

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

DISEÑO Y ESTUDIO DE FACTIBILIDAD ECONÓMICA DE UN PROTOTIPO DE INCUBADORA EXPERIMENTAL DE HUEVOS DE PATO REAL.

Presentado ante la ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por los Bachilleres:
Campo G., Caritza
Sarmiento M., César A.
Para optar al Título de Ingeniero
Mecánico

Caracas, 2004

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

DISEÑO Y ESTUDIO DE FACTIBILIDAD ECONÓMICA DE UN PROTOTIPO DE INCUBADORA EXPERIMENTAL DE HUEVOS DE PATO REAL.

TUTOR ACADÉMICO: Prof. Pedro Cadenas.

Presentado ante la ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por los Bachilleres:
Campo G. Caritza
Sarmiento M. César A.
Para optar al Título de Ingeniero
Mecánico

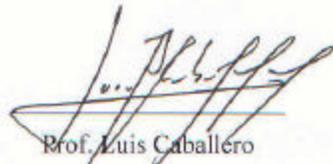
Caracas, 2004

Caracas, noviembre de 2004

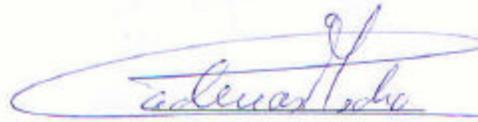
Los abajo firmantes, miembros del Jurado designado por el Consejo de la Escuela de Ingeniería Mecánica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por los Bachilleres Caritza Campo G., y César A. Sarmiento M., titulado:

“DISEÑO Y ESTUDIO DE FACTIBILIDAD ECONÓMICA DE LA CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE INCUBADORA EXPERIMENTAL DE HUEVOS DE PATO REAL”

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudios conducente al Título de Ingeniero Mecánico, y sin que ello signifique que se hacen solidarios con las ideas expuestas por los autores, lo declaran APROBADO.


Prof. Luis Caballero
Jurado


Prof. Simón Hernández
Jurado


Prof. Pedro Cadenas
Tutor



RESUMEN

Campo G., Caritza y Sarmiento M., César A.

DISEÑO Y ESTUDIO DE FACTIBILIDAD ECONÓMICA DE UN PROTOTIPO DE INCUBADORA EXPERIMENTAL DE HUEVOS DE PATO REAL.

**Tutor Académico: Prof. Ing. Pedro Cadenas. Tesis. Caracas, U.C.V. Facultad de
Ingeniería. Escuela de Ingeniería Mecánica. 2004, 367 Pág.**

Incubadora, Prototipo, Pato Real, Incubación Artificial.

En el presente trabajo se diseñó un prototipo de incubadora experimental de huevos de Pato Real, adaptado a las condiciones climatológicas y al nivel de producción de la Estación Experimental Amazonas de FUDECI, ubicada en Puerto Ayacucho. La capacidad de la máquina es de 1080 huevos por período de incubación. Esta permite llevar a cabo de manera automática los procesos involucrados en la incubación artificial, como son: volteo de los huevos y tratamiento de aire, que están gobernados por un controlador lógico programable. El proceso de volteo es realizado por medio de accionamiento electromecánico, con un motor eléctrico y un sistema reductor de velocidad con doble mecanismo de tornillo sinfín, vinculado a un mecanismo de barras que realiza el volteo. El proceso de tratamiento de aire consiste en un sistema de flujo forzado con un ventilador, una sección de calentamiento sensible por medio de tres resistencias eléctricas de 600 W cada una y una sección de humidificación por aspersión de agua. Al diseño propuesto se le realizó un estudio de costos de fabricación, para estudiar su factibilidad económica, por medio de la estimación del período de recuperación de la inversión, que resultó ser de 14 meses. El diseño propuesto tiene un costo estimado de fabricación de 6641590,16Bs. (3478,00\$ americanos) el cual resultó 1000,00\$ más económico que el modelo de características similares con el que se comparó.

DEDICATORIA

A todos aquellos que creyeron en nosotros, antes que nosotros mismos.

César Augusto Sarmiento Macías.

Caritza Campo González.

AGRADECIMIENTOS

Deseamos expresar inicialmente nuestro agradecimiento a la ilustre Universidad Central de Venezuela, por haber permitido nuestra formación como profesionales de la ingeniería, con criterios y bases sólidas.

A nuestro Tutor Académico Prof. Ing. Pedro Cadenas, quien nos brindó su valiosa colaboración en la realización de este trabajo, guiándonos de manera correcta para alcanzar los objetivos propuestos.

A todo el personal de la Fundación para el Desarrollo de las Ciencias Físicas Matemáticas y Naturales por el apoyo brindado en la elaboración de este trabajo especial de grado, especialmente a: el Lic. Iñigo Narbaiza, la Lic. Luisa Dangelo y el Ing. Elías Blanco.

A todas las personas que laboran en la Estación Experimental Amazonas de FUDECI, por la colaboración y atención prestada durante el trabajo de campo realizado en la estación.

Un agradecimiento especial, va dedicado al Prof. Ing. José Barriola, quien prestó su apoyo incondicional en buena parte de este trabajo, a él nuestra profunda gratitud.

Profesor Ing. Rodolfo Gruyón, a usted le agradecemos su apoyo académico, así como también su buena guía constante, en pro del éxito de este trabajo.

Prof. Ing. Julio Segura, vaya nuestro agradecimiento sincero, por haber permitido el desarrollo de este trabajo, bajo condiciones técnicamente cómodas y apropiadas.

Agradecemos el apoyo informativo, prestado por el Sr. Francisco Rodríguez Gerente General de Electromontajes Albatén C.A.

Un agradecimiento especial a las siguientes personas:

Ing. Roberto Burguera, Director de la empresa Agrisum.

T.S.U. Edgar Ramírez Gerente de Ventas de la empresa Megawatt.

Ing. Ligia Rojas Gerente de Ventas de la compañía InTech.

Sr. Simón Vaamonde Vendedor de la compañía Riese & Cia, S.A.

Existe un gran número de amigos y compañeros, que de una u otra manera participaron y apoyaron este trabajo... ellos saben quienes son, a todos muchas gracias.

Los Autores.

SIMBOLOGÍA

A	Área transversal
A_{bandeja}	Área de lámina galvanizada a utilizar en las bandejas
A_{ducto}	Área transversal del ducto
A_g	Área de la garganta
A_p	Área proyectada para un solo remache
A_{sc}	Área en la sección de los remaches
C	Carga dinámica del rodamiento
C_0	Capacidad de carga estática
C_c	Razón de transición de delgadez
C_i	Distancia entre centros del engrane y el tornillo sinfín
C_p	Calor específico a presión constante
d_{agujero}	Diámetro en la sección de los remaches
D_i	Diámetro
D_w	Diámetro del tornillo sinfín
E	Módulo de elasticidad
e	Coefficiente dinámico de cálculo del rodamiento
f	Factor de pérdida de presión
F	Ancho o espesor de la cara del engrane
F_i	Fuerza
F_{B1}	Fuerza presente en la barra transversal al portabandeja
F_r	Carga radial real del rodamiento
F_{T1}	Fuerza presente en la barra con corredera
g	Aceleración de gravedad
G_i	Engrane
H	Altura de la cuña
h	Dimensión del lado de la soldadura
h_f	Pérdida de presión por roce
h_i	Entalpía
h_i	Coefficiente de convección térmica
h_v	Presión dinámica
I	Momento de inercia
J_u	Segundo momento polar de área unitario
K	Factor para hallar la longitud efectiva
k	Factor para hallar la carga dinámica
k_a	Factor de acabado superficial
k_b	Factor de tamaño
k_c	Factor de carga
k_d	Factor de temperatura
k_e	Factor de efectos diversos
K_f	Factor de concentración de esfuerzo teórico

K_i	Coeficiente de conducción térmica
L	Desplazamiento
L_d	Vida útil de diseño
L_e	Longitud efectiva
L_{eq}	Longitud equivalente
L_i	Longitud
M_b	Masa de la bandeja
M_b'	Masa de la bandeja cargada
M_c	Masa de los contenedores de cartón
M_h	Masa de cada huevo
\bar{m}_i	Flujo másico
m_i	Masa
M_i	Momento Flector
$M_{m\acute{a}x}$	Momento Flector máximo
N_{ca}	Número de cambios de aire
N_G	Numero de dientes del engrane
n_G	Velocidad angular del engrane
n_w	Velocidad de paso del tornillo sinfín
ϕ	Humedad relativa
p	Paso circular
P_0	Carga estática equivalente del cojinete
P_a	Carga Admisible
P_{cr}	Carga crítica
P_d	Paso diametral
P_i	Presión parcial
P_i	Potencia de entrada
P_L	Pérdida de potencia debida a la fricción
p_n	Paso circular Normal
P_o	Potencia de salida
Pot	Potencia requerida
P_x	Paso axial
q	Calor transferido
\dot{Q}	Flujo de calor
Q_{min}	Caudal mínimo
Q_{op}	Caudal de operación
Q_{total}	Calor total
Q_{trab}	Caudal de trabajo
RD	Razón de delgadez
r_g	Radio de giro
R_i	Reacción en los soportes
S_e	Límite de resistencia a la fatiga
S_e'	Límite de resistencia a la fatiga de la viga rotatoria
S_{ut}	Resistencia última a la tracción

S_x	Módulo de sección
S_y	Esfuerzo de fluencia
t	Espesor de la pletina
T_{bs}	Temperatura de bulbo seco
T_i	Temperatura
T_o	Momento torsor de salida
U	Coefficiente global de transferencia de calor
V	Fuerza cortante
v_0	Velocidad inicial
V_{aire}	Velocidad del aire
V_{gab}	Volumen del gabinete de incubación
v_i	Volumen específico
v_{mez}	Volumen específico de mezcla
V_{req}	Velocidad mínima requerida
v_s	Velocidad de deslizamiento
v_{tW}	Velocidad de paso del tornillo sinfín
W	Espesor de la cuña
\bar{W}	Trabajo
W/in^2	Densidad de potencia por unidad de área de la resistencia
W_b	Peso de la bandeja cargada
W_d	Carga dinámica en los dientes del engrane
W_f	Fuerza de fricción
W_i	Tornillo sinfín
W_p	Peso del portabandeja
W_p'	Peso del portabandeja cargado
W_{rG}	Fuerza radial en el engrane
W_{rW}	Fuerza radial en el tornillo sinfín
W_T	Peso total de todos los portabandejas cargados
W_{tG}	Fuerza tangencial en el engrane
W_{tW}	Fuerza tangencial en el tornillo sinfín
W_{xG}	Fuerza axial en el engrane
W_{xW}	Fuerza axial en el tornillo sinfín
X_0	Factor de carga radial del rodamiento
y	Factor de forma de Lewis
Y_0	Factor de carga axial del rodamiento
$? P_{ti-j}$	Pérdida de presión
$? T$	Diferencia de temperatura
$? x_i$	Espesor del área transversal de transferencia de calor
$?$	Eficiencia
$?$	Ángulo de desplazamiento
μ	Coefficiente de fricción
$?_{aire}$	Densidad del aire
S_{fatiga}	Resistencia a la Fatiga

$s_{\text{máx}}$	Esfuerzo normal máximo
$S_{\text{máx}}$	Esfuerzo normal admisible
s_{sc}	Esfuerzo en la sección de los remaches
t	Esfuerzo cortante
t'	Esfuerzo cortante primario
t''	Esfuerzo cortante secundario
t_a	Esfuerzo de corte alternante
t_m	Esfuerzo de corte medio
t_R	Esfuerzo cortante resultante
t_{torsor}	Esfuerzo debido al momento torsor
F_n	Ángulo de presión normal
F_t	Ángulo de presión tangencial
$?$	Factor de diseño o de seguridad
$?_d$	Factor de seguridad dinámico
$?_e$	Factor de seguridad estático
$?_i$	Humedad específica

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
SIMBOLOGÍA	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	xvii
ÍNDICE DE TABLAS	xxi
INTRODUCCIÓN	1
FUDECI	2
CAPÍTULO I. EL PROBLEMA	4
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
1.2. OBJETIVO GENERAL	6
1.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	6
1.4. ALCANCES	7
1.5. JUSTIFICACIÓN	8
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	10
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	11
2.1.1. Taxonomía y Biología de la forma silvestre del Pato Real (Cairina Moschata)	11
2.1.2. Descripción del Proceso de Reproducción	12
2.1.3. Factores que afectan el Proceso de Incubación Artificial del Pato Real	13
2.1.3.1. Temperatura de Incubación	14
2.1.3.2. Humedad Relativa	17
2.1.3.3. Ventilación	19
2.1.3.4. Volteo del huevo	23
2.1.3.5. Higiene	25
2.1.4. Programa de Investigación de la Cría del Pato Real en FUDECI Amazonas.	27
2.2. PSICROMETRÍA	28
2.2.1. Conceptos Básicos	28
2.2.2. Procesos psicrométricos	32
2.3. METODOLOGÍA DEL DISEÑO	38
2.3.1. Introducción	38
2.3.2. Proceso de Diseño	39
2.3.3. Métodos de Diseño	43
2.3.3.1. Mecanismos de Generación de Ideas	43
2.3.3.2. Método de la Tormenta de Ideas (brainstorming)	44
2.3.3.3. Método del Análisis Morfológico	45
CAPÍTULO III. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL	46
3.1. Ubicación Geográfica de la Región en estudio	47
3.2 Información Recopilada	48
CAPÍTULO IV. MARCO METODOLÓGICO	70

4.1. Diseño del sistema de soporte y volteo de los huevos	71
4.1.1. Diseño de las bandejas que alojarán los huevos	71
4.1.1.1. Búsqueda de alternativas de diseño de las bandejas	72
4.1.1.2. Evaluación de alternativas de solución del diseño de las bandejas	74
4.1.1.2.1. Matriz morfológica del diseño de las bandejas	75
4.1.2. Proceso de diseño del mecanismo del sistema de soporte y volteo de los huevos	77
4.1.2.1. Búsqueda de alternativas de solución del mecanismo del sistema de soporte y volteo de los huevos	79
4.1.2.2. Evaluación de alternativas de solución del diseño del mecanismo del sistema de soporte y volteo de huevos	85
4.1.2.2.1. Matriz morfológica del diseño del mecanismo del sistema de soporte y volteo	85
4.2. Diseño del sistema de tratamiento de aire de la incubadora	91
4.2.1. Condiciones de trabajo del aire dentro de la incubadora	92
4.2.2. Selección de las condiciones exteriores de diseño del proceso de tratamiento de aire	92
4.2.3. Estudio de los diferentes procesos psicrométricos con los que se pueden obtener las condiciones de operación de la incubadora	93
4.2.3.1. Proceso de calentamiento con humidificación	93
4.2.3.2. Proceso de enfriamiento evaporativo hasta saturación seguido de calentamiento con humidificación y calentamiento sensible	94
4.2.3.3. Proceso de calentamiento sensible seguido de humidificación	96
4.2.3.4. Proceso de calentamiento sensible seguido de enfriamiento con humidificación	97
4.2.3.5. Proceso de saturación seguido de calentamiento con humidificación y calentamiento sensible	98
4.2.4. Evaluación de los procesos psicrométricos con los que se pueden obtener las condiciones de operación de la incubadora	99
4.2.4.1. Matriz morfológica de selección del proceso psicrométrico	99
CAPÍTULO V. CÁLCULOS Y DISEÑO	101
5.1. Cálculos y diseño del sistema de soporte y volteo de los huevos	102
5.1.1. Diseño de la bandeja	102
5.1.1.1. Cálculo del área de lámina galvanizada a utilizar en las bandejas (A_{bandeja})	103
5.1.1.2. Cálculo de la masa de la bandeja (M_b)	103
5.1.1.3. Cálculo del peso de la bandeja cargada (W_b)	104
5.1.2. Diseño del portabandejas	104
5.1.2.1. Cálculo de la masa del portabandejas (M_P)	104
5.1.2.2. Cálculo del peso del portabandejas (W_P)	105
5.1.2.3. Cálculo del peso del portabandejas cargado (W_P')	105
5.1.2.4. Cálculo del peso total de portabandejas cargados (W_T)	105

5.1.3. Cálculos de la estructura de soporte del sistema de volteo de los huevos	105
5.1.3.1. Cálculos de los soportes verticales	106
5.1.3.2. Cálculos de los soportes horizontales de los portabandejas.	109
5.1.3.3. Cálculo de las pletinas horizontales del sistema de volteo	111
5.1.4. Diseño del mecanismo de barras que da movimiento a los portabandejas guía	113
5.1.4.1. Cálculo de las fuerzas y momentos que actúan en el mecanismo	114
5.1.4.2. Cálculo de la sección transversal de la barra con corredera inclinada 45° respecto al portabandejas guía	116
5.1.4.3. Cálculo de la sección de la barra transversal a los portabandejas guía.	117
5.1.4.4. Cálculo del pasador de apoyo del portabandejas	118
5.1.4.5. Cálculo del pasador de la pletina de transmisión de movimiento de los portabandejas	120
5.1.4.6. Cálculo del tornillo de conexión de la barra horizontal	120
5.1.4.7. Cálculo de la pletina vertical de transmisión de movimiento entre los portabandejas	121
5.1.4.8. Cálculo de la barra horizontal que vincula ambos portabandejas guía	124
5.1.5. Diseño del sistema de impulsión del mecanismo de volteo	125
5.1.5.1. Cálculo del mecanismo de tornillo sinfín con engrane helicoidal que va acoplado al portabandejas guía	126
5.1.5.2. Cálculo del mecanismo de tornillo sinfín con engrane helicoidal acoplado al motor y que da movimiento al portabandejas guía	134
5.1.5.3. Cálculo de los ejes del sistema de impulsión del mecanismo de volteo	136
5.1.5.3.1. Eje de entrada A	136
5.1.5.3.2. Eje central B	143
5.1.5.3.3. Eje de salida C	146
5.1.5.4. Selección de los cojinetes	148
5.1.5.4.1. Cojinetes del eje de entrada A	148
5.1.5.4.2. Cojinetes de los ejes central B y de salida C	151
5.1.5.5. Cálculo del prisionero de acople entre el motor y el eje de entrada A	151
5.1.5.6. Cálculo de los esfuerzos en los dientes de los engranes	152
5.1.5.7. Cálculo del pasador excéntrico que vincula el engrane al sistema de barras del mecanismo de volteo	154
5.1.5.8. Cálculo de los cuñeros de los engranes	155
5.1.6. Cálculo de los tornillos que suje tan al sistema de soporte y volteo a la base de la incubadora	157
5.1.7. Cálculo de la barra de salida de los portabandejas guía	158

5.1.7.1. Cálculo de la soldadura de la barra que va unida a los portabandejas guía	159
5.1.8. Cálculo de la estructura exterior	162
5.1.9. Cálculo de la base de la incubadora	163
5.1.10. Cálculo de la base del mecanismo del sistema de soporte y volteo	166
5.1.11. Selección del motor del mecanismo del sistema de soporte y volteo	167
5.2. Cálculos y diseño del sistema de tratamiento de aire de la incubadora	167
5.2.1. Cálculo del caudal mínimo requerido de aire dentro de la incubadora	168
5.2.1.1. Cálculo del volumen del gabinete	168
5.2.1.2. Cálculo del caudal mínimo de aire	169
5.2.2. Selección del ventilador del sistema	169
5.2.2.1. Cálculo de las pérdidas de presión en el tramo A-B	170
5.2.2.2. Cálculo de las pérdidas de presión en el tramo B-C	172
5.2.3. Selección del tamaño de las ventilas de salida	173
5.2.4. Selección de las resistencias del sistema de calentamiento	174
5.2.4.1. Cálculo de la potencia requerida por las resistencias	174
5.2.4.2. Selección de la densidad de potencia por unidad de área de la resistencia	175
5.2.5. Selección del sistema de humidificación	176
5.2.5.1. Cálculo del flujo másico de agua requerido por el sistema de humidificación	176
5.2.6. Selección del aspersor	178
5.2.7. Dimensionamiento del ducto de entrada al gabinete de incubación	179
5.2.7.1. Cálculo de la cantidad de calor transferido por el gabinete exterior	179
5.2.7.2. Cálculo de la cantidad de calor transferido por la tapa superior	179
5.3. Diseño final del sistema de soporte y volteo de los huevos y del sistema de tratamiento de aire	182
CAPÍTULO VI. DISEÑO Y SELECCIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL	186
6.1. Descripción general del funcionamiento del sistema de volteo de la incubadora	187
6.2. Descripción general del funcionamiento del sistema de tratamiento de aire	188
6.3. Características de los equipos seleccionados	188
6.4. Especificaciones de los componentes seleccionados	190
6.4.1. Componentes del sistema de volteo	190
6.4.2. Componentes del sistema de tratamiento de aire	191
6.5. Sistema de control seleccionado	196
6.5.1. Componentes para el control del sistema de volteo	197

6.5.2. Componentes para el control del sistema de tratamiento de aire	198
6.6. Narrativa técnica del funcionamiento de los equipos que conforman la incubadora	201
6.6.1. Narrativa técnica del funcionamiento del sistema de volteo de la incubadora	201
6.6.2. Narrativa técnica del funcionamiento del sistema de tratamiento de aire de la incubadora	202
6.7. Diagrama escalera del sistema de control	204
6.8. Indicador digital de temperatura -humedad	206
CAPÍTULO VII. MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	207
7.1. Introducción	208
7.2. Localización	208
7.3. Operación de la incubadora	208
7.3.1. Pasos a seguir para poner en funcionamiento la incubadora	209
7.4. Mantenimiento de la incubadora	212
7.4.1. Información general	212
7.4.1.1. Sistema de soporte y volteo	212
7.4.1.2. Sistema de tratamiento de aire	213
7.4.1.3. Sistema de control	213
7.5. Clasificación de equipos	214
7.5.1. Mantenimiento de la incubadora	217
7.5.1.1. Mantenimiento del sistema de soporte y volteo	217
7.5.1.2. Mantenimiento del sistema de tratamiento de aire	218
7.5.1.3. Mantenimiento del sistema control	218
CAPÍTULO VIII. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD ECONÓMICA DE LA CONSTRUCCIÓN	221
8.1. Estimación de costos	222
8.1.2. Costos de operación y mantenimiento	222
8.1.2.1. Costo de la potencia eléctrica consumida	223
8.1.2.2. Costos de mantenimiento	224
8.1.2.3. Costo de operación por concepto del salario de un operario.	224
8.2. Período de recuperación de la inversión	224
8.2.1. Producción estimada de patos mediante incubación artificial	225
8.2.2. Precio de venta del polluelo de Pato Real	225
8.2.3. Estimación de costos	225
8.2.4. Ingreso total anual estimado por concepto de venta de ejemplares obtenidos por incubación artificial.	225
8.2.5. Cuota de amortización de la inversión inicial por período de incubación	225
8.3. Estimación del período de recuperación de la inversión	226
8.4. Comparación del costo de fabricación de la incubadora con el precio de una incubadora similar	226
ANEXO 1	234

APÉNDICES	288
APÉNDICE A-1	289
APÉNDICE A-2	290
APÉNDICE A-3	291
APÉNDICE A-4	292
APÉNDICE A-5	293
APÉNDICE A-6	298
APÉNDICE A-7	299
APÉNDICE A-8	300
APÉNDICE A-9	301
APÉNDICE A-10	302
APÉNDICE A-11	303
APÉNDICE A-12	304
APÉNDICE A-13	305
APÉNDICE A-14	306
APÉNDICE A-15	307
APÉNDICE A-16	308
APÉNDICE A-17	309
APÉNDICE A-18	311
APÉNDICE A-19	312
APÉNDICE A-20	313
APÉNDICE A-21	314
APÉNDICE A-22	315
APÉNDICE A-23	316
APÉNDICE A-24	317
APÉNDICE A-25	318
APÉNDICE A-26	319
APÉNDICE A-27	320
APÉNDICE A-28	321
APÉNDICE A-29	322
APÉNDICE A-30	325
APÉNDICE A-31	326
APÉNDICE A-32	327
APÉNDICE A-33	328
APÉNDICE A-34	330
APÉNDICE A-35	331
APÉNDICE A-36	332
APÉNDICE A-37	333
APÉNDICE A-38	334
APÉNDICE A-39	335
APÉNDICE A-40	336
APÉNDICE A-41	337
APÉNDICE A-42	338

ÍNDICE GENERAL

APÉNDICE A-43	339
APÉNDICE A-44	340
APÉNDICE A-45	341
APÉNDICE A-46	343
APÉNDICE A-47	344
APÉNDICE A-48	346
APÉNDICE A-49	347
APÉNDICE A-50	350
APÉNDICE A-51	359
APÉNDICE A-52	360
APÉNDICE A-53	361
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	228
CONCLUSIONES	229
RECOMENDACIONES	232
BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES ELECTRÓNICAS	362
BIBLIOGRAFÍA	363
FUENTES ELECTRÓNICAS	368

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 2.1: Pato Real (<i>Cairina moschata</i>)	11
Figura N° 2.2: Temperatura en la Incubación Artificial	17
Figura N° 2.3: Humedad Relativa en la Incubación Artificial	19
Figura N° 2.4: Cambios de Aire en la Incubación Artificial	23
Figura N° 2.5: Frecuencia de Volteo de los Huevos en la Incubación Artificial	25
Figura N° 2.6: Proceso de Saturación Adiabática	30
Figura N° 2.7: Carta psicrométrica simplificada	31
Figura N° 2.8: Procesos de Acondicionamiento de Aire	33
Figura N° 2.9: Calentamiento/Enfriamiento Sensible ($\dot{Q}=constante$)	34
Figura N° 2.10: Calentamiento y Humidificación	35
Figura N° 2.11: Enfriamiento con Deshumidificación	35
Figura N° 2.12: Enfriamiento Evaporativo	36
Figura N° 2.13: Mezcla Adiabática de Corrientes de Aire	37
Figura N° 2.14: Proceso de Diseño	38
Figura N° 3.1: Mapa Político del Estado Amazonas.	47
Figura N° 3.2: Medición del diámetro del huevo incubable de Pato Real	50
Figura N° 3.3: Cuarto de incubación Estación Experimental Amazonas de FUDECI	53
Figura N° 3.4: Plano de la sala de incubación existente	54
Figura N° 3.5: Modificaciones de la construcción de las salas del proceso de incubación	55
Figura N° 3.6: Vista general de la incubadora existente en la estación	56
Figura N° 3.7: Sistema de volteo de la incubadora	56
Figura N° 3.8: Termostato electrónico de la incubadora y su regulador	57
Figura N° 3.9: Sistema de calentamiento y ventilador de la incubadora	57
Figura N° 3.10: Sistema de humidificación de la incubadora	58
Figura N° 3.11: Termómetros de bulbo seco y bulbo húmedo	58
Figura N° 3.12: Termostato de seguridad de la incubadora	59
Figura N° 3.13: Ventilas de la incubadora	59
Figura N° 3.14: Medición con el medidor de temperatura/humedad/velocidad del aire, de temperatura de bulbo seco y humedad relativa tomada en el interior de la incubadora	60
Figura N° 3.15: Temperatura de bulbo seco y humedad relativa en el interior de la incubadora existente en la estación	61
Figura N° 3.16: Medición de temperatura y humedad ambiental	62
Figura N° 3.17: Mediciones tomadas durante la visita a la estación	63
Figura N° 4.1: Resumen de las propuestas de diseño de las bandejas, generadas en la tormenta de ideas.	73
Figura N° 4.2: Vista ampliada de la propuesta de bandeja a diseñar	77
Figura N° 4.3: Esquema de movimiento del volteo	78

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 4.4: Resumen de las propuestas de diseño del sistema de soporte y volteo de los huevos	79
Figura N° 4.5: Vista general de la propuesta del sistema de soporte y volteo a diseñar	88
Figura N° 4.6: Acercamiento del sistema de soporte y volteo a diseñar	89
Figura N° 4.7: Detalle del sistema de soporte y volteo a diseñar	90
Figura N° 4.8: Bosquejo del sistema de tratamiento de aire a diseñar	91
Figura N° 4.9: Proceso de calentamiento con humidificación	93
Figura N° 4.10: Representación del proceso de calentamiento con humidificación en la carta psicrométrica	94
Figura N° 4.11: Proceso de enfriamiento evaporativo hasta saturación seguido de calentamiento con humidificación y calentamiento sensible	94
Figura N° 4.12: Representación del proceso de enfriamiento evaporativo hasta saturación seguido de calentamiento con humidificación y calentamiento sensible en la carta psicrométrica	95
Figura N° 4.13: Proceso de calentamiento sensible seguido de humidificación	96
Figura N° 4.14: Representación del proceso de calentamiento sensible seguido de humidificación en la carta psicrométrica	96
Figura N° 4.15: Proceso de calentamiento sensible seguido de enfriamiento con humidificación	97
Figura N° 4.16: Representación del proceso de calentamiento sensible seguido de enfriamiento con humidificación en la carta psicrométrica	97
Figura N° 4.17: Proceso de saturación seguido de calentamiento con humidificación y calentamiento sensible	98
Figura N° 4.18: Representación del proceso de saturación seguido de calentamiento con humidificación y calentamiento sensible en la carta psicrométrica.	98
Figura N° 5.1: Bosquejo esquemático de las bandejas que contendrán los huevos.	102
Figura N° 5.2: Bosquejo esquemático del portabandejas.	104
Figura N° 5.3: Estructura de soporte del sistema de volteo de los huevos	106
Figura N° 5.4: Soportes verticales	106
Figura N° 5.5: Soportes horizontales de los portabandejas	110
Figura N° 5.6: Pletinas horizontales del sistema de volteo	112
Figura N° 5.7: Mecanismo de barras que transmite el movimiento desde el mecanismo de tornillo sinfín a los portabandejas guía	113
Figura N° 5.8: Diagrama de cuerpo libre de la barra inclinada con corredera	115
Figura N° 5.9: Diagrama de cuerpo libre de la barra perpendicular al portabandejas guía	115
Figura N° 5.10: Pasador de apoyo del portabandejas	119
Figura N° 5.11: Pasador de transmisión de movimiento del portabandejas	120
Figura N° 5.12: Tornillo de conexión de la barra horizontal	121
Figura N° 5.13: Pletina vertical de transmisión de movimiento entre los portabandejas	122
Figura N° 5.14: Barra horizontal que vincula ambos portabandejas guía	124

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 5.15: Representación esquemática del sistema de impulsión del mecanismo de volteo	126
Figura N° 5.16: Diagrama de cuerpo libre del mecanismo de tornillo sinfín	129
Figura N° 5.17: Diagrama de cuerpo libre, diagrama de fuerza cortante y momento flector en el plano xy del eje de entrada A	136
Figura N° 5.18: Diagrama de cuerpo libre, diagrama de fuerza cortante y momento flector en el plano xz del eje de entrada A	137
Figura N° 5.19: Eje de entrada A	138
Figura N° 5.20: Eje central B	143
Figura N° 5.21: Diagrama de cuerpo libre, diagrama de fuerza cortante y momento flector en el plano xy del eje central B	144
Figura N° 5.22: Diagrama de cuerpo libre, diagrama de fuerza cortante y momento flector en el plano xz del eje central B	145
Figura N° 5.23: Eje de salida C	146
Figura N° 5.24: Diagrama de cuerpo libre, diagrama de fuerza cortante y momento flector en el plano xy del eje de salida C	147
Figura N° 5.25: Diagrama de cuerpo libre, diagrama de fuerza cortante y momento flector en el plano xz del eje de salida C	147
Figura N° 5.26: Diagrama de cuerpo libre del prisionero de acople entre el motor y el eje de entrada A	151
Figura N° 5.27: Engranajes del mecanismo de tornillo sinfín	154
Figura N° 5.28: Diagrama de cuerpo libre del pasador excéntrico que vincula el engrane al sistema de barras del mecanismo de volteo	155
Figura N° 5.29: Diagrama de los cuñeros tanto en el engrane como en el eje	157
Figura N° 5.30: Barra unida al portabandejas guía y al mecanismo del sistema de volteo	159
Figura N° 5.31: Estructura exterior de la incubadora	163
Figura N° 5.32: Bases de la incubadora	164
Figura N° 5.33: Diagrama de cuerpo libre, fuerza cortante y momento flector de la base de la incubadora	164
Figura N° 5.34: Base del mecanismo de tornillo sinfín y su motor	166
Figura N° 5.35: Bosquejo del sistema de tratamiento de aire a diseñar	168
Figura N° 5.36: Diagrama unifilar del sistema de ducto asumido	170
Figura N° 5.37: Esquema de una barra que atraviesa un ducto	171
Figura N° 5.38: Sistema abierto que modela las ventilas	173
Figura N° 5.39: Transferencia de calor global a través de una pared plana compuesta	180
Figura N° 5.40: Vista frontal de la incubadora diseñada	183
Figura N° 5.41: Vista posterior de la incubadora diseñada	184
Figura N° 5.42: Detalle del mecanismo del sistema de soporte y volteo	185
Figura N° 5.43: Detalle del sistema de tratamiento de aire	185
Figura N° 6.1: Posición de los portabandejas para cargar y descargar las bandejas de incubación	187

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 6.2: Explicación del proceso de volteo	188
Figura N° 6.3: Diagrama Unifilar de Potencia	189
Figura N° 6.4: Controlador Lógico Programable modelo Zelio	197
Figura N° 6.5: Diagrama escalera	204
Figura N° 7.1: Tablero de mando de la incubadora	210
Figura N° 7.2: Pantalla del indicador digital de temperatura-humedad	211

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 2.1: Datos de la Incubación artificial del Pato Real	16
Tabla N° 2.2: Intercambio mínimo de gases durante la incubación artificial para 1000 huevos.....	22
Tabla N° 3.1: Nivel de producción de huevos incubables en la Estación Experimental Amazonas de FUDECI.....	49
Tabla N° 3.2: Masa y diámetro de huevos incubables	50
Tabla N° 3.3: Modelo de incubadora 1	65
Tabla N° 3.4: Modelo de incubadora 2	66
Tabla N° 3.5: Modelo de incubadora 3	67
Tabla N° 3.6: Modelo de incubadora 4	68
Tabla N° 3.7: Modelo de incubadora 5	69
Tabla N° 4.1: Matriz morfológica del diseño de las bandejas.....	76
Tabla N° 4.2: Matriz morfológica del diseño del mecanismo del sistema de soporte y volteo de los huevos	86
Tabla N° 4.3: Condiciones de trabajo del aire dentro de la incubadora.....	92
Tabla N° 4.4: Condiciones exteriores de diseño del proceso de tratamiento de aire de la incubadora	93
Tabla N° 4.5: Matriz morfológica de selección del proceso psicrométrico	99
Tabla N° 5.1: Geometría del engrane helicoidal que va acoplado al portabandejas guía.....	127
Tabla N° 5.2: Valores cinemáticos obtenidos para el mecanismo de tornillo sinfín con engrane helicoidal que va acoplado al portabandejas guía.....	132
Tabla N° 5.3: Especificaciones del mecanismo de tornillo sinfín que va acoplado al portabandejas guía	133
Tabla N° 5.4: Valores cinemáticos obtenidos para el mecanismo de tornillo sinfín con engrane helicoidal acoplado al motor	134
Tabla N° 5.5: Especificaciones del mecanismo de tornillo sinfín acoplado al motor	135
Tabla N° 5.6: Diámetros mínimos requeridos obtenidos para el eje central B y diámetros seleccionados	145
Tabla N° 5.7: Diámetros mínimos requeridos obtenidos para el eje de salida C y diámetros seleccionados	148
Tabla N° 5.8: Dimensiones del gabinete de incubación.....	169
Tabla N° 5.9: Características térmicas y físicas del problema de transferencia global de calor en la tapa superior del gabinete	181
Tabla N° 5.10: Resultados de los cálculos de transferencia de calor en las láminas de acrílico	182
Tabla N° 6.1: Interruptor Principal.....	190
Tabla N° 6.2: Relé de sobreintensidad magnético del arrancador del motor del sistema de volteo	190
Tabla N° 6.3: Contactor de arranque del motor del sistema de volteo.....	191
Tabla N° 6.4: Relé de sobreintensidad térmica del motor del sistema de volteo.....	191

Tabla N° 6.5: Relé de sobreintensidad magnético del motor del ventilador	192
Tabla N° 6.6: Contactor de arranque del motor del ventilador	192
Tabla N° 6.7: Relé de sobreintensidad térmica del motor del ventilador.....	192
Tabla N° 6.8: Fusible cilíndrico del arrancador de la resistencia 1.....	193
Tabla N° 6.9: Contactor de arranque de la resistencia 1.	193
Tabla N° 6.10: Fusible cilíndrico de la resistencia 2.....	193
Tabla N° 6.11: Contactor de arranque de la resistencia 2.	194
Tabla N° 6.12: Fusible cilíndrico de la resistencia 3.....	194
Tabla N° 6.13: Contactor de arranque de la resistencia 3.	194
Tabla N° 6.14: Fusible cilíndrico calibre 4 A	195
Tabla N° 6.15: Transformador de voltaje.....	195
Tabla N° 6.16: Fusible cilíndrico calibre 16 A	195
Tabla N° 6.17: Puente rectificador.....	196
Tabla N° 6.18: Características del Controlador Lógico Programable seleccionado	196
Tabla N° 6.19: Botón giratorio del control del sistema de volteo	197
Tabla N° 6.20: Final de carrera para la posición cargar/descargar	198
Tabla N° 6.21: Final de carrera superior para la posición de voltear	198
Tabla N° 6.22: Final de carrera inferior para la posición voltear	198
Tabla N° 6.23: Botón giratorio para arrancar el ventilador.....	199
Tabla N° 6.24: Piloto luminoso	199
Tabla N° 6.25: Termocupla	200
Tabla N° 6.26: Humidostáto.....	200
Tabla N° 6.27: Válvula solenoide	200
Tabla N° 6.28: Nomenclatura del diagrama escalera.....	205
Tabla N° 6.29: Especificaciones del indicador digital de temperatura-humedad	206
Tabla N° 7.1: Clasificación de los equipos de la incubadora	214
Tabla N° 7.2: Mantenimiento preventivo para el sistema de soporte y volteo	217
Tabla N° 7.3: Mantenimiento preventivo para el sistema de tratamiento de aire	218
Tabla N° 8.1: Tarifa eléctrica ELECENRO	223
Tabla N° 8.2: Costo estimado de la potencia eléctrica consumida	224
Tabla N° 8.3: Resultados costos y período de recuperación de la inversión:	226

INTRODUCCIÓN

La realidad actual del país requiere el desarrollo de tecnologías que se concentren en la búsqueda de soluciones que satisfagan las demandas y necesidades de los pequeños y medianos productores. En el caso del Estado Amazonas, el Pato Real es un recurso subutilizado de gran potencial, tanto para su consumo como para su explotación comercial, por parte de las comunidades beneficiadas con las granjas integrales asesoradas por FUDECI, presentes en la zona. Hasta ahora los intentos de incubación artificial de Pato Real llevados a cabo en la Estación Experimental Amazonas de FUDECI no han suministrado los resultados esperados por diversas razones: equipos de incubación no adaptados a las condiciones climatológicas del estado Amazonas, escasa experimentación con esta especie, poca información existente sobre el modo de manejo adecuado de estos ejemplares, etc.

Por todas estas razones, con este proyecto se busca diseñar un prototipo de incubadora experimental de huevos de Pato Real, que permita manipular los factores que influyen en el proceso de incubación artificial, de manera de establecer las condiciones óptimas de incubación para esta especie en esa zona, y obtener el mayor número de nacimientos posibles, llevando estos resultados a las comunidades rurales para que los implementen en sus granjas integrales contribuyendo de esta forma a mejorar su calidad de vida al poder sacar provecho de este recurso.

FUDECI

Fundación para el Desarrollo de las Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales (FUDECI), es una organización no gubernamental (ONG) sin fines de lucro, fundada en 1973 por la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales.

Su sede principal está ubicada en el Palacio de las Academias entre las esquinas de la Bolsa y San Francisco en la Av. Universidad. En el Estado Amazonas se encuentra la Estación Experimental Amazonas, Vía Cataniapo entre Aeropuerto y Puente Carinagua, en Puerto Ayacucho. En el Estado Guarico, frente a San Fernando 2000, en la Agropecuaria Puerto Miranda. La sede de BIOCENOL (Biocentro del Orinoco) está ubicada en Mesa de los Hachos, Municipio Independencia, Estado Anzoátegui.

La Visión de FUDECI es mejorar la calidad de vida del hombre realizando y fomentando investigaciones científicas y tecnológicas, que permitan ejecutar programas e investigaciones que ayuden a las familias rurales más necesitadas, de manera que puedan optimizar el aprovechamiento de los recursos naturales disponibles minimizando el impacto ambiental.

La Misión de FUDECI, es mejorar la alimentación y aumentar los ingresos económicos de familias de bajos recursos que habitan zonas rurales, mediante la generación de paquetes tecnológicos, y esto lo logra desarrollando y ejecutando programas agropecuarios dirigidos a estas personas. También participa en diversas investigaciones para la conservación de la biodiversidad, ejecutando programas de recuperación de especies en peligro de extinción; realiza estudios sobre el uso real y potencial de los recursos biológicos, además desarrolla programas que tienen como finalidad concienciar a la población acerca de estos tópicos; además busca rescatar, a través de proyectos, información sobre el uso tradicional de los recursos biológicos

INTRODUCCIÓN

locales; difunde el conocimiento científico mediante la publicación de revistas y artículos científicos, así como en la organización y participación en eventos diversos.

CAPÍTULO I

CAPÍTULO I

1. EL PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los intentos de incubación artificial de huevos de Pato Real en la Estación Experimental Amazonas de la Fundación para el Desarrollo de las Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales ubicada en Puerto Ayacucho, mediante la utilización de incubadoras para huevos de gallina han proporcionado un bajo rendimiento, ya que se ha obtenido una eclosión de un 30%. Por datos obtenidos de experiencias similares en otros países se sabe que se puede alcanzar de 80 a 100% de nacimientos. En esta estación se realizan estudios para aumentar la producción de ejemplares de Pato Real, para luego implementar los logros alcanzados en las granjas integrales presentes en la zona; pero en vista de los resultados obtenidos, es necesario diseñar el prototipo de incubadora para esta especie (tomando en cuenta las condiciones ambientales de la región) que les permita variar los factores que intervienen en el proceso de incubación y determinar cual es la combinación óptima de los mismos.

Por estas razones se desea diseñar un prototipo de incubadora experimental, que permita la modificación y control de los diversos factores y variables involucradas en el proceso de incubación artificial de huevos de pato real, para iniciar los ensayos de incubación con la finalidad de obtener la combinación ideal, de modo de alcanzar un porcentaje de nacimientos mayor al 80%. Además debe cumplir con los requisitos de:

- a) Bajo costo de construcción y mantenimiento.
- b) Materiales que se consigan en el país.
- c) Fácil mantenimiento.
- d) Fácil manejo.

Para abordar el diseño del prototipo de la incubadora experimental, es necesario estudiar los factores que intervienen en el proceso de incubación, y cómo son afectados estos por las condiciones ambientales de la zona donde operará el equipo.

Los factores a analizar son: humedad relativa, temperatura de incubación, volteo de los huevos, ventilación e higiene.

1.2. OBJETIVO GENERAL

Diseñar un prototipo de incubadora experimental para huevos de pato real, para la Estación Experimental Amazonas de la Fundación para el Desarrollo de las Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales (FUDECI). Ubicada en Puerto Ayacucho Estado Amazonas, y realizar el estudio de factibilidad económica de la construcción del mismo, en comparación con modelos similares existentes en el mercado.

1.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✍ Determinar la influencia de las condiciones ambientales en el proceso de incubación.
- ✍ Determinar y establecer las propiedades físicas del aire para las condiciones de operación.
- ✍ Estudiar los diferentes tipos de procesos psicrométricos para lograr las condiciones óptimas de operación del sistema.
- ✍ Seleccionar el proceso psicrométrico que permita obtener las condiciones de trabajo del sistema.
- ✍ Calcular y establecer los caudales de aire a manejar en el equipo.
- ✍ Seleccionar los equipos que permitan obtener las condiciones de operación.
- ✍ Diseñar las cubetas que alojaran los huevos.

