parcial del vapor y la tensión de vapor a la misma temperatura.

$$\varphi = \frac{Pv}{Pv^*}$$

La presión parcial del vapor de agua será:

$$Pv = \varphi * Pv^* = 0.4 * 47.067 \text{ mmHg} = 18.8268 \text{ mmHg}$$

Con estos datos podemos calcular la masa de agua, presente en el aire de la incubadora, es importante aclarar que volumen de aire = volumen de vapor de agua = volumen de la incubadora (Ley de Dalton), empleando la ecuación del gas ideal se obtiene:

$$P * V = n * R * T$$

Datos:

- $V = \text{Volumen del interior del gabinete} = 0.1728 \text{ m}^3$

$$V = 0.1728 \text{ m}^3 * \left(\frac{10^2 \text{ l}}{1 \text{ m}^3} \right) = 172.8 \text{ l}$$

- $R = \text{Constante de los gases} = 0.08206 \text{ l} \cdot \text{atm} / \text{mol} \cdot ^{\circ}\text{K}$
- $T = \text{Temperatura al interior} = 37.7777^{\circ}\text{C} = 310.9277^{\circ}\text{K}$
- $P = \text{Presión} = 18.8268 \text{ mmHg} = 0.02477 \text{ atm}$



$$n = \frac{P * V}{R * T} = \frac{0.02477 \text{ atm} * 172.8 \text{ l}}{0.08206 \frac{\text{ atm l}}{\text{ mol } ^\circ\text{ K}} * 310.9277^\circ\text{ K}} = 0.16776 \text{ mol de H}_2\text{O}$$

$$0.16776 \text{ mol de H}_2\text{O} \left(\frac{18 \text{ g de H}_2\text{O}}{\text{ mol de H}_2\text{O}} \right) = 3.0196 \text{ g de H}_2\text{O}$$

De acuerdo a esto la masa de agua es de 3.0196g de H₂O o 3.0196 ml de H₂O.
En este estado humidificamos hasta alcanzar un porcentaje de humedad de 70% y manteniendo la misma temperatura:

- T = 37.777°C Temperatura
- φ = HR = 70% Humedad Relativa
- P_v^{*} Saturación a 37.777°C = 47.067mmHg

Empleando la ecuación de Humedad Relativa

$$\varphi = \frac{P_v}{P_v^*}$$

$$P_v = \varphi * P_v^* = 0.7 * 47.067 \text{ mmHg} = 32.9469 \text{ mmHg}$$

Con estos datos podemos calcular la masa de agua presente en el aire de la incubadora, con la ecuación del gas ideal:

$$P * V = n * R * T$$

Sustituyendo valores nos queda:

$$n = \frac{P * V}{R * T} = \frac{0.04335 \text{ atm} * 172.8 \text{ l}}{0.08206 \frac{\text{ atm l}}{\text{ mol } ^\circ\text{ K}} * 310.9277^\circ\text{ K}} = 0.2936 \text{ mol de H}_2\text{O}$$

$$0.2936 \text{ mol de H}_2\text{O} \left(\frac{18 \text{ g de H}_2\text{O}}{\text{ mol de H}_2\text{O}} \right) = 5.2846 \text{ g de H}_2\text{O}$$

De acuerdo a esto la masa de agua es de 5.2846g de H₂O o 5.2846 ml de H₂O.

En los últimos tres días de incubación, la temperatura en las nacedoras generalmente son un poco más bajas alrededor de los 98°F (36.666°C), para reducir el riesgo de sobre-calentamiento; la humedad dentro de la nacedora se



debe mantener en 80%, para ablandar la cascara del huevo y el pollo la pueda romper con facilidad, luego:

- $T = 36.666\text{ }^{\circ}\text{C}$ Temperatura en la nacedora
- $\phi = \text{HR} = 80\%$ Humedad Relativa en la nacedora
- Pv^* Saturación a $36.666^{\circ}\text{C} = 44.563\text{ mmHg}$

$$Pv = \phi * Pv^* = 0.8 * 44.563\text{mmHg} = 35.6504\text{mmHg}$$

Procedemos a calcular la masa de agua presente en el aire de la nacedora, ecuación del gas ideal.

$$P * V = n * R * T$$

Datos:

- $V = \text{Volumen de la sección de nacedero} = 0.0576\text{m}^3$

$$V = 0.0576\text{m}^3 \left(\frac{10^3\text{l}}{1\text{m}^3} \right) = 57.6\text{l}$$

