



Universidad Tecnológica de la Mixteca

“Análisis y Propuesta
de un Sistema para Incubación de Emúes”

TESIS

que para obtener el título profesional de
INGENIERA EN DISEÑO

PRESENTA

Zulma Kateryna Pérez Enciso

ASESOR: Dr. Agustín Santiago Alvarado

Huajuapán de León, Oax.

Marzo del 2003



Agradezco

Al *Dr. Agustín Santiago Alvarado*, por la paciencia que tuvo en mi aprendizaje de investigación y redacción científica, así como en su guía para la participación de éste trabajo en el XVII Congreso de Instrumentación, realizado en Octubre del 2002 en Mérida, Yucatán por la SOMI (Sociedad Mexicana de Instrumentación).

A los Catedráticos de ésta institución, que fungieron como sinodales de éste trabajo: *M. Arq. Elizabeth Duarte Beltrán, Dr. Daniel Erasto Santos Reyes, Dr. Agustín Santiago Alvarado y M. C. Víctor Manuel Cruz Martínez.*

A las siguientes personas que con su apoyo en el préstamo de material bibliográfico u orientación en áreas en las que mi conocimiento y experiencia fueran insuficientes, contribuyeron al desarrollo de la investigación: *M. A. E. José Luis Silva Angón, Dr. Agustín Santiago Alvarado, M. Arq. Liliana E. Sánchez Platas, M. C. Víctor Manuel Cruz Martínez, M. C. Hilario Flores Orta y T. M. Rodolfo Palma G.*

A mi madre como principal usuaria que motivara la realización de éste trabajo.

A mi padre por soportar el gasto económico que implicó hasta éste momento mi educación.

A mis hermanos por el apoyo moral que al mantenerse firmes y desarrollándose, me permitieron centrar la atención en éste reto.

Así como a *I. E. Carlos Antonio Chamú Morales* y al *Arq. Erasto S. H.*, por su incondicional amistad y al artista plástico Juan Aurelio por su colaboración con las ilustraciones que dan inicio a cada capítulo de éste trabajo.

DECLARACIÓN

Todo el trabajo realizado y presentado en la presente tesis fue desarrollada por la autora, excepto en las partes en que se hace la debida referencia.

El trabajo fue revisado meticulosamente y aprobado por el Dr. Agustín Santiago Alvarado y por los catedráticos que fungieron como sinodales.

Para cualquier asunto relacionado con el contenido de éste trabajo, comunicarse con la autora a zkenigma@hotmail.com

I.D. Zulma Kateryna Pérez Enciso
Autora

Dr. Agustin Santiago Alvarado
Asesor

RESUMEN

Dada la problemática en el uso, rendimiento y adquisición de aparatos para incubación de emúes; se presenta en éste trabajo el análisis y propuesta de diseño para un sistema de incubación que busca cubrir aspectos de funcionalidad y eficiencia acordes al desarrollo embrionario.

La propuesta de diseño consiste en un aparato que realiza las funciones de incubación y nacimiento en espacios aislados; que mediante tres sistemas procura garantizar el mantenimiento de los parámetros para el correcto desarrollo embrionario, facilitando el uso de lotes de incubación, la incorporación del mismo al criadero y permite la adaptación para incubar otras especies avícolas.

Los sistemas consisten en la generación y distribución homogénea del ambiente de incubación, el giro automático de 180° alterno cada 4 horas y la lógica para el sistema de regulación, programación y control digitalizado. Cada sistema tiene aportaciones no implementadas comercialmente.

INTRODUCCIÓN

Al estudiar la crianza y el sistema de incubación de emúes en trabajo de campo, se detectaron deficiencias en los sistemas de regulación y control de los aparatos comerciales, basadas en el cuidado que el avicultor debe tener al manejarlos y en las condiciones climáticas de la zona en la que se empleen. Con un análisis adicional del rendimiento que ofrecen sus capacidades de incubación, ante las condiciones reales que se presentan en criaderos con baja población de reproductores y los costos de adquisición del equipo, cuya manufactura es extranjera; se detectaron como problemas adicionales el requerir mayor cantidad de aparatos incubadores para aprovechar el rendimiento de un aparato para nacimiento, con lo cual el equipo para incubación demandado por la producción en un periodo de postura regular se encarece.

El objetivo de ésta tesis fue desarrollar un concepto de diseño para el sistema de incubación artificial avícola, enfocado al emú; que realice las acciones que garanticen su funcionamiento y reduzcan la responsabilidad del avicultor en la regulación y control del mismo.

El aparato propuesto quedó planteado mediante tres sistemas que controlan automáticamente el correcto funcionamiento del ambiente de incubación, permiten el giro alterno de 180° cada 4 horas y ofrecen un sistema sencillo para la programación y uso de lotes de incubación por parte del avicultor. La capacidad de incubador y de nacedero son compatibles para ofrecer en espacios aislados, las mejores opciones de rendimiento y la mayor comodidad en el manejo, comparado con los sistemas existentes.

La metodología empleada para desarrollar el sistema se puede resumir en la tabla I.1.

Tabla I.1 Metodología Empleada para el Desarrollo del Sistema Propuesto para Incubar Emúes

| <i>Etapa</i> | <i>Actividad</i> | <i>Resultados</i> |
|-------------------------|---|---|
| <i>Teoría</i> | <ul style="list-style-type: none"> • Investigación documental. • Investigación vía Internet. • Investigación de campo. • Análisis de existencias. | <ul style="list-style-type: none"> • Información de la práctica en la incubación de emúes tanto a nivel nacional como internacional. • Detección de deficiencias en los sistemas comerciales. |
| <i>Práctica</i> | <ul style="list-style-type: none"> • Relación de datos e información teórica. • Comparación de relaciones con fenómenos físicos y mecánicos establecidos. • Análisis de capacidad y rendimiento. • Realización de bocetos. • Uso de métodos para selección de Propuesta. | <ul style="list-style-type: none"> • Definición de las causas problemáticas en la incubación artificial de emúes. • Definición de criterios de diseño para el sistema de incubación artificial avícola. • Definición de las características generales de la propuesta seleccionada. |
| <i>Reflexión</i> | <ul style="list-style-type: none"> • Desarrollar propuestas de sistemas para la regulación y control de parámetros para el desarrollo embrionario. • Evaluar el diseño seleccionado mediante modelos, maquetas y diagramas de flujo para el programa de regulación y control. | <ul style="list-style-type: none"> • Aparato bi-funcional con adaptabilidad a otras especies, en un volumen de 1.2x0.6x1.7 m³. • Sistema para generación y regulación automática del flujo y del fluido de incubación. • Sistema de programación y control digital para el manejo de lotes de incubación. • Sistema mecánico para el giro alterno. |

Los resultados de la tabla I.1, que se desglosan en el trabajo, se pueden emplear para diseñar el circuito electrónico y realizar el prototipo funcional de verificación y evaluación.

La información en éste trabajo establece en el primer capítulo, una evaluación de los requerimientos para la incubación de emúes y la forma como se han cubierto comercialmente, encontrándose deficiencias que se analizan para definir los parámetros del concepto de diseño que cubren la necesidad de la incubación artificial, las capacidades de incubación necesarias para el mejor rendimiento del equipo y la selección de la propuesta desarrollada.

En el segundo capítulo se plantea el concepto para el sistema de generación, regulación y control del ambiente interno y se exponen los resultados de las condiciones físicas en el interior del aparato, considerando parámetros iniciales específicos.

El sistema que determina la interacción usuario-aparato y la propuesta dimensional del aparato, se encuentran desarrollados en el tercer capítulo mediante los movimientos de manejo expresados en láminas ergonómicas, al igual que el desarrollo del concepto para el sistema mecánico, donde se consideran los esfuerzos de trabajo en la estructura para diferentes materiales y la adaptabilidad para incubar otras especies avícolas.

Un cuarto capítulo expone las conclusiones del trabajo y las áreas afines que se requieren desarrollar para continuar el proyecto del rediseño para un sistema de incubación avícola.

Por último, se incluyen los anexos y referencias que sustentan la investigación y los resultados expuestos a lo largo del trabajo.

CONTENIDO

| Capítulo 1.- GENERALIDADES | Página |
|--|---------------|
| 1.1 Incubación Avícola Artificial | 13 |
| 1.2 ¿Por Qué El Emú? | 13 |
| 1.3 Equipo para la Incubación Avícola Artificial existente en el Mercado Vía Internet | 20 |
| 1.4 Parámetros Para la Evaluación de Aparatos Comerciales | 27 |
| 1.5 Concepto de Diseño y Desarrollo de la Configuración Propuesta | 36 |
| 1.6 Conclusiones del Capítulo | 45 |
| Capítulo 2.- ANÁLISIS Y PROPUESTA DEL SISTEMA PARA GENERAR EL AMBIENTE DE INCUBACIÓN | |
| 2.1 Funcionamiento del Sistema de Aire Forzado | 47 |
| 2.2 Características del Fluido y del Flujo de Incubación | 49 |
| 2.3 Control Electrónico, Automático y Digital | 55 |
| 2.5 Conclusiones del Capítulo | 57 |
| Capítulo 3.- INTERACCIÓN USUARIO-APARATO Y PROPUESTA MECÁNICA | |
| 3.1 Aspecto Ergonómico | 59 |
| 3.2 Interacción Usuario-Aparato: Manejo | 63 |
| 3.3 Sistema Mecánico de Giro Propuesto | 67 |
| 3.4 Adaptabilidad para la Incubación Artificial de Otras Especies Avícolas | 76 |
| 3.5 Conclusiones del Capítulo | 79 |
| Capítulo 4.- CONCLUSIONES Y LÍNEAS A FUTURO | |
| 4.1 Conclusión General de la Tesis | 82 |
| 4.2 Áreas Afines al Proyecto que no se Profundizaron en Ésta Tesis | 82 |
| ANEXOS | |
| Anexo 1 Desarrollo y Crecimiento del Embrión Emú | 86 |
| Anexo 2 Introducción a la Mecánica de Fluidos y a la Termodinámica | 88 |
| Anexo 3 Parámetros Guía para el Cálculo del Fluido de Incubación y las Características de su Flujo | 94 |
| Anexo 4 Introducción al Análisis de Estructuras y Resistencia de Materiales | 96 |
| Anexo 5 Mecanismo de Giro en los Sistemas Comerciales | 100 |
| Anexo 6 Características de los Sistemas de Incubación Avícola Encontrados por Internet | 103 |
| Anexo 7 Parámetros Guía para la Incubación de Otras Aves | 106 |
| REFERENCIAS | 107 |
| ÍNDICE DE TABLAS, LISTADOS Y FIGURAS | 109 |



Capítulo 1: GENERALIDADES

La información relacionada a la incubación artificial de emúes se encuentra en la primer y tercera sección de éste capítulo. La segunda sección contiene información básica de qué es un emú y por qué se considera importante el desarrollo de su ganadería. Posteriormente se presenta un análisis de las soluciones comerciales que existen para enfrentar la problemática de la incubación de emúes y la evaluación de las mismas. Por último se plantea el concepto de diseño y la propuesta final, como producto de un análisis de capacidad y rendimiento en relación a la cantidad de parejas ponedoras y a la evaluación de varias propuestas para la solución.

1.1 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 de consumo.

Lo primero que se requiere para una incubación exitosa es contar con 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 le 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 oxígeno mediante la ventilación que mantenga un 21 % de oxígeno en el entorno así como un ángulo y frecuencia de giro apropiado para el desarrollo de las membranas del sistema circulatorio y respiratorio del embrión [1] (ver anexo 1).
- Proporción de humedad que no deshidrate ni deje edemas en el polluelo al nacimiento durante el proceso diario de evaporación que presenta el huevo durante la gestación.
- Protección constante a depredadores, organismos dañinos o vibraciones.

El periodo 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 y el emú. Para el avestruz el riesgo de contaminación es mayor por lo que se exige que sea en espacios aislados [2].

1.2 ¿POR QUÉ EL EMÚ?

Oriunda de Australia el emú (ver figura 1.1), es el ave más grande que existe después del avestruz; resistente y adaptable a todo tipo de clima y terreno, no es agresiva. Al igual que el cocodrilo es de los animales más antiguos aún vivientes y se considera silvestre por no presentar las enfermedades comunes de las especies domésticas, debido al excelente sistema inmunológico que le provee su grasa [3].

Figura 1.1 El Emú

Clase: Ave
Tipo: Rátida corredora
Orden: Estrucioniformes
Suborden: Casuariformes
Género: Dromaius
Familia: Dromaidos
Nombre científico:
Dromaius
Novaehollandiae

Enciclopedia Encarta 2001 de Microsoft, "Emú" y *Handbook of The Birds of The World, 75*, (Primer Curso Propedéutico de Cría y Producción de Avestruz y Emú, Huajuapán de León, Oaxaca, Febrero del 2000).



Pertenece a las rátidas corredoras (aves que no pueden volar), alcanzan los 65 Km/hr en un estallido con zancadas de hasta 2.7m, mide entre 1.50 y 1.70 m y llega a pesar de 45 a más de 60 Kg. Su ciclo de vida promedio es de 30 años, de los cuales, 20 son de vida potencialmente reproductiva que inicia a los 2 o 3 años. Una hembra pone regularmente un huevo cada 3 días, con un promedio de postura por temporada de 30 a 40 huevos. Un macho en ambiente natural, fecundará hasta haber formado un nido con 8 a 12 huevos, posteriormente los empolla durante 51 a 56 días y se hace cargo de los polluelos hasta que alcanzan el año y medio. De manera natural, la capacidad productiva y el logro de polluelos es del 50% de los huevos puestos por la hembra, mientras que de modo artificial, está alrededor del 90%.

Comercialmente se ha denominado el ave 100% aprovechable [4] debido a que:

- Su carne es roja, baja en grasa y colesterol (2% o menos), rica en proteínas, hierro, zinc, vitaminas C y B12, suave, sin nervios ni tendones y de sabor semejante al bovino.
- Cada animal de 1.5 años en adelante, produce de 5 a 6 lt de aceite con propiedades emolientes, alergénicas, antibacterianas, anti-microbianas, anti-inflamatorias y de muy buena absorción; se utiliza en tratamientos artríticos, terapéuticos y cosmetología, mediante productos como champú, jabón, cremas, bloqueadores solares, etc.
- La piel del cuerpo es suave y de fácil teñido; mantiene discreto el cañón de las plumas; es usada en accesorios de alta moda. La piel de las patas es semejante a la de reptil, siendo una alternativa para la conservación de especies en vías de extinción.
- Posee plumas bifurcadas (dos plumas por cañón o poro), usadas al igual que los cascarones y uñas (que como el pico, son muy duras) en decoración, joyería, artesanías y alta moda. Los huevos son verde esmeralda y miden en promedio 13 cm de largo.
- El excremento "no tiene olor" y es un magnífico fertilizante para tierras áridas.

1.2.1 El emú como Ganadería Alternativa

La crianza del emú inició en 1970 en Australia; su impulso y trabajo de investigación se dio principalmente en Estados Unidos; hoy es una próspera empresa en EU, Australia, España, Canadá, Israel, Japón e India y sigue difundiendo [5]. En México existían como muestra de aves exóticas y fue hasta 1996 que se registró el primer criadero a nivel nacional en la ciudad de Huajuapán de León Oaxaca, dando inicio a ésta actividad. A la fecha, la crianza del emú se ha difundido en Huajuapán de León, Juchitán, Tuxtepec, Tlacolula, Mitla, Sto. Domingo Etlá, Xoxo, Santiago Tillo, Sn. Martín Durazos y Nochixtlán Oaxaca; al interior de la República en Chihuahua, Monterrey, Tlaxcala, Querétaro, Puebla, Yucatán, Veracruz, Chiapas y Estado de México, sumando más de 65 criaderos. La mayoría de estos ranchos son pequeños y solo se dedican hasta el momento a mantener pie de cría; en algunos de ellos ya se sacrifican ejemplares, como es el caso del Estado de México y Querétaro [6].

La crianza del emú es práctica y económica debido al estado silvestre, sistema inmunológico, resistencia y adaptabilidad a todo tipo de clima y condiciones de terreno que no sea fangoso. Para conservar éstas cualidades, se cuidan las relaciones genéticas consanguíneas al formar parejas ponedoras en criaderos "pie de cría".

Para criar emúes se requiere básicamente del espacio que les permita ejercitar las piernas y mantener próximo el alimento, el equipo de incubación apropiado para las características de temperatura y humedad que requieren los huevos fecundados y una capacidad de incubación por parte del equipo, acorde a la producción de las ponedoras con que cuente el criadero.

Para el mantenimiento de la población basta asegurar que cada corral cuente con un comedero, agua bajo sombra y que el material del corral no los lastime al frotarse contra él (la malla ciclónica de 2 m de ancho ha funcionado muy bien así como corrales de 4x4 m² mínimos por pareja exclusivamente en periodo de postura [7]). Una sola persona puede encargarse del mantenimiento de 500 emúes [8]; su actividad consiste en mantener los comederos con comida, las tinajas con agua y recoger oportunamente los huevos para que el macho continúe fecundando durante todo el periodo de postura.

El área para la incubación artificial y cuidado inicial de los polluelos (preferentemente alejada de las jaulas de ponedoras) se divide en 3 partes: el área de aseo, la zona de incubadoras y la zona de nacimiento.

Para el área de aseo basta con una pocita de agua con cloro en el acceso, para limpiar la suela de los zapatos y un lavamanos. Si se entra con una bata y cubre-bocas limpios es mejor. Su propósito es disminuir el transporte de agentes patógenos al cuarto de incubación [9].

En la zona de incubadoras se encuentran los aparatos de incubación. En granjas industriales, se sustituyen por cuartos acondicionados para éste fin.

El espacio de nacimiento se compone de los nacederos, una mesa para maniobras de pesado, registro, marcado y determinación del sexo, un estante para aparatos y herramientas auxiliares así como un espacio donde pasan los primeros 2 días para asegurar que su postura es correcta y caminan bien; entonces se trasladan al corral de crecimiento para que a los 3 meses adquieran un tamaño que los dejará fuera del peligro a depredadores, aptos para su crecimiento independiente al aire libre y listos para su venta. Es recomendable aislar el espacio de nacimiento del área de incubación, ya que el manejo con el huevo y el polluelo están en contacto con residuos de cascarones sin embargo, del estudio de campo realizado para éste trabajo y de los análisis de sistemas comerciales bi-funcionales, se encontró que en criaderos cuya zona de incubación y nacimiento están en el mismo cuarto, inclusive en el mismo aparato sin aislante alguno, se han obtenido buenos resultados.

1.2.2 Definición de Parámetros para la Incubación Artificial de Emúes

El primer parámetro es contar con huevos fértiles, sin embargo confirmar la fertilidad de un huevo de emú es difícil por los métodos convencionales dado que el tono oscuro de su cascarón evita claridad en las pruebas de contraluz [10]. Comprobar el porcentaje correcto en la pérdida de peso diaria puede indicar la fertilidad de un huevo. Cuando una pareja ponedora se ha acoplado correctamente, casi el 100% de los huevos que producen son fértiles, el índice de huevos aptos para incubación disminuye en mínimo porcentaje por lastimaduras del cascarón en el momento de la postura; el índice de polluelos que se logran suele disminuir por riesgos de manejo en el periodo de incubación.

De manera natural, mientras el macho incuba los huevos, se genera entre ellos un ambiente con una temperatura y humedad producto del calor de su cuerpo, de las condiciones climáticas del ambiente y de la propia evaporación de los huevos; éste ambiente sumado a las características de la superficie del cascarón y a los cuidados como el giro que les provee el macho con el pico, regulan la respiración, la evaporación y la pérdida de peso en el huevo.

1.2.2.1 Temperatura y Humedad en el Aparato de Incubación

La temperatura y su rango efectivo para el emú se determinaron con mediciones directas en machos incubando. En EU la temperatura usada artificialmente es de 36.1° y 36.4° C (97° y 97.5° F), para nacimientos entre 50 y 52 días; en Nueva Zelanda y Australia es de 35.5° y 35.8° C (96° y 96.5° F), con nacimientos entre 51 y 56 días. El desarrollo del embrión es más rápido a temperaturas altas pudiendo nacer en 47 o 48 días. Con éstas variaciones se establece que el rango de temperatura apto para incubar huevos de emú es de 35.5° a 36.9° C (96° a 98.5° F). La humedad que ha dado buenos resultados en la incubación artificial del emú está entre el 20% y 35% (21° a 24° C o 70° a 75° F en lectura de higrómetro) [11].

Las primeras semanas de incubación los embriones son más sensibles a la temperatura debido a que no generan calor y requieren de éste para transformarse en polluelos; en las últimas semanas el polluelo tiene una mayor demanda de oxígeno para seguir desarrollándose.

El nivel de humedad en el nacedero probablemente no es tan crítico como en el incubador. Se han reportado buenos resultados en nacederos sin charola de agua o con una que genere humedad del 62% (28.88° C u 84° F en higrómetro). La humedad en nacederos para pollería se eleva para prevenir la presencia de polluelos pegados a la parte interna del cascarón. En el emú éste problema no es frecuente debido a que la membrana interna es quebradiza y delgada al secarse, tendiendo a caerse fácilmente [12]. Una temperatura excesivamente alta en el nacedero (especialmente si es agravado por un flujo de aire escaso), puede ocasionar muerte por sobrecalentamiento o sofocado, tanto de los polluelos que no han nacido como de los que ya lo hicieron; es por ello que suele disminuirse 1° F la temperatura en el nacedero. El peligro aumenta mientras más cerca se esté de los límites de temperatura y humedad definidos [13].

De acuerdo a los resultados del estudio en campo realizado para éste trabajo, en la Mixteca y la Ciudad de Oaxaca, se han incubado emúes exitosamente a temperaturas entre 36.1° y 36.4° C y 26% (72° F o 22.2° C en higrómetro) de humedad relativa. Tanto la temperatura como la humedad deben ser establecidas antes de colocar los huevos e iniciar el periodo de incubación. Éste proceso se lleva a cabo manualmente entre los aparatos más comercializados en México para incubar emúes.

En lugares de gran altitud, la temperatura y humedad óptimas para las incubadoras pueden variar debido a que la presión atmosférica es más baja, la evaporación es mayor y la cantidad de oxígeno en el aire es menor. Para establecer los parámetros óptimos; se practica el control de la pérdida de peso, sin embargo se necesita más investigación [14].

Grandes fluctuaciones en la humedad son casi tan dañinas para el embrión como las variaciones en la temperatura. Para un buen índice de nacimientos la pérdida de peso debe mantenerse en un índice regular mediante una temperatura y humedad constantes. Si la pérdida de peso registrada entre varias mediciones en un mismo huevo se mantiene constante, es sinónimo de que las condiciones de incubación se han mantenido estables [15].

1.2.2.2 Ventilación en el Interior del Aparato y Giro Alterno

El sistema de ventilación en la incubadora es el encargado de suministrar el oxígeno, regular y homogenizar los factores de temperatura y humedad que generan el ambiente interno de incubación. El giro contribuye además al mejor aprovechamiento del oxígeno en toda la superficie del cascarón. Ambos se reflejan en polluelos mejor desarrollados y mayores índices de productividad.

A pesar de que en la incubadora halla una circulación de aire caliente en toda el área, un flujo débil tenderá a registrar temperaturas bajas. 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 polluelo [16].

El que el huevo no sea rotado en dirección alterna sino hacia el mismo lado puede generar problemas en el embrión. Rotar los huevos que están próximos a nacer puede desorientar al polluelo y tener dificultades al nacimiento [17, 18].

1.2.2.3 Pérdida de Peso

La pérdida de peso es un factor que depende del desarrollo del huevo, no es algo que el embrión pueda controlar, por lo tanto, el correcto nivel de humedad y el evitar grandes fluctuaciones en la temperatura y humedad, son muy importantes.

El control en la pérdida de peso forma parte importante del manejo general del criadero; tiene efecto al prevenir problemas durante la incubación, ayuda a mejorar la calidad, cantidad de producción y el uso del equipo para la incubación. Consiste en controlar la rapidez con que se evapora la humedad en el huevo. Los factores que tienen una severa influencia en la razón de evaporación son; la temperatura, la humedad, el flujo de aire y las características de porosidad, grosor, forma y tamaño del cascarón; sus características se reflejan en la tabla 1.1.

La proporción de pérdida de peso en la mayoría de los huevos debe estar en un rango del 10% al 20% de su peso inicial sin embargo, el estar sobre éstos límites empieza a presentar los problemas propios de las variaciones de humedad. La pérdida de peso ideal está entre 13% y 17% [19].

La pérdida de peso es particular de cada huevo desde el momento en que tienen variaciones en el peso inicial. Para calcular la pérdida de peso ideal, el autor Minnaar toma las cifras medias de los rangos para la pérdida de peso y el periodo de incubación total, 15% y 50 días respectivamente mediante una relación que se puede expresar de la siguiente manera:

$$\frac{W_{entrada} 15\%}{50 \text{ días}} = \Delta W_{diario} = W_{ayer} - W_{actual} \quad (1.1)$$

$W_{entrada}$ es el peso del huevo registrado al momento de entrar al aparato para iniciar su incubación.

? W_{diario} es la cantidad de pérdida de peso que debe registrar el huevo diariamente para su correcto desarrollo mediante la diferencia del peso registrado el día anterior (W_{ayer}), y el peso registrado ese día (W_{actual}). Los límites de tolerancia permitidos en la pérdida de peso diaria de ese huevo se calculan con los porcentajes extremos del rango para la pérdida de peso (10% y 20% respectivamente) [20].

Tabla 1.1 Causas y Efectos de las Características que Afectan el Desarrollo Embrionario en la Incubación de Emús

| Características del factor | Causa o efecto |
|--|---|
| Temperaturas altas | Rápidas razones de evaporación, altas pérdidas de peso. Polluelos que rompen el espacio de aire antes de lo normal y no han absorbido completamente el saco de la yema por el ombligo. |
| Temperaturas bajas | Lentas razones de evaporación, bajas pérdidas de peso. Polluelos débiles que mueren después de un periodo de incubación más largo al normal. |
| Humedades altas en el aire circulante | Lentas razones de evaporación, bajas pérdidas de peso. Polluelos hinchados, con edemas o con una absorción incompleta de la yema al nacer. |
| Humedades bajas en el aire circulante | Rápidas razones de evaporación, altas pérdidas de peso. Polluelos deshidratados. |
| Cascarones de más a menos poroso en similitud con texturas de toronja, naranja, limón y lima | A más poroso más rápida la evaporación y mayor pérdida de peso. Mientras más porosa o arenosa sea la textura indica que el cascarón quedó incompleto o interrumpido en su formación, ya sea por deficiencias en la dieta de las hembras ponedoras, inflamación del oviducto o por estrés. |
| Cascarones de más a menos grueso | El color al igual que la textura se relaciona con el grosor del cascarón. A mediados de la estación de postura los cascarones pueden estar más gruesos que a principios o finales, en consecuencia la evaporación es más lenta y la pérdida de peso es baja. A finales de la estación se pueden producir huevos ligeramente descascarados o delgados y tanto la razón de evaporación como la pérdida de peso aumentan. |
| Diferencias de color en el cascarón | El cascarón se forma de 3 capas: La interior es un par de membranas blancas que cubren la clara, la yema y forman el espacio de aire; la intermedia es la membrana más gruesa, de color verde claro o verde agua; finalmente la verde oscuro o esmeralda es una capa superficial, la más delgada [21]; mientras más claro o moteado sea el color, mayor es la rapidez en la pérdida de peso. Un huevo muy oscuro tiene una pérdida de peso más lenta. |
| Forma del huevo | Mientras más alargada sea la forma del huevo, mayor será el área de la superficie que permite la evaporación. Un huevo redondo pierde menos peso que uno ovalado. |
| Tamaño del huevo | Mientras más grande sea un huevo, menor y más lenta es su pérdida de peso. |

Información obtenida de P. y M. Minnaar, *The Emu Farmer's Handbook* (Induna Company, Groveton Texas), 81-86, 90-92, (1992).

La relación del peso inicial del huevo y el peso del polluelo al momento del nacimiento, según Minnaar, es aproximadamente de 2/3 del peso inicial del huevo; es decir, si se cumple la expresión 1.2, el polluelo ha nacido sin deshidratación [22].

$$\frac{W_{polluelo}}{W_{entrada}} = 0.67 \quad (1.2)$$

$W_{polluelo}$ es el peso del polluelo recién nacido y

$W_{entrada}$ es el peso inicial registrado en ese huevo al comenzar la incubación.

Si un huevo está registrando una pérdida de peso fuera de los rangos de tolerancia, se puede compensar el exceso mediante las acciones correctivas que se presentan en la tabla 1.2.

Tabla 1.2 Acciones Correctivas Ante la Incorrecta Pérdida de Peso Durante la Incubación de Emús

| Pérdida de peso | Acción correctiva |
|------------------------|---|
| Muy alta | Aumentar la humedad del ambiente de incubación al aumentar la superficie de evaporación en el espejo de agua. |
| Muy alta | Disminuir lentamente la temperatura del incubador; ésta acción puede generar que el periodo total de incubación se alargue y tarde más en nacer. |
| Muy alta | Reducir la superficie de evaporación del huevo cubriendo partes del cascarón con cinta. Ésta acción no se realiza como primer opción debido a que ésta reducción implica reducir el área para respiración del embrión por lo tanto requiere que el flujo de aire sea excelente. |
| Muy baja | Dar al menos 2 giros alternos mayores a 90° reduce el efecto de este impedimento naciendo polluelos saludables. |
| Muy baja | Disminuir la humedad del ambiente de incubación al reducir la superficie para la evaporación del espejo de agua. |
| Muy baja | Aumentar lentamente la temperatura del incubador; ésta acción puede generar que el polluelo madure más rápido y nazca antes del tiempo previsto. |
| Muy baja | Agregar absorbentes de humedad en el interior del aparato. Para ésta acción es necesario que el flujo de aire sea excelente. |

Información obtenida de M. y P. Minnaar, *The Emu Farmer's Handbook* (Induna Company., Groveton Texas), 106-114, (1992).

1.2.2.4 Temperatura y Humedad en el Cuarto de Incubación

Las condiciones del medio ambiente en el que se encuentre el equipo de incubación con que se cuente, influyen en la manera conforme éste funciona, debido a que el equipo de incubación está diseñado para elevar la temperatura y humedad del aire que rodea a los huevos, pero no puede bajarlas si el aire que es introducido está mas cálido o húmedo que los parámetros demandados por el embrión; por ello se recomienda que el espacio en el que esté el equipo de incubación mantenga un aire fresco a través de un equipo de aire acondicionado [23]. Inclusive, en el instructivo para uso de los aparatos usados en México, se recomienda que el ambiente del cuarto donde se ubique el aparato esté entre 70° y 80° F (21.11°-26.66° C).

1.2.2.5 Temperatura y Humedad para Formación de Lotes de Incubación

Un lote de incubación es el conjunto de huevos que inician simultáneamente su periodo de incubación natural o artificial. Su importancia tiene un fin práctico para el manejo general del

criadero y uno económico para la venta de ejemplares, la formación de parejas pie de cría [24] y el rendimiento del equipo de incubación.

La capacidad de los lotes de incubación varía de acuerdo a la población de parejas ponedoras con que cuente el criadero, a la regularidad y a las condiciones de postura que presenten.

Se recomienda guardar los huevos de emú para formar lotes de incubación máximo 14 días; manteniéndolos entre 4.5° - 15.5° C (40° - 60° F) para que el embrión permanezca inactivo y sin pérdida de humedad, rotándolos 2 veces al día en dirección alterna. Temperaturas menores a 4.5° C matan al embrión y a partir de 21° C hacen que empiece a crecer lentamente lo que lo debilita y suele matarlo si no es incubado oportuna y apropiadamente [25]. La humedad recomendada para la formación de lotes de incubación para el emú no se halla documentada.

La pérdida de peso en un huevo es producto de su evaporación; cuando un huevo que está almacenado o se va a almacenar para lote de incubación, muestra señales de evaporación no despreciable, indica que estuvo expuesto a una temperatura igual o mayor a 21° C y por tanto que el embrión ha comenzado su actividad; por lo que es necesario iniciar su ciclo de incubación lo más pronto posible.

1.3 EQUIPO PARA LA INCUBACIÓN AVÍCOLA ARTIFICIAL EXISTENTE EN EL MERCADO VÍA INTERNET

Al surgir la ganadería de aves de gran tamaño como el emú, se adoptó el mismo sistema de incubación para la industria de aves de corral. Debido a que los huevos de emú son 10 veces más grandes que los de gallina, surgieron en el mercado aparatos, en las mismas presentaciones comerciales, adaptados a las dimensiones de los huevos para las ganaderías alternativas. Se ampliaron las posibilidades de manejo, control y uso de los aparatos para otras especies mediante un sistema de regulación manual, lectura constante de la temperatura y humedad del ambiente para la incubación y distintas capacidades. Se manejaron diferentes mecanismos para el sistema de giro como charolas giratorias, mallas de deslizamiento horizontal, perchas giratorias, rodillos ajustables con base giratoria y rodillos giratorios. Se conservó en la mayoría de los casos el sistema para generar el ambiente de incubación formado por un ventilador, resistores y un espejo de agua o humidificador.

Los equipos para incubación avícola se manejan de dos formas: incubación y nacedero en un mismo aparato o un aparato para cada función. Los aparatos que realizan ambas funciones en el mismo espacio tienen en la parte superior la incubación y en la inferior el nacimiento.

El ambiente de incubación comercialmente se genera de dos maneras: 1.- Still-air (aire muerto); donde solo puede haber una bandeja o nivel de incubación y no existe flujo de aire, o 2.- Forced-air (aire forzado). El sistema más utilizado para producción es el segundo [26].

Los aparatos usados en México son de tipo armario, con bandejas de giro o perchas giratorias para la incubación y con rejillas divisorias para el nacimiento; manejan capacidades de 36 huevos para incubación o 24 espacios para nacedero; ambos en 3 niveles y con las mismas dimensiones.

1.3.1 El Giro en las Incubadoras Comerciales

Entre 1990 y 1993, el problema de incubación más común entre los criadores de EU era que en los huevos no logrados el saco de la yema no estaba definido en la cavidad del cuerpo y no había razón aparente de muerte, no se hallaron agentes patógenos significativos en el

diagnóstico de laboratorio; sin fallas del equipo y sin errores obvios en el manejo de la incubadora, ni en los ajustes de la temperatura o humedad. Las incubadoras usadas por la mayoría fueron las de tipo armario con bandejas de giro. En criaderos cuya producción no daba para llenar las bandejas una mejora que hicieron a éstas fue agregar rejillas de alambre o separadores para evitar que los huevos rodaran y chocaran con los demás mientras se realizaba el giro. Tardó mucho tiempo en relacionarse ésta mejora con el decremento de nacimientos. En criaderos donde hubieron muchos polluelos no natos, los factores atribuidos fueron: genética pobre, baja alimentación de parejas ponedoras, fallas en los termostatos de la incubadora, un flujo de aire débil u organismos infecciosos no determinados. La solución era tan simple que se había pasado por alto, los huevos necesitaban un giro mayor que el limitado a 90° impuesto por las rejillas al sostenerlos firmes en su sitio [27].

Los resultados de las investigaciones realizadas por Maria y Phillip Minnaar (ver anexo 1) evidenciaron que el ángulo de giro empleado en gallináceos era inapropiado para las ganaderías alternativas de gran tamaño y que la frecuencia de giro mínima que daba buenos resultados en el emú eran 3 vueltas alternas al día. Significativas mejoras en la cantidad y calidad de producción se obtuvieron en las incubadoras para aves de corral de tipo armario, con bandejas de giro adaptadas al emú, incluso con separadores; al incubar horizontalmente y girar los huevos al menos 2 veces al día 180° en direcciones alternas, manteniendo la frecuencia y el giro automáticos.

Los estudios realizados por Maria y Phillip Minnaar, mostraron que cuando el huevo era girado 180° en direcciones alternas en vez de 90°, se obtenían resultados como:

- Incremento general de nacimientos, más polluelos vivos.
- Polluelos más fuertes y vigorosos que no requerían asistencia para completar el proceso de nacimiento.
- Mayor viabilidad de nacimiento sin ayuda en el porcentaje de polluelos que estaban en posición inversa y disminución de los casos con ésta característica.
- Menos problemas en piernas y un mejor desarrollo de éstas al nacer. En algunos polluelos de huevos girados a 90° se encontraron piernas cortas, delgadas o no desarrolladas.
- Menos polluelos con piernas y picos manchados. Las manchas han sido asociadas al edema y una posible deficiencia temporal de oxígeno al nacimiento.
- Un significativo decremento en el índice de absorción de la vitelina en los nuevos nacimientos. De hecho, éste problema está virtualmente eliminado en huevos que giran 180°.
- Los polluelos de huevos más grandes a lo normal tenían más capacidad de nacer.

El giro que proporcionan los aparatos comerciales, permite tanto posiciones horizontal y vertical, como ángulos de giro de 45° y 180° como se muestra en la figura 1.2. El giro alterno de 45° proporciona un giro efectivo de 90° al huevo sin embargo, una porción de la superficie que queda apoyada por debajo del huevo recibe peso durante todo el periodo de incubación, lo que dificulta el desarrollo de las membranas de vasos sanguíneos. La posición de incubación vertical es una adaptación humana para aprovechar espacio y aumentar la capacidad de incubación de los aparatos, sin embargo en especies como el emú el porcentaje de nacimientos en posición de incubación vertical arrojó índices por debajo del 30% mientras que la posición

horizontal, sumada a un giro alterno de 180°, daba resultados superiores al 90% [28].