- ✍ Diseñar un mecanismo de accionamiento que permita el volteo de los huevos de manera segura y eficiente.
- ✍ Diseñar el sistema de control del equipo.
- ✍ Seleccionar los componentes del sistema de control.
- ✍ Diseñar y calcular la estructura que servirá de soporte a los componentes y equipos que conformarán el prototipo.
- ✍ Especificar las partes del equipo que conforman la máquina.
- ✍ Establecer un plan de operación y mantenimiento de la máquina.
- ✍ Elaborar los manuales de operación y mantenimiento de la máquina.
- ✍ Estudiar el costo de los diferentes tipos de incubadoras existentes en el mercado.
- ✍ Realizar el estudio de factibilidad económica de la construcción del prototipo de incubadora propuesto.

1.4. ALCANCES

- ✍ Investigar el nivel de producción de huevos en la granja de la Estación Experimental Amazonas, así como las condiciones ambientales de la región.
- ✍ Lograr el diseño de un prototipo, que se adapte a los niveles de producción, las condiciones ambientales de la región y compatible con las formas de energía disponibles.
- ✍ Diseñar la estructura que servirá de soporte a los componentes y equipos que conformarán el prototipo adaptada al espacio físico disponible en la Estación Experimental Amazonas.
- ✍ Diseñar las cubetas que alojarán los huevos de manera que faciliten el manejo de los huevos y los polluelos. Además de fácil limpieza y mantenimiento, de modo de garantizar las condiciones de higiene necesarias durante todo el proceso de incubación.

- ✍ Diseñar el sistema de control del equipo que permita la manipulación de los factores principales del proceso de incubación. Seleccionar dispositivos de control que sean sensibles, fáciles de regular y completamente independientes.
- ✍ Determinar el tipo de accionamiento más adecuado para el mecanismo de volteo de los huevos, comparando el sistema seleccionado con otros tipos de accionamientos; esto basándose en la fiabilidad mecánica, confiabilidad de operación, facilidad de mantenimiento, costos y disponibilidad en el mercado de algunos de sus componentes, ya que otros podrán ser fabricados en talleres.
- ✍ Determinar parámetros de mantenimiento.
- ✍ Lograr un diseño de fácil mantenimiento y operación.
- ✍ Calcular el tiempo de vida útil de los componentes principales de la máquina.
- ✍ Se usarán datos de la literatura publicada sobre diseño a fin de seleccionar los distintos equipos y materiales necesarios para la construcción de todo el conjunto de la máquina.
- ✍ Los equipos y materiales seleccionados en el diseño del prototipo se limitarán a los existentes en el mercado venezolano.
- ✍ Se hará un estudio económico de los distintos equipos y materiales, así como también de la manufactura a fin de sugerir un precio de fabricación de la máquina.
- ✍ Elaborar planos, manual de operación y funcionamiento.

1.5. JUSTIFICACIÓN

Las incubadoras existentes en el mercado nacional son de baja calidad, debido a que no permiten la manipulación de las condiciones de temperatura y humedad de una manera eficiente. Por lo cual no se logra adaptarlas a las condiciones

climatológicas de las diferentes regiones del país, específicamente las del Estado Amazonas.

Por otra parte estas máquinas son comercializadas como equipos profesionales, cuando en realidad son fundamentalmente máquinas para aficionados. De modo que no representan una buena relación costo beneficio para los productores que las emplean.

CAPÍTULO II

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. Taxonomía y Biología de la forma silvestre del Pato Real (*Cairina Moschata*)

El pato Real dentro de las aves pertenece al orden Anseriformes y a la familia Anatidae en la que se incluyen cisnes, gansos y patos. En el idioma inglés es conocido como muscovy duck. También se le conoce con los nombres de Moscú y pato brasileño. Es originario de Suramérica. Es el mayor pato del neotrópico, alcanzando un promedio de masa 4-5 kg en los machos y 2 kg en las hembras. Habita en diferentes ambientes por debajo de los 800 metros sobre el nivel del mar, como en lagunas de sabanas rodeadas de bosque siempre verde y en caños y ríos de la selva. Su velocidad de vuelo puede alcanzar los 80 km/h. Se reproduce principalmente durante la temporada de lluvias, con nidadas de 8 a 20 huevos y un período de incubación de 30 a 35 días. Es de costumbres gregarias, observándose grupos en vuelo de más de 10 individuos en lugares donde aún son abundantes. A continuación se presentan diferentes imágenes del Pato Real. (Figura N° 2.1).



Figura N° 2.1: Pato Real (*Cairina moschata*)

Fuente: Los Autores

2.1.2. Descripción del Proceso de Reproducción

La producción de huevos (base de la reproducción ovípara) es un proceso cíclico, que se repite muchas veces a lo largo de la vida del ave. Estos huevos contienen todo lo necesario para el desarrollo de un posible embrión.

En el apareamiento natural se presenta el cortejo del pato a la pata, antes de proceder a fecundarla. Se recomienda no descuidar a los patos reproductores máximo uno por cada diez patas, para garantizar de esta forma la fertilización del mayor número de huevos. Luego de un apareamiento normal, la pata pone el huevo fertilizado. Allí se inicia la incubación, que consiste en el calentamiento de los huevos a una temperatura determinada y bajo condiciones especiales de humedad, con el fin de propiciar el desarrollo del embrión y el nacimiento del polluelo. Existen dos modos de incubación que son:

- a) Incubación Natural.
- b) Incubación Artificial.

a) Descripción del Proceso de Incubación Natural

Conocida como empollado, es la que realiza directamente la pata clueca o empolladora. Consiste en el calentamiento de 1 a 15 huevos permanentemente, con el calor de su cuerpo en un período que en promedio es de 35 días, volteándolos cuidadosamente varias veces en el transcurso del día. La regulación de la temperatura y la humedad se lleva a cabo por medio de la humectación de las plumas. Es importante preparar a la pata en un nido o nidal limpio y en lo posible desinfectado, y sacar a la pata del nido una o dos veces al día para suministrarle agua y alimento suficiente.

b) Descripción del Proceso de Incubación Artificial

La incubación artificial es una operación electromecánica desarrollada por el hombre, para obtener polluelos en cantidades industriales y reemplazar a la pata clueca en la incubación de los huevos. Tiene varias ventajas sobre la incubación

natural como son la obtención de aves libres de enfermedades, más polluelos en cualquier época del año, el productor puede aumentar o disminuir la producción según la demanda, y se reduce la utilización de mano de obra. Las incubadoras más comunes poseen un sistema que crea un ambiente adecuado y uniforme en su interior, inclusive tienen un sistema por aire forzado. Sus capacidades van desde algunos cientos hasta más de cien mil huevos por cada ciclo. En la incubación artificial hay que tener en cuenta los factores de humedad relativa, temperatura, volteo de los huevos, ventilación e higiene.

2.1.3. Factores que afectan el Proceso de Incubación Artificial del Pato Real

En todo proceso de incubación artificial son cinco los factores o funciones principales que intervienen en las distintas etapas del mismo, y que deben controlarse en el interior de la máquina incubadora.

Estas funciones son:

- a) Temperatura de Incubación.
- b) Humedad Relativa.
- c) Ventilación.
- d) Volteo del huevo.
- e) Higiene de la máquina incubadora.

Cada una de estas funciones es importante y pueden, individualmente, causar problemas en la incubación de los huevos, si cualquiera de ellas no funciona correctamente. Se debe mantener en mente que al cambiar o ajustar una de estas funciones puede afectarse otra, que igualmente necesitará ser ajustada o compensada. Es por esto que, el cambio en cualquiera de estas funciones debe hacerse gradualmente y todas las demás deben ser observadas de cerca para ajustar cualquier cambio que pudiera llegar a necesitarse.

2.1.3.1. Temperatura de Incubación

El control de la temperatura es quizás el factor más crítico para el éxito de una incubación y nacimiento de aves de corral. Los embriones en desarrollo son extremadamente sensibles a este parámetro del medio ambiente.

Al comienzo de la incubación, los embriones no están preparados funcionalmente (ni orgánicamente) para emitir calor. Por esto reaccionan como los organismos de sangre fría, es decir, cuando la temperatura del aire se eleva, aumenta el metabolismo de los embriones. Si la temperatura disminuye, el metabolismo decrece igualmente. Por tanto el aumento de la temperatura favorece la multiplicación celular, la formación de las capas y las membranas embrionarias, así como la nutrición. En resumen, se incrementa el ritmo de crecimiento y desarrollo de los embriones. Al final de la incubación, cuando ya la emisión de calor es alta, la disminución de la temperatura (dentro de los límites normales) actúa, por su parte, de forma completamente inversa; estimula el consumo de los nutrientes o lo que es lo mismo acelera el metabolismo y el desarrollo en los embriones. Algunos polluelos nacerán si los huevos se conservan de manera continua a una temperatura entre 35 °C y 40,5 °C. Más allá de estos puntos, en esencia no cabe esperar nacimientos. Al parecer la temperatura óptima esta entre 37 °C y 38 °C en incubadoras con flujo forzado de aire y alrededor de 0,5 °C más alta en incubadoras con aire quieto.

El punto del “cero fisiológico”, también llamado umbral de desarrollo embrionario, se define como la temperatura mínima a la cual ocurre desarrollo embrionario. Aunque es difícil definir este punto con precisión, es probable que esté alrededor de 21 °C. Los embriones de huevos recién puestos pueden almacenarse por cierto tiempo debajo de este cero fisiológico. Las temperaturas bajas hacen más lento el proceso de desarrollo, ya que los embriones no son del todo homeotérmicos, inclusive por el tiempo del nacimiento. Por tanto una temperatura ambiente baja, también disminuye la temperatura del embrión. Al parecer temperaturas inferiores a

las óptimas de incubación, pero, superiores al cero fisiológico, desaceleran algunas fases del desarrollo embrionario en grado mayor que otras. Este retardo desigual conduce a un desarrollo anormal. Es probable, que períodos cortos de enfriamiento moderado de los huevos en incubación no sean nocivos para el proceso. Esta es una situación que ocurre a menudo en incubación natural cuando la madre abandona el nido por períodos cortos para alimentarse. En la práctica moderna esto puede simular la situación que ocurre cuando las fallas de la corriente eléctrica causan un enfriamiento temporal de la incubadora. Aunque es posible que el nacimiento no se afecte de manera significativa por estos sucesos, a menudo pueden conducir a un incremento del número de polluelos deformes o débiles. Las plantas de incubación modernas poseen generadores de corriente eléctrica que comienzan a trabajar de inmediato cuando ocurren fallas de esta.

Los embriones son extremadamente sensibles a temperaturas solo un poco más elevadas que la óptima para incubación. Inclusive períodos tan cortos como tres horas a 41,1 °C durante incubación normal pueden incrementar su mortalidad. Una temperatura de incubación continua por arriba de la óptima causa mortalidad extensa y aumento de polluelos deformes y lisiados. En la actualidad la mayor parte de las incubadoras tienen sistemas de alarmas que se activan cuando la temperatura se eleva por encima de la óptima.

La temperatura es la función de incubación más fácil de controlar, ya que se cuenta con un control que permite hacerlo. Sin esta clase de equipos de control sensibles, fáciles de regular y completamente independientes, se puede tener poco porcentaje de nacimientos, polluelos de mala calidad y algunas veces se puede perder la carga entera.

A continuación se presentan en la Tabla N° 2.1, los tiempos, temperaturas y humedad relativa para incubación artificial de huevos de pato Real:

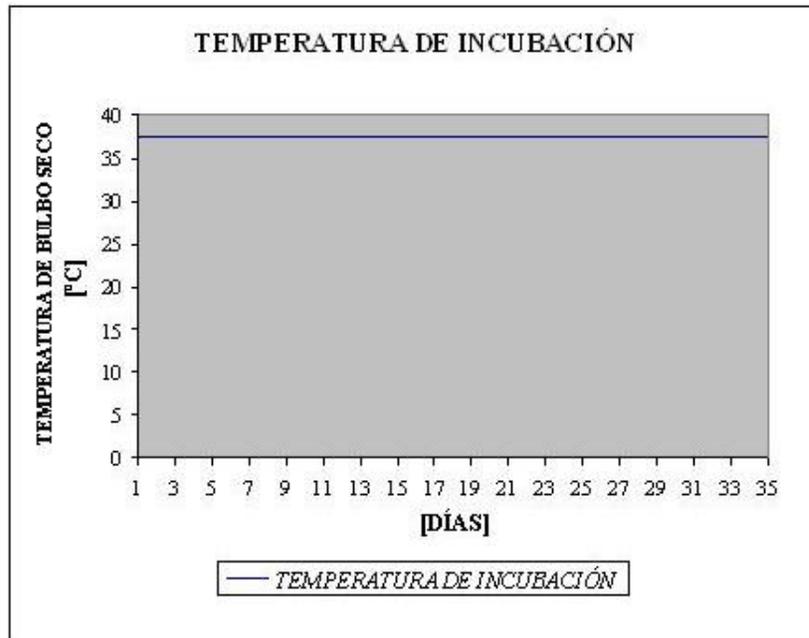
Tabla N° 2.1: Datos de la Incubación artificial del Pato Real

Periodo de incubación (días)	35-37
Temperatura de bulbo seco [°C]	37,5
Humedad Relativa [%]	55-60
No voltear mas a partir del día:	31
Abrir ¼ más las ventanas el día:	15
Abrir ventilas si se necesita el día:	30

Fuente: www.msstate.edu/dept/poultry/hatchmgt.htm

Fluctuaciones en la temperatura por cortos períodos de tiempo usualmente no afectan el porcentaje de nacimientos o al polluelo, porque la temperatura en el interior del huevo cambia más lento que el aire adentro de la incubadora. Sin embargo, una temperatura constantemente baja puede ocasionar nacimiento tardío o bajo porcentaje de nacimientos. Los pollos pueden presentarse demasiado grandes, con “cuerpo suave” y débiles. Una temperatura constantemente alta ocasionará nacimientos prematuros y bajo porcentaje de nacimientos. En este caso, los pollos se presentan demasiado pequeños (se obtiene el mismo resultado que con baja humedad), mal formados y débiles. En la Figura N° 2.2 se representa la temperatura de incubación artificial.

Figura N°2.2: Temperatura en la Incubación Artificial



Fuente: Los Autores

2.1.3.2. Humedad Relativa

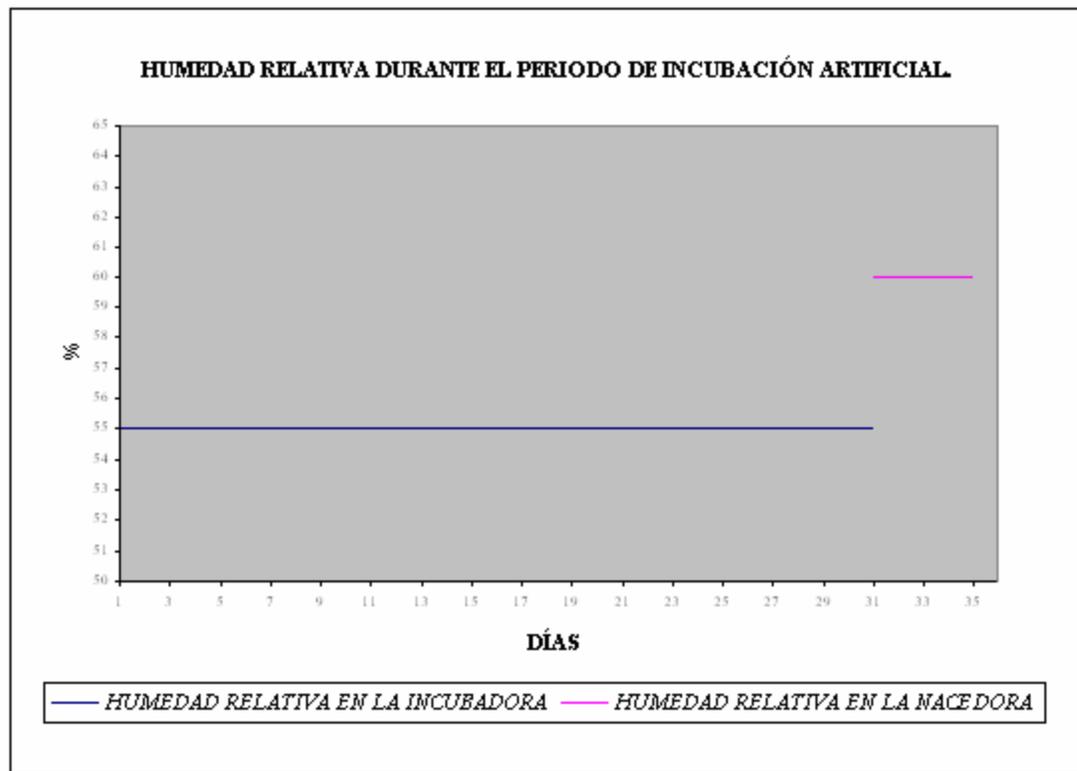
La capacidad del aire para absorber y sostener la humedad aumenta con rapidez cuando se eleva su temperatura y mientras más seco esté el aire en una incubadora, más humedad capta éste de los huevos. Por tanto, en la incubación artificial, el control de la humedad relativa es importante. De la humedad del aire depende el calentamiento y evaporación de agua de los huevos. A mayor temperatura del aire, mayor será la cantidad de vapor de agua que el mismo puede llegar a contener. Por otra parte, el aire seco, es mal conductor de calor, lo cual hace imperativo humedecerlo a fin de lograr el necesario calentamiento de los huevos.

El humedecimiento del aire en las incubadoras y nacedoras se produce con ayuda de aspersión de agua y su consiguiente evaporación y diseminación por todas las zonas de la cámara de incubación, o por medio de la evaporación del agua contenida en recipientes alojados dentro de la incubadora.

Por otra parte, para los huevos reviste singular importancia el microclima que se crea en su alrededor según las correspondientes fases del desarrollo embrionario. Así tenemos que, de los huevos se evapora agua durante la incubación, de unos más y de otros menos, estableciéndose una interrelación entre los huevos con embriones en diferentes estados del desarrollo embrionario. Durante la incubación el huevo pierde agua constantemente, lo que es imposible de evitar, no obstante, el régimen de humedad que se establezca ha de ir dirigido a disminuir la evaporación de agua de los huevos, generalmente se procura mantener constante la humedad relativa en la cámara de incubación, la humedad relativa del aire debe estar confinada dentro de límites bastante estrechos, esto depende del fabricante de la incubadora (los límites son 55 y 60%), pero los operadores de la incubadora deben experimentar para obtener el porcentaje preciso.

La humedad relativa en una incubadora debe permanecer cercana al 55% y en la nacedora próxima al 60% (ver Figura N° 2.3).

Figura N° 2.3: Humedad Relativa en la Incubación Artificial



Fuente: Los Autores

2.1.3.3. Ventilación

La ventilación en el proceso de incubación artificial debe ser abordada desde dos puntos de vista: la circulación del aire propiamente dicha y la ventilación o cambio del aire. Mediante el aire que circula en el interior de la cámara de incubación, llega a los huevos el calor y la humedad necesarios. El aire refresca el medio que rodea los huevos, en algunos casos y en otros contribuye a calentarlo. Por otra parte, el recambio de aire constante es necesario para la extracción del exceso de calor que pudiera acumularse en el interior del gabinete de incubación y asegurar la pureza del aire.

Durante la incubación el huevo absorbe oxígeno y elimina dióxido de carbono en gran cantidad. Solamente una adecuada ventilación garantiza buenos resultados en la incubación.

La correcta circulación de aire en el interior de la cámara de incubación se garantiza mediante el funcionamiento de los ventiladores, los inyectores y los extractores de aire, las compuertas u orificios de entrada y salida, etc. Para que la circulación de aire sea eficiente es importante también un buen funcionamiento del sistema de volteo, ya que el aire se mueve mejor entre las bandejas, cuando las mismas se hallan en posición inclinada.

Además, la ventilación o cambio de aire es importante en incubadoras y nacedoras, porque el aire fresco, oxigenado, es necesario para la respiración (consumo de oxígeno y desprendimiento de dióxido de carbono) de los embriones en desarrollo, durante todo el proceso de incubación. El volumen necesario de oxígeno es menor durante los primeros días comparado con los estados más avanzados de desarrollo.

Se debe mantener siempre presente que la ventilación es muy importante para el proceso de incubación, ya que tiene gran influencia en la respiración del embrión, especialmente cuando se acerca el final período, porque los embriones son más grandes y la frecuencia de su respiración es mucho más alta que al principio. Estudios sobre incubación de aves han arrojado como resultado que el aire en una incubadora debe cambiarse como mínimo cerca de ocho veces al día. Por otra parte no hay evidencia que demuestre que las variaciones en la velocidad del movimiento del aire que pasa por los huevos en la incubadora tenga algún efecto sobre la incubabilidad. El factor principal parece ser el de la habilidad para proveer una temperatura uniforme a través de toda la cámara de incubación de la máquina. La función del flujo de aire no solo se reduce a llevar aire fresco a los embriones y reducir el nivel de dióxido de

carbono. También se encarga de mantener los niveles de humedad y temperatura dentro de la máquina.

Requerimientos de aire durante la incubación: Los principales componentes del aire son: Oxígeno (O_2), Nitrógeno (N_2), Dióxido de carbono (CO_2) y vapor de agua (H_2O). El movimiento libre de estos gases a través del cascarón y sus membranas es importante, porque el embrión en desarrollo debe recibir un abastecimiento constante de oxígeno, eliminar dióxido de carbono y humedad. En la Tabla N° 2.2 se presentan valores del intercambio mínimo de gases durante la incubación artificial para 1000 huevos.

El oxígeno en el aire: El contenido de oxígeno en el aire, a nivel del mar, es aproximadamente 23%. Es imposible incrementar este porcentaje en el interior de la incubadora, a menos que se introduzca oxígeno puro. Generalmente, el contenido de oxígeno en el aire dentro de la incubadora permanece en este porcentaje, pero pueden existir variaciones en la nacedora cuando el rápido desarrollo de los embriones aumenta el nivel de dióxido de carbono. El porcentaje de nacimientos puede verse afectado en aproximadamente 5% por cada 1% que el contenido de oxígeno en el aire baje de 23%. El peligro principal en estos casos es que los altos niveles de dióxido de carbono se vuelven tóxicos.

Tabla N° 2.2: Intercambio mínimo de gases durante la incubación artificial para 1000 huevos

Día de incubación	Absorción de oxígeno [m ³]	Absorción de oxígeno [ft ³]	Expulsión de dióxido de carbono [m ³]	Expulsión de dióxido de carbono [ft ³]
1	0,014	0,5	0,008	0,29
9	0,033	1,17	0,016	0,58
17	0,107	3,79	0,026	0,92
26	0,642	22,7	0,325	11,5
29	0,849	30	0,436	15,4
35	0,991	45,4	0,651	23

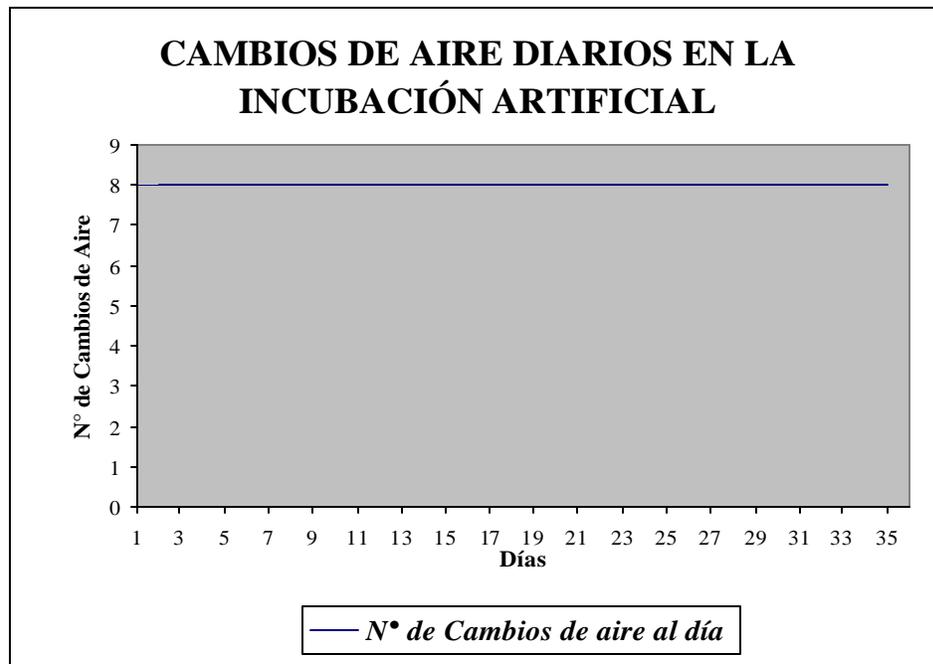
Fuente: WORTH, Mack. Manual de Producción Avícola [32]

La tolerancia al dióxido de carbono: El dióxido de carbono es un subproducto natural del proceso metabólico, durante el desarrollo embrionario y que se presenta desde el momento mismo de la fecundación del huevo.

Los niveles de dióxido de carbono pueden elevarse en incubadoras y nacedoras, cuando el intercambio de gases es insuficiente, es decir cuando no hay suficientes cambios de aire para removerlo. Los embriones menos desarrollados presentan menos tolerancia al CO₂ que los más desarrollados.

En la Figura N° 2.4 se presenta el número mínimo de cambios de aire por día a través del período de incubación.

Figura N° 2.4: Cambios de Aire en la Incubación Artificial



Fuente: Los Autores

2.1.3.4. Volteo del huevo

En la incubación natural las aves voltean los huevos que incuban con cierta frecuencia, de ahí que en el proceso de incubación artificial sea necesario repetir este procedimiento mediante métodos mecánicos.

La necesidad de voltear los huevos se debe a que la albúmina (clara) del huevo no contiene partículas de grasa y cuenta con un peso específico muy cercano al del agua. La yema, por el contrario, tiene un contenido relativamente alto de grasa. Grasas y aceites tienen pesos específicos menores al del agua y flotan en ella. La yema tiende a hacer lo mismo, flota en la clara. Si el huevo es dejado en una misma posición, la yema tiende a flotar en la clara y se pega al cascarón. Además el huevo, como se ha explicado antes, pierde agua durante todo el período de incubación, es

decir, sufre un proceso de desecamiento. Por este motivo el embrión está expuesto a pegarse a las membranas internas de la cáscara, lo que puede provocar su muerte, en los primeros 9 días de incubación. A esto contribuye el hecho de que el peso específico del embrión lo lleva a mantenerse en la parte superior de la yema, durante los primeros días, por debajo y muy cercano a la cáscara, en la zona de la cámara de aire. Por otra parte, la posición del huevo influye sobre la posición futura que adoptará el polluelo en el momento de prepararse para la eclosión.

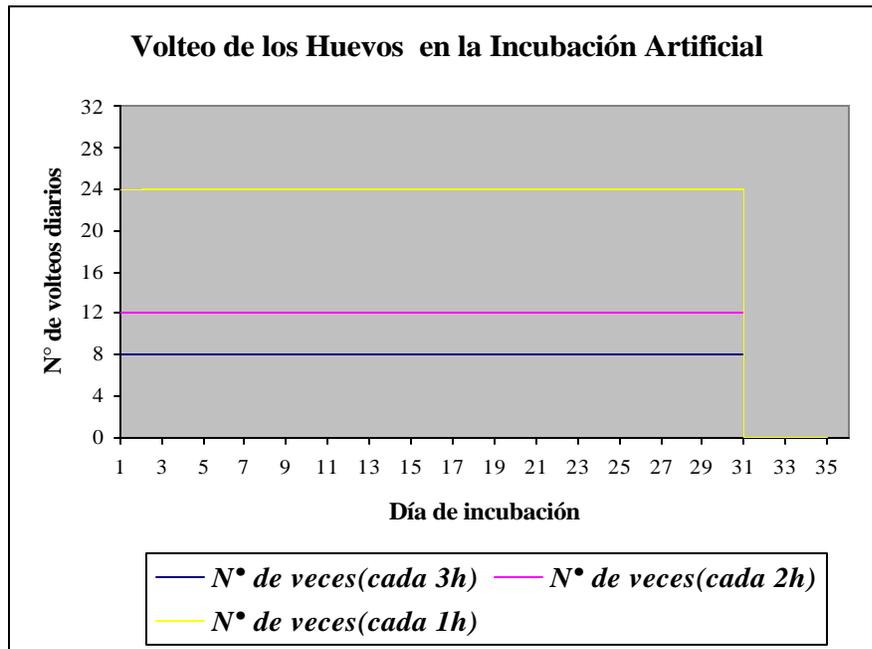
Cuando el huevo es volteado, la yema gira en la albúmina y el embrión se posiciona de nuevo en la parte superior. La naturaleza hace esto para que el embrión esté siempre en la mejor posición para recibir calor de su madre. Si el huevo no es volteado, la yema tiende a flotar y empuja al embrión contra el cascarón, lo que ocasiona su daño o muerte.

En general, la necesidad de volteo del huevo empieza desde que el huevo es puesto en la incubadora, hasta 3 a 5 días antes de que el polluelo empiece a picar. Período en el cual estos necesitan posicionarse dentro del huevo, para poder picar el cascarón y lo hacen mejor si están quietos.

La frecuencia de volteo óptima es de una vez cada dos o tres horas (ver Figura N° 2.5), aunque algunas incubadoras comerciales lo realizan cada hora. El giro debe alcanzar los 90° y los huevos son mantenidos a 45° de una vertical imaginaria.

En el caso de los huevos de Pato Real el volteo de los mismos debe realizarse lentamente, ya que el embrión es muy delicado y resiste poco las trepidaciones y los movimientos bruscos, especialmente en la primera semana de incubación.

Figura N° 2.5: Frecuencia de Volteo de los Huevos en la Incubación Artificial



Fuente: Los Autores

2.1.3.5. Higiene

Aún si todos los factores necesarios, como temperatura y humedad, están operando perfectamente, el porcentaje de nacimientos puede resultar muy bajo si las medidas de higiene son insuficientes. La higiene deficiente no solo puede causar bajo porcentaje de nacimientos, sino la muerte prematura en la criadora, así como muerte lenta o períodos de pobre o nulo crecimiento. Lo que es lo mismo, puede causar grandes pérdidas de dinero.

Las herramientas más importantes para usar en la limpieza y desinfección de una incubadora son:

- ☒ Agua.

- ✍ Detergente.
- ✍ Cloro.
- ✍ Trabajo duro.

Algunas personas, erróneamente piensan, que desinfectar puede sustituir el limpiar. Esto simplemente no es verdad.

Se debe recordar que: *Es casi imposible desinfectar un ambiente sucio.* Ya que la mayoría de los desinfectantes pierden su efectividad tan pronto como entran en contacto con materia orgánica. *A más sucia la superficie a limpiar, menos efectivo el desinfectante aplicado.*

Algunos desinfectantes son más efectivos en presencia de materia orgánica que otros. Los más efectivos resultan corrosivos, emiten gases nocivos y/o tóxicos y normalmente no son usados en incubadoras.

Una buena limpieza, usando simplemente agua y detergente, puede eliminar entre el 95 y el 99% de los microbios.

Es importante lavar y desinfectar la incubadora, así como los huevos antes de introducirlos en la misma.

Una mala higiene puede ocasionar tantos o mayores problemas como tener dificultades con la temperatura, la humedad relativa, el volteo o la ventilación en el proceso de incubación artificial.

2.1.4. Programa de Investigación de la Cría del Pato Real en FUDECI Amazonas.

El programa tiene sus inicios en el año 1998 (aunque desde 1997 se había iniciado el trabajo de los nidales) es a partir de la publicación del texto: Manual “Aumente la Producción del Pato Real” [21], que se da mayor formalidad al proceso de la conformación del Programa de Investigación de la Cría del Pato Real.

La Misión del programa FUDECI-Amazonas es transferir resultados de la investigación sobre el Pato Real a las comunidades indígenas del estado Amazonas, a través de cursos de capacitación (asesoramiento técnico, material audiovisual y referencias bibliográficas), así como a: instituciones interesadas en su conservación y explotación, pequeños y grandes productores.

Entre los objetivos del programa se tiene: orientar, investigar y asesorar sobre la cría y protección de esta especie silvestre del Pato Real, contribuir en alternativas en el área nutricional, cultural, económica, en cuanto al suministro de proteína animal generando empleo e ingresos.

Entre las limitaciones que tiene el programa está la falta de innovaciones tecnológicas que impulsen y conviertan el conocimiento empírico, generado a través de el mismo, en el desarrollo de investigaciones científicas y creación de alternativas técnicas que redunden en el mejoramiento de la calidad de vida de las comunidades rurales del estado, además se debe tomar en cuenta la educación y la cultura de la población.

Según la investigación realizada en noviembre de 1998 en la Estación Experimental Amazonas de FUDECI, por el biólogo Iñigo Narbaiza¹. “Actualmente en el país, se dispone de muy poca información sobre incubación de huevos de Pato Real. En general las patas son muy buenas madres y logran sacar alto porcentaje de las puestas (de 80 a 100%), en contraste, la incubación artificial ha tenido poco éxito, con eclosión de apenas un 30% de los huevos.

¹ Narbaiza Iñigo. Aumente la Producción del Pato Real, Manual [21].

El proceso de incubación artificial de huevos de Pato Real, específicamente en la Estación Experimental Amazonas de FUDECI, se ha realizado con incubadoras destinadas a huevos de gallina, sin alcanzar el porcentaje de eclosiones que se obtienen en la incubación artificial. Aparentemente las velocidades de pérdida o ganancia de humedad de los huevos, con respecto a la humedad ambiental, es importante en esta especie y se requiere de investigación.”

2.2. PSICROMETRÍA

2.2.1. Conceptos Básicos

El aire que nos rodea se compone de una mezcla de gases secos y vapor de agua. Los gases que lo conforman son 77% de nitrógeno, casi un 23% de oxígeno y menos de 1% de otros gases. El vapor de agua presente en el aire es muy poco, pero puede variar su cantidad. Así que el aire se dice que está compuesto por:

Aire Seco, es una mezcla de gases como nitrógeno, oxígeno, y otros en menor proporción, llamamos aire seco a la mezcla que no contiene vapor de agua; y

Aire Atmosférico, es el aire presente en la atmósfera y que contiene, además de todos los gases mencionados anteriormente, vapor de agua.

Normalmente se trata al aire como una mezcla de aire seco y vapor de agua, porque si bien la cantidad de aire seco permanece casi constante, no se puede decir lo mismo de la cantidad de vapor de agua presente en el mismo, ya que varía por la condensación y evaporación de mares, ríos, lagos y todas las fuentes de agua existentes; y aunque el porcentaje de vapor de agua en el aire es pequeño representa un papel importante en las aplicaciones de acondicionamiento de aire. Como en estas aplicaciones la temperatura del aire oscila entre -10 y 50 °C se puede asumir el aire seco como un gas ideal (donde C_p permanece constante e igual a 1,005 kJ/(Kg°C)), lo mismo se puede asumir en el caso del vapor de agua, ya que a esas temperaturas y

presiones que no superan los 12,5 kPa se comporta como un gas ideal y puede tratarse como tal cometiéndose un error despreciable (menor al 0,2%).

A continuación se presentan un grupo de conceptos claves en cualquier estudio psicrométrico:

Humedad Específica (ω): Es la cantidad de masa de vapor de agua contenida en una masa unitaria de masa de aire seco, también se le llama relación de humedad y se puede calcular de la siguiente manera

$$\omega = \frac{m_v}{m_a} = 0,622 \frac{P_v}{P_a} \quad (\text{Kg vapor de agua/Kg aire seco}). \quad \text{Ecuación 2.1}$$

Humedad Relativa (ϕ): Es la cantidad de humedad que el aire contiene (m_v) en relación con la cantidad máxima de humedad que el aire puede contener a la misma temperatura (m_g), esta relación se expresa de la siguiente forma

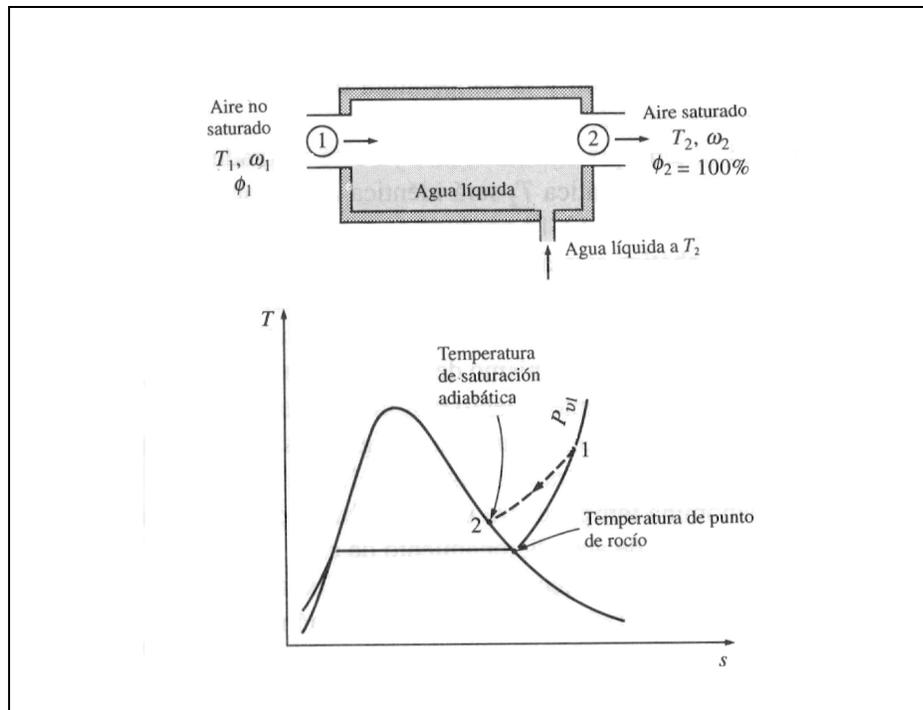
$$\phi = \frac{v_g}{v_v} = \frac{P_v}{P_g} \quad \text{donde } P_g = P_{\text{sat}@t} \quad \text{Ecuación 2.2}$$

Temperatura de Punto de Rocío (T_{pr}): Es la temperatura a la que comienza la condensación si se enfría el aire a presión constante, es decir, es la temperatura de saturación del agua correspondiente a la presión de vapor, y se expresa como

$$T_{pr} = T_{\text{sat}@P} \quad \text{Ecuación 2.3}$$

Temperatura de Saturación Adiabática: Es la temperatura que el aire alcanza después de fluir sobre agua en un canal largo hasta que se satura, y permite determinar fácilmente la humedad específica y relativa del aire, como puede apreciarse en la Figura N° 2.6:

Figura N° 2.6: Proceso de Saturación Adiabática



Fuente: Yunus Cengel [5]

así que:

$$h_1 = \frac{C_p (T_2 - T_{bs1}) + \omega_2 h_{fg2}}{\omega_2 - \omega_1} \quad \text{Ecuación 2.4}$$

donde:

$$\omega_2 = \frac{0,622 P_{g2}}{P_2 - P_{g2}} \quad \text{Ecuación 2.5}$$

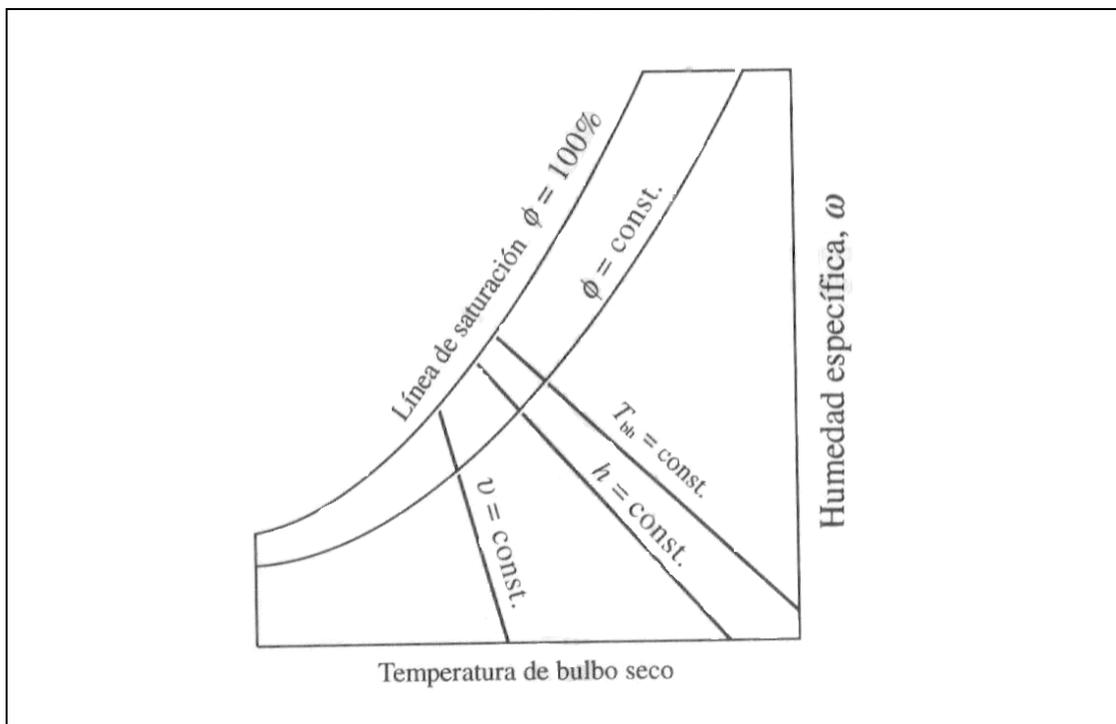
y T_2 es la temperatura de saturación adiabática.

Temperatura de Bulbo Húmedo (T_{bh}): Es la temperatura que resulta de la evaporación del agua, y es medida en un termómetro común cuyo bulbo está envuelto por una gasa saturada con agua y circula aire a través de ella.

Temperatura de Bulbo Seco (T_{bs}): Es la temperatura medida en un termómetro común.

Carta Psicrométrica: Es un diagrama donde se representa de manera gráfica lo que sucede con el aire seco y el vapor de agua al cambiar sus propiedades. En ella se pueden representar fácilmente los procesos psicrométricos, ayudando de manera significativa en la determinación de todas las propiedades del aire en cada uno de ellos.

Figura N° 2.7: Carta psicrométrica simplificada



Fuente: Yunus Cengel [5]

En la Figura N° 2.7, se puede ver claramente las características principales de una carta psicrométrica, y el tipo de líneas correspondientes a cada una de las propiedades intensivas. Estas cartas se realizan para una presión barométrica específica, siendo lo más común que se calculen para una presión de una atmósfera, para ser utilizada en localidades a nivel del mar o ubicadas a alturas cercanas.

Calor Latente: Es el calor que se requiere para evaporar una cantidad del vapor de agua contenido en una fracción determinada de aire atmosférico. Esta evaporación ocurre a la temperatura de bulbo húmedo.

Calor Sensible: Es el calor que se agrega o se extrae a un sistema para aumentar o disminuir su temperatura. Es decir es la cantidad de calor que debe aportarse a la mezcla de aire y vapor de agua para aumentar su temperatura, o la cantidad que debe ser extraído para disminuirla.

Entalpía: También llamada calor total, es el contenido de calor total de la mezcla de aire y vapor de agua, y es la suma del calor latente y el calor sensible.