- $R = \text{Constante de los gases ideales} = 0.08206\text{atm}\cdot\text{l}/\text{mol}\cdot\text{k}$
- $T = \text{Temperatura en la sección de nacedero } 36.666^{\circ}\text{C} = 309.816^{\circ}\text{k}$
- $P = \text{Presión} = 35.6504\text{mmHg} = 0.04691\text{atm}$

Sustituyendo valores en la ecuación de los gases ideales se obtiene:

$$n = \frac{P * V}{R * T} = \frac{0.04691\text{atm} * 57.6\text{l}}{0.08206 \frac{\text{atm l}}{\text{mol}^{\circ}\text{k}} * 309.816^{\circ}\text{k}} = 0.106280\text{mol de H}_2\text{O}$$

$$0.106280\text{ mol de H}_2\text{O} \left(\frac{18\text{g de H}_2\text{O}}{\text{mol de H}_2\text{O}} \right) = 1.9130\text{g de H}_2\text{O}$$

De acuerdo a esto la masa de agua que se tiene para la sección de nacedero es 1.9130g de H₂O o 1.9139 ml de H₂O.



5.4 Análisis de los resultados obtenidos.

Teniendo presente los resultados obtenidos anteriormente se puede apreciar que el aporte necesario de agua para aumentar la humedad relativa hasta los valores requeridos de 65-70% en la sección de incubadora es de 5.2846 ml y en la sección de nacedero con 80%, es de 1.9139 ml.

A continuación se calcula el consumo de agua por los siguientes factores:

- Consumo de humedad en los huevos.

Para calcular el consumo de agua de los huevos durante su desarrollo embrionario, se procede obteniendo la diferencia entre el porcentaje de agua del peso final de los polluelos y el porcentaje de agua del peso inicial de los huevos, resumiéndose así:

Característica	Peso total	Porcentaje de agua	Peso de agua
Huevo fresco	70 g	65%	45.5 g
Pollito recién nacido	60 g	85%	51 g
Restos saco vitelino	45 g	75%	34 g
Restos cascara	42 g	45%	19 g

Total de agua absorbida durante incubación = 59g = 59ml

Tabla 7. Cantidad de agua requerida por huevo.

Características	Cantidad de agua
Agua absorbida por huevo	59 ml
Agua absorbida total de huevos	12390 ml
Agua absorbida por todos los huevos en un día	590 ml
Caudal de agua requerido	0.4 ml/min

Tabla 8. Cantidad de agua requerida por minuto.

El caudal de agua requerida por los huevos es de 0.4 ml/min.



- Humedad pérdida al abrir las puertas.

Para el análisis de la humedad pérdida al abrir las puertas, es importante tener presente lo siguiente:

- Cuando las puertas son abiertas la temperatura rápidamente disminuye, la humedad relativa disminuye pero paulatinamente hasta llegar al equilibrio con el aire atmosférico; además como la humedad para la Ciudad de México no es muy baja el cambio no es muy serio.
- En el momento de cerrar las puertas y nuevamente alcanzar la temperatura y humedad de operación del equipo, el aire seco caliente debe ser humidificado, por lo tanto el aporte disponible de agua debe ser el mismo que el calculado inicialmente para aumentar la humedad de 40% al 70% requerido en el sistema.

Por lo tanto, el caudal requerido es de 1 ml/min.

El caudal mínimo requerido se obtiene así:

Descripción	Cantidad	Unidades
Aumentar la humedad en la sección de incubadora	5.2846	ml
Consumo de los huevos	0.4	ml
Perdidas al abrir las puertas	1	ml
<i>Caudal total</i>	6.68	ml

Tabla 9. Caudal de agua requerido para la sección de incubadora.

El caudal total de agua debe ser de 6.68 ml/min.



5.5 Dimensiones del depósito de agua.

Para el dimensionamiento del depósito de agua definimos como el tiempo de autonomía del equipo 2 días, tiempo durante el cual el equipo puede funcionar sin atención del avicultor.

Volumen de agua requerida por el equipo.	$V = Q * t$	Q = Caudal de agua. t = tiempo de autonomía.	Q = 6.68 ml/min t = 48 horas 2880min	V = 19238.4ml
---	-------------	---	--	----------------------

Tabla 10. Volumen del depósito de agua en la incubadora.

El resultado que se obtiene es el equivalente a utilizar un recipiente de 20 litros para emplearlo como depósito de agua.

Selección de la electroválvula.

La electroválvula utilizada es de uso general en diversos electrodomésticos o equipos de propósito general tales como lavadoras, saunas, jacuzzi u otros equipos de esa gama.

La válvula es de accionamiento ON/OFF, solo dos posiciones se permiten, abierto o cerrado.