Girar los huevos 180° se logra comercialmente con incubadoras de rodillos ajustables, malla deslizable de movimiento horizontal, rodillos giratorios o con perchas giratorias. El giro manual de 180° que se practica en los sistemas de bandejas, requiere de un manipuleo que es riesgoso debido a la incomodidad y carencia de sistemas que eviten que la bandeja resbale y caiga mientras se saca (ver figura 3.2 del capítulo 3).

Una incubadora con bandejas de giro sin separadores y con una cantidad de huevos suficiente en cada bandeja que evite choques considerables por la rotación de los mismos al momento del giro, funciona similar al sistema de malla deslizable proporcionando un giro efectivo mayor a 90°.



Figura 1.2 Posiciones y Ángulos de Giro en los Sistemas Comerciales para Incubación Avícola

Las bandejas giratorias permiten ambas posiciones de incubación pero requieren giros manuales de 180°. Los rodillos giratorios permiten solo la posición horizontal, no requieren giros manuales y proporcionan el mejor ángulo de giro para el desarrollo embrionario.

Adaptación de una imagen obtenida de M. Minnaar, *The Emu Farmer's Handbook, Volume 2* (Nyoni Publishing Co., Groveton Texas), 138, (1998).

1.3.2 Capacidad y Dimensiones para el Manejo de los Aparatos Comerciales

Al evaluar en los sistemas comerciales ofertados vía Internet (cuya información completa se encuentra en el anexo 6), que se presentan en la tabla 1.3, desde el punto de vista de formas, dimensiones, capacidades para el emú, adaptabilidad de la función de incubación y nacimiento, ángulo de giro proporcionado y costo, se concluye lo siguiente:

- Las implementaciones físicas que se han hecho de los sistemas para incubación avícola tienen forma predominante rectangular, paredes lisas y ubicación del termostato, cables y conexiones de funcionamiento por la parte externa del aparato.
- La frecuencia diaria de giro empleada en aves de corral es de 12 ciclos de 90° en aparatos que proporcionan 45° alternos a cada hora y, 6 ciclos de 90° en los que lo hacen cada 2 horas. El modelo encontrado de rodillos giratorios realiza los giros alternos de 180° cada hora, con lo cual realiza 24 giros de 180°, es decir 12 ciclos de 360°. Si consideramos que la cantidad mínima para el emú es de 3 giros, podemos establecer que el giro de 180° realizado cada 8 horas cubre el requisito; sin embargo, ante la frecuencia que proveen los aparatos que se ha notado no es perjudicial, podemos considerar que con realizar giros de 180° cada 4 horas, se realizan al día 3

ciclos de 360° efectivos.

- El espacio que queda entre niveles de bandejas es el mínimo indispensable para permitir el giro de acuerdo al mecanismo empleado y la mayor capacidad de incubación; siendo insuficiente para realizar los movimientos de manejo respectivos e implicando tener que sacar las bandejas cargadas.
- La visibilidad del interior es deficiente mediante los visores de las puertas, requiriendo medios auxiliares como iluminación interna o apertura de puertas.
- El sistema más ofertado es el de bandejas giratorias que proporciona el ángulo alterno de 45° que resultó del estudio Minnaar, ser deficiente para las ganaderías alternativas de gran tamaño.
- Los sistemas bi-funcionales no aíslan el área de incubación de la de nacimiento.
- El costo del aparato con sistema de rodillos giratorios, que es el que proporciona los mejores resultados en el emú; en comparación con similar capacidad en otros sistemas es hasta 3 veces mayor.
- La manufactura de los aparatos es extranjera, implicando aumento en el costo de adquisición por su importación.
- De los sistemas para el giro en los aparatos comerciales, el que reflejó en el análisis teórico mayores ventajas y eficiencia fue el de rodillos giratorios, tanto por proveer el giro de 180° de modo automático, como por permitir en la posición horizontal el mejor y mayor almacenaje de huevos.

1.3.3 Consideraciones Adicionales a la Confiabilidad del Equipo para Incubación

Desde el momento en que se requiere una fuente de energía eléctrica, o de la intervención de agentes externos como el suministro de agua para el nivel de humedad, se está propenso a fallas por suspensiones de energía o falta de mantenimiento; en tal caso se recomienda tener una planta eléctrica casera o un generador de gasolina y un almacén de agua para que el equipo de incubación pueda seguir funcionando. Una precaución conveniente para largas jornadas de incubación, es tener un sistema de alarma que alerte a los operadores si la incubadora no está funcionando adecuadamente debido a fallas de energía, a problemas de suministro de agua o de la regulación en la temperatura o humedad, propios del aparato. Varios de los modelos comerciales incluyen sistemas de alarma o de soporte para diversos casos.

Para el uso racional de la energía eléctrica es importante incluir la protección contra voltaje, contra corriente y contra sobrecalentamiento, mediante dispositivos electrónicos de potencia.

Valores mayores o iguales a 0.85 en el factor de potencia, permiten menor consumo de energía, menores posibilidades de sobrecarga, mejor rendimiento del aparato, un óptimo aprovechamiento de la energía eléctrica y aumento de su vida útil [29].

Tabla 1.3 Aparatos Comerciales para la Incubación Avícola

| Sistemas de Bandejas Giratorias | | |
|--|--|---|
|  |  |  |
| <p>Sistema A, incubadora</p> | <p>Sistema B, incubadora/nacedero</p> | <p>Sistema C, incubadora/nacedero</p> |
| <p>Marca: Randall Burkey, E.U. Modelo: 1266, 1566E Precio: USA \$392.95, \$440.90 Capacidad: 24-30 H de emú Dimensiones: 40 x 77 x 80.6 cm Fuente: 110 VCA, 225W Temperatura: Termostato tipo wafer Humedad: Charola para espejo de agua Ventilación: Ventilador de aspas curvas de metal</p> | <p>Marca: Artor , www.artor.com.mx Modelo: EMT-20-IN Capacidad: 12 H de avestruz, aproximadamente 18 H de emú Dimensiones: 40 x 60-70 x 80-90 cm Fuente: 110 VCA Temperatura: Aire acondicionado integrado y graduado de 15 a 18° C Humedad: Humidificador ultrasónico Ventilación: Ventilador de 42" de diámetro, motor de 1Hp</p> | <p>Marca: Khul, E.U. Modelo: BEMU-54-110, BEMU-54-220, AZYEMU-54-110, AZYEMU-54-220 Precio: USA \$3,170.00; \$3,770.00; \$3,970.00; \$4,570.00 Capacidad: 54 H de emú y/o avestruz Dimensiones: 96.52 x 71.12 x 132.08 cm Fuente: 110 y 220 VCA Temperatura: Termostato tipo wafer Humedad: Humidificador automático</p> |
| Sistemas de Bandejas Giratorias | | |
|  |  | |
| <p>Sistema D, incubadora</p> | <p>Sistema E, incubadora</p> | |
| <p>Marca: Combi Modelo: Pas Reform Capacidad: 72 H de avestruz, aprox. 120 H de emú Dimensiones: 125 x 65-70 x 200 cm Fuente: Eléctrica Temperatura: Control electrónico con lector Humedad: Control electrónico con lector Ventilación: Ventilador de aspas rectas de plástico</p> | <p>Marca: NatureForm Modelo: Incubator 50 Capacidad: 50 H de avestruz, aprox. 90 H de emú Dimensiones: 40 x 90 x 200 cm Fuente: Eléctrica Temperatura: Control electrónico con lector Humedad: Control electrónico con lector</p> | |

| Tabla 1.3 Aparatos Comerciales para la Incubación Avícola (Continuación) | |
|---|---|
| Sistema de Perchas Giratorias | Sistema de Rodillos Giratorios |
|  <p style="text-align: center;">Sistema F. incubadora</p> |  <p style="text-align: center;">Sistema G. incubadora</p> |
| <p>Marca: Randall Burkey, E.U. Modelo: 1524E, 1544E Precio: USA \$560.98 Capacidad: 36 H de emú Dimensiones: 40 x 77 x 80.6 cm Fuente: 110 VCA, 250W Temperatura: Termostato deluxe multi-giro Humedad: Charola para espejo de agua Ventilación: Ventilador de aspas curvas de metal</p> | <p>Marca: Yonar, Argentina Modelo: Mod 12, Mod 20, Mod 40 Precio: USA \$935.00, \$1,135.00, \$1,435 Capacidad: 12, 20 y 40 H de ñandú o emú Dimensiones: 52 x 43 x 52 cm; 69 x 52 x 52 cm; 69x52x80 cm Fuente: Suministro de 220 V a 50 Hz; Mod 12: 140-270 W, Mod 20 y 40: 150-320 W Temperatura: Control electrónico de alta precisión (0.2° C), medido con termómetro de mercurio Ventilación: Aire forzado con turbinas silenciosas de alto rendimiento, circulación de aire cálido y húmedo</p> |
| Sistemas de Malla Deslizable | |
|  <p style="text-align: center;">Sistema H. incubadora/nacedero</p> |  <p style="text-align: center;">Sistema I. incubadora/nacedero</p> |
| <p>Marca: Yonar, Argentina Modelo: 28/32G Precio: USA \$1,080 Capacidad: 28 H de ñandú o de emú Dimensiones: 85 x 76 x 85 cm Fuente: Gas licuado Temperatura y Humedad: Circulación de agua caliente en tubos de cobre sin costura Ventilación: Sistema de aire muerto</p> | <p>Marca: Yonar, Argentina Modelo: 50E Precio: USA \$440 Capacidad: 5 H de ñandú o de emú Dimensiones: 41 x 41 x 31 cm Fuente: 40 W, suministro de 220 V a 50 Hz Temperatura: Termostato de cápsula gaseosa Humedad: Charola de agua Ventilación: Sistema de aire muerto</p> |

Tabla 1.3 Aparatos Comerciales para la Incubación Avícola
(Continuación)

Sistemas de Rodillos Ajustables con Base Giratoria



Sistema J. incubadora



Sistema K. incubadora

Marca: Brinsea, Australia
Modelo: Octagon 10
Capacidad: 1 H de emú
Fuente: Eléctrica
Temperatura: Termostato con despliegue digital
Humedad: Bombeo de agua en la parte baja por dispositivo con sensor digital
Ventilación: Sistema de aire muerto

Marca: Brinsea, Australia
Modelo: Octagon 20
Capacidad: 2 H de emú
Fuente: Eléctrica
Temperatura: Termostato con despliegue digital
Humedad: Bombeo de agua en la parte baja por dispositivo con sensor digital
Ventilación: Sistema de aire muerto

Sistemas para la Función de Nacederos con Separadores



Sistema L



Sistema M

Marca: Randall Burkey, E. U.
Modelo: 1270
Precio: USA \$384.95
Capacidad: 24 H de emú
Dimensiones: 40 x 77 x 80.6 cm
Fuente: 110 VCA, 225 W
Temperatura: Termostato tipo wafer
Humedad: Charola para espejo de agua
Ventilación: Ventilador de aspas redondas metálicas

Marca: NatureForm
Modelo: Hatcher 27
Capacidad: 27 H de Avestruz
Dimensiones: 65-70 x 65-70 x 200 cm
Fuente: Eléctrica
Temperatura: Control electrónico con lector
Humedad: Control electrónico con lector

| | |
|--|--|
| Tabla 1.3 Aparatos Comerciales para la Incubación Avícola (Continuación) | |
| Sistemas Bi-funcionales de Bandejas Giratorias Sistema N | |
|  |  |
| <p>Marca: Yonar, Argentina Modelo: 650, 1250 y 3000 Precio: USA \$3,490, \$4,890.0, y \$8,440.0 respectivamente Capacidad: 3 niveles con 16 H de nandú o emú y 1 bandeja con capacidad de 20 polluelos; 4/25 x 1/36 y 10/22 x 4/30 respectivamente Dimensiones: 0.63 x 0.97 x1 .58 m; 0.68 x 1.10 x 2.0 m y 1.10 x 1.10 x 2.0 m respectivamente Fuente: Consumo de 260 W, suministro de 220V-50Hz Temperatura: Control electrónico de alta precisión y control auxiliar por termostato gaseoso Humedad: Medición con termómetro de mercurio Ventilación: Aire forzado</p> | |

1.4 PARÁMETROS PARA LA EVALUACIÓN DE APARATOS COMERCIALES

Con los datos de la investigación documental y de campo, es posible enlistar los requerimientos, la problemática y las soluciones existentes o practicadas que se presentan en la incubación artificial de emús como se muestra en el listado 1.1.

Los requerimientos y problemáticas implican satisfacer necesidades del desarrollo embrionario, automatización del equipo de incubación, relación usuario-aparato y adquisición; demandando criterios de funcionamiento, confiabilidad, practicidad, comodidad y costo. Estos criterios cubren básicamente solo la función práctica de un producto industrial, en las que se profundiza más adelante.

1.4.1 Valoración de los Sistemas Comerciales

Los criterios de funcionamiento, confiabilidad, practicidad, comodidad y costo; se fijan como objetivo para el concepto de diseño y se emplearon para evaluar los sistemas comerciales. La tabla 1.4 indica en porcentajes, el grado en que el sistema cubre el requerimiento mencionado. Los criterios de evaluación se describen en el listado 1.2.

Listado 1.1 Requerimientos, Problemáticas y Soluciones Practicadas para la Incubación de Emúes

| |
|---|
| <p>Requerimiento: Mantenimiento de inactividad embrionaria para la formación de lotes de incubación.</p> <p>Problemática: Se ha establecido el rango de temperatura pero no el de humedad para la formación de lotes de incubación en emúes.</p> <p>Solución Practicada: Guardar los huevos a temperaturas entre 4.5° y 15.5° C, girándolos manualmente 180° alternos 2 veces al día.</p> |
| <p>Requerimiento: Confirmación de la fertilidad de un huevo.</p> <p>Problemática: Los métodos convencionales no arrojan resultados claros debido a la dificultad que presenta para éstos el tono oscuro del cascarón.</p> <p>Solución Practicada: Confirmar la correcta pérdida de peso una vez iniciada la incubación.</p> |
| <p>Requerimiento: Índice constante de la pérdida de peso diaria del huevo que se incuba como indicio de buen desarrollo embrionario.</p> <p>Problemática: La evaporación de humedad en el huevo, que genera la pérdida de peso, es influenciada por la temperatura, humedad, flujo de aire y características del cascarón siendo independiente a cada huevo incubado y requiriendo un control individual.</p> <p>Solución Practicada: Control diario de la pérdida de peso individual la mayor parte del periodo de incubación posible.</p> |
| <p>Requerimiento: Temperatura y humedad constantes dentro de un rango de tolerancia en ambas, que arroje óptimos resultados para la especie incubada.</p> <p>Problemática: Amplia sensibilidad de variación en dependencia con las condiciones climáticas de la zona donde se incuba, que dificulta el establecimiento del rango efectivo aceptable e implica establecer condiciones iniciales de temperatura y humedad para el área de incubadoras y nacederos.</p> <p>Solución Practicada: Rango de temperatura que ha reportado buenos resultados con tolerancia de $\pm 0.5^\circ$ F: 96.5° a 98.5° F (35.8° y 36.3° C) y rango de humedad relativa entre 20% y 35%. Determinación de los parámetros para la zona climática en que se incuba a través del control diario de la pérdida de peso y la experimentación. La temperatura del cuarto de incubación se recomienda entre 21.1° y 26.6° C.</p> |
| <p>Requerimiento: Ángulo alterno de 180° con una frecuencia de al menos 3 giros diarios durante la etapa de incubación.</p> <p>Problemática: No se hace referencia a la velocidad del giro alterno y hay ambigüedad en la frecuencia entre los sistemas comerciales. La mayoría de equipos para incubación proporcionan 45° alternos de forma automática cada hora y los que lo proporcionan de modo automático, son sistemas no muy ofertados y hasta 3 veces más caros.</p> <p>Solución Practicada: Giro manual de 180° alterno cada 12 horas manteniendo el automático de 45°. Implementación de sistemas como el de rodillos giratorios y el de perchas giratorias; de giro automático para proveer el ángulo de 180°.</p> |
| <p>Requerimiento: Flujo constante de aire fresco que mantenga el entorno de los huevos con 21% de concentración de oxígeno y homogéneas la temperatura y humedad entre los huevos.</p> <p>Problemática: La cantidad de oxígeno en el aire varía con la altitud y no se especifica el rango de velocidad admisible en el flujo. El flujo no es homogéneo en el espacio entre los huevos y presenta bolsas de aire, variación en las lecturas de temperatura e insuficiencia de oxígeno.</p> <p>Solución Practicada: Generación del flujo a través de ventiladores de aspas. Adaptación de desviadores del flujo en la trayectoria del mismo. Re-posicionamiento del nivel de bandejas según avance de incubación.</p> |

(Continuación)

Requerimiento: Eliminación del giro para la etapa de nacimiento. Disminución de la temperatura y aumento de la humedad opcionales en la etapa de nacimiento.

Problemática: El avance del ciclo de incubación no es el mismo en todos los huevos que se incuban en un mismo aparato, por lo que la suspensión del giro es apta únicamente si el lote de huevos tiene la capacidad para cubrir completamente el aparato e iniciar su ciclo de incubación simultáneamente. Reunir un lote de incubación con éstas capacidades solo es posible con una población de ponedoras suficientes para reunirlos en poco tiempo, implicando requerir de varios aparatos para cubrir la capacidad de producción de todo el periodo de postura.

Solución Practicada: Empleo y traslado de los huevos a aparatos auxiliares sin el giro o suspensión del giro en la incubadora.

Requerimiento: Regulación, visualización y control de los parámetros internos de incubación.

Problemática: Dificultad de la regulación en la temperatura y humedad internas como producto de la inexperiencia del avicultor con los sistemas para ello incluidos en los aparatos. El establecimiento del índice de humedad mediante el área expuesta en charola de agua varía en relación a las condiciones climáticas en que se encuentra el aparato, al igual que el índice de temperatura; requiriendo de un periodo de experimentación y lecturas constantes por parte del avicultor.

Solución Practicada: Regulación experimental previo inicio del periodo de incubación. Supervisión y ajuste constante de los parámetros internos, a través de aparatos de medición y perillas o tableros digitales con lectura visible y constante, para evitar fluctuaciones, como parte del control y manejo de la zona de incubación del criadero en periodo de postura. Inclusión de sistemas de alarma y sistemas auxiliares de soporte en caso de falla en la zona de incubación como parte del equipamiento. Asesoramiento con criadores más experimentados.

Requerimiento: Visualización constante del espacio interior y detección de mal olor producto de huevos podridos.

Problemática: Los polluelos rompen el cascarón de manera variable entre el día 48 y 52; si tardan mucho en romperlo o en salir, pueden presentar problemas o requerir de ayuda del avicultor para hacerlo. Un embrión que haya muerto en la incubadora o un huevo que se haya introducido con alguna avería del cascarón, fácilmente se pudre, genera mal olor y contamina a los demás. El flujo del aparato es recibido en la cara del avicultor mientras tenga la puerta abierta del mismo, lo que es incómodo y dificulta la detección y ubicación de mal olor en el interior del aparato. Insuficiencia del espacio interno para la manipulación de huevos y bandejas que se traduce en riesgos de manejo.

Solución Practicada: Uso de puertas transparentes y adaptación de iluminación interna. Sacar las bandejas cargadas para hacer la inspección y manipulación. Uso de mesas o soportes para elevar la altura del aparato para su manejo.

Requerimiento: Equipo apto para producción.

Problemática: Fabricantes extranjeros sin distribución mundial o no garantizada. Dificultad en la adquisición por trámites de importación, transporte e incremento del costo. Dificultad para la adquisición de asesoría técnica por parte del fabricante.

Solución Practicada: Aparatos de aire forzado con distintas capacidades de incubación en varios niveles, que realizan la función de incubación y nacedero en el mismo espacio o en aparatos independientes; proporcionan el giro principalmente con bandejas giratorias. Pedido y trámites criador-fabricante. Pedido y trámites grupo de criadores o representante-fabricante. Renta de aparatos o espacio de incubación por criadores que cuentan con varios aparatos o de capacidad mayor a la producción de sus criaderos.

Tabla 1.4 Valoración de los Sistemas Comerciales para Incubación Avícola

| Sistema | Requerimientos | Criterios de Evaluación | | Porcentaje Total y Posición |
|---------------------|---|--|---|--|
| | | Positivos | Negativos | |
| Bandejas giratorias | Funcionalidad: 90% Confiabilidad: 80% Practicidad: 50% Comodidad: 80% Bajo costo: 40-70% | 1, 2, 4 8, 10 13, 15 | 3 5 6, 7, 9 11, 12 14 | 340 o 370 3 |
| Perchas giratorias | Funcionalidad: 90% Confiabilidad: 80% Practicidad: 40% Comodidad: 40% Bajo costo: 40-70% | 1, 2, 16 8 13 | 4 5 6, 7, 9 11, 17 12, 18 | 290 o 320 4 |
| Rodillos giratorios | Funcionalidad: 95% Confiabilidad: 85% Practicidad: 90% Comodidad: 90% Bajo costo: 40-70% | 1 8 10, 24 13 | 14, 19, 30, 31 5 6, 7 12, 32 | 400 o 430 1 |
| Mallas deslizables | Funcionalidad: 50% investigación; 30% producción Confiabilidad: 50% Practicidad: 10% Comodidad: 5% Bajo costo: 20-40% | 1, 34 13 | 19,33, 35 5 6, 7, 9, 12, 35 11, 12 14, 36, 37 | Investigación: 155 o 135 5 Producción: 135 o 115 5 |
| Rodillos ajustables | Funcionalidad: 95% investigación; 40% producción Confiabilidad: 85% Practicidad: 90% Comodidad: 90% Bajo costo: 40-70% | 2, 21, 23 8, 24, 25, 26 27 13 | 19, 20, 22 5 6, 9 28 29 | Investigación: 430 o 400 1 Producción: 375 o 345 2 |

Con lo que se concluye que el sistema que cubre mejor los criterios establecidos para sistemas de incubación avícola es el de rodillos y específicamente para producción es el de rodillos giratorios.

1.4.1.1 Definición de las Funciones Esenciales de un Producto Industrial Aplicadas al Sistema de Incubación Avícola

Todo producto posee diferentes funciones cuya prioridad es diferenciable y determina su tipo de uso. Las funciones más esenciales de un producto según Bernd Lôbach son 3; función práctica, función estética y función simbólica [30].

Función Práctica: Son las relaciones entre un producto y un usuario, que se basan en efectos directos orgánico-corporales; es decir, fisiológicos. Las funciones prácticas satisfacen las condiciones fundamentales para la existencia del hombre y mantienen su salud física a través del proceso de uso.

Listado 1.2 Criterios para la Evaluación de los Sistemas Comerciales para la Incubación Avícola

1. Cubre capacidades de incubación convenientes para la producción
2. Una vez lograda la regulación óptima en relación a la zona climática y con los cuidados respectivos en la supervisión de las lecturas y el nivel de agua, los parámetros de incubación se mantienen constantes
3. Proporciona un ángulo de giro alterno automático de 45° cada hora por lo que requiere de un ángulo de giro manual de 180° alterno cada 12 horas
4. Permite la incubación de otras especies variando la distancia entre niveles, el mecanismo de sujeción y la regulación de los parámetros de temperatura y humedad
5. Depende de la regulación, supervisión y cumplimiento de los cuidados de manejo que realice el avicultor, así como de que la fuente energética no falle
6. Requiere la adaptación de la altura para facilitar el acceso y manejo del aparato
7. El manejo de bandejas implica movimientos riesgosos que generan tensión en el usuario
8. El sistema de regulación y control es sencillo y fácil de realizar mediante las perillas y llenado de la charola para agua
9. Generalmente requiere asesoría técnica del fabricante o de avicultores especializados en la especie que se incuba
10. El mecanismo de giro es a base de un moto-reductor controlado por un timer que transfiere la potencia a través de una manivela y articulaciones al soporte eje de las bandejas
11. El espacio para el manejo es insuficiente para la libertad de movimientos, por lo que requiere de movimientos y posiciones forzadas, tensas o incómodas
12. Si la puerta no es transparente se requiere abrir frecuentemente el aparato para realizar la supervisión
13. Los materiales, procesos de manufactura y ensamble así como los sistemas de partes son sencillos, estandarizados y relativamente baratos
14. La adquisición, que puede ser a través de un contacto si se adquiere directamente en el país fabricante, o al menos 2 contactos donde el segundo es el importador y distribuidor nacional, encarece hasta 3 veces cada aparato
15. La cantidad, complejidad y estandarización de piezas que forman el sistema completo, lo hacen sencillo y barato en su manufactura
16. Proporciona un ángulo de giro automático de 180° alternos cada hora, eliminando el giro manual
17. Aunque se reduce la tensión en el manejo no lo elimina pues a pesar de que las perchas son más ligeras, el espacio y forma de sujeción implica incremento de movimientos semejantes a los de bandejas giratorias
18. Requiere más piezas con mayor grado de complejidad que evita se puedan compartir en la incubación de especies con tamaño de huevos variables
19. Las capacidades de incubación que cubre no son aptos en producción
20. No se especifica un flujo de aire por lo que se concluye que usa el sistema de aire muerto no recomendado para producción
21. El control y regulación de la temperatura y humedad usan sistemas de alta precisión
22. Proporciona un giro alterno a través de una base externa que solo permite 45° alternos cada hora sin embargo, si los rodillos tienen libertad de giro, el ángulo real puede ser mayor por efecto de resbalamiento
23. Permite fácilmente la adaptación para la incubación de otras especies mediante el ajuste de separación en los rodillos de acuerdo al ancho de los huevos y la regulación de los parámetros de temperatura y humedad
24. El manejo de huevos no implica movimientos riesgosos o tensos al consistir básicamente en tomar o descargar entre los rodillos el ancho de los huevos
25. El sistema de control es sencillo con el uso del despliegue digital y si la regulación se realizara por medio de tableros digitales garantizaría más la exactitud de regulación

Listado 1.2 Criterios para la Evaluación de los Sistemas Comerciales para la Incubación Avícola
(Continuación)

26. El ajuste de rodillos como barras ajustables facilita la adaptación a otras especies
27. La simplicidad de manejo disminuye la necesidad de asesoría técnica
28. Los modelos que ofrecen mayor capacidad no manejan superficies transparentes
29. La mayoría de partes componentes son de manufactura especial y de dimensiones diferentes para cada modelo, lo que dificulta el mantenimiento correctivo y encarece la manufactura
30. La adaptabilidad a otras especies se restringe a especies con tamaño de huevo muy semejante para que puedan ajustarse a la separación de rodillos que especifica la bandeja
31. El sistema de giro se realiza por bandejas de rodillos con separación definida y no ajustable
32. El giro a través de rotadores controlados por moto-reductores independientes implica que a mayor número de niveles más cantidad de moto-reductores se requieren y por consiguiente es más gasto
33. El sistema mecánico para el giro que se lleva a cabo automáticamente, es a costa de espacio de incubación o bien, con la intervención directa del avicultor
34. Permite la incubación de otras especies sin mayor modificación que en los parámetros y el tiempo para realizar el giro
35. El sistema de giro es a base de liberar el espacio equivalente a una fila de huevos en la malla, para permitir el movimiento del sistema.
36. A pesar de que es un sistema sencillo, el costo de adquisición es el equivalente a sistemas con capacidad de incubación tres veces mayor
37. El sistema de calefacción no es muy común por lo que el mantenimiento preventivo o correctivo se dificulta

Función Estética: Es la relación producto-usuario experimentada en el proceso de percepción; es el aspecto psicológico de la percepción sensorial durante el uso.

A través de ésta función los productos se equipan de la fácil adaptación a las condiciones de percepción del hombre en el uso y llama la atención del comprador. Es característica de ésta función el promover una sensación de bienestar, lo que constituye un supuesto para la identificación del producto durante el proceso de uso.

Función Simbólica: Tiene efecto y existe cuando la espiritualidad del hombre se excita con la percepción del objeto al establecer relaciones con componentes de anteriores experiencias y sensaciones. Está determinada por aspectos espirituales, síquicos y sociales del uso; con lo cual, ésta función en un producto solo se vuelve eficaz en base a la apariencia perceptible sensorialmente y al caudal espiritual de la asociación de ideas.

El proyecto del sistema para incubación avícola, define dos tipos de usuario: el huevo fecundado y el avicultor. Las funciones tienen en el primer usuario una relación prioritaria únicamente práctica, dado que sobre él se aplica la mayoría del interés en el bienestar fisiológico. Para el segundo se aplican las tres funciones en el orden jerárquico siguiente; la función práctica como desarrollo en el proceso de uso, la función estética y la función simbólica en el proceso perceptivo y psicológico.

En conjunto, la relación usuario-aparato tiene un comportamiento cíclico expresado en la figura 1.3. Para establecer el concepto de diseño que resuelve la relación aparato-usuario para el sistema de Incubación avícola que se pretende lograr, es necesario cubrir los aspectos de funcionalidad, confiabilidad, practicidad y comodidad en el manejo del equipo, así como económicos tanto en la fabricación como en la adquisición; quedando definidos por un producto

de uso cuya configuración estética, que queda subordinada al funcionamiento, tiene libertad creativa únicamente mediante los elementos configuracionales de material, superficie y color, así como la constitución de la figura a partir del orden y la complejidad.

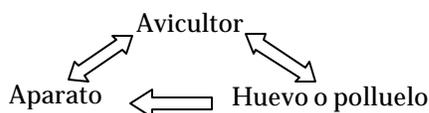


Figura 1.3 Relación Usuario-Aparato en la Incubación Avícola Artificial

En la solución para la problemática de incubación artificial de emues, el avicultor es el usuario intermediario entre el huevo fecundado o el polluelo y el aparato, cuyo funcionamiento es el que permite se lleve a cabo el proceso de incubación artificialmente.

La función práctica de los sistemas comerciales fue evaluada de acuerdo a los criterios de la tabla 1.5, que muestra el puntaje individual y la posición competitiva entre los demás sistemas, en relación a la suma total.

Tabla 1.5 Criterios para la Evaluación de la Función Práctica en los Sistemas Comerciales

| Sistema | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N |
|-------------------------------------|-----|-----|----------|-----|-----|-----|-----------------------------------|-----|-----|----------|----------|-----|-----|----------|
| FA | 50 | 50 | 50 | 50 | 40 | 50 | 70 | 50 | 50 | 65 | 65 | 30 | 40 | 50 |
| Visibilidad | 50 | 70 | 70 | 0 | 2 | 50 | 40 | 0 | 20 | 100 | 100 | 20 | 2 | 70 |
| SMB | 40 | 40 | 40 | 80 | 40 | 60 | 80 | 40 | 40 | 80 | 80 | 40 | 40 | 40 |
| Sin mesa | 0 | 0 | 100 | 100 | 100 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 100 |
| Bi-función | 50 | 60 | 80 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 100 |
| Total | 190 | 220 | 340 | 280 | 232 | 210 | 240 | 240 | 160 | 295 | 295 | 140 | 232 | 360 |
| Posición | 8 | 7 | 2 | 4 | 6 | 7 | 5 | 5 | 9 | 3 | 3 | 10 | 6 | 1 |
| Simbología: | | | | | | | | | | | | | | |
| FA Funcionamiento Automático | | | | | | | SMB Sin Manejo de Bandejas | | | | | | | |

De lo que se concluye que los sistemas comerciales que mejor cubren la función práctica para la que se emplean son en primer lugar los sistemas que permiten la función de incubador y nacedero simultánea. El sistema C de bandejas giratorias ocupa el segundo lugar haciendo la consideración que la ventaja de su bi-funcionalidad es aprovechable en criaderos cuya producción llene en poco tiempo la capacidad del aparato y que se requiere de varios aparatos para cubrir el requerimiento productivo del periodo de postura. Los sistemas J y K, de rodillos ajustables ocupan el tercer lugar sin embargo, su capacidad de incubación no es apta para producción y son diseñados únicamente para huevos de aves de corral.

La evaluación de las funciones estética y simbólica se realizó para cada modelo comercial mediante la matriz de convergencia-divergencia que muestra la tabla 1.6; los resultados de ésta se evaluaron por sistema mecánico para obtener la tabla 1.7. El criterio de evaluación se basa en los conceptos de seguridad, ligereza, practicidad, sencillez, calidad y claridad de acuerdo a las siguientes definiciones:

Seguro: Referente a la aparente capacidad de protección que ofrece a los huevos o polluelos y elementos contenidos en él, en relación con el entorno.

Ligero: Relación entre el tamaño, forma y color que dan una apariencia volumétrica en relación a los elementos que lo conforman. El color incluye el efecto que producen las sombras debido a la profundidad.

Práctico: Referente a la facilidad de uso e interpretación que ofrece en la relación con el avicultor.

Sencillo: Cantidad aparente de elementos configurativos.

Cálido: Aparente relación entre el sistema y los huevos o polluelos.

Claro: Capacidad para mostrar el proceso interno que desarrolla.

Resistente: Aparente relación entre las partes que lo componen estructuralmente.

Tabla 1.6 Matriz de Convergencia-Divergencia para la Evaluación Estético-Simbólica de los Aparatos Comerciales para Incubación Avícola

| Criterio | Sg | Lg | Pt | Sn | Cd | Cl | Rs | Total | |
|--------------------|------------|-----------|------------|-----------|------------|------------|-----------|----------------|--|
| Importancia | *** | * | *** | ** | * | *** | ** | Lugar | |
| Sistema A | 9 / 27 | 3 / 3 | 1 / 3 | 9 / 18 | 1 / 1 | 1 / 3 | 3 / 6 | 61 / 10 | |
| Sistema B | 9 / 27 | 9 / 9 | 9 / 27 | 9 / 18 | 9 / 9 | 9 / 27 | 9 / 18 | 135 / 1 | |
| Sistema C | 3 / 9 | 1 / 1 | 1 / 1 | 1 / 2 | 1 / 1 | 1 / 3 | 9 / 18 | 35 / 12 | |
| Sistema D | 9 / 27 | 9 / 9 | 3 / 9 | 9 / 18 | 9 / 9 | 1 / 3 | 1 / 2 | 77 / 7 | |
| Sistema E | 9 / 27 | 1 / 1 | 9 / 27 | 3 / 6 | 1 / 1 | 1 / 3 | 9 / 18 | 83 / 5 | |
| Sistema F | 9 / 27 | 3 / 3 | 1 / 3 | 3 / 6 | 3 / 3 | 3 / 9 | 9 / 18 | 69 / 8 | |
| Sistema G | 9 / 27 | 3 / 3 | 3 / 9 | 3 / 6 | 3 / 3 | 9 / 27 | 9 / 18 | 93 / 3 | |
| Sistema H | 3 / 9 | 1 / 1 | 1 / 3 | 9 / 18 | 1 / 1 | 1 / 3 | 1 / 2 | 37 / 11 | |
| Sistema I | 9 / 27 | 1 / 1 | 3 / 9 | 9 / 18 | 9 / 9 | 1 / 3 | 9 / 18 | 85 / 4 | |
| Sistema J | 9 / 27 | 3 / 3 | 3 / 9 | 9 / 18 | 9 / 9 | 9 / 27 | 9 / 18 | 111 / 2 | |
| Sistema K | 9 / 27 | 3 / 3 | 1 / 3 | 9 / 18 | 3 / 3 | 3 / 9 | 9 / 18 | 81 / 6 | |
| Sistema L | 9 / 27 | 3 / 3 | 1 / 3 | 3 / 6 | 3 / 3 | 1 / 3 | 9 / 18 | 63 / 10 | |
| Sistema M | 9 / 27 | 3 / 3 | 9 / 27 | 3 / 6 | 1 / 1 | 1 / 3 | 9 / 18 | 85 / 4 | |
| Sistema N | 3 / 9 | 1 / 1 | 3 / 9 | 9 / 18 | 3 / 3 | 1 / 3 | 9 / 18 | 61 / 10 | |
| Simbología: | | | | Sn | Sencillo | | | | |
| Sg | | | | Cd | Cálido | | | | |
| Lg | | | | Cl | Claro | | | | |
| Pt | | | | Rs | Resistente | | | | |

Se concluye que entre los sistemas comerciales, los tres modelos estéticamente más competitivos son el B, el J y el G, que corresponden a sistemas mecánicos de bandejas giratorias, de rodillos ajustables y de rodillos giratorios respectivamente.

Tabla 1.7 Evaluación Estético-Simbólica de los Sistemas Comerciales para la Incubación Avícola

| Sistema | Bandejas giratorias | Perchas giratorias | Rodillos giratorios | Malla deslizable | Rodillos ajustables |
|-------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|-------------------------|----------------------------|
| Seguro | 23.4 | 27 | 27 | 18 | 27 |
| Ligero | 4.6 | 3 | 3 | 1 | 3 |
| Práctico | 13.4 | 3 | 9 | 6 | 6 |
| Sencillo | 12.4 | 6 | 6 | 18 | 18 |
| Cálido | 4.2 | 3 | 3 | 5 | 6 |
| Claro | 7.8 | 9 | 27 | 3 | 18 |
| Resistente | 12.4 | 18 | 18 | 10 | 18 |
| Total | 78.2 | 69 | 93 | 61 | 96 |
| Posición | 3 | 4 | 2 | 5 | 1 |

Con lo que se concluye que el sistema comercial estéticamente mejor diseñado es el de rodillos, ya sean ajustables o giratorios.