2.2.2. Procesos psicrométricos

La mayor parte de los procesos de acondicionamiento de aire se pueden asumir como procesos de flujo permanente, por lo cual pueden analizarse con los principios de conservación de energía y conservación de la masa de flujo permanente (tanto para el aire seco como para el agua), según las siguientes ecuaciones

Masa de aire seco: $\dot{m}_{a,e} = \dot{m}_{a,s}$ Ecuación 2.6

Masa de agua: $\dot{m}_{w,e} = \dot{m}_{w,s}$ Ecuación 2.7

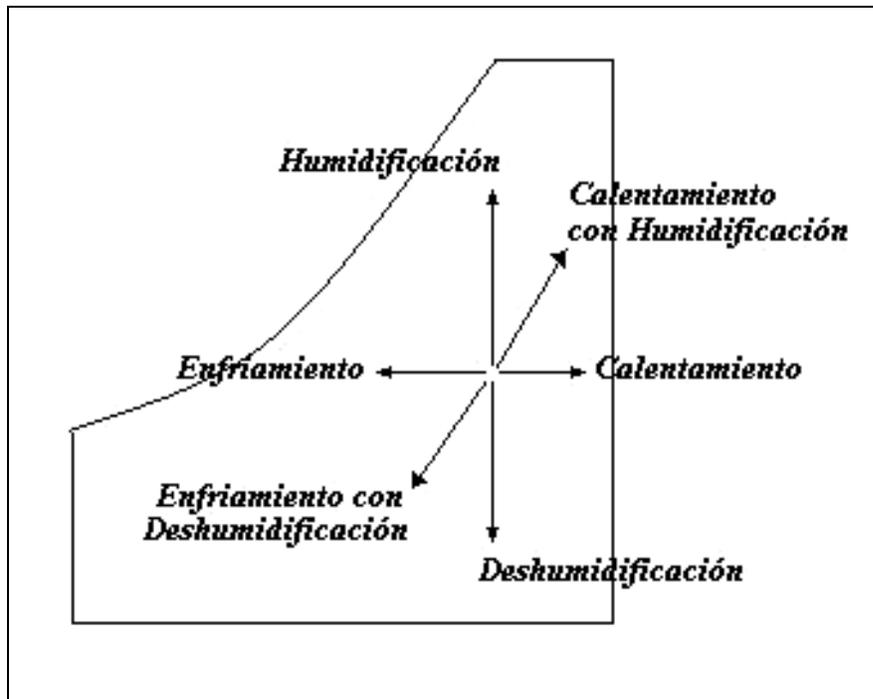
ó $\dot{m}_{a,e} + \dot{m}_{e} = \dot{m}_{a,s} + \dot{m}_{s}$ Ecuación 2.8

Energía: $\dot{Q} + \dot{W} = \dot{m}_s h_s + \dot{m}_e h_e$ Ecuación 2.9

Los subíndices e y s denotan los estados de entrada y salida respectivamente, se asume que los cambios de energía cinética y potencial son despreciables, y el término de trabajo representa el que realiza un ventilador presente en el sistema y este generalmente es tan pequeño que también se desprecia. En la Figura N° 2.8 se muestra de manera general como se representan los procesos psicrométricos en la

carta psicrométrica y a continuación se explican los procesos que se realizan comúnmente.

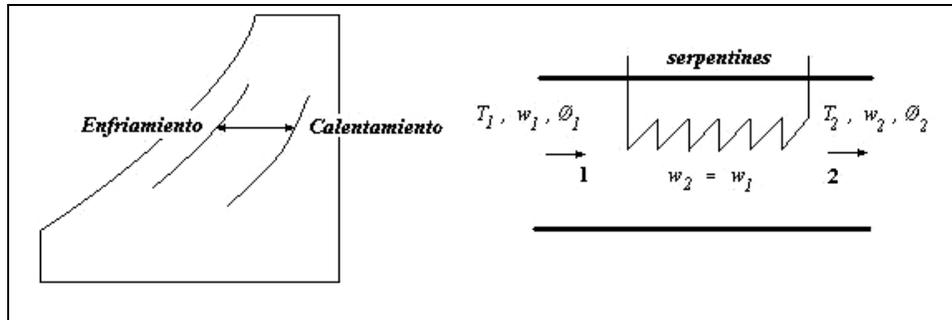
Figura N° 2.8: Procesos de Acondicionamiento de Aire



Fuente: Los Autores

Calentamiento y Enfriamiento Sensibles (? es constante): En este proceso se calienta o enfría la mezcla de aire y vapor de agua manteniendo constante la humedad específica. Este proceso se representa en la carta psicrométrica sobre una línea de humedad específica constante (línea horizontal) como puede apreciarse en la Figura N° 2.9.

Figura N° 2.9: Calentamiento/Enfriamiento Sensible ($w=$ constante)



Fuente: Los Autores

Las ecuaciones de la conservación de la masa para un proceso de calentamiento o enfriamiento con humedad específica constante se reducen a:

$$\dot{m}_{a1} = \dot{m}_{a2} = \dot{m}_a \quad \text{Ecuación 2.10}$$

para el aire seco y

$$\dot{Q}_1 = \dot{Q}_2 \quad \text{Ecuación 2.11}$$

para el agua. Descartando cualquier trabajo del ventilador que pudiera estar presente, la ecuación de la conservación de la energía queda de la siguiente forma:

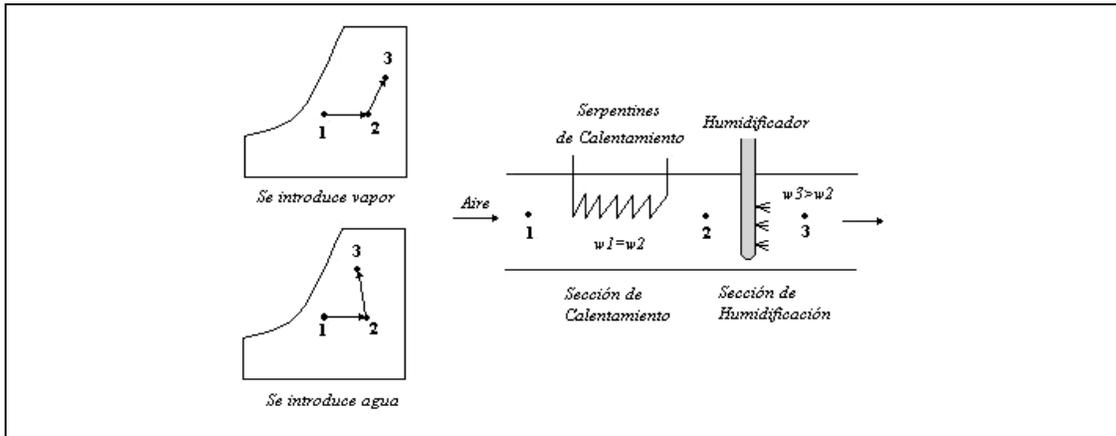
$$\dot{Q} = \dot{m}_a (h_2 - h_1) \quad \text{Ecuación 2.12}$$

donde h_1 y h_2 son las entalpías por unidad de masa de aire seco a la entrada y a la salida respectivamente.

Calentamiento con Humidificación: Este proceso consiste en calentar de manera sensible el aire y luego humidificarlo. La humidificación puede hacerse de dos maneras, puede agregarse vapor de agua al aire caliente o se puede rociar con agua líquida. Esto se consigue al pasar el aire por una sección de calentamiento (proceso 1-2) y después por una sección de humidificación (proceso 2-3), ver Figura N° 2.10. La ubicación del estado 3 depende de cómo se lleve a cabo la humidificación, si esta se logra añadiendo vapor hay un aumento de la temperatura ($T_3 > T_2$), si se humidifica rociando la corriente de aire con agua disminuirá la temperatura ($T_3 < T_2$), así que el

aire debe calentarse un poco más para compensar ese enfriamiento durante la humidificación.

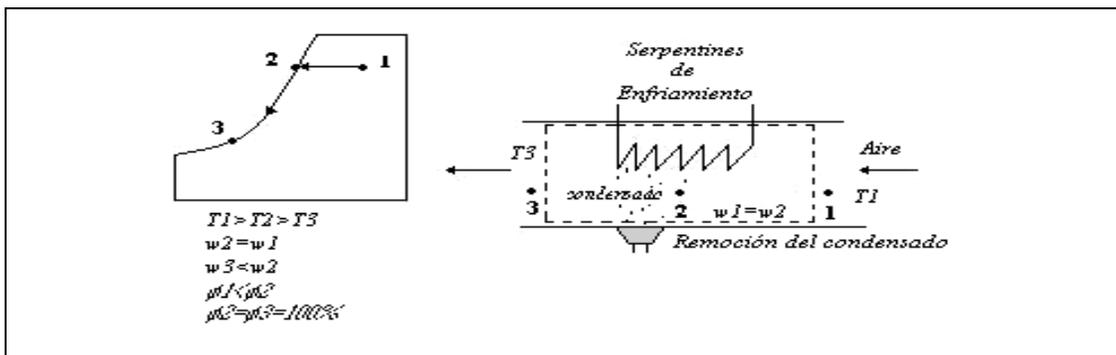
Figura N° 2.10. Calentamiento y Humidificación



Fuente: Los Autores

Enfriamiento con Deshumidificación: Este se consigue haciendo pasar la corriente de aire caliente y húmedo por una sección de enfriamiento, cuando este pasa por los serpentines de enfriamiento su temperatura disminuye y su humedad relativa aumenta a humedad específica constante. El enfriamiento adicional origina la condensación de parte de la humedad en el aire, este permanece saturado ($\phi = 100\%$) durante toda la condensación hasta alcanzar el estado final (estado 3) ver Figura N° 2.11.

Figura 2.11: Enfriamiento con Deshumidificación

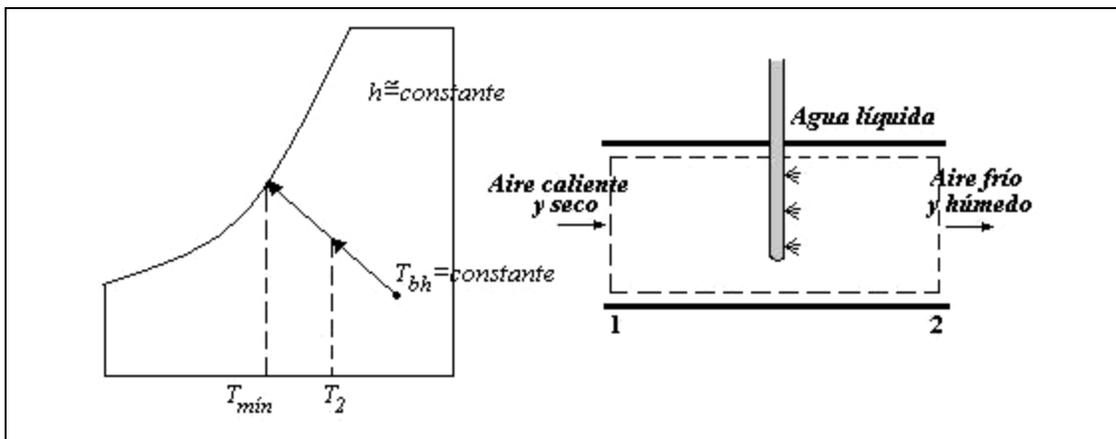


Fuente: Los Autores

Enfriamiento Evaporativo: Este consiste en hacer pasar aire caliente y seco (estado 1) por el enfriador evaporativo donde es rociado con agua líquida (ver Figura N° 2.12). Parte del agua se evapora al absorber calor de la corriente de aire, entonces la

temperatura de la corriente de aire disminuye y su humedad aumenta (estado 2). En el caso límite, el aire sale del enfriador saturado en el estado 2' y T_2 , es la temperatura más baja que puede conseguirse con este proceso. Como la transferencia calor de la corriente de aire con los alrededores se puede considerar despreciable, el proceso sigue una línea de temperatura de bulbo húmedo constante en la carta psicrométrica y como estas líneas coinciden con las de entalpía constante, se puede suponer que la entalpía de la corriente de aire permanece constante, es decir $T_{bh} = \text{constante}$ y $h = \text{constante}$, durante el enfriamiento evaporativo, la cual es una aproximación razonablemente exacta y de uso común en los procesos de acondicionamiento de aire.

Figura N° 2.12: Enfriamiento Evaporativo



Fuente: Los Autores

Mezcla Adiabática de Corrientes de Aire: Esta se consigue mezclando dos corrientes de aire, en este caso, como la transferencia de calor con los alrededores suele ser pequeña, puede suponerse que el proceso de mezcla es adiabático, además, generalmente los procesos de mezcla no implican interacciones de trabajo y los cambios de energía potencial y cinética (sí los hay), son despreciables. Así que las ecuaciones de conservación de la masa y la energía son:

Masa de aire seco: $\dot{m}_1 + \dot{m}_2 = \dot{m}_3$ Ecuación 2.13

Masa de vapor de agua: $\dot{m}_{a1} + \dot{m}_{a2} = \dot{m}_{a3}$ Ecuación 2.14

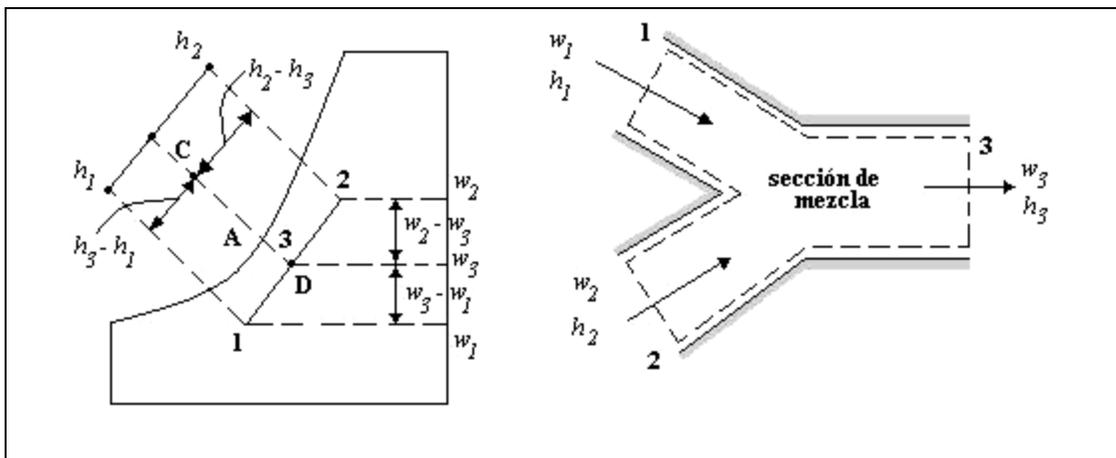
Energía: $\dot{m}_{a1} h_1 + \dot{m}_{a2} h_2 = \dot{m}_{a3} h_3$ Ecuación 2.15

Si se elimina \dot{m}_{a1} de las relaciones anteriores, se obtiene

$$\frac{\dot{m}_{a1}}{\dot{m}_{a2}} = \frac{\omega_2 - \omega_3}{\omega_3 - \omega_1} = \frac{h_2 - h_3}{h_3 - h_1} \quad \text{Ecuación 2.16}$$

Así que con esta relación se puede concluir que: cuando dos corrientes de aire en dos estados diferentes (estados 1 y 2) se mezclan adiabáticamente, el estado de la mezcla (estado 3) estará sobre la línea recta que conecta los estados 1 y 2 en la carta psicrométrica, y que la relación entre las distancias 2-3 y 3-1 es igual a la relación de las tasas de flujo de masa \dot{m}_{a1} y \dot{m}_{a2} , en la Figura N° 2.13.

Figura N° 2.13: Mezcla Adiabática de Corrientes de Aire



Fuente: Los Autores

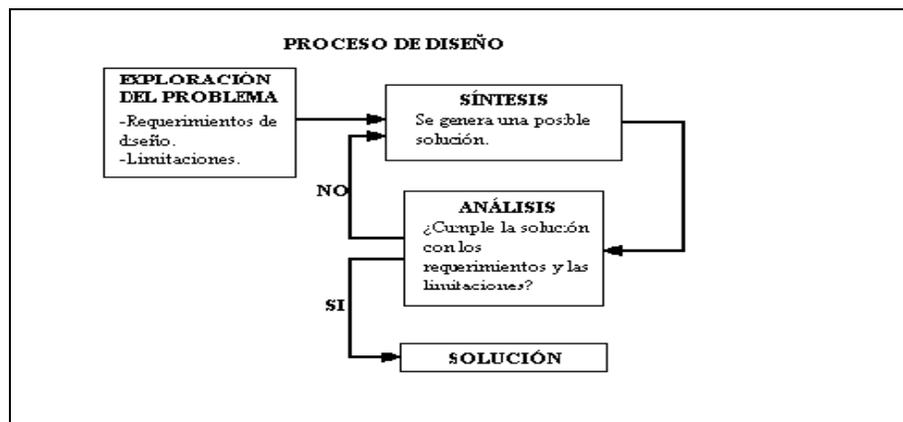
2.3. METODOLOGÍA DEL DISEÑO

2.3.1. Introducción

“El **diseño** es el proceso mediante el cual transformamos recursos (materiales, humanos, etc.) en máquinas, productos o sistemas, con la finalidad de satisfacer una necesidad”².

Como puede deducirse de la definición, el diseño parte de una necesidad o problema que debe ser resuelto, y la mayoría de las veces son múltiples las soluciones, pero deben analizarse todas, de manera de elegir la más adecuada a la situación planteada, y esto puede requerir un proceso iterativo en el cual se idea algo y se compara con las limitaciones y requerimientos impuestos por el problema, así como con las soluciones anteriores (aprovechando la información que cada una de ellas ha proporcionado), para decidir cual es diseño que da la mejor solución al caso en estudio. Pero la mejor forma de visualizar este proceso es mediante un esquema, como el que muestra la Figura N° 2.14.

Figura N° 2.14: Proceso de Diseño



Fuente: MILANI, Rodolfo [19].

Pero es fundamental en este proceso el saber tomar decisiones ya que siempre existirán múltiples soluciones y en cada caso se debe elegir la más adecuada al problema en estudio, tomando en cuenta todos los factores involucrados en él, así

² Milani Rodolfo. Diseño para nuestra realidad. [19]

como la forma en como esta solución aprovechará o transformará los recursos disponibles, lo cual debe hacer de manera óptima.

2.3.2. PROCESO DE DISEÑO.

Anteriormente se explicó de manera muy general el proceso de diseño, a continuación se mostrará este proceso de manera más detallada, explicándose cada una de sus etapas o fases.

Establecimiento de una necesidad: En esta fase se busca resumir en un enunciado cual es la necesidad existente y que se quiere resolver. Al realizar el enunciado se tiene que evitar el relacionar la necesidad con un aparato o sistema en particular, porque esto limitaría las posibles soluciones.

Aceptación del problema: Llegado a este punto, luego de establecer la necesidad se debe aceptar todas las responsabilidades que acarrea asumir el problema y determinar si se tiene el tiempo, la preparación, la habilidad, el interés y la decisión de llevarlo hasta el final; aquí es cuando se debe decidir si el proceso debe continuar o no.

Descripción: En esta etapa se busca definir con claridad el problema y a donde se quiere llegar y las maneras como se quiere hacerlo, para que se puedan buscar soluciones en una forma productiva y directa.

En esta fase se distinguen claramente dos subfases como son: *análisis del problema y descripción* propiamente dicha. El objetivo del análisis es conocer más profundamente el problema y clarificar todo lo que se conoce del mismo, para ello se comienza con la recopilación de información, y esta se puede buscar mediante encuestas y entrevistas a personas (preferiblemente de otras profesiones) que puedan dar información sobre el problema, también se estudian los antecedentes que existan al respecto (si es que ya se han dado soluciones al mismo), también es útil realizar un estudio del mercado, revisar la información relacionada en fuentes como Internet, etc. En esta fase es donde se produce el mayor aprendizaje, es un estado donde el conocimiento que se tiene se revela a la conciencia, se ordena, y donde nuevos

conocimientos son fácilmente adquiridos porque lo que ya se conoce pronto será utilizado para relacionarlo. En esta subfase es importante poner un límite de tiempo, ya que fácilmente se puede alargar indefinidamente.

Luego viene la descripción como tal, y esta es el filtro que posibilitará decisiones posteriores y el diseño final no será otra cosa que la expresión física de la *descripción*. Si posteriormente se descubre que ésta es incompleta o incorrecta siempre es posible ampliarla o corregirla, pero siempre es necesario comenzar a resolver un problema con una descripción básica de lo que se sabe del mismo. A medida que se progresa en el diseño el problema se va clarificando, hasta que llega el momento en que puede decirse que es completamente entendido.

Concepción del sistema: En base a la descripción del problema en donde se han especificado claramente las limitaciones y características que el sistema a diseñar debe tener se procede a la concepción del mismo, es decir se generan la mayor cantidad posible de alternativas de solución para el sistema. Si bien esta es la fase de mayor libertad creativa, siempre debe tenerse en mente la factibilidad de las ideas que se generen, para luego decidirse por aquella que comparada con la descripción tiene más ventajas. Al final de esta fase deben existir dibujos, esquemas y modelos tridimensionales del sistema propuesto para así tener una idea cierta de que resuelven los problemas espaciales o funcionales. También se deben especificar los subsistemas que lo conforman de manera que grupos especializados procedan paralelamente al diseño de los detalles.

Estudio de factibilidad: en esta parte del proceso se debe construir y ensayar un prototipo funcional del sistema propuesto, con todo lo que en gastos esto implica, ya que en esta etapa ya están involucrados un mayor número de personas y debe también diseñarse los procesos para su fabricación en serie, es en esta fase donde debe tomarse la decisión de seguir o no con el diseño o simplemente aplazarlo hasta un momento más propicio. En el estudio de factibilidad deberán considerarse los siguientes aspectos:

- ✍ *Factibilidad Técnica:* El sistema propuesto no debe violar ninguna de las leyes de la ciencia, se debe verificar que no hay incompatibilidad entre sus componentes, también debe verse si estos componentes existen o deben inventarse.
- ✍ *Factibilidad Económica:* Los componentes del sistema pueden ser fabricados de manera competitiva, se evaluará si las materias primas necesarias se consiguen con facilidad y sin peligro de suspensión del suministro, por otra parte se debe ver si las características, el precio y costos del sistema lo hacen competitivo comparado con otros sistemas similares existentes en el mercado.

Al final del estudio de factibilidad es cuando se decide realmente si vale la pena continuar con el diseño del sistema, si la respuesta llegara a ser negativa se tiene que especificar claramente las causas de por qué no es factible, ya que es posible que en un futuro se superen los obstáculos tecnológicos o se produzcan cambios en la realidad económica del mercado, permitiendo que pueda llevarse a cabo.

Formación completa del sistema: Ya se prosigue con el diseño luego del estudio de factibilidad del sistema, aquí se debe definir mejor la relación existente entre todos los subsistemas que lo conforman, y construirse modelos simplificados en materiales baratos que ayuden a resolver algún problema existente, para así detectar cualquier posible falla que pueda detener el diseño y verificar el buen funcionamiento de las partes entre sí. No es necesario concluir esta fase para pasar a la siguiente, ya que en la etapa que continúa se puede emplear información que se genera en esta.

Diseño de detalles y procesos de fabricación: En esta fase el diseño es coordinado por una persona o grupo, que es el que tiene la visión de todo el sistema que se está diseñando, mientras cada subsistema es realizado por el grupo de especialistas adecuado. Claro está que los participantes en este nivel del diseño son especialistas y tienen otras características que las de los diseñadores que realizan la concepción del sistema. Ya a esta altura del proceso de diseño la libertad de diseño es mucho menor, pero el nivel de conocimiento necesario es mayor, aquí no es suficiente saber que lo

diseñado se puede construir, sino que se debe decidir el cómo se hará, y como una sola persona no tiene todo el conocimiento que esto requiere se trabaja en equipos multidisciplinario de diseño.

Es importante que en el diseño de los detalles y de los procesos de fabricación exista una persona que sirva de enlace entre todos los grupos de especialistas, ya que él es el que tiene la visión de conjunto del diseño y mantendrá la concepción del todo. Además si fuese necesario hacer algún cambio en las especificaciones de algún subsistema y cómo está este asociado con los demás, el coordinador junto a los grupos establecerá las modificaciones y los compromisos necesarios en todos los subsistemas. Al terminar esta fase se requerirá que estén dibujados y especificados todos los elementos del sistema, especificando materiales y tolerancias. También se debe especificar detalladamente el proceso de fabricación de cada elemento y ver que subsistemas pueden realizarse con elementos ya existentes en el mercado, de modo de ahorrar tiempo y dinero.

Fabricación y ensayo del prototipo: Si se quiere producir en serie el sistema obtenido se procede a construir un prototipo. Aunque la fabricación de éste puede diferir de la que tendrá el diseño final al fabricarse en serie, porque se trata de una unidad y los procedimientos de construcción son menos automatizados. Una vez ensamblado el prototipo se procede a ensayarlo para verificar que cumple con las especificaciones impuestas. Se somete el sistema a pruebas aceleradas para detectar posibles fallas en la resistencia de sus piezas, y se le dan los últimos toques a la apariencia externa, también se estudia detenidamente la interfase hombre-máquina, incluyendo todo lo referente a señalización y mando. Es natural que en este proceso de ensayo se tenga que rediseñar y corregir todas las fallas inesperadas en cosas que ni siquiera se habían tomado en cuenta durante el diseño, pero esto es completamente normal, así que no debe desanimar a los diseñadores novatos.

Evaluación final: Ya una vez efectuados los ensayos y ajustes necesarios al prototipo se procede a realizar una evaluación completa de su funcionamiento, antes de empezar con su producción en serie, esto es muy importante por el gran costo que

implica la fabricación de implementos, herramientas, moldes etc., que se emplearán al construir el prototipo en serie.

Redacción del material para operación y mantenimiento: Aquí se incluyen los manuales de ensamblaje, operación, mantenimiento preventivo y la guía de reparaciones, estos deben estar redactados de manera tal que cualquier persona pueda entenderlos.

2.3.3. Métodos de Diseño

Existen muchos métodos para ayudar a aumentar la cantidad de ideas que dan solución a un problema planteado, al aplicar el proceso de diseño de la forma que se describió anteriormente y empleando uno o varios de los métodos que se explicarán en breve se pueden generar nuevas ideas que permiten llegar a soluciones que tal vez ni se tenían en mente al formular el problema. Esto demuestra que estos métodos son verdaderamente útiles y son tan poderosos que pueden romper la predisposición inicial de tener en mente una solución de antemano.

También se puede decir que existen tres clases de diseños, hay los diseños originales, los diseños revolucionarios y los diseños evolutivos; en cuanto a los diseños originales son aquellos que resuelven un problema completamente nuevo, el diseño revolucionario es el que da una solución novedosa a un problema que ya había sido resuelto anteriormente, y el diseño evolutivo es aquel que mejora diseños preexistentes. Dependiendo del tipo de diseño que se quiera lograr se usará el método mas adecuado, seguidamente se mostrarán algunos de los mas sencillos de aplicar al seguir el proceso de diseño.

2.3.3.1. Mecanismos de Generación de Ideas

A continuación se dan unos mecanismos bastante útiles a la hora de producir nuevas ideas, los cuales permiten sacarle el máximo provecho a la creatividad que cada persona tiene.

- ✍ *Inversión:* Consiste en invertir las funciones, configuración o posición de un determinado elemento del equipo o máquina, es decir, se basa en invertir el problema.
- ✍ *Analogía:* Se realiza un diseño creando similitud con elementos creados por el hombre o presentes en la naturaleza. A la hora de diseñar se buscan analogías al problema con la naturaleza, otras áreas de la técnica, otras ramas científicas, con la literatura o analogías fantásticas.
- ✍ *Empatía:* Es la acción de colocarse en el lugar de un pieza o parte del sistema que se está diseñando.

2.3.3.2. Método de la Tormenta de Ideas (brainstorming)

Este método fue propuesto por Alex Osborn y para llevarlo a cabo se requiere formar un grupo de trabajo de 4 a 12 personas para trabajar sobre el problema planteado, el grupo tiene que generar todas las ideas posibles que llevan a la solución del problema, para luego discutir las y evaluarlas, repitiendo el proceso las veces que sea necesario para llegar a una solución satisfactoria de acuerdo a las restricciones y limitaciones impuestas al plantear el problema.

Existe otra versión de la tormenta de ideas cuyo autor es Tablante, apoyándose en el lenguaje visual y para ser realizado de manera individual. Consiste en formular el problema y establecer los objetivos de diseño, en base a esto dibujar figuras concepto de posibles soluciones, en la mayor cantidad y en el menor tiempo posible (unos 12 dibujos a ser realizados en un máximo de 12 minutos) evitando así prejuzgar las ideas y darle así rienda suelta a la creatividad.

2.3.3.3. Método del Análisis Morfológico

El método del análisis morfológico consiste en elegir los parámetros y criterios más importantes del problema que se quiere resolver, para luego buscar la mayor cantidad de alternativas o soluciones que satisfacen a cada parámetro. Los parámetros o criterios no son más que las funciones o cualidades que debe cumplir el sistema que se busca diseñar y que ofrecerá una solución al problema en estudio.

Una vez obtenidas las alternativas de diseño y escogidos los criterios a evaluar se realiza un arreglo bidimensional (denominado matriz morfológica), luego se define que tan importante es para el funcionamiento del sistema cada criterio, dándole una escala de valores (jerarquía), por ejemplo, si es muy importante se le asigna un valor de 5 y si es poco importante un valor de 1. Después para evaluar si cada alternativa cumple o no con el criterio en estudio, se asigna una puntuación de 10 si cumple completamente con el parámetro y 1 si no lo cumple en absoluto, así que dependiendo de esto se le dará un puntaje a cada alternativa. A continuación, se debe multiplicar para cada alternativa, el valor de la jerarquía de cada criterio por el puntaje de qué tanto cumple ésta con el criterio evaluado, ya una vez obtenido un valor para la alternativa evaluada de cada criterio, se procede a hacer la suma de todos estos valores llegando a un total para cada una de las alternativas. La alternativa que obtenga el mayor puntaje es la que mejor cumple con los parámetros requeridos por el sistema, que es la solución al problema planteado.

Este método es un excelente complemento del método de la tormenta de ideas, ya que permite escoger las mejores ideas de una manera objetiva en base a las limitaciones que impone el problema.

CAPÍTULO III

CAPÍTULO III

3. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

En esta fase se realiza una descripción detallada de los diferentes procesos llevados a cabo para la recolección de información necesaria para la evolución del proyecto.

3.1. Ubicación Geográfica de la Región en estudio

La recolección de información fue realizada en la Estación Experimental Amazonas de FUDECI, la cual se encuentra ubicada en la ciudad de Puerto Ayacucho. Puerto Ayacucho está situada en la margen derecha del río Orinoco, al noroeste del Estado Amazonas (sus coordenadas geográficas son latitud 05° N $35'$ y longitud 67° W $41'$), específicamente en el Municipio Atures, a una altura sobre el nivel del mar de 75 m.s.n.m. Como puede observarse en la Figura N° 3.1, este municipio limita al norte con el Estado Bolívar, al sur con el Municipio Autana, al este con el Municipio Manapiare y al oeste con Colombia.

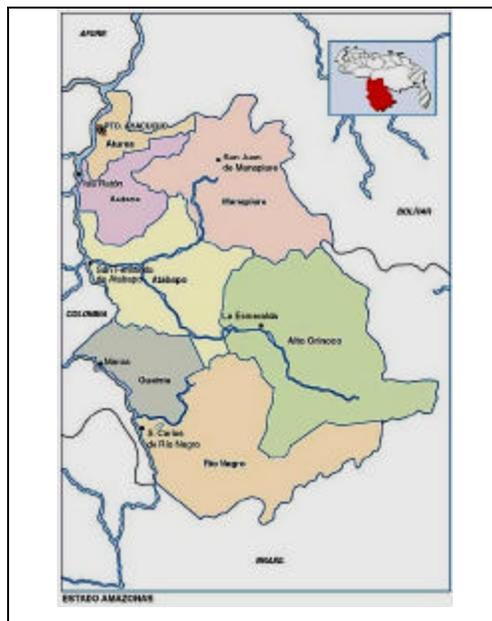


Figura N° 3.1: Mapa Político del Estado Amazonas.

Fuente: www.gobiernoonlinea.ve

3.2 Información Recopilada

Para recabar la información necesaria para la ejecución del diseño se recurrió a diversas fuentes. Para lo cual se realizó una visita a la Ciudad de Puerto Ayacucho, específicamente a la Estación Experimental Amazonas de FUDECI, en el período comprendido entre los días 29 y 31 de Enero de 2004; se solicitó al Servicio de Meteorología de la Fuerza Aérea Venezolana los datos climáticos de la Ciudad de Puerto Ayacucho y se consultó en Internet. La información recopilada contempla los siguientes aspectos:

- a) Nivel de producción de huevos incubables. Ya que éste determinará la capacidad de la máquina a diseñar.
- b) Dimensiones y peso de los huevos incubables. Estos parámetros serán el punto de partida para dimensionar la estructura del equipo.
- c) Protocolo de incubación artificial utilizado en la estación. Se usará para establecer como será usada la máquina.
- d) Espacio Físico disponible en la estación para la instalación de la máquina incubadora, ya que éste limita las dimensiones finales del dispositivo a diseñar.
- e) Descripción de las características de la incubadora existente en la estación, para conocer los procesos que se llevan a cabo en un equipo como este, y los dispositivos con los que cuenta.
- f) Mediciones de las variables temperatura de bulbo seco y humedad relativa realizadas en la incubadora, con la finalidad de verificar los parámetros de funcionamiento de la máquina.
- g) Condiciones ambientales de la ciudad de Puerto Ayacucho, las características climáticas son fundamentales para establecer las propiedades del aire a tratar en el equipo.

- h) Modelos de incubadoras, para estudiar sus características de funcionamiento, dimensiones y forma.

a) Nivel de Producción de Huevos Incubables en la Estación Experimental Amazonas de FUDECI.

La Estación Amazonas de FUDECI cuenta con veinte (20) unidades de reproducción, conformadas por ocho (8) hembras y un (1) macho. Por lo cual en temporada de incubación se puede obtener una producción de 160 huevos incubables por día. Las cifras correspondientes a la producción de huevos incubables se presentan en la Tabla N° 3.1:

Tabla N° 3.1: Nivel de producción de huevos incubables en la Estación Experimental Amazonas de FUDECI.

Número de unidades reproductoras	20 Unidades reproductoras
Número de hembras por unidad reproductora	8 hembras
Número total de hembras reproductoras	160 hembras
Huevos incubables obtenidos por unidad de reproducción en un día	8 Huevos incubables/día
Nivel de producción semanal	1120 huevos incubables/semana

Fuente: Estación Experimental Amazonas de FUDECI

b) Dimensiones y masa de los huevos incubables

Estudios realizados en la estación FUDECI, en diferentes pruebas de incubación natural de huevos de pata real, han arrojado los resultados presentados en el Apéndice A-1, en el cual se muestran detalladamente las variables masa y diámetro de los huevos utilizados en estas pruebas. Como puede observarse las

dimensiones y masas son muy variadas. En la Tabla N° 3.2 se presenta un resumen de los resultados obtenidos de los datos del Apéndice A-1 y en la Figura N° 3.2 se muestra como se realiza esta medición:

Tabla N° 3.2: Masa y diámetro de huevos incubables

Masa promedio	78,6 g
Masa mínima	65,5 g
Masa máxima	88,9 g
Diámetro promedio	4,90 cm
Diámetro mínimo	4,33 cm
Diámetro máximo	5,50 cm

Fuente: Los Autores

Figura N° 3.2: Medición del diámetro del huevo incubable de Pato Real



Fuente: Los Autores

c) Protocolo de incubación artificial utilizado en la estación

A continuación se muestra detalladamente el protocolo empleado en la Estación Experimental Amazonas de FUDECI para realizar el proceso de incubación artificial, además se explica cada uno de sus pasos:

1. Elegir huevos de patas mayores de 7 meses. Para seleccionar los huevos que se van a introducir en la incubadora se debe proceder de la siguiente forma:

Se examinan sobre un foco luminoso (llamado ovoscopio) bastante intenso uno a uno, en una habitación a oscuras. En general, no se usan para incubar los huevos rajados, sucios, o accidentados.

2. Almacenar los huevos de la semana en ambiente fresco con una humedad relativa comprendida entre 75 y 80%, y una temperatura de bulbo seco comprendida entre 15 y 20 °C. Este almacenamiento no es recomendable hacerlo por más de 7 días.
 - a. Desinfectar y lavar los huevos sin frotar. La limpieza debe realizarse antes de introducirlos a la incubadora. La solución a preparar para este efecto es de 10 ml de cloro por litro de agua. El procedimiento a seguir es el siguiente: con un trapo humedecido en esta solución se limpian cuidadosamente los huevos, tratando de eliminar completamente cualquier rastro de sangre o excrementos.
 - b. Limpiar el local de incubación y mantenerlo en condiciones ambientales estables, al mismo tiempo que deben conservarse limpios sus pisos, paredes y asegurar una continúa circulación del aire, recolectar los desechos y eliminarlos o incinerarlos.
5. Limpiar la máquina incubadora con una solución de 20 ml de cloro por litro de agua, con esta solución debe restregarse y desinfectarse el interior de la máquina y todos sus componentes.
6. El día antes de introducir los huevos en la incubadora se debe ajustar la temperatura de bulbo seco en el termostato en 37,5 °C y observar que la temperatura de bulbo húmedo sea aproximadamente 31 °C.

Verificar el correcto funcionamiento del sistema de volteo y de control de temperatura. Se debe evitar ajustar la máquina con los huevos en su interior.

7. Colocación de los huevos en la incubadora. El día que se coloquen los huevos dentro de la incubadora se debe tener especial cuidado en la observación de las variables temperatura y humedad en el interior de ésta, y así lograr el ajuste de las mismas, por lo cual se recomienda que los huevos se coloquen dentro de la incubadora en la mañana, de esta manera se puede ajustar la temperatura de la incubadora antes de dejarla en funcionamiento la primera noche, para evitar un rápido aumento en la temperatura.
8. A partir del 2° día de incubación rociar el interior de la incubadora con agua tibia para no bajar la temperatura del interior de la incubadora, una vez al día hasta el 15° día. A partir del 15° día rociar dos veces al día, hasta el 24° día.
9. Examinar los huevos uno por uno en el ovoscopio el 7° y el 14° día. De esta forma pueden identificarse problemas de incubación en el lote sin necesidad de esperar a que se complete el período de incubación.

d) Espacio físico disponible en la estación para la localización de la máquina incubadora

En la estación se cuenta con una habitación, la cual es dedicada exclusivamente para las labores de incubación de las diferentes especies producidas en la estación, la misma presenta las siguientes características (ver Figura N° 3.3):

- ✍ Techo de láminas de acerolit.
- ✍ Paredes de bloque frisado por ambas caras.
- ✍ 2 Ventanas de romanilla de 100×80 cm con vidrio martillado de 3 mm de espesor.
- ✍ Una puerta de acceso de medidas 90×185 cm.

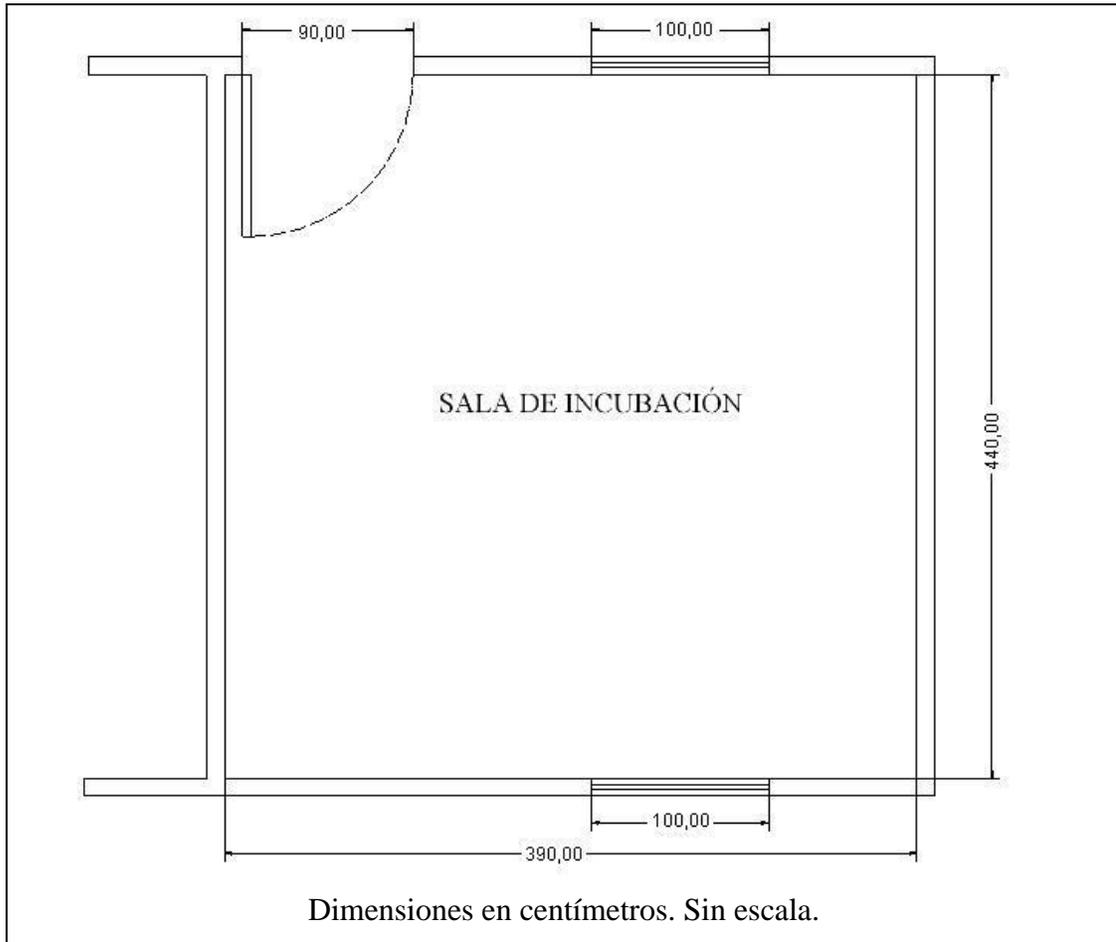
Figura N° 3.3: Cuarto de incubación Estación Experimental Amazonas de FUDECI



Fuente: Los Autores

En la Figura N° 3.4 se presentan las dimensiones que posee la habitación, así como la disposición de la construcción.

Figura N° 3.4: Plano de la sala de incubación existente



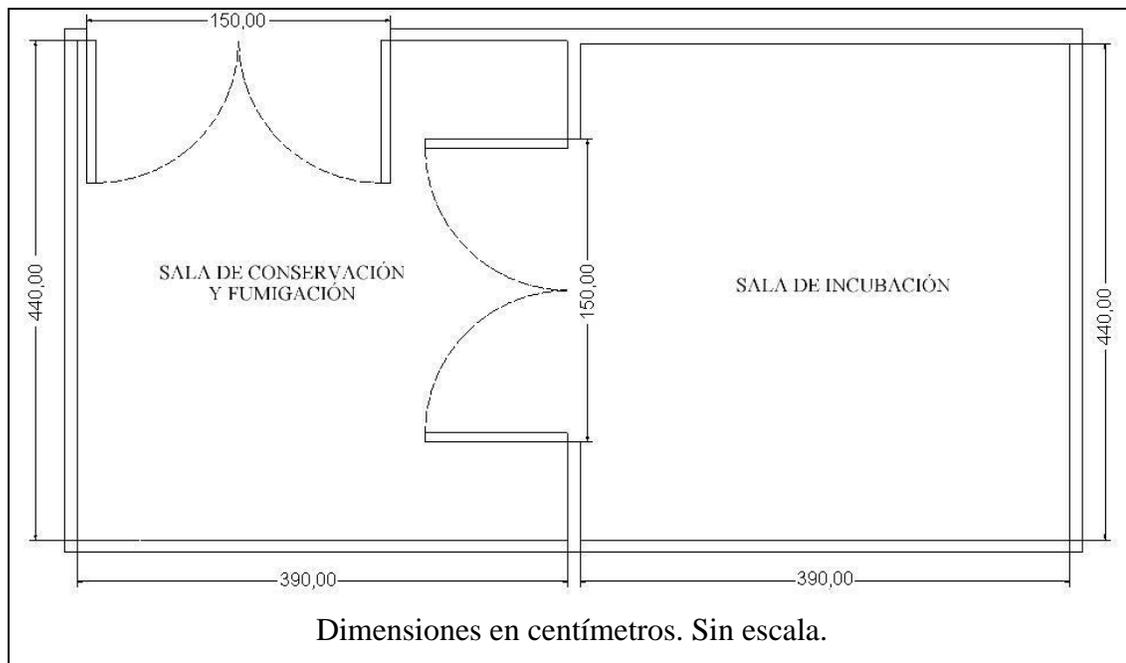
Fuente: Los Autores

Cabe destacar que en los planes a corto plazo, se tienen previstas las siguientes modificaciones de la habitación de incubación, esto con la finalidad de optimizar y mejorar los procesos realizados para llevar a cabo la incubación. Las modificaciones contemplan los siguientes aspectos:

- ✍ Utilización de techo raso en las habitaciones.
- ✍ Empleo de un sistema de ventilación general para las salas de procesos.