Para la selección de la válvula es importante tener el caudal de agua calculado anteriormente 6.68 ml/min; ya que la válvula que seleccionaremos deberá tener un caudal mayor.

Las características de estas válvulas son:

- Fuente de voltaje: corriente alterna 110V.
- Potencia de consumo: 12W.
- Caudal de agua: 7 Lt /min.

Selección del dosificador de agua.

El dosificador de agua es un gotero, el cual permite variar el paso de flujo que se desea descargar hacia el humidificador; el gotero debe calibrarse antes de ponerse en operación el equipo, ya que el sistema de control solo se encargara de prender y apagar la válvula dependiendo de las necesidades del sistema.



De acuerdo a los cálculos mostrados anteriormente el caudal de agua permitido por la electroválvula, es de 7 Lt/min, pero el sistema solo requiere 6.68 ml/min, por lo tanto el gotero debe ser calibrado para permitir este caudal de agua y satisfacer el requerimiento impuesto por el sistema.

5.6 Diseño del calentador.

Para el diseño del calentador se deben tener presentes todas las necesidades energéticas del equipo en operación, así como las pérdidas inmersas en el proceso.

Dichas necesidades energéticas son las siguientes:

- Calentar el aire al interior de la incubadora desde la temperatura ambiente que oscila en los 20°C hasta la temperatura óptima de incubación de 37.777°C en un tiempo aproximado de 40 minutos.
- Suministrar la energía requerida por cada huevo para su desarrollo embrionario.
- Restaurar la energía perdida durante el proceso,
 - Energía perdida a través de las paredes
 - Energía perdida por humidificación
 - Energía perdida cuando se abren las puertas

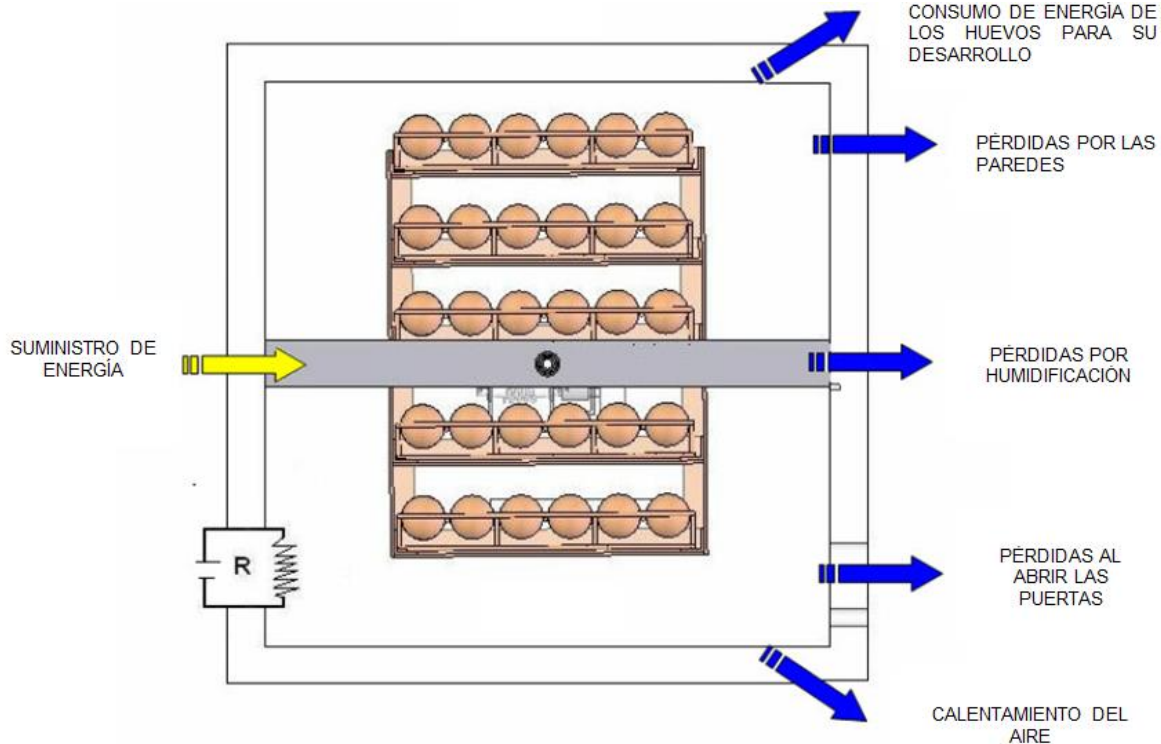


Figura 20. Energía requerida por el proceso de incubación.