El mayor puntaje que puede obtener un sistema en la evaluación de las tablas 1.4 y 1.5, es

de 500 puntos; en la valoración general de las funciones de un sistema para incubación avícola, la función práctica representa el valor principal, por lo que se le asignó un 80 % del total de las funciones; quedando un 20 % para la función estético-simbólica, cuyos resultados de evaluación se establecen en la tabla 1.7. Con éste criterio en la tabla 1.8 se evalúa el porcentaje total en que cada sistema mecánico cubre las funciones esenciales de un producto, para evaluar el porcentaje total de competitividad desde una postura general.

Tabla 1.8 Evaluación de las Funciones Esenciales de un Producto Aplicado a los Sistemas Comerciales de Incubación Avícola en General

| Sistema | Función Práctica | Función Estética-Simbólica | Total | Posición |
|---------------------|-------------------------|-----------------------------------|--------------|-----------------|
| Bandejas giratorias | 43.6 % | 11.6 % | 55.2 % | 2 |
| Perchas giratorias | 33.6 % | 10.2 % | 43.8 % | 3 |
| Rodillos giratorios | 38.4 % | 13.8 % | 42.2 % | 4 |
| Malla deslizable | 32.0 % | 9.0 % | 41.0 % | 5 |
| Rodillos ajustables | 47.2 % | 14.2 % | 61.4 % | 1 |

Con lo que se concluye que entre los sistemas comerciales el que mejor cubre los parámetros de diseño es el sistema de rodillos ajustables, con un porcentaje de apenas el 61.4%. Sin embargo, al referirnos específicamente a los aparatos comerciales para producción avícola, la evaluación de la función práctica es el resultado de la tabla 1.9, con lo que se concluye que el sistema que mejor cubre los requisitos de diseño como producto industrial competitivo es el de rodillos giratorios, con un porcentaje del 80.2 %.

Tabla 1.9 Evaluación de las Funciones Esenciales de un Producto Aplicado a los Sistemas Comerciales de Incubación Avícola para Producción

| Sistema | Función Práctica | Función Estética-Simbólica | Total | Posición |
|---------------------|-------------------------|-----------------------------------|--------------|-----------------|
| Bandejas giratorias | 56.8 % | 11.6 % | 68.4 % | 3 |
| Perchas giratorias | 48.8 % | 10.2 % | 59.0 % | 4 |
| Rodillos giratorios | 66.4 % | 13.8 % | 80.2 % | 1 |
| Malla deslizable | 21.6 % | 9.0 % | 30.6 % | 5 |
| Rodillos ajustables | 57.6 % | 14.2 % | 71.8 % | 2 |

1.4.2 Capacidad y Rendimiento con Uso de Lotes de Incubación

Un lote de incubación es una cantidad de huevos que han sido recolectados y almacenados adecuadamente, para mantener inactivo al embrión hasta el momento en que se decida iniciar su periodo de incubación de manera simultánea. El empleo de lotes de incubación facilita el control práctico tanto en el manejo del criadero como en la comercialización de polluelos.

1.4.2.1 Generación de la Tabla Guía para Manejo de Lotes

Para determinar las características del mecanismo hubo que calcular la capacidad de incubación y nacedero que optimizaran el tiempo total de la temporada de postura para determinado número de parejas ponedoras, la capacidad de almacenaje por nivel de incubación y el número de niveles, partiendo de los siguientes datos:

- Un emú hembra regular pone cada 3 días
- El periodo de postura de una hembra, dura regularmente 120 días (4 meses)
- El periodo de incubación con giro es de 47-49 días
- El periodo para nacimiento es de 1-5 días
- El tiempo máximo recomendado para guardar los huevos de emú es de 14 días

Considerando condiciones de postura óptimas en las que todos los huevos son fértiles y aptos para incubarse, se generó la tabla 1.10, que relaciona la cantidad de huevos posibles de almacenar, de acuerdo a periodos de almacenaje entre 1 y 14 días, distintas cantidades de parejas ponedoras regulares y distintos casos de postura que pueden presentarse en un criadero de emúes.

1.4.2.2 Determinación de la Cantidad y Capacidad de Lotes

Para determinar la cantidad de lotes necesarios que den el mejor rendimiento incubador-nacedero se partió del tiempo de almacenaje para formación de lotes y del tiempo total de incubación; así por ejemplo los datos de la tabla 1.10 tienen una interpretación como sigue: Para un almacenaje de 3 días, se requieren 16 lotes en incubador para mantenerlo lleno mientras el nacedero tiene un lote; el incubador tendrá un día el espacio de un lote vacío al momento de bajar el primer lote a nacedero y entre el tiempo de bajar cada lote a nacedero, éste tendrá un tiempo de 2 días faltantes para cubrir el periodo total de gestación a 52 días.

Con la tabla 1.10 se deduce que el mejor periodo para la formación de lotes de incubación de emúes, es entre 5 y 14 días. De la tabla 1.11, se puede apreciar que para 5 y 14 días de almacenaje, las capacidades de lotes que se pueden obtener van de 2 a 11 y de 5 a 29 huevos respectivamente, con lo cual la capacidad media por lote es de 7 a 17 huevos. De la tabla anterior vemos que se requieren de 4 a 10 lotes para un almacenaje entre 5 y 14 días; por lo tanto, se requiere una capacidad de 32 a 170 huevos en incubador.

1.5 CONCEPTO DE DISEÑO Y DESARROLLO DE LA CONFIGURACIÓN PROPUESTA

Con lo expuesto hasta el momento es posible ver que existe una problemática en el diseño del equipamiento para incubación de emúes con deficiencias en la confiabilidad del funcionamiento debido principalmente a una mala relación usuario-aparato; dado que mucha de la responsabilidad en la regulación y control para el mantenimiento de los parámetros internos de incubación (temperatura, humedad, oxígeno y giro alterno de 180°), que fácilmente varían con las condiciones del clima y la altitud de la zona en la que se incuba, corren por cuenta del avicultor.

Así mismo, el que los aparatos que se emplean para la incubación de emúes hayan surgido como una adaptación en los aparatos para las aves de corral, supone la duda respecto a la justificación del correcto rendimiento del equipo formado por incubadora y nacedero, con las

capacidades ofertadas respectivamente.

Tabla 1.10 Manejo de Lotes para Incubación de Emúes: Relación Almacenaje-Cantidad de Lotes

| A | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| L | 47 | 24 | 16 | 12 | 10 | 8 | 7 | 6 | 6 | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 |
| SI | 48 | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 | 60 | 61 |
| VI | 0 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 2 | 1 | 7 | 3 | 8 | 1 | 5 | 9 |
| VN | -4 | -3 | -2 | -1 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| #L | 26 | 12 | 8 | 6 | 4 | 4 | 3 | 3 | 1 | 2 | 0 | 2 | 1 | 0 |
| UM | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| #L | 21 | 12 | 8 | 6 | 6 | 4 | 4 | 3 | 5 | 3 | 5 | 2 | 3 | 4 |
| UM | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |

Simbología:
A Días de almacenaje para formación de lotes de incubación
L Cantidad de lotes necesarios para tener lleno el incubador y el nacedero, éste último con un lote al mismo tiempo
SI Día de cambio para el primer lote del incubador al nacedero
VI Cantidad de días que permanece en espera de espacio en incubador un lote lleno, previa bajada del primer lote a nacedero
VN Cantidad de días que permanece vacío el nacedero entre la bajada de cada lote del incubador
#L Número del espacio de lotes en incubador, que son usados UM veces durante todo el periodo de postura considerado en 120 días
UM Número de veces que es usado el espacio de lote en incubador durante todo el periodo de postura considerado en 120 días

Tabla 1.11 Manejo de Lotes para Incubación de Emúes: Relación Almacenaje-Capacidad de Lote

| DA | 1A | 2A | 2B | 3A | 3B | 3C | 4A | 4B | 4C | 4D | 5A | 5B | 5C | 5D | 5E | 6A | 6B | 6C | 6D |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 14 | 5 | 10 | 10 | 14 | 15 | 15 | 18 | 19 | 20 | 20 | 22 | 23 | 24 | 25 | 25 | 25 | 27 | 28 | 29 |
| 13 | 5 | 9 | 10 | 13 | 14 | 15 | 17 | 18 | 20 | 20 | 22 | 23 | 24 | 25 | 23 | 25 | 27 | 28 | 28 |
| 12 | 4 | 8 | 8 | 12 | 12 | 12 | 15 | 16 | 16 | 16 | 18 | 19 | 20 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 24 |
| 11 | 4 | 8 | 8 | 11 | 11 | 12 | 14 | 15 | 16 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 20 | 19 | 21 | 22 | 23 |
| 10 | 4 | 7 | 8 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 16 | 16 | 15 | 17 | 18 | 19 | 20 | 17 | 19 | 21 | 22 |
| 9 | 3 | 6 | 6 | 9 | 9 | 9 | 11 | 12 | 12 | 12 | 13 | 14 | 15 | 15 | 15 | 15 | 16 | 19 | 18 |
| 8 | 3 | 6 | 6 | 8 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 12 | 12 | 13 | 14 | 15 | 15 | 13 | 15 | 17 | 17 |
| 7 | 3 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 9 | 10 | 12 | 12 | 10 | 12 | 13 | 14 | 15 | 11 | 13 | 15 | 16 |
| 6 | 2 | 4 | 4 | 6 | 6 | 6 | 7 | 8 | 8 | 8 | 8 | 9 | 10 | 10 | 10 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 5 | 2 | 4 | 4 | 5 | 5 | 6 | 6 | 7 | 8 | 8 | 7 | 8 | 9 | 10 | 10 | 7 | 9 | 10 | 11 |
| 4 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 5 | 6 | 8 | 8 | 5 | 7 | 8 | 9 | 10 | 5 | 7 | 9 | 10 |
| 3 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 5 | 5 | 5 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | 3 | 4 | 4 | 2 | 3 | 4 | 5 | 5 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 1 | 2 | 3 | 4 |

Simbología:

- 1A** 1: Cantidad de parejas ponedoras **A:** Patrón del comportamiento de postura en el criadero
DA Días de Almacenaje.
A Una sola pareja pone el primer día de postura, las demás lo hacen una cada día consecutivo.
B Dos parejas ponen el primer día de postura, las demás lo hacen una cada día consecutivo.
C Tres parejas ponen el primer día de postura, las demás lo hacen una cada día consecutivo.
D Cuatro parejas ponen el primer día de postura, las demás lo hacen una cada día consecutivo.
E Cinco parejas ponen el primer día de postura, las demás lo hacen una cada día consecutivo.

Además, desde una perspectiva de diseño se encuentra una enorme deficiencia en las funciones estética y simbólica que, a pesar de que quedan subordinadas al funcionamiento y

rendimiento de la función práctica, no dejan de ser importantes de considerar.

El concepto general de diseño radica en cubrir los criterios de funcionalidad, confiabilidad, practicidad y comodidad. El objetivo final para el proyecto de rediseñar el sistema de incubación avícola enfocado el emú, consiste en posibilitar la producción en serie de dicho sistema con manufactura nacional mediante la solución de los siguientes objetivos:

- Producir un aparato capaz de generar y mantener sin la intervención constante y directa del usuario, un ambiente interno estable de acuerdo a los parámetros de temperatura y humedad definidos en relación a las características del ave a incubar.
- Dotar al aparato de los sistemas que le permitan proveer mediante una ventilación continua un intercambio de aire fresco (con oxígeno) cuyo flujo no genere bolsas de aire al interior y mantenga las características del fluido con los parámetros apropiados a los requerimientos para el desarrollo del embrión, tanto en la etapa de incubación como en la de nacimiento.
- Garantizar mediante un sistema mecánico en el menor espacio, el giro alterno que provea un ángulo efectivo de 180° simultáneo a todos los huevos que se incuban.
- Constituir el aparato con sistemas automáticos flexibles de regulación y control de los parámetros de incubación que le proporcionen al usuario una lectura de los mismos y visibilidad del interior, constantes.
- Adecuar las dimensiones y distribución del aparato de manera que permita al usuario de perfil mexicano el menor esfuerzo y movimientos en el manejo del equipo, le proporcione la capacidad requerida para el desarrollo de su criadero y disminuya riesgos tanto en el proceso de incubación como para el mismo usuario, permitiendo que la interacción aparato-usuario sea fácil de interpretar y manejar, contribuyendo al confort laboral.
- Emplear partes, materiales y procesos estandarizados que faciliten su manufactura, economícen su mantenimiento y sean amigables con el medio ambiente.
- Complementar la configuración final del aparato a través de los elementos estéticos de material, superficie, color, textura, orden y complejidad para contribuir a partir del uso, a generar un ambiente de interacción usuario-aparato saludable, al establecer una capacidad emocional de agrado durante la interacción y permita mantener una influencia positiva en el equilibrio psíquico con el entorno.

El problema a tratar en ésta tesis es proponer un rediseño para el sistema de incubación de emús desde un punto de vista teórico con el mayor apego a las condiciones reales, que sirva como pauta para la realización de un prototipo funcional que permita evaluar experimentalmente el concepto de funcionamiento propuesto para cada sistema empleado.

1.5.1 Evolución de Bocetos para la Propuesta Final

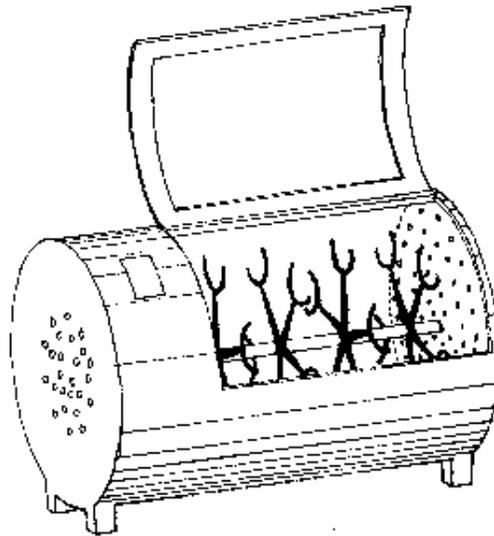


Figura 1.4 Descripción del Funcionamiento Hipotético del Sistema 1

Tomando como base la forma y dimensiones de un tambor (58 cm diámetro y 88.5 cm de altura), se emplea un sistema de eje con estructuras radiales que soportan mallas metálicas longitudinales para sujeción de huevos por presión. Se establece un flujo a lo largo del eje a través del impulso de un ventilador; el aire sale del espacio de incubación por perforaciones en toda la superficie opuesta al ventilador. La presión de las mallas sobre los huevos les impide resbalar y girar en su propio eje, permitiendo el cambio de superficie del cascarón que soporta el peso del huevo. El aire que introduce el ventilador adquiere las características de temperatura y humedad aptas para la incubación, antes de ingresar al espacio de contacto con los huevos, a través de la conducción de una malla de resistores y la vaporización del espejo de agua.

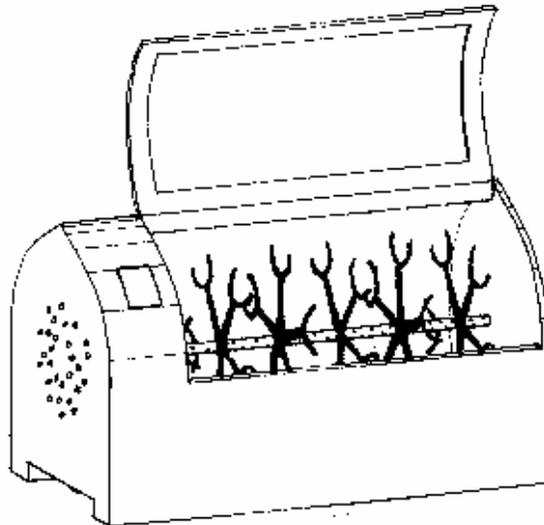


Figura 1.5 Descripción del Funcionamiento Hipotético del Sistema 2

La variación de entrada y salida del aire como fluido de incubación al espacio en contacto con los huevos, emplea una dirección concéntrica si de las paredes entra el aire y es succionado por el eje giratorio, obligando a cubrir el espacio entre estructuras de sujeción. El sentido del flujo tiene una dirección centrífuga si es a través del eje giratorio que se introduce el aire al espacio de incubación y sale a través de las paredes.

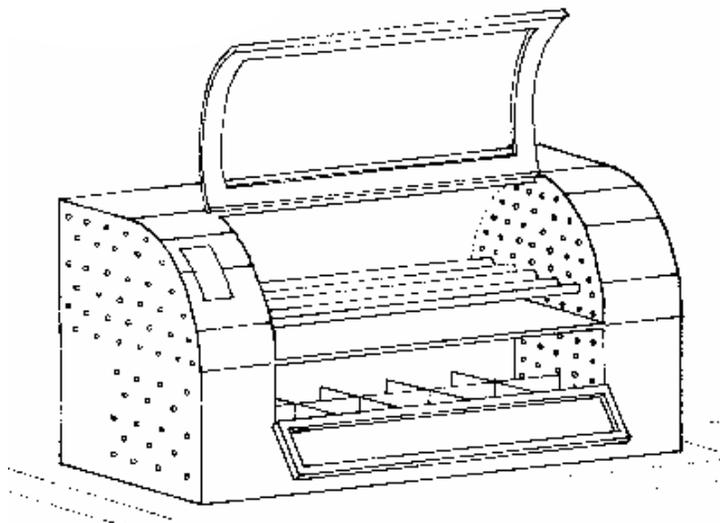


Figura 1.6 Descripción del Funcionamiento Hipotético del Sistema 3

Emplear mitades longitudinales del tambo para formar el espacio de incubación en la parte superior, mediante un sistema de rodillos y en la parte inferior dividir longitudinalmente el espacio en dos para ubicar en el fondo todos los sistemas del funcionamiento y en el del frente las rejillas separadoras de espacios para el nacimiento. El flujo de aire se hace longitudinalmente y la salida de ambos espacios (incubador y nacedero) se hace mediante un extractor. La generación del flujo y calefacción es a base de un sistema de ventilador y resistores, la humidificación con charola de agua.

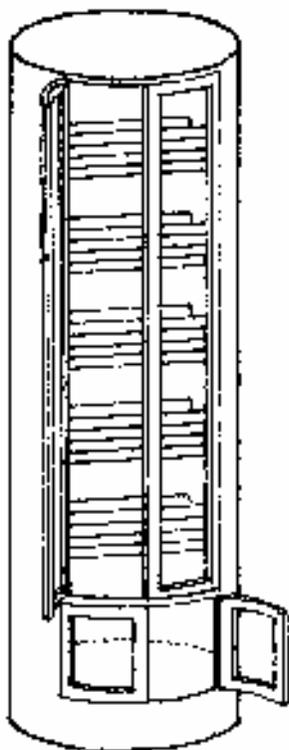


Figura 1.7 Descripción del Funcionamiento Hipotético del Sistema 4

En el espacio transversal de un tambor, empleando sistema de rodillos, se pueden hacer lotes con capacidad máxima de 14 huevos de emú, requiriéndose 5 btes de ésta capacidad para hacer rendir tanto el incubador como el nacedero con capacidad para un lote de ésta capacidad al 100%. Para ubicar los niveles de rodillos y nacedero se requiere unir dos tambors transversalmente con un espacio para libertad de movimientos de 15 cm. La generación del fluido de incubación está en la parte baja del aparato y el flujo se genera por efecto de la corriente de convección, subiendo a los espacios respectivos y saliendo por la parte alta.

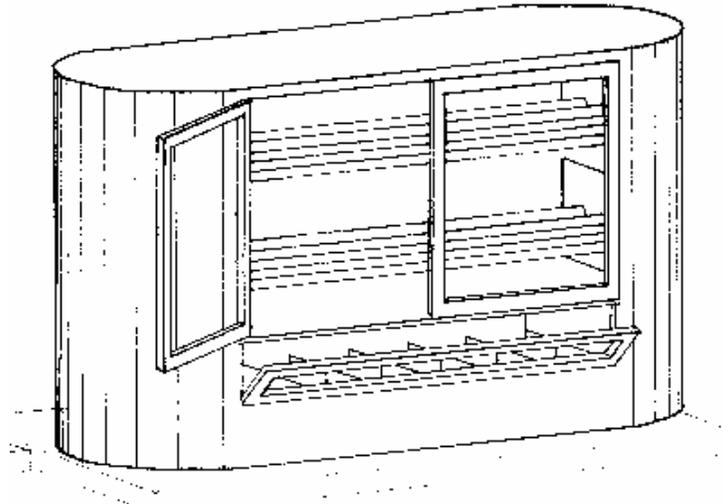


Figura 1.8 Descripción del Funcionamiento Hipotético del Sistema 5

El resultado del sistema 4 es un aparato muy alto que resulta incómodo para personas de estatura promedio de 1.60 m, por lo que se distribuyó la capacidad del incubador en 2 niveles de rodillos ubicados en la parte superior de un tambor, cuyo espacio transversal es aumentado al seccionarlo y ampliarlo la distancia requerida por el largo de los rodillos; ésta ampliación permite que el espacio de nacimiento sea dividido con rejillas. El flujo de aire se genera al introducirlo por la parte posterior del aparato y conducirlo a través de conductos a los espacios de incubación y nacimiento, de modo que evite el mayor número de choques con los huevos y elimine la formación de bolsas de aire.

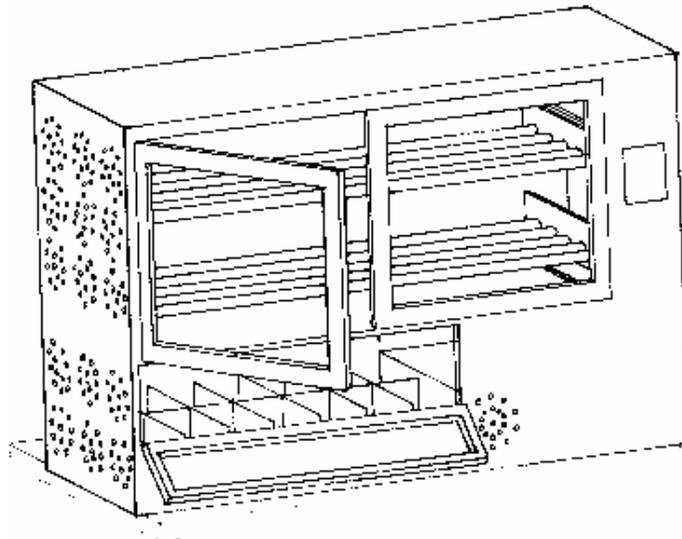


Figura 1.9 Descripción del Funcionamiento Hipotético del Sistema 6

Redistribuyendo la parte inferior del sistema 5 y eliminando la idea del uso de tambors, para el mayor aprovechamiento del espacio en esquinas con el sistema de rodillos giratorios, se emplea la profundidad completa para ubicar las rejillas de nacimiento, dando lugar a que en el espacio restante se emplee un ventilador de doble óido para la introducción del aire y generación del flujo.

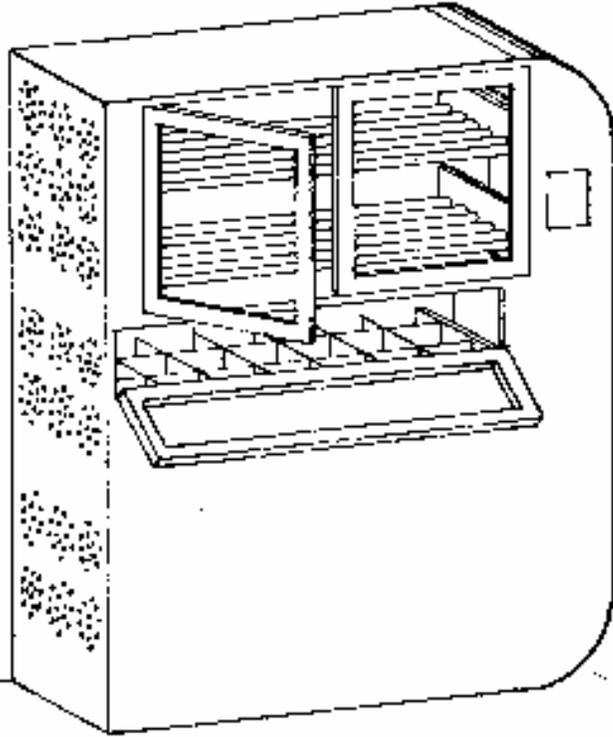


Figura 1.10 Descripción del Funcionamiento Hipotético del Sistema 7

Para eliminar el uso de soportes que eleven la altura del aparato para su cómodo manejo, se aumentan la longitud de los rodillos y por tanto la capacidad de incubación; se incrementa el espacio de nacimiento y se ubica la generación del flujo en la parte baja del aparato, empleando un ventilador de columna. Para la forma general del aparato se rescatan las curvas de los conductos que se determinaron en el sistema 5.

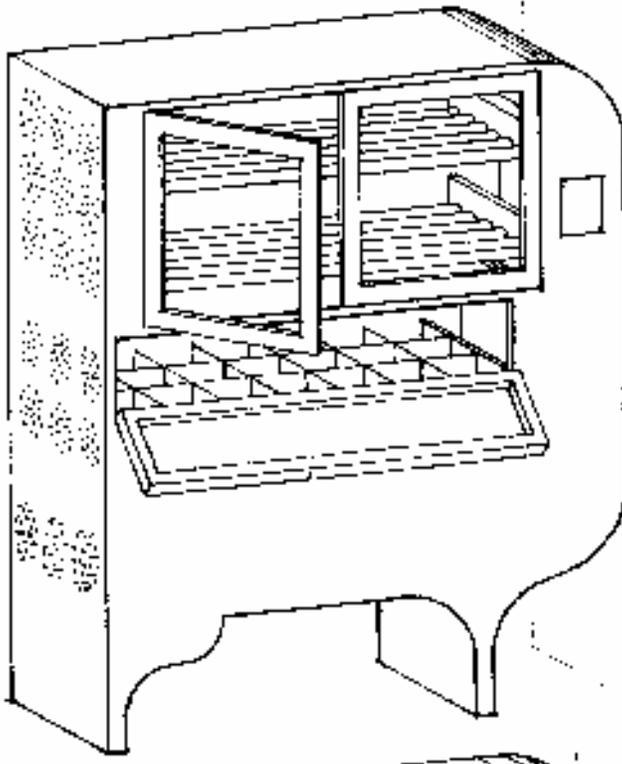


Figura 1.11 Descripción del Funcionamiento Hipotético del Sistema 8

Debido a que el espacio asignado para la generación del flujo en el sistema 7 es muy amplio y hace que la velocidad del flujo que produce el ventilador de columna, disminuya casi hasta la quietud; se implementó un soporte en forma de patas y se aumentó el depósito de agua para la charola, generando la variación de curvas que conservan el perfil que generan los conductos.

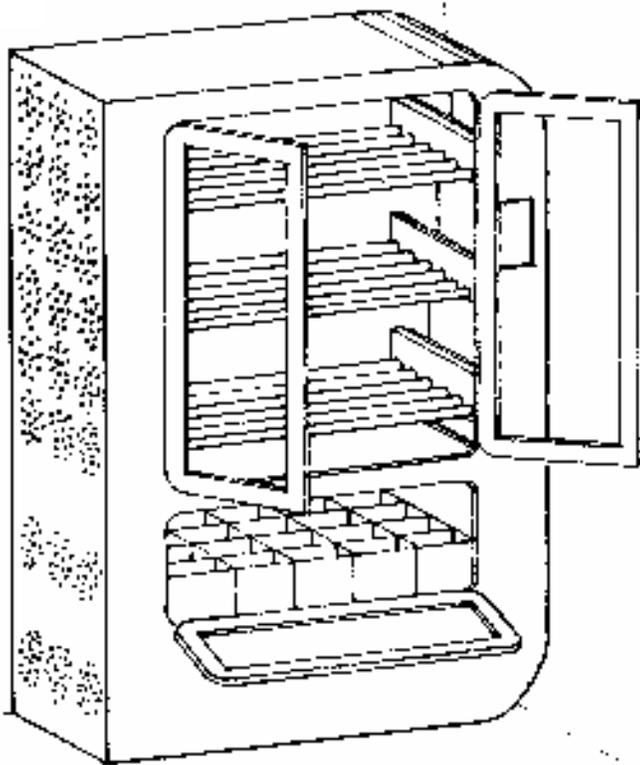


Figura 1.12 Descripción del Funcionamiento Hipotético del Sistema 9

Del análisis de capacidad y cantidad de lotes realizado, considerando variables periodos de almacenajes y cantidad de parejas ponedoras, se corrigieron las dimensiones y capacidades en incubador y nacedero, resultando 3 niveles de rodillos giratorios con capacidad total de 90 huevos y un nivel de nacimiento con 20 espacios para nacimiento, que determina la capacidad máxima de los lotes de incubación. El espacio para generar el flujo queda en la parte baja y permite que las alturas de niveles sean cómodas sin el uso de soportes que eleven la altura general del aparato.

1.5.2 Evaluación de Bocetos y Elección de la Propuesta Final

La evaluación de las propuestas bocetadas se realiza de manera similar a la evaluación de sistemas comerciales, considerando un análisis específico para la función práctica de acuerdo a criterios definidos en la tabla 1.12.

Se concluye que cualquiera de los tres últimos sistemas ofrece la mejor cobertura de la función práctica, sin embargo como el último sistema es el resultado de la corrección de dimensiones y distribución espacial en relación a las láminas ergonómicas del capítulo 3, es el sistema que se elige para el desarrollo de los subsistemas de funcionamiento para la generación del ambiente de incubación y el giro alterno de 180°.

1.5.3 Características Estético-Simbólicas del Proyecto

Para cubrir las funciones estética y simbólica de la propuesta, se hace uso de la textura y colores visibles en el proceso normal de uso.

Para el caso del sistema enfocado al emú como propósito fundamental de éste trabajo, se empleará al exterior una superficie rugosa semejante a la de los cascarones y una gama de verdes en los tonos del cascarón de huevo de emú. La superficie interna que cubre los espacios de incubación y nacedero, será lisa y en color blanco, para crear un resalte con los huevos o polluelos contenidos y para reforzar la idea de pureza e higiene en relación natural con el interior del cascarón, como lo muestra la figura 1.13.

Para la generalización de especies avícolas, los colores al exterior pueden ser amarillos para evocar el color de la yema de todo huevo y verde o azul claros, para generar el contraste entre los diferentes tipos de cascarones y mantener la idea de frescura y limpieza.

Dado que la forma que más fácilmente se adapta al funcionamiento, tiende a ser cuadrangular, los elementos configurativos como puertas, manijas, broches, palancas, botones, tableros, etc. que se puedan emplear deberán tener redondeadas las aristas a modo de suavizar los elementos angulares que puedan generar sensaciones de frialdad, pesadez o agresividad y proveer naturalidad al concepto de “incubación artificial”, cuidando que las composiciones en las que se empleen no desvíen la atención visual a zonas ajenas al funcionamiento.

Tabla 1.12 Criterios de Evaluación de la Función Práctica de las Propuestas para el Rediseño del Sistema de Incubación de Emúes

| Sistema | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|--------------------|--------|--------|--------|--------|--------|------|--------|--------|--------|
| Incubador | 40 | 50 | 24 | 72 | 80 | 70 | 80 | 80 | 90 |
| Nacedero | 0 | 0 | 10 | 16 | 14 | 14 | 14 | 14 | 20 |
| Almacenaje | 12 | 12 | 6 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 12 |
| Rendimiento | 1/ 2.4 | 1/ 1.9 | 1/ 3.3 | 1/ 1.1 | 1/ .87 | 1/ 1 | 1/ .87 | 1/ .87 | 1/ .88 |
| Automático | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 |
| Visibilidad | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 |
| Bi-función | 50 | 50 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Sin mesa | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Total | 160.4 | 160.5 | 270.28 | 270.9 | 271.1 | 346 | 371.1 | 371.1 | 371.1 |
| Posición | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 1 | 1 |

Notas:

Los dos primeros criterios se refieren a la capacidad que ofrece el aparato en cada función, el tercer criterio es el periodo de almacenaje que se considera para formar lotes de incubación con la capacidad que se ofrece en el nacedero cuya relación de rendimiento, expresada en el cuarto criterio, se refiere a la cantidad de aparatos incubadores con la capacidad que se ofrece para dar rendimiento óptimo de ambos espacios con el periodo de almacenaje determinado.

El criterio de “Automático” se refiere al nivel de funcionamiento automático del aparato.

En los sistemas 1 y 2, el rendimiento se considera empleando un nacedero comercial con capacidad de 24 espacios.

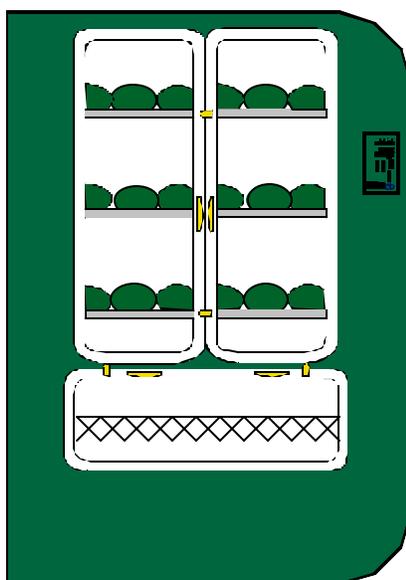


Figura 1.13 Propuesta de Solución para la Incubación Artificial de Emúes

1.6 CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO

Este capítulo presentó los resultados documentados de la práctica en la incubación artificial de emúes, de los que se establecieron los parámetros y requerimientos que debe cubrir el sistema para incubación artificial avícola, enfocado al emú; se presentaron los resultados que se obtuvieron del análisis realizado en aparatos de incubación ofertados vía Internet, del que se definieron los requerimientos, problemáticas y soluciones practicadas que permitieron detectar las principales fallas en el cumplimiento de los parámetros para el correcto desarrollo embrionario. Finalmente se expusieron las características básicas de las propuestas que se plantearon para la solución de la problemática detectada en el sistema de incubación artificial de emúes; de su evaluación se eligió la propuesta a desarrollar.

Se concluye de lo anterior, que el concepto de diseño 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 de la especie que se incuba 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 usuario-aparato, así mismo amigable entre aparato-entorno.

La propuesta de diseño seleccionada para desarrollar en éste trabajo es la de un aparato que realice la función de incubación y la de nacimiento en espacios aislados, con capacidad de 90 huevos de emú en tres niveles de rodillos para la incubación y 20 espacios para el nacimiento; 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 180° cada cuatro horas, simultáneo a los niveles de rodillos y un sistema digital para la programación del aparato y manejo de lotes de incubación.



CAPÍTULO 2: ANÁLISIS Y PROPUESTA DEL SISTEMA PARA GENERAR EL AMBIENTE DE INCUBACIÓN

Se plantea un análisis del sistema de aire forzado comúnmente usado en la incubación de emúes, a partir de la mecánica de fluidos, para definir el comportamiento del flujo en la estructura interna de los aparatos comerciales. Se definen las características para corregir las deficiencias en los parámetros para la incubación de emúes encontradas en el capítulo anterior y se propone a través de un análisis termodinámico, las condiciones mediante las cuales se pueden solucionar dichas deficiencias, mediante un sistema de regulación automática.

2.1 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 caliente forman el fluido del ambiente de incubación. La presión ejercida por el ventilador sobre el fluido 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 emúes (figura 2.1) son los de bandejas 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 en forma de hoz, 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 y genera la humedad relativa interna entre el 20% y 35%. 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 éstas 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 2.2.

Aunque un aparato grande requiere mayor intercambio de aire, los problemas del flujo son encontrados con mayor frecuencia en aparatos chicos [31]. 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 las 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 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 a abajo en forma de "D".

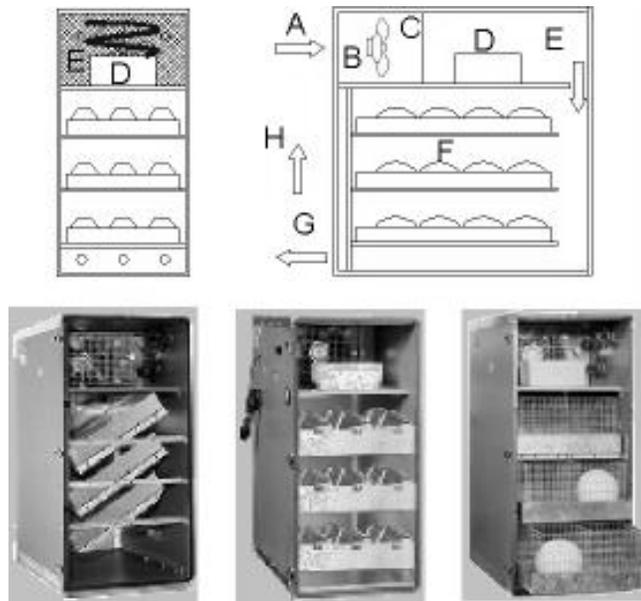


Figura 2.1 Funcionamiento en los Sistemas Comerciales para Incubación de Emues

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

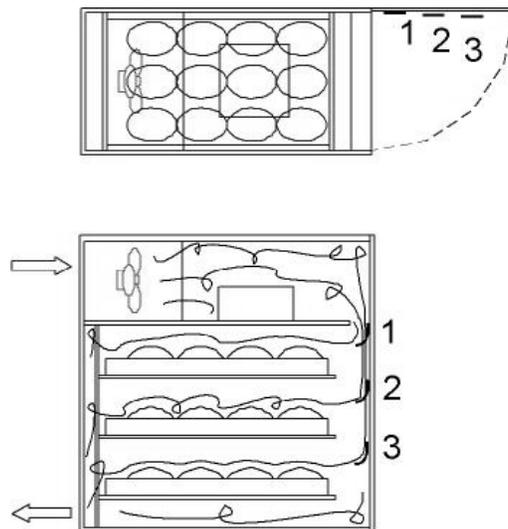


Figura 2.2 Flujo en los Sistemas Comerciales para Incubación de Emues

Ante los problemas de flujo, se ha optado por adaptar dispersores de aire en distintas posiciones de tambaleo (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 bandejas es más frecuente encontrar éstos problemas en la bandeja de arriba, por lo cual se recomienda como parte del manejo, re-posicionarlas 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 [32] figura 2.2.