- Las modificaciones de la construcción que se pueden observar en la Figura N° 3.5.

Figura N° 3.5: Modificaciones de la construcción de las salas del proceso de incubación



Fuente: Los Autores

e) Descripción de las características de la incubadora existente en la Estación

La incubadora existente en la estación es de flujo de aire forzado, con estructura exterior elaborada en madera prensada, bandejas y portabandejas de acero galvanizado. Puerta de cierre hermético de madera prensada con una ventanilla de acrílico transparente. A continuación se presenta una descripción de los componentes de la incubadora:

- La incubadora está provista de tres (3) portabandejas con capacidad de movimiento y uno (1) fijo (que se utiliza como nacedora). Cada bandeja tiene capacidad de alojar 60 huevos. La capacidad total de la

máquina es de 240 unidades de huevos de pata o de gallina. Ver Figura N° 3.6.

Figura N° 3.6: Vista general de la incubadora existente en la estación



Fuente: Los Autores

- ✍ La máquina posee un sistema de volteo automático mediante barras de acero galvanizado, que se puede activar de forma manual o automática. Ver Figura N° 3.7.

Figura N° 3.7: Sistema de volteo de la incubadora



Fuente: Los Autores

- ✍ La temperatura de bulbo seco dentro de la máquina es controlada por medio de un termostato electrónico que gobierna el sistema de calentamiento. Ver Figura N° 3.8.

Figura N° 3.8: Termostato electrónico de la incubadora y su regulador



Fuente. Los Autores

- ✍ El sistema de calentamiento esta constituido por una resistencia eléctrica, a través de la cual pasa el aire al interior de la máquina por medio de un ventilador, produciendo así un flujo forzado del aire. Ver Figura N° 3.9.

Figura N° 3.9: Sistema de calentamiento y ventilador de la incubadora



Fuente: Los Autores

- ✍ El sistema de humidificación está conformado por una charola con agua ubicada en la descarga del ventilador (colocada en la parte superior de la incubadora), el aire se humidifica al entrar en contacto con el agua líquida contenida en la charola. Ver Figura N° 3.10.

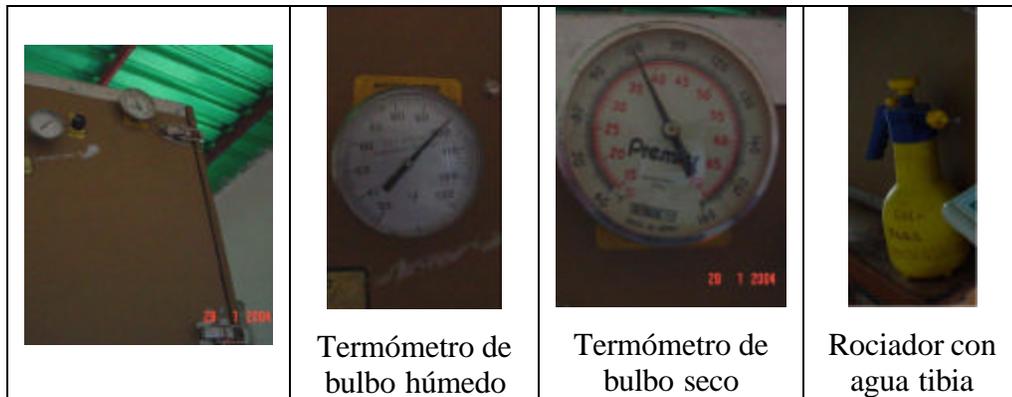
Figura N° 3.10: Sistema de humidificación de la incubadora



Fuente: Los Autores

- ✍ El control del sistema de humidificación se lleva a cabo mediante la lectura de las temperaturas de bulbo seco y de bulbo húmedo. Determinando mediante estas la humedad relativa dentro de la incubadora. Si la humedad relativa está por debajo de 50% un operador rocía con agua tibia el interior de la máquina. Ver Figura N° 3.11.

Figura N° 3.11: Termómetros de bulbo seco y bulbo húmedo



Termómetro de bulbo húmedo

Termómetro de bulbo seco

Rociador con agua tibia

Fuente: Los Autores

- ✍ La incubadora posee un termostato de seguridad que desconecta el sistema de calentamiento en caso que la temperatura exceda los 102 °F (38,9°C). Ver Figura N° 3.12.

✍ **Figura N° 3.12:** Termostato de seguridad de la incubadora



Fuente: Los Autores

- ✍ La máquina tiene seis ventilas que permiten la regulación del flujo y cambio del aire dentro de la incubadora. Esto se logra abriendo o cerrando las ventilas. Ver Figura N° 3.13.

Figura N° 3.13: Ventilass de la incubadora



Fuente: Los Autores

f) Mediciones de las variables temperatura de bulbo seco y humedad relativa realizadas en la incubadora

Durante la visita a la estación se tomaron datos de temperatura de bulbo seco y humedad relativa dentro de la máquina incubadora (ver Figura N° 3.14), mediante un medidor de temperatura/humedad/velocidad del aire (ver especificaciones en el

Apéndice A-2). Estos datos se recopilaron realizando mediciones durante 2,5 horas a intervalos de 15 minutos entre mediciones. Los resultados obtenidos se presentan en el Apéndice A-3. En la Figura N° 3.14 se puede observar como se realizaron estas mediciones.

De los datos obtenidos se infiere que el sistema de calentamiento de la incubadora es capaz de mantener la temperatura de bulbo seco dentro del rango permitido para el proceso de incubación (cerca a los 37 °C), por lo cual se puede afirmar que el sistema de control funciona de manera adecuada. Sin embargo la humedad relativa se encuentra fuera del rango permitido (es muy elevada, superior al 60%), esto puede deberse a que es muy difícil controlar esta variable eficientemente con los instrumentos con que cuenta el equipo, y a lo impreciso que resulta el control manual del sistema de humidificación.

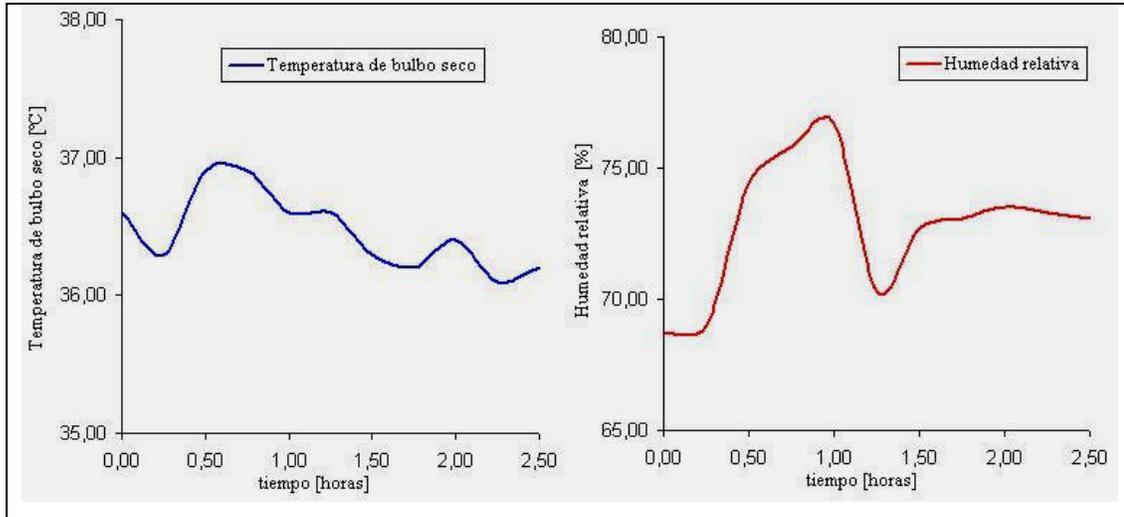
Figura N° 3.14: Medición con el medidor de temperatura/humedad/velocidad del aire, de temperatura de bulbo seco y humedad relativa tomada en el interior de la incubadora



Fuente: Los Autores

En la Figura N° 3.15 se muestran de manera gráfica los datos tomados de temperatura de bulbo seco y humedad relativa en el interior de la incubadora. Para realizar cada medición, se introdujo la punta de prueba del instrumento, por una de las ventilas transcurrido cada intervalo, tanto de la parte superior como inferior de la incubadora.

Figura N° 3.15: Temperatura de bulbo seco y humedad relativa en el interior de la incubadora existente en la estación



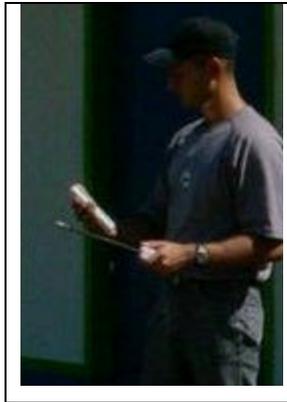
Fuente: Los Autores

g) Condiciones ambientales de la ciudad de Puerto Ayacucho

El estado Amazonas presenta un clima tropical, caracterizado por poseer altos valores de temperatura, humedad y precipitación. Este posee 2 estaciones, una seca y otra de lluvias. La temperatura es alta entre 20,2 °C y 36,2 °C, la precipitación es abundante siendo la media anual de 1200 mm. Todo esto se debe al hecho de que el estado Amazonas se encuentra localizado en la zona pluviométrica sur, y la alta humedad se da, por la retención de ésta por parte de la gran cantidad de vegetación existente en todo el estado.

Para tener una idea del comportamiento de las condiciones ambientales de la estación, se recolectaron datos de temperatura de bulbo seco y humedad relativa ambiental por 24 horas a intervalos de 15 minutos, estas mediciones se iniciaron el día 30 de Enero de 2004 a las 2:26 p.m. y culminaron el día 31 de Enero de 2004 a las 2:26 p.m., las mismas se realizaron con el medidor de temperatura/humedad/velocidad del aire mencionado anteriormente. En la figura N° 3.16 se puede observar cómo se realizaron estas mediciones. El registro completo de los valores registrados puede consultarse en el Apéndice A-4.

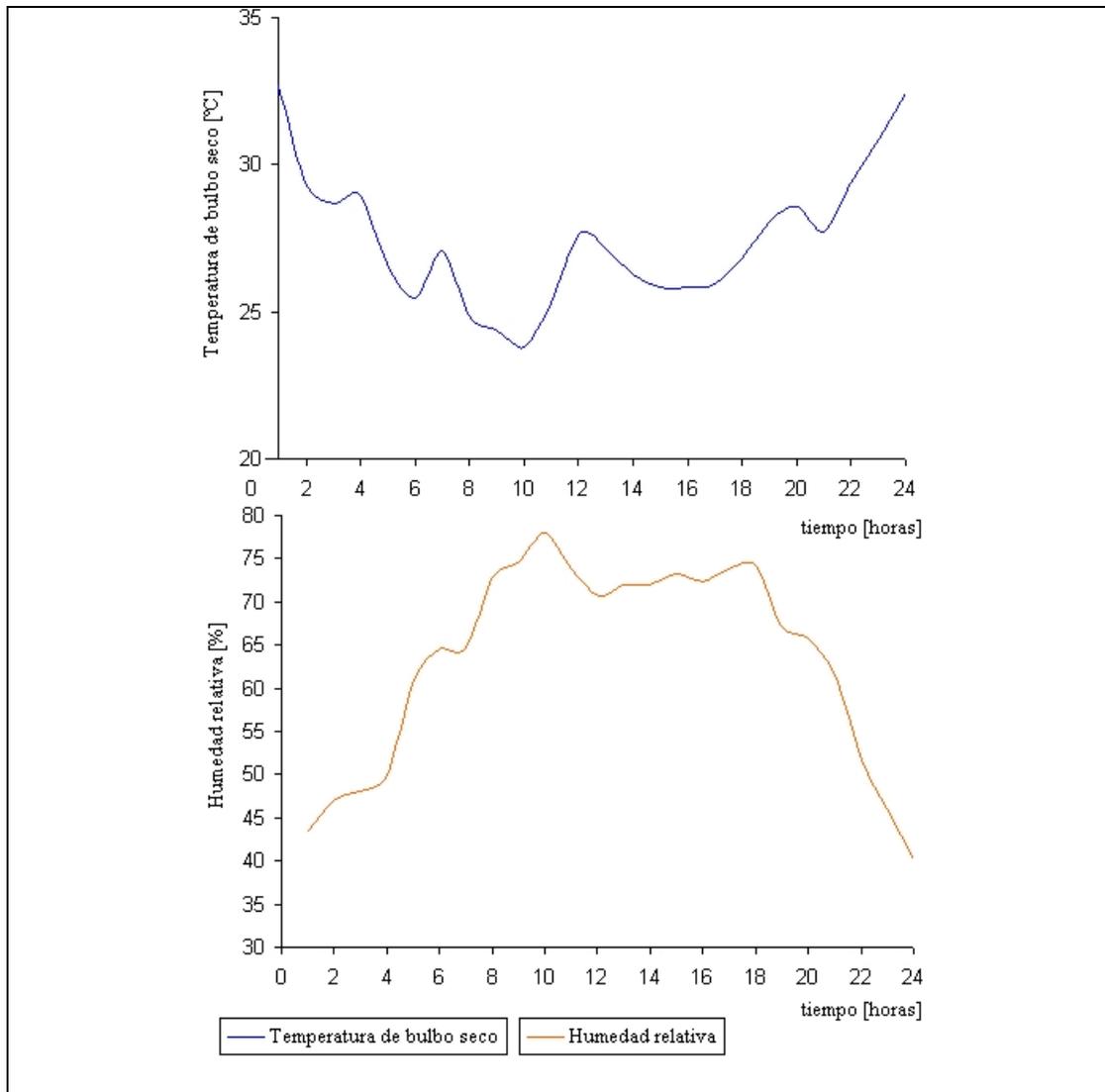
Figura N° 3.16: Medición de temperatura y humedad ambiental



Fuente: Los Autores

De los datos obtenidos durante las mediciones se puede decir que las condiciones climatológicas en la estación experimental son muy variables, muestran que el rango de variación a lo largo del día, tanto de la temperatura de bulbo seco como de la humedad relativa es amplio, siendo mayor el cambio en la humedad. La temperatura varió cerca de 10 °C entre sus valores máximo y mínimo (33,30 °C y 23,40 °C respectivamente), mientras la humedad ambiental registró un máximo de 79.9% y un mínimo de 38%, siendo la variación del 40%. El valor máximo de temperatura y mínimo de humedad se midió cerca de las 3 de la tarde, mientras la mínima temperatura y la máxima humedad se registraron en la madrugada (ver figura N° 3.17).

Figura N° 3.17: Mediciones tomadas durante la visita a la estación



Fuente: Los Autores

Al Servicio de Meteorología de la Fuerza Aérea Venezolana se le solicitó la información referente al registro horario de los datos climatológicos correspondiente a los días 1 y 15 de cada mes del año 2003. Al observar los datos suministrados, en el registro diario por hora se observa un comportamiento similar al medido durante la visita, aunque se pudo evidenciar que el rango de variación aumenta o disminuye dependiendo la época del año. A lo largo del año, en los períodos donde hay mayor

humedad las temperaturas son más bajas y tienen un comportamiento más uniforme (ver Apéndice A-5).

Adicionalmente se solicitó, los valores de temperatura y humedad media mensual para la ciudad de Puerto Ayacucho en el período comprendido entre los años 1999 y 2003, para luego en base a esta información determinar las condiciones de diseño de la máquina. En estos se puede observar como han variado las condiciones climáticas en este período. La temperatura máxima registrada es 36,2 °C y la temperatura mínima registrada es 20,2 °C, a las que corresponden una humedad relativa de 9% y 100% respectivamente, ocurriendo estos valores pico en marzo y diciembre del 2002.

h) Modelos de incubadoras existentes en el mercado

En las investigaciones realizadas se observó que existe una gran diversidad de modelos de incubadoras. Desde pequeñas máquinas, hasta grandes y complejas incubadoras industriales. Siendo amplia y diversa la gama de formas de calentamiento, sistemas de humidificación y movimiento, controles, aislamiento térmico etc.

A continuación se observan distintas incubadoras y sus características:

Tabla N° 3.3: Modelo de incubadora 1
Modelo: McMurray Hatchery TX-6 Incubator

	
Características	
Capacidad	18 huevos de gallina o su equivalente en otras especies
Control de temperatura	De estado sólido
Humidificación	Por medio de botella de agua
Sistema de Volteo	Automático
Ventilación	Flujo de aire forzado
Construcción	Las partes principales están elaboradas en plástico de fácil limpieza
Dimensiones	No suministradas
Consumo	No suministrado
Observaciones	Incluye termómetro/higrómetro de fácil lectura. Todos los ajustes pueden hacerse sin abrir la incubadora

Fuente: www.mcmurrayhatchery.com

Tabla N° 3.4: Modelo de incubadora 2

Modelo: YONAR 650	
	
Características	
Capacidad	675 huevos de gallina o su equivalente en otras especies
Control de temperatura	Control electrónico (precisión 0,2 °C)
Humidificación	Mediante una bandeja con agua
Sistema de Volteo	Automático
Ventilación	Flujo de aire forzado
Construcción	Estructura metálica con aislante sintético, revestido en laminado plástico. Tablero de control electrónico desmontable. Bandejas metálicas galvanizadas
Dimensiones	Altura: 158 cm Frente: 63 cm Profundidad: 97 cm
Consumo	Promedio: 260 W Máximo: 520 W 220 V
Observaciones	Control auxiliar de temperatura por termóstato gaseoso. Medición de temperatura y humedad mediante termómetros de mercurio de alta calidad, se suministra una tabla de humedad relativa simplificada. Señal sonora de alarma ante cualquier inconveniente térmico

Fuente: www.yonar.com.ar

Tabla N° 3.5: Modelo de incubadora 3

Modelo: Incubadora Casera	
	
Características	
Capacidad	240 huevos de gallina o su equivalente en otras especies
Control de temperatura	Termostato tipo wafer
Humidificación	Mediante una bandeja con agua
Sistema de Volteo	Automático
Ventilación	Flujo de aire forzado
Construcción	Estructura de madera de pino, aislada con poliuretano y láminas de polipropileno. Puerta de acrílico con aislante sintético. Bandejas de madera de pino
Dimensiones	No suministradas
Consumo	No suministrado
Observaciones	Medición de de temperatura de bulbo seco y bulbo húmedo mediante termómetros de mercurio. Sensor electrónico de temperatura

Fuente: www.frugalmachinist.com/incubator.html

Tabla N° 3.6: Modelo de incubadora 4
Modelo: Poultryman's GQF N° 1502

	
Características	
Capacidad	240 huevos de gallina o su equivalente en otras especies
Control de temperatura	Termostato electrónico
Humidificación	Mediante una bandeja con agua
Sistema de Volteo	Automático
Ventilación	Flujo de aire forzado
Construcción	Estructura de madera prensada. Bandejas metálicas galvanizadas
Dimensiones	No suministradas
Consumo	No suministrado
Observaciones	Termostato auxiliar tipo wafer. Medición de temperatura y humedad mediante dial termómetro/higrómetro

Fuente: www.poultrymansupply.com

Tabla N° 3.7: Modelo de incubadora 5

Modelo: PETERSIME S384

	
Características	
Capacidad	38400 huevos de gallina o su equivalente en otras especies
Control de temperatura	Control electrónico
Humidificación	Mediante sistema de aspersión
Sistema de Volteo	Automático mediante sistema neumático o electromecánico
Ventilación	Flujo de aire forzado
Construcción	Estructura exterior aislada, cubierta con material sintético de fácil limpieza. Bandejas y portabandejas de metal galvanizado.
Dimensiones	Altura: 230 cm Frente: 341 cm Profundidad: 363 cm
Consumo	Promedio: 8,2 kW 220 V
Observaciones	Sensores electrónicos de temperatura y humedad. Control de niveles de CO ₂ .

Fuente: www.petersime.com

CAPÍTULO IV

CAPÍTULO IV

4. MARCO METODOLÓGICO

La estrategia empleada para desarrollar el diseño se fundamentó en dividirlo en tres partes las cuales son:

- ✍ Diseño del sistema de soporte y volteo de los huevos.
- ✍ Diseño del proceso de tratamiento de aire de la incubadora.
- ✍ Diseño del sistema de control de los equipos de la incubadora.

Esta división se hizo para establecer un orden lógico de pasos a seguir, partiendo de un estudio de la dependencia de las partes entre sí. Se pudo inferir que para diseñar el proceso de tratamiento de aire se requería establecer a priori las dimensiones físicas del espacio que contendría el aire a acondicionar, por lo cual se realizó primero el diseño del sistema de soporte y volteo de los huevos. A continuación se proyectó el sistema de tratamiento de aire de la incubadora. Y finalmente el sistema de control, que gobernará a los equipos seleccionados en las partes anteriores.

Para desarrollar las dos primeras partes se empleó el método de tormenta de ideas complementado con el método de análisis morfológico, temas que se tratarán en este capítulo. El proceso de diseño del sistema de control se tratará en un capítulo posterior, ya que su desarrollo depende de los componentes y procesos seleccionados en las dos partes anteriores.

4.1. Diseño del sistema de soporte y volteo de los huevos

4.1.1. Diseño de las bandejas que alojarán los huevos

En el diseño de estas bandejas fue preciso tomar en cuenta una serie de requerimientos, ya que ésta debía adaptarse al manejo de los huevos en la Estación

Experimental Amazonas de FUDECI. Seguidamente se detallarán los requerimientos de diseño de las bandejas, los cuales deben ser:

1. Con dimensiones tales que permitirán alojar contenedores de cartón. Ya que en la estación experimental trabajan con este material que es más económico y fácil de adquirir en la zona, además estos son sometidos a un proceso de fumigación y horneado para su desinfección antes de iniciar cada proceso de incubación, permitiendo su reutilización.
2. De forma tal que permitan la circulación del aire alrededor de estas, repartiéndolo uniformemente sobre la superficie de todos los huevos.
3. De material lavable, liviano, resistente y duradero.
4. De fácil transporte y manejo por parte del operario.
5. Capaces de mantener los contenedores en su interior de manera segura en todas las posiciones requeridas para el volteo de los huevos.
6. De construcción fácil y económica.
7. De material resistente a la corrosión.
8. De materiales existentes en el país.
9. Fáciles de llenar y desalojar los huevos.
10. Adaptadas a la persona que realiza la labor.
11. Seguras para el operario durante su manipulación.

4.1.1.1. Búsqueda de alternativas de diseño de las bandejas

En esta sección se realizó la exploración y búsqueda de diseños que cumplieran con los criterios de diseño que requerían las bandejas de incubación, esto se hizo de manera conceptual; y a continuación se presenta una serie de propuestas de solución, que luego fueron sometidas a un proceso de descarte para llegar a la idea que mejor se adaptó a los criterios de diseño. En la Figura N° 4.1 se muestra un resumen de las ideas propuestas.

Figura N° 4.1: Resumen de las propuestas de diseño de las bandejas, generadas en la tormenta de ideas.

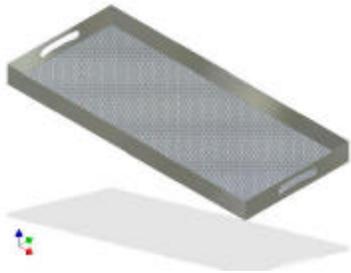
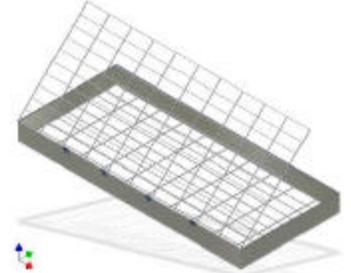
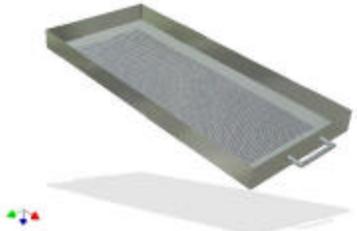
	<p>Idea N°1: Consiste en una bandeja de paredes elaboradas en lámina metálica y fondo de rejilla metálica. Está provista de asas perforadas en las láminas para facilitar su manipulación.</p>
	<p>Idea N° 2: Esta bandeja tiene paredes y fondo de varillas de acero con asas del mismo material.</p>
	<p>Idea N°3: Se puede observar que esta bandeja tiene fondo y tapa de varillas de acero y paredes de lámina metálica. La tapa asegura los contenedores y huevos durante el volteo y manipulación de los mismos.</p>
	<p>Idea N°4: Esta bandeja está conformada por paredes de varillas de acero y el fondo es de lámina galvanizada. Además está provista de asas.</p>

Figura N° 4.1: Resumen de las propuestas de diseño de las bandejas, generadas en la tormenta de ideas. (Continuación)

	<p>Idea N° 5: Esta bandeja esta formada por paredes de lámina metálica doblada para formar parte del fondo siendo de rejilla metálica el resto. También tiene asas para facilitar su manipulación.</p>
	<p>Idea N° 6: Esta bandeja tiene paredes de lámina galvanizada doblada formando parte del fondo, el cual está reforzado con tiras del mismo material. Estas tiras están unidas al fondo por medio de remaches.</p>

Fuente: Los Autores

4.1.1.2. Evaluación de alternativas de solución del diseño de las bandejas

A continuación se presenta el proceso que se llevó cabo para realizar la selección de la mejor solución entre las ideas propuestas para el diseño de las bandejas de incubación. Inicialmente se establecieron unos criterios de evaluación, los cuales fueron jerarquizados y después se le dio un puntaje a cada idea de acuerdo a cómo esta cumplía o no con cada criterio, llevando luego esta información a un arreglo bidimensional (ver Tabla 4.1), para la escogencia de una solución.

En cuanto a la jerarquía, esta establece que importancia tiene el cumplimiento de cada criterio en la selección del diseño propuesto, según la siguiente escala de porcentaje:

1% si es poco importante \neq 100% si es muy importante

También se estableció una escala del uno al diez para evaluar si cada idea cumple o no con el criterio examinado:

1 no cumple con el criterio \leq 10 si cumple con el criterio

4.1.1.2.1. Matriz morfológica del diseño de las bandejas

Usando como herramienta el siguiente arreglo bidimensional se evaluaron las propuestas de diseño, respecto a los criterios impuestos. Para obtener la ponderación de cada idea, se multiplicó el valor correspondiente al cumplimiento o no de esta respecto al criterio evaluado por su jerarquía. Luego se sumaron todos estos valores para obtener un puntaje final; el diseño con mayor puntaje fue el elegido (ver Tabla N° 4.1).

CAPÍTULO IV. MARCO METODOLÓGICO

Tabla 4.1: Matriz morfológica del diseño de las bandejas

Criterio	Jerarquía [%]	Idea. N°1		Idea. N°2		Idea. N°3		Idea. N°4		Idea. N°5		Idea. N°6	
		Puntos	Ponderación										
C.1.-Costo de fabricación	7	5	0,35	4	0,28	4	0,28	6	0,42	6	0,42	7	0,49
C.2.-Peso	8	6	0,48	6	0,48	5	0,40	6	0,48	7	0,56	7	0,56
C.3.-Resistencia a la corrosión	8	8	0,64	6	0,42	6	0,48	5	0,4	7	0,56	8	0,64
C.4.-Facilidad de construcción	7	7	0,49	6	0,49	5	0,35	6	0,42	7	0,49	8	0,56
C.5.-Durabilidad	7	7	0,49	8	0,49	5	0,35	6	0,42	8	0,56	9	0,63
C.6.-Existencia de los materiales de construcción en el país	8	10	0,80	10	0,80	10	0,80	10	0,8	10	0,8	10	0,8
C.7.-Facilidad de manejo	5	8	0,40	8	0,40	7	0,35	8	0,4	9	0,45	9	0,45
C.8.-Costo de materiales	8	6	0,48	5	0,40	4	0,32	6	0,48	6	0,48	6	0,48
C.9.-Higiene	8	6	0,48	6	0,48	6	0,48	3	0,24	6	0,48	6	0,48
C.10.-Simplicidad de diseño	5	5	0,25	6	0,30	3	0,15	6	0,3	5	0,25	7	0,35
C.11.-Seguridad para el operario	5	5	0,25	7	0,35	4	0,20	7	0,35	8	0,4	8	0,4
C.12.-Estética	2	7	0,14	8	0,16	3	0,06	7	0,14	7	0,14	7	0,14
C.13.-Eficacia en el cumplimiento de la función	7	8	0,56	8	0,56	8	0,56	8	0,56	8	0,56	8	0,56
C.14.-Facilidad de circulación del aire alrededor y dentro de la misma	8	7	0,56	8	0,64	8	0,64	4	0,32	7	0,56	7	0,56
C.15.-Facilidad de limpieza	7	8	0,56	7	0,49	6	0,42	4	0,28	8	0,56	8	0,56
Total	100		6,93		6,74		5,84		6,01		7,27		7,66

Fuente: Los Autores

Como puede apreciarse en la matriz morfológica la propuesta que mejor cumple con los requerimientos de diseño es la alternativa N° 6, la cual se muestra en la Figura N° 4.2.

Figura N° 4.2: Vista ampliada de la propuesta de bandeja a diseñar



Fuente: Los Autores

4.1.2. Proceso de diseño del mecanismo del sistema de soporte y volteo de los huevos

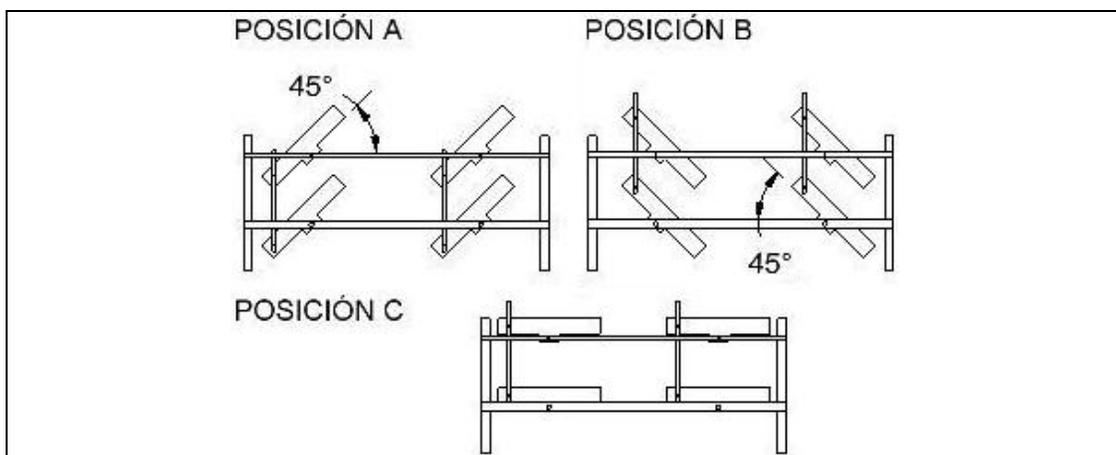
Para comenzar el diseño del mecanismo de soporte y volteo de los huevos fue necesario definir completamente las condiciones que el mismo debía cumplir, así que a continuación se expondrán:

1. Fácil mantenimiento.
2. Durabilidad.
3. Debe ser construido con materiales existentes en el mercado nacional.
4. Bajo costo de materiales, fabricación y mantenimiento.
5. Tamaño compacto.
6. Sencillez de operación.
7. Operación automática.
8. Debe permitir el volteo de los huevos sin trepidaciones.

9. Construcción y ensamblaje sencillo.
10. La estructura de soporte debe ser estable y liviana.
11. La carga y descarga de los huevos y polluelos debe poderse realizar de forma segura y sencilla.
12. Sistema de incubación de una etapa.
13. Con capacidad de alojar y voltear un mínimo de 1000 huevos.
14. La forma de la estructura debe minimizar la acumulación de residuos orgánicos y facilitar la limpieza e higienización.
15. Los materiales de los cuales estén constituidos el mecanismo de volteo y la estructura de soporte deben ser resistentes a la corrosión que puedan producir los productos empleados en la limpieza e higienización.
16. Este sistema debe ser compatible con las bandejas que ya fueron seleccionadas.

Además la incubación de los huevos requiere que estos se muevan como mínimo cada tres horas y esto tiene que realizarse lentamente (el esquema de movimiento a seguir se presenta en la Figura N° 4.3). En cuanto al mecanismo de movimiento en sí, se partirá de la condición de que el mismo moverá un soporte guía (que llamaremos portabandeja) y éste le transmitirá el movimiento oscilante al resto.

Figura 4.3: Esquema de movimiento del volteo



Fuente: Los Autores

Como se observa en la Figura 4.3, el portabandeja debe alcanzar una inclinación máxima de 45° con respecto a la horizontal al girar en sentido horario (posición A) y antihorario (posición B). El portabandeja hace un giro de 90° para ir de una posición a otra cada tres horas. Cuando se procede a cargar o descargar la incubadora el portabandeja estará horizontal (posición C).

4.1.2.1. Búsqueda de alternativas de solución del mecanismo del sistema de soporte y volteo de los huevos

Luego se procedió a buscar alternativas de diseño para el mecanismo de soporte y volteo, que satisfacen el mayor número de las condiciones y restricciones expuestas anteriormente, en la Figura N° 4.4 se muestra el resumen de las ideas propuestas.

Figura N° 4.4: Resumen de las propuestas de diseño del sistema de soporte y volteo de los huevos

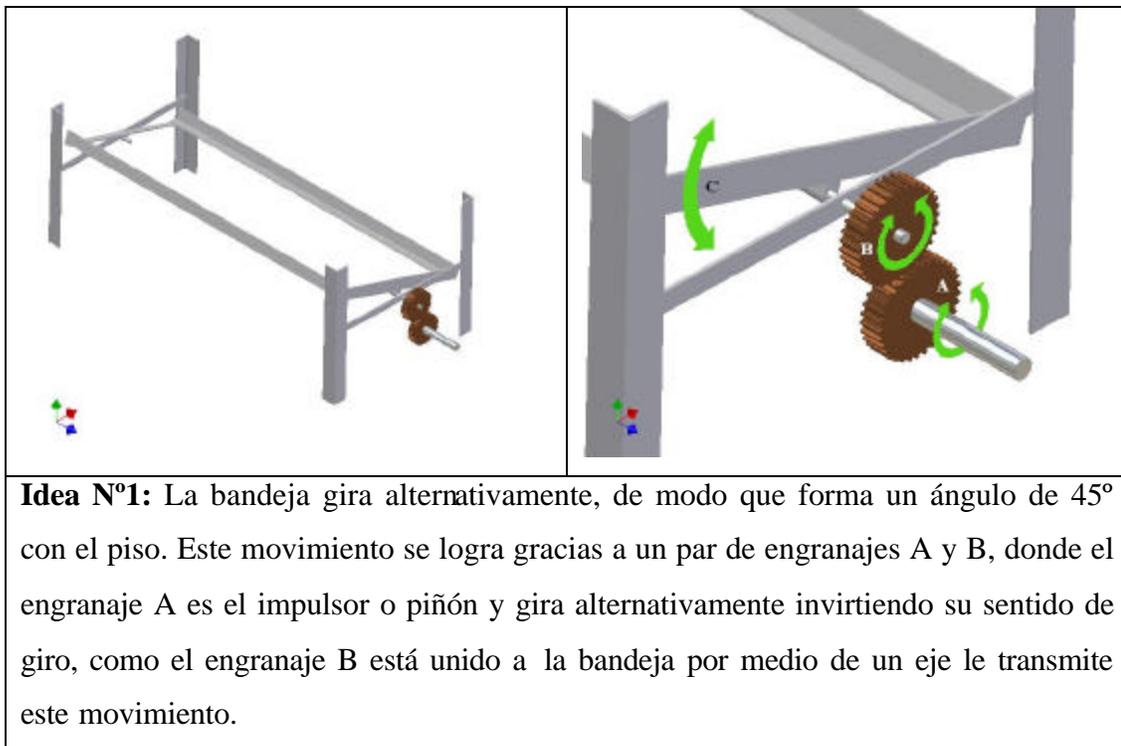


Figura N° 4.4: Resumen de las propuestas de diseño del sistema de soporte y volteo de los huevos. (Continuación)

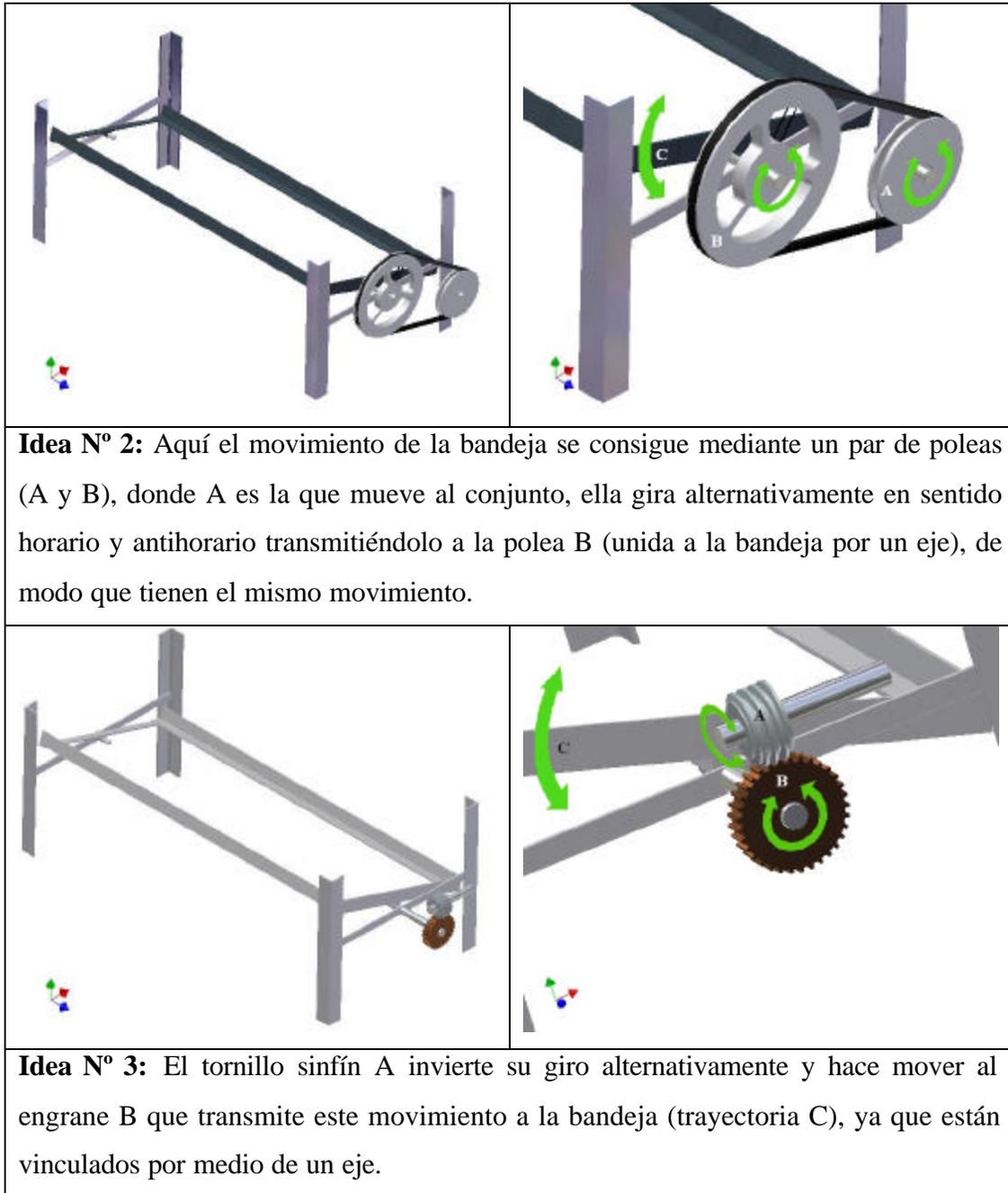


Figura N° 4.4: Resumen de las propuestas de diseño del sistema de soporte y volteo de los huevos. (Continuación)

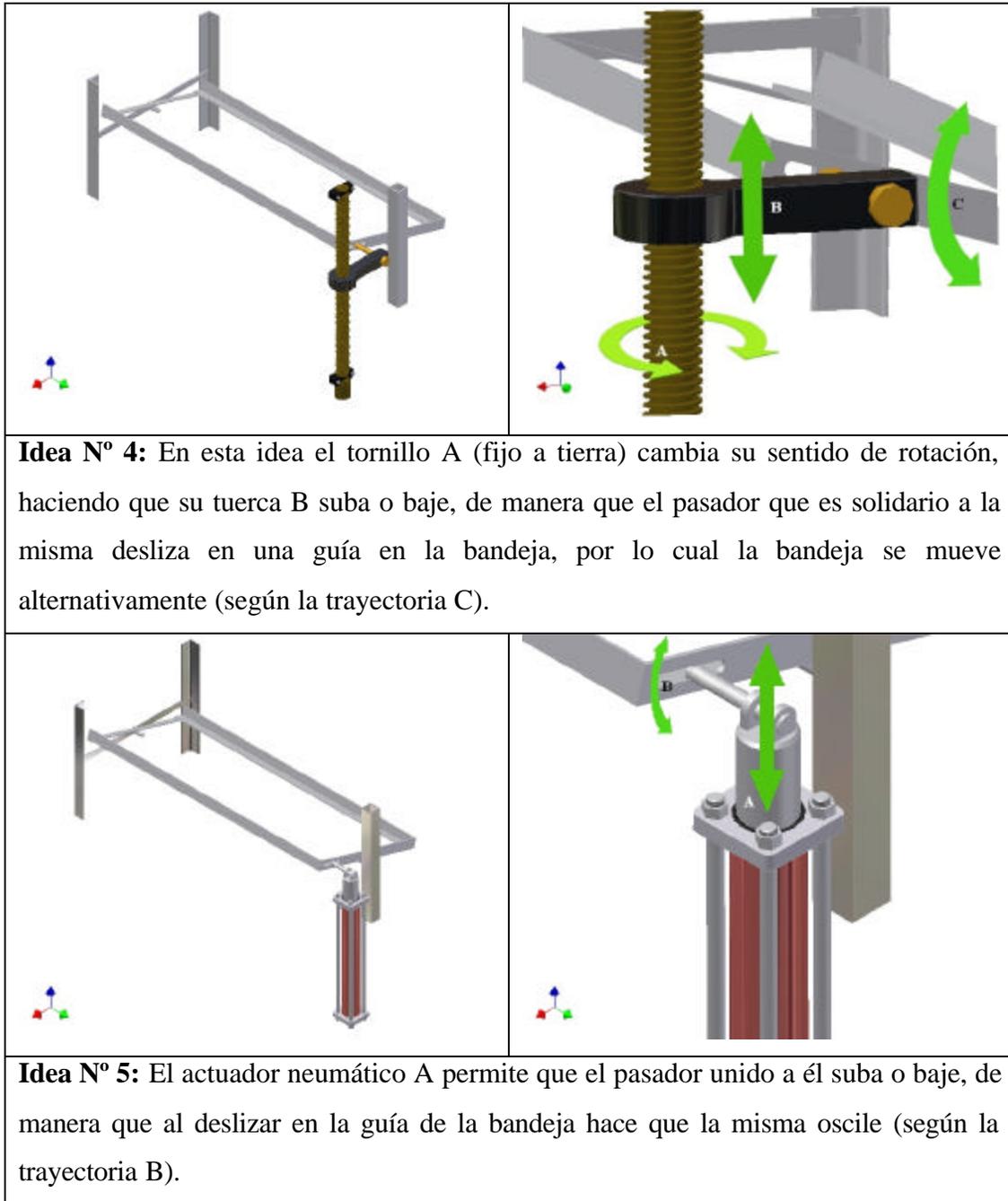
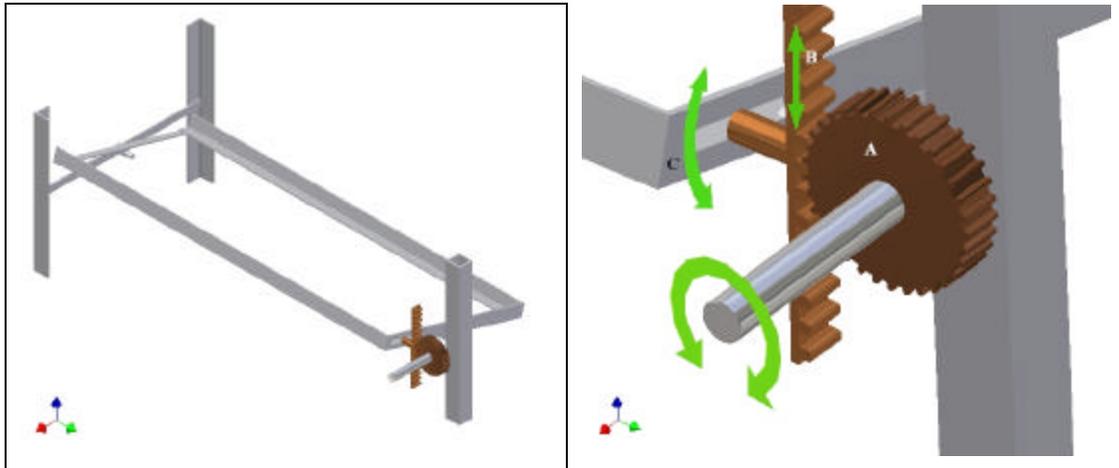
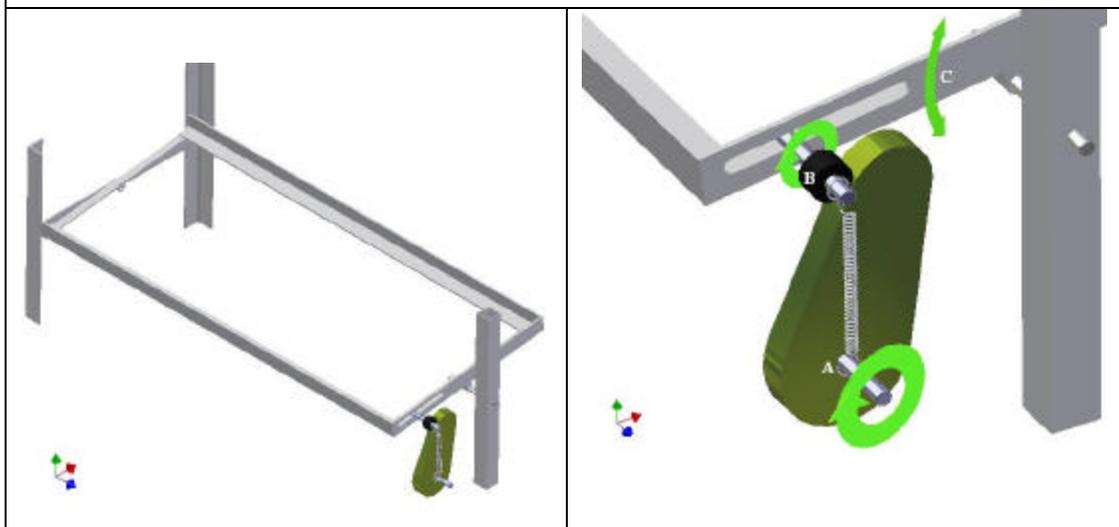


Figura N° 4.4: Resumen de las propuestas de diseño del sistema de soporte y volteo de los huevos. (Continuación)



Idea N° 6: El engrane A invierte su sentido de giro alternativamente, con lo cual la cremallera B sube o baja según el giro de esta, como tiene soldado un pasador que desliza en una guía en la bandeja hace que la misma gire en un sentido u otro.