A continuación se procederá a calcular cada uno de los factores de carga térmica descritos anteriormente.

5.7 Cálculo de la energía requerida para calentar el aire de la incubadora.

Las dimensiones del gabinete son 60 cm X 60 cm X 48 cm

Volumen = 60 cm X 60 cm X 48 cm = 172.800 cm³ de aire en el interior.

Densidad del aire = 1kg/m³

Masa total del aire = 0.1728 kg de aire en el gabinete de incubación.

La temperatura inicial del aire se asume como $T_1 = 16^\circ\text{C}$, aunque normalmente la temperatura ambiente en la zona del Distrito Federal oscila en los 21-22°C pero para efectos de cálculo se toma este valor.

La temperatura final ya está establecida como $T_2 = 37^\circ\text{C}$.

Haciendo un balance de energía al interior del gabinete:

$$Q = m * (T_2 - T_1) * C_v$$

El calor específico a volumen constante para el aire es de $C_v = 0.718 \text{KJ/Kg}^\circ\text{K}$



Reemplazando los valores se tiene $Q = 2730 \text{ J}$ esta es la energía total que debe suministrarse para lograr condiciones estables.

Además de acuerdo con la operación del equipo y el propósito para el cual se destina, el calentamiento no debe ser tan brusco, ya que el choque térmico sobre los huevos puede dañarlos, razón por la cual el tiempo total de calentamiento debe ser alrededor de una hora.

Para los cálculos se toma este tiempo de 4 minutos, con el objetivo de tener cierto rango de confianza sobre los cálculos realizados.

Tiempo total = 240 s

Energía total = 2730 J

Potencia a disipar = $(2730 \text{ J}/240 \text{ s}) = 12 \text{ w}$ en el estado transitorio.

5.8 Cálculo de la energía requerida por los Huevos.

Para el cálculo de la energía requerida por los huevos para el desarrollo del embrión, se realiza un balance de energía, por medio de la primera ley de la termodinámica.

$$Q = m * (T2 - T1) * Cv$$

La masa se toma como el peso total de los huevos dentro del equipo, en total 210, cada uno pesa 70g, para un total de 14.7kg.

La temperatura inicial es de 22°C y la temperatura final es de 37.5°C, después de que se ha llegado al estado estable.

Para el cálculo del Cv (calor específico a volumen constante) del huevo lo aproximamos el Cp (calor específico a presión constante) del agua, de acuerdo a los siguientes datos.

La cáscara del huevo cuya masa es aproximadamente el 11% del total del peso del huevo, su porcentaje de agua es de 5%, para un contenido total de 0.55% de agua; la clara del huevo cuya masa es aproximadamente 58% del peso del huevo, su porcentaje de agua es de 88%, para un contenido total de 51% de agua; la yema de huevo cuya masa es aproximadamente 31% del peso del huevo, su porcentaje de agua es de 68%, para un contenido total de 21% de agua.

De acuerdo a estos datos el porcentaje de agua en un huevo es de 72.55% del peso total del huevo. Lo cual permite aproximar un huevo a las mismas características del agua, solo para efectos de cálculo.

De acuerdo a esto, el $Cv_{\text{huevo}} = Cp_{\text{agua}} 4.18 \text{ KJ/Kg}^\circ\text{C}$



La energía requerida será de 921 KJ de energía.

Además es importante resaltar que el tiempo para que los huevos alcancen la temperatura de 37.5°C debe ser lo suficientemente grande para evitar los efectos nocivos de un cambio brusco de temperatura, por lo tanto el tiempo de establecimiento se acepta de 10-12 horas hasta alcanzar el estado estable.

Potencia requerida = $(921000\text{J}/36000\text{s}) = 25.5\text{w}$.

5.9 Cálculo de la energía de Pérdidas.

El cálculo de la energía de pérdidas se realizara en el orden descrito anteriormente.

- Energía pérdida a través de las paredes.

De acuerdo a la sección anterior, se calculó la energía pérdida a través de las paredes de acuerdo al espesor de aislamiento, tomando estos resultados tenemos:

Energía pérdida por paredes = 17.9333483w

- Energía pérdida por humidificación.

La humidificación se logra por medio de vapor saturado producido del cambio de fase de pequeñas gotas de agua que caen sobre la resistencia eléctrica, luego existe un aporte de energía para lograr cambiar de fase el agua, el cual debe ser calculado.

El agua se encuentra en el depósito a una temperatura de 25°C y para cambiar de fase debe llegar a 100°C a presión atmosférica.