2.2 CARACTERÍSTICAS DEL FLUIDO Y DEL FLUJO DE INCUBACIÓN

Para que un embrión de emú se desarrolle requiere un ambiente con una temperatura entre 35.5° y 36.9° C (96° a 98.5° F), una humedad entre el 20% y 35% (21° a 24° C o 70° a 75° F en higrómetro) y un 21% de oxígeno que pueda ser mantenido constante 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 presentan 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.

2.2.1 Fluido y Flujo de Incubación en los Sistemas Comerciales

El ambiente de incubación es el flujo de un fluido de aire tibio y húmedo distribuido en el espacio de incubación; con la temperatura, oxígeno y humedad apropiados para el desarrollo del embrión. Éste 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 homogenizador y distribuidor del fluido para el ambiente interno de la incubadora.

Analizando las definiciones y teoría de dinámica de fluidos, proporcionados en el anexo 2, y aplicándolos a la figura 2.1, que muestra el funcionamiento del sistema de aire forzado en aparatos de bandejas giratorias y que es similar a los demás sistemas comerciales; se puede concluir que el fluido y el flujo dentro del sistema que forma el aparato de incubación, tienen las siguientes características:

- Fluido ideal con temperatura y presión constantes.
- Fluido newtoniano incompresible en estado gaseoso con densidad constante.
- Flujo subsónico de aire sobre superficies sólidas y objetos lisos.
- 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.

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 los puntos mencionados y generen un flujo cuyo análisis se simplifique para

poder estudiarlo en cualquier punto dentro del aparato. Para facilitar el análisis del flujo debe procurarse que sea laminar estable, laminar inestable o rotatorio estable.

2.2.2 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 menester diseñar un sistema que incluya no sólo la forma de generar el flujo sino también de 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 mantengan un movimiento descriptible en cada punto durante la mayor parte de tiempo posible. Para cubrir éstos aspectos se propone lo siguiente:

Diseñar un sistema como el mostrado en la figura 2.3, que introduzca aire del entorno con condiciones iniciales de temperatura y humedad independientes, succionado a través de un ventilador axial con un área de introducción de 0.04 m^2 . Una vez dentro del aparato, el sistema debe impulsar el aire de modo que pueda llegar y salir del espacio de incubación y del de nacimiento, con un comportamiento definido en 5 etapas:

- Conducción 1: calentamiento del aire entrante por medio de una malla que sostiene un resistor eléctrico cuya transferencia de calor permita el cambio de fase y eleve la temperatura hasta la necesaria en el nacimiento.
- Cambio de Fase: vaporización de un espejo de agua cuya área genere mediante la saturación del volumen de aire inmediato sobre éste, la masa de vapor que contenga una humedad promedio del 26%, relativa al volumen de aire total del aparato; mediante la transferencia de calor constante que mantenga la temperatura del aire a la requerida por el nacedero.
- Convección 1: flujo de un fluido de aire con la temperatura del nacedero y la humedad apta para el incubador, a través de un conducto que por su material constituya un sistema adiabático e isotérmico.
- Conducción 2: calentamiento del fluido por medio de una segunda malla que sostiene un resistor eléctrico cuya transferencia de calor eleve la temperatura hasta la adecuada para el incubador.
- Convección 2: flujo de un fluido de aire a la temperatura y humedad requeridas por el incubador, a través de un sistema de conductos que por su material generen un sistema adiabático e isotérmico con el entorno.

Con la conformación del aparato propuesto (figura 2.3) y las 5 etapas definidas, el comportamiento del flujo (figura 2.4) será el siguiente: El movimiento de las aspas del ventilador hacen que el flujo sea turbulento inestable; al canalizarlo a un conducto de área fija en el que no hay objetos con los que pueda chocar y por la permanencia continua del mismo movimiento; tiende a establecerse una presión inicial constante y líneas de flujo turbulentas estables. Aumentar el área del conducto es aumentar la presión, disminuir la velocidad y por tanto el movimiento, disminuyendo la turbulencia. Al mantener ésta área constante, el movimiento de las líneas del flujo se hace laminar estables. Hacer la división del área en varios conductos en una posición paralela a las líneas de flujo evita choques, turbulencias y mantiene la presión y velocidad del flujo. Con la reducción de área de cada conducto, la velocidad y el movimiento aumentarán sin dejar de ser un flujo laminar estable. Al llegar al espacio de incubación o

nacimiento, la presencia de otras superficies y el ensanchamiento del conducto, pueden generar nuevamente un flujo turbulento inestable. Para contrarrestar éste efecto, se buscó que la introducción del aire tuviera la superficie de los huevos como continuación de las paredes del conducto.

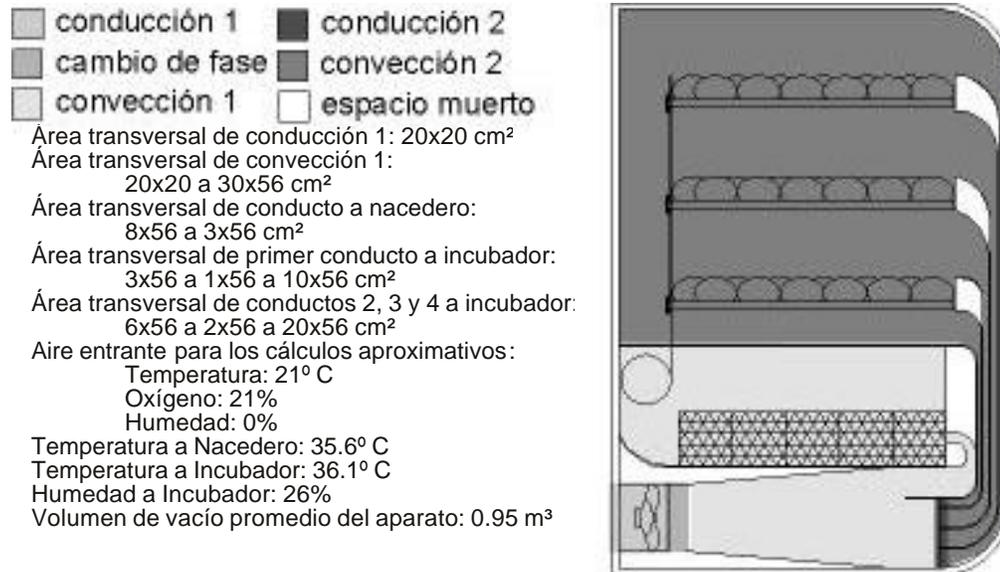


Figura 2.3 Definición de Zonas en el Sistema Propuesto para Generar el Fluido y el Flujo de Incubación

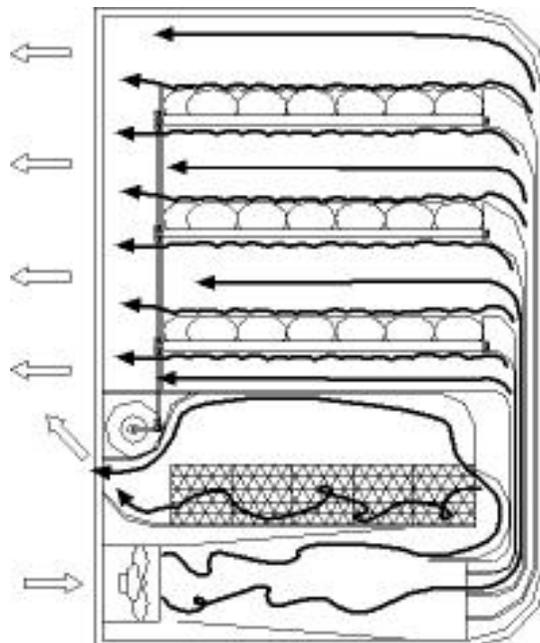


Figura 2.4 Flujo en el Sistema Propuesto

La variación del área transversal en los conductos permite controlar las velocidades del flujo. La forma de introducir el aire de los conductos y la forma de los mismos, permite mantener líneas de flujo laminares.

En el nacedero se vuelve turbulento el flujo, sin embargo la velocidad de introducción y paso entre los huevos o polluelos es mayor, permitiendo la renovación del oxígeno mas rápido.

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

- La homogenización y estabilización del fluido y del 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.
- La laminación del flujo se realiza (principalmente para el espacio de incubación) durante el transporte y debe ser concluida antes de introducirse al espacio respectivo.
- La velocidad del fluido al salir de los conductos e ingresar al espacio de incubación debe ser la misma.
- Debido a la baja velocidad de introducción del flujo al incubador, 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 de 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 circulación de aire más rápida en éste espacio [33].
- El flujo y generación del fluido se realiza de abajo hacia arriba para aprovechar tanto el efecto de la corriente de convección [34] como el espacio de uso incómodo o poco frecuente en mobiliario, para ubicar el funcionamiento del aparato en el que el avicultor no tiene intervención, que se analizará en el capítulo 3.

2.2.3 Resultado de los Parámetros Internos en el Aparato Propuesto

Para iniciar el análisis del comportamiento físico del flujo y del fluido, es necesario calcular la densidad volumétrica de masa, que dependerá de las condiciones iniciales del aire que se introduce y de la altitud en la que trabaje el sistema.

Para definir los resultados que se presentan del flujo y del fluido se consideraron como condiciones iniciales del entorno, una temperatura de 21° C como promedio del rango relativo del confort humano (18° - 23° C) [35], una humedad del 0 % y un 21 % de oxígeno. Para la succión e impulso del aire se consideró un ventilador axial similar al usado comercialmente cuyas características al igual que los parámetros para aire y vapor de agua, se incluyen en el anexo 3; las condiciones internas a emplear son valores medios de los rangos de temperatura y humedad usados en la práctica para incubación de emúes.

Para calcular la masa del vapor de agua dentro de la mezcla se toma como base la ecuación de la humedad relativa (Hr) [36]:

$$Hr = \frac{m_{existente}}{m_{saturada}} \times 100\% \quad (2.15)$$

$m_{saturada}$ es la masa de vapor de agua que satura 1 m³ de aire seco,
 $m_{existente}$ es la masa de vapor de agua existente en el volumen de aire; con lo cual la masa total de un fluido de aire húmedo (m_{fluido}) queda definida como:

$$m_{fluido} = m_{aire} * 100\% + m_{saturada} * Hr. \quad (2.16)$$

De los límites aceptados para la humedad en la incubación de emúes, puede determinarse mediante la ecuación de la recta que une los puntos extremos de la figura 2.5, que el porcentaje de humedad que corresponde a 72° F es 26%.

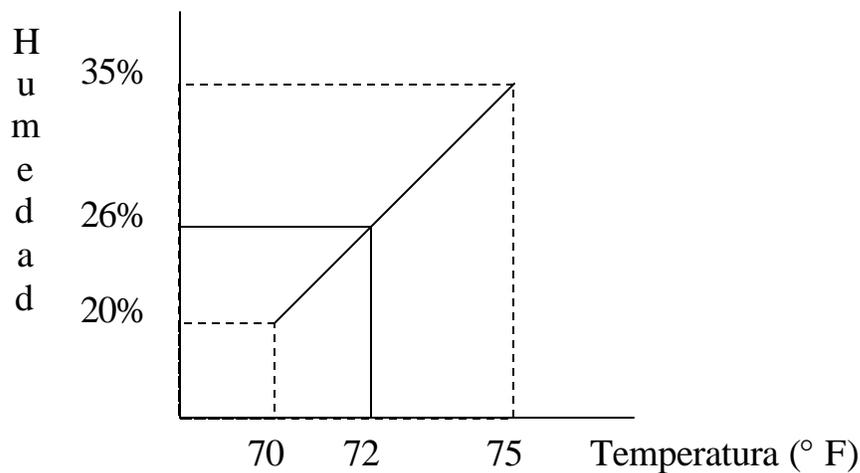


Figura 2.5 Gráfica para la Correspondencia de la Humedad en Porcentaje y en Grados Fahrenheit de Higrómetro

La masa del fluido y su densidad volumétrica, que cubren las mejores características para la incubación de emúes y los requerimientos del sistema propuesto en éste trabajo son:

$$m_{fluido} = 1300.91 \text{ g/m}^3 \quad ; \quad \rho_{fluido} = 0.0013 \text{ g/cm}^3$$

Con 10.91 g/m³ de vapor de agua. La masa de fluido necesaria para el volumen del aparato propuesto es de 1235.36 g.

La densidad volumétrica de masa del fluido a 35.6° C y a 36.1° C es la misma, con lo que se demuestra que el fluido es incompresible.

Para el análisis de la generación del fluido de incubación se emplearon las expresiones de transferencia de calor por conducción y por convección. Para el cálculo del espejo de agua se partió de la entropía específica de evaporación a 35.6° C, a 36.1° C y de la eficiencia del trabajo para el cambio de estado en la ecuación A2.18 del anexo 2.

2.2.4 Cambio de Estado y Transferencia de Calor en Conducciones 1 y 2

El trabajo que se debe realizar en la malla 1 es el equivalente a transferir 2417.4118 J/g, y la entalpía del fluido a 35.6° C es 5881.78 J/g

Partiendo de un procedimiento similar pero para 36.1° C se obtiene que la entalpía del fluido a 36.1° C es 5776.59 J/g. La diferencia de entalpías del fluido determina la cantidad de trabajo a realizar en la malla 2 para elevar 1° C la temperatura del fluido, que equivale a 105.19 J/g.

Para determinar las temperaturas a las que debe estar cada malla es necesario conocer las características del material resistor de la malla y emplear la analogía de la ecuación A2.15 del anexo 2.

Dependiendo de la temperatura a la que esté la malla 1, empleando el último término de la ecuación A2.15 del anexo 2 es posible calcular el ancho del espejo de agua necesario para evaporar 1 g, si $A = 0.04 \text{ m}^2$.

Como regla de seguridad, el alambre por el que pase la corriente debe ser una aleación con nicromo y tener dimensiones tales que el calor desarrollado no eleve su temperatura más arriba del rojo [37].

2.2.5 Transferencia de Calor en Convecciones 1 y 2

Para determinar el material aislante a emplear en el aparato se evalúa la ecuación A2.14 del anexo 2 en relación a las características del material, la entalpía del fluido a la temperatura respectiva y el tiempo que le tomaría para empezar a funcionar como un sistema adiabático.

2.2.5.1 Velocidades y Presiones Internas en el Recorrido del Aparato Propuesto

De acuerdo a las dimensiones del aparato que del estudio ergonómico se definieron; a las características del ventilador; a la densidad volumétrica del fluido y a la conservación de la masa, los valores de la velocidad en el trayecto propuesto, son:

- Velocidad máxima en zona de cambio de estado: 10.5 m/s
- Velocidad previa a inicio de conductos: 2.5 m/s
- Velocidad máxima por reducción de conductos: 7.5 m/s
- Velocidad de introducción a incubador: 0.75 m/s
- Velocidad de introducción a nacedero: 6.66 m/s

De acuerdo a las velocidades definidas y al comportamiento del fluido, las presiones del trayecto propuesto son:

- Presión dinámica en zona de cambio de estado: 71.66 Pa
- Presión dinámica previa a inicio de conductos: 4.06 Pa
- Presión dinámica de introducción a nacedero: 28.83 Pa
- Presión dinámica de introducción a incubador: 0.36 Pa
- Presión del fluido previa a conductos: 1.91 Pa

- Presión del fluido en nacedero: 4.00 Pa
- Presión del fluido en incubador: 12.96 Pa
- Presión absoluta constante para el nacedero: 101357.83 Pa
- Presión absoluta constante para el incubador: 101338.32 Pa

2.3 CONTROL ELECTRÓNICO, AUTOMÁTICO Y DIGITAL

Dado que la temperatura, humedad y oxígeno del ambiente de incubación pueden presentar variaciones por cambios en las condiciones climáticas de la zona en la que funciona el aparato, para mantener la estabilidad del ambiente de incubación el sistema que lo genera debe ser regulado y controlado por sistemas flexibles que puedan adaptarse automáticamente a las variaciones que se presenten durante el periodo de incubación completo.

Para regular y controlar automáticamente dicho proceso se empleará un sistema electrónico que a través de sensores en la entrada, el espacio de incubación y en el de nacimiento (figura 26), mantengan una lectura constante de las variaciones de humedad y temperatura.

La forma de operar del sistema electrónico, se muestra en la figura 2.7 mediante el diagrama de flujo para el sistema de regulación y será la siguiente: La lectura registrada por los sensores llegará al circuito y se comparará con los parámetros definidos para la incubación de emús; si la lectura registrada oscila dentro de un rango de tolerancia de $\pm 0.275 \text{ }^\circ \text{C}$ ($\pm 0.5 \text{ }^\circ \text{F}$) para la temperatura establecida y un rango por obtener para la humedad, se emitirá una señal traducida en un tablero digital, descrito en el próximo capítulo, como información de temperatura y humedad tanto del incubador como del nacedero. Para normalizar las lecturas, se emitirá una señal que aumente o reduzca el calor de la primer o segunda malla de resistores o el área de agua expuesta para evaporación, en un índice que se determinará en base a las expresiones del anexo 2, en relación a las lecturas de los sensores.

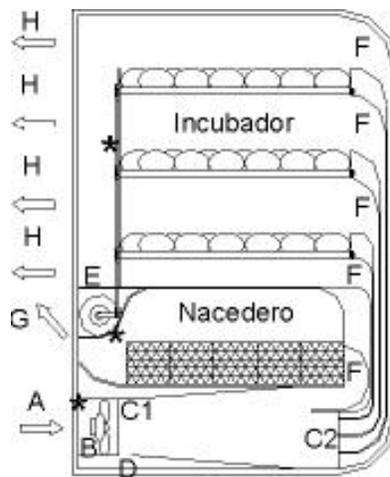


Figura 2.6 Sistema para Generar el Ambiente de Incubación en el Aparato Propuesto

- | | |
|---|---|
| A Entrada de aire por succión | F Conductos de transporte del fluido que determinan la variación de velocidad del flujo |
| B Ventilador | G Salida del flujo del nacedero |
| C1 y C2 Mallas de calentamiento | H Salida del flujo del incubador |
| D Espejo de agua para cambio de estado por conducción | * Ubicación de los sensores |
| E Motor para el giro del mecanismo | |

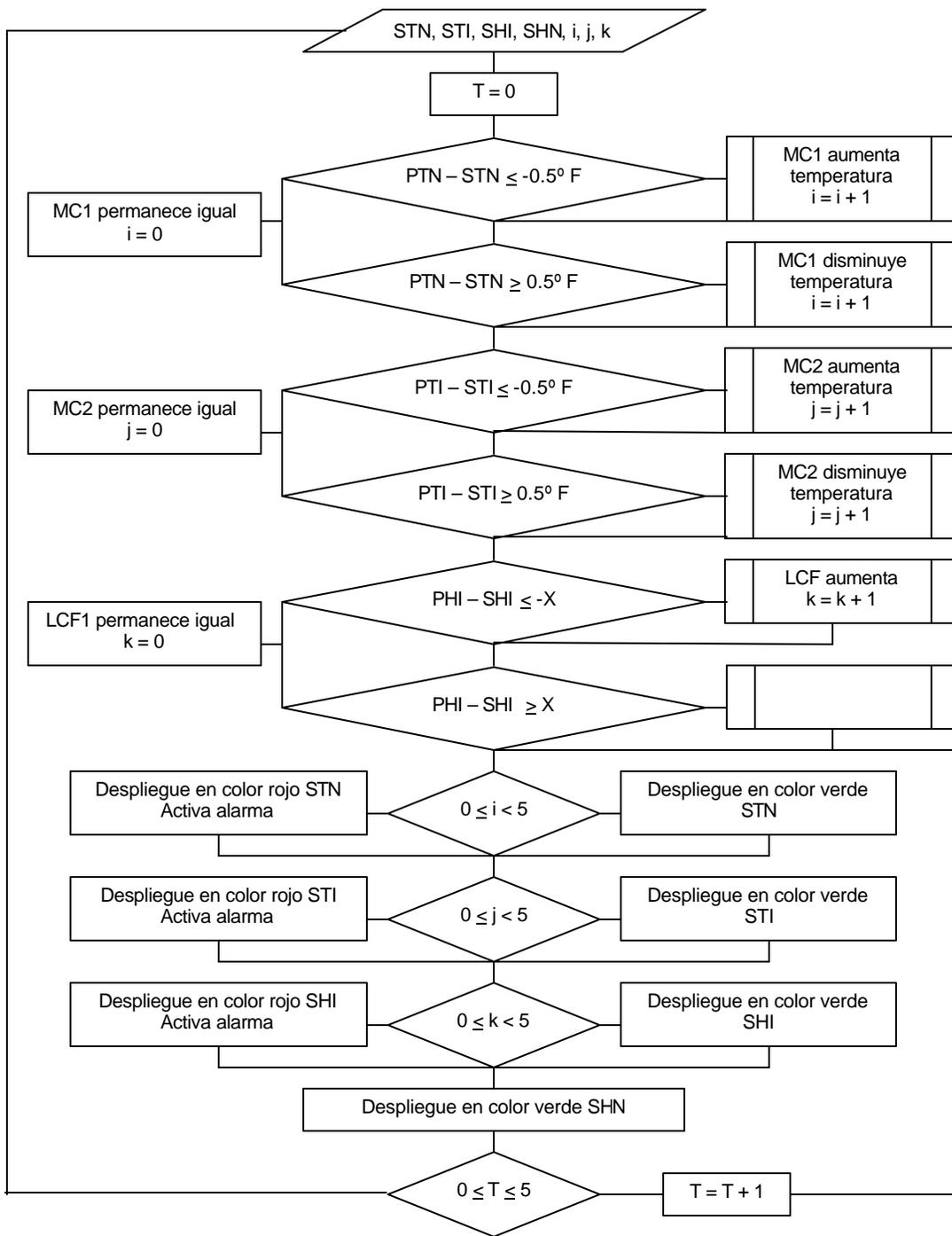


Figura 2.7

Diagrama de Flujo para el Sistema de Control

Definición de variables:

| | | | |
|-----|---------------------------------------|-----|--------------------------------------|
| MC1 | Malla de Calentamiento 1 | MC2 | Malla de Calentamiento 2 |
| LCF | Largo de charola par Cambio de Fase | X | Rango para variación de humedad |
| STN | Sensor de Temperatura en Nacedero | SHN | Sensor de Humedad en Nacedero |
| STI | Sensor de Temperatura en Incubador | SHI | Sensor de Humedad en Incubador |
| PTI | Parámetro de Temperatura en Incubador | PHI | Parámetro de Humedad en Incubador |
| T | Contador de Reloj | PTN | Parámetro de Temperatura en Nacedero |

Se consideró una tolerancia de $\pm 0.5^\circ$ F en lugar de $\pm 1.0^\circ$ F, como recomienda el autor Phillip Minnaar [38], para poder obtener las lecturas de 96.5° F, 97.5° F o 98.5° F, referidas en el capítulo 1.

Con el sistema descrito se espera resolver el problema de las variaciones y errores en la regulación manual de la temperatura y humedad que hay que realizar al inicio de cada temporada de postura y reducir la supervisión frecuente de las condiciones de incubación, por el avicultor, que como parte del cuidado para una exitosa incubación debe tener con los sistemas comerciales con que cuenta.

Se espera además que el correcto funcionamiento de éste sistema elimine la necesidad del seguimiento y acciones de control en la pérdida de peso en el huevo que recomiendan los autores Minnaar [39]; reduciendo el manipuleo de los huevos por el avicultor, al establecer parámetros para la humedad producto de experimentación sobre el aparato propuesto, válidos para el mismo.

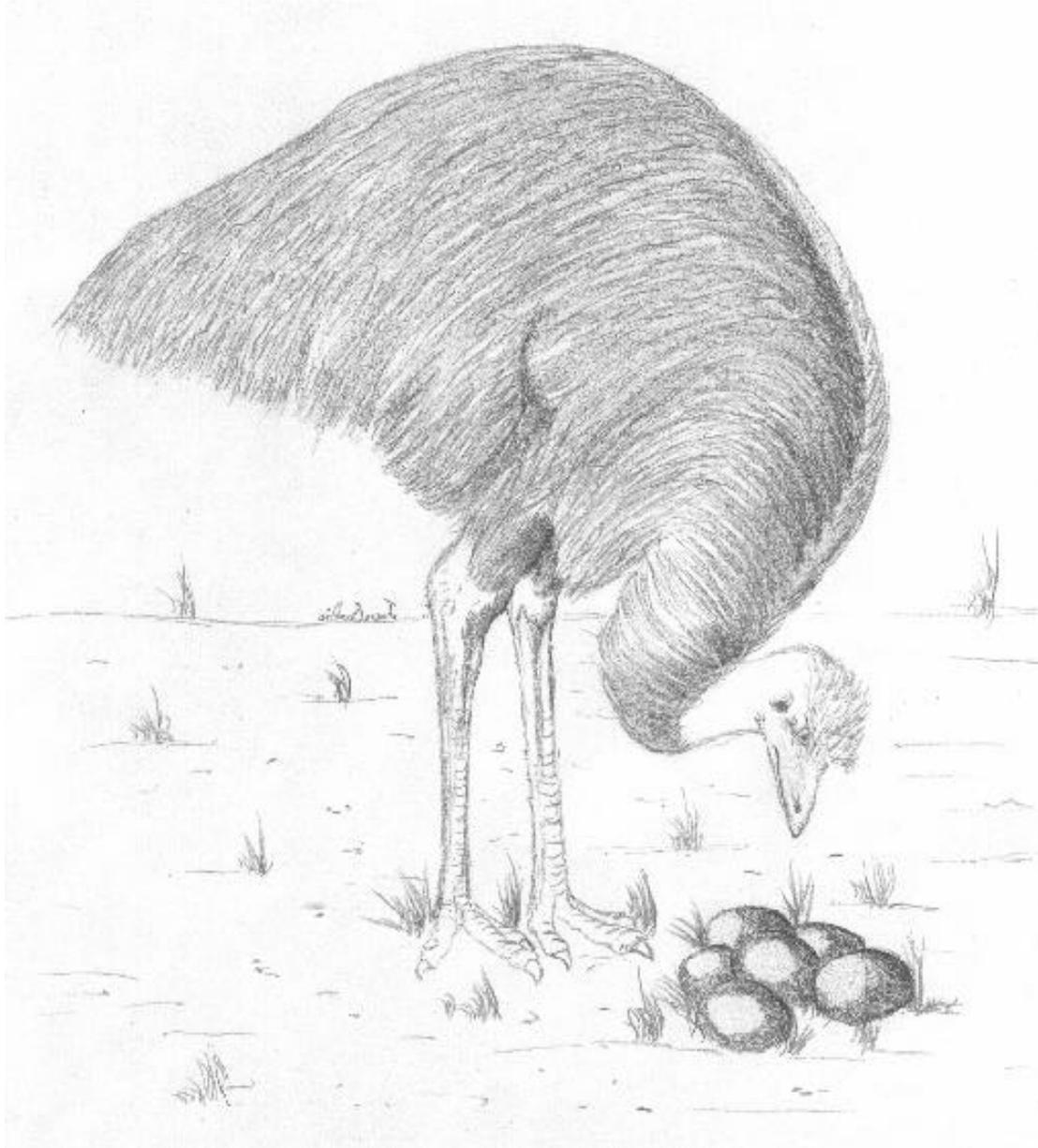
La forma de obtener los parámetros de regulación es mediante una base de datos producto de cálculos como los realizados para obtener los resultados de las secciones 2.2.3, 2.2.4 y 2.2.5.1, mediante el uso del anexo 2 y 3

2.4 CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO

En éste capítulo se analizó y determinó la propuesta para la generación y mantenimiento del ambiente de incubación, a partir de la relación huevo-aparato, al analizar conforme a la mecánica de fluidos, el comportamiento del flujo en el sistema de aire forzado dentro de las estructuras que ofrecen los sistemas comerciales; para determinar sus características y corregirlas mediante una propuesta de estructura y distribución internas en el aparato. Se concluyó que para mantener homogéneas las características del fluido en el espacio en contacto con los huevos o polluelos, 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 su trayectoria.

Mediante un análisis termodinámico, se determinó que las características del sistema para regular automáticamente los parámetros de temperatura y humedad demandados por cada etapa de la gestación, es a través de un par de mallas para calefacción, un depósito de agua y sensores de temperatura y humedad controlados por un sistema electrónico.

Se reportaron los resultados del fluido para condiciones iniciales específicas de altitud y clima, así como sus características de velocidad y presión dentro del aparato propuesto, para ejemplificar los resultados que se esperan obtener en la verificación y evaluación con un prototipo funcional.



CAPÍTULO 3: INTERACCIÓN USUARIO-APARATO Y PROPUESTA ESPACIAL

Mediante un análisis ergonómico se determinan las dimensiones para la distribución interna del aparato. De la relación entre la cantidad de parejas ponedoras y el periodo de almacenaje para la formación de lotes de incubación, se propone un sistema de interacción usuario-aparato que facilita su manejo y aprovechamiento en la incubación de emúes, respecto a las capacidades del aparato propuesto. Se desarrolla la propuesta mecánica para el giro alterno de 180°, mediante un sistema de manivela y palancas; se definen los esfuerzos de trabajo de los elementos estructurales para varios materiales de construcción y finalmente se plantean las modificaciones al sistema propuesto para su adaptación a la incubación de otras especies avícolas.

3.1 ASPECTO ERGONÓMICO

Un aspecto que parece no haber sido considerado en los modelos comerciales es la relación ergonómica del aparato con el avicultor. Un estudio al respecto permite diseñar el sistema para la incubación artificial avícola, de acuerdo a parámetros que faciliten el manejo del aparato y reduzcan riesgos o fatiga por movimientos incómodos en el avicultor.

La posición del sistema de ventilación y generación del ambiente para incubación propuesto se ubica en la parte baja del aparato como se vio en la figura 2.5 del capítulo anterior, por dos razones: 1.- Evitar la elevación del aparato para conseguir una altura cómoda acorde a la estatura promedio en México y 2.- Eliminar la posibilidad de que el aire que sale del aparato vuelva a ser introducido; como se vio en el capítulo anterior, que podía ocurrir en los aparatos comerciales en los que la succión (arriba) y la descarga (abajo) del aire están en la misma pared. Además el acceso al aparato se dispuso longitudinalmente como lo muestra la figura 3.1, para evitar que el flujo del fluido fuera recibido en la cara del avicultor al usar el aparato (como ocurre en los sistemas comerciales ver figura 3.2), permitir mayor visibilidad sin iluminación interior adicional, facilitar y ampliar el espacio para movimientos de manejo con huevos y polluelos.

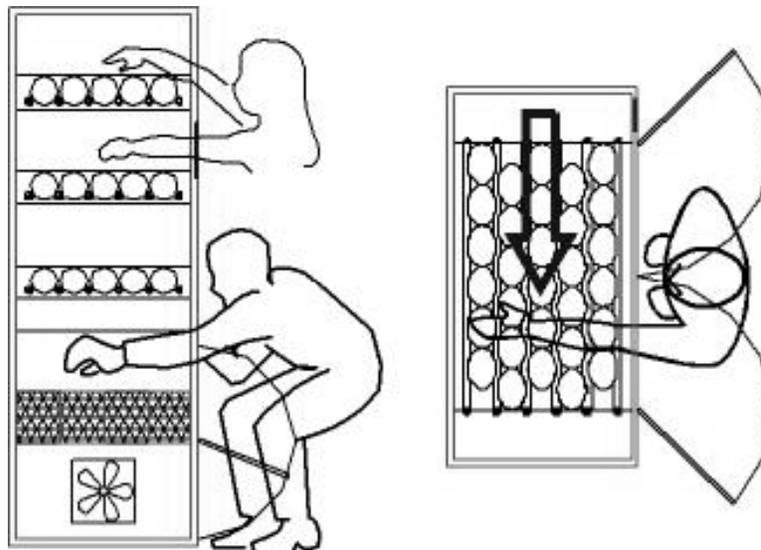


Figura 3.1 Accesibilidad y Movimientos de Manejo en el Aparato Propuesto

Apréciense la accesibilidad usuario-aparato y el campo visual.

A) Incubador, B) Nacedero, C) Sistema de funcionamiento. Modelo 1.60 m.

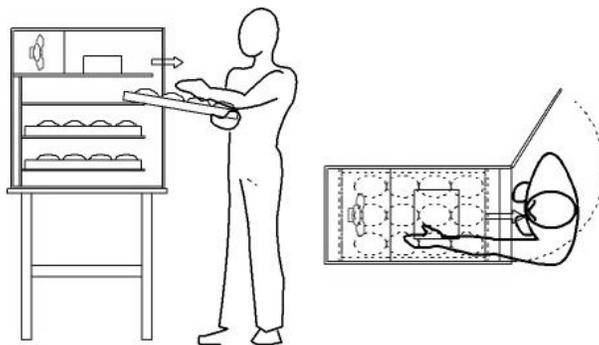


Figura 3.2 Movimientos de Manejo en Aparatos Comerciales

Note que el flujo de aire es recibido en la cara del usuario mientras trabaja con el aparato.

3.1.1 Distribución y Dimensiones

Las dimensiones finales del aparato que se muestran en la figura 3.3, fueron determinadas por el estudio de movimientos en relación al percentil de estaturas: Femenino 50-5 (1.49 - 1.59 m) y Masculino 40-5 (1.71 - 1.61 m) [40, 41], a las dimensiones correspondientes de profundidad y altura para muebles (figura 34) y a las medidas mínimas para la libertad en movimientos de manos que muestra la tabla 3.1, en comparación con los movimientos que puede implicar el manejo de huevos o de polluelos dentro del aparato.

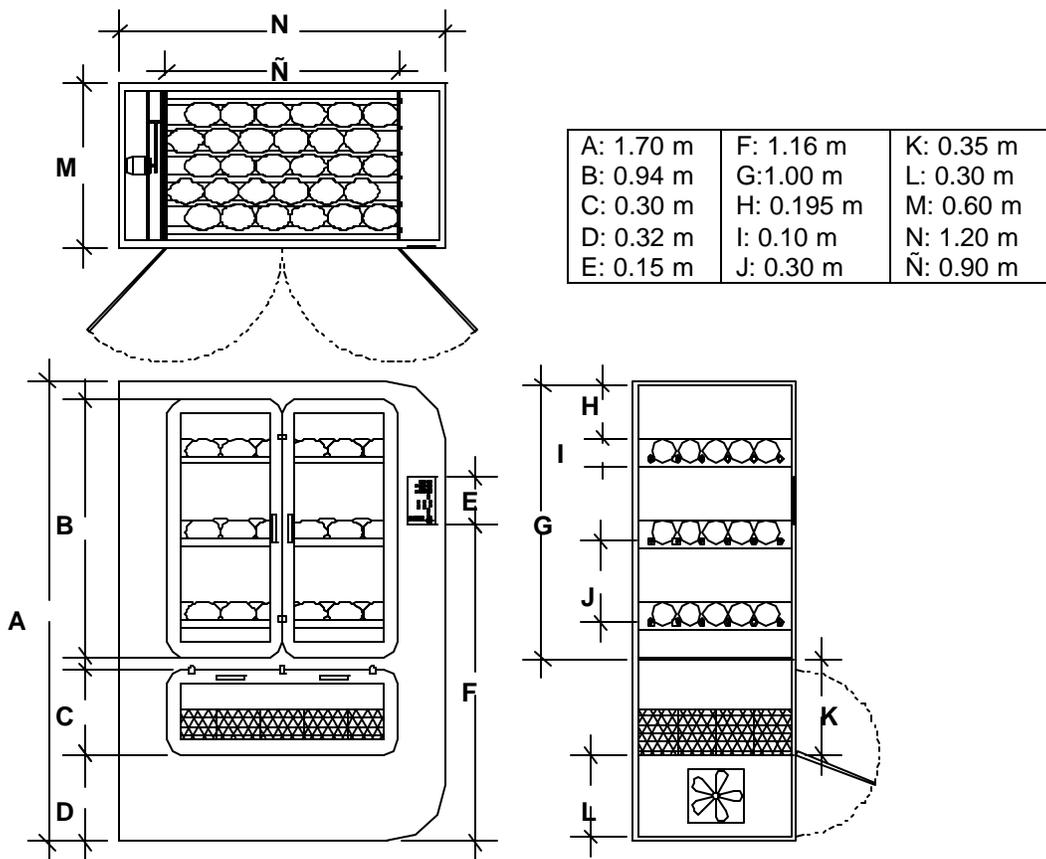


Figura 3.3 Dimensiones del Aparato Propuesto

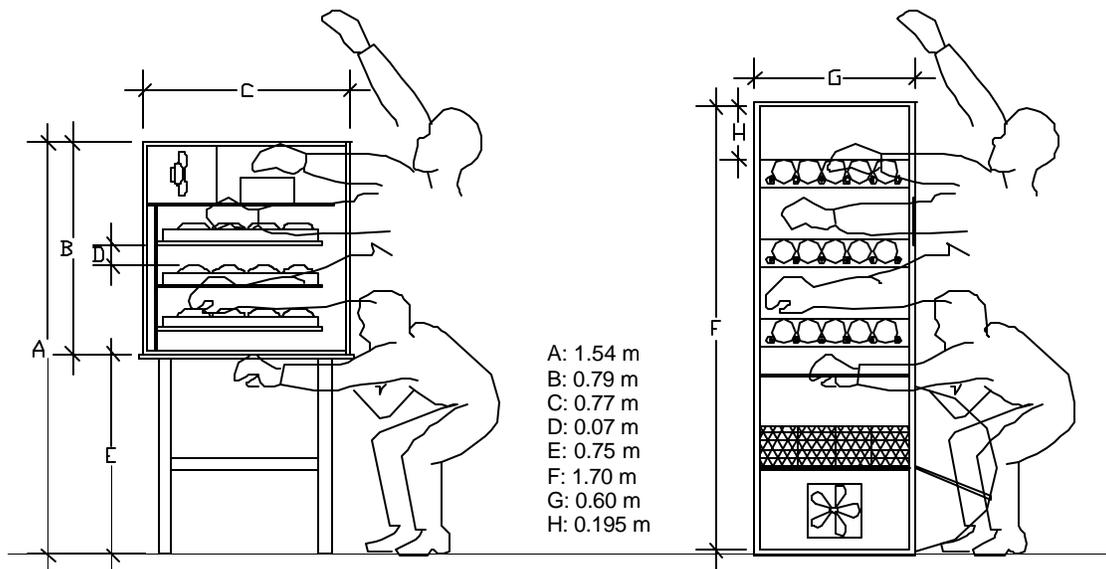


Figura 3.5 Superposición de Siluetas para Profundidad y Altura de Mobiliario en el Sistema Comercial y en el Sistema Propuesto

Comparación de las dimensiones en altura y profundidad de mobiliario con las proporciones empleadas en los aparatos comerciales y el aparato propuesto. Obsérvese los espacios internos para la libertad de movimiento de manos.