Idea N° 7: La leva A gira de manera que su seguidor B se mantiene en contacto a través de un resorte, el seguidor tiene como eje de rotación un pasador que desliza en una guía formada en la bandeja, así que mientras el sistema lleva seguidor interactúa la bandeja oscila según la trayectoria C.

Figura N° 4.4: Resumen de las propuestas de diseño del sistema de soporte y volteo de los huevos. (Continuación)

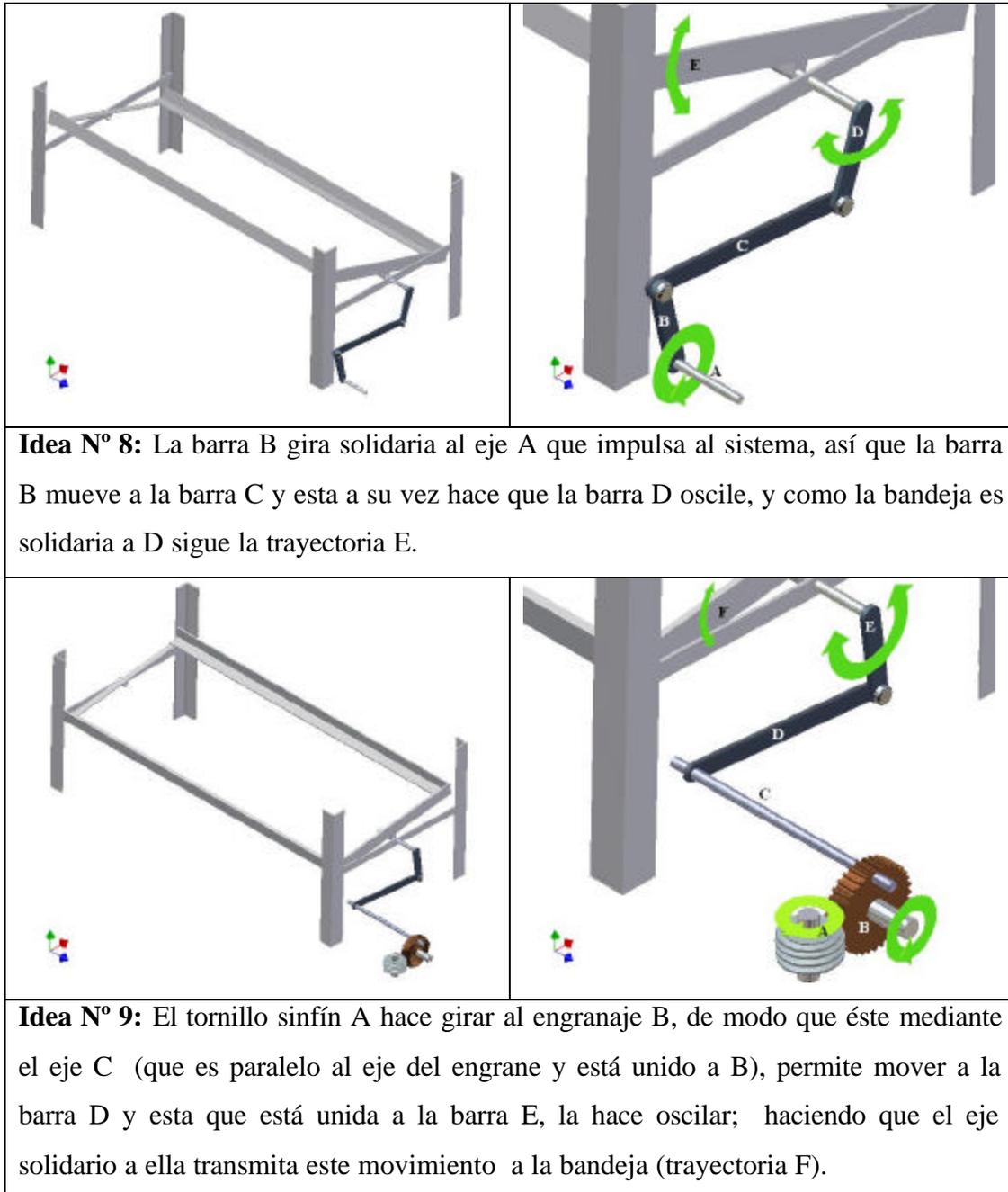
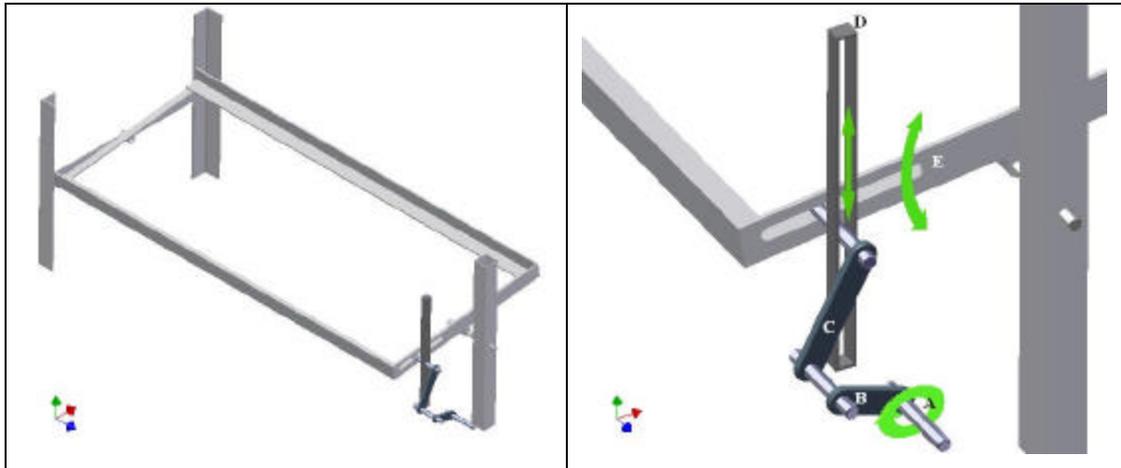
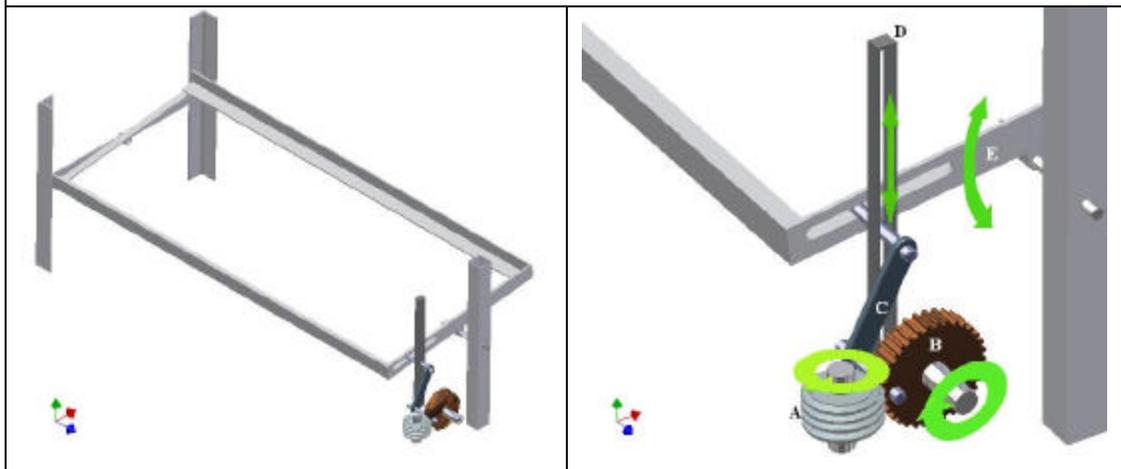


Figura N° 4.4: Resumen de las propuestas de diseño del sistema de soporte y volteo de los huevos. (Continuación)

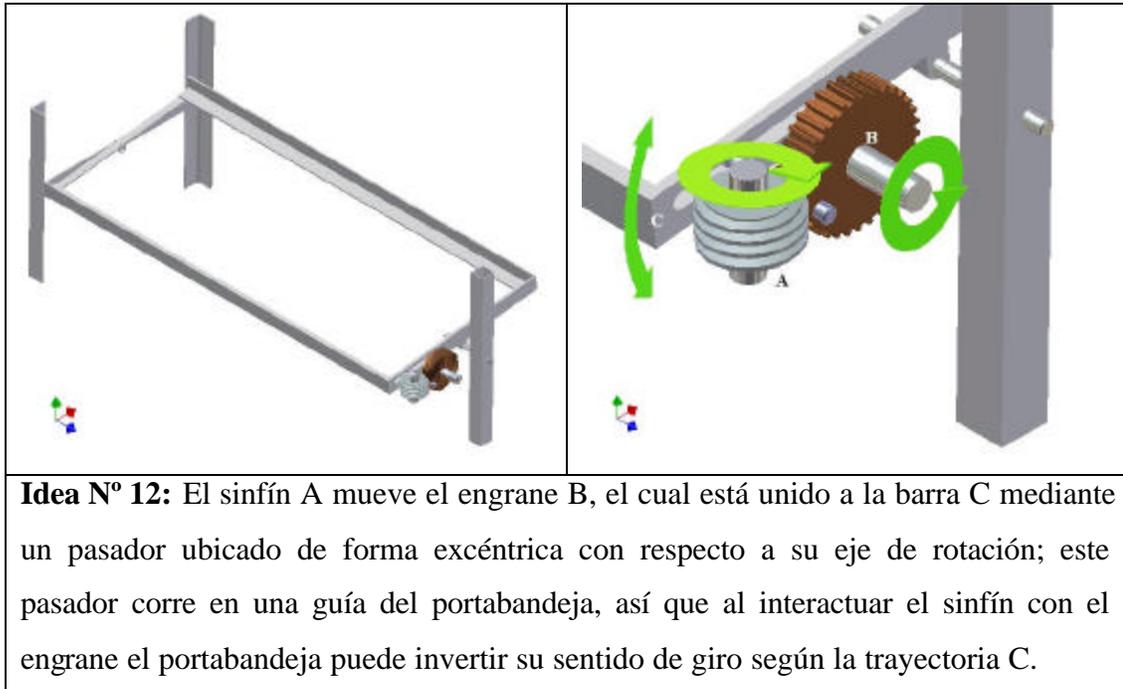


Idea N° 10: El eje A impulsa el mecanismo al estar unido a la barra B haciéndola girar junto a él, y esta barra a su vez mueve a la barra C al estar vinculadas por un pasador. Un pasador vinculado a C se mueve en una guía vertical D (fija a tierra), deslizando simultáneamente en una guía en el portabandeja, de modo que ésta gira siguiendo la trayectoria E.



Idea N° 11: El sinfín A mueve el engrane B, el cual está unido a la barra C mediante un pasador ubicado de forma excéntrica con respecto a su eje de rotación; este pasador corre en una guía en la bandeja y simultáneamente a la guía fija a tierra D, así que al interactuar el sinfín con el engrane la bandeja puede invertir su sentido de rotación según la trayectoria E.

Figura N° 4.4: Resumen de las propuestas de diseño del sistema de soporte y volteo de los huevos. (Continuación)



Fuente: Los Autores.

4.1.2.2. Evaluación de alternativas de solución del diseño del mecanismo del sistema de soporte y volteo de huevos

Siguiendo la misma metodología empleada para la evaluación de las bandejas contenedoras de huevos. En la Tabla N° 4.2 se presenta la matriz morfológica de selección.

4.1.2.2.1. Matriz morfológica del diseño del mecanismo del sistema de soporte y volteo

A continuación se presenta, en la Tabla N° 4.2, el arreglo para evaluar las alternativas de diseño para el sistema de soporte y volteo de huevos.

CAPÍTULO IV. MARCO METODOLÓGICO

Tabla N° 4.2: Matriz morfológica del diseño del mecanismo del sistema de soporte y volteo de los huevos

Criterio	Jerarquía [%]	Idea. N°1		Idea. N°2		Idea. N°3		Idea. N°4		Idea. N°5		Idea. N°6		Idea. N°7		Idea. N°8		Idea. N°9		Idea. N°10		Idea. N°11		Idea. N°12			
		Puntos	Ponderación	Puntos	Ponderación	Puntos	Ponderación	Puntos	Ponderación	Puntos	Ponderación	Puntos	Ponderación	Puntos	Ponderación	Puntos	Ponderación	Puntos	Ponderación	Puntos	Ponderación	Puntos	Ponderación	Puntos	Ponderación	Puntos	Ponderación
		C.1.- Costo de fabricación	5	6	0,3	8	0,4	6	0,3	5	0,25	3	0,15	6	0,3	5	0,25	9	0,45	5	0,25	5	0,25	7	0,35	9	0,45
C.2.- Facilidad de mantenimiento	6	7	0,42	8	0,48	7	0,42	6	0,36	4	0,24	7	0,42	7	0,42	8	0,48	8	0,48	9	0,54	9	0,54	9	0,54		
C.3.- Resistencia a la corrosión	6	8	0,48	9	0,54	8	0,48	7	0,42	7	0,42	7	0,42	7	0,42	7	0,42	7	0,42	7	0,42	7	0,42	8	0,48		
C.4.- Facilidad de construcción	5	7	0,35	8	0,4	8	0,4	5	0,25	5	0,25	6	0,3	6	0,3	8	0,4	6	0,3	8	0,4	7	0,35	8	0,4		
C.5.- Durabilidad	5	8	0,4	7	0,35	8	0,4	8	0,4	6	0,3	7	0,35	7	0,35	7	0,35	7	0,35	7	0,35	8	0,4	8	0,4		
C.6.- Existencia de los componentes en el país	6	10	0,6	10	0,6	10	0,6	9	0,54	9	0,54	10	0,6	10	0,6	10	0,6	10	0,6	10	0,6	10	0,6	10	0,6		
C.7.- Posibilidad de manejo manual y automático	5	7	0,35	7	0,35	8	0,4	7	0,35	3	0,15	8	0,4	8	0,4	7	0,35	8	0,4	8	0,4	8	0,4	8	0,4		
C.8.- Costo de componentes	6	6	0,36	8	0,48	6	0,36	6	0,36	3	0,18	6	0,36	8	0,48	9	0,54	8	0,48	9	0,54	9	0,54	9	0,54		
C.9.- Costo del sistema de control	6	6	0,36	8	0,48	6	0,36	6	0,36	3	0,18	6	0,36	8	0,48	9	0,54	8	0,48	9	0,54	9	0,54	9	0,54		
C.10.- Simplicidad de diseño	3,5	9	0,315	10	0,35	8	0,28	8	0,28	9	0,315	9	0,315	10	0,35	9	0,315	9	0,315	9	0,315	9	0,315	10	0,35		
C.11.- Seguridad para el operario	3,5	10	0,35	10	0,35	10	0,35	10	0,35	10	0,35	10	0,35	10	0,35	10	0,35	10	0,35	10	0,35	10	0,35	10	0,35		
C.12.- Sencillez de los equipos de control	5	7	0,35	7	0,35	7	0,35	7	0,35	5	0,25	6	0,3	9	0,45	9	0,45	8	0,4	9	0,45	9	0,45	9	0,45		

CAPÍTULO IV. MARCO METODOLÓGICO

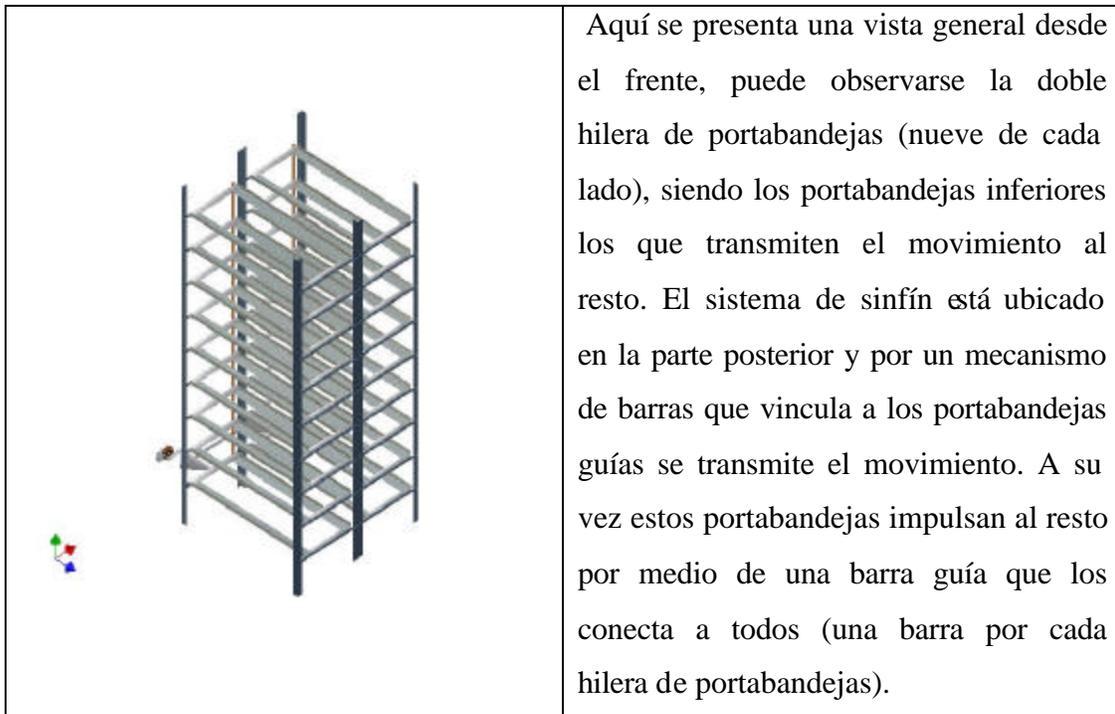
Tabla N° 4.2: Matriz morfológica del diseño del mecanismo del sistema de soporte y volteo de los huevos

Criterio	Jerarquía [%]	Idea. N°1		Idea. N°2		Idea. N°3		Idea. N°4		Idea. N°5		Idea. N°6		Idea. N°7		Idea. N°8		Idea. N°9		Idea. N°10		Idea. N°11		Idea. N°12			
		Puntos	Ponderación	Puntos	Ponderación	Puntos	Ponderación	Puntos	Ponderación	Puntos	Ponderación	Puntos	Ponderación	Puntos	Ponderación	Puntos	Ponderación	Puntos	Ponderación	Puntos	Ponderación	Puntos	Ponderación	Puntos	Ponderación	Puntos	Ponderación
		C.13.- Eficacia en el cumplimiento de la función	5	6	0,3	6	0,3	8	0,4	7	0,35	9	0,45	7	0,35	9	0,45	8	0,4	9	0,45	9	0,45	9	0,45	9	0,45
C.14.- Facilidad del modelado y cálculo del movimiento de los componentes	6	8	0,48	8	0,48	10	0,6	7	0,42	10	0,6	10	0,6	10	0,6	4	0,24	4	0,24	4	0,24	4	0,24	4	0,24	10	0,6
C.15.- Facilidad de limpieza	5	8	0,4	8	0,4	10	0,5	7	0,35	10	0,5	10	0,5	10	0,5	4	0,2	4	0,2	4	0,2	4	0,2	4	0,2	10	0,5
C.16.- Posibilidad de autobloqueo	5	4	0,2	4	0,2	8	0,4	9	0,45	6	0,3	5	0,25	7	0,35	5	0,25	9	0,45	6	0,3	10	0,5	10	0,5	10	0,5
C.17.- Facilidad de manipular la inclinación de la bandeja mediante el control del movimiento del mecanismo	5	6	0,3	6	0,3	8	0,4	7	0,35	9	0,45	7	0,35	8	0,4	8	0,4	8	0,4	8	0,4	8	0,4	8	0,4	8	0,4
C.18.- Velocidad de generación del movimiento	6	2	0,12	2	0,12	10	0,6	8	0,48	10	0,6	8	0,48	8	0,48	6	0,36	10	0,6	6	0,36	10	0,6	10	0,6	10	0,6
C.19.- Capacidad de llevar a cabo el proceso de manera confiable	6	6	0,36	6	0,36	8	0,48	7	0,42	9	0,54	7	0,42	8	0,48	8	0,48	8	0,48	8	0,48	8	0,48	8	0,48	8	0,48
Total			6,795		7,29		8,08		7,09		6,765		7,425		8,11		7,575		7,645		7,585		8,125		9,03		9,03

Fuente: Los Autores

Luego de realizar la evaluación de las alternativas, se determinó que la propuesta más viable es la N° 12. En la Figura N° 4.5 puede observarse con más detalle la idea propuesta, en ella se muestra la estructura que soporta los portabandejas, donde irá ubicado el mecanismo de sinfín que impulsa el sistema, y también como se transmite el movimiento de volteo desde los portabandejas guías a los demás. En las Figuras N° 4.6 y 4.7 se muestra con más detalle el mecanismo impulsor.

Figura N° 4.5: Vista general de la propuesta del sistema de soporte y volteo a diseñar



Fuente: Los Autores

Figura N° 4.6: Acercamiento del sistema de soporte y volteo a diseñar



En este acercamiento se puede observar como el mecanismo de engrane y sinfín (A) mueven el sistema de barras (B y B'), de modo que estas oscilan alrededor de sus ejes (C y C'), los cuales a su vez van soldados a los portabandejas guía (D y D'). De esta forma al moverse el portabandeja guía, se mueve al resto vinculado a él por la barra que los une entre sí (E). Una ventaja que presenta este mecanismo es que no es necesario un sistema de control que invierta el giro del motor de accionamiento para lograr invertir el movimiento de los portabandejas, ya que mediante el movimiento continuo del sinfín en un sentido los portabandejas oscilan. Los sistemas de barras se encuentran vinculados entre sí por una barra horizontal (F), de esta forma al conectar el sistema de engrane y sinfín a uno de los dos sistemas de barras, se logra mover ambos.

Fuente: Los Autores

Figura N° 4.7: Detalle del sistema de soporte y volteo a diseñar



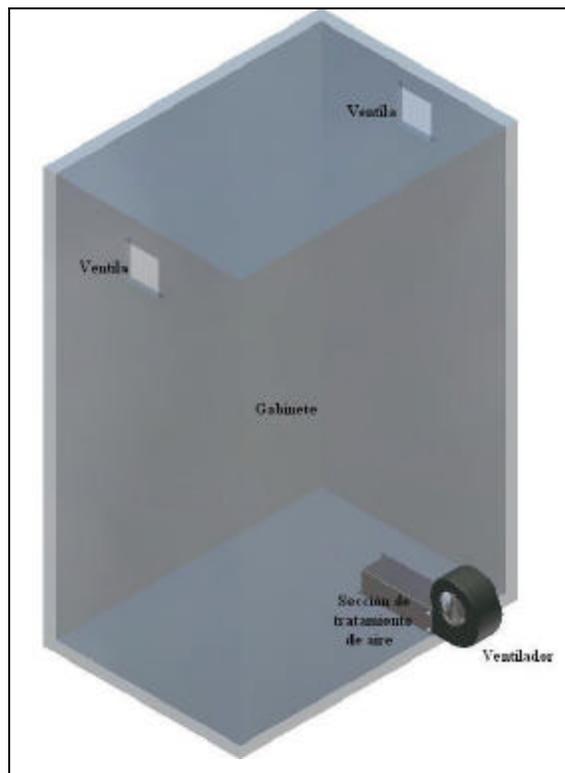
El engrane (A) tiene un pasador (B) colocado excéntricamente con respecto a su eje, de manera que al girar el engrane, el pasador desliza en una corredera (C) formada en una barra (D), que está vinculada al portabandeja guía (E) por un eje (F) soldado a este. Así que al inclinarse la barra con la corredera lo hará en igual proporción el portabandeja.

Fuente: Los Autores

4.2. Diseño del sistema de tratamiento de aire de la incubadora

En esta sección se establecerán las condiciones de trabajo del aire a ser utilizado en la máquina, las condiciones de diseño del aire exterior a ser empleadas para el diseño de los procesos y la selección del más adecuado. A continuación se presenta un bosquejo del sistema que se desea diseñar (Figura N° 4.8).

Figura N° 4.8: Bosquejo del sistema de tratamiento de aire a diseñar



Fuente: Los Autores

Se requiere tratar el aire, antes de introducirlo al gabinete, para llevarlo a las condiciones de trabajo. Así que con un ventilador se tomará aire del exterior y se hará pasar por una sección de tratamiento de aire, donde se acondicionará según sea necesario. Una vez alcanzada la condición de incubación, el aire tratado pasa al gabinete (aislado térmicamente), en donde se encuentran los huevos alojados en la estructura de soporte y volteo descrita anteriormente. El gabinete tendrá unas ventilas que permiten llevar a cabo los cambios de aire requeridos.

4.2.1. Condiciones de trabajo del aire dentro de la incubadora

En base a los datos recabados mediante la consulta de diversos manuales de avicultura y a información suministrada por FUDECI, se establecieron como condiciones del aire de operación dentro de la incubadora, una temperatura de bulbo seco de 37,5 °C y una humedad relativa de 55%. Con estas dos condiciones queda completamente definido el estado termodinámico del aire, que se utilizará como sustancia de trabajo dentro de la incubadora (Tabla N° 4.3).

Tabla N° 4.3: Condiciones de trabajo del aire dentro de la incubadora

ESTADO	CONDICIONES	
	Temperatura de bulbo seco [°C]	Humedad relativa [%]
1	37,5	55

Fuente: Los Autores

4.2.2. Selección de las condiciones exteriores de diseño del proceso de tratamiento de aire

Las condiciones de diseño exteriores se seleccionaron en base a los datos obtenidos del Servicio de Meteorología de la Fuerza Aérea Venezolana. De estos datos se seleccionaron como condiciones de diseño la temperatura más alta registrada en los últimos cinco años con su respectiva humedad relativa y la menor temperatura registrada igualmente con su respectiva humedad relativa. Con estos valores se definen los estados de diseño para el aire de entrada, al sistema de tratamiento de aire. Las condiciones seleccionadas corresponden a los meses de marzo y diciembre del año 2002 respectivamente. Se tomaron estas dos condiciones, ya que son los extremos dentro de los cuales podría operar la máquina en un instante dado, porque la misma debe garantizar la consecución de las condiciones de operación aun en estas circunstancias. La Tabla N° 4.4 muestra los estados de las condiciones seleccionadas.

Tabla N° 4.4: Condiciones exteriores de diseño del proceso de tratamiento de aire de la incubadora

ESTADO	CONDICIONES	
	Temperatura de bulbo seco [°C]	Humedad relativa [%]
2	20,2	100
3	36,2	9

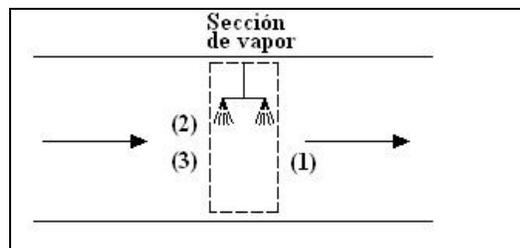
Fuente: Los Autores

4.2.3. Estudio de los diferentes procesos psicrométricos con los que se pueden obtener las condiciones de operación de la incubadora

A continuación se muestran los diferentes procesos con los cuales se puede lograr obtener las condiciones de operación de la incubadora, para llevar el aire desde las condiciones exteriores de diseño seleccionadas hasta las condiciones de operación.

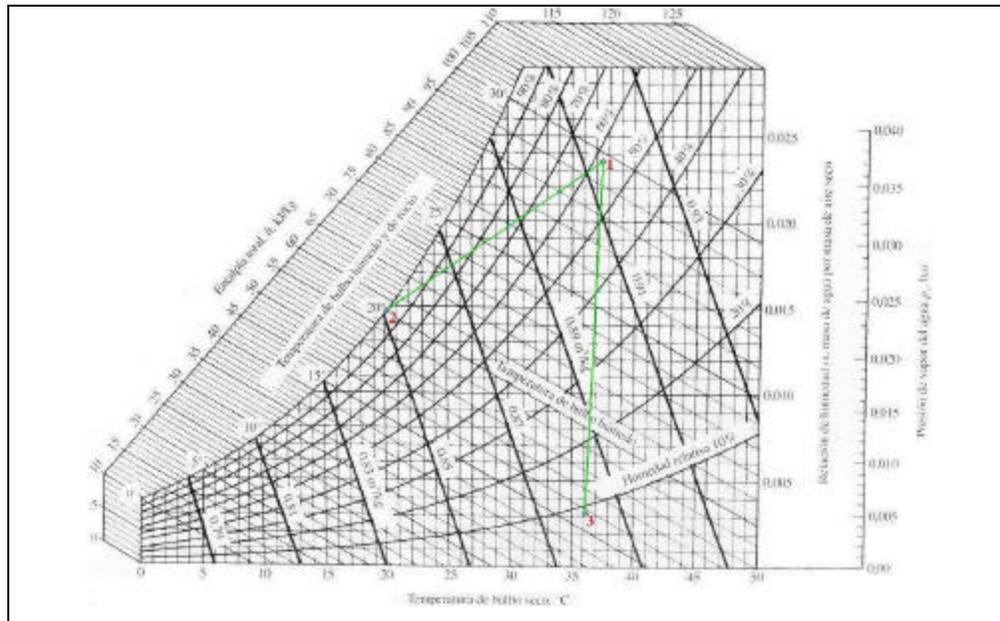
4.2.3.1. Proceso de calentamiento con humidificación

Figura N° 4.9: Proceso de calentamiento con humidificación



Fuente: Los Autores

Figura N° 4.10: Representación del proceso de calentamiento con humidificación en la carta psicrométrica



Fuente: Wark, K. Termodinámica [31]

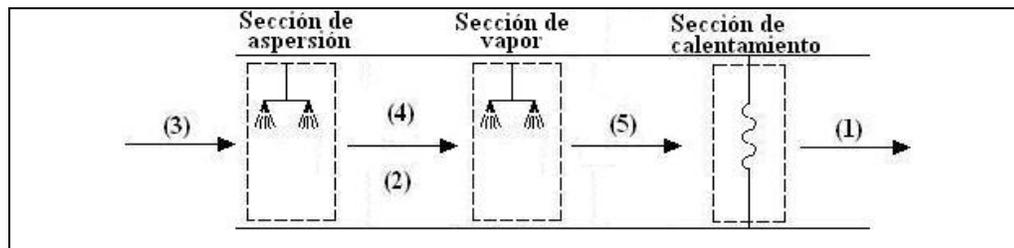
Procesos:

Proceso 2-1: Calentamiento con humidificación.

Proceso 3-1: Calentamiento con humidificación.

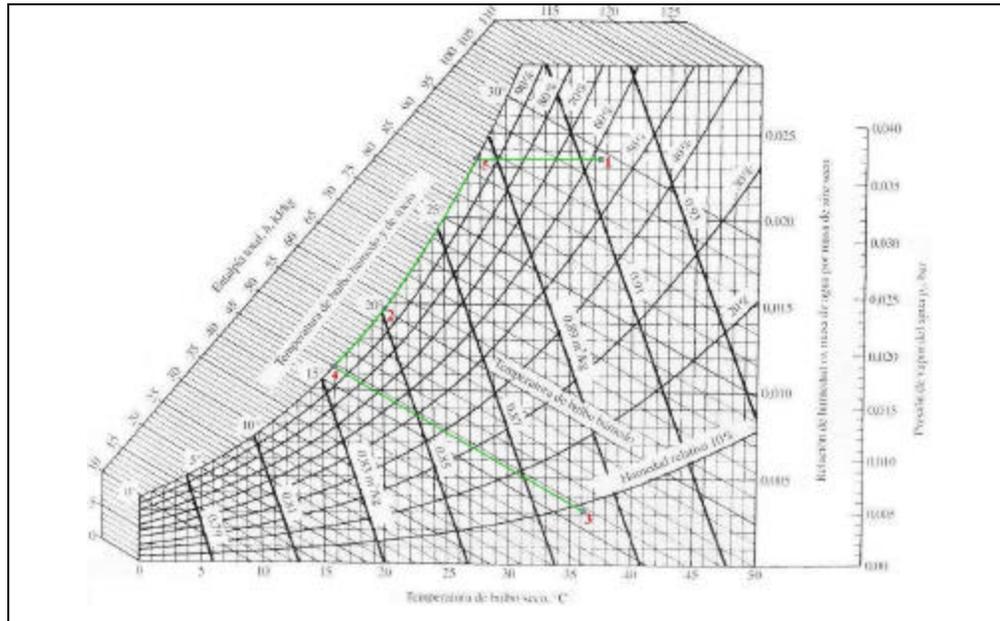
4.2.3.2. Proceso de enfriamiento evaporativo hasta saturación seguido de calentamiento con humidificación y calentamiento sensible

Figura N° 4.11: Proceso de enfriamiento evaporativo hasta saturación seguido de calentamiento con humidificación y calentamiento sensible



Fuente. Los Autores

Figura N° 4.12: Representación del proceso de enfriamiento evaporativo hasta saturación seguido de calentamiento con humidificación y calentamiento sensible en la carta psicrométrica



Fuente: Wark, K. Termodinámica [31]

Procesos:

Proceso 3-4: Enfriamiento evaporativo hasta saturación.

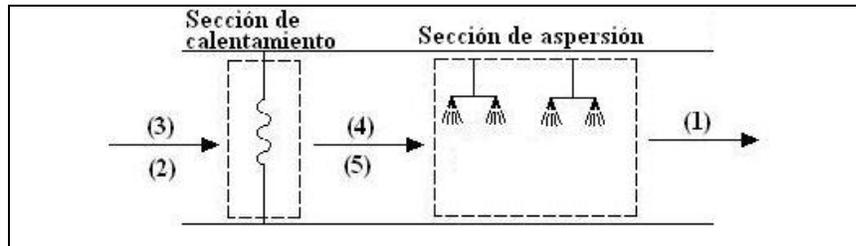
Proceso 4-5: Calentamiento con humidificación en condiciones de saturación.

Proceso 2-5: Calentamiento con humidificación en condiciones de saturación.

Proceso 5-1: Calentamiento sensible.

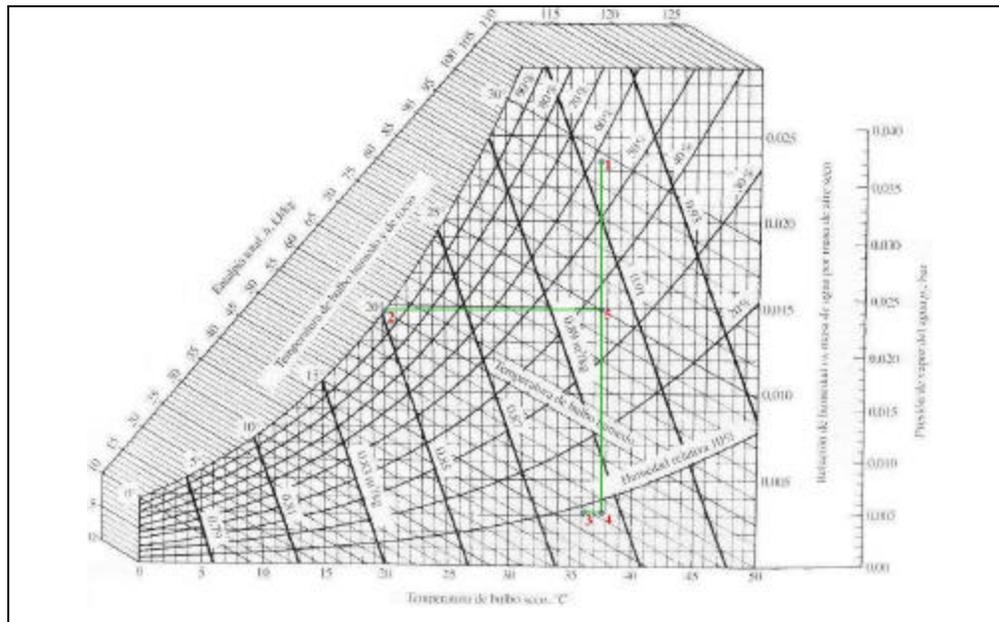
4.2.3.3. Proceso de calentamiento sensible seguido de humidificación

Figura N° 4.13: Proceso de calentamiento sensible seguido de humidificación



Fuente: Los Autores

Figura N° 4.14: Representación del proceso de calentamiento sensible seguido de humidificación en la carta psicrométrica



Fuente: Wark, K. Termodinámica [31]

Procesos:

Proceso 2-5: Calentamiento sensible.

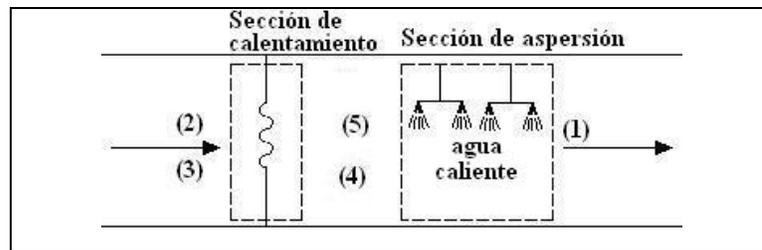
Proceso 5-1: Humidificación.

Proceso 3-4: Calentamiento sensible.

Proceso 4-1: Humidificación.

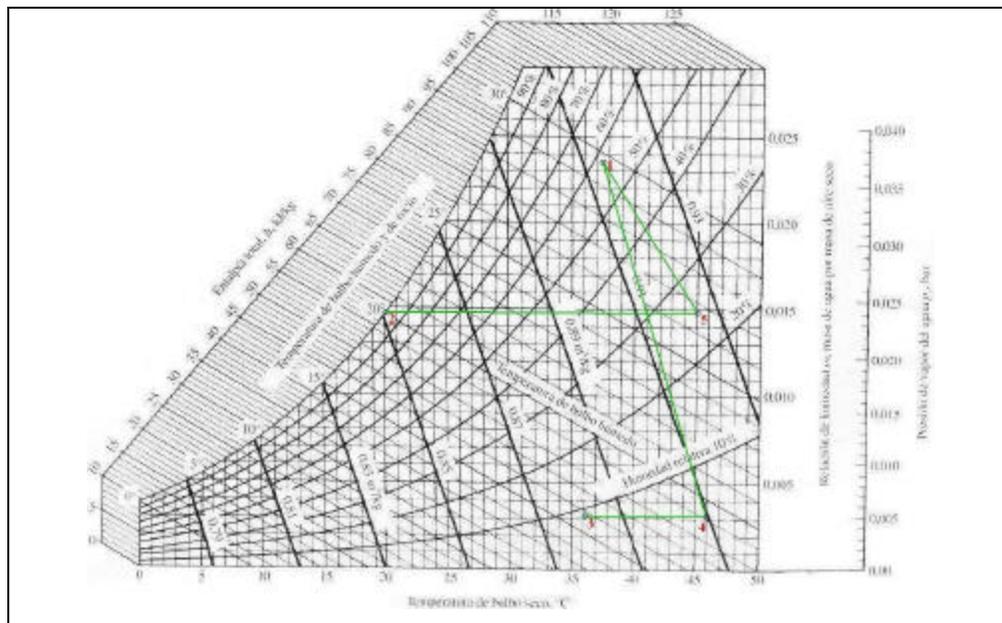
4.2.3.4 Proceso de calentamiento sensible seguido de enfriamiento con humidificación

Figura N° 4.15: Proceso de calentamiento sensible seguido de enfriamiento con humidificación



Fuente: Los Autores

Figura N° 4.16: Representación del proceso de calentamiento sensible seguido de enfriamiento con humidificación en la carta psicrométrica



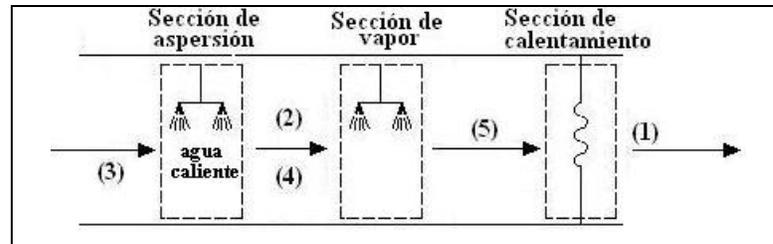
Fuente: Wark, K. Termodinámica [31]

Procesos:

- Proceso 2-5: Calentamiento sensible.
- Proceso 5-1: Enfriamiento con humidificación.
- Proceso 3-4: Calentamiento sensible.
- Proceso 4-1: Enfriamiento con humidificación.