De acuerdo a las pruebas de humidificación cuyos resultados se muestran en los anexos y a los cálculos realizados para el diseño del humidificador, el aporte de agua es de 5ml cada 90s; la energía requerida para el cambio de fase se calcula como:

$$Q = m * \Delta h$$

Donde:

m= masa de 5ml de agua = 5g de agua.

$\Delta h = h_2 - h_1 =$ cambio de la entalpía del agua = 2258 KJ/Kg

$h_1 =$ entalpía del agua a 18°C y una atmósfera de presión = 417 KJ/Kg

$h_2 =$ entalpía del agua a 100°C y una atmósfera de presión = 2675 KJ/Kg



$$Q = (2258 \text{ KJ/Kg} * 0.005 \text{ kg}) = 1129 \text{ J}$$

La potencia requerida es de $(1129 \text{ J}/90 \text{ s}) = 13 \text{ w}$

5.10 Cálculo de la energía de Pérdidas cuando se abren las puertas.

Para el cálculo de la energía pérdida cuando las puertas del equipo se abrían, fue necesaria la experimentación con el objetivo de lograr datos más confiables.

Durante una de las pruebas de calentamiento hechas en el prototipo, la temperatura y la humedad relativa se mantenían en un estado estable a 37.8°C como valor de referencia para la temperatura y 65% para la humedad. En este punto se desconectó la resistencia y las dos puertas fueron abiertas completamente, los datos obtenidos son:

- El tiempo transcurrido para que la temperatura disminuyera desde el punto de referencia 37.8°C hasta 30°C fue de 50 - 60s en promedio para las mediciones.
- El tiempo transcurrido para que la temperatura disminuyera desde los 30°C hasta la temperatura ambiente 18°C fue de 1.4 - 1.5 minutos en promedio para las mediciones.

De acuerdo a esto la energía que debe el sistema reponer, se calcula como:

Energía total pérdida en la incubadora hasta el establecimiento de la temperatura con la atmosférica = 2730 J

El tiempo para que esto ocurriera fue de 50 s, la energía a disipar por la resistencia durante ese periodo, es

Tiempo total = 50 s

Energía total = 2730 J

Potencia a disipar = 54w

Potencia pérdida cuando se abren las puertas es de $(2730 \text{ J}/50 \text{ s}) = 54 \text{ w}$



5.11 Selección de la resistencia eléctrica.

La resistencia eléctrica como fuente de energía para el calentamiento de un equipo de incubación, suministra la energía en forma de calor al sistema de acuerdo a la corriente que a través de ella está circulando, con el fin de mantener la temperatura en el valor deseado.

De acuerdo a esto, la resistencia eléctrica a utilizar debe poder disipar la potencia total requerida por el equipo, calculada anteriormente; esta potencia es:

Características	Potencia en Watts
Potencia requerida para calentar el aire de la incubadora	12
Potencia requerida por los huevos	26
Potencia perdida a través de las paredes	20
Potencia perdida por humidificación	13
Potencia perdida cuando se abren las puertas	54
Potencia total requerida	125

Tabla11. Energía requerida en el proceso.

Luego, la resistencia seleccionada es de una potencia de 200 W.

5.12 Selección del ventilador.

El ventilador al igual que la resistencia es un elemento indispensable para el calentamiento del aire al interior del equipo, ya que este renueva las capas de aire adyacentes a la resistencia, evitando el calentamiento excesivo de la misma y su posible daño. Además permite que el aire confinado en el equipo se caliente de forma uniforme evitando puntos fríos.

El ventilador en su operación normal envía aire hacia adelante, succionándolo de la parte posterior, el aire de salida del ventilador fluye a través de la resistencia, calentándose y distribuyéndose a través de todo el equipo.

Los requerimientos para la selección del ventilador para esta aplicación son:

- El caudal del ventilador debe mover el volumen total de aire de la incubadora por lo menos 10 veces en una hora.
- La velocidad del aire de salida del ventilador debe ser baja evitando que este actúe como un soplador, ya que movería las capas de aire a alta velocidad, generando un gran coeficiente de convención y fuerte turbulencia al interior de la incubadora.



Para la selección del ventilador se calcula el caudal de aire requerido

$$Q = N * \frac{V}{t}$$

Q= caudal requerido en m³/s

N= número de veces que el aire del equipo debe ser movido= 20

V= volumen de aire incubadora = 60 cm X 60 cm X 48 cm = 0.1728m³

t= tiempo de trabajo del ventilador = 1 hora

Realizando los cálculos:

El caudal requerido de aire es de 3.456 m³/hr

Dentro de la gama de ventiladores se escogió un ventilador para PC, modelo de 80 X 80 X 25.