De las actividades para el manejo en la etapa de incubación recomendados por Phillip Minnaar [42], se analizaron las actividades de manipulación que debe tener el usuario con los aparatos comerciales (figura 3.2); con el objetivo de reducir o hacer los movimientos más seguros, tanto para la carga de huevos al aparato como para la comodidad del avicultor. Se dispuso la distribución de la figura 3.1, por las siguientes razones:

1. Almacenar los huevos en filas continuas de punta a punta del huevo y discontinuas de ancho a ancho; permite que el contacto de las superficies del cascarón con el fluido sean lo más grandes entre huevo y huevo, así como aprovechar el espacio.
2. El acceso al aparato por la parte más larga permite tener una mayor accesibilidad y visibilidad al interior del mismo.
3. Aprovechar el espacio inferior para ubicar el nacedero y el sistema para generación del ambiente de incubación, permite una altura cómoda para el manejo.
4. El incubador se compone de 3 niveles con 30 huevos cada uno, dando una capacidad total de 90 huevos.
5. El nacedero se forma de 20 espacios, con lo cual soporta lotes con capacidad máxima de 20 huevos.
6. Las dimensiones del aparato son: largo 120 cm, profundidad 60 cm y altura 170 cm.
7. Los movimientos de transporte del aparato se muestran en la figura 3.7.

3.1.2 Estiba, Embalaje y Movimientos de Transporte

El empaquetado es la tecnología para guardar, proteger y preservar los productos durante su

distribución, almacenaje y manipulación, a la vez que sirve como identificación y promoción del producto e información para su uso [43]. En éste proyecto se debe considerar como parte de la ingeniería de producto que se relacione con el embalaje del aparato propuesto.

El embalaje de un objeto es la caja, cubierta o envoltura, que le sirve como protección para garantizar su bienestar y facilita su transporte. Para el caso del aparato que se propone, el embalaje sirve para la protección del acabado final en los materiales de la superficie más que para garantizar su bienestar o facilitar su transporte, debido a que la estructura del aparato es la que recibe directamente los esfuerzos derivados de la estiba y del transporte.

La estiba es la conveniente colocación de los pesos en un buque de almacenaje, en especial de su carga. Ofrece la mejor opción de almacenaje sobre un objeto empaquetado. Las capacidades y formas de estiba del aparato propuesto se muestran en la tabla 3.2.

El material que forma la estructura externa del aparato es el que le brinda la protección contra golpes y vibraciones, por lo tanto el embalaje puede ser una caja de cartón o una envoltura plástica, siendo preferente desde el punto de vista ecológico la caja de cartón, dado que genera menos contaminantes y ofrece la posibilidad del reciclaje.

Ante la configuración del aparato propuesto, la estiba con una carga múltiple al peso del aparato empaquetado, se puede hacer por cualquiera de las superficies del embalaje, a razón de la expresión A4.6 del anexo 4., donde la carga genera un esfuerzo de compresión o aplastamiento en el material de la cubierta del aparato, resultando las posibilidades de estiba máxima expresadas en la tabla 3.2.

El transporte se puede realizar en posición indiferente, a menos que alguna de las partes componentes para el control automático requiera una posición específica de transporte o de funcionamiento. El transporte en distancias cortas en cantidades individuales, se puede realizar fácilmente por un par de personas, como se muestra en las ilustraciones de la figura 3.6.

Tabla 3.2 Posibilidades de Estiba Máxima en el Aparato Propuesto Según Materiales de Construcción

| Material con un coeficiente de seguridad de 0.5 en el esfuerzo máximo | Estiba sobre superficie superior o inferior cuya área es 0.6 m ² | Estiba sobre superficie frontal cuya área* es 1.32 m ² | Estiba sobre superficie posterior cuya área es 2.02 m ² | Estiba sobre superficie lateral derecha cuya área es 1.02 m ² | Estiba sobre superficie lateral izquierda cuya área es 0.78 m ² |
|---|---|---|--|--|--|
| Madera | 15 x10 ⁶ N | V 33 x10 ⁶ N | 50.50 x10 ⁶ N | 25.5 x10 ⁶ N | 19.5 x10 ⁶ N |
| Poli estireno | 14.4 x10 ⁶ N | V31.68 x10 ⁶ N | 48.48 x10 ⁶ N | 24.48 x10 ⁶ N | 18.72 x10 ⁶ N |
| * La superficie no es homogénea, es una combinación con vidrio o acrílico, por lo tanto la carga máxima expresada es la mínima que soporta la combinación de acuerdo a: | | | | | |
| M Madera | | P Poli estireno | | V Vidrio | |
| | | | | A Acrílico | |

3.2 INTERACCIÓN USUARIO-APARATO: MANEJO

Como se pretende contribuir a la difusión de la crianza de emúes en México tanto entre las personas que conocen la crianza avícola como entre quienes inician en ésta labor, se busca hallar la forma de entablar la comunicación usuario-aparato que prescinda de asesoría técnica especializada, para capacitar a cualquier tipo de usuario en el manejo correcto de acuerdo a sus necesidades y contribuir en la incorporación del aparato a las condiciones del criadero. Para tal efecto el control electrónico, automático y digital, descrito en el capítulo 2, tiene una ampliación de funciones al proporcionarle al avicultor opciones para el manejo de lotes de incubación, de acuerdo al rendimiento óptimo del aparato acorde a las necesidades de su criadero al inicio de cada temporada de postura.

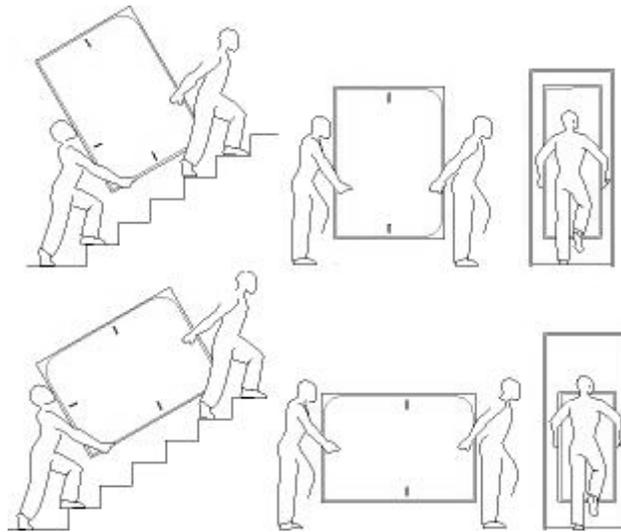


Figura 3.6 Movimientos para el Transporte del Aparato Propuesto en Distancias Cortas

3.2.1 Lógica Requerida para el Funcionamiento del Programa

De acuerdo al número de parejas de emúes ponedoras al inicio de temporada con que cuente el criadero y al tiempo de almacenaje menor o igual a 14 días, se calcularon las opciones para la capacidad y cantidad de lotes de incubación posibles en el espacio de incubación y su relación con la capacidad en nacimiento (tabla 3.3).

Para cada lote que ingresa, el programa representado en el diagrama de flujo de la figura 3.7, calcula y registra el número consecutivo de lote incubado, el día de entrada y el de bajada al nacedero de acuerdo al primer día de incubación de la temporada. Estos datos se incluyen junto con las lecturas constantes de temperatura y humedad en incubador y en nacedero, en el tablero de información constante para el avicultor (figura 3.8), con el objetivo de facilitar el control en la etapa de incubación. En el mismo tablero se presenta el teclado necesario para poder programar el aparato de acuerdo a la tabla 3.3.

Para iniciar la programación del aparato, con las flechas direccionales hay que activar la casilla de "DÍAS DE INCUBACIÓN", escribir mediante teclado "47" (último día de giro en incubación de emúes) y presionar "OK".

La "CAPACIDAD DE LOTE" es desplegada automáticamente de acuerdo a la tabla 3.3 y al dato de "PAREJAS PONEDORAS" que introduzca el avicultor en el momento de programar el aparato.

El dato que despliegue el programa en "CAPACIDAD DE LOTE", puede servir como parámetro al avicultor para decidir el periodo de almacenaje que le conviene manejar para el mejor rendimiento del aparato, de acuerdo al parámetro de postura que presente su criadero (tabla 3.5). Para activar las funciones integradas, el avicultor debe introducir después de los "DÍAS DE INCUBACIÓN", la cantidad de "PAREJAS PONEDORAS" con que cuenta para ese periodo de postura y presionar "OK". El programa realizará un despliegue de datos en las casillas "DÍAS DE ALMACENAJE" y "CAPACIDAD DE LOTE", de acuerdo a las combinaciones de la tabla 3.3. Con las flechas direccionales, el avicultor podrá ver cada una de las combinaciones y presionar "OK" cuando la combinación desplegada sea la que considere más semejante a las características que presenta su criadero en ese periodo de postura.

Tabla 3.3 Guía para el Uso y Programación del Aparato Propuesto

| Días de Almacenaje | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|----------------------------------|-----|-----|-----|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Cantidad de lotes | 90 | 30 | 18 | 12 | 11 | 9 | 7 | 6 | 6 | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 |
| Aprovechamiento de incubador (%) | 100 | 100 | 100 | 93.3 | 97.8 | 100 | 93.3 | 93.3 | 93.3 | 88.9 | 88.9 | 88.9 | 88.9 | 88.9 |
| Capacidad de lotes | 1 | 3 | 5 | 7 | 8 | 10 | 12 | 14 | 14 | 16 | 16 | 20 | 20 | 20 |
| Aprovechamiento de nacedero (%) | 5 | 15 | 25 | 35 | 40 | 50 | 60 | 70 | 70 | 80 | 80 | 100 | 100 | 100 |

| DA | 1A | 2A | 2B | 3A | 3B | 3C | 4A | 4B | 4C | 4D | 5A | 5B | 5C | 5D | 5E | 6A | 6B | 6C | 6D | |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|
| 14 | 5 | 10 | 10 | 14 | 15 | 15 | 18 | 19 | 20 | 20 | | | | | | | | | | |
| 13 | 5 | 9 | 10 | 13 | 14 | 15 | 17 | 18 | 20 | 20 | 20 | | | | | | | | | |
| 12 | 4 | 8 | 8 | 12 | 12 | 12 | 15 | 16 | 16 | 16 | 18 | 19 | 20 | 20 | 20 | | | | | |
| 11 | 4 | 8 | 8 | 11 | 11 | 12 | 14 | 15 | 16 | 16 | | | | | | | | | | |
| 10 | 4 | 7 | 8 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 16 | 16 | 15 | | | | | | | | | |
| 9 | 3 | 6 | 6 | 9 | 9 | 9 | 11 | 12 | 12 | 12 | 13 | 14 | | | | | | | | |
| 8 | 3 | 6 | 6 | 8 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 12 | 12 | 13 | 14 | | | | | 13 | | |
| 7 | 3 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 9 | 10 | 12 | 12 | 10 | 12 | | | | | | 11 | | |
| 6 | 2 | 4 | 4 | 6 | 6 | 6 | 7 | 8 | 8 | 8 | 8 | 9 | 10 | 10 | 10 | | | 9 | 10 | |
| 5 | 2 | 4 | 4 | 5 | 5 | 6 | 6 | 7 | 8 | 8 | 7 | 8 | | | | | | 7 | | |
| 4 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 5 | 6 | | | 5 | 7 | | | | | | 5 | 7 | |
| 3 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 5 | 5 | 5 | | | 3 | 4 | 5 |
| 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | 3 | | | 2 | 3 | | | | | | 2 | 3 | |
| 1 | 1 | 1 | | 1 | | | 1 | | | | 1 | | | | | | | 1 | | |

Simbología:

1A 1: Cantidad de parejas ponedoras **A:** Patrón de comportamiento de postura en criadero

DA Días de Almacenaje.

A Una sola pareja pone el primer día de postura de la temporada, las demás lo hacen, una cada día consecutivo.

B Dos parejas ponen el primer día de postura de la temporada, las demás lo hacen, una cada día consecutivo.

C Tres parejas ponen el primer día de postura de la temporada, las demás lo hacen, una cada día consecutivo.

D Cuatro parejas ponen el primer día de postura de la temporada, las demás lo hacen, una cada día consecutivo.

E Cinco parejas ponen el primer día de postura de la temporada, las demás lo hacen, una cada día consecutivo.

Las partes en sombreado claro son la capacidad de lotes al cuál el aparato es capaz de dar el rendimiento óptimo en los porcentajes mencionados arriba, considerando cifras exactas del ciclo completo para cada lote introducido. Los números de las casillas delineadas bajo las columnas 6A, 6B y 6C, es el patrón de comportamiento en el que para más de 6 parejas ponedoras, el aparato puede dar rendimiento óptimo.

NOTA: Los datos tabulados fueron considerados para posturas óptimas donde todos los huevos puestos por parejas ponedoras regulares, sean incubados.

Para criadores que cuenten con al menos 4 parejas de reproductores, la forma recomendable para programar el aparato es primero almacenar los primeros huevos de la temporada de postura al menos cinco días, para que tenga una idea de qué condición de postura tiende a presentar su criadero para esa temporada y le sea mas fácil elegir la programación conveniente.

3.2.2 Tablero: Configuración y Manejo

La forma de comunicación aparato-usuario se lleva a cabo a través de un tablero que despliegue constantemente los datos de temperatura y humedad tanto en incubador como en nacedero; los datos del lote en incubador más próximo a bajar a nacedero, los datos que definen la programación del aparato en relación a la tabla 3.3 y las teclas que permitan el manejo descrito en el apartado anterior, como se muestra en la figura 3.8.

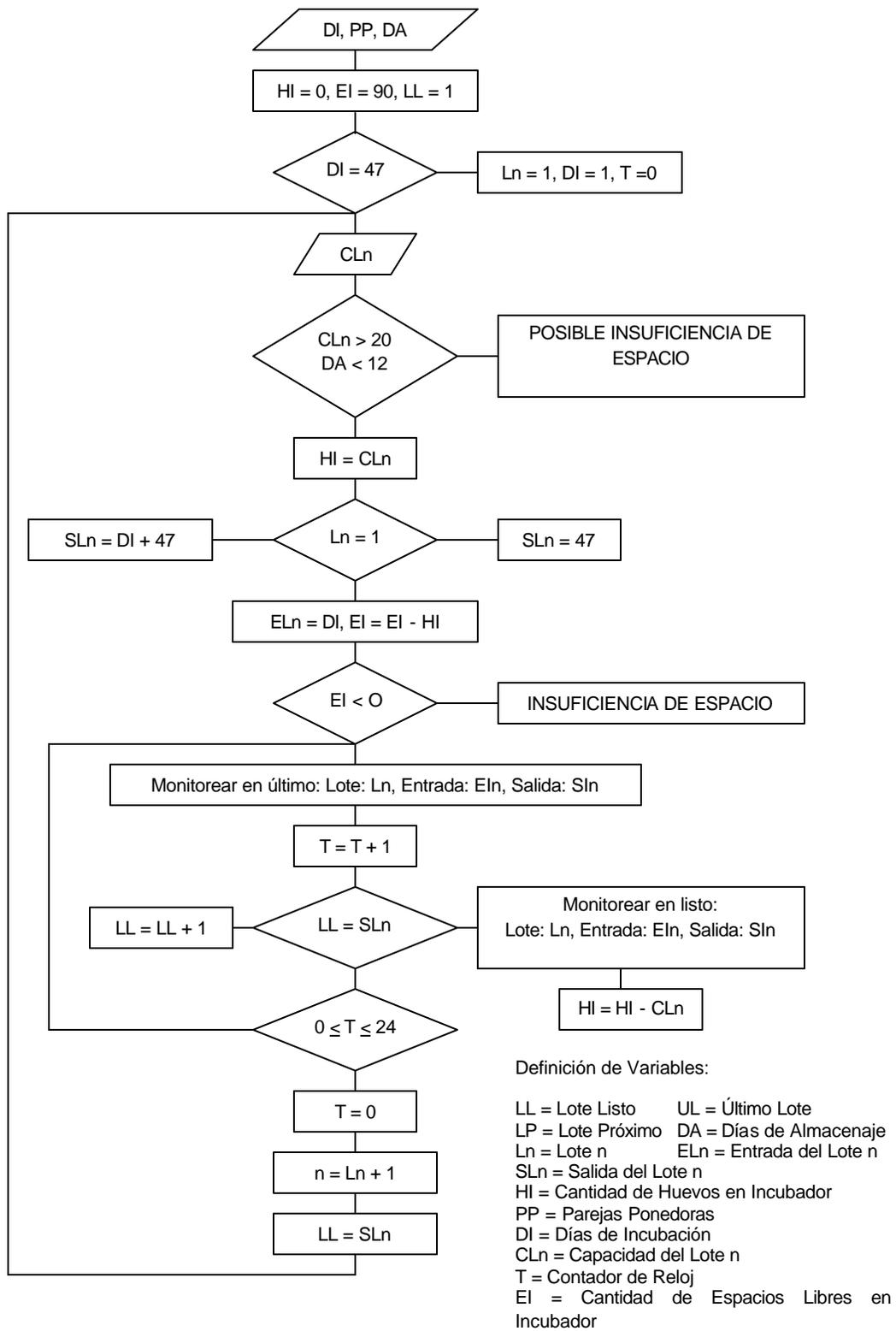


Figura 3.7 Diagrama de Flujo para la Lógica del Programa



Figura 3.8 Tablero de Información Constante, Programación y Control Digital

- A. Lectura constante de la temperatura en incubador.
- B. Lectura constante de la humedad en incubador.
- C. Lectura constante de la temperatura en nacedero.
- D. Lectura constante de la humedad en nacedero.
- E. Conteo consecutivo a partir de 1, de los días transcurridos en incubación, a partir del día de inicio del primer lote de la temporada, hasta que se termine de sacar los polluelos del último lote.
- F. Datos del lote más próximo a bajar a nacedero. Se encenderá únicamente durante un día previo y el día del cambio para que cualquiera de los días que se baje impida que el polluelo nazca en el incubador.
- G. Datos del último lote introducido al incubador.
- H. Datos que corresponden al próximo lote a introducir en incubador. Se mantiene encendido el número consecutivo del lote; para registrarlo hay que ubicarse en la casilla de capacidad de lotes, introducir el número de huevos que contiene el lote y presionar OK, si aparecen los nuevos datos en las casillas de ACTUAL, es signo de que quedó correctamente registrado; de lo contrario titilarán los datos de las casillas ubicadas en PRÓXIMO como sinónimo de insuficiencia de espacio en incubador.
- I. Ésta casilla junto con la de PAREJAS PONEDORAS, sirven como auxiliar en la elección de la mejor programación para la temporada, en relación a los datos de la tabla 3.3.
- J. Casilla para la introducción de datos que emplea el programa para hacer los cálculos respectivos al diagrama de flujo de la figura 3.7.
- K. Teclado para la programación y uso de las funciones integradas del programa de control.

3.3 SISTEMA MECÁNICO DE GIRO PROPUESTO

Dado que los sistemas de rodillos resultaron ser los más aproximados a cubrir los parámetros de producto industrial tanto en la valoración con los aparatos comerciales como con los bocetos propuestos incluidos en el primer capítulo; el sistema que se decidió emplear para la propuesta es mediante uso de rodillos.

Lo que compete ahora es definir el mecanismo que genere el giro simultáneo a los rodillos. Originalmente se planeaba realizarlo a base de transmisores de potencia por cadena y engranes, impulsados por un moto-reductor como muestra la figura 3.9; sin embargo para las bajas velocidades requeridas para realizar el giro, el efecto de cuerda [44] que se genera es muy notorio provocando vibraciones que podrían ser nocivas para los embriones. Emplear otros transmisores de potencia como correas, bandas planas o en V requiere de manufactura especial de acuerdo a las cargas y dimensiones específicas del aparato, con lo que se dificulta el mantenimiento correctivo por falta de disponibilidad de refacciones y encarece la manufactura.

Se optó por analizar a detalle el sistema que genera el giro en los aparatos de bandejas que

resultó ser el más simple, de piezas más sencillas y el más comercializado dado que fue mayor la cantidad de empresas que lo ofrecen en sus productos.

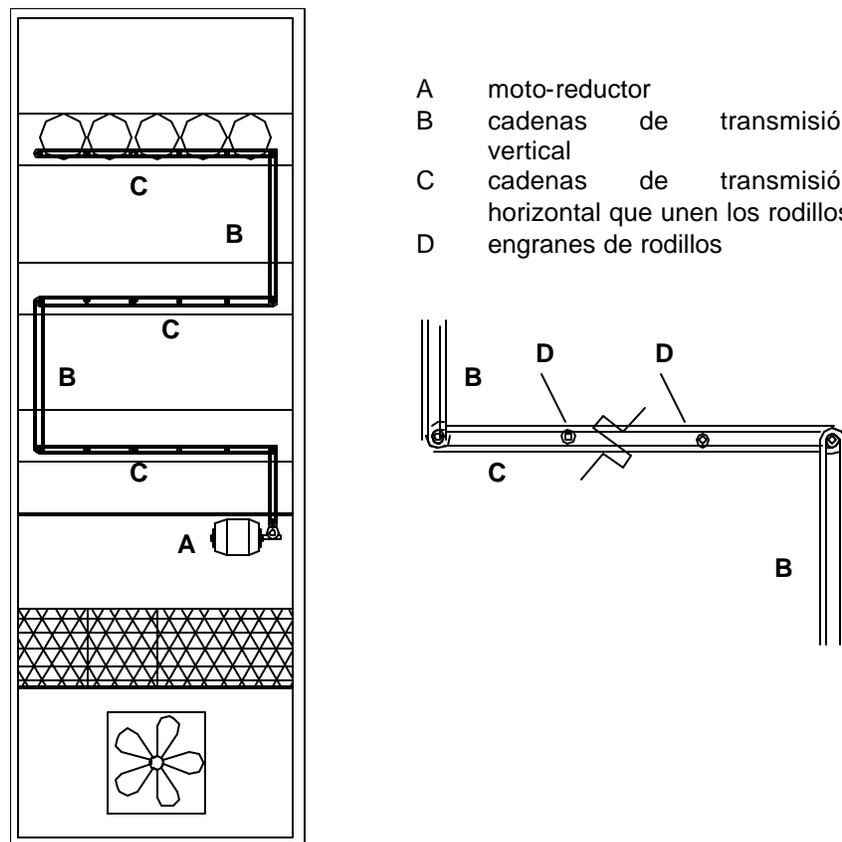


Figura 3.9 Propuesta para el Mecanismo de Giro con Cadenas de Rodillo

El sistema de engranes y cadenas de rodillo, que permite varios niveles de almacenaje, funciona con rodillos que en cada extremo tienen un soporte fijo que les permite girar; uno de éstos soportes conecta todos los rodillos por medio de engranes a una cadena que a la vez se conecta a un engrane que genera el giro simultáneo a los rodillos al hacer mover la cadena. El engrane común es movido por un moto-reductor que permite reducir la velocidad pero no el cambio de dirección en el giro.

El sistema que emplean las bandejas giratorias, les genera el giro a base de un moto-reductor que transmite la potencia a través de una leva excéntrica y una palanca con articulaciones próximas a un extremo del soporte móvil de cada bandeja giratoria, generándoles en media revolución, una posición a 45° de la horizontal; el tiempo de trabajo es controlado por un temporizador que permite en un minuto realizar media revolución en la leva y volverlo a activar una hora después para que gire la otra media vuelta e invierta el sentido del ángulo de 45° respecto a la horizontal.

3.4.1 Frecuencia de Giro

De lo mencionado en el capítulo 1 y en el anexo 1 referente al giro y frecuencia de giro para el emú, y del análisis de los aparatos comerciales, se concluyó que realizando giros de 180° alternos cada 4 horas, se cubren 3 ciclos de 360° efectivos al día. En los sistemas de bandejas giratorias el cambio de posición se hace en un minuto y permanece así por 2 horas; en sistemas de rodillos y perchas giratorias se ejecuta de modo similar.

La frecuencia de giro depende de la relación entre engranes y cadenas estándares que generen de manera simultánea 1.77 vueltas a rodillos de $\varnothing = 1"$ (2.54 cm).

$$\frac{\varnothing_{\text{huevo de emú}}}{2\varnothing_{\text{rodillo}}} = 1.77 \quad (3.1)$$

Donde $\varnothing_{\text{huevo de emú}}$ es el diámetro de un huevo de emú de tamaño promedio y $\varnothing_{\text{rodillo}}$ es el diámetro externo de los rodillos giratorios.

La ecuación 3.1 es la relación entre el perímetro de los rodillos y la mitad del perímetro promedio de los huevos, donde \varnothing es el diámetro respectivo y 1.77 es el número de vueltas que debe dar el rodillo para girar los huevos aproximadamente 180° .

3.4.2 Componentes del Mecanismo de Giro Propuesto

Ante la distribución que quedó definida en 3 niveles de rodillos, que deben ser movidos simultáneamente de modo que todos los rodillos de un nivel giren en el mismo sentido; se propone hacer uso de un sistema de manivelas comunes unidas horizontalmente a los rodillos de cada nivel; los rodillos de los extremos tienen en la misma articulación de la manivela horizontal, una segunda manivela común que los une verticalmente entre niveles y se prolongan hasta un par de poleas transmisoras del giro unidas por una cadena de rodillo. Uno de los eslabones de la cadena tiene fijo el extremo opuesto de un seguidor de leva excéntrica.

La leva excéntrica desplaza el seguidor en su parte alta una distancia igual a la necesaria para generar el giro de 180° con rodillos de 1 pulgada de diámetro. En la parte más cercana al eje de la leva, el contacto del seguidor habrá recorrido la distancia para el giro en la dirección inversa.

La precisión de la frecuencia y el sentido de giro están controlados por el sistema de leva excéntrica y moto-reductor sin la necesidad de emplear algún circuito de corriente alterna para invertir el sentido. El moto-reductor debe cubrir en una velocidad de 0.5 rpm la transmisión de potencia que demanda la fuerza total de torsión de los niveles totalmente cargados.

La inestabilidad que pueda generar en las líneas de flujo el giro es despreciable debido a que el flujo es permanente, constante y el tiempo que dura es despreciable en relación al tiempo en que permanece estático.

Para definir las características de los elementos del mecanismo, se partió de la distribución y dimensiones definidas en la figura 3.3, de las dimensiones promedio de un huevo de emú, que son: 13.5 cm de largo, 9 cm de ancho, 28.27 cm de perímetro vertical y 610 gr de peso [45] y de las propiedades elásticas de la tabla A4.3 del anexo 4.

Para determinar los materiales y las secciones transversales de los elementos, es necesario determinar los esfuerzos críticos de trabajo y su punto de aplicación en relación a la forma en que actúa la carga sobre el elemento. Los conocimientos que se emplearon de resistencia de materiales se anexan al final del documento.

Los elementos estructurales que conforman la propuesta mecánica tienen predeterminadas las siguientes características:

Rodillos, conformados por un tubular redondo de 1 pulgada como diámetro externo, unido a través de un balero a la palanca de manivela común por medio de un pasador perpendicular

a su superficie, como se muestra en la figura 3.10.

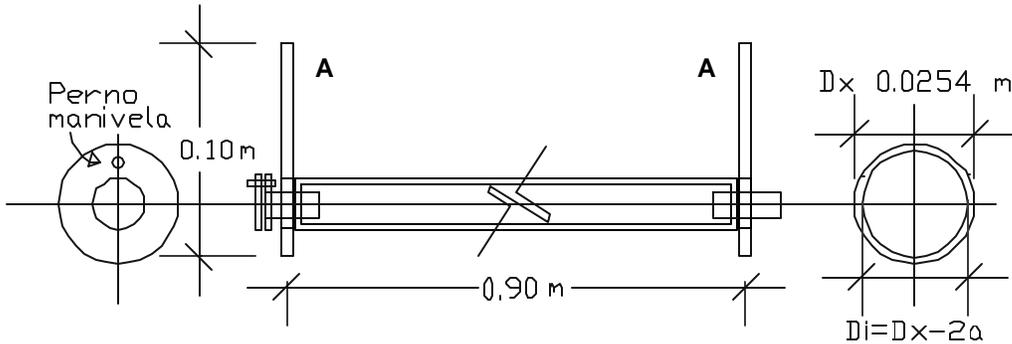


Figura 3.10 Características de los Rodillos Giratorios en el Sistema Propuesto

A: soporte de rodillos

Dx: diámetro externo del rodillo

Di: diámetro interno del rodillo

A la izquierda se muestra un detalle del extremo de los rodillos que embona con el mecanismo de giro; a la derecha se muestra un detalle de la sección transversal del rodillo.

Soportes de rodillos, cuya parte de trabajo estructural es únicamente a partir del eje de rodillos hacia abajo; la parte superior es protección que funciona como tope a los huecos que se ubican en los extremos de la fila, funciona además para evitar la formación de una bolsa de aire a la salida del aparato. Los soportes van empotrados en ambos extremos al material de cubierta como se ve en la figura 3.11.

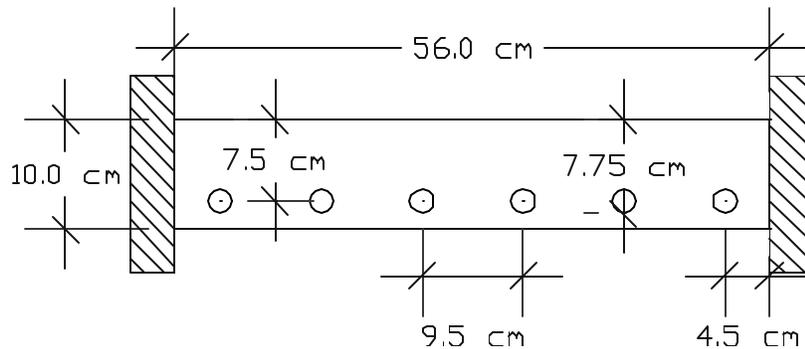


Figura 3.11 Características de los Soportes de Rodillos en el Sistema Propuesto

El achurado indica el material que forma la cubierta del aparato y el diámetro de las perforaciones es el mismo del balero en los rodillos.

Palancas de manivela común; son una barra con perforaciones equidistantes del mismo diámetro que el pasador de los rodillos. La distancia entre perforaciones es de 0.095 m para las palancas horizontales y de 0.25 m para las palancas verticales como lo muestra las letras AH y AV de la figura 3.12.

Polea transmisora del giro; son en diámetro y distancia del pasador, igual a los valeros en los rodillos como lo muestra la letra B de la figura 3.12. El alma de las poleas debe ser dentada para recibir la cadena de rodillos que le transmitirá el movimiento del seguidor de la leva. La cantidad de dientes no debe ser menor a 21 para que el efecto de cuerda se disminuya.

Seguidor de leva (letra C de la figura 3.12); el tipo a emplear es plano, su espesor deberá ser al menos 0.005 m más ancho que la leva y su longitud debe ser por lo menos de 0.15 m para

permitir que su movimiento desplace los 14.1 cm la cadena de rodillos que une a las poleas transmisoras del giro. La superficie plana para el contacto con la leva (letra D en la figura 3.13) debe ser del diámetro del círculo base en ésta, y el ancho de su soporte debe ser de 1/3 del ancho.

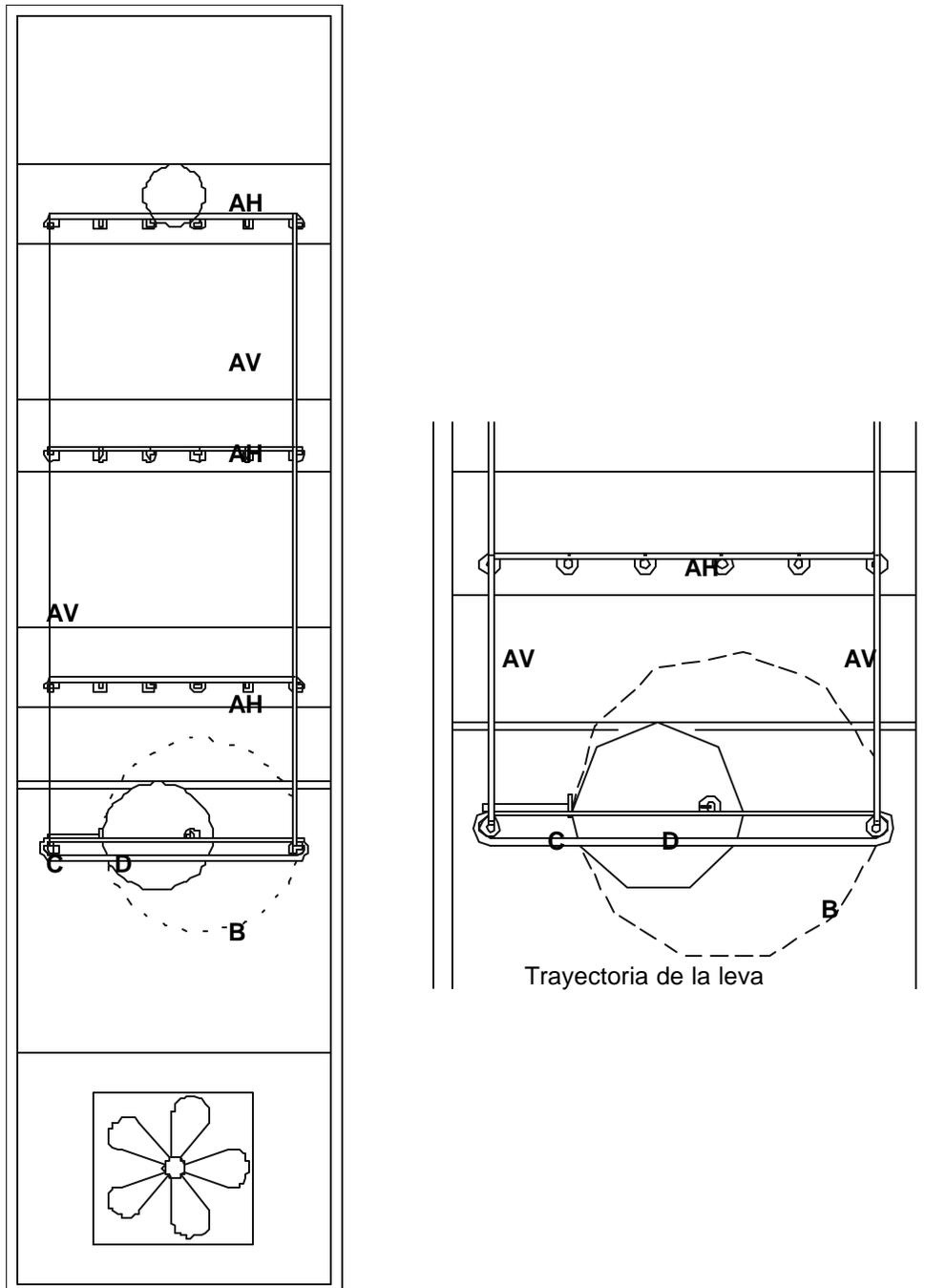


Figura 3.12 Configuración del Mecanismo para el Giro Alterno de 180° en el Sistema Propuesto

- | | | | |
|----|---------------------------------------|----|-------------------------------------|
| AH | Palancas de manivela común horizontal | AV | Palancas de manivela común vertical |
| B | Polea transmisora del giro | C | Seguidor de leva |
| D | Leva excéntrica | | |

- A: 15.9 cm
- B: 18.9 cm
- C: 31.8 cm
- D: 18.0 cm
- E: seguidor de leva en la posición más lejana del eje giratorio
- F: seguidor de leva en la posición más cercana al eje giratorio

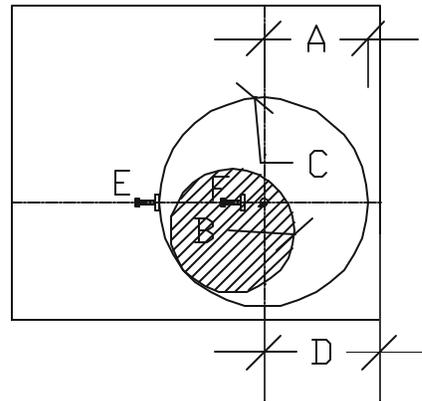


Figura 3.13 Características de la Leva Excéntrica para el Mecanismo de Giro en el Sistema para Incubación de Emues Propuesto

3.4.3 Análisis de las Cargas

Para la realización de los cálculos estructurales se siguieron los principios teóricos expuestos en el anexo 4, siendo prudente recordar que la masa que comúnmente se expresa como peso, es medida en gramos-fuerza, que en condiciones de gravedad estándar equivale a:

$$1 \text{ gr-f} = 9.81 \text{ m/s}^2; 1 \text{ Kg-f} = 9.81 \text{ N}$$

La forma de cargar los rodillos es mediante el peso de los huevos considerados en sus respectivos centroides, con lo cual la forma de transmitir el peso sobre los rodillos es similar a una armadura simétrica como se muestra en la figura 3.14.