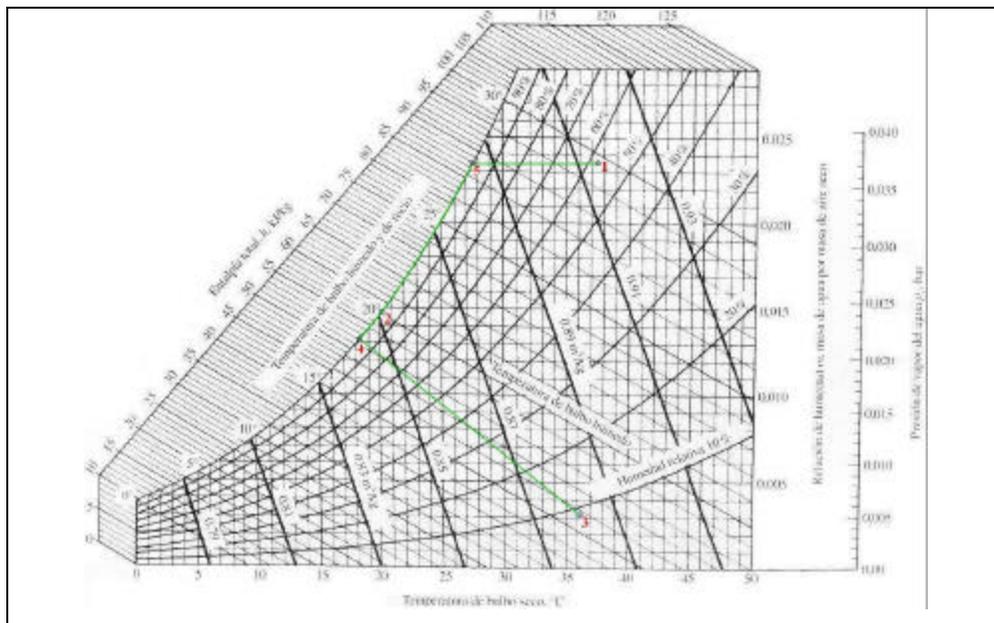
4.2.3.5. Proceso de saturación seguido de calentamiento con humidificación y calentamiento sensible

Figura N° 4.17. Proceso de saturación seguido de calentamiento con humidificación y calentamiento sensible



Fuente: Los Autores

Figura N° 4.18. Representación del proceso de saturación seguido de calentamiento con humidificación y calentamiento sensible en la carta psicrométrica.



Fuente: Wark, K. Termodinámica [31]

Procesos:

Proceso 3-4: Enfriamiento con humidificación hasta saturación.

Proceso 4-5: Calentamiento con humidificación en condición de saturación.

Proceso 5-1: Calentamiento sensible.

Proceso 2-5: Calentamiento con humidificación en condición de saturación.

4.2.4. Evaluación de los procesos psicrométricos con los que se pueden obtener las condiciones de operación de la incubadora

Para realizar el proceso de evaluación de alternativas de solución se usó el método de análisis morfológico. A continuación se presenta en la Tabla N° 4.5 los criterios de evaluación escogidos y la jerarquía asignada a cada uno.

4.2.4.1. Matriz morfológica de selección del proceso psicrométrico

A continuación se presenta, en la Tabla N° 4.5, el arreglo para evaluar las alternativas de selección del proceso psicrométrico.

Tabla N° 4.5: Matriz morfológica de selección del proceso psicrométrico

Criterio	Jerarquía [%]	Idea. N°1		Idea. N°2		Idea. N°3		Idea. N°4		Idea. N°5	
		Puntos	Ponderación								
C.1.- Simplicidad de los equipos de operación	7	6	0,42	8	0,56	8	0,56	8	0,56	8	0,56
C.2.- Costo de los equipos requeridos	8	4	0,32	7	0,56	7	0,56	7	0,56	7	0,56
C.3.- Facilidad de control de los parámetros de los equipos	7	4	0,28	8	0,56	8	0,56	8	0,56	8	0,56
C.4.- Facilidad de montaje e instalación de los equipos	9	6	0,54	7	0,63	7	0,63	7	0,63	7	0,63
C.5.- Complejidad del sistema de control necesario	8	5	0,4	7	0,56	7	0,56	7	0,56	7	0,56
C.6.- Influencia sobre el proceso de incubación	13	5	0,65	7	0,91	8	1,04	6	0,78	7	0,91
C.7.- Seguridad para los operarios	8	8	0,64	10	0,8	10	0,8	10	0,8	10	0,8
C.8.- Facilidad de mantenimiento de los equipos	7	5	0,35	7	0,49	8	0,56	7	0,49	7	0,49

Tabla N° 4.5: Matriz morfológica de selección del proceso psicrométrico

Criterio	Jerarquía [%]	Idea. N°1		Idea. N°2		Idea. N°3		Idea. N°4		Idea. N°5	
		Puntos	Ponderación								
C.9.- Disponibilidad en el mercado de los equipos	9	7	0,63	8	0,72	8	0,72	8	0,72	8	0,72
C.10.- Complejidad del proceso	7	9	0,63	7	0,49	9	0,63	9	0,63	7	0,49
C.11.- Factibilidad de la realización del proceso en esta aplicación	9	5	0,45	7	0,63	8	0,72	8	0,72	7	0,63
C.12.- Consumo de energía del proceso	8	7	0,56	8	0,64	9	0,72	8	0,64	8	0,64
Total			5,87		7,55		8,06		7,65		7,55

Fuente: Los Autores

Como puede verificarse en la matriz morfológica la propuesta que mejor cumple con los criterios de evaluación es la alternativa N° 3, que corresponde a un proceso de calentamiento sensible seguido de humidificación. Esta alternativa consta de una sección de calentamiento y una sección de humidificación. El calentamiento sensible se realizará por medio de un banco de resistencias eléctricas y la humidificación con un sistema de aspersión de agua.

CAPÍTULO V

CAPÍTULO V

5. CÁLCULOS Y DISEÑO

En este capítulo se mostrará los cálculos realizados para diseñar cada uno de los componentes de la incubadora. Al igual que en el capítulo anterior, solo se tratará el diseño del sistema de soporte y volteo de los huevos y el sistema de tratamiento de aire de la incubadora. Todo esto estará basado en los datos obtenidos en la investigación realizada y expuesta en el Capítulo III, que permitieron llegar a los diseños definidos en el Capítulo IV.

Lo referente al sistema de control se tratará posteriormente una vez definidos y seleccionados completamente (en este capítulo) los componentes de la incubadora.

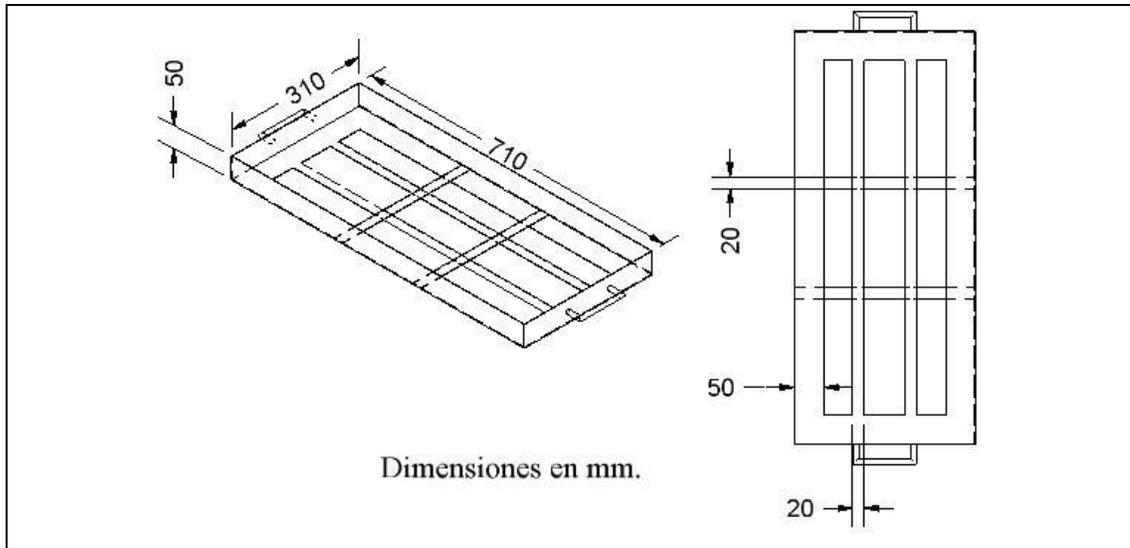
5.1. Cálculos y diseño del sistema de soporte y volteo de los huevos

En esta primera parte se hará el cálculo de todos los componentes mecánicos del sistema de soporte y volteo, comenzando con las bandejas que alojarán los huevos, hasta el motor que impulsa el mecanismo de tornillo sinfín de este sistema.

5.1.1. Diseño de la bandeja

Antes de definir cómo será el diseño del portabandeja es necesario tomar una decisión sobre la forma de las bandejas que soportará. Las bandejas son los componentes que contienen los cartones de huevos llenos. Estarán construidas con lámina galvanizada de calibre 20 (espesor de 0,9 mm) ver en el Apéndice A-6, la cual será doblada de manera tal que permita alojar 2 contenedores de cartón cada una, por lo que debe tener como mínimo las dimensiones mostradas en la siguiente representación simplificada (Figura N° 5.1). El fondo será reforzado con láminas cortadas de 2 cm. de ancho, las cuales permitirán apoyar los contenedores de cartón una vez cargados. Además tendrán asas para manipularlas de forma más segura.

Figura N° 5.1: Bosquejo esquemático de las bandejas que contendrán los huevos.



Fuente: Los Autores

5.1.1.1. Cálculo del área de lámina galvanizada a utilizar en las bandejas

($A_{bandeja}$)

Según la información que aparece en el catálogo de láminas galvanizadas se pasa a calcular el área a utilizar por bandeja, partiendo de las dimensiones mostradas en la figura anterior, para luego hallar el peso total de la misma, ver Apéndice A-6.

$$A_{bandeja} = 2 \cdot (0,1 \cdot 0,31) + 2 \cdot (0,1 \cdot 0,71) = 0,02 \cdot 0,31 + 0,02 \cdot 0,71 \text{ m}^2 = A_{bandeja} = 0,245 \text{ m}^2$$

Las dimensiones definitivas de la bandeja se presentan en el Plano 1 en el Anexo 1.

5.1.1.2. Cálculo de la masa de la bandeja (M_b)

Para la lámina seleccionada se tiene una masa por unidad de área $M_k=7,428$ kg/m². Y despreciando la masa de las asas se obtiene:

$$M_b = M_a = A_{bandeja} \quad \text{Ecuación 5.1}$$

$$M_b = 7,428 \text{ kg/m}^2 \cdot 0,245 \text{ m}^2 = M_b = 1,818 \text{ kg}$$

Cálculo de la masa de bandeja cargada (M_b'):

Como la bandeja alojará dos contenedores de cartón, cada uno de los cuales tiene capacidad para 30 unidades y tienen una masa $M_c=55g$. La masa aproximada de cada huevo se asumirá como: $M_h=100 g$.

$$M_b' = 2 * M_c + 30 * M_h \quad \text{Ecuación 5.2}$$

$$M_b' = 2 * 0,055kg + 30 * 0,1kg = 1,818kg \quad M_b' = 7,928kg$$

5.1.1.3. Cálculo del peso de la bandeja cargada (W_b)

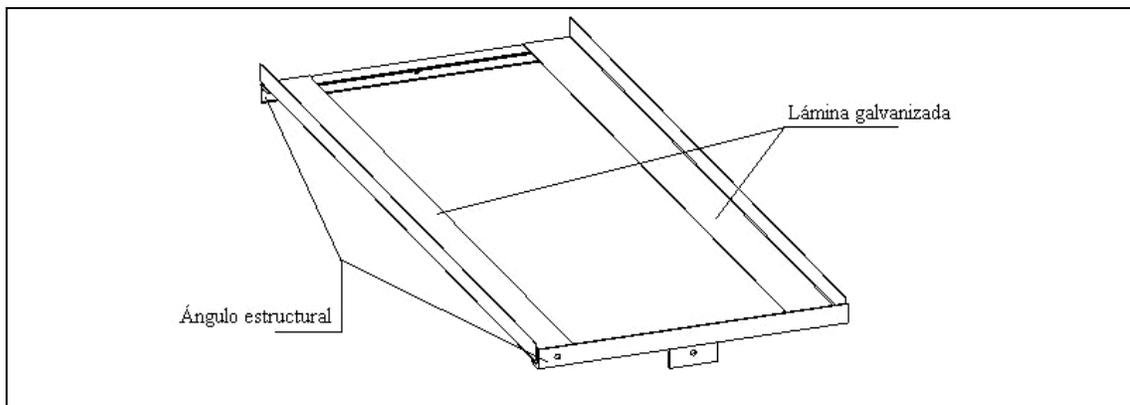
$$W_b = M_b' * g \quad \text{Ecuación 5.3}$$

$$W_b = 7,928kg * 9,806 m/s^2 = W_b = 77,746N$$

5.1.2. Diseño del portabandejas

Este componente tiene la función de alojar las bandejas con sus respectivos contenedores de cartón llenos. Está elaborado en láminas de acero galvanizado calibre 20 y ángulos de acero estructural de alas iguales 20x3. Para realizar este cálculo se partirá de la siguiente representación (ver Figura N° 5.2) de los portabandejas, (ver dimensiones finales en los Planos 2 y 3 del Anexo 1)

Figura N° 5.2: Bosquejo esquemático del portabandejas.



Fuente: Los Autores

5.1.2.1. Cálculo de la masa del portabandejas (M_p)

Tiene dos piezas formadas por ángulos estructurales que tienen una longitud de 0,32m, con una masa por unidad de longitud de 0,88 kg/m (ver Apéndice A-7), las otras dos piezas son de lámina galvanizada de 0,72m de longitud y un ancho de 0,07m, su peso por unidad de área es 7,428 kg/m² (ver Apéndice A-6). Así que la masa del portabandeja se calculó de la siguiente forma:

$$M_p = 2(0,32m \cdot 0,88kg/m) + 2(0,72m \cdot 0,07m \cdot 7,428kg/m^2) = M_p = 1,312kg$$

5.1.2.2. Cálculo del peso del portabandejas (W_p)

$$W_p = M_p \cdot g \quad \text{Ecuación 5.4}$$

$$W_p = 1,312kg \cdot 9,806m/s^2 = W_p = 12,865N$$

5.1.2.3. Cálculo del peso del portabandejas cargado (W_p')

$$W_p' = W_b + W_p \quad \text{Ecuación 5.5}$$

$$W_p' = 77,746N + 12,865N = W_p' = 90,611N$$

5.1.2.4. Cálculo del peso total de portabandejas cargados (W_T)

El peso máximo al que estará sometida la estructura de soporte es igual a la suma de todos los pesos de los portabandejas cargados.

$$W_T = 18 \cdot (90,611N) = W_T = 1630,988N$$

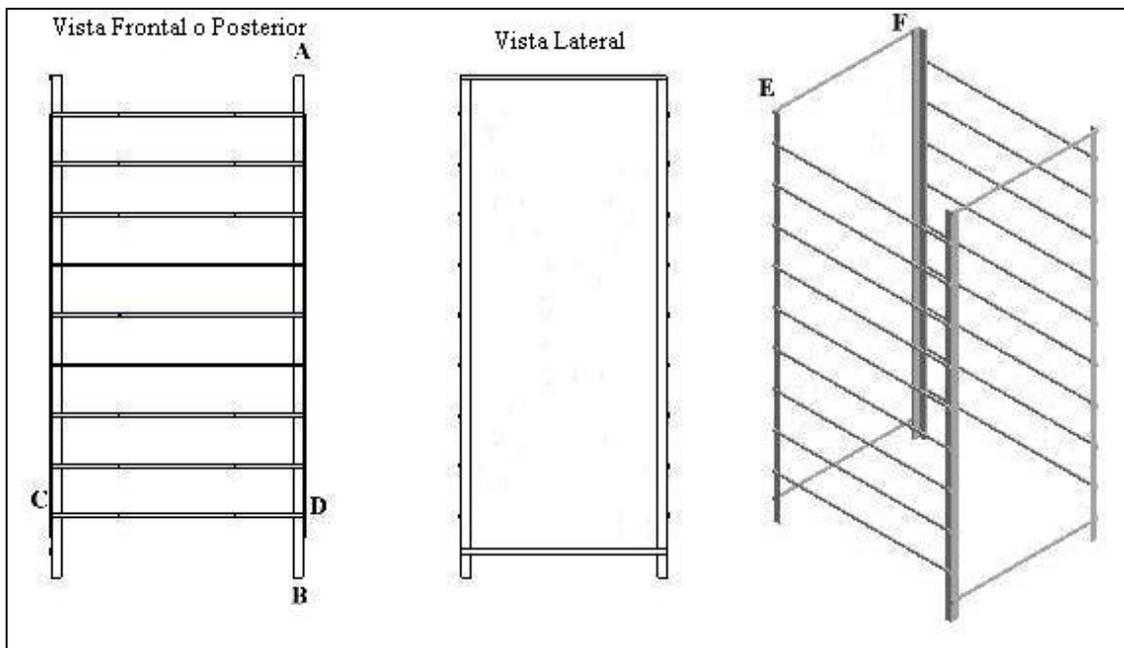
5.1.3. Cálculos de la estructura de soporte del sistema de volteo de los huevos

Esta estructura va a estar constituida por ángulos de alas iguales 20x3 (soportes verticales) y pletinas de acero estructural (colocadas horizontalmente), ver Apéndices A-7 y A-8. La misma va a estar constituida por dos ensambles soldados, uno que conformará la parte frontal de soporte del sistema y el otro la parte posterior.

De la Figura N° 5.3, puede observarse los soportes verticales de las vistas frontal y posterior (A-B) de ángulos de alas iguales, con pletinas soldadas a estos (C-

D) formando la armazón frontal y posterior. Para completar la estructura cuatro pletinas unen ambos armazones soldándolas a sus lados (E-F). Para ver detalles de la estructura de soporte ver Planos 6 y 7 en el Anexo 1.

Figura N° 5.3: Estructura de soporte del sistema de volteo de los huevos

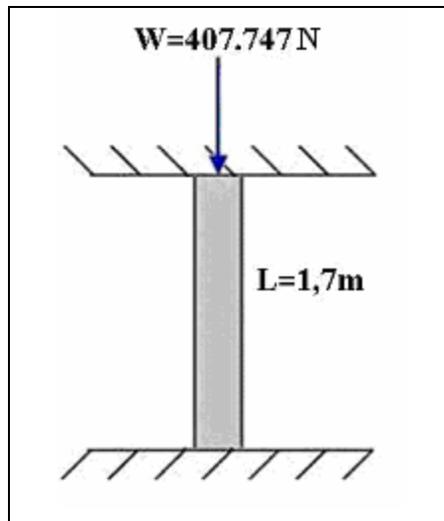


Fuente: Los Autores.

5.1.3.1. Cálculos de los soportes verticales

Suponiendo que el peso total de los portabandejas cargados ($W_T=1630,988\text{N}$), se distribuye de manera equitativa en cada uno de los soportes verticales de la estructura, se tiene que cada uno soporta la cuarta parte de dicha carga, o sea $W=407,747\text{ N}$. La sección transversal de este componente será modelada como una columna que soporta una carga axial por compresión. El perfil de la sección a seleccionar corresponde a un perfil tipo ángulo de alas iguales. A continuación se muestra el diagrama de cuerpo libre del soporte vertical, en la Figura N° 5.4:

Figura N° 5.4: Soportes verticales



Fuente: Los Autores

Del diagrama puede observarse que la columna se encuentra empotrada en sus dos extremos. La longitud de la columna es 1,70 m. Su sección esta formada por un ángulo de alas iguales. Se considerará un factor de diseño $\gamma = 2$.

Procedimiento de cálculo:

Partiremos de la suposición que la columna es larga, la cual será comprobada al final del cálculo. Bajo la suposición anterior se emplea la fórmula de Euler, para el cálculo del momento de inercia I de la sección transversal de la columna, en función de la carga crítica, P_{cr} a la cual la columna empezará a pandearse:

$$I \approx \frac{P_{cr} \cdot (KL)^2}{\gamma^2 E} \text{ Ecuación 5.6}$$

La carga crítica a la cual la columna empezará a pandearse se obtiene mediante:

$$P_{cr} \approx \gamma^2 * P_a \text{ Ecuación 5.7}$$

Donde:

P_a : Carga admisible

γ : Factor de seguridad o diseño

Con $\lambda = 2$ y suponiendo $P_a = 815,494 \text{ N}$ en la ecuación 5.7 se tiene:

$$P_{cr} = 2 * 815,494 \text{ N}$$

$$P_{cr} = 1630,988 \text{ N}$$

Sustituyendo este resultado en 5.6, con $E = 207,0 \text{ GPa}$ (Apéndice A-9) y con $K = 0,5$ (según los valores de K para calcular la longitud efectiva del Apéndice A-10) se obtiene:

$$I = \frac{1630,988 \text{ N} * (2,1 * 1,80 \text{ m})^2 * 10.000 \text{ cm}^4}{\lambda^2 * 207,0 * 10^9 \text{ N/m}^2 * 1 \text{ m}^4}$$

$$I = 0,0000058 \text{ cm}^4$$

Con el valor obtenido para I se selecciona el perfil que presente como mínimo este valor, (Anexo A-7). Para este caso el perfil corresponde a la designación 20x3, según Norma COVENIN 1036-86, que tiene un módulo de sección $I = 0,39 \text{ cm}^4$.

Una vez seleccionado el perfil se comprueba la suposición de que la columna es larga. Primeramente se calcula el radio de giro r_g mediante:

$$r_g = \sqrt{I/A} \quad \text{Ecuación 5.8}$$

$$r_g = \sqrt{0,15 \text{ cm}^4 / 1,12 \text{ cm}^2} = r_g = 0,366 \text{ cm}$$

Luego se obtiene la longitud efectiva mediante L_e con:

$$L_e = KL \quad \text{Ecuación 5.9}$$

$$L_e = 0,5 * 170 \text{ cm} = L_e = 85 \text{ cm}$$

Con los valores obtenidos para L_e y r_g se calcula la Razón de delgadez RD :

$$RD = L_e / r_g \quad \text{Ecuación 5.10}$$

$$RD = 85 \text{ cm} / 0,366 \text{ cm} = RD = 232,264$$

Luego se calcula la Razón de transición de delgadez C_c :

$$C_c = \sqrt{\frac{2\lambda^2 E}{s_y}} \quad \text{Ecuación 5.11}$$

$$C_c = \sqrt{\frac{2 * 2^2 * 207,0 * 10^9 \text{ N/m}^2}{245166250 \text{ N/m}^2}} = C_c = 129,098$$

Para comprobar la suposición se debe verificar que:

$$RD \geq C_c \quad \text{Ecuación 5.12}$$

$$232,264 \geq 129,098$$

Con lo cual se comprueba que la suposición hecha es correcta, por lo tanto la columna es larga y se puede emplear la Formula de Euler, para el cálculo de la carga crítica P_{cr} , para la sección seleccionada:

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{(KL)^2} \quad \text{Ecuación 5.13}$$

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot 207,0 \cdot 10^9 \text{ N/m}^2 \cdot 0,15 \text{ cm}^4 \cdot \text{m}^4}{(0,85 \cdot \text{m}^2 \cdot 10^8 \text{ cm}^4)} = P_{cr} = 4241,539 \text{ N}$$

Recalculando el factor de seguridad para el valor obtenido de la carga crítica se obtiene:

$$n = \frac{P_{cr}}{P_a} \quad \text{Ecuación 5.14}$$

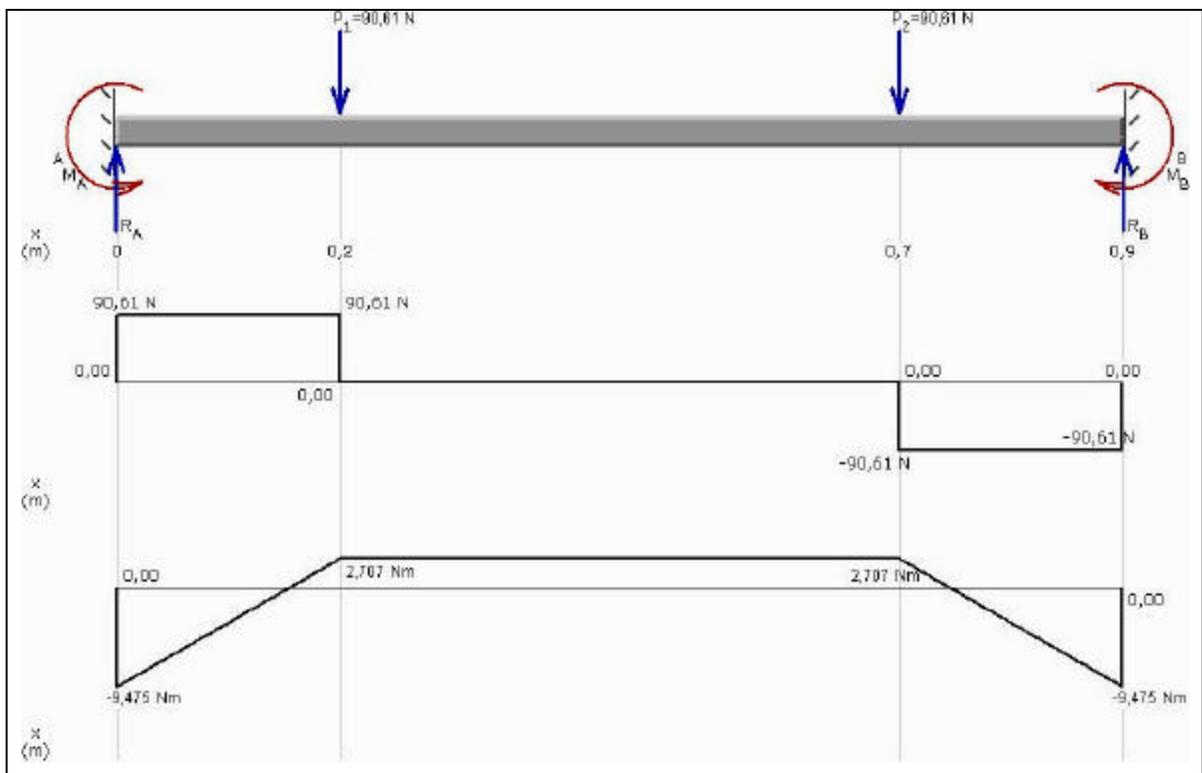
$$n = \frac{4241,539 \text{ N}}{815,494 \text{ N}} = 5,201$$

Las dimensiones finales de los soportes verticales se presentan en el Plano 8 del Anexo 1.

5.1.3.2. Cálculos de los soportes horizontales de los portabandejas.

La función de esta pletina es la de proporcionar apoyo a los portabandejas y sus respectivas bandejas dentro de la incubadora, la misma está unida en sus extremos a los soportes verticales por una soldadura de filete con un tamaño de la base de 2mm. Este componente se puede modelar como una viga empotrada en ambos extremos, cuyas características de carga, dimensiones y apoyos se representan en el siguiente diagrama de cuerpo libre, junto con sus diagramas de corte y momento (Figura N° 5.5), en el que las dimensiones están dadas en metros, las cargas en Newton y los momentos en Newton-metro.

Figura N° 5.5: Soportes horizontales de los portabandejas



Fuente: Los Autores

Procedimiento de cálculo

Aplicando el método de la segunda derivada, se obtienen los siguientes resultados:

$$R_A = R_B = P_1 = P_2 \quad \text{Ecuación 5.15}$$

$$R_A = R_B = 90,61N$$

$$M_A = M_B = 9,475N \cdot m$$

Suponiendo un factor de diseño $\gamma=2$ y con un momento flector máximo, $M_{\text{máx}}=9,475N\cdot m$ (96,618kgf-cm), y una tensión cedente mínima de $S_y=2500\text{kgf}/\text{cm}^2$ (245,66 Mpa). Se obtiene el módulo de sección del perfil a seleccionar mediante:

$$S_x = \frac{M_{\text{máx}} \cdot \gamma}{S_y} \quad \text{Ecuación 5.16}$$

$$S_x = \frac{(96,618\text{kgf} \cdot \text{cm}) \cdot 2}{2500\text{kgf}/\text{cm}^2} = S_x = 0,077\text{cm}^3$$

Del Anexo A-8 se selecciona una pletina con el perfil correspondiente a la designación 1/2x1/8, según Norma COVENIN 2746-90, que tiene un $S_x=0,085\text{cm}^3$. Ahora se aplica la teoría de falla para verificar que la sección soporta las cargas impuestas, empleando la siguiente expresión:

$$\sigma_{\text{máx}} = \gamma \cdot \sigma_{\text{adm}} \quad \text{Ecuación 5.17}$$

$$\frac{M_{\text{máx}}}{S_x} = \gamma \cdot \sigma_{\text{adm}}$$

$$1136,682\text{kgf}/\text{cm}^2 = 2 \cdot 1250\text{kgf}/\text{cm}^2 \quad \text{Se verifica que no fallará.}$$

Para las pletinas que soportan los portabandejas guía, se emplearán en la parte posterior pletinas de 1inx1/4in, ya que debe permitir alojar los ejes de 0,01m de diámetro que vinculan los portabandejas guía a el mecanismo de volteo, los cuales van unidos a la estructura en este punto, para permitir que pivoteen. Para ver las dimensiones definitivas de los soportes horizontales de los portabandejas ver Planos 11 y 15 en el Anexo 1.

5.1.3.3. Cálculo de las pletinas horizontales del sistema de volteo

Estas pletinas irán unidas en sus extremos a los soportes verticales por una soldadura de filete con un tamaño de la base de 2mm, y tienen como función mantener en posición las estructuras soldadas frontal y posterior (Figura N° 5.6). Para calcular la sección transversal requerida se supondrá que la carga máxima que pueden soportar en operación es la equivalente al peso total de todos los portabandejas cargados, $W_T=1630N$. El material de la pletina es un acero estructural ASTM grado A-36 cuya resistencia en el punto cedente es $S_y=2500kgf/cm^2$ (245,66 Mpa) según el Apéndice A-8. Como la pletina estará sometida solo a tracción o compresión se calculará el área transversal requerida tomando en cuenta el esfuerzo máximo permisible que tolera el material, tomando un factor de diseño $\gamma=3$.

Procedimiento de cálculo

Se tiene que cumplir que:

$$\sigma_{m\acute{a}x} \leq \sigma_{adm}$$

$$\frac{W_T}{A} \leq \frac{S_y}{\gamma} \quad \text{Ecuación 5.18}$$

así que el área transversal requerida es:

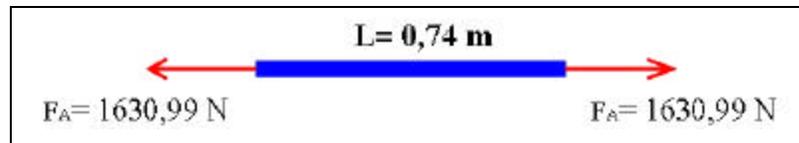
$$A \geq \frac{W_T \gamma}{S_y} \quad \text{Ecuación 5.19}$$

$$A \geq \frac{1630N \cdot 3}{245660000N/m^2} \quad A \geq 1,991 \cdot 10^{-5} m^2$$

La pletina seleccionada en el catálogo (Apéndice A-8) es la que corresponde a la designación 1/2inx1/8in, cuya área transversal es $4,03 \times 10^{-5} m^2$.

Recalculando el factor de seguridad para esta nueva área, se obtuvo que ahora este es $\gamma=6,14$.

Figura N° 5.6: Pletinas horizontales del sistema de volteo



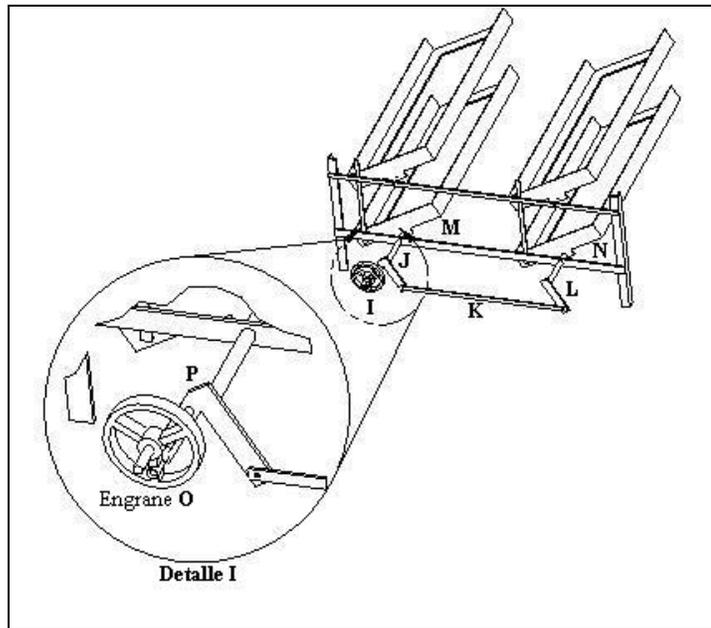
Fuente: Los Autores

Para un mejor aprovechamiento del material, se usará para cumplir este fin las mismas pletinas empleadas para apoyar los portabandejas guías (designación $1 \text{ in} \times 1/4 \text{ in}$) que tienen un área transversal de $1,610 \times 10^{-4} \text{ m}^2$. Ver dimensiones finales en el Plano 9 del Anexo 1.

5.1.4. Diseño del mecanismo de barras que da movimiento a los portabandejas guía

Los portabandejas guía (M y N) están vinculados entre sí y al mecanismo de tornillo sinfín por un sistema de barras como puede apreciarse en la Figura N° 5.7, este mecanismo de barras está formado por las barras L y J, cuyo movimiento oscilante es de igual magnitud que el de los portabandejas guía. El elemento J está formada por dos barras, una de las cuales tiene una ranura P donde desliza el pasador excéntrico unido al engrane del mecanismo de tornillo sinfín (Detalle I). Mientras la barra K está vinculada a J y L, de manera que pasa el movimiento de J a L, con lo cual se mueven simultáneamente ambos portabandejas guía.

Figura N° 5.7: Mecanismo de barras que transmite el movimiento desde el mecanismo de tornillo sinfín a los portabandejas guía



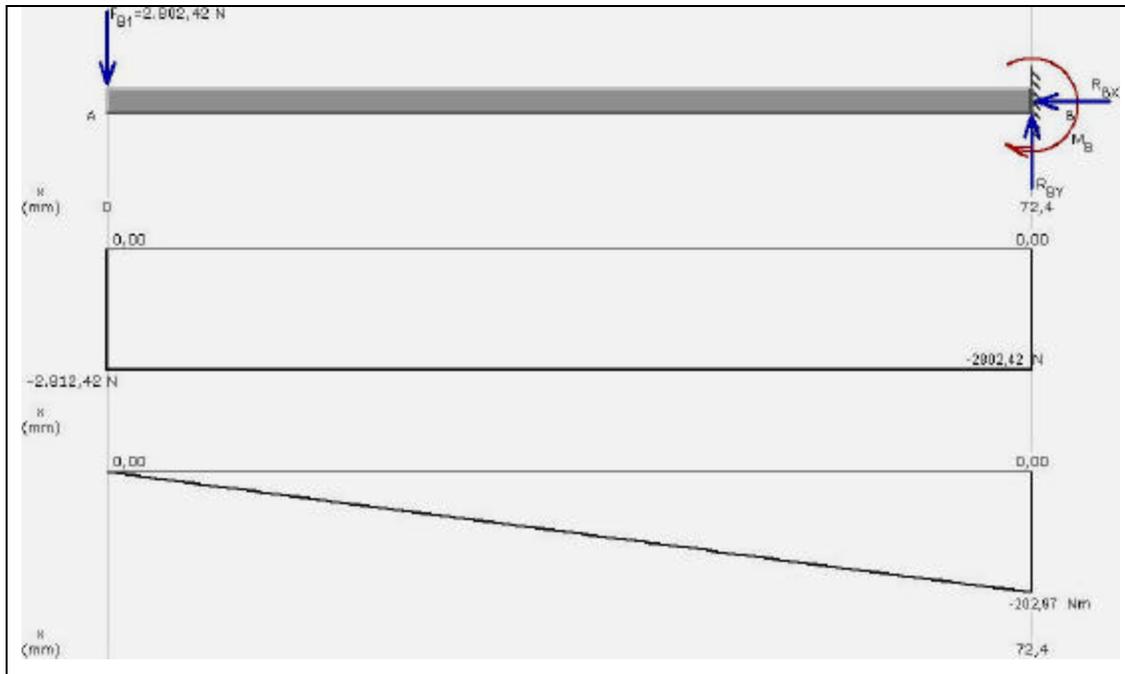
Fuente: Los Autores

5.1.4.1. Cálculo de las fuerzas y momentos que actúan en el mecanismo

Se tiene dos barras unidas por una soldadura de filete con un tamaño de la base de 2mm, formando un ángulo de 45° entre sí y están soldadas al eje que trasmite el movimiento de rotación al portabandeja por un filete con un tamaño de la base de 1mm, como puede observarse en la Figura N° 5.7. Una de estas barras tiene una ranura donde corre el pasador que está unido al engranaje del sistema de tornillo sinfín, tiene una inclinación de 45° con respecto al portabandeja guía, en ella están presentes la fuerza que se genera por su vinculación al pasador y un momento que se produce por la rotación del portabandejas. La segunda barra forma 90° con el portabandejas, en ella actúan una fuerza horizontal en el extremo que está vinculado a la barra horizontal que une ambos portabandejas guía, y el momento generado de la rotación del portabandejas, por estar unida con una soldadura de filete con un tamaño de la base de 1mm, al eje que la vincula a éste. Estos componentes se pueden modelar como vigas empotradas en uno de sus extremos (son vigas en voladizo), cuyas características de carga, dimensiones y apoyos se representan en los siguientes

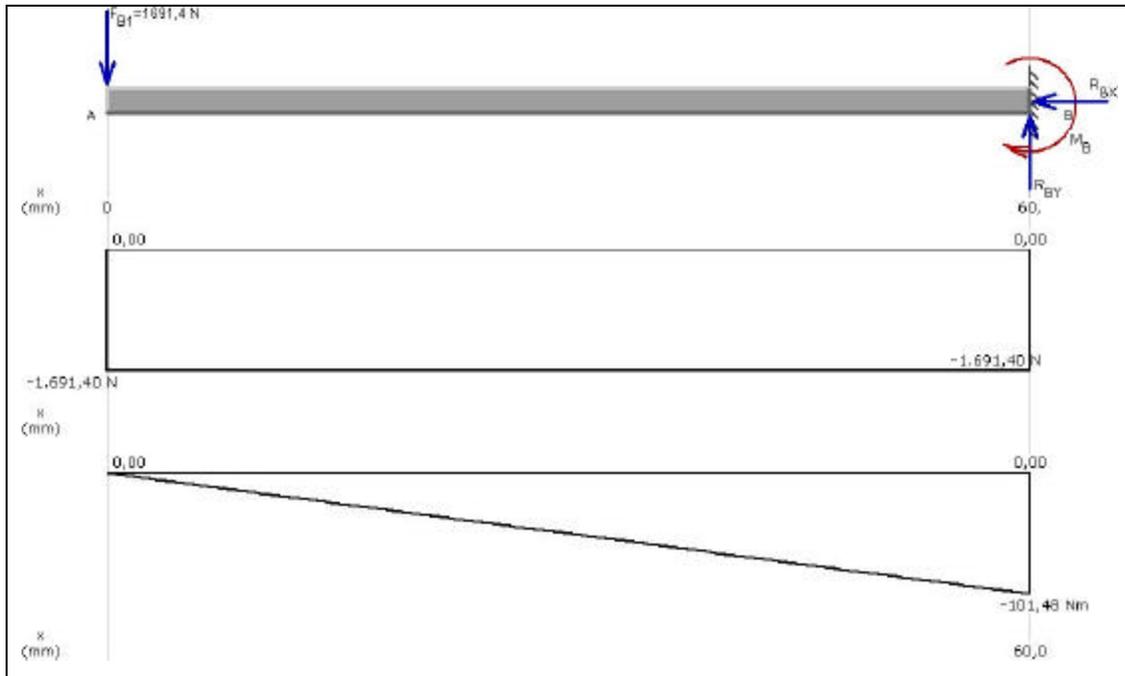
diagramas de cuerpo libre, junto con sus diagramas de corte y momento (ver Figuras N° 5.8 y 5.9), en los que las dimensiones están dadas en milímetros, las cargas en Newton y los momentos en Newton-metro.

Figura N° 5.8: Diagrama de cuerpo libre de la barra inclinada con corredera



Fuente: Los Autores

Figura N° 5.9: Diagrama de cuerpo libre de la barra perpendicular al portabandejas guía



Fuente: Los autores

Del análisis de fuerzas y momentos se tiene que la fuerza presente en la barra inclinada 45° con corredera es $F_{T1}=2802,419\text{N}$, la fuerza en la barra perpendicular al portabandeja es $F_{B1}=1691,410\text{N}$ y los momentos máximos en cada una tienen una magnitud de $202,968\text{N}\cdot\text{m}$ y $101,484\text{N}\cdot\text{m}$ respectivamente.

5.1.4.2. Cálculo de la sección transversal de la barra con corredera inclinada 45° respecto al portabandejas guía

Este componente estará constituido por una barra de acero AISI 1010 estirado en frío que tiene una resistencia al punto cedente de 300 Mpa (Apéndice A-20).

El esfuerzo que actúa en esta barra es:

$$\sigma = \frac{Mc}{I} \quad \text{Ecuación 5-20}$$

Donde el momento máximo que se presenta es igual a $M_{\text{máx}}=202,968\text{N}\cdot\text{m}$.

Aplicando teoría de falla para este caso, con $n=2$ y $S_y=300\text{MPa}$, se debe verificar que:

$$\frac{Mc}{I} \leq \frac{S_y}{n} \leq \frac{I}{c} \leq \frac{M}{S_y} \quad \text{Ecuación 5.21}$$

siendo S el módulo de sección, se tiene que:

$$S_x \leq \frac{I}{c} \quad \text{Ecuación 5.22}$$

calculando el módulo de sección requerido:

$$S_x \leq \frac{I}{c} \leq \frac{202,968\text{Nm} \cdot 2}{300 \cdot 10^6 \text{Pa}} \leq S_x \leq 1,353 \cdot 10^{-6} \text{m}^3$$

Se procede a seleccionar una barra de sección transversal igual a 1in x 3/4in, con lo cual se obtiene un módulo de sección igual a $2,048 \times 10^{-6} \text{m}^3$.

Ahora se aplica la teoría de falla para verificar que la sección soporta las cargas impuestas, empleando la siguiente expresión:

$$\frac{M_{\text{máx}}}{S_x} \leq \frac{S_y}{n} \quad \text{Ecuación 5.23}$$

$$99,105 \cdot 10^6 \text{N/m}^2 \leq 150 \cdot 10^6 \text{N/m}^2 \quad \text{Se verifica que no fallará.}$$

Las dimensiones finales de la barra con corredera se presentan en el Plano 14 del Anexo 1.

5.1.4.3. Cálculo de la sección de la barra transversal a los portabandejas guía.

Este componente estará constituido por una barra de acero AISI 1010 estirado en frío que tiene una resistencia al punto cedente de 300 Mpa (Apéndice A-20).

El esfuerzo que actúa en esta barra es:

$$\sigma \leq \frac{Mc}{I}$$

Donde el momento máximo que se presenta es igual a $M_{\text{máx}}=101,484\text{N}\cdot\text{m}$.

Aplicando teoría de falla para este caso, con $n=3$ y $S_y=300$ MPa, se debe verificar que:

$$\frac{Mc}{I} \leq \frac{S_y}{n} \leq \frac{I}{c} \leq \frac{M}{S_y}$$

siendo S el módulo de sección, se tiene que:

$$S \leq \frac{I}{c}$$

calculando el módulo de sección requerido:

$$S \leq \frac{I}{c} \leq \frac{101,484 Nm \cdot 3}{300 \cdot 10^6 Pa} \leq S \leq 1,014 \cdot 10^{-6} m^3$$

Se procede a seleccionar una barra de sección transversal $1 \text{ in} \times 1/2 \text{ in}$, con lo cual se obtiene un módulo de sección igual a $1,365 \cdot 10^{-6} m^3$.