Las pérdidas por presión se calculan de acuerdo a la geometría del calentador, donde la cabeza de perdidas, es:

$$P = \rho * g * h$$

ρ = 1 kg/m³ Densidad del aire

g = 9.81 m/s² Gravedad

h = 15 cm Longitud del calentador

Luego, las pérdidas por presión son

$$P = 1.4715 \text{ kg/cm}^2$$

Este ventilador para estas pérdidas de presión tiene una capacidad de flujo de 7 l/s o 25 m³/hr, por lo tanto el ventilador debe temporizarse ya que el flujo de aire es demasiado alto para esta aplicación.

Características del ventilador:

Q = 7 l/s = 25 m³/hr

Velocidad = 2400 rpm

Voltaje = 12 volts

Dimensiones = 8 cm X 8 cm X 2.5 cm

Para estas características la velocidad del aire a la salida del ventilador es 1.20 m/s.



CONCLUSIONES.

Se exponen las conclusiones de la propuesta desarrollada en la tesis, como solución al diseño y construcción de un prototipo de incubación artificial del huevo de gallina.

El diseño del prototipo para el sistema de incubación avícola artificial, consiste en un aparato que garantice el funcionamiento de los sistemas que proporcionan la función práctica, al mantener los parámetros apropiados que demanda el desarrollo embrionario del huevo de gallina lo más automáticamente posible, y que esté dotado de las características que establezcan una relación de uso (funcionamiento y manejo) de manera que genere una interacción práctica, cómoda y agradable entre el usuario – aparato y así mismo amigable entre aparato- entorno.

La propuesta de diseño seleccionado para desarrollar en este trabajo es la de un prototipo que realice la función de incubación y la de nacimientos de pollos en secciones independientes, con capacidad de 210 huevos de gallina en 3 niveles de charolas para la incubación y 1 bandeja para el nacimiento o sección de nacedero; un sistema que genere simultáneamente para ambos espacios el flujo y regule automáticamente la generación del fluido de acuerdo a los parámetros aptos para el desarrollo embrionario de cada etapa, un sistema mecánico para el giro alterno de 45° a la izquierda y 45° a la derecha en periodos de tiempo de 3 horas para cada lado y un sistema digital para la programación del gabinete de incubación.

Se concluyó que para mantener homogéneas las características del fluido en el espacio en contacto con los huevos se requiere de un flujo laminar estable, que se logra a través de la reducción de conductos y al evitar choques con cualquier elemento durante la trayectoria.

Mediante un balance de masa y energía se determinó que las características del sistema para regular automáticamente los parámetros de temperatura y humedad demandados por la gestación, es a través de un depósito de agua y sensores de temperatura y humedad controlados por un sistema electrónico.

Las expectativas del diseño del prototipo de incubación son planear la manufactura nacional del equipo y contribuir a la producción avícola en México, por lo cual las etapas subsecuentes consisten en el desarrollo del proyecto de comercialización a nivel nacional.



ANEXO A.- Glosario.

AC: Corriente Alterna

DC: Corriente Directa

DISPOSITIVO: Mecanismo automático para uso en la Industria

CLUECA: Estado de la gallina y de otras aves cuando se echan en los huevos para empollarlos.

ESPUMA DE POLIURETANO: Conjunto de dos componentes líquidos, poliol e isocianato, que reaccionan químicamente sobre una superficie a aislar, donde rápidamente se expanden y endurecen.

HUMEDAD RELATIVA: Es la humedad que contiene una masa de aire, en relación con la máxima humedad absoluta que podría admitir sin producirse condensación, conservando las mismas condiciones de temperatura y presión atmosférica.

SENSOR: Dispositivo que detecta algunas cantidades externas. Los sensores convierten la cantidad física en otra, estos producen señales eléctricas relacionadas a la cantidad detectada.

OVOSCOPIA: Técnica de diagnosis embrionaria, no siendo necesaria la rotura del huevo, pudiéndose observar el estado del embrión fecundado y su desarrollo, por medio de una fuente de luz proyectada sobre el huevo.

PSICROMETRÍA: Es el estudio detallado de las propiedades de la mezcla de aire seco y vapor de agua, es decir estudia el contenido de humedad que existe en el aire involucrando las propiedades termodinámicas del aire húmedo, y el efecto de la humedad atmosférica sobre los materiales y el confort humano.



ANEXO B.- Propiedades físicas y químicas de la espuma de poliuretano.

Características generales.