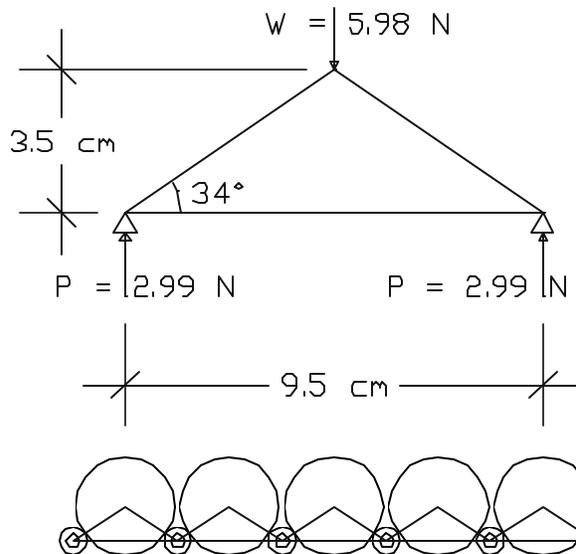


Figura 3.14 Transmisión del Peso de los Huevos en los Rodillos Giratorios del Sistema Propuesto

W es el peso promedio de un huevo de emú y P es la porción de ese peso que cada huevo transmite en el contacto con los rodillos.

Abajo se muestra un corte transversal de los rodillos cargados y la similitud a la estructura que se forma.

Las palancas de manivela común reciben la fuerza total del rodillo cargado como oposición al movimiento, por lo que para generarle un giro de 180° a los huevos de emú en un minuto, requiere una potencia de 0.04 J en los rodillos extremos con una fuerza de 17.94 N y de 0.08 J

en los rodillos intermedios, con una carga total de 35.88 N, como resultó del múltiplo respectivo de los valores en los diagramas estructurales que incluye la figura 3.15.

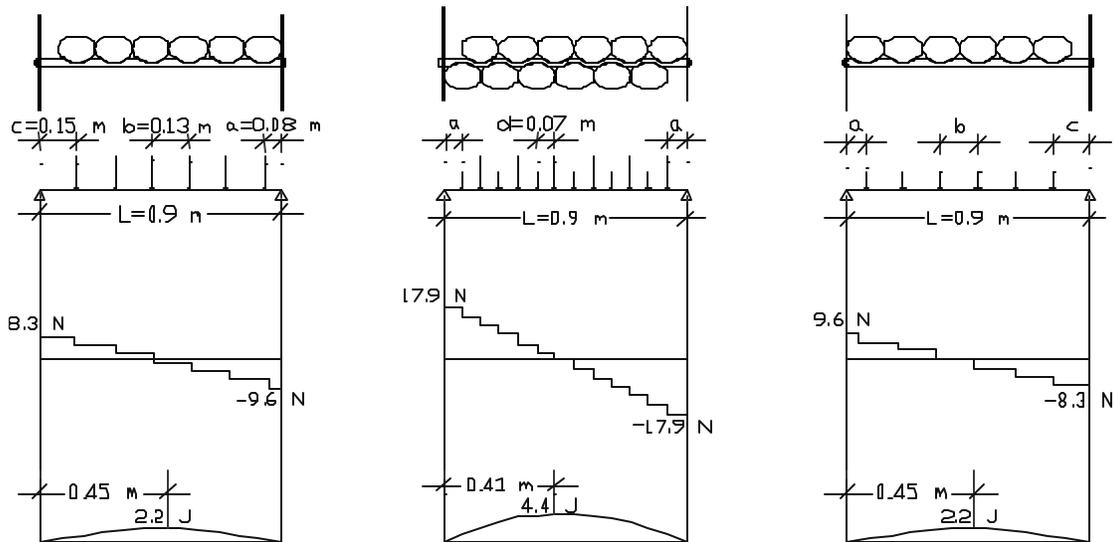


Figura 3.15 Diagramas de Cuerpo Libre, Esfuerzos Cortantes y Momentos Flexores de las Cargas en los Rodillos del Sistema Propuesto

Izquierda, diagramas estructurales para los rodillos extremos de cada nivel cargados hacia la entrada del flujo.
 Centro, diagramas estructurales para los rodillos intermedios de cada nivel totalmente cargados.
 Derecha, diagramas estructurales para los rodillos extremos de cada nivel cargados hacia la salida del flujo.

Dado que los rodillos extremos son los que reciben el giro del nivel anterior y lo transmiten a los rodillos de su nivel, la potencia requerida para el giro es de $0.4 W$ para el primer nivel, $0.8 W$ para el segundo y $1.2 W$ para el tercero.

La potencia de los rodillos externos del tercer nivel es la misma requerida en las poleas de transmisión, a reserva de incluir el peso de los elementos que se transmite. Con la potencia de $1.2 W$ y en base a la ecuación A4.9 del anexo 4 se sabe que el momento de torsión requerido en las poleas es de $0.647 J$. Con éste momento de torsión se hace una primer aproximación del área requerida en los pernos-pasador con un factor de seguridad de 2 y el módulo de resistencia para el círculo. En relación al material, el área transversal de los pernos requiere un radio como el mostrado en la tabla 3.4.

Tabla 3.4 Resultados para el Área Transversal del Perno-Pasador de Rodillos para Varios Materiales

| Acero | Aluminio | Madera | Poli estireno | Celuloide |
|------------------------------|--------------------------------|------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| $2 \times 10^{-4} \text{ m}$ | $2.9 \times 10^{-4} \text{ m}$ | $5 \times 10^{-4} \text{ m}$ | $8.2 \times 10^{-4} \text{ m}$ | $10.5 \times 10^{-4} \text{ m}$ |

De la misma forma, al sumar la carga de todos los rodillos, la fuerza máxima que se aplica sobre los pernos pasador es de 538.2 N . Tomando como diámetro de los pernos $21 \times 10^{-4} \text{ m}$ en relación al resultado para el celuloide, tenemos que el ancho de las manivelas para varios materiales debe ser como lo marca la tabla 3.5.

Tabla 3.5 Resultados para el Área Transversal de las Manivelas en Varios Materiales

| Acero | Aluminio | Madera | Poli estireno | Celuloide |
|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| $0.026 \times 10^{-4} \text{ m}$ | $0.073 \times 10^{-4} \text{ m}$ | $0.39 \times 10^{-4} \text{ m}$ | $1.7 \times 10^{-4} \text{ m}$ | $3.7 \times 10^{-4} \text{ m}$ |

3.4.4 Análisis de Rodillos y Soportes

La forma en que actúa el peso de los huevos en los rodillos hace que el elemento se comporte como una viga simplemente apoyada que trabaja como lo muestra la figura 3.15.

Donde $P=2.99$ N es el peso transmitido del huevo a los rodillos. El valor de las reacciones en los rodillos extremos es de 9.638 N en R_a y de 8.302 N en R_b . El momento flexor máximo se aplica a 0.484 m de R_a y vale 2.243 J. Para los rodillos intermedios, las reacciones son ambas de 17.94 N y el máximo momento flexor se aplica entre 0.414 y 0.481 m; su valor es de 4.422 J.

Para una sección de anillo redondo, considerando el momento de mayor valor que es el de 4.422 J y un factor de seguridad de 2, el radio interno de los tubos se muestra en la tabla 3.6.

Tabla 3.6 Resultados para el Área Transversal de los Rodillos en Varios Materiales

| Acero | Aluminio | Madera | Poli estireno | Celuloide |
|------------|------------|------------|---------------|------------|
| 0.012698 m | 0.012697 m | 0.012696 m | 0.012692 m | 0.012686 m |

Para los soportes, la viga que se forma es doblemente empotrada lo que la hace hiper-estática. El análisis de un sistema hiper-estático es un cálculo aproximado por lo que para resolverlo se emplearon el método de los 3 momentos [46], las formulas del Manual de Resistencia de Materiales de Pisarenko y el Principio de Saint Venan [47], obteniendo los diagramas estructurales de la figura 3.16 y los resultados de la tabla 3.7.

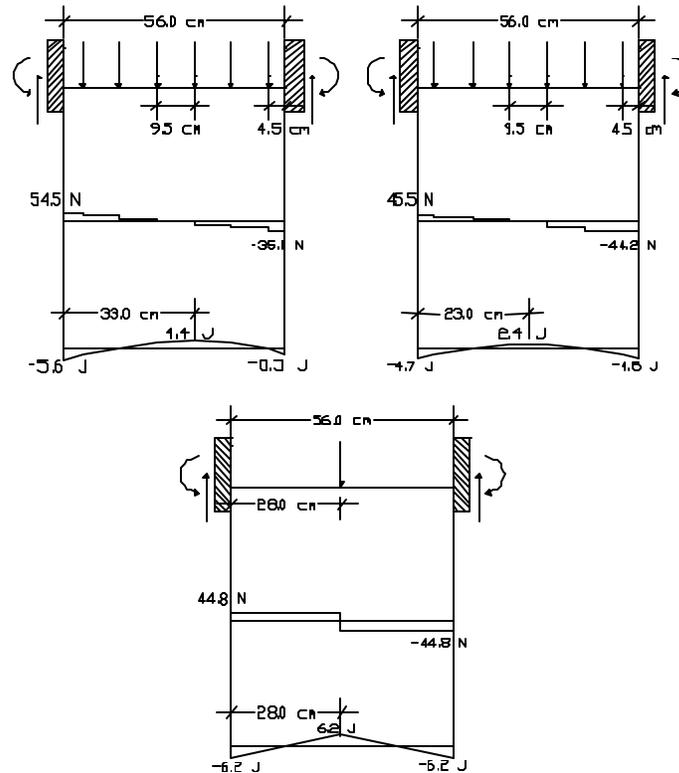


Figura 3.16 Diagramas de Cuerpo Libre, Esfuerzos Cortantes y Momentos Flexores de las Cargas en los Soportes de Rodillos del Sistema Propuesto

Izquierda: Método de los 3 momentos Derecha: Fórmulas de Pisarenko Abajo: Principio de Saint Venan

Tabla 3.7 Resultados del Sistema Hiper-estático de los Soportes

| | Ra | Rb | Momento | Distancia |
|---------------------|-----------|-----------|----------------|------------------|
| 3 momentos | 54.54 N | 35.15 N | 4.432 J | 0.3275 m |
| Pisarenko | 45.487 N | 44.195 N | 2.368 J | 0.2325 m |
| Saint Vennan | 44.85 N | 44.85 N | 6.279 J | 0.28 m |

De los valores de la tabla 3.7, se consideran los resultados del Principio de Saint Vennan por tener el mayor momento flexor, para calcular el espesor del elemento estructural con un factor de seguridad de 2, considerando la altura de 0.01 m, el ancho de la base para los diferentes materiales se muestra en la tabla 3.8.

Tabla3.8 Resultados para el Área Transversal de los Soportes de Rodillos en Varios Materiales

| Acero | Aluminio | Madera | Poli estireno | Celuloide |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|------------------------|
| 6.279×10^{-4} m | 17.94×10^{-4} m | 96.6×10^{-4} m | 418.6×10^{-4} m | 897×10^{-4} m |

3.4.5 Diseño de la Leva

La leva es un elemento de máquina diseñado para generar un movimiento determinado a un seguidor, por medio de contacto directo. La forma de una leva siempre está sujeta al máximo movimiento del seguidor. La ventaja de las levas es que una vez comprendida con exactitud la acción que deben producir, son fáciles de diseñar. La selección del movimiento que la leva debe producir depende de la sucesión del ciclo del sistema o de la dinámica de la máquina [48].

La leva a emplear es de disco y su diseño obedece a la distancia que debe hacer desplazar al seguidor para que genere la cantidad de vueltas definidas para rodillos de 1 pulgada de diámetro, en relación con la expresión 3.1; es decir en el sistema la distancia que la leva debe mover al seguidor es 1.77 veces el perímetro del rodillo, es decir 14.124 cm. El movimiento que debe tener el seguidor es armónico, generalmente denominado de manivela; se produce por una excéntrica que opera con un seguidor plano cuya superficie es normal a la dirección de desplazamiento lineal.

En el trazo de la leva para el sistema de incubación de emúes que muestra la figura 3.13, se consideran la menor y mayor distancia en la posición del seguidor, donde el círculo base es el que determina la distancia mínima que puede tener el seguidor.

3.4.6 Análisis del Empotramiento

La fuerza de reacción en los extremos de los soportes, es una fuerza de aplastamiento sobre el material de recubrimiento que forma la estructura externa del aparato. El grosor determinado con un factor de seguridad de 2 y considerando 0.001 m de espesor en los soportes, se expresa en la tabla 3.9 sin embargo, Debido a que la función principal de ésta cubierta es proteger los huevos de riesgos y agentes patógenos además de mantener el ambiente interno, el espesor del material a elegir lo determinarán las características de conductividad térmica y costo.

Tabla 3.9 Resultados del Área Transversal del Empotramiento de los Soportes de Rodillos en Distintos Materiales para la Cubierta

| Acero | Aluminio | Madera | Poli estireno | Celuloide |
|---------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 0.5454×10^{-6} m | 1.558×10^{-6} m | 8.391×10^{-6} m | 36.36×10^{-6} m | 77.91×10^{-6} m |

3.4 ADAPTABILIDAD PARA LA INCUBACIÓN ARTIFICIAL DE OTRAS ESPECIES AVÍCOLAS

La diferencia básica entre el desarrollo embrionario avícola radica, como primer lugar en el tamaño del huevo y los parámetros de temperatura y humedad que generen y mantengan su adecuada pérdida de peso.

En el aparato propuesto, la adaptación a otras especies radica principalmente en 2 aspectos; en la modificación del sistema mecánico y en la programación a través del tablero.

3.4.1 Modificación del Sistema Mecánico

Ésta adaptación radica en modificar el espacio de separación entre rodillos y la distancia de desplazamiento del seguidor de la leva para generar el giro de 180° apropiado al tamaño del huevo; esto se consigue fácilmente al modificar el diseño de la leva excéntrica a un sistema de levas de acuerdo a la tabla 3.10.

Tabla 3.10 Diseño de la Leva Excéntrica para la Adaptación del Sistema Mecánico Propuesto a Otras Especies Avícolas

| Especie | Largo (cm) | Ancho (cm) | Frecuencia (rpm) | Desplazamiento | Rodillos por nivel | Rodillos totales | Capacidad de incubación |
|-----------------------------|------------|------------|------------------|----------------|--------------------|------------------|-------------------------|
| Avestruz | 15.5 | 13 | 2.56 | 20.428 | 5 | 24 | 72 |
| Emú, casuario, ñandú | 13.5 | 9.0 | 1.77 | 14.124 | 6 | 30 | 90 |
| Kiwi | 12.5 | 7.7 | 1.52 | 12.129 | 8 | 49 | 147 |
| Kiwi moteado | 11 | 7 | 1.38 | 11.012 | 0.394 | 3.144 | 14 |
| Gallina | 5.5 | 4.3 | 0.84 | 6.783 | 11 | 170 | 510 |
| Codorniz | 3 | 2 | 0.394 | 3.144 | 14 | 396 | 1188 |

El espacio considerado de incubación es de 58.5 cm de ancho en espacio interno con rodillos de 95 cm de largo; 2.5cm más de ancho y 5 cm más de largo que la propuesta definida.

La separación entre rodillos queda especificada bajo un patrón de 0.5 cm, como una perforación en el soporte de modo que reciba el perno palanca y coincida con el definido correspondientemente en la manivela común. Así mismo, la leva se convierte en un juego de levas cuya separación mínima entre sí debe ser 0.5 cm para evitar el choque con el seguidor mientras se realiza el giro. El trazo de las levas queda definido por la figura 3.17.

Para realizar el cambio de separación entre rodillos se debe colocar primero el extremo que coincide con el mecanismo de giro, haciendo que el pasador palanca entre en el orificio correspondiente, indicado en el soporte a través de colores. El extremo opuesto debe deslizarse hasta llegar a la posición que le corresponde en relación al extremo del mecanismo previamente ubicado.

Para realizar el cambio de leva puede usarse una perilla similar al control de aire acondicionado en los automóviles, que indique la posición respectiva a la especie a incubar, tanto con el color de las marcas en los soportes para la separación de rodillos como con el nombre de las aves que se incuban con esa posición en referencia al ancho del huevo.

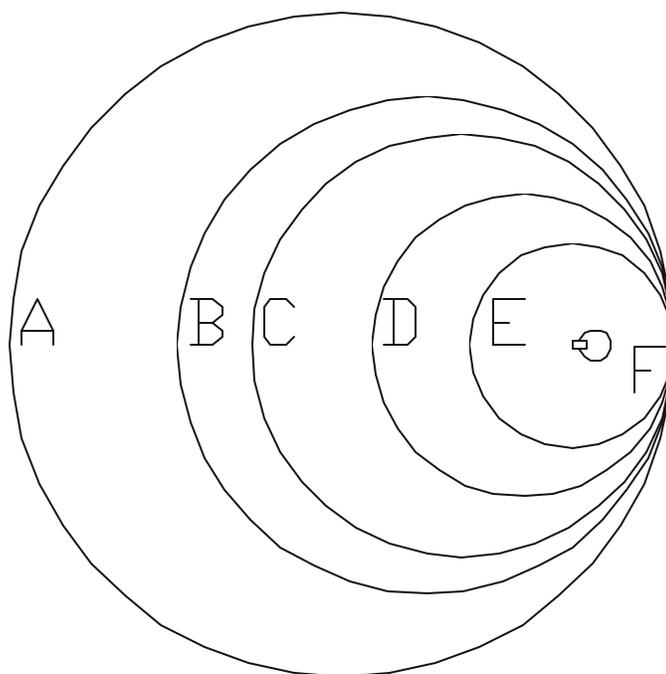


Figura 3.17 Diseño del Sistema de Levas Excéntricas para la Adaptación del Sistema Mecánico Propuesto a Otras Especies Avícolas

A: Avestruz, ?25.3 cm B: Emú, casuario, ñandú, ?18.9 cm C: Kivis, ? 16.1 cm
 D: Gallina, pato, pavo, ? 11.5 cm E: codorniz, ? 7.8 cm F: Eje de rotación

3.4.2 Modificación de la Programación a Través del Tablero

Para especies que requieren mayor cuidado en la incubación, como el avestruz y algunas especies de loros, donde se exige que los espacios de incubación y nacimiento estén aislados, el aparato propuesto cubre el requerimiento sin problema pues además de tener un aislante físico entre ambos espacios, cuida que el aire entrante y el saliente de los espacios sean ajenos entre sí, como se mostró en la figura 2.4 del capítulo 2.

Para cubrir las necesidades de incubación tanto de las gallináceas, palmípedas y rátidas mostradas en las tablas 3.11, 3.12 y el anexo 7, el rango de manipulación de la temperatura debe estar entre 95.5° – 100.9° F (35.3° – 38.3° C), y de 69.5° – 95.5° F (20.8° – 35.3° C) para la humedad en lectura de higrómetro; con una precisión de ajuste de 0.1° F (-17.7° C) para la temperatura y por obtener para la humedad.

Tabla 3.11 Características de la Incubación Artificial en Gallináceas y Palmípedas

| Especie | Temporada de postura | Periodo de incubación | Temperatura de incubación | Humedad de incubación | Peso (gr) | Largo (mm) | Ancho (mm) |
|---------------------------------|----------------------|-----------------------|---------------------------|-----------------------|-----------|------------|------------|
| Gallináceas | | | | | | | |
| Gallinas | Todo el año | 21 días | 100.4° F 38° C | 60% | 55 | 55 | 43 |
| Pavos | Enero-Junio | 28 | 99.5° F 37.5° C | 60 | | | |
| Faisán, perdiz, codorniz | Primavera-verano | 26-28 | 99.1° F 37.3° C | 60 | | | |
| Palmípedas | | | | | | | |
| Patos, gansos, ocas | | | 100.4° F 38° C | 55-60 | | | |

Información obtenida de <http://club.telepolis.com/gallafer/datos.htm>

La modificación en la programación del aparato para otras especies quedará indicada con el dato de la cantidad de días que debe permanecer el huevo en el incubador en relación con la forma de iniciar la programación del aparato, descrita en el apartado 3.2.1, y que se incluye en la tabla 3.12 como el último día de giro.

Para la programación a través del tablero deben incluirse al generar una tabla similar a la tabla 3.3, las especificaciones de temperatura y humedad, al igual que la cantidad de días que debe permanecer el huevo en el incubador.

Tabla 3.12 Guía para Incubación Avícola Artificial

| Parámetro | Duración del periodo de incubación | Temperatura de incubación | | Humedad de la bombilla (bulbo) en la incubación | | Último día de giro | Temperatura para los 3 últimos días de incubación | | Humedad para los 3 últimos días de incubación | |
|----------------------------------|------------------------------------|---------------------------|-------------|---|-----------|--------------------|---|-----------|---|-----------|
| | | ° F | ° C | ° F | ° C | | ° F | ° C | ° F | ° C |
| Bobwhite quail | 23-24 | 99.5 | 37.5 | 84-86 | 28.9-30 | 21 | 99 | 37.2 | 90-94 | 32.2-34.4 |
| Codorniz | 17 | 99.5 | 37.5 | 84-86 | 28.9-30 | 15 | 99 | 37.2 | 90-94 | 32.2-34.4 |
| Avestruz | 42-48 | 96.5-97 | 35.8 – 36.1 | 70 | 21.1 | 38-40 | 96-96.5 | 35.5-35.8 | 75 | 23.4 |
| Emú | 48-50 | 96.5-97 | 35.8 – 36.1 | 70 | 21.1 | 44-46 | 96-96.5 | 35.5-35.8 | 75 | 23.4 |
| Ñandú (rhea) | 35-40 | 96.5-97 | 35.8 – 36.1 | 85-87 | 29.4-30.5 | 30-33 | 98.5 | 36.9 | 88-90 | 31.1-32.2 |
| Pato | 28 | 99.5 | 37.5 | 84-86 | 28.9-30 | 21 | 98.5 | 36.9 | 90-94 | 32.2-34.4 |
| Muscovy duck | 35-37 | 99.5 | 37.5 | 84-86 | 28.9-30 | 31 | 98.5 | 36.9 | 90-94 | 32.2-34.4 |
| Ganso | 28-34 | 99 | 37.2 | 86-88 | 30-31.1 | 25 | 99 | 37.2 | 90-94 | 32.2-34.4 |
| Guinea | 28 | 99.5 | 37.5 | 83-85 | 28.3-29.4 | 25 | 98.5 | 36.9 | 90-94 | 32.2-34.4 |
| Faisán | 23-28 | 99.5 | 37.5 | 86-88 | 29.5-31.1 | 21 | 99 | 37.2 | 92-95 | 33.3-35 |
| Pheafowl | 28-30 | 99.5 | 37.5 | 83-85 | 28.3-29.4 | 25 | 98.5 | 36.9 | 90-94 | 32.2-34.4 |
| Pollo, gallina enana | 21 | 99.5 | 37.5 | 85-87 | 29.4-30.5 | 19 | 99 | 37.2 | 90-94 | 32.2-34.4 |
| Pavo | 28 | 99 | 37.2 | 83-85 | 28.3-29.4 | 25 | 98.5 | 36.9 | 90-94 | 32.2-34.4 |
| Perdiz (chukar partridge) | 23-24 | 99.5 | 37.5 | 80-82 | 26.7-27.8 | 21 | 99 | 37.2 | 90-94 | 32.2-34.4 |
| Urogallo | 25 | 99.5 | 37.5 | 82-86 | 27.8-30 | 22 | 99 | 37.2 | 90-94 | 32.2-34.4 |
| Paloma | 17 | 99.5 | 37.5 | 84-86 | 28.9-30 | 15 | 99 | 37.2 | 90-94 | 32.2-34.4 |

Información obtenida del Cuadro para el Control de Temperatura en Incubadoras Randall & Burkey oGQF, que se comercializan en México.

3.4.3 Datos Técnicos para la Incubación de Otras Especies [49]

Los huevos de la mayoría de las especies de aves, se pueden conservar 10 días antes iniciar la incubación siempre y cuando se guarden en un ambiente entre 10° y 15° C con una humedad relativa del 80 %. Si se almacenan más de 7 días, deben ser girados cada día al menos 90°.

La incubadora se debe instalar en un local cuyo ambiente se mantenga a una temperatura constante de 15° a 20° C.

Catar un huevo es una prueba de fecundidad que consiste en someterlo a una luz intensa, de manera que por contraste se aprecie parte del desarrollo embrionario. Entre las gallináceas y palmípedas, los mejores días para realizar las catas son el quinto y el decimoséptimo. El quinto día se pueden distinguir cabeza, ojos y unas venas ramificadas por el huevo.

Si se practica la cría de más de una especie, la temperatura de incubación debe ser de 37.8° C como media, y la humedad del 60%. Si se realiza para una especie en particular se usan los parámetros de la tabla 3.11 para las gallináceas y las palmípedas y la tabla del anexo 7 para las ráticas.

Entre las precauciones básicas que hay que tener entre los periodos de incubación está la desinfección previa al inicio de la incubación; más aún si se pretende usar el aparato para la incubación de varias especies.

Los huevos requieren un total de 4 giros al día y basta con un ángulo de 90° alterno en giros de 45° para las gallináceas y palmípedas. Los avestruces requieren entre 4 y 5 giros diarios como mínimo y dado que la frecuencia de giro para el emú que manejan algunos aparatos comerciales es de 180° en direcciones alternas a cada hora, puede deducirse que para las ráticas, más de 5 giros es lo apropiado.

Para criar avestruces, el cuidado durante la incubación presenta variantes. Si se trata de alguna especie o subespecie de avestruz africano (*Struthio camelus*), la temperatura de incubación de los 39 primeros días debe ser entre 36,3° C y 36,5° C; la humedad relativa, entre 15% y 25%. Los últimos días la temperatura tiene que ser un grado menos a la de incubación y la humedad relativa debe estar entre 45% y 55%. Los avestruces suelen tardar en nacer un promedio de 42 días, considerando que a la mayoría hay que ayudarlos.

Para criar emúes, la temperatura de la incubadora que da buenos resultados en España es de 36° C con una humedad relativa del 20% al 25%. La temperatura del nacedero es de 35° C y la humedad del 50% al 60%.

3.5 CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO

En éste capítulo se desarrolló el análisis a partir de las relaciones usuario-aparato y usuario-huevo o polluelo, para determinar la distribución y dimensiones a través de criterios para la reducción de esfuerzos y de movimientos, concluyendo que las dimensiones del aparato propuesto oscilan entre 1.2 x 0.6 x 1.7 m³ ± 0.2 cm.

Considerando al aparato como un instrumento de trabajo que requiere de la intervención del usuario, se incluyó la lógica para la programación y uso de lotes de incubación a través de un tablero digital y se planteó la modificación para su adaptabilidad a otras especies. En este mismo aspecto, se determinaron las condiciones de manejo que ofrece el mejor aprovechamiento del aparato para la incubación de emúes, concluyendo que para 4 o 5 parejas ponedoras, una capacidad de 12 a 20 huevos por lote de incubación y periodos de almacenaje entre 7 y 14 días; se obtiene el mejor rendimiento del aparato propuesto.

En cuanto al sistema mecánico para generar el giro alterno de 180°, se determinó que las características del funcionamiento de los sistemas para transmisión de potencia que resultan más aptos para el sistema de incubación artificial es mediante el uso de levas de disco, seguidores de leva y manivelas o palancas, debido a que no transmite vibraciones nocivas a los embriones. Éste sistema es el que se empleó para el aparato propuesto, definiendo la modificación que permite su adaptabilidad a otras especies.

Con el objetivo de optimizar el recurso material sin comprometer la seguridad del sistema,

se realizó un análisis estructural para definir las secciones transversales mínimas de trabajo, observando que cualquiera de las secciones comerciales de menor área cubre y sobrepasa los requerimientos críticos de esfuerzo, por lo que la decisión del material radica en sus características ante el medio húmedo al que se someterá y al costo de comercialización que ofrezcan los fabricantes.

Con la definición del sistema para la programación digital y del sistema mecánico, se termina de cubrir teóricamente la función práctica objetivo del proyecto para el sistema de incubación artificial de emúes.



CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES Y LÍNEAS A FUTURO

Se exponen las conclusiones de la propuesta desarrollada en la tesis como solución a la problemática para el sistema de incubación artificial de emúes y se hace un planteamiento de las áreas que no se tocaron a profundidad en el trabajo y que tienen estrecha relación para la continuación del proyecto desde una perspectiva de implicaciones a la teoría y a la práctica del fenómeno de incubación avícola para producción ganadera.

4.1 CONCLUSION GENERAL DE LA TESIS

El análisis realizado a los sistemas de incubación existentes en el mercado, junto con las necesidades requeridas en el proceso de incubación de emúes, considerando un fácil manejo y supervisión por parte del avicultor; permitió obtener los parámetros y requisitos necesarios que el sistema para incubación avícola con fines productivos debe cumplir. Debido a que no todos los parámetros obtenidos en éste análisis son resueltos por los sistemas existentes, se requirió el rediseño del sistema para generación del ambiente interno y del sistema de interacción avicultor-aparato. El sistema que fue propuesto para el rediseño de ambos sistemas, cubre los parámetros del análisis de acuerdo a lo planteado en los capítulos 2 y 3. La innovación del sistema mecánico, cuya aportación es básicamente técnica, puede ser competitiva con los sistemas comerciales en relación a lo expuesto en el capítulo 3.

Es necesario recalcar que el trabajo desarrollado en ésta tesis tiene aspectos que no se podrán definir sino hasta la verificación y evaluación con un prototipo funcional. Para hacer las afirmaciones que expongo en éste documento, realicé en cartón, modelos espaciales y maquetas de funcionamiento manual a escala.

Con lo expuesto en éste trabajo se cubrió la primera fase de diseño analítico-creativa para el emú, hasta los parámetros específicos para la realización del prototipo funcional, tal cual fue el objetivo inicial del trabajo y se rebasó al proponer las modificaciones para la adaptación a otras especies avícolas.

La fase inmediata es la construcción del prototipo para la verificación y establecimiento de los parámetros de temperatura y humedad específicos para el aparato, en relación a la altitud y clima en el que funcione. El objetivo principal de la experimentación es la evaluación de la efectividad en las innovaciones teóricas que los sistemas propuestos pretenden lograr en la práctica de la incubación avícola artificial para producción ganadera. Para garantizar el objetivo de la propuesta como instrumento, es necesario profundizar en el análisis conductual de usuarios rurales con el sistema digitalizado por medio del tablero, para poder realizar las modificaciones pertinentes tanto al tablero como al método de programación inicial.

Las expectativas del diseño son planear la manufactura nacional del aparato y contribuir a la difusión de la ganadería de emúes en México; por lo cual las etapas subsecuentes consisten en el desarrollo del diseño de ingeniería que defina las especificaciones técnicas para la producción en serie y el desarrollo del proyecto de comercialización a nivel nacional y posiblemente a nivel internacional.

Lo expuesto en éste trabajo debe ser parte contribuyente en el desarrollo de las etapas que se exponen a futuro y que pueden representar tema de trabajos similares al presente.

4.2 ÁREAS AFINES AL PROYECTO QUE NO SE PROFUNDIZARON EN ÉSTA TESIS

Las dos áreas básicas para hacer realizable la propuesta que en éste trabajo se expone como proyecto para la manufactura nacional del sistema para incubación avícola artificial, que no se

profundizaron en éste trabajo, son el plan de producción y la reducción en costos de fabricación mediante el diseño de ingeniería, así como el plan mercadotécnico que sirva para ubicar el aparato en el mercado, reducir costos de comercialización y posibilitar la exportación.

4.2.1 Ventajas de la Propuesta en la Reducción de Costos y Espacios

Desde el punto de vista económico, se procuró reducir partes al implementar que un solo ventilador, espejo de agua y calefactor generaran el ambiente interno tanto en incubador como en nacedero; que un solo circuito controlara ambos espacios y que el proceso de manufactura pudiera estandarizarse en el caso de usar el aparato para otras especies.

El rendimiento del diseño propuesto es proporcional a 4 de los aparatos comerciales empleados en México; 3 incubadoras y un nacedero, que equivale a \$2,067.89 o \$1,707.65 dólares si es adquirido en EU, o \$50,000 pesos si es adquirido en lugares de distribución nacional donde los importan; cuyo costo por unidad al público es aproximadamente de \$12,500 pesos, de acuerdo a la investigación de mercado que para efectos de éste trabajo se desarrolló.

El espacio que el aparato requiere es menor al que ocuparían los 4 aparatos comerciales como lo muestra la figura 4.1, debido a que entre cada aparato debe haber una distancia de por lo menos 0.30 m para los movimientos de revisión y regulación de las mediciones de temperatura y humedad, así como para la nivelación de bandejas que se requiere hacer para el manejo en el interior del aparato; como se muestra en la figura 3.1 del capítulo 3.

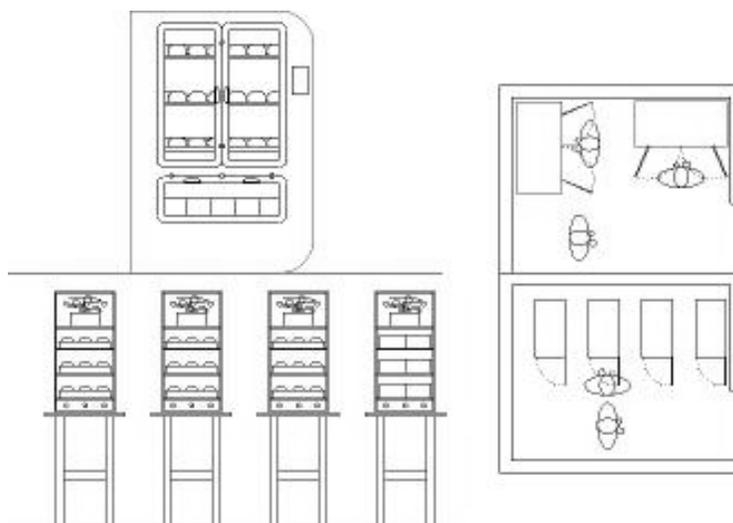


Figura 4.1 Comparación entre el Uso de Espacio en la Zona de Incubación del Criadero para un Rendimiento del Equipo de Incubación Similar al del Aparato Propuesto con los Aparatos Comerciales

A la derecha se presenta una vista en planta del espacio mínimo requerido por los sistemas comerciales que dan un rendimiento similar al del aparato propuesto, indicando en el mismo espacio (arriba), la cantidad de aparatos como el propuesto que se pueden emplear.

Se puede considerar, tomando como referencia el costo de elaboración del prototipo, que el precio de adquisición del aparato propuesto, oscilará alrededor del precio de uno de los aparatos comerciales adquirido con los distribuidores de éstos en México.

4.2.2 Posibilidades de Exportación

El objetivo principal de este estudio fue proponer la manufactura nacional del equipo de

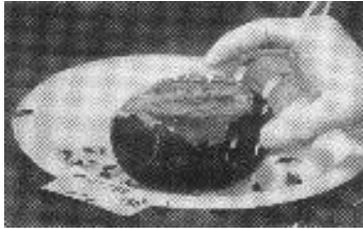
incubación artificial de emúes, con la finalidad de difundir su crianza entre la población mexicana, como una opción rentable de desarrollo para la zona sur de la República [50]. Ampliar el uso del aparato a otras ganaderías contribuye y amplía esa opción a nivel nacional y facilita las posibilidades de exportación. Sin embargo, es necesario elaborar un proyecto de lanzamiento de producto que involucre un estudio de mercado más profundo en el que se analice mejor la viabilidad del proyecto entre la población mexicana de bajos recursos e involucre un análisis de comportamiento conductual en interacción con el aparato real para confirmar la facilidad de manejo y entendimiento del sistema digital.



ANEXOS

ANEXO 1 DESARROLLO Y CRECIMIENTO DEL EMBRIÓN EMÚ

En los huevos hay dos redes de vasos sanguíneos originadas en el área umbilical del embrión: La vitelina, que crece en la superficie de la yema, envolviéndola por completo y la membrana criónica alantoides (CAM) que crece en forma similar cubriendo todo el interior del cascarón en una bolsa de vasos sanguíneos. Ambas redes están involucradas en la captación de oxígeno, transporte del agua, nutrientes y proteínas de la clara y yema al embrión, que se encuentra pegado a la vitelina. La CAM funciona como los pulmones del embrión mientras se desarrolla durante la incubación hasta el día 48, cuando el polluelo empieza a respirar por sus pulmones.