Ahora se aplica la teoría de falla para verificar que la sección soporta las cargas impuestas, empleando la siguiente expresión:

$$\sigma_{m\acute{a}x} \leq \sigma_{adm}$$

$$\frac{M_{m\acute{a}x}}{S_x} \leq \frac{S_y}{n}$$

$$74,347 \cdot 10^6 N/m^2 \leq 100 \cdot 10^6 N/m^2 \quad \text{Se verifica que no fallará.}$$

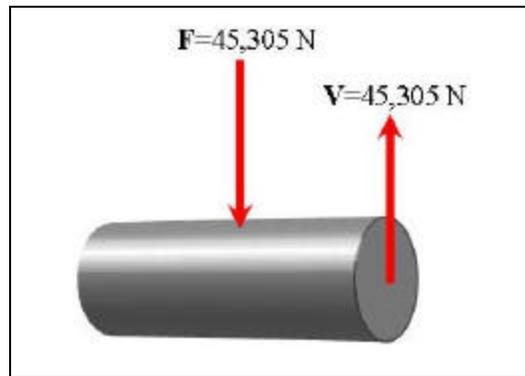
Las dimensiones finales de la barra transversal al portabandeja guía se muestran en el Plano 12 del Anexo 1.

5.1.4.4. Cálculo del pasador de apoyo del portabandejas

Este componente estará constituido por un remache de impacto de acero al carbono correspondiente a la designación AISI 1010 rolado en caliente, cuya resistencia al punto cedente es 180MPa (del Apéndice A-20), este componente estará sometido a la acción de la mitad de la fuerza generada por el peso de un portabandeja

y su carga, es decir soportará una carga de corte $V= 45,305\text{N}$. El diagrama de cuerpo libre de este componente se presenta a continuación en la Figura N° 5.10:

Figura N° 5.10: Pasador de apoyo del portabandejas



Fuente: Los Autores.

El esfuerzo cortante producido por esta fuerza cortante se obtiene mediante:

$$\tau = \frac{V}{A} \quad \text{Ecuación 5.24}$$

Aplicando teoría de falla para este caso, con $n=4$ y $S_y=180\text{MPa}$, se debe verificar que:

$$\tau \leq \frac{S_y}{n} \Rightarrow \frac{V}{A} \leq \frac{S_y}{n} \quad \text{Ecuación 5.25}$$

$$A \geq \frac{V \cdot n}{S_y} \Rightarrow A \geq \frac{45,305\text{N} \cdot 4}{180 \cdot 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}} \Rightarrow A \geq 1,007\text{mm}^2$$

Como la sección del remache es circular, se debe obtener el diámetro correspondiente al área obtenida, mediante la siguiente expresión:

$$D \geq \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}} \quad \text{Ecuación 5.26}$$

$$D \geq \sqrt{\frac{4 \cdot 1,007\text{mm}^2}{\pi}} \Rightarrow 1,132\text{mm}$$

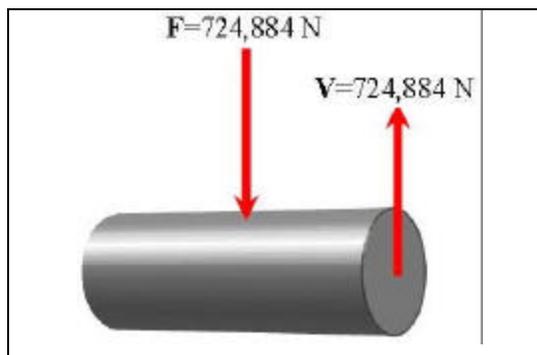
Comercialmente el diámetro más pequeño en el que se pueden obtener estos remaches es: 4x25mm, por lo cual el remache de impacto seleccionado será: REM 4x25mm.

5.1.4.5. Cálculo del pasador de la pletina de transmisión de movimiento de los portabandejas

Este componente estará constituido por un remache de impacto de acero al carbono correspondiente a la designación AISI 1010 rolado en caliente, cuya resistencia al punto cedente es 180MPa, este componente estará sometido a la acción de la fuerza generada por el peso los nueve portabandejas cargados a los cuales tiene que transmitirles movimiento, es decir soportara una carga de corte $V= 724,884\text{N}$ (ver Figura N° 5.11). El diámetro obtenido siguiendo el procedimiento desarrollado anteriormente y con $\phi=4$ y $S_y=180\text{MPa}$ es: 4,529mm.

Por lo tanto se seleccionó un remache: REM 5x25mm.

Figura N° 5.11: Pasador de transmisión de movimiento del portabandejas



Fuente: Los Autores.

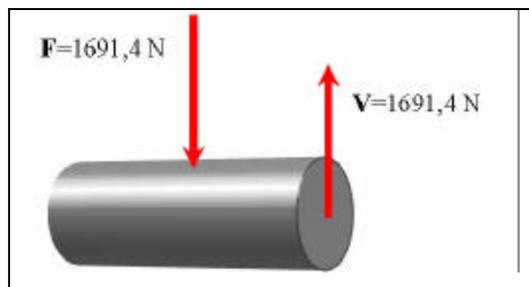
5.1.4.6. Cálculo del tornillo de conexión de la barra horizontal

Para el cálculo del área transversal de este componente se procedió de manera análoga a los pasadores seleccionados anteriormente. Este componente estará constituido por un tornillo de acero grado 4.6 cuya resistencia al punto cedente es igual a 240 MPa. El factor de seguridad asumido es $\phi=4$. Este componente estará

sometido a la acción de la fuerza generada por la transmisión del movimiento desde el portabandeja conectado al sistema impulsor al otro portabandeja guía, es decir soportará una carga de corte $V=1691,40\text{N}$ (Figura N° 5.12). El diámetro obtenido siguiendo el procedimiento desarrollado anteriormente y con $\tau=4$ y $S_y=240\text{ MPa}$ es: 6 mm.

El tornillo seleccionado corresponde a un M6x30.

Figura N° 5.12: Tornillo de conexión de la barra horizontal

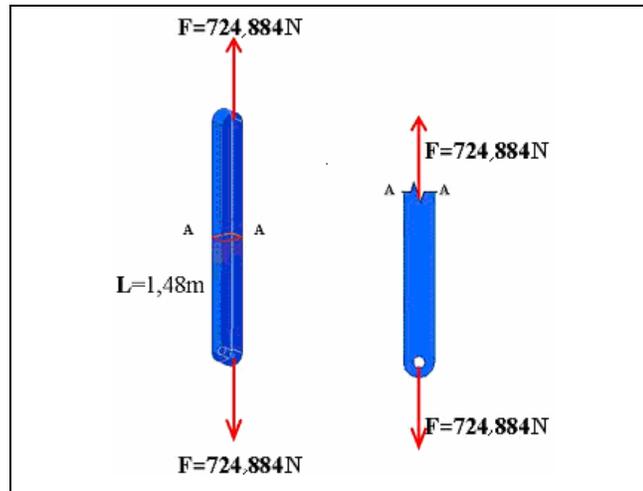


Fuente: Los Autores

5.1.4.7. Cálculo de la pletina vertical de transmisión de movimiento entre los portabandejas

La función de esta pletina es la de transmitir movimiento a los portabandejas y sus respectivas bandejas dentro de la incubadora (ver Figura N° 5.13). Este componente estará constituido por una pletina de acero estructural. La carga a transmitir por esta pletina es la que resulta de la fuerza generada por el momento aplicado en el centro del portabandeja guía, la cual corresponde a $F=724,884\text{N}$.

Figura N° 5.13: Pletina vertical de transmisión de movimiento entre los portabandejas



Fuente: Los Autores

Este componente estará constituido por una pletina de acero estructural ASTM grado A-36 que tiene una resistencia al punto cedente de 245,66MPa (Apéndice A-8). El esfuerzo normal al que está sometida la pletina es:

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad \text{Ecuación 5.27}$$

Aplicando teoría de falla para este caso, con $\phi=3$ y $S_y=245,66\text{MPa}$, se debe verificar que:

$$\sigma_{\text{máx}} \leq \phi \sigma_{\text{adm}} \quad \sigma \leq \frac{S_y}{\phi} \Rightarrow \frac{F}{A} \leq \frac{S_y}{\phi} \quad \text{Ecuación 5.28}$$

Despejando A de esta se obtiene:

$$A \geq \frac{F \phi}{S_y} \Rightarrow A \geq \frac{724,884\text{N} \cdot 3 \cdot 10^6 \text{mm}^2}{245,66 \cdot 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}} \Rightarrow A \geq 8,852 \text{mm}^2$$

Del Apéndice A-8 se selecciona una pletina correspondiente a la designación 1/2inx1/8in, que tiene un área $A=40,4\text{mm}^2$. Ahora se aplica la teoría de falla para verificar que la sección soporta las cargas impuestas, empleando la siguiente expresión:

$$\frac{F}{A} \leq \frac{\sigma_y}{\gamma}$$

$17,942 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2 \leq 81,887 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2$ Se verifica que no fallará.

Además se debe verificar que la barra no fallará por tracción en la zona de los agujeros, para lo cual se calcula el esfuerzo en esa sección (sección del pasador calculado en 5.1.4.5.), este esfuerzo es:

$$\sigma_{sc} \leq \frac{F \cdot K_f}{A_{sc}} \quad \text{Ecuación 5.28.1}$$

Donde:

$$A_{sc} = (\text{Ancho} - d_{\text{agujero}})t \quad \text{Ecuación 5.28.2}$$

Entonces: Con $d_{\text{agujero}}/\text{Ancho} = 0,394$ se obtiene del Apéndice A-53, el factor de concentración de esfuerzo teórico $K_f=2,3$ y $t=3,175\text{mm}$; se tiene:

$$\sigma_{sc} \leq \frac{724,884\text{N} \cdot 2,3}{24,448 \cdot 10^6 \text{m}^2} \leq \sigma_{sc} \leq 68,196\text{Mpa}$$

Para que no se presente falla por tracción en la zona de los agujeros, se debe verificar que:

$$\sigma_{sc} \leq \sigma_{adm}$$

$68,196\text{MPa} \leq 81,887\text{MPa}$ Se verifica que no fallará.

Ahora se debe verificar que la sección no presentará falla por aplastamiento, para lo cual se debe calcular el esfuerzo por aplastamiento $\sigma_{\text{aplastamiento}}$:

$$\sigma_{\text{aplastamiento}} \leq \frac{F}{d_{\text{agujero}} \cdot t} \quad \text{Ecuación 5.28.3}$$

$$\sigma_{\text{aplastamiento}} \leq \frac{724,884\text{N}}{5\text{mm} \cdot 3,175\text{mm}} \leq \sigma_{\text{aplastamiento}} \leq 45,662\text{MPa}$$

Para que no falle por esfuerzo de aplastamiento se debe verificar que:

$$\sigma_{aplastamiento} \leq \sigma_{adm}$$

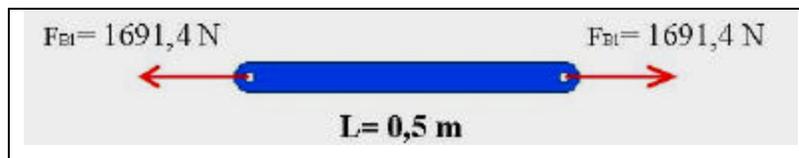
$45,662MPa \leq 81,887MPa$ Se verifica que no fallará.

Las dimensiones definitivas de la pletina vertical de transmisión de movimiento entre los portabandejas se muestran en el Plano 10 en el Anexo 1.

5.1.4.8. Cálculo de la barra horizontal que vincula ambos portabandejas guía

Esta barra permite transmitir el movimiento oscilante del portabandeja guía acoplado al mecanismo de impulsión al otro portabandeja guía, esto lo hace por estar unida a las barras transversales de los portabandejas guía, ya que está sometida a fuerzas de tensión o compresión. En la Figura N° 5.14 se muestra el diagrama de cuerpo libre de la misma:

Figura N° 5.14: Barra horizontal que vincula ambos portabandejas guía



Fuente: Los Autores

Como puede observarse la magnitud de la fuerza que actúa sobre esta barra es igual a $F_{B1}=1691,40N$ y la distancia entre los centros de los pasadores que la vinculan al mecanismo es $L=0,5m$.

Para hallar el área (A) de la barra que soporta este estado de fuerzas se supone un factor de seguridad $\gamma=2$ y como se empleará una pletina de acero estructural ASTM grado A-36 que tiene una resistencia al punto cedente igual a $S_y= 245,66MPa$ se tiene que:

$$\frac{F_{B1}}{A} \leq \frac{S_y}{\gamma}$$

Entonces:

$$A \geq \frac{F_{B1} \gamma}{S_y}$$

$$A \geq \frac{1691,40N \cdot 2}{245,660 \cdot 10^6 Pa} \Rightarrow A \geq 1,380 \cdot 10^{-5} m^2$$

La pletina que cumple con esta condición en el catalogo es 1/2inx1/8in, cuya área transversal es $A=4,039 \times 10^{-5} \text{m}^2$ (esto puede verse en el Apéndice A-8).

Por un procedimiento análogo al presentado en la sección anterior, se calcularon el esfuerzo de tracción en la zona del agujero y el esfuerzo por aplastamiento, los resultados obtenidos fueron:

$$\begin{aligned} \sigma_{sc} &= 116,677 \text{Mpa} \\ \sigma_{aplastamiento} &= 88,787 \text{Mpa} \end{aligned}$$

Para que no se presente falla por tracción en la zona de los agujeros, se debe verificar que:

$$\begin{aligned} \sigma_{sc} &\leq \sigma_{adm} \\ 116,677 \text{MPa} &\leq 122,580 \text{MPa} \quad \text{Se verifica que no fallará.} \end{aligned}$$

Para que no falle por esfuerzo de aplastamiento se debe verificar que:

$$\begin{aligned} \sigma_{aplastamiento} &\leq \sigma_{adm} \\ 88,787 \text{MPa} &\leq 122,580 \text{MPa} \quad \text{Se verifica que no fallará.} \end{aligned}$$

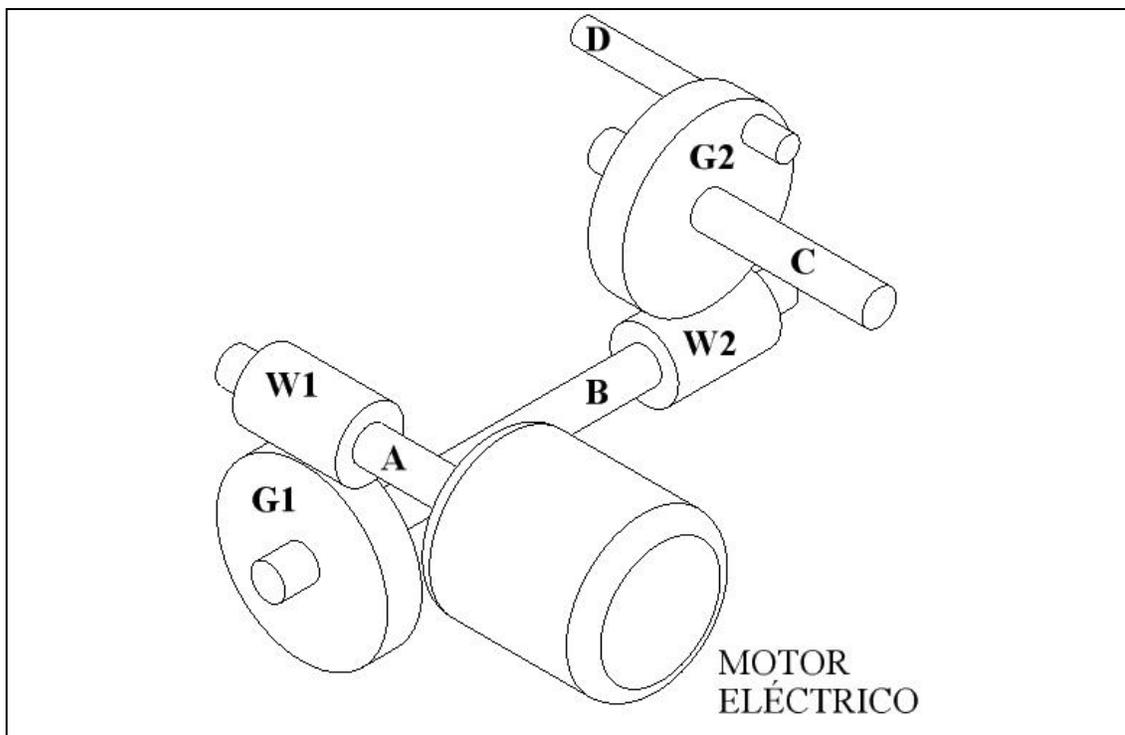
Las dimensiones finales de la barra horizontal que vincula ambos portabandejas guía se presentan en el Plano 13 del Anexo 1.

5.1.5. Diseño del sistema de impulsión del mecanismo de volteo

Este sistema está constituido por dos mecanismos de tornillo sinfín con rueda helicoidal, ambos forman un sistema reductor de velocidad. El sinfín W_1 de el primer mecanismo está acoplado al motor eléctrico a través del eje de entrada (A), e impulsa a su engrane G_1 , el mismo se encuentra montado en el eje central (B), en el cual

también está conectado el tornillo sinfín W_2 del segundo mecanismo; que mueve la rueda helicoidal G_2 solidario al eje de salida (C), que tiene un pasador excéntrico (D) que transmite movimiento oscilatorio al portabandeja guía, a través del sistema de barras de la Figura N° 5.7. En la Figura N° 5.15 se muestra esquemáticamente el sistema de impulsión.

Figura N° 5.15: Representación esquemática del sistema de impulsión del mecanismo de volteo



Fuente: Los Autores.

Este sistema proporciona la mayor reducción de velocidad con un tamaño compacto, ya que el diseño requiere convertir las altas revoluciones que proporciona el motor a una baja velocidad, de manera tal que el volteo se haga de manera suave y lenta, además el mecanismo de tornillo sinfín puede ser autobloqueante, lo cual evita la necesidad de recurrir a otro sistema que realice la función de autobloqueo.

5.1.5.1. Cálculo del mecanismo de tornillo sinfín con engrane helicoidal que va acoplado al portabandejas guía

Para realizar este cálculo se asumió un engrane helicoidal con la siguiente geometría:

Tabla N° 5.1: Geometría del engrane helicoidal que va acoplado al portabandejas guía

Paso diametral transversal	$P_d=14$ dientes/pulgada
Número de dientes	$N_G=58$ dientes

Fuente: Los Autores

Con estos parámetros se calculó el diámetro del engrane, mediante la siguiente expresión:

$$D_G = \frac{N_G}{P_d} \quad \text{Ecuación 5.29}$$

$$D_G = \frac{58 \text{dientes}}{14 \text{dientes/in}} = 4,143 \text{in} \approx 0,105 \text{m}$$

Obtenido este valor se supone un diámetro de paso para el tornillo sinfín D_w , verificándose que cumpliera con la siguiente relación:

$$\frac{C^{0,875}}{1,6} = D_w = \frac{C^{0,875}}{3,0} \quad \text{Ecuación 5.30}$$

donde C es la distancia entre centros del engrane y el tornillo sinfín:

$$C = \frac{D_w + D_G}{2} \quad \text{Ecuación 5.31}$$

el diámetro supuesto fue $D_w=0,938\text{in}$ (0,024m), así que la distancia entre centros del conjunto engrane y tornillo sinfín es $C=2,540\text{in}$ (0,065m) y al aplicar la relación:

$$0,754 \text{in} = D_w = 1,330 \text{in}$$

$$(0,019 \text{m} = D_w = 0,034 \text{m})$$

por lo cual el valor supuesto es adecuado para actuar en conjunto con el engrane helicoidal especificado anteriormente.

Un requisito básico del mecanismo de tornillo sinfín es que el paso axial P_x del tornillo sinfín debe ser igual al paso circular p del engrane helicoidal para que enlacen debidamente.

El paso circular se calculó siguiendo la siguiente ecuación:

$$p = \frac{D_G}{D_w} \quad \text{Ecuación 5.32}$$

$$p = \frac{4,143in}{0,938in} = 0,224$$

así que el paso axial del tornillo sinfín es $P_x=0,224$, además su número de inicios es $N_w=1$.

El desplazamiento L es

$$L = N_w P_x \quad \text{Ecuación 5.33}$$

$$L = 1 \text{diente} \cdot 0,224in/\text{diente} = 0,224in \quad (0,006m)$$

El ángulo de desplazamiento ϕ

$$\phi = \arctan\left(\frac{L}{D_w}\right) \quad \text{Ecuación 5.34}$$

$$\phi = \arctan\left(\frac{0,224in}{0,938in}\right) = 0,076rad = 4,365 \text{grados}$$

Para hallar las fuerzas que actúan en el mecanismo y las potencias requeridas para mover el sistema se deben precisar primero los siguientes parámetros:

El ángulo de presión $\phi_i=20^\circ$ y con el valor de $\phi=4,365^\circ$ se halla el ángulo de presión normal ϕ_n ,

$$\phi_n = \arctan\left(\frac{\tan\phi_i}{\cos\phi}\right) \quad \text{Ecuación 5.35}$$

$$\phi_n = \arctan\left(\frac{\tan 20^\circ}{\cos 4,365^\circ}\right) = 19,947^\circ = 0,348rad$$

Para un momento torsor de salida $T_0 = 738.497 \text{ lbf-in}$ (83,450 N-m) se tiene una potencia de salida P_0

$$P_0 = \frac{T_0 \cdot n_G}{63.000} \quad \text{Ecuación 5.36}$$

$$P_0 = \frac{738,497 \text{ lbf} \cdot \text{in} \cdot 0,238 \text{ rev/min}}{63.000} = P_0 = 0,003 \text{ hp} \approx 2,079 \text{ W}$$

Para calcular la *velocidad de paso* v_{tW} del tornillo sinfín, se sabe que la velocidad de rotación del árbol es igual a 13,783 r.p.m (1,443 rad/s), esta será la velocidad a la que gira el tornillo sinfín $n_W = 13,783$ r.p.m, así que su velocidad de paso será

$$v_{tW} = \frac{D_W \cdot n_W}{12 \text{ in/ft}} \quad \text{Ecuación 5.37}$$

$$v_{tW} = \frac{0,938 \text{ in} \cdot 13,793 \text{ rev/min}}{12 \text{ in/ft}} = v_{tW} = 3,385 \text{ ft/min} \approx 0,017 \text{ m/s}$$

La fricción es muy importante en la operación de un mecanismo de tornillo sinfín, para tomar en cuenta su efecto se determina el *coeficiente de fricción* μ , que depende de los materiales que se utilicen, el lubricante y la *velocidad de deslizamiento* v_s . La velocidad de deslizamiento es

$$v_s = \frac{v_{tW}}{\cos \theta} \quad \text{Ecuación 5.38}$$

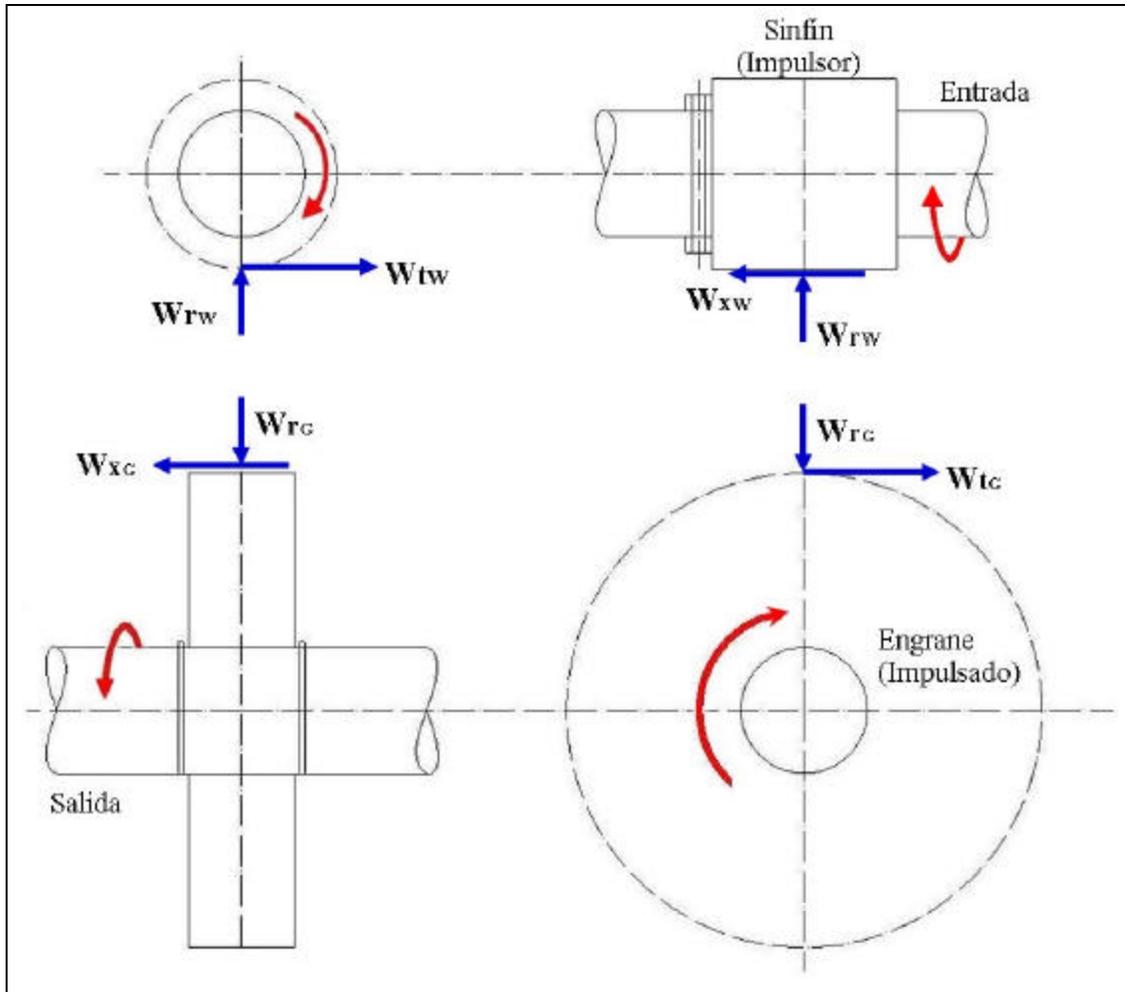
$$v_s = \frac{3,385 \text{ ft/min}}{0,997} = v_s = 3,395 \text{ ft/min} \approx 0,017 \text{ m/s}$$

La fórmula para estimar el coeficiente de fricción para mecanismos que operan a velocidades en el siguiente rango $0 < v_s < 10 \text{ ft/min}$ ($0,051 \text{ m/s}$) es:

$$\mu = 0,124 e^{0,074 v_s^{0,645}} \quad \text{Ecuación 5.39}$$

$$\mu = 0,124 e^{0,074 (3,395)^{0,645}} = \mu = 0,105$$

Figura N° 5.16: Diagrama de cuerpo libre del mecanismo de tornillo sinfín



Fuente: Los Autores

Ahora se procede a calcular las fuerzas que actúan en el mecanismo de tornillo sinfín (ver Figura N° 5.16), la *fuerza tangencial del engrane* W_{tG} .

$$W_{tG} = \frac{2 \cdot T_0}{D_G} \text{ Ecuación 5.40}$$

$$W_{tG} = \frac{2 \cdot 738,497 \text{ ft} \cdot \text{in}}{4,143 \text{ in}} = W_{tG} = 356,516 \text{ lbf} \quad 1585,853 \text{ N}$$

La *fuerza axial del engrane* W_{xG} viene dada por:

$$W_{xG} = W_{tG} \frac{\cos \phi_n \sin \phi_n}{\cos \phi_n \cos \phi_n \sin \phi_n} \text{ Ecuación 5.41}$$

$$W_{xG} = 356,516 \text{ lbf} \frac{0,940 \cdot 0,076 \cdot 0,105 \cdot 0,997}{0,940 \cdot 0,997 \cdot 0,105 \cdot 0,076} \quad W_{xG} = 67,759 \text{ lbf} \quad [301,407 \text{ N}]$$

La fuerza radial del engrane W_{rG} es:

$$W_{rG} = W_{tG} \frac{\sin \phi_n}{\cos \phi_n \cos \phi_n \sin \phi_n} \quad \text{Ecuación 5.42}$$

$$W_{rG} = 356,516 \text{ lbf} \frac{0,341}{0,940 \cdot 0,997 \cdot 0,105 \cdot 0,076} \quad W_{rG} = 130,881 \text{ lbf} \quad [582,185 \text{ N}]$$

La velocidad de la línea de paso del engrane v_{tG} es:

$$v_{tG} = \frac{D_G n_G}{12} \quad \text{Ecuación 5.43}$$

$$v_{tG} = \frac{4,143 \text{ in} \cdot 0,238 \text{ rev/min}}{12} \quad v_{tG} = 0,258 \text{ ft/min} \quad (0,001 \text{ m/s})$$

La velocidad de deslizamiento v_s en el engrane es:

$$v_s = \frac{v_{tG}}{\sin \phi_n} \quad \text{Ecuación 5.44}$$

$$v_s = \frac{0,258 \text{ ft/min}}{0,076} \quad v_s = 3,389 \text{ ft/min} \quad [0,017 \text{ m/s}]$$

Para el tornillo sinfín se tiene lo siguiente:

La carga tangencial W_{tW} es:

$$W_{tW} = W_{xG} \quad \text{Ecuación 5.45}$$

$$W_{tW} = 67,759 \text{ lbf} \quad [301,407 \text{ N}]$$

La carga axial W_{xW} es:

$$W_{xW} = W_{rG} \quad \text{Ecuación 5.46}$$

$$W_{xW} = 130,881 \text{ lbf} \quad [582,185 \text{ N}]$$

Para la carga radial W_{rW} se tiene lo siguiente:

$$W_{rW} = W_{tW} \quad \text{Ecuación 5.47}$$

$$W_{rW} = 67,759 \text{ lbf} \quad [301,407 \text{ N}]$$

La fuerza de fricción W_f es:

$$W_f = \frac{W_{tG}}{\cos \alpha_n} \quad \text{Ecuación 5.48}$$

$$W_f = \frac{0,105 \cdot 356,516 \text{ lbf}}{0,997} = 40,080 \text{ lbf} \quad [178,284 \text{ N}]$$

La pérdida de potencia debida a la fricción P_L viene expresada como:

$$P_L = \frac{v_s W_f}{33000} \quad \text{Ecuación 5.49}$$

$$P_L = \frac{3,389 \text{ ft/min} \cdot 40,080 \text{ lbf}}{33000} = 0,004 \text{ hp} \quad [3,069 \text{ W}]$$

Así que la potencia de entrada P_i es:

$$P_i = P_0 + P_L \quad \text{Ecuación 5.50}$$

$$P_i = 0,003 \text{ hp} + 0,004 \text{ hp} = 0,007 \text{ hp} \quad [5,148 \text{ W}]$$

Y la eficiencia del mecanismo de tornillo sinfín es:

$$\eta = \frac{P_0}{P_i} \cdot 100 \quad \text{Ecuación 5.51}$$

$$\eta = \frac{0,003 \text{ hp}}{0,007 \text{ hp}} \cdot 100 = 40,381\%$$

En las Tablas N° 5.2 y 5.3 se presenta un resumen de los resultados obtenidos para el mecanismo de tornillo sinfín vinculado al portabandeja guía.

Tabla N° 5.2: Valores cinemáticos obtenidos para el mecanismo de tornillo sinfín con engrane helicoidal que va acoplado al portabandejas guía.

	ENGRANE (G_2)		TORNILLO SINFIN (W_2)	
	Sistema Inglés	Sistema Internacional	Sistema Inglés	Sistema Internacional
<i>Diámetro de paso (D)</i>	4,143in	0,105m	0,938in	0,024m
<i>Número de dientes (N)</i>	58		1	
<i>Velocidad angular (n)</i>	0,238rev/min	0,025rad/s	13,793rev/min	1,444rad/s
<i>Velocidad de línea de paso (v)</i>	0,258ft/min	0,001m/s	3,385ft/min	0,017m/s
<i>Velocidad de deslizamiento (v_s)</i>	3,389ft/min	0,017m/s	3,395ft/min	0,017m/s
<i>Fuerza axial (W_x)</i>	67,759lbf	1585,853N	356,516lbf	301,407N
<i>Fuerza tangencial (W_t)</i>	356,516lbf	301,407N	67,759 lbf	1585,853N
<i>Fuerza radial (W_r)</i>	130,881lbf	582,185N	130,881lbf	582,185N

Fuente: Los Autores

Tabla N° 5.3: Especificaciones del mecanismo de tornillo sinfín que va acoplado al portabandejas guía

	Sistema Inglés	Sistema Internacional
<i>Momento torsor de salida (T_0)</i>	738,497lbf*in	83,450N*m
<i>Coeficiente de fricción (μ)</i>	0,105	
<i>Fuerza de fricción (W_f)</i>	40,080lbf	178,284N
<i>Potencia de salida (P_0)</i>	0,003hp	2,079W
<i>Potencia de entrada (P_i)</i>	0,007hp	5,148W
<i>Pérdidas de potencia debidas a la fricción (P_L)</i>	0,004hp	3,069W
<i>Eficiencia (?)</i>	40,382%	

Fuente: Los Autores

5.1.5.2. Cálculo del mecanismo de tornillo sinfín con engrane helicoidal acoplado al motor y que da movimiento al portabandejas guía

Para realizar los cálculos se procedió igual que en la sección anterior, partiendo de los mismos valores cinemáticos para el tornillo sinfín y su engrane, a continuación se presentan los resultados obtenidos para este sistema en las Tablas N° 5.4 y 5.5:

Tabla N° 5.4: Valores cinemáticos obtenidos para el mecanismo de tornillo sinfín con engrane helicoidal acoplado al motor

	ENGRANE (G_1)		TORNILLO SINFIN (W_1)	
	Sistema Inglés	Sistema Internacional	Sistema Inglés	Sistema Internacional
<i>Diámetro de paso (D)</i>	4,143in	0,105m	0,938in	0,024m
<i>Número de dientes (N)</i>	58		1	
<i>Velocidad angular (n)</i>	13,793 rev/min	1,444rad/s	800,000 rev/min	83,776rad/s
<i>Velocidad de línea de paso (v)</i>	14,960 ft/min	0,076 m/s	196,350 ft/min	0,997 m/s
<i>Velocidad de deslizamiento (v_s)</i>	196,540 ft/min	0,998 m/s	196,921 ft/min	1,000 m/s
<i>Fuerza axial (W_x)</i>	1,873lbf	8,330N	15,222lbf	67,709N
<i>Fuerza tangencial (W_t)</i>	15,222lbf	67,709N	1,873lbf	8,330N
<i>Fuerza radial (W_r)</i>	5,560lbf	24,731N	5,560lbf	24,731N

Fuente: Los Autores

Tabla N° 5.5: Especificaciones del mecanismo de tornillo sinfín acoplado al motor

	Sistema Inglés	Sistema Internacional
<i>Momento torsor de salida (T_0)</i>	31,531lbf*in	3,563N*m
<i>Coefficiente de fricción (μ)</i>	0,043	
<i>Fuerza de fricción (W_f)</i>	0,706lbf	3,141N
<i>Potencia de salida (P_0)</i>	0,007hp	5, 148W
<i>Potencia de entrada (P_i)</i>	0,011hp	8,284W
<i>Pérdidas de potencia debidas a la fricción (P_L)</i>	0,004hp	3,136W
<i>Eficiencia (?)</i>	62,141%	

Fuente: Los Autores

5.1.5.3. Cálculo de los ejes del sistema de impulsión del mecanismo de volteo

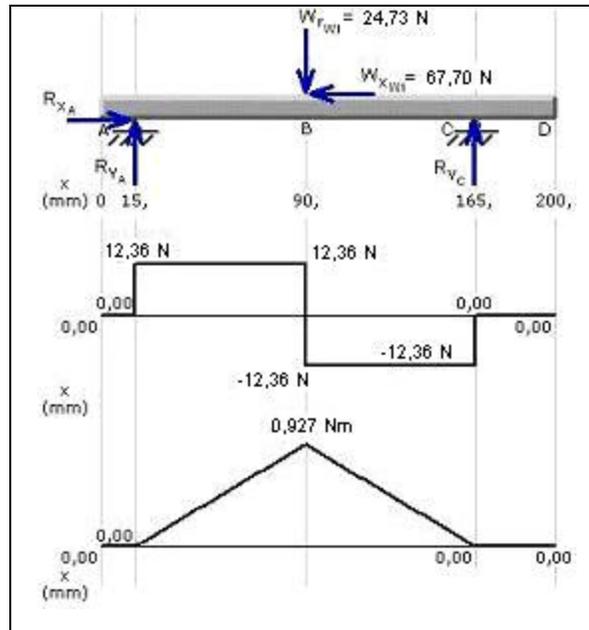
Con los datos obtenidos anteriormente se procede a dimensionar los ejes que soportan los sistemas de sinfín. Se realizarán de un acero AISI 1020 extruido en frío, que tiene una resistencia última a la tracción $S_{ut}= 420\text{MPa}$, su resistencia en el punto cedente $S_y=352\text{MPa}$ (ver Apéndice A-11).

5.1.5.3.1. Eje de entrada A

Este eje es el que permite comunicar el movimiento del motor al primer tornillo sinfín (W_1). La potencia entra por el punto D donde está acoplado el eje de entrada A al motor, la potencia de entrada tiene una magnitud $P_i=0,011\text{hp}$ (8,284W), y sale en el punto B donde estará ubicado el tornillo sinfín, siendo la potencia de salida $P_o=0,007\text{hp}$ (5,148W).

Seguidamente se muestra en las Figuras N° 5.17 y 5.18, los diagramas de cuerpo libre, fuerza cortante y momento flector en los planos xy y xz. Se modela como una viga simplemente apoyada en sus extremos para determinar las cargas y reacciones presentes, así como los momentos flectores y torsores.

Figura N° 5.17: Diagrama de cuerpo libre, diagrama de fuerza cortante y momento flector en el plano xy del eje de entrada A



Fuente: Los Autores

Al hacer la sumatoria de fuerzas y momentos en cada plano, se obtuvo que las reacciones radiales son:

En el plano xy

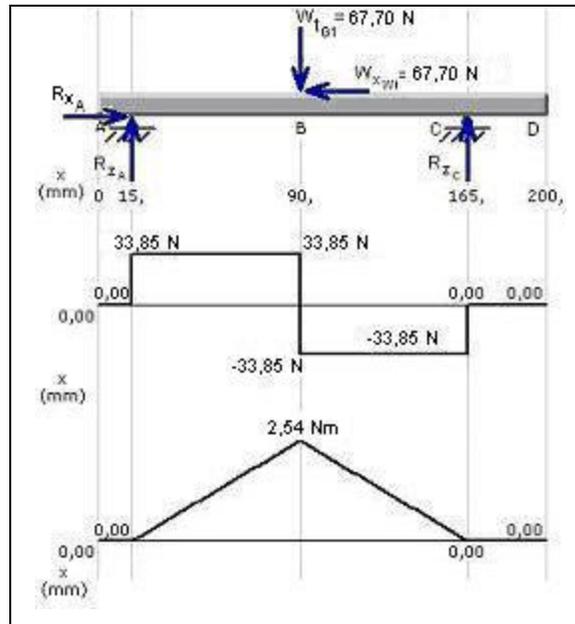
$$R_A = 12,36\text{N} = R_C$$

El momento flector máximo se alcanza en el punto B en ambos planos, como puede verse en los diagramas:

En el plano xy

$$M_{xy} = 0,927\text{N}\cdot\text{m}$$

Figura N° 5.18: Diagrama de cuerpo libre, diagrama de fuerza cortante y momento flector en el plano xz del eje de entrada A



Fuente: Los Autores

En el plano xz

$$R_A = 33,85 \text{ N} = R_C$$

En el plano xz

$$M_{xz} = 2,54 \text{ N}\cdot\text{m}$$

En ambos planos las reacciones axiales son:

$$R_A = 67,70 \text{ N}$$

$$R_C = 0$$

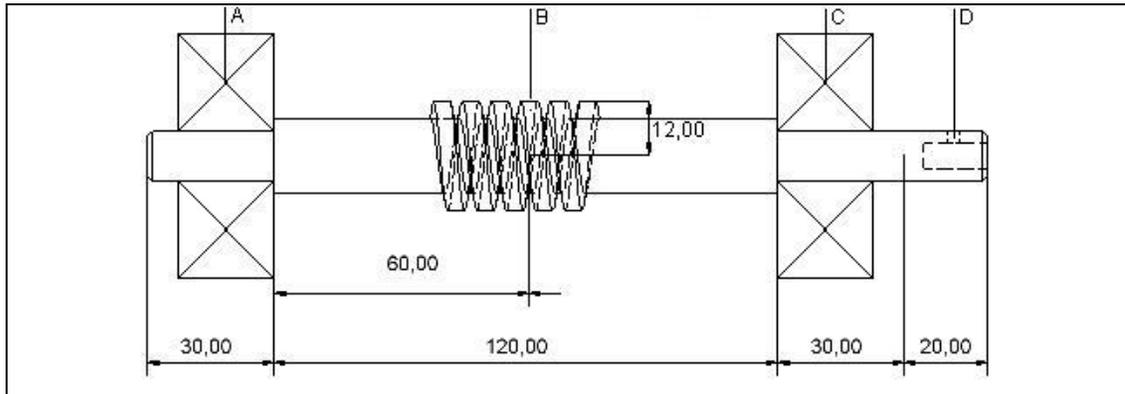
El momento torsor es constante desde el punto D hasta el punto B y tiene una magnitud

$$T = 0,098 \text{ N}\cdot\text{m}$$

Con todos estos datos se procede al diseño del eje. Tomando como configuración inicial del eje la mostrada a continuación en la Figura N° 5.19, se

procede a realizar el análisis de cada punto para determinar el diámetro de cada sección.

Figura N° 5.19: Eje de entrada A



Fuente: Los Autores

Cálculo de los diámetros del eje:

Se considera como factor de diseño o seguridad $N=3$, que es adecuado para las condiciones de operación del eje.