Estado físico: Líquido viscoso que forma espuma al ser liberado de su contenedor

Color: Amarillo

Olor: Leve olor a hidrocarburo mientras cura

Características fisicoquímicas.

PH: No aplicable al ser un producto base solventes

Punto de inflamación: -104°C

Punto de ebullición:

Los componentes volátiles tienen puntos de ebullición entre -33°C a -11.7°C . Otros componentes ebulen a temperaturas mayores a 93.3°C

Peligros de fuego o explosión: Este producto es inflamable.

Presión de vapor a 20°C : contenedor bajo presión tiene presión de vapor mayor a 50 psig/345 KPa. Una vez liberado del contenedor la presión es muy baja y no determinada.

Densidad (20°C): 1.1g/ml

Solubilidad en agua y otros solventes:

En agua: Insoluble. Reacciona lentamente con agua en el proceso de curado liberando trazas de CO_2 .



ANEXO C.- Sensores.

Un sensor es un dispositivo que detecta manifestaciones de cualidades o fenómenos físicos o químicos, llamadas variables de instrumentación, como la temperatura, la intensidad luminosa, la distancia, la aceleración, la inclinación, el desplazamiento, la presión, la fuerza, la torsión, la humedad, el pH, etc. Y convierte estos fenómenos físicos o químicos en un cambio de alguna de las siguientes variables, por ejemplo: resistencia eléctrica (como una RTD), capacidad eléctrica (como un sensor de humedad), tensión eléctrica (como un termopar), corriente eléctrica (como un fototransistor), etc. La diferencia de un sensor respecto a un transductor, es que el sensor está siempre en contacto con la variable a medir o a controlar. Recordando que la señal que nos entrega el sensor no solo sirve para medir la variable, sino también para convertirla mediante circuitos electrónicos en una señal estándar (4 a 20mA, o 1 a 5VDC) para tener una relación lineal con los cambios de la variable censada dentro de un rango (span), para fines de control de dicha variable en proceso.

Puede decirse también que es un dispositivo que aprovecha una de sus propiedades con el fin de adaptar la señal que mide para que la pueda interpretar otro dispositivo. Como por ejemplo el termómetro de mercurio que aprovecha la propiedad que posee el mercurio para dilatarse o contraerse por la acción de la temperatura.

Un sensor también puede decirse que es un dispositivo que convierte una forma de energía en otra. Áreas de aplicación de los sensores: industria automotriz, industria aeroespacial, medicina, industria de manufactura, de robótica, etc.

Sensibilidad de un sensor. Es una cualidad del sensor que nos indica que tanto cambia su salida cuando la variable censada cambia. Muchos de los sensores son eléctricos o electrónicos, aunque existen otros tipos. Un sensor es un tipo de transductor que transforma la magnitud que se requiere medir o controlar, en otra que facilita su medida. Pueden ser de indicación directa (e.g. un termómetro de mercurio) o pueden estar conectados a un indicador (posiblemente a través de un convertidor analógico a digital, un computador y un display) de modo que los valores detectados puedan ser leídos por una persona.

Junto con los sensores electrónicos, uno de los más importantes debido a sus campos de aplicación están los sensores químicos. Estos se han utilizado con éxito en el medio ambiente, la medicina, los procesos industriales, etc.



SENSORES DE TEMPERATURA.

La temperatura es un estado relativo del ambiente, de un fluido o de un material referido a un valor patrón definido por el hombre, un valor comparativo de uno de los estados de la materia. Por otra parte, se puede definir los efectos que los cambios de temperatura producen sobre la materia, tales como los aumentos o disminución de la velocidad de las moléculas de ella, con consecuencia palpable, tales como el aumento o disminución del volumen de esa porción de materia o posibles cambios de estado.

Existen dos escalas de temperatura o dos formas de expresar el estado relativo de la materia, estas son:

- Temperaturas absolutas
- Temperaturas relativas

Las escalas absolutas expresan la temperatura de tal forma que su valor cero, es equivalente al estado ideal de las moléculas de esa porción de materia en estado estático o con energía cinética nula.

Las escalas relativas, son aquellas que se refieren a valores preestablecidos o patrones en base los cuales fue establecida una escala de uso común.

TIPOS DE INSTRUMENTOS PARA MEDICIÓN DE TEMPERATURA.

Los diferentes tipos de instrumentos que son usados para la medición de la temperatura son básicamente los siguientes:

- Termómetro de vidrio.
- Termómetro bimetálico.
- Termopares.
- Termo resistencia (RTD).
- Pirómetro de radiación.

SENSOR DE HUMEDAD.