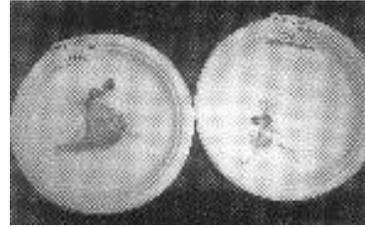


Giro de 180°, 17 días



Giro de 90°, 17 días

Embriones de 17 días con el desarrollo de la CAM en giros de 180° (izquierda) y 90° (derecha)



Giro de 180°, 41 días



Giro de 90°, 41 días



Embriones de 41 días con el desarrollo de la CAM en giros de 180° (izquierda) y 90° (derecha)

Figura A1.1 Desarrollo de la Membrana Criónica Alantoides en Embriones de Emú Durante una Incubación con giros alternos de 90° y 180°

Ilustraciones tomadas de M. Minar, *The Emu Farmers Handbook, Volume 2* (Nyoni, Publishing Co., Groveton Texas), 140, (1998).

La carencia de oxígeno genera un desarrollo insuficiente de ambas membranas, provocando que la comida acumulada en el huevo no se use debidamente y la proporción de crecimiento sea menor a lo normal. El mayor desarrollo y ramificación de la CAM y su mayor capilaridad, permiten transportar más oxígeno al embrión capacitándolo a hacer uso de todo el alimento que guarda en clara y yema como energía de crecimiento. Un desarrollo insuficiente de ésta membrana, tiene consecuencias semejantes a las de un feto en una placenta pequeña o a una enfermedad pulmonar crónica; en los que la vida se ve reducida a una continua lucha por más oxígeno.

En los huevos de mayor tamaño al normal, el desarrollo de la CAM es especialmente importante debido a que más capilares en la superficie interna del cascarón mejoran el canal de oxígeno y las posibilidades de sobre vivencia en el polluelo. El aire que esté en contacto con los huevos debe ser renovado constantemente por aire fresco, para garantizar que el ambiente en el que se desarrollan los embriones tenga el oxígeno que demandan, sin embargo, éste flujo de aire no garantiza que la CAM se desarrolle plenamente; se ha visto que girar los huevos con un ángulo y frecuencia de giro apropiados al tamaño de los mismos, mejora éste desarrollo como lo muestran las ilustraciones de la figura A1.1; en las que las ramificaciones y presencia de venas en los huevos cuya incubación mantuvo giros de 180° fueron mayores que las de 90°; de igual forma, la calidad y proporción de desarrollo se vieron afectadas por el giro ya que dos huevos incubados a la misma temperatura pero girados en diferentes ángulos, mostraron que el desarrollo de los picos, patas, franjas, plumas, etc. ocurría aproximadamente al mismo tiempo pero con un notorio menor crecimiento en cada etapa del huevo girado 90°.

El por qué la CAM crece mejor con giros en un mayor ángulo puede deberse a que el crecimiento de las venas sigue la menor resistencia, siéndoles más fácil crecer y ramificarse cuando el peso del huevo no las presiona. El hecho que en huevos girados 90° la menor ramificación fuera a lo largo de la parte inferior del huevo, que nunca fue girada del todo y soportó peso el periodo completo, respalda ésta teoría.

Se cree que los huevos de aves pueden beneficiarse con giros de 180° durante la incubación y que los huevos grandes o de yemas grandes como los de las rátidas, no requieren la frecuencia de giro que en los pequeños, pero definitivamente necesitan un ángulo mayor a los 90° estándar en la industria de aves de corral. En la crianza de avestruces se recomiendan no menos de 5 giros al día.

REFERENCIAS:

M. Minnaar, The Emu Farmer's Handbook, Volume 2 (Nyoni, Publishing Co., Groveton Texas), 136-141, (1998).

<http://club.telepolis.com/gallafer/datos.htm>

ANEXO 2 INTRODUCCIÓN A LA MECÁNICA DE FLUIDOS Y A LA TERMODINÁMICA

MECÁNICA DE FLUIDOS

Dentro de los principales campos de la física se encuentra la mecánica, que estudia el movimiento de los objetos materiales sometidos a la acción de fuerzas. La mecánica se divide en tres disciplinas generales: estática, cinemática y dinámica. La dinámica se divide en dinámica de cuerpos rígidos y dinámica de cuerpos flexibles; ésta última comprende la elasticidad (sólidos elásticos) y mecánica de fluidos.

Un fluido es una sustancia incapaz de resistir fuerzas o esfuerzos de corte sin desplazarse; un sólido sí lo puede hacer. Los fluidos se clasifican generalmente en líquidos y gases.

Un líquido está sometido a fuerzas intermoleculares que lo mantienen unido de tal forma que su volumen es definido pero no su forma. Los líquidos son ligeramente compresibles y su densidad varía poco con la temperatura o la presión.

Un gas consta de partículas en movimiento que chocan unas contra otras y tratan de disiparse de tal modo que no tiene forma ni volumen definido. Para una masa dada o sistema de un gas, la presión, la temperatura y el volumen se relacionan por medio de la ley de los gases o ecuación del estado del gas.

Un flujo se establece desde el momento en el que existe movimiento. El análisis del fluido realizado en éste trabajo, sigue la definición euleriana, en la que se define la velocidad, aceleración y propiedades termodinámicas del fluido (presión, temperatura, densidad, entalpía, entropía, etc.), en algún punto del espacio en función del tiempo, considerando el rastro del fluido como el de un continuum isotrópico homogéneo, es decir; las partículas fluidas o moléculas tienen una distancia o trayectoria libre media, muy pequeña comparada con cualquier dimensión física del problema al que se aplican los principios de la mecánica de fluidos por métodos macroscópicos y la fuerza al igual que el tipo de partículas, es la misma en todas partes.

Se han desarrollado leyes empíricas que relacionan las variables macroscópicas de un gas que son: el tipo y cantidad de un gas (número de moléculas N), su presión (p), volumen (V) y temperatura absoluta (T en Kelvin). Las leyes idealizadas del comportamiento de los gases reales, que relacionan las cantidades macroscópicas de un gas son:

1. V depende de N , manteniendo T y p constantes: Si se reemplaza un gas con un número igual de moléculas de un gas diferente, a la misma presión y temperatura, el nuevo gas ocupa el mismo volumen; concluyendo que el volumen ocupado por un gas a determinada T y p es independiente del tipo de gas o del tamaño o masa de sus moléculas; el volumen depende de manera lineal, únicamente del número de moléculas en un incremento constante (C) igual a la pendiente de la recta. Matemáticamente se expresa por la ley de Avogadro:

$$(V)_p, T = CN \quad (p \text{ y } T \text{ constantes}). \quad (\text{A2.1})$$

2. V depende de p , manteniendo N y T constantes: Al aumentar la presión, el volumen disminuye en una relación inversa constante (C') expresada por la ley de Boyle-Mariotte:

$$(p)_{N, T} = C' / V \quad (N \text{ y } T \text{ constantes}). \quad (\text{A2.2})$$

3. V depende de T, manteniendo constantes p y N: El volumen aumenta en una relación directa constante (C'') al aumentar la temperatura, como lo expresa la ley de Charles y Gay-Lussac:

$$(V)_{p, N} = C''N \quad (p \text{ y } N \text{ constantes}). \quad (\text{A2.3})$$

La combinación de estas leyes proporciona la ley de los gases ideales, también llamada ecuación de estado del gas ideal; que es aproximadamente válida en un alto grado para la mayoría de los gases reales, sobre todo a densidades suficientemente bajas:

$$pV = nRT. \quad (\text{A2.4})$$

La letra n es el número de moles que en términos de la constante de Avogadro ($N_A=6.0221367 \times 10^{23}$ por mol) es:

$$n = \frac{N}{N_A}. \quad (\text{A2.5})$$

R es llamada constante universal de los gases ($R=8.3145 \text{ J/mol-K}$), cuyo descubrimiento fue esencial en la ciencia moderna, se relaciona con la constante de Boltzmann cuyo valor es $k=1.38066 \times 10^{-23} \text{ J/K}$.

$$R=N_A k. \quad (\text{A2.6})$$

Para clasificar el flujo de fluidos, es necesario conocer los siguientes términos:

Presión: Es una cantidad escalar que define la fuerza de compresión normal por unidad de área (esfuerzo normal). En un fluido en reposo, es la presión isotrópica o hidrostática que se emplea en la ley de los gases como una propiedad termodinámica. Para una situación dinámica, pueden existir además fuerzas o esfuerzos de corte, que deben medirse como el esfuerzo normal sobre un área que se mueve al tiempo con el fluido, sin dejar de ser isotrópicas.

Densidad: En un elemento pequeño de cualquier material es la masa m del elemento dividido entre su volumen V ; si la densidad de un objeto es la misma en todos los puntos, su densidad es la masa de todo el objeto entre su volumen.

$$\rho = \frac{\Delta m}{\Delta V}. \quad (\text{A2.7})$$

$$\rho = \frac{m}{V}. \quad (\text{A2.8})$$

La densidad de un material en general depende de factores ambientales, incluyendo la presión y la temperatura. Un pequeño cambio de presión de 0.1 atm puede cambiar el volumen de un gas en un 10%; por lo que son fácilmente compresibles. Ésta es la razón por la cuál no se han podido establecer los parámetros óptimos para la incubación de emús, especialmente por variaciones de altitud, debido a que la concentración de masa de oxígeno en el volumen

cambia por lo tanto, en un sistema adiabático-isotérmico, los problemas de oxígeno podrían resolverse con la velocidad del flujo, dado que la variación de la viscosidad en los fluidos con la presión, es insignificante en relación a la variación con la temperatura.

Viscosidad: Es una propiedad de los fluidos que causa fricción. La viscosidad de un líquido decrece con el aumento de la temperatura mientras que en un gas crece.

Fricción: Es una fuerza que se opone al movimiento; depende del tipo de fluido, la configuración física del sistema y del patrón de flujo.

Tensión superficial: Es el esfuerzo aparente en la capa superficial de un líquido. Es una energía asociada a cualquier interfase de fluido-fluido, siendo la de aire-líquido la más común.

Fluido ideal: Es el que no tiene viscosidad o es despreciable y cuyas líneas de fluido no experimentan una separación y formación de estelas turbulentas.

Fluido newtoniano: Cuando la relación del esfuerzo cortante y el gradiente de velocidad es lineal o directamente proporcional. El agua, el aire y los gases son esencialmente newtonianos.

Línea de flujo: Trayectoria que describe el movimiento de una partícula de fluido.

Flujo viscoso y flujo no viscoso: Cuando se disipa energía por medio de fuerzas viscosas en el movimiento de fluidos, el flujo es viscoso. Si la fricción es despreciable y el fluido no fluye de modo turbulento, el flujo es ideal o no viscoso. El flujo de aire sobre objetos se considera ideal.

Flujo estable o estacionario: Cuando las componentes de la velocidad y las propiedades termodinámicas del flujo en cada punto del fluido son constantes en el tiempo; aún si en algún punto del espacio existe una aceleración.

Flujo laminar y flujo turbulento: Cuando las líneas de flujo mantienen una distancia constante en el tiempo de modo que se pueda hacer un seguimiento continuo de su trayectoria, el flujo es laminar; cuando se rige por el azar es turbulento.

Flujo rotatorio y flujo no rotatorio: Si un elemento de fluido en movimiento gira en torno a un eje que pase por su centro de masa, independientemente del movimiento de las líneas de flujo, el flujo es rotatorio y si se desplaza por su línea de flujo sin girar respecto a su centro de masa, es no rotatorio.

Flujo compresible y flujo incompresible: Cuando la densidad de un fluido cambia con la temperatura y la presión, el flujo es compresible. Si la densidad se mantiene constante independientemente del tiempo y el espacio, el flujo es incompresible.

Flujo subsónico y flujo supersónico: Cuando la velocidad del fluido es menor a la velocidad del sonido, el flujo es subsónico; de lo contrario es supersónico. Un flujo compresible a velocidades subsónicas se puede considerar incompresible debido a que la variación de densidad es pequeña.

Flujo interno: El que fluye confinado dentro de una estructura, se produce en tuberías y canales.

Flujo externo: Es el flujo de un fluido sobre un objeto, donde se desarrolla una capa sometida a esfuerzos de corte, dado que la velocidad relativa sobre la superficie del cuerpo es cero y la viscosidad y/o turbulencia son importantes por poder desarrollar una estela, que es una

región de alta turbulencia y baja presión que genera un arrastre. Cualquier incremento en la viscosidad puede generar estelas, que se pueden evitar si se diseña un perfil de contorno suave y gradual.

Para analizar el flujo de un fluido, se parte de la ecuación de movimiento a lo largo de una línea de corriente, que para las características del flujo se reduce a la ecuación de Bernoulli, donde se relaciona la cabeza de presión: $\frac{p}{g}$ con la de elevación: Z , y la de velocidad: $\frac{V^2}{2g}$; para mantener la cabeza total H como una constante.

$$\frac{p_1}{g} + z_1 + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{p_2}{g} + z_2 + \frac{V_2^2}{2g} = H. \quad (\text{A2.9})$$

El subíndice 1 indica los valores al inicio de la línea de corriente y el subíndice 2 al final; $\mathbf{g} = \mathbf{r}g$ es el peso específico del fluido y g es la constante de la aceleración gravitatoria. Para el sistema propuesto, los conductos lisos con secciones de igual área transversal, tienen efectos de fricción despreciables y líneas paralelas entre el gradiente hidráulico y la energía; ello garantiza que el flujo se estabilice.

La ecuación de Bernoulli en términos de la densidad volumétrica de masa del fluido es:

$$p_1 + \mathbf{r}gz_1 + \frac{\mathbf{r}V_1^2}{2} = p_2 + \mathbf{r}gz_2 + \frac{\mathbf{r}V_2^2}{2}. \quad (\text{A2.10})$$

El tercer término es la presión dinámica, cuya velocidad está determinada por el flujo que produce el ventilador y las características de los conductos. Donde se muestra el teorema de trabajo-energía efectuado sobre el sistema por todas las fuerzas que actúan sobre él.

Por la ley de conservación de la masa, en cualquier posición respecto al tiempo el flujo de masa se mantiene constante dado que no existen pérdidas, con lo cual

$$\mathbf{r}_1 A_1 V_1 = \mathbf{r}_2 A_2 V_2. \quad (\text{A2.11})$$

Donde \mathbf{r} es la densidad volumétrica de masa del fluido,

A es el área transversal y

V es la velocidad en que el flujo pasa por ésta. Si el fluido es incompresible, $\mathbf{r}_1 = \mathbf{r}_2$.

TERMODINÁMICA

Los gases puros en presiones hasta 5 MPa y temperaturas moderadas, alejadas de las críticas, tienen un comportamiento aproximadamente lineal de isotermas en un amplio intervalo de temperaturas, que permite definirlos de acuerdo a la siguiente ecuación de estado en relación a los gases ideales :

$$pVol = RT + Bp \quad (\text{A2.12})$$

Por lo que para la mezcla de gases, se acepta determinar el volumen (Vol) y el coeficiente viral (B) o presión sobre la entalpía de la mezcla; de acuerdo a los valores específicos de cada

componente relativos a la temperatura, en correspondencia con la regla de adición.

La transferencia de calor se define por la razón de calor que es cedido en función del tiempo o entropía H , con las características del sistema conductor para definir la cantidad de calor o entalpía Q que puede ser transferido en función del tiempo. La temperatura y humedad se mantienen con ayuda de las características adiabáticas del material que contiene al fluido.

Para la conducción, dicha razón se relaciona en la ley de Fourier (tercer término), y para la convección por la ley de enfriamiento de Newton (último término).

$$H = -kA \frac{dT}{dx} = kA \frac{T_C - T_F}{L}. \quad (\text{A2.13})$$

$$H = \frac{Q}{\Delta t} = hA(T_C - T_F). \quad (\text{A2.14})$$

Donde A es el área del conductor perpendicular al flujo de calor y L es su longitud, k es el coeficiente de conductividad térmica del material y h es la entalpía específica del material. Tal como en la expresión 2.9, H es constante. La transferencia de calor se efectúa de caliente a frío, por lo tanto, $T_C > T_F$.

Además, el flujo de calor tiene una analogía con el flujo de corriente de acuerdo a:

$$\frac{dq}{dt} = i = -sA \frac{dV}{dx} = \frac{dQ}{dt} = -kA \frac{dT}{dx} \quad (\text{A2.15})$$

Donde la conductividad térmica se relaciona con la eléctrica $k=s$ y la diferencia de potencial o voltaje se relaciona con la cantidad de calor $\frac{dV}{dx} = \frac{dT}{dx}$.

Para las secciones donde un conducto realiza un cambio repentino a un espacio mayor considerando como p_1 la presión que trae el fluido en el conducto y p_2 la existente en el espacio, de acuerdo a la ecuación (A2.10) y a argumentos del ímpetu, el aumento de presión debida al mezclado es:

$$p_2 - p_1 = rV_2(V_1 - V_2). \quad (\text{A2.16})$$

Y para calcular la velocidad de salida del aparato se considera la variación de la presión del flujo en un tubo que se vacía gradualmente:

$$p_2 - p_1 = \frac{1}{2} r(V_1^2 - V_2^2). \quad (\text{A2.17})$$

Donde p_i es la presión,
 r es la densidad volumétrica de masa del fluido y
 V es la velocidad.

Conociendo la cantidad de calor requerida para realizar el trabajo de cambio de fase de una sustancia y haciendo uso de la ecuación de eficiencia de la máquina térmica de Carnot, se puede determinar la cantidad de calor del fluido después de la transferencia térmica.

$$h = \frac{T}{Q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = \frac{Q_1 + Q_2}{Q_1} \quad (\text{A2.18})$$

Donde T es el trabajo,

T_1 es la temperatura después del trabajo y

T_2 es la temperatura antes de éste; de modo que $T_1 > T_2$.

REFERENCIAS:

R. Resnick, D. Halliday y K. S. Krane, *Física Vol.1* (CECSA, México D. F.), 565-567, 441, 442, 460, 461, 624, (1993).

Enciclopedia Microsoft Encarta 2001 (Microsoft Corporation), "Física", "Gas Ideal", (1993-2000).

D. R. Pitts, *Transferencia de Calor*, "Introducción", "Mecánica de Fluidos" (Mc Graw-Hill, Bogotá Colombia), 1, 2, 112, 113, (1980).

L. Rivkin, *Propiedades Termodinámicas de los Gases* (Mir, Moscú), 8-11, (1979).

H. E. White, *Física Moderna* (Montaner y Simon S. A., Barcelona España), 250, (1965).

L. García-Colín Scherer, *Introducción a la Termodinámica Clásica*, (Trillas, México D. F.), 21, (1990).

D. Halliday, R. Resnick, K. S. Krane, *Física Vol. 2* (CECSA, México D. F.), 121-124, (1996).

A. Valiente Balderas y J. Noriega Bernechea, *Manual del Ingeniero Químico* (LIMUSA, Grupo Noriega Editores, México D. F.), 145, (1993).

ANEXO 3 PARÁMETROS GUÍA PARA EL CÁLCULO DEL FLUIDO DE INCUBACIÓN Y LAS CARACTERÍSTICAS DE SU FLUJO

Tabla A3.1 Parámetros Guía para el Cálculo del Fluido para Incubación y las Características de su Flujo en el Aparato Propuesto

| Ventilador 4VRE 15-200 (Airtecnics, España) | Aire a 1 atm | Agua y vapor de agua a 1 atm |
|--|---|--|
| Corriente: 0.19 A | $\rho = 0.00129 \text{ g/cm}^3$, a 0° C | $p_s = 6544.16 \text{ Pa}$, a 37.8° C |
| Voltaje: 230 V | $k = 1.4$, entre 25° y 50° C | $p_s = 5796.15 \text{ Pa}$, a 35.6° C |
| Frecuencia: 50/60 Hz | $c_p = 1.0038 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$, a 25° C | $p_s = 5975.83 \text{ Pa}$, a 36.1° C |
| Revoluciones por minuto: 1425 | $c_v = 0.7168 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$, a 25° C | $\rho = 1.0 \text{ g/cm}^3$, líquido a 0° C |
| Potencia: 42 W | $h = 294.29 \text{ kJ/kg}$, a 21° C | $\rho = 1360013.91 \text{ cal/cm-s}^\circ\text{C}$, líquido a 37.8° C |
| Diámetro: 19.5 cm | $u = 209.87 \text{ kJ/kg}$, a 21° C | $c_p = 0.998 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$, líquido a 37.8° C |
| Ancho: 14.9 cm | $s = 6.6823 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$, a 21° C | $\rho = 48362.34 \text{ cal/cm-s}^\circ\text{C}$, vapor a 37.8° C |
| Peso: 1.4 kg | $\rho_0 = 1.2944$, a 21° C | $c_p = 0.449 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$, vapor a 37.8° C |
| Presión máxima: 100 Pa | $\rho_0 = 6521$, a 21° C | $h = 148.86 \text{ J/g}$, líquido a 37.8° C |
| Caudal: $500 \text{ m}^3/\text{hr}$ | $h = 309.35 \text{ kJ/kg}$, a 36° C | $h = 2418.81 \text{ J/g}$, evaporación a 35.6° C |
| Nivel de ruido: 53 dBA | $u = 220.63 \text{ kJ/kg}$, a 36° C | $h = 2566.28 \text{ J/g}$, vapor a 35.6° C |
| www.airtecnics.com/espanyol/fr-productos.html | L. Rivkin, <i>Propiedades Termodinámicas de los Gases</i> (MIR, Moscú), 27, 29, (1979). | $h = 2567.44 \text{ J/g}$, vapor a 36.1° C |
| Parámetros medios para el emú | Valores del aparato | $s = 0.5125 \text{ J/g}^\circ\text{C}$, líquido a 35.6° C |
| Intervalo de humedad aceptado para el emú: | Volumen medio de vacío: 0.95 m^3 | $s = 7.8310 \text{ J/g}^\circ\text{C}$, evaporación a 35.6° C |
| 20% ó 70° F a 35% ó 75° F | Largo del recorrido medio: 3.053 m , | $s = 8.3434 \text{ J/g}^\circ\text{C}$, vapor a 35.6° C |
| Humedad relativa de incubación con los mejores resultados en Oaxaca: 72° F | distribuidos por las siguientes secciones: $0.7+1.353+1.0 \text{ m}$ | $s = 8.3326 \text{ J/g}^\circ\text{C}$, vapor a 36.1° C |
| Temperatura de incubación: 97° F | Presión a 1 atm y 0° C | $V_e = 1.0057 \text{ cm}^3/\text{g}$, líquido a 35.6° C |
| Temperatura de nacedero: 96° F | $\rho_0 = 1 \text{ atm} = 101325 \text{ Pa}$ | $V_e = 24527.34 \text{ cm}^3/\text{g}$, vapor a 35.6° C |
| | | $V_e = 23831.89 \text{ cm}^3/\text{g}$, vapor a 36.1° C |
| | | I. Espejel Avilez (traducción), <i>Tablas de Vapor</i> (Representaciones y Servicios de Ingeniería, S. A., México D. F.), 3, 103, 115, 122, 123, (1970). |

Tabla A3.2 Simbología y Unidades Empleadas para el Cálculo de los Resultados Reportados en el Capítulo 2 y 3

| Símbolo | Descripción | Unidad |
|-----------------|---|--|
| i | corriente | Amperio (A) |
| f | frecuencia | Hercio (Hz) |
| w | frecuencia | revoluciones por minuto (rpm) |
| P | potencia | Vatio (W) |
| \varnothing | diámetro | Centímetro (cm) o Metro (m) |
| a | ancho | Centímetro (cm) o Metro (m) |
| p | presión | Pascal (Pa) o Atmósfera (atm) |
| p_0 | presión específica relativa a la temperatura | Cantidad adimensional $p_0 = p/p_0$ |
| p_0 | presión atmosférica | Pascal (Pa) o Atmósfera (atm) |
| p_s | presión absoluta, $p_s = p + p_0$ | Pascal (Pa) o Atmósfera (atm) |
| t | tiempo | Segundo (s) |
| A | área | Metro o centímetro cuadrado (m^2 , cm^2) |
| m | masa | Gramos (g) |
| m_e | masa específica | Gramos por litro o por centímetro cúbico (g/Lt, g/cm^3) |
| V | diferencia de potencial o voltaje | Voltio (V) |
| T | temperatura | Grados Celsius o Fahrenheit ($^{\circ}C$, $^{\circ}F$) |
| Hr | humedad relativa | Por ciento (%), grados Celsius o Fahrenheit ($^{\circ}C$, $^{\circ}F$) |
| v | velocidad | Metros por segundo (m/s) |
| Vol | volumen | Metro cúbico o centímetro cúbico (m^3 , cm^3) |
| V_e | volumen específico | Centímetro cúbico por gramo (cm^3/g) |
| \varnothing_0 | volumen específico relativo a la temperatura | Cantidad adimensional $\varnothing_0 = Vol/Vol_{1atm y 0^{\circ}C} = T p_0 / T_0 p$ |
| ρ | densidad volumétrica de masa | Gramos por centímetro cúbico (g/cm^3) |
| k | índice adiabático o relación de calores específicos | Cantidad adimensional $k = c_p/c_v$ |
| i | entalpía o cantidad de calor | Calorías (cal) o Vatio-hora (Wh) |
| h | entalpía específica | Calorías por gramo (cal/g), Vatio-hora por gramo (Wh/g) o Joule por gramo (J/g) |
| s | entropía específica relativa a la temperatura | Joule por gramo- Celsius ($J/g\cdot^{\circ}C$) |
| c_p | calor específico a presión constante | Caloría por gramo- Celsius ($cal/g\cdot^{\circ}C$) |
| c_v | calor específico a volumen constante | Caloría por gramo- Celsius ($cal/g\cdot^{\circ}C$) |
| λ | conductividad térmica | Caloría por centímetro-segundo- Celsius ($cal/cm\cdot s\cdot^{\circ}C$) o Vatio por centímetro- Celsius ($W/cm\cdot^{\circ}C$) |

ANEXO 4 INTRODUCCIÓN AL ANÁLISIS DE ESTRUCTURAS Y RESISTENCIA DE MATERIALES

La estática como parte de la mecánica, estudia el reposo y las fuerzas en equilibrio.

Una fuerza es un ente cuyo efecto pretende hacer que un cuerpo modifique su estado original de reposo o movimiento.

El equilibrio se establece cuando el resultante de todas las fuerzas que actúan sobre un objeto es igual a cero y éste permanece en reposo o en movimiento uniforme; siendo una condición que se exige en las estructuras.

En la mecánica se estudian fundamentalmente las relaciones de las fuerzas que actúan sobre una masa indeformable o cuerpo rígido. La resistencia de materiales estudia y establece las relaciones entre las fuerzas o cargas exteriores aplicadas y sus efectos como esfuerzos en el interior de un cuerpo deformable.

Las propiedades del material con que se construye una estructura, afectan su elección y diseño ya que deben satisfacer condiciones de resistencia, rigidez y estabilidad mediante métodos de cálculo de ingeniería.

La resistencia es la capacidad de las partes y elementos de una estructura de contrarrestar una carga determinada sin descomponerse.

La rigidez es la propiedad de una estructura o sus elementos de oponerse a las cargas exteriores en la que se refiere a las deformaciones (cambios de forma y dimensiones), sin que excedan los valores fijados por las cargas determinadas de acuerdo a las exigencias de la estructura.

La estabilidad es la capacidad de una estructura o sus elementos de conservar una forma inicial determinada de equilibrio elástico.

Para el diseño de elementos estructurales se sigue la teoría elástica, que analiza la relación esfuerzo deformación hasta el límite elástico. La deformación queda definida por la ley de Hook:

$$\int = \frac{FL}{EA}. \quad (\text{A4.1})$$

Donde F es la fuerza aplicada,
 L la longitud inicial del elemento,
 E es el módulo elástico del material del elemento y
 A es el área transversal del elemento sobre la que se aplica la fuerza.

El esfuerzo máximo que puede soportar un elemento sin que sobrepase la deformación elástica máxima admisible por el material, está definido por la fórmula de la escuadría:

$$s_{MAX} = \frac{My}{I} = \frac{M}{S}. \quad (\text{A4.2})$$

Donde M es el momento flector,
 y es la distancia entre el punto de deformación máxima y el eje neutro,
 I es el momento de inercia y

S es el módulo de resistencia o módulo de la sección transversal.

Para diseñar la forma y sección transversal de un elemento estructural el análisis de esfuerzos se aplica sobre la sección neutra en la que se establece el equilibrio. Se acostumbra tomar como esfuerzo admisible de trabajo (s_w) un esfuerzo igual al esfuerzo último (s_u) entre un número N convenientemente elegido y denominado coeficiente de seguridad. En el diseño, los esfuerzos obtenidos se consideran como el esfuerzo último.

$$s_w = \frac{s_u}{N}. \quad (A4.3)$$

El eje neutro de un cuerpo es el que pasa por su centroide o centro de gravedad. La sección neutra de un elemento estructural es en la que los esfuerzos de tensión y los de compresión son iguales. En elementos con forma de barra o viga recta, ésta sección coincide con el eje neutro.

El momento de inercia es el que se genera de la integral del producto del cuadrado de la distancia al eje neutro por un diferencial del área. Depende de la forma del área sobre la que se analiza por lo que para el diseño de ésta área como sección transversal del elemento estructural, se considera el módulo de resistencia.

Para el análisis de estructuras se sigue el principio de superposición, que considera a las fuerzas con independencia de acción y adición. Los elementos y partes de una estructura pueden clasificarse mediante las siguientes formas fundamentales:

Vigas o barras: Cuerpo cuya longitud es mucho mayor que el ancho y largo. Pueden tener ejes rectilíneos o curvilíneos, y tener o no sección constante.

Bóvedas y placas: Cuerpo limitado por dos superficies situadas a una distancia corta entre sí. Si las superficies son curvilíneas es una bóveda y si son planas es una placa. El espesor puede ser constante o variable.

Macizos: Cuerpo cuyas dimensiones son del mismo orden.

En un depósito cilíndrico de pared delgada, el esfuerzo longitudinal que soporta la carga de un fluido es:

$$s = \frac{pD_i}{2a}; a = \frac{D_x - D_i}{2}. \quad (A4.4)$$

Donde p es la presión del fluido,
 D_i es el diámetro interno,
 D_x es el diámetro externo y
 a es el espesor.

Éste esfuerzo se puede aplicar al cálculo del esfuerzo de contacto en el reforzamiento de cilindros mediante anillos o a los esfuerzos desarrollados en un anillo que gira en su plano.

El esfuerzo de tensión en un anillo que gira es proporcional a la masa específica (?) y al cuadrado de la velocidad periférica (v).

$$s = ?v^2 \quad (A4.5)$$

La ecuación del esfuerzo de torsión se denomina ecuación de compatibilidad, y muestra la relación esfuerzo-deformación elástica.

Tabla A4.1 Tipo de Carga y Esfuerzo Generado en el Material

| Cargas , definición y notación | Esfuerzos , efecto de la carga y notación | Relación matemática |
|--|---|--|
| <u>Fuerza axial (C)</u> : Actúa en dirección paralela al eje neutro del cuerpo y es perpendicular a la superficie de aplicación. | Esfuerzo de tensión o alargamiento. s_T Esfuerzo de compresión, acortamiento o aplastamiento. s_C | $s=C/A$ A(4.6) |
| <u>Fuerza cortante (V)</u> : Actúa en dirección perpendicular al eje neutro a la superficie de aplicación. | Esfuerzo de corte: Deslizamiento o desplazamiento entre capas Internas del cuerpo. s_V | $s_V =V/A$ (A4.7) |
| <u>Momento de torsión (T)</u> : La dirección de la fuerza que lo genera, tiende a describir una trayectoria circular alrededor del eje neutro a la superficie de aplicación. | Esfuerzo de torsión: Curvatura debida a un giro paralelo a la superficie de aplicación. t | $t=(?G/L)b$ (A4.8) $T=P/(2pf)$ (A4.9) |
| <u>Momento flexor (M)</u> : La fuerza que lo genera, tiende a describir una trayectoria circular paralela al eje neutro de la superficie. | Esfuerzo de flexión: Curvatura debida a un giro perpendicular a la superficie de aplicación. Se refleja a lo largo del cuerpo. M | $M=Fd$ (A4.10) |
| <p>Donde: A es el área de la sección sobre la que se aplica la fuerza ? es el ángulo de torsión de la deformación tangencial o distorsión G es el módulo de rigidez del material L es la longitud del elemento estructural b es la distancia al eje neutro P es la potencia de torsión f es la frecuencia de torsión F es la fuerza que genera la flexión d es la distancia entre el punto de aplicación de la fuerza y el punto sobre el cuál se desea conocer el momento</p> | | |

Información tomada de F. L. Singer y A. Pytel, *Resistencia de Materiales* (Harla, México D. F.), 1-5, 13, 14, 16, 60-65, 103, (1982).

Para el análisis de vigas existe una relación entre la carga, la fuerza cortante y el momento flector que permite conocer mediante un método gráfico su comportamiento en el elemento estructural. El método consiste en dibujar en un diagrama de cuerpo libre las cargas que actúan sobre el elemento; tomando éste diagrama como referencia, se van dibujando los diagramas de cortante, de momento y la curva elástica.

- Diagrama de cargas: Se sitúan el tipo de cargas y las reacciones sobre la sección neutra del elemento, indicando su magnitud, dirección y punto o extensión de aplicación.
- Diagrama de cortante: Se forma al sumar las contribuciones de todas las fuerzas cortantes, generando la ecuación de equilibrio.

- Diagrama de momento flector: Se forma al derivar la ecuación de equilibrio.
- Curva elástica: Muestra la deformación máxima que se genera en el elemento debido a los diagramas anteriores. Se define mediante la ecuación de la elástica, por el método de la doble integración.

Las fuerzas y los efectos que generan en los elementos estructurales sobre los que se aplican, se relacionan como se muestra en la tabla A4.1.

El peso es una fuerza que se concentra en el centroide del elemento. En una carga distribuida, la fuerza tiene una magnitud igual al área con la que se aplica, respecto al eje neutro del elemento estructural y se ubica en la posición de la proyección del centroide de su área, sobre el eje neutro en el sistema coordenado del diagrama de cuerpo libre.

Para el análisis de las secciones transversales de los elementos de la estructura mecánica, se emplean los módulos de resistencia que muestra la tabla A4.2. En la tabla A4.3 se definen las características elásticas de los materiales a considerar para los cálculos estructurales.

Tabla A4.2 Ubicación del Centroide y Módulos de Resistencia en Geometrías Definidas

| Tipo de sección | Ubicación del centroide | Módulo de resistencia (S) |
|--------------------------|-----------------------------|--|
| Rectángulo | $X=b/2$ $Y=h/2$ | $\frac{bh^2}{6}$ |
| Círculo | $X=D/2=r$ $Y=D/2=r$ | $\frac{\rho r^3}{4}$ o $\frac{\rho D^3}{32}$ |
| Anillo redondo | $X=D_x/2=R$ $Y= D_x/2=R$ | $\frac{\rho(R^4 - r^4)}{4R}$ |
| Simbología: | | |
| X Eje de abscisas | D Diámetro | |
| Y Eje de ordenadas | D_x Diámetro exterior | |
| b Base sobre abscisas | R Radio exterior | |
| h Altura sobre ordenadas | r Radio interior | |

Información obtenida de F. L. Singer y A. Pytel, *Resistencia de Materiales* (Harla, México D. F.), 127, (1982).

Tabla A4.3 Propiedades Elásticas de Algunos Materiales

| Material | Densidad | Módulo de Young | Límite elástico | Punto de ruptura |
|-----------------------------|------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| Acero estructural ASTM-A 36 | 7860 kg/m ³ | 200 x10 ⁹ N/m ² | 250 x10 ⁶ N/m ² | 400 x10 ⁶ N/m ² |
| Aluminio | 2710 kg/m ³ | 70 x10 ⁹ N/m ² | 95 x10 ⁶ N/m ² | 110 x10 ⁶ N/m ² |
| Madera de Pino | 525 kg/m ³ | 13 x10 ⁹ N/m ² | - | 50* x10 ⁶ N/m ² |
| Poli estireno | 1050 kg/m ³ | 3 x10 ⁹ N/m ² | - | 48 x10 ⁶ N/m ² |
| Vidrio | 2190 kg/m ³ | 65 x10 ⁹ N/m ² | - | 50* x10 ⁶ N/m ² |

* En compresión.

Tabla tomada de R. Resnick, D. Halliday y K. S. Krane, *Física Vol.1* (CECSA, México D. F.), 343, (1993).

REFERENCIAS:

F. L. Singer y A. Pytel, *Resistencia de Materiales* (Harla, México D. F.), 1-9, 13, 14, 16, 19-24, 27-33, 87-92, 100-111, 122-127, (1982).

G. S. Pisarenko, A. P. Yákovlev y V. V. Matéev, *Manual de Resistencia de Materiales* (Editorial Mir, Moscú), 5-9, (1979).

ANEXO 5 MECANISMO DE GIRO EN LOS SISTEMAS COMERCIALES

El giro efectivo de 180° puede proporcionarse mediante malla deslizante de movimiento horizontal, rodillos giratorios o perchas giratorias. En el estudio de mercado realizado vía Internet, se encontró que el sistema de bandejas giratorias que proporcionan un giro efectivo de 90°, en posición horizontal o vertical, es el más común.

Bandejas Giratorias

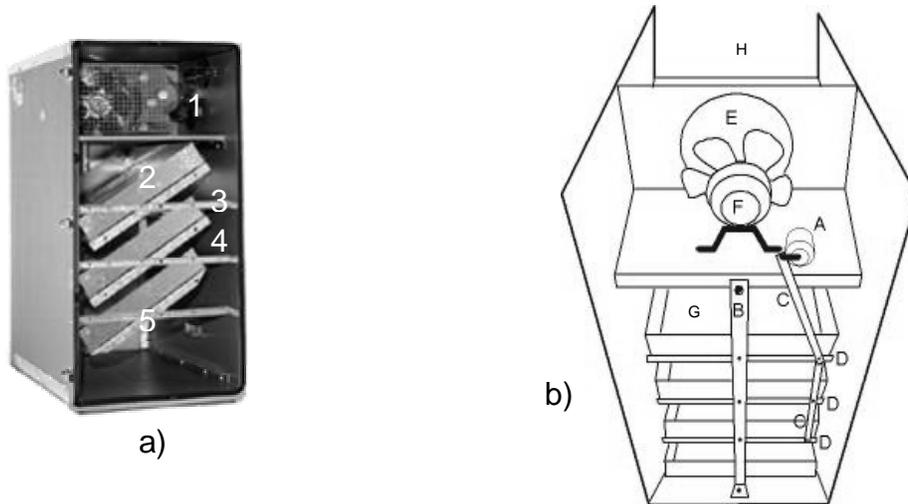


Figura A5.1 Funcionamiento Mecánico de los Sistemas Comerciales de Bandejas Giratorias

- a) Sistema de bandejas vista de frente
 - 1 Espacio para generar el flujo y fluido de incubación
 - 2 Bandeja en posición girada a 45° de la horizontal
 - 3 Soporte horizontal estático del eje de giro
 - 4 Soporte móvil eje de bandejas
 - 5 Apoyo del eje para giro
- b) Sistema de bandejas vista interior posterior
 - A Motor generador del giro
 - B Soporte vertical estático del eje de giro
 - C Palancas de transmisión del giro
 - D Soporte móvil eje de bandejas
 - E Malla de calentamiento
 - F Ventilador generador del flujo
 - G Bandeja para almacén de huevos
 - H Espacio para generar el fluido de incubación

Las partes para el funcionamiento que se muestran en la figura A5.1 del sistema de bandejas funciona como sigue: Las bandejas (G) descansan sobre soportes móviles (D) sujetos por la mitad de cada extremo transversal a un soporte estático horizontal al frente y vertical en la parte posterior (B), funcionando como eje de giro; mediante barras que hacen la función de palancas transmisoras del giro (C) se conectan al motor generador del giro por el lado posterior derecho del aparato (A) proporcionando un movimiento de 45° respecto a la horizontal. Mediante un temporizador se controla el movimiento para que el giro alterne la dirección cada hora.

Para generar el flujo y el fluido de incubación, el ventilador (F) hace pasar el aire por la malla de calentamiento (E) hacia el espejo de agua ubicado en el espacio para generar el fluido de incubación (H).

De acuerdo a Minnaar, la mayoría de las incubadoras de bandejas móviles, dan un promedio de nacimientos del 70% al 80% de los huevos incubados sin el giro manual, y mayor al 90% con éste.

Perchas Giratorias

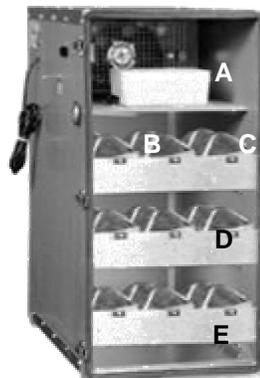


Figura A5.2 Sistema de Perchas Giratorias

- A Espacio para la generación del flujo y fluido de incubación
- B Garfio en forma de "S"
- C Percha giratoria
- D Eje giratorio de percha
- E Soporte estático de perchas

Éste sistema, cuyo único modelo encontrado es el de la figura A5.2, surge según sus fabricantes (ver anexo 6), para proporcionar un mayor ángulo de giro alterno que el sistema de bandejas giratorias y eliminar el giro manual; permite un giro automático alterno aproximado a 180°. La forma de almacenar los huevos es en filas colocando los huevos de punta a punta en una bandeja alargada, adaptada con bandas elásticas y ganchos en forma de "S" que los sujetan, eliminando los problemas de choque entre huevos común en bandejas giratorias sin separador.

El espacio que ocupa en relación al sistema de bandejas es el mismo, el giro se realiza de manera simultánea en todas las perchas. La forma de generar el ambiente de incubación es el mismo que en el de bandejas.

Debido a que el sistema requiere más piezas y procesos para generar las perchas con sus respectivos soportes y sujetadores, la manufactura se encarece y en el manejo se necesita mayor tiempo y movimientos para realizar la sujeción o liberación de huevos.

Los espacios para la libertad de movimientos se mantienen igual que en el sistema de bandejas por lo que el manejo de las perchas es similar al de las bandejas.

Rodillos Ajustables con Base Giratoria

En incubadoras australianas como la mostrada en la figura A5.3, se ajusta la separación entre rodillos en relación al tamaño de los huevos. Estos rodillos están sostenidos por los extremos en una cabina que es girada por una base externa de manera similar a las bandejas giratorias.

Rodillos Giratorios

En relación a los resultados del análisis que se presenta en éste documento y a la información que de éste sistema se incluye en el anexo 6, se deduce que las características de manejo que

presenta no requieren del giro manual, proporciona automáticamente el giro alterno de 180°, requiere menos espacio para realizar el giro y la forma de almacenaje es la más sencilla pues solo requiere depositar entre los rodillos los huevos y no necesita elementos auxiliares de sujeción como ocurre en el sistema de perchas.

Los rodillos tienen un soporte común a cada extremo, dicho soporte se compone de un sistema de giro simultáneo que puede ser a través de transportadores de banda o de cadena y engranaje o mediante manivela de palanca común, impulsado por un moto-reductor independiente en cada nivel bandeja de rodillos. La dirección de giro se puede invertir mediante un circuito de corriente alterna y como lo muestra la figura A5.4.

La cantidad de modelos y fabricantes que ofrecen éste sistema en sus aparatos es muy reducida, de hecho en el estudio de mercado sólo se halló un fabricante con 3 modelos de capacidad distinta para el emú.

Haciendo una comparación en relación a la capacidad de incubación, las dimensiones y volúmenes entre éste y otros sistemas es semejante pero el precio de los sistemas de rodillos giratorios es hasta 3 veces mayor al de los sistemas de bandejas.

Según Minnaar, una incubadora de rodillos da porcentajes mayores al 90% y no requiere giro manual.



Figura A5.3

Sistema de Rodillos Ajustables

- | | | | |
|---|---------------------|---|--------------------------|
| 1 | Rodillos ajustables | 2 | Cabina de almacenaje |
| 3 | Base giratoria | 4 | Motor generador del giro |

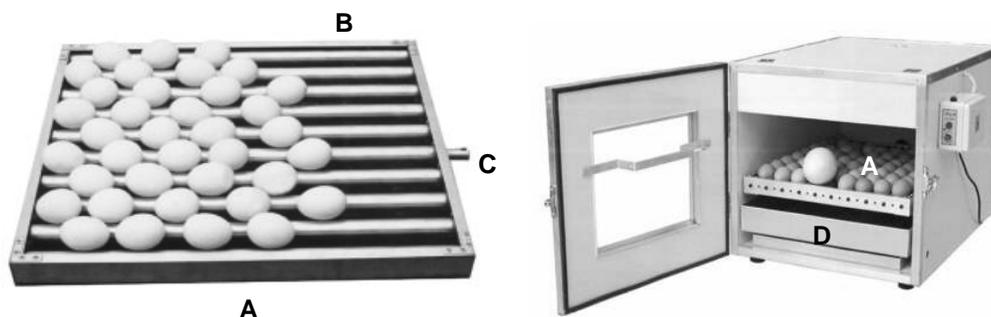


Figura A5.4

Sistema de Rodillos Giratorios

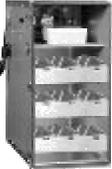
- | | | | |
|---|--------------------------------|---|-----------------|
| A | Bandeja de rodillos giratorios | B | Rodillos |
| C | Eje giratorio | D | Charola de agua |

ANEXO 6 CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS DE INCUBACIÓN AVÍCOLA ENCONTRADOS POR INTERNET

Tabla A6.1 Aparatos con Sistema de Aire Muerto

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| <p>Marca, modelo, procedencia y precio</p> |  Yonar, Argentina Mod 28/32G USA\$1,080 |  Yonar, Argentina Mod 50E USA\$440 |  Brinsea, Australia Octagon 10 |  Brinsea, Australia Octagon 20 |  Brinsea, Australia Octagon 100 y Octagón 250 |
| <p>Capacidad y dimensiones</p> | 28 (con volteo automático) o 32 huevos de ñandú en una bandeja 85 x 76 x 84; 85 x 101 x 85 cm Peso: 42 Kg | 50 o 42 (con volteador automático) huevos de gallina en una bandeja metálica 41 x 41 x 31 cm Peso: 14 Kg | 10 huevos de gallina (aproximadamente 3 huevos de emú) | 20 huevos de gallina o su equivalente en otras especies | 100 y 250 huevos de gallina o su equivalente en otras especies |
| <p>Fuente</p> | Gas licuado Promedio de 12 Kg en periodo de 21 días con llama moderada | Eléctrica seccional por convección 40 Watts en suministro de 220 Volts a 50 Hertz | Eléctrica | Eléctrica | Eléctrica |
| <p>Mecanismo</p> | Volteo manual o mecánico por reja deslizable | Volteo manual o mecánico por reja deslizable | Base giratoria automática en giros alternos de 45° a cada hora | Base giratoria automática en giros alternos de 45° a cada hora | Base giratoria automática en giros alternos de 45° a cada hora |
| <p>Temperatura</p> | Calefacción por circulación de agua caliente en tubos de cobre sin costura Medición de temperatura por termostato de cápsula gaseosa de alta precisión | Termostato de cápsula gaseosa de alta precisión o termostatos electrónicos | Desplegado digital de temperatura de alta precisión | Desplegado digital de temperatura de alta precisión | Desplegado digital de temperatura de alta precisión |
| <p>Humedad</p> | | Bandeja metálica para agua | Controlador por bombeo de agua a la parte inferior de la cabina y regulado por el dispositivo H2O con un sensor de lectura de alta precisión | Controlador por bombeo de agua a la parte inferior de la cabina y regulado por el dispositivo H2O con un sensor de lectura de alta precisión | Controlador por bombeo de agua a la parte inferior de la cabina y regulado por el dispositivo H2O con un sensor de lectura de alta precisión |
| <p>Notas</p> | Madera laminada laqueada exteriormente, mechero para gas con cabeza cerámica, herrajes de bronce. Bandejas metálicas para huevos y agua. | Mueble construido en madera laminada laqueada exteriormente. | El giro puede ser automático o semiautomático según el tipo de base Los huevos son depositados en barrass estáticas ajustables a cada 7.5 mm | El giro puede ser automático o semiautomático según el tipo de base Los huevos son depositados en barrass estáticas ajustables a cada 7.5 mm | El giro puede ser automático o semiautomático según el tipo de base Los huevos son depositados en barrass estáticas ajustables a cada 7.5 mm |

Tabla A6-2 Aparatos con Sistema de Aire Forzado

| | | | |
|---|---|---|--|
|  | <p>Marca: Randall Burkey, E.U. Modelo: 1266, 1566E Precio: USA \$392.95, \$440.90 Capacidad: 24-30 H de emú Dimensiones: 40 x 77 x 80.6 cm Fuente: 110 VCA,225W Temperatura: Termostato tipo wafer Humedad: Charola para espejo de agua Ventilación: Ventilador de aspas curvas de metal</p> | <p>Mecanismo y tipo de giro: Bandejas giratorias, con giro automático alterno de 45° a cada hora. Giro de 180° manual. Notas: Incluye lector de humedad y de temperatura. Las bandejas son charolas de lámina inoxidable perforada</p> | <p>Dimensiones de nivel: Aproximadamente 27 x 57 cm Capacidad de huevos de emú por nivel: 12 H Función: Incubadora</p> |
|  | <p>Marca: Randall Burkey, E.U. Modelo: 1524E, 1544E Precio: USA \$560.98 Capacidad: 36 H de emú Dimensiones: 40 x 77 x 80.6 cm Fuente: 110 VCA,250W Temperatura: Termostato deluxe multi-giro Humedad: Charola para espejo de agua Ventilación: Ventilador de aspas curvas de metal</p> | <p>Mecanismo y tipo de giro: Perchas con cestos giratorios en dirección alterna; giro aproximado de 180° por hora Notas: Cada nivel se compone de 3 perchas con 4 hoyos. Incluye lector de humedad y de temperatura. Los huevos se sujetan por bandas elásticas en forma de garfios.</p> | <p>Dimensiones de nivel: Aproximadamente 10 x 52 cm cada percha y 33 x 57 cm por nivel con 3 perchas Capacidad de huevos de emú por nivel: 12 H, 4 por percha Función: Incubadora</p> |
|  | <p>Marca: Artor , www.artor.com.mx Modelo: EMT-20-IN Capacidad: 12 H de avestruz Dimensiones: 40 x 60-70 x 80-90 cm Fuente: 110 VCA Temperatura: Aire acondicionado integrado y graduado de 15 a 18° C Humedad: Humidificador ultrasónico Ventilación: Ventilador de 42"de diámetro, motor de 1Hp</p> | <p>Mecanismo y tipo de giro: Bandejas giratorias, con giro automático alterno de 45°, programable desde 20 min. Giro de 180° manual. Notas: Paneles de poliuretano térmico de 2", cubiertos de lámina Cal 20, reforzado por canal de aluminio; desarmable. Controles electrónicos digitales modulados de humedad y temperatura; monitoreo de las variables por computadora y todo tipo de alarmas.</p> | <p>Dimensiones de nivel: Aproximadamente 30 x 40 cm Capacidad de huevos de emú por nivel: 9 H Función: Incubadora</p> |
|  | <p>Marca: Combi Modelo: Pas Reform Capacidad: 72 H de avestruz Dimensiones: 125 x 65-70 x 200 cm Fuente: Eléctrica Temperatura: Control electrónico con lector Humedad: Control electrónico con lector Ventilación: Ventilador de aspas rectas de plástico</p> | <p>Mecanismo y tipo de giro: Rejas giratorias alternas a más de 45°, giros manuales de 180° Notas: Las rejas parecen tener algo que detiene a los huevos del centro</p> | <p>Dimensiones de nivel: Aproximadamente 40 x 80 cm Capacidad de huevos de emú por nivel: 18 H Función: Incubadora</p> |
|  | <p>Marca: NatureForm Modelo: Incubator 50 Capacidad: 50 H de avestruz Dimensiones: 40 x 90 x 200 cm Fuente: Eléctrica Temperatura: Control electrónico con lector Humedad: Control electrónico con lector</p> | <p>Mecanismo y tipo de giro: Bandejas giratorias alternas a 45°, giros manuales de 180° Notas: El tipo de estructura debe ser muy similar a la Ator por lo que muestra la imagen</p> | <p>Dimensiones de nivel: Aproximadamente 40 x 80 cm Capacidad de huevos de emú por nivel: 18 H Función: Incubadora</p> |

| | | | |
|---|---|--|---|
|  | <p>Marca: Yonar, Argentina Modelo: Mod 12, Mod 20, Mod 40 Precio: USA \$935.00, \$1,135.00, \$1,435 Capacidad: 12, 20 y 40 H de fiandú Dimensiones: 52 x 43 x 52 cm; 69 x 52 x 52 cm; 69 x 52 x 80 cm Fuente: Suministro de 220 Volts a 50 Hertz; Mod 12: 140-270 w; Mod 20 y 40: 150-320 W Temperatura: Control electrónico de alta precisión (0.2° C), medido con termómetro de mercurio Ventilación: Aire forzado con turbinas silenciosas de alto rendimiento, circulación de aire cálido y húmedo</p> | <p>Mecanismo y tipo de giro: Rotadores automáticos con rodillos de aluminio; giro de 180° a cada hora con un motorreductor independiente Notas: Madera multi-laminar revestida con laminado plástico. Sistema de volteo construido en aluminio, herrajes de bronce. Tablero de control electrónico desmontable.</p> | <p>Dimensiones de nivel: Aproximadamente 40 x 50 cm Capacidad de huevos de emú por nivel: 12, 20 H en un rotador automático Función: Incubadora</p> |
|  | <p>Marca: Khul, E.U. Modelo: BEMU-54-110, BEMU-54-220, AZYEMU-54-110, AZYEMU-54-220 Precio: USA \$3,170.00; \$3,770.00; \$3,970.00; \$4,570.00 Capacidad: 54 H de emú y/o avestruz Dimensiones: 96.52 x 71.12 x 132.08 cm Fuente: 110 y 220 VCA Temperatura: Termostato tipo wafer Humedad: Humidificador automático</p> | <p>Mecanismo y tipo de giro: Bandejas-separador giratorias a 45° alternos a cada hora Notas: Cabina de fibra de vidrio, con un control de estado sólido de zytron y puertas de acrílico. Bandejas tipo separador que se emplean también como nacedero, al suspender el giro de la incubadora.</p> | <p>Dimensiones de nivel: Aproximadamente 45 x 72 cm Capacidad de huevos de emú por nivel: 18 H Función: Incubadora y/o Nacedora</p> |
|  | <p>Marca: Randall Burkey, E. U. Modelo: 1270 Precio: USA \$384.95 Capacidad: 24 H de emú Dimensiones: 40 x 77 x 80.6 cm Fuente: 110 VCA, 225 W Temperatura: Termostato tipo wafer Humedad: Charola para espejo de agua Ventilación: Ventilador de aspas redondas metálicas</p> | <p>Notas: Cada nivel tiene separadores de lámina inoxidable perforada para evitar confusiones en caso de que nazcan varios polluelos a la vez</p> | <p>Dimensiones de nivel: Aproximadamente 30 x 60 cm Capacidad de huevos de emú por nivel: 8H Función: Nacedora</p> |
|  | <p>Marca: Artor, www.artor.com.mx Modelo: EMT-12-N Capacidad: 12 H de avestruz Dimensiones: 40 x 60-70 x 80-90 cm Fuente: 110 VCA Temperatura: Aire acondicionado integrado y graduado de 15 a 18° C Humedad: Humidificador ultrasónico Ventilación: Ventilador de 42" de diámetro, motor de 1Hp</p> | <p>Notas: Paneles de poliuretano térmico de 2", cubiertos de lámina Cal 20, reforzado por canal de aluminio; desarmable. Controles electrónicos digitales modulados de humedad y temperatura; monitoreo de las variables por computadora y todo tipo de alarmas.</p> | <p>Dimensiones de nivel: Aproximadamente 30 x 55 cm Capacidad de huevos de emú por nivel: 6 H Función: Nacedora</p> |
|  | <p>Marca: NatureForm Modelo: Hatcher 27 Capacidad: 27 H de Avestruz Dimensiones: 65-70 x 65-70 x 200 cm Fuente: Eléctrica Temperatura: Control electrónico con lector Humedad: Control electrónico con lector</p> | <p>Notas: Los niveles se forman de bandejas con separadores plásticos perforados, en disposición de 3 niveles con 9 huevos de avestruz por cada uno.</p> | <p>Dimensiones de nivel: Aproximadamente 65 x 65 cm Capacidad de huevos de emú por nivel: 12 H Función: Hacedora</p> |

ANEXO 7 PARÁMETROS GUÍA PARA LA INCUBACIÓN DE OTRAS AVES

Tabla A7.1 Características de las Rátidas

| Rátida | Peso del ave adulta (kg) | Temporada de postura | Color del huevo | Peso (gr) | Largo (mm) | Ancho (mm) | Número de huevos por temporada (en cautiverio) | Periodo de incubación (días) | Temperatura de incubación | Humedad de incubación |
|-----------------------------|--------------------------|---|---------------------|-----------|------------|------------|--|------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| Ave elefante | | | crema | 9000 | 340 | 240 | | | | |
| Moa | | | crema | 4300 | 240 | 178 | | | | |
| Avestruz | 100-130 | Junio-Octubre | crema | 1400 | 155 | 130 | más de 40 | 42 - 48 | 96.5 – 97 ° F 35.8 – 36.1° C | 70 ° F 21.1° C |
| Emú | 70 | Nov-Marzo | Verde esmeralda | 610 | 135 | 90 | más de 40 | 48 – 50 | 96.5 – 97 ° F 35.8 – 36.1° C | 70 ° F 21.1° C |
| Casuario | 29 – 34 | Jun – Oct o Sep - Dic | Verde lima | 610 | 135 | 90 | 12 – 19 o 18 - 40 | 49 - 56 | 96.5 – 97.5 ° F 35.8 – 36.4° C | 40 – 60 % |
| Ñandú común | 15-25 | Julio– Nov/Ene dura 3 meses | Amarillo a crema | 580 | 130 | 90 | 13 – 30 se han dado casos de 6 - 80 | 35 - 40 | 96.5 – 97 ° F 35.8 – 36.1° C | 85 – 87 ° F 29.4 – 30.5° C |
| Ñandú de Darwin | 15-25 | Julio– Nov/Ene dura 3 meses | Verde claro a crema | 580 | 130 | 90 | 13 – 30 se han dado casos de 6 - 80 | 35 - 40 | 96.5 – 97 ° F 35.8 – 36.1° C | 85 – 87 ° F 29.4 – 30.5° C |
| Kiwi | 2 – 4 | Ago-Oct, Ene-Feb, todo el año en cautiverio | Crema | 420 | 125 | 77 | 2 por año | 60 - 92 | 100.4° F 38 ° C | |
| Pequeño spotted kiwi | 2 – 4 | Ago-Oct, Ene-Feb, todo el año en cautiverio | crema | 300 | 110 | 70 | 2 por año | 60 - 92 | 100.4° F 38 ° C | |

El ave elefante al igual que el moa, son rátidas extintas; ambos tipos de kivis estan en peligro de extinción.

Información tomada de M. Mnnaar, *The Emu Farmer's Handbook, Volume 2* (Nyoni, Publishing Co., Groveton Texas), 153, 277, (1998).
Handbook of The Birds of The World, 83, 89, 96, 97, 103, 109, (Primer Curso Propedéutico de Cría y Producción de Avestruz y Emú, Huajuapán de León, Oaxaca, Febrero del 2000).

REFERENCIAS

CAPÍTULO 1

1. M. Minnaar, *The Emu Farmer's Handbook*, Volume 2 (Nyoni, Publishing Co., Groveton Texas), 131, (1998).
2. <http://club.telepolis.com/gallafer/datos.htm>
3. <http://www.johnsonemu.com>
4. P. y M. Minnaar, *The Emu Farmer's Handbook* (Induna Company, Groveton Texas), 2, 3, (1992).
5. *Emu Today & Tomorrow*, 8, 11, (1998), 8-10.
6. M. I. Rodríguez Trujillo, *Proyecto de Inversión para la Instalación de un Criadero de Emú en la Comunidad de Santiago Cacaloxtepac Huajuapán, Oaxaca*, (Universidad Tecnológica de la Mixteca, Huajuapán de León, Oaxaca, México), 2, 3, 5, 29, (2002).
7. P. Minnaar, traducción K. Nava, *Manual Para la Crianza del Emú* (Nyoni, Publishing Co., Groveton Texas), 12, 13, (1997).
8. R. D. San Juan, *Periódico Cantero, Oaxaca México*, lunes 14 de diciembre, (1998), 8.
9. M. Minnaar, *The Emu Farmer's Handbook*, Volume 2 (Nyoni, Publishing Co., Groveton Texas), 74, 75, (1998).
10. M. Minnaar, *The Emu Farmer's Handbook*, Volume 2 (Nyoni, Publishing Co., Groveton Texas), 143-147, (1998).
11. P. Minnaar, traducción K. Nava, *Manual Para la Crianza del Emú* (Nyoni, Publishing Co., Groveton Texas), 32-34, (1997).
12. P. y M. Minnaar, *The Emu Farmer's Handbook* (Induna Company, Groveton Texas), 102, (1992).
13. P. y M. Minnaar, *The Emu Farmer's Handbook* (Induna Company, Groveton Texas), 123, (1992).
14. P. y M. Minnaar, *The Emu Farmer's Handbook* (Induna Company, Groveton Texas), 101, 106, 107, (1992).
15. P. y M. Minnaar, *The Emu Farmer's Handbook* (Induna Company, Groveton Texas), 109, 112, (1992).
16. M. Minnaar, *The Emu Farmer's Handbook*, Volume 2 (Nyoni, Publishing Co., Groveton Texas), 135, (1998).
17. P. y M. Minnaar, *The Emu Farmer's Handbook* (Induna Company, Groveton Texas), 120, (1992).
18. P. Minnaar, traducción K. Nava, *Manual Para la Crianza del Emú* (Nyoni, Publishing Co., Groveton Texas), 34, (1997).
19. P. y M. Minnaar, *The Emu Farmer's Handbook* (Induna Company, Groveton Texas), 108, (1992).
20. P. y M. Minnaar, *The Emu Farmer's Handbook* (Induna Company, Groveton Texas), 108, 109, (1992).
21. P. y M. Minnaar, *The Emu Farmer's Handbook* (Induna Company, Groveton Texas), 81, 82, (1992).
22. P. y M. Minnaar, *The Emu Farmer's Handbook* (Induna Company, Groveton Texas), 118, (1992).
23. P. Minnaar, traducción K. Nava, *Manual Para la Crianza del Emú* (Nyoni, Publishing Co., Groveton Texas), 32, (1997).
24. M. Minnaar, *The Emu Farmer's Handbook*, Volume 2 (Nyoni, Publishing Co., Groveton Texas), 129, 130, (1998).
25. P. Minnaar, traducción K. Nava, *Manual Para la Crianza del Emú* (Nyoni, Publishing Co., Groveton Texas), 29, 30, (1997).
26. P. y M. Minnaar, *The Emu Farmer's Handbook* (Induna Company, Groveton Texas), 94,95, (1992).

27. M. Minnaar, *The Emu Farmer's Handbook, Volume 2* (Nyoni, Publishing Co., Groveton Texas), 136, (1998).
28. M. Minnaar, *The Emu Farmer's Handbook, Volume 2* (Nyoni, Publishing Co., Groveton Texas), 136, 137, (1998).
29. http://www.geocities.com/electrónica4/unidad_2.html 18, 28, 29.
30. Löbach Bernd, *Diseño Industrial*, (Editorial Gustavo Gili S. A., Barcelona España), 13-15, 19, 55-57, 64 (1981).

CAPÍTULO 2

31. M. Minnaar, *The Emu Farmer's Handbook, Volume 2* (Nyoni, Publishing Co., Groveton Texas), 135, (1998).
32. M. Minnaar, *The Emu Farmer's Handbook, Volume 2* (Nyoni, Publishing Co., Groveton Texas), 135, (1998).
33. R. Resnick, D. Halliday y K. S. Krane, *Física Vol.1* (CECSA, México D. F.), 443, (1993).
34. H. E. White, *Física Moderna*, (Montaner y Simon S. A., Barcelona), 239, (1965).
35. A. Cabeza Pérez, *Elementos para el Diseño de Paisaje, naturales, artificiales y adicionales*, (Trillas, México), 30, (1993).
36. H. E. White, *Física Moderna*, (Montaner y Simon S. A., Barcelona), 250, (1965).
37. H. E. White, *Física Moderna*, (Montaner y Simon S. A., Barcelona), 467,468, (1965).
38. P. Minnaar, traducción K. Nava, *Manual Para la Crianza del Emú* (Nyoni, Publishing Co., Groveton Texas), 32, (1997).
39. P. y M. Minnaar, *The Emu Farmer's Handbook* (Induna Company, Groveton Texas), 106-114, (1992).

CAPÍTULO 3

40. J. Panero y M. Zelnik, *Las Dimensiones Humanas en los Espacios Interiores* (GG, México D. F.), 86, 96, 100, 102, (1984).
41. W. E. Woodson, B. y P. Tillman, *Human Factors Design Handbook*, (Mc Graw-Hill, Inc. EU), 555-558, 563, 571, (1992).
42. P. Minnaar, traducción K. Nava, *Manual Para la Crianza del Emú* (Nyoni, Publishing Co., Groveton Texas), 28-39, (1997).
43. "Empaquetado." *Enciclopedia® Microsoft® Encarta 2001*. © 1993-2000 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.
44. F. Virgil Moring, *Diseño de Elementos de Máquinas*, (Editorial Limusa, Noriega Editores, México), 606, (1997).
45. M. Minnaar, *The Emu Farmer's Handbook, Volume 2* (Nyoni, Publishing Co., Groveton Texas), 277, (1998).
46. F. L. Singer y A. Pytel, *Resistencia de Materiales* (Harla, México D. F.), 270, 271, (1982).
47. G. S. Pisarenko, A. P. Yákovlev y V. V. Matéev, *Manual de Resistencia de Materiales* (Editorial MIR, Moscú), 351, 143, (1979).
48. C. H. Jensen, *Dibujo y Diseño de Ingeniería*, (Mc Graw-Hill de México S. A. de C. V.), 457, 458, (1973).
49. <http://club.telepolis.com/gallafer/datos.htm>

CAPÍTULO 4

50. M. I. Rodríguez Trujillo, *Proyecto de Inversión para la Instalación de un Criadero de Emú en la Comunidad de Santiago Cacaloxtepc Huajuapán, Oaxaca*, (Universidad Tecnológica de la Mixteca, Huajuapán de León, Oaxaca, México), 1-5, (2002).

ÍNDICE DE TABLAS, LISTADOS Y FIGURAS

| TABLAS | Página |
|--|---------------|
| I.1 Metodología Empleada para el Desarrollo del Sistema Propuesto para Incubar Emúes | 9 |
| 1.1 Causas y Efectos de las Características que Afectan el Desarrollo Embrionario en la Incubación de Emúes | 18 |
| 1.2 Acciones Correctivas Ante la Incorrecta Pérdida de Peso Durante la Incubación de Emúes | 19 |
| 1.3 Aparatos Comerciales para la Incubación Avícola | 24 |
| 1.4 Valoración de los Sistemas Comerciales para Incubación Avícola | 30 |
| 1.5 Criterios para la Evaluación de la Función Práctica en los Sistemas Comerciales | 33 |
| 1.6 Matriz de Convergencia-Divergencia para la Evaluación Estético-Simbólica de los Aparatos Comerciales para Incubación Avícola | 34 |
| 1.7 Evaluación Estético-Simbólica de los Sistemas Comerciales para Incubación Avícola | 34 |
| 1.8 Evaluación de las Funciones Esenciales de un Producto Aplicado a los Sistemas de Incubación Avícola en General | 35 |
| 1.9 Evaluación de las Funciones Esenciales de un Producto Aplicado a los Sistemas de Incubación Avícola para Producción | 35 |
| 1.10 Manejo de Lotes para Incubación de Emúes: Relación Almacenaje-Cantidad de Lotes | 37 |
| 1.11 Manejo de Lotes para Incubación de Emúes: Relación Almacenaje-Capacidad de Lote | 37 |
| 1.12 Criterios de Evaluación de la Función Práctica de las Propuestas para el Rediseño del Sistema de Incubación de Emúes | 44 |
| 3.1 Libertad de Movimiento de Manos y Profundidades Máximas para Espacios | 61 |
| 3.2 Posibilidades de Estiba Máxima Según Materiales de Construcción en el Aparato Propuesto | 63 |
| 3.3 Guía para el Uso y Programación del Aparato Propuesto | 65 |
| 3.4 Resultados para el Área Transversal del Perno Pasador de Rodillos para Varios Materiales | 73 |
| 3.5 Resultados para el Área Transversal de las Manivelas en Varios Materiales | 73 |
| 3.6 Resultados para el Área Transversal de los Rodillos en Varios Materiales | 74 |
| 3.7 Resultados del Sistema Hiper-estático de los Soportes de Rodillos | 75 |
| 3.8 Resultados para el Área Transversal de los Soportes de Rodillos en Varios Materiales | 75 |
| 3.9 Resultados del Área Transversal del Empotramiento de los Soportes de Rodillos en Diferentes Materiales para Cubierta | 75 |
| 3.10 Diseño de la Leva Excéntrica para la Adaptación del Sistema Mecánico Propuesto a Otras Especies Avícolas | 76 |
| 3.11 Características de la Incubación Artificial en Gallináceas y Palmípedas | 77 |
| 3.12 Guía para la Incubación Avícola Artificial | 78 |
| A3.1 Parámetros Guía para el Cálculo del Fluido para Incubación y las Características de su Flujo en el Aparato Propuesto | 94 |
| A3.2 Simbología y Unidades Empleadas para el Cálculo de los Resultados Reportados en el Capítulo 2 y 3 | 95 |
| A4.1 Tipo de Carga y Esfuerzo Generado en el Material | 98 |
| A4.2 Ubicación del Centroides y Módulos de Resistencia en Geometrías Definidas | 99 |

| TABLAS | Página |
|--|---------------|
| A4.3 Propiedades Elásticas de Algunos Materiales | 99 |
| A6.1 Aparatos con Sistema de Aire Muerto | 103 |
| A6.2 Aparatos con Sistema de Aire Forzado | 104 |
| A7.1 Características de las Rátidas | 106 |

| LISTADOS | |
|---|----|
| 1.1 Requerimientos, Problemáticas y Soluciones Practicadas para la Incubación de Emúes | 28 |
| 1.2 Criterios para la Evaluación de los Sistemas Comerciales para la Incubación Avícola | 31 |

| FIGURAS | |
|---|----|
| 1.1 El Emú | 14 |
| 1.2 Posiciones y Ángulos de Giro en los Sistemas Comerciales para Incubación Avícola | 22 |
| 1.3 Relación Usuario-Aparato en la Incubación Avícola Artificial | 33 |
| 1.4 Descripción del Funcionamiento Hipotético del Sistema 1 | 39 |
| 1.5 Descripción del Funcionamiento Hipotético del Sistema 2 | 39 |
| 1.6 Descripción del Funcionamiento Hipotético del Sistema 3 | 40 |
| 1.7 Descripción del Funcionamiento Hipotético del Sistema 4 | 40 |
| 1.8 Descripción del Funcionamiento Hipotético del Sistema 5 | 41 |
| 1.9 Descripción del Funcionamiento Hipotético del Sistema 6 | 41 |
| 1.10 Descripción del Funcionamiento Hipotético del Sistema 7 | 42 |
| 1.11 Descripción del Funcionamiento Hipotético del Sistema 8 | 42 |
| 1.12 Descripción del Funcionamiento Hipotético del Sistema 9 | 43 |
| 1.13 Propuesta de Solución para la Incubación Artificial de Emúes | 44 |
| 2.1 Funcionamiento en los Sistemas Comerciales para Incubación de Emúes | 48 |
| 2.2 Flujo en los Sistemas Comerciales para Incubación de Emúes | 48 |
| 2.3 Definición de Zonas en el Sistema Propuesto para Generar el Fluido y Flujo de Incubación | 51 |
| 2.4 Comportamiento del Flujo en el Sistema Propuesto | 50 |
| 2.5 Gráfica de Correspondencia de la Humedad en Porcentaje y en Medidas de Higrómetro en Grados Fahrenheit | 53 |
| 2.6 Sistema para Generar el Ambiente de Incubación en el Aparato Propuesto | 55 |
| 2.7 Diagrama de Flujo para el Sistema de Control | 56 |
| 3.1 Accesibilidad y Libertad de Movimientos en el Manejo del Aparato Propuesto | 59 |
| 3.2 Movimientos de Manejo en Aparatos Comerciales | 60 |
| 3.3 Dimensiones del Aparato Propuesto | 60 |
| 3.4 Profundidad y Altura para Mobiliario | 61 |
| 3.5 Superposición de Siluetas para Profundidad y Altura de Mobiliario en el Sistema Comercial y en el Sistema Propuesto | 62 |
| 3.6 Movimientos para el Transporte del Aparato Propuesto en Distancias Cortas | 64 |
| 3.7 Diagrama de Flujo para la Lógica del Programa de Manejo de Lotes | 66 |
| 3.8 Tablero de Información Constante, Programación y Control Digital | 67 |
| 3.9 Propuesta para el Movimiento de Giro con Cadenas de Rodillos | 68 |
| 3.10 Características de los Rodillos Giratorios del Sistema Propuesto | 70 |
| 3.11 Características de los Soportes de Rodillos en el Sistema Propuesto | 70 |

| FIGURAS | Página |
|--|---------------|
| 3.12 Configuración del Mecanismo para el Giro Alterno de 180° en el Sistema Propuesto | 71 |
| 3.13 Características de la Leva para el Mecanismo de Giro en el Sistema Propuesto para Incubación de Emúes | 72 |
| 3.14 Transmisión del Peso de los Huevos en los Rodillos Giratorios del Sistema Propuesto | 72 |
| 3.15 Diagramas de Cuerpo Libre, Esfuerzos Cortantes y Momentos Flexores de las Cargas en los Rodillos del Sistema Propuesto | 73 |
| 3.16 Diagramas de Cuerpo Libre, Esfuerzos Cortantes y Momentos Flexores de las Cargas en los Soportes de Rodillos del Sistema Propuesto | 74 |
| 3.17 Diseño del Sistema de Levas Excéntricas para la Adaptación del Sistema Mecánico Propuesto a Otras Especies Avícolas | 76 |
| 4.1 Comparación entre el Uso de Espacio en la Zona de Incubación del Criadero para un Rendimiento del Equipo de Incubación Similar al del Aparato Propuesto con los Aparatos Comerciales | 83 |
| A1.1 Desarrollo de la Membrana Criónica Alantoides en Embriones de Emú Durante una Incubación con Giros Alternos de 90° y 180° | 86 |
| A5.1 Funcionamiento Mecánico de los Sistemas Comerciales de Bandejas Giratorias | 100 |
| A5.2 Sistema de Perchas Giratorias | 101 |
| A5.3 Sistema de Rodillos Ajustables | 102 |
| A5.4 Sistema de Rodillos Giratorios | 102 |