Podría decirse que la humedad juega un rol en todos los procesos industriales. El solo hecho de que la atmósfera contiene humedad hace que, por lo menos, se estudie su efecto en el almacenamiento y la operación de los distintos productos y dispositivos.

El alcance que la influencia de la humedad podría tener en cualquier proceso industrial puede variar pero es esencial que al menos sea monitoreada, y en muchos casos controlada. Se puede decir que la humedad es una propiedad más



difícil de definir y medir que sus parámetros asociados como pueden ser la presión y temperatura.

La medición de la humedad es un proceso verdaderamente analítico en el cual el sensor debe estar en contacto con el ambiente de proceso a diferencia de los sensores de presión y temperatura que invariablemente se encuentran aislados del proceso por protecciones conductoras del calor o diafragmas respectivamente.

PRECISIÓN EN LA MEDICIÓN DE LA HUMEDAD.

Podemos definir la precisión como la desviación con respecto a un patrón de laboratorio. Esta característica es afectada por los siguientes factores:

- Temperatura y humedad a la que fue calibrado el sensor.
- Dependencia de la calibración con la humedad y la temperatura, muchos sensores son no-lineales y casi todos varían con la temperatura.
- Como afecta al sensor el envejecimiento y la velocidad de envejecimiento.
- Que tan sensitivo es el sensor a los contaminantes.
- Que precisión tiene el estándar usado para construir el sensor y su certificación.

A causa de estas variaciones es de notar que una declaración de una precisión $\pm 1\%$ es poco representativa del desempeño efectivo en el ámbito de operación del sensor.



BIBLIOGRAFÍA:

1. A. Cengel Yunus. Transferencia de calor. 2da. Edición. Ed. Mc Graw Hill Pars. México 2004.
2. Alcalde Moreno Manuel. A. R. Piñero Miguel. Fernández Pereira Constantino. García López Ángel. Navarrete Rubia Benito. Vale Parapar José. Vilches Arenas Luis. Villegas Sánchez Rosario. Problemas resueltos de química para ingeniería. 1ra. Edición. Ed. Thomson. Madrid, España 2005.
3. Avícola Metreco E.I.R.L. Guía de Manejo de la planta incubadora. Distribuidora y Productora Agrícola LTDA.
4. Barrera Gutiérrez Alberto. Diseño y Construcción de una Incubadora Casera para huevo de gallina. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Michoacán, México 2006.
5. Benítez Aveitua Juan Carlos. Llano Rodríguez Erick. Sámano Urquiza Néstor. Yáñez de la Torre Enrique. Control digital para una incubadora Avícola. Universidad del Valle de México.
6. Esquivel del Rio José Alejandro. Análisis de la eficiencia de seis equipos de incubación. México 2000.
7. L. Dawes Chester. Electricidad industrial. 2da. Edición. Tomo I. Ed. Reverte S.A. España 1981.
8. M. Himmelblau David. Balances de Materia y Energía. 4ta. Edición. Ed. Prentice-Hall Hispanoamericana S.A. México 1988.
9. Moreno Negrete Martin. Análisis de Funcionamiento de una planta incubadora ubicada en la ciudad de Lagos de Moreno Jalisco. Identificación de Problemas y Alternativas de Solución. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Guadalajara, México 2005.
10. O Con García Joaquín. Tojo Barreiro Gabriel. Problemas de Ingeniería Química. 1ra. Edición. Tomo I y II. Ed. Aguilar. España 1986.
11. P. Incropera Frank. P. Dewitt David. Fundamentos de Transferencia de Calor. 4ta. Edición. Ed. Prentice Hall Hispanoamericana S.A. México 1996.
12. Pacheco Chavira Jesús Neri. Medición y Control de Procesos Industriales. 1ra. Edición. Ed. Trillas. México 2010.



13. Pallas Areny Ramón. Sensores Acondicionamiento de señal. 4ta. Edición. Ed. Marcombo S.A. México 1994.
14. Pérez Enciso Zulma Kateryna. Análisis y propuesta de un sistema para incubación de Emúes. Universidad Tecnológica de la Mixteca. Oaxaca, México 2003.
15. Q. Kern Donald. Procesos de Transferencia de Calor. 1ra. Edición. Ed. Mc Graw Hill Book Company-inc. México 1965.
16. Rodríguez Martínez Héctor. Propuesta de diseño de automatización para el control de incubadoras de aves. Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica IPN. México 2007.
17. Schneider Reklaitis Daniel. Balances de Materia y Energía. 2da. Edición. Ed. Mc Graw Hill/ Interamericana de México. S.A. de CV. México 1989.