El límite de resistencia a la fatiga es³:

$$S_e = k_a k_b k_c k_d k_e S_e^f \quad \text{Ecuación 5.51}$$

El límite de resistencia a la fatiga de la viga rotatoria (S_e^f) para materiales con $S_{ut} = 1400 \text{ MPa}$ es:

$$S_e^f = 0,504 S_{ut} \quad \text{Ecuación 5.51.1}$$

$$S_e^f = 0,504(420 \text{ MPa}) = S_e^f = 211,68 \text{ MPa}$$

Con: $k_a = 0,9$ (Factor de acabado superficial)

$k_b = 0,878$ (Factor de tamaño)

$k_c = 0,577$ (Factor de carga)

$k_d = 1$ (Factor de temperatura)

$k_e = 0,576$ (Factor de efectos diversos)

El método para el diseño que se empleará es la ecuación de Goodman Modificada:

³ Shigley, Joseph. Diseño en Ingeniería Mecánica. 5ª Edición. Capítulo 7.

$$D = \frac{32N}{\pi} \sqrt{\frac{M^2}{S_e^2} + \frac{3T^2}{4S_{ut}^2}}^{1/3} \quad \text{Ecuación 5.52}$$

En este caso de un eje sometido a flexión con inversiones y torsión constante, el esfuerzo crítico por flexión se localiza en un punto de concentración de esfuerzo. El efecto de tal concentración debe incluirse en la Ecuación 5.52. Esto puede hacerse absteniéndose de corregir la ecuación de Marín (Ecuación 5.51) por concentración de esfuerzos. Por lo cual la Ecuación 5.52 se puede expresar de la forma:

$$D = \frac{32N}{\pi} \sqrt{\frac{K_f M^2}{S_e^2} + \frac{3T^2}{4S_{ut}^2}}^{1/3} \quad \text{Ecuación 5.52.1.}$$

con lo que se obtiene un S_e de:

$$S_e = 0,9 \cdot 0,878 \cdot 0,577 \cdot 1 \cdot 211,68 \text{ MPa} = 96,515 \text{ MPa}$$

Punto A. El punto A es la ubicación de un cojinete con un chaflán que tiene bordes cortantes a la derecha de A. En este punto no hay torque o momento de flexión. Sin embargo, hay una fuerza de corte vertical que es igual a la reacción en el cojinete. Utilizando la resultante de las reacciones en los planos xy y xz, la fuerza de corte es:

$$V_A = \sqrt{R_{A,xy}^2 + R_{A,xz}^2} \quad \text{Ecuación 5.53}$$

$$V_A = \sqrt{12,36 \text{ N}^2 + 33,85 \text{ N}^2}$$

$$V_A = 36,035 \text{ N}$$

La tensión por esfuerzo de corte vertical para un eje circular sólido es:

$$\tau = \frac{4V}{3A} \quad \text{Ecuación 5.54}$$

Sea τ_D , donde τ_D es:

$$\tau_D = \frac{0,577 S_y}{N} \quad \text{Ecuación 5.55}$$

$$p_D = \frac{0,577352 \cdot 10^6 \text{ Pa}}{3}$$

$$p_{D_A} = 67701333,333 \text{ Pa}$$

el área que se requiere para el eje de entrada A en el punto A es:

$$A = \frac{4V}{3p_D} \quad \text{Ecuación 5.56}$$

$$A_A = \frac{4 \cdot 36,035 \text{ N}}{3 \cdot 67701333,333 \text{ Pa}}$$

$$A_A = 7,097 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2$$

A partir de $A = \frac{\pi D^2}{4}$, y despejando el diámetro D, se tiene que el diámetro en el punto A es:

$$D_A = \sqrt{\frac{4A_A}{\pi}} \quad \text{Ecuación 5.57}$$

$$D_A = \sqrt{\frac{4 \cdot 7,097 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2}{\pi}}$$

$$D_A = 9,5 \cdot 10^{-4} \text{ m}$$

Como se puede ver este valor es bastante pequeño, así que se asumirá el diámetro en función del diámetro del cojinete, (ver sección 5.1.5.4 Selección de cojinetes). El diámetro en el punto A será igual a $12 \cdot 10^{-3} \text{ m}$.

Punto B. En el punto B está ubicado el tornillo sinfín, así que en este punto actúan tanto un torque como un momento flector, para hallar el diámetro en este punto se utilizará la ecuación 5.52.1, por lo cual se debe hallar el torque y el momento resultante en este punto.

El momento flector resultante viene dado por

$$M = \sqrt{M_{xy}^2 + M_{xz}^2} \quad \text{Ecuación 5.58}$$

$$M_B = \sqrt{0,927 \text{ N} \cdot \text{m}^2 + 2,54 \text{ N} \cdot \text{m}^2}$$

$$M_B = 2,703 \text{ N} \cdot \text{m}$$

El momento torsor es $T = 0,098 N \cdot m$

Como a ambos lados del punto B el eje tiene chaflán con bordes cortantes $K_f = 1,9$, así que el diámetro es:

$$D_B = \frac{32 \cdot 1,9 \cdot \sqrt{2,703 N \cdot m^2 + \frac{3 \cdot 0,098 N \cdot m^2}{4 \cdot 420 \cdot 10^6 Pa}}}{\sqrt{96,515 \cdot 10^6 Pa}}^{1/3}$$

$$D_B = 11,759 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

Este diámetro es mucho menor que el diámetro que se asumió para el tornillo sinfín anteriormente, así que para esta sección de eje se tomará el diámetro mayor, es decir, el diámetro que se calculó para el tornillo sinfín.

Punto C. En este punto va colocado otro cojinete con un chaflán con bordes cortantes por la izquierda. En este punto no actúa ningún momento flector, pero si hay momento torsor, por lo cual el diámetro en este punto es:

$$D_C = \frac{32 \cdot 1,9 \cdot \sqrt{0 N \cdot m^2 + \frac{3 \cdot 0,098 N \cdot m^2}{4 \cdot 420 \cdot 10^6 Pa}}}{\sqrt{96,515 \cdot 10^6 Pa}}^{1/3}$$

$$D_C = 1,835 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

Al igual que en el punto A, la sección se seleccionará en función del diámetro interno del cojinete que irá colocado en ese punto.

Punto D. En este punto va acoplado el motor que le da movimiento al mecanismo del sistema de volteo y sólo hay momento torsor, como esta sección se puede modelar como una barra con agujero transversal (donde irá alojado el prisionero de ajuste), el factor de concentración de esfuerzo es $K_f = 1,63$ (tomado del Apéndice A-14), así que el diámetro para esta sección es

$$D_D = \frac{32 \cdot 1,63 \cdot \sqrt{0 N \cdot m^2 + \frac{3 \cdot 0,098 N \cdot m^2}{4 \cdot 420 \cdot 10^6 Pa}}}{\sqrt{96,515 \cdot 10^6 Pa}}^{1/3}$$

$$D_D = 1,835 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

El diámetro para esta sección será el mismo que para el punto B.

Resumen. Los diámetros mínimos requeridos que se calcularon para las diversas partes del eje de entrada A son:

$$D_A \approx 9,5 \cdot 10^{-4} \text{ m}$$

$$D_B \approx 11,759 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$D_C \approx 1,835 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$D_D \approx 1,835 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

Los diámetros que tendrá cada sección son

$$D_A \approx 12 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$D_B \approx 27,62 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$D_C \approx 12 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$D_D \approx 12 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

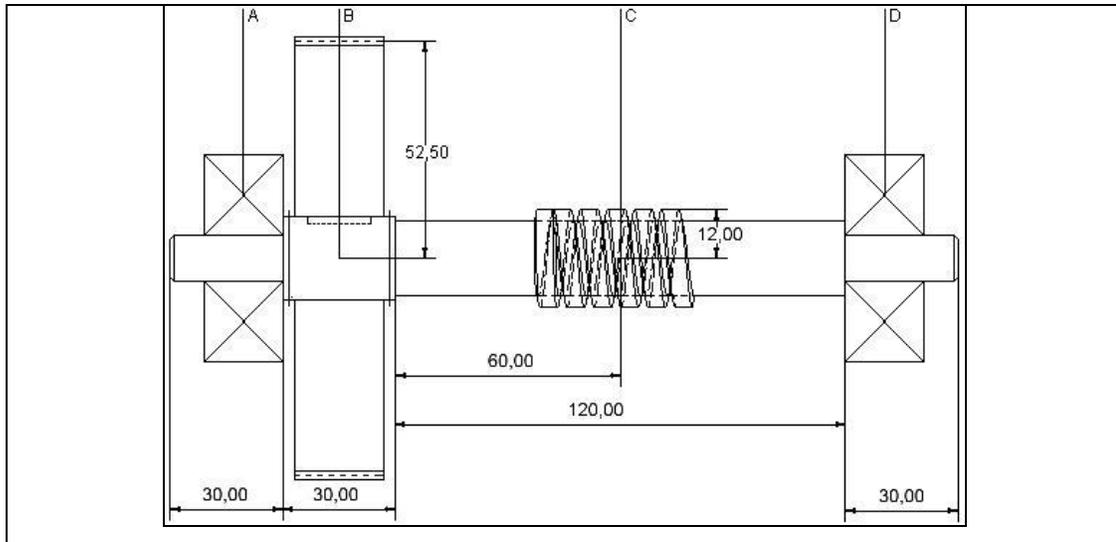
Los diámetros requeridos son muy pequeños, así que las dimensiones reales de las secciones del eje de entrada A se definieron en función de los cojinetes y el sinfín que estarán montados en él.

Las dimensiones definitivas para el eje de entrada A se pueden ver en el Plano 28 del Anexo 1.

5.1.5.3.2. Eje central B

Para el eje central B, los cálculos se realizaron partiendo de una configuración como la que aparece en la Figura N° 5.20.

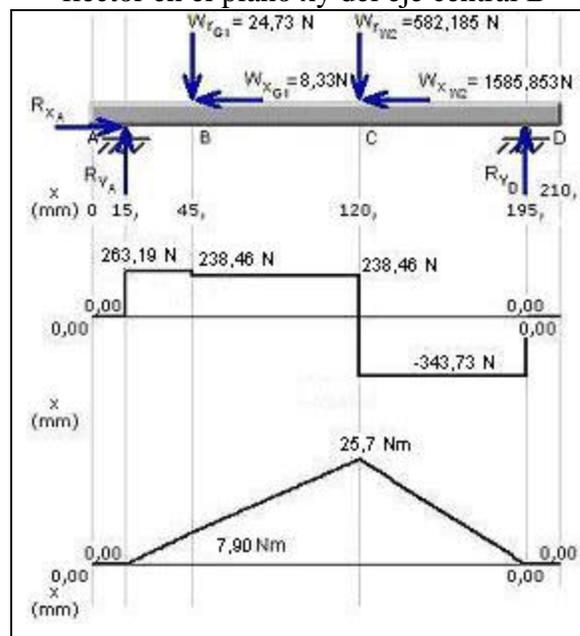
Figura N° 5.20: Eje central B



Fuente: Los Autores

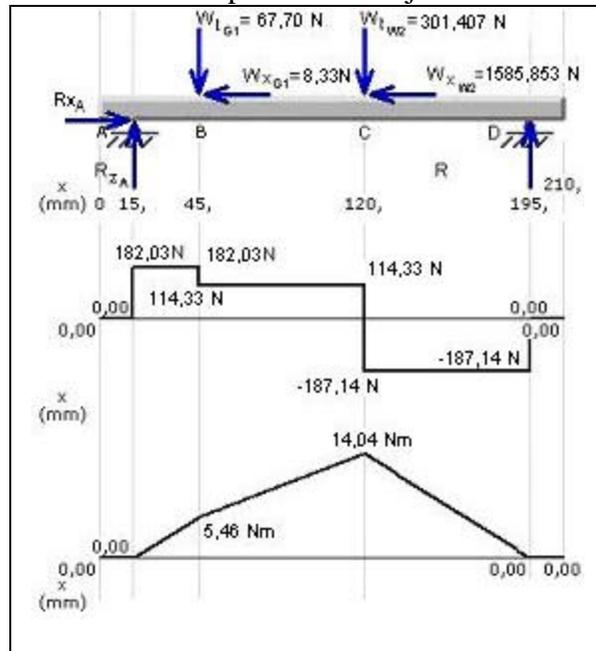
A continuación de muestran los diagramas de cuerpo libre, fuerza cortante y momento flector para el eje central B en los planos xy y xz en las Figuras N° 5.21 y 5.22.

Figura N° 5.21: Diagrama de cuerpo libre, diagrama de fuerza cortante y momento flector en el plano xy del eje central B



Fuente: Los Autores

Figura N° 5.22: Diagrama de cuerpo libre, diagrama de fuerza cortante y momento flector en el plano xz del eje central B



Fuente: Los Autores

Luego de proceder al cálculo de las dimensiones del eje central B, de manera análoga al eje A, se muestran en la Tabla N° 5.6 los resultados obtenidos.

Tabla N° 5.6: Diámetros mínimos requeridos obtenidos para el eje central B y diámetros seleccionados

Punto estudiado	Diámetro mínimo requerido	Diámetro seleccionado
A	$2,8 \times 10^{-3} \text{ m}$	$12,00 \times 10^{-3} \text{ m}$
B	$18,61 \times 10^{-3} \text{ m}$	$19,80 \times 10^{-3} \text{ m}$
C	$18,71 \times 10^{-3} \text{ m}$	$27,62 \times 10^{-3} \text{ m}$
D	$3,13 \times 10^{-3} \text{ m}$	$12,00 \times 10^{-3} \text{ m}$

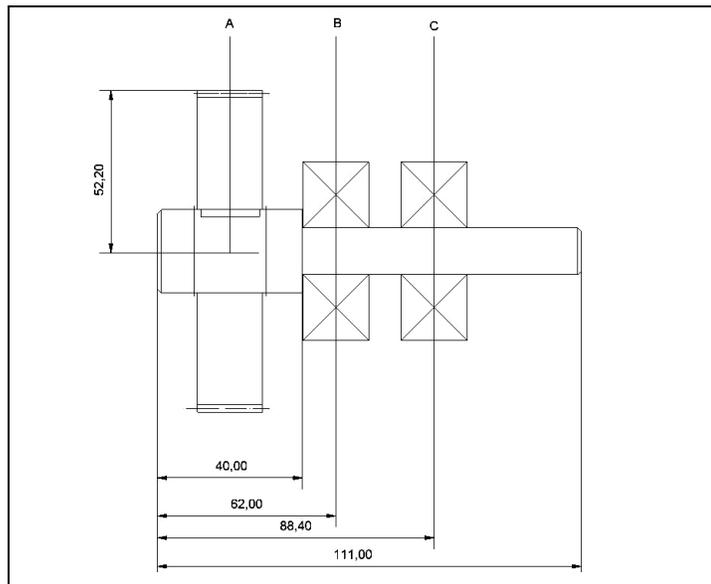
Fuente: Los Autores

Las dimensiones finales del eje central B se presentan en el Plano 29 del Anexo 1.

5.1.5.3.3. Eje de salida C

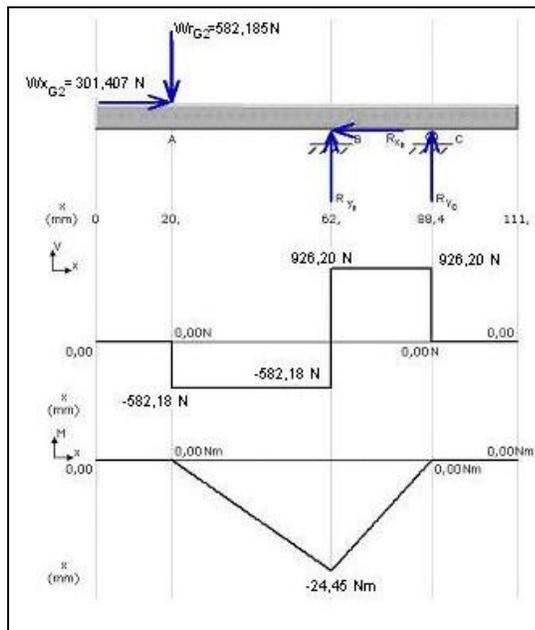
Para el eje de salida C se partió, para realizar los cálculos de una configuración como la que aparece en la Figura N° 5.23. A continuación se muestran los diagramas de cuerpo libre, fuerza cortante y momento flector en los planos xy y xz en las Figuras N° 5.24 y 5.25.

Figura N° 5.23: Eje de salida C



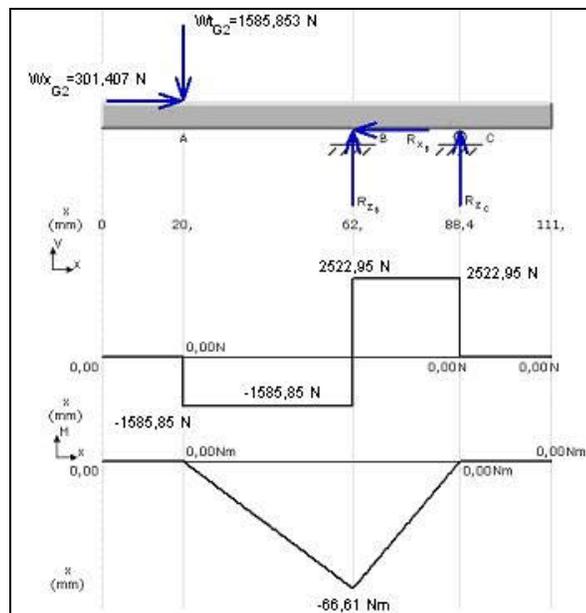
Fuente: Los Autores

Figura N° 5.24: Diagrama de cuerpo libre, diagrama de fuerza cortante y momento flector en el plano xy del eje de salida C



Fuente: Los Autores

Figura N° 5.25: Diagrama de cuerpo libre, diagrama de fuerza cortante y momento flector en el plano xz del eje de salida C



Fuente: Los Autores

Luego de proceder al cálculo de las dimensiones del eje de salida C, de manera análoga al eje de entrada A, se muestran en la Tabla N° 5.7 los resultados obtenidos.

Tabla N° 5.7: Diámetros mínimos requeridos obtenidos para el eje de salida C y diámetros seleccionados

Punto estudiado	Diámetro mínimo requerido	Diámetro seleccionado
A	$3,75 \times 10^{-3} \text{m}$	$22,20 \times 10^{-3} \text{m}$
B	$11,876 \times 10^{-3} \text{m}$	$12,00 \times 10^{-3} \text{m}$
C	$3,75 \times 10^{-3} \text{m}$	$12,00 \times 10^{-3} \text{m}$

Fuente: Los Autores

Las dimensiones finales del eje central B se presentan en el Plano 30 del Anexo 1.

5.1.5.4. Selección de los cojinetes

Se desarrollará en detalle el cálculo de las cargas para la selección de los cojinetes del eje de entrada A, para los cojinetes de los ejes central B y de salida C sólo se darán los resultados.

5.1.5.4.1. Cojinetes del eje de entrada A

Como el eje de entrada A presenta cargas tanto radiales como axiales o de empuje, es necesario calcular la carga equivalente P_0 del cojinete, que es la carga radial constante que generaría la misma vida útil especificada para el cojinete que la carga combinada. La forma de calcular esta carga equivalente, para tales casos, se presenta en el catálogo del fabricante (ver Apéndice A-15), donde se selecciona el rodamiento. Se escogió un cojinete Y con anillo de fijación externo, que es capaz de trabajar bajo ambos tipo de cargas, así P_0 vendría dada por

$$P_0 = X_0 F_r + Y_0 F_a \quad \text{Ecuación 5.59}$$

donde

P_0 : carga estática equivalente

F_r : carga radial real

X_0 : factor de carga radial del rodamiento

Y_0 : factor de carga axial del rodamiento

Punto A. Como se analizó anteriormente, la fuerza resultante de la reacción en el apoyo del punto A es 36,035N y la fuerza axial que actúa en ese punto es 67,70N, por lo que:

$$F_r = 36,035N$$

$$F_a = 67,70N$$

Para hallar los valores de los factores radiales y axiales, se debe comparar el cociente F_a/F_r con el coeficiente e y luego buscar en la tabla del catálogo que suministra el fabricante (ver Apéndice A-15) los valores de X e Y . Entonces, $F_a/F_r = 1,879$, este valor es mayor que los que aparecen en la tabla dada por el fabricante, así que se toman como factores de cálculo $X = 0,56$ y $Y = 2$. Ahora se calcula la carga equivalente

$$P_o = X_o F_r + Y_o F_a$$

$$= 0,56(36,035N) + 2(67,70N)$$

$$P_o = 152,220N$$

Ahora se procede a calcular la especificación básica de carga dinámica, C , que se necesita, a partir de:

$$C = P_d \left(\frac{L_d}{10^6} \right)^{1/k} \quad \text{Ecuación 5.60}$$

donde

P_d : es la carga equivalente P_o

L_d : es la vida útil de diseño

$k=3$ este valor es para cojinetes de bolas ⁴

Para este caso en que el eje tiene una velocidad angular de 800 r.p.m., se debe estimar la vida útil de diseño, que viene dada por la expresión

⁴ Mott, Robert. Diseño de Elementos de Máquinas. 2ª ed. Pág. 609.

$$L_d = \frac{h \cdot r.p.m}{60 \text{ min/h}} \quad \text{Ecuación 5.61}$$

de la tabla presentada en el Apéndice A-16 el número de horas recomendado para esta aplicación es $h = 3000 \text{ horas}$, siendo

$$L_d = \frac{3000h \cdot 800r.p.m}{60 \text{ min/h}} = L_d = 144 \cdot 10^6 \text{ rev}$$

Así que en el punto A la carga dinámica es

$$C = 152,220N \cdot \left(\frac{144 \cdot 10^6}{10^6} \right)^{1/3} = C = 797,856N$$

Con este valor de carga dinámica se busca en el catálogo (ver Apéndice A-17) el rodamiento que resista esta carga. El rodamiento seleccionado es marca SKF y tiene la designación:

YET 203/12

Que tiene una capacidad de carga dinámica $C=7350N$ y una capacidad de carga estática $C_0=7350N$.

El soporte seleccionado para este cojinete es marca SKF y tiene la siguiente designación:

P 12 FM

Punto C. En este punto sólo hay presente carga radial, por lo cual para el cálculo de la carga estática equivalente, al calcular el cociente $F_a/F_r = 0$ y comparando este valor con el del factor e (ver Apéndice A-15), se tiene que los factores de carga radial y carga estática son $X = 1$ y $Y = 0$. Así que la carga estática equivalente tiene una magnitud de $P_o = 36,035N$, ya que la carga radial en este punto es $F_r = 36,035N$. Haciendo las mismas consideraciones que en el análisis del punto A, se obtuvo que la carga dinámica es $C = 188,877N$. Por lo cual el rodamiento seleccionado para el punto A es adecuado para el punto C.

5.1.5.4.2. Cojinetes de los ejes central B y de salida C

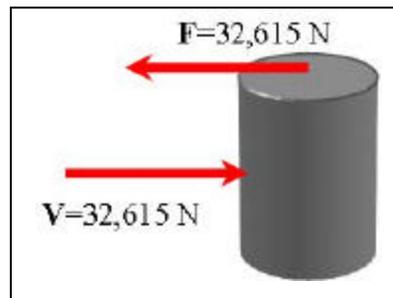
Siguiendo la misma metodología que para el análisis de los cojinetes del eje de entrada A, se seleccionaron para los ejes central B y de salida C cojinetes y sus soportes iguales a los del eje A, ya que también resultaron idóneos para los estados de carga de estos.

5.1.5.5. Cálculo del prisionero de acople entre el motor y el eje de entrada A

Para el cálculo del área transversal de este componente se procedió de manera análoga a los pasadores seleccionados anteriormente. Este componente estará constituido por un prisionero de acero al carbono grado SAE 1. El factor de seguridad recomendado para estos componentes es de 4 a 8 para cargas diversas⁵, como en este caso, así que se supone un factor de seguridad de 6.

El diagrama de cuerpo libre de este componente se presenta a continuación en la Figura N° 5.26:

Figura N° 5.26: Diagrama de cuerpo libre del prisionero de acople entre el motor y el eje de entrada A



Fuente: Los Autores

Aplicando teoría de falla para este caso, con $\phi=6$ y $S_y=248,821\text{MPa}$ se obtiene un área transversal:

$$A \geq \frac{V \cdot \phi}{S_y} \Rightarrow A \geq \frac{32,615\text{N} \cdot 6 \cdot 10^6 \text{mm}^2}{248,821 \cdot 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cdot 1\text{m}^2} \Rightarrow A \geq 0,788\text{mm}^2$$

El diámetro es:

⁵ Shigley, Joseph E. Diseño en Ingeniería Mecánica. 5ª ed., pág. 413.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,788 \text{mm}^2}{\pi}} = 1,002 \text{mm}$$

Se seleccionó un prisionero M6 de acero al carbono grado SAE 1.

5.1.5.6. Cálculo de los esfuerzos en los dientes de los engranes

La tensión en los dientes del engrane puede calcularse a partir de:

$$\sigma = \frac{W_d}{y F p_n} \text{ Ecuación 5.62}$$

donde:

W_d : carga dinámica en los dientes del engrane

y : factor de forma de Lewis (ver Apéndice A-18) se toma $y=0,125$ para $\phi_n=20^\circ$

F : ancho o espesor de la cara del engrane

p_n : paso circular normal

La carga dinámica puede estimarse a partir de:

$$W_d = \frac{W_{tG}}{K_v} \text{ Ecuación 5.63}$$

donde:

$$K_v = \frac{1200}{1200 + v_{tG}} \text{ Ecuación 5.64}$$

$$v_{tG} = \frac{D_G n_G}{12} \text{ Ecuación 5.65}$$

Para el engrane ubicado en el eje central B, se tienen los siguientes datos:

$$W_{tG} = 15,222 \text{ lbf} (67,711 \text{ N})$$

$$D_G = 4,143 \text{ in} (0,105 \text{ m})$$

$$n_G = 13,973 \text{ r.p.m} (1,463 \text{ rad/s})$$

la velocidad de línea de paso del engrane del eje central B es:

$$v_{tG} = \frac{4,143 \text{ in} \cdot 13,973 \text{ r.p.m}}{12} = v_{tG} = 14,960 \text{ ft/min} = v_{tG} = 0,076 \text{ m/s}$$

$$K_v = \frac{1200}{1200 + 14,960 \text{ ft/min}} = K_v = 0,988$$

la carga dinámica es:

$$W_d = \frac{15,222 \text{ lbf}}{0,988} = W_d = 15,412 \text{ lbf} = W_d = 68,556 \text{ N}$$

así que la tensión en los dientes del engrane B es:

$$s = \frac{15,412 \text{ lbf}}{0,125 \cdot 0,748 \text{ in} \cdot 0,224 \text{ in}} = s = 736,642 \text{ psi} = s = 5,079 \text{ MPa}$$

Este esfuerzo por flexión en los dientes puede compararse con la resistencia a la fatiga del material con que se fabrica el engrane. Siendo el material del engrane hierro maleable A47-84 (R1989) grado 32510, cuya resistencia $S_y=50000 \text{ psi}$ (344,738MPa), se utiliza una resistencia a la fatiga 0,35 veces la tensión máxima por no disponer de datos específicos de resistencia a la fatiga⁶, entonces:

$$s_{fatiga} = 0,35 S_y = s_{fatiga} = 0,35 \cdot 50000 \text{ psi} = s_{fatiga} = 17500 \text{ psi} = s_{fatiga} = 120,658 \text{ MPa}$$

De lo anterior se verifica que el esfuerzo por fatiga que puede soportar el material es mayor que el esfuerzo al que están sometidos los dientes del engrane, por lo cual se verifica que no fallará.

Cálculo de la tensión en los dientes del engrane del eje de salida C. Este cálculo se realizó exactamente igual que el anterior, sólo que para este engrane $W_{tG}=356,516 \text{ lbf}$ (1585,853N) y $n_G=0,238 \text{ r.p.m}$ (0,025rad/s), siendo iguales el resto de las variables. Por lo que:

$$v_{tG} = 0,258 \text{ ft/min} , K_v = 0,999 , s = 17044,417 \text{ psi} = s = 117,517 \text{ Mpa}$$

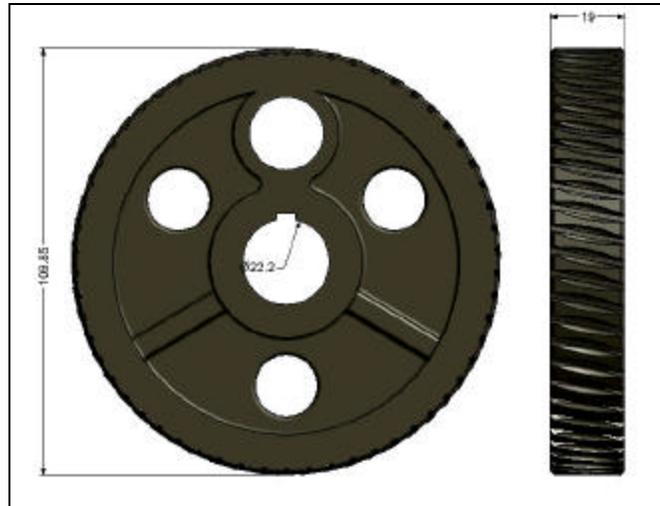
$s_{fatiga} = 17500 \text{ psi} = s_{fatiga} = 120,658 \text{ MPa}$ Se verifica que los dientes no fallarán.

Los engranes seleccionados son de hierro maleable, ya estos se consiguen en el mercado, en tiendas de repuestos de electrodomésticos bajo la denominación de:

⁶ Mott, Robert. Diseño de Elementos de Máquinas. 2ª ed., pág. 514

corona de transmisión de la lavadora de rodillo PHILCO. A continuación se presenta su geometría en la Figura N° 5.27.

Figura N° 5.27: Engranes del mecanismo de tornillo sinfín



Fuente: Los Autores

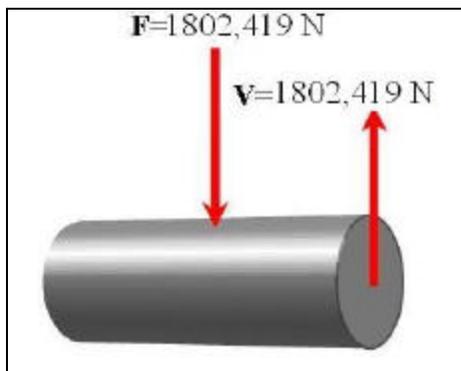
5.1.5.7. Cálculo del pasador excéntrico que vincula el engrane al sistema de barras del mecanismo de volteo

Este pasador corresponde al elemento designado como D en la figura N° 5.15. Este componente estará constituido por un pasador de acero al carbono correspondiente a la designación AISI 1010 rolado en caliente (ver diagrama de cuerpo libre en la Figura N° 5.28), cuya resistencia al punto cedente es 180MPa, este componente estará sometido a la acción de la fuerza generada por el sistema de barras del mecanismo de volteo, es decir soportará una carga de corte $V= 2802,419\text{N}$. El diámetro obtenido siguiendo procedimiento desarrollado anteriormente y con $\phi=3$ y $S_y=180\text{ MPa}$ es: 7,712 mm.

Por lo tanto se seleccionó el pasador de transmisión de la corona de las lavadoras de rodillo PHILCO, el cual tiene diámetro de 19mm, el mismo se mecanizará hasta llevarlo al diámetro requerido en la sección que va acoplada al

sistema de barras del mecanismo de volteo, manteniendo su diámetro original en la sección donde va unido al engrane, (Ver Plano N° 32).

Figura N° 5.28: Diagrama de cuerpo libre del pasador excéntrico que vincula el engrane al sistema de barras del mecanismo de volteo



Fuente: Los Autores

5.1.5.8. Cálculo de los cuñeros de los engranes

Para llevar a cabo el cálculo de este componente, se debe partir del tamaño del eje donde estará montado el engrane. Como los dos ejes que tienen engranes (central B y de salida C) son del mismo material y sus engranes son de igual tamaño, el diámetro de ambos ejes también es el mismo, se mostrará a continuación los cálculos para el eje central B y un resumen de resultados para el eje de salida C.

La dimensión estándar de la cuña rectangular para el eje central B, que tiene un diámetro de 22,2 mm, debe ser una altura $H=1/8\text{in}$ y un espesor $W=3/16\text{in}$ (ver Apéndice A-19).

Como el material del eje es acero con designación AISI 1020 extruido en frío (ver propiedades del material en el Apéndice A-20), y el engrane es de hierro fundido maleable A47-84(R1989) grado 32510 (ver Apéndice A-21); el material de la cuña será un acero AISI 1010 rolado en caliente que tiene una resistencia en el punto de fluencia de 179,264MPa. El material de la cuña tiene una resistencia al punto cedente menor que la del eje y el engrane. Por tanto se recurre a la siguiente ecuación, para determinar su longitud:

$$L \geq \frac{4T\gamma}{DWS_y} \text{ Ecuación 5.66}$$

donde:

L: longitud de la cuña

T: torque transmitido por el engrane

γ : factor de seguridad

D: diámetro del eje

W: espesor de la cuña

S_y : resistencia al punto cedente del material de la cuña

Entonces:

$$L \geq \frac{4(3,563 \text{ N} \cdot \text{m})(3)}{22,225 \cdot 10^{-3} \text{ m} (4,763 \cdot 10^{-3} \text{ m})(179,264 \cdot 10^6 \text{ Pa})} \quad L \geq 2,253 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

esta longitud es menor que el ancho de cara del engrane, por lo cual luego de calcular las dimensiones de la cuña del eje de salida C, se estandarizará su longitud.

Cálculo de la longitud de la cuña del eje de salida C.

Los valores de las dimensiones del eje y el engrane son iguales a los del eje central B, al igual que sus materiales. Así que para el cálculo de esta cuña se tomó en cuenta lo siguiente:

Material de la cuña: acero AISI 1010 rolado en caliente con $S_y=179,264\text{MPa}$

Torque transmitido por el engrane: 83,368N-m

Factor de seguridad: $\gamma= 3$

Diámetro del eje: 22, 225 mm

Espesor de la cuña: 4,763 mm

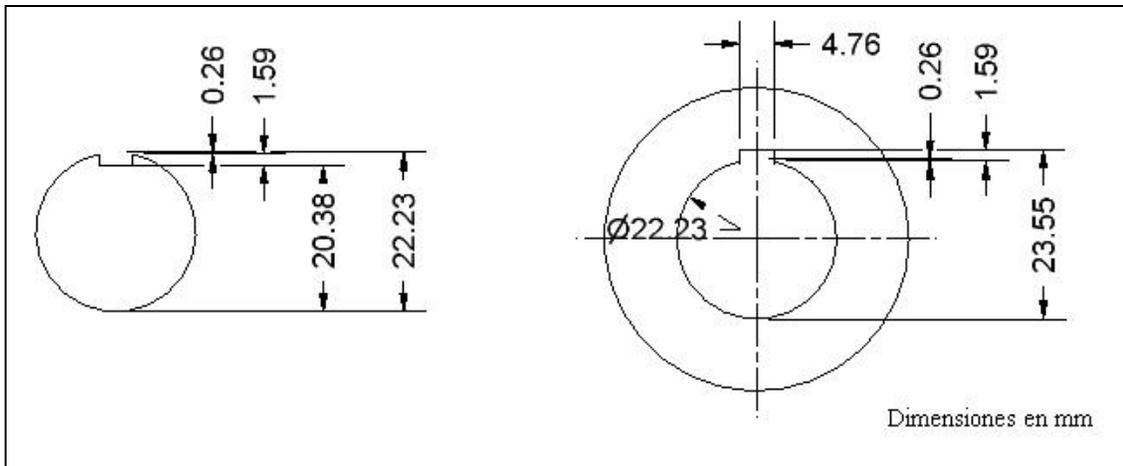
Así que la longitud obtenida fue

$$L \geq 16,938 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

esta longitud se estandarizó a 17 mm y las cuñas de los ejes central B y de salida C se harán de esta longitud.

Para dimensionar totalmente los cuñeros se usa el Apéndice A-22, en la Figura N° 5.29 se puede observar la forma y dimensiones que tendrán ambos cuñeros.

Figura N° 5.29: Diagrama de los cuñeros tanto en el engrane como en el eje



Fuente: Los Autores

5.1.6. Cálculo de los tornillos que sujetan al sistema de soporte y volteo a la base de la incubadora

Estos tornillos son los que sujetan toda la estructura del sistema de soporte y volteo a la base de la incubadora.

Para el cálculo del área transversal de este componente se procedió de manera análoga a los pasadores seleccionados anteriormente. Este componente estará constituido por un perno de acero grado 4.6 cuya resistencia al punto cedente es igual a 240 MPa. El factor de seguridad se supone igual a 5.

Aplicando teoría de falla para este caso, con $\gamma=5$ y $S_y=240\text{MPa}$, la fuerza de corte que soporta este perno tiene una magnitud de 407,747N, por lo que se obtiene un área transversal:

$$A \geq \frac{V \cdot \gamma}{S_y} \Rightarrow A \geq \frac{407,747\text{N} \cdot 5 \cdot 10^6\text{mm}^2}{240 \cdot 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cdot 1\text{m}^2} \Rightarrow A \geq 8,495\text{mm}^2$$

El diámetro es:

$$D \geq \sqrt{\frac{4 * 8,495 \text{mm}^2}{\pi}} \geq 3,289 \text{mm}$$

normalizando este valor el diámetro del perno sería igual a 4mm.

Se seleccionaron pernos M6x20.

5.1.7. Cálculo de la barra de salida de los portabandejas guía

Esta barra es la que vincula los portabandejas guía con el mecanismo del sistema de soporte y volteo, cada barra está soldada a un portabandejas guía y a las barras transversales del mecanismo que mueve a los portabandejas (ver Figura N° 5.30). Se usará una barra para herrería redonda lisa, que tiene un diámetro de 10 mm según Norma COVENIN 2744-90 (ver Apéndice A-23), de acero grado ASTM A-36 cuya resistencia en el punto cedente es $S_y=245,166 \text{ N/m}^2$. Esta pieza está sometida a un momento torsor de 101,484 N-m y a la fuerza ejercida por el peso de un portabandeja cargado cuya magnitud es igual a 90,611N. Se supone un factor de seguridad $\gamma=3$.

El esfuerzo de corte por el peso del portabandeja cargado es:

$$\tau = \frac{2 * W_p}{3 * D} = \frac{2 * 90,611 \text{N}}{3 * 0,01 \text{m}} = 61205,425 \text{Pa} \quad \text{Ecuación 5.67}$$

El esfuerzo debido al momento torsor es:

$$\tau_{torsor} = \frac{2 * T}{\pi * D^3} = \frac{2 * 101,484 \text{N} \cdot \text{m}}{\pi * 0,01 \text{m}^3} = 64606721 \text{Pa} \quad \text{Ecuación 5.68}$$

El esfuerzo total por superposición es:

$$\tau_{total} = \tau + \tau_{torsor} \quad \text{Ecuación 5.69}$$

$$\tau_{total} = 61205,425 \text{Pa} + 64606721 \text{Pa} = 64667926,4 \text{Pa}$$

Se debe verificar que el esfuerzo permisible sea mayor al esfuerzo total por superposición calculado anteriormente, para lo cual se pasa a calcular el esfuerzo permisible y verificar que la barra seleccionada resistirá el estado de esfuerzos a los que será sometida.

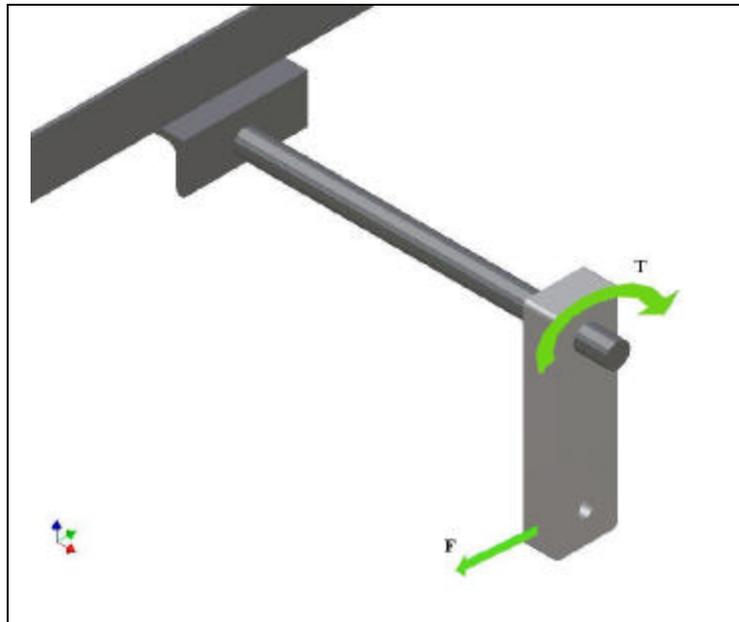
$$\sigma_{perm} = \frac{S_y}{3} = \frac{245,166 \cdot 10^6 Pa}{3} = 81722083,3 Pa \quad \text{Ecuación 5.70}$$

se verifica que $\sigma_{total} < \sigma_{permisible}$, así que se selecciona la barra de herrería redonda lisa con un diámetro de 0,01m que aparece en el Apéndice A-23.

5.1.7.1. Cálculo de la soldadura de la barra que va unida a los portabandejas guía

La barra que une al portabandeja guía con el mecanismo del sistema de volteo, se encuentra soldada en sus extremos, como puede apreciarse en la Figura N° 5.30.

Figura N° 5.30: Barra unida al portabandejas guía y al mecanismo del sistema de volteo



Fuente: Los Autores

La soldadura de esta barra debe soportar una fuerza de corte igual a 90,611N y un momento torsor de 101,484N-m, como el material de la barra es ASTM A-36 tiene una resistencia en el punto cedente $S_y=36000psi$ (248,211 MPa) y su resistencia a la tracción es $S_{ut}=58000psi$ (399,895 MPa), se realizaron los cálculos para un electrodo E60XX cuya resistencia de tracción (ver Apéndice A-24) es mayor que la del material base. Suponiendo $h=1/32in$ (0,793mm), el área de la garganta A_g es:

$$A_g = \sqrt{2} h \frac{D}{2} \quad \text{Ecuación 5.71}$$

donde:

h: dimensión del lado de la soldadura

D: diámetro de la barra

Entonces:

$$A_g = \sqrt{2} (0,001m) \frac{0,01m}{2} \quad A_g = 1,763 \cdot 10^{-5} m^2$$

El segundo momento polar de área unitario J_u es:

$$J_u = 2 \left(\frac{D}{2} \right)^3 \quad \text{Ecuación 5.72}$$

$$J_u = 2 \left(\frac{0,01m}{2} \right)^3 \quad J_u = 7,854 \cdot 10^{-7} m^3$$

El esfuerzo cortante primario sería igual a:

$$\tau = \frac{V}{A} \quad \text{Ecuación 5.73}$$

$$\tau = \frac{90,611N}{1,763 \cdot 10^{-5} m^2} \quad \tau = 5116739,014Pa$$

El esfuerzo cortante secundario es:

$$\tau = \frac{T(D/2)}{J_u} \quad \text{Ecuación 5.74}$$

$$\tau = \frac{101,484N \cdot m(0,001m/2)}{7,854 \cdot 10^{-7} m^3} \quad \tau = 25322667,680Pa$$

El esfuerzo de corte resultante es

$$\tau_R = \sqrt{\tau^2 + \tau^2} \quad \text{Ecuación 5.75}$$

$$\tau_R = \sqrt{5116739,014Pa^2 + 25322667,680Pa^2} \quad \tau_R = 25856401,64Pa$$

Como se debe cumplir que el esfuerzo máximo o resultante debe ser menor que el esfuerzo permisible, entonces, el factor de seguridad que previene contra la fluencia estática es:

$$k_e = 0,577 \sqrt{\frac{S_y}{R}} \quad \text{Ecuación 5.76}$$

$$k_e = 0,577 \sqrt{\frac{248211262,55 \text{ Pa}}{25856401,64 \text{ Pa}}} = 5,539$$

El factor de seguridad para carga estática es:

$$n_e = 5,539$$

Ahora se procede a hallar el factor de seguridad por fatiga para la soldadura de la barra. El límite de fatiga por viga rotatoria S_e' viene dado por la expresión:

$$S_e' = 0,504 S_{ut} \quad \text{Ecuación 5.77}$$

$$S_e' = 0,504 (399895923,004 \text{ Pa}) = 201547545,194 \text{ Pa}$$

Una superficie sin acabado debe usarse siempre para uniones soldadas, entonces el factor de acabado superficial k_a , viene dado por la ecuación $k_a = a S_{ut}^b$, donde $a=39,9$ y $b=-0,995$, así que el factor de acabado superficial es igual a $k_a=0,702$.

El factor de tamaño k_b , viene dado por la expresión $k_b = (D/0,3)^{0,1133}$ así que el factor de tamaño es para $D=0,01\text{m}$, $k_b=0,970$.

El factor de carga k_c para este caso, donde el cordón esta sometido a flexión y corte, es igual a $k_c=0,577$; y el factor de temperatura $k_d=1$ ya que el cordón estará a temperatura ambiente.

El factor de efectos diversos es igual a $k_e=1/k_f$, y como $k_f=2,70$, entonces $k_e=0,370$.

En consecuencia, el límite de resistencia a la fatiga, corregido totalmente, para el metal de soldadura en cortante es:

$$S_{se} = k_a k_b k_c k_d k_e S_e' \quad \text{Ecuación 5.78}$$

$$S_{se} = k_a k_b k_c k_d k_e S_e' = 0,702 (0,970) (0,577) (1) (0,370) (201547545,194 \text{ Pa})$$

$$S_{se} = 29319203,79 \text{ Pa}$$

Usando la teoría de falla de Goodman, $S_{su}=0,67 S_{ut}=0,67(399895923,004 \text{ Pa})$, entonces:

$$S_{su} = 267930268,4 \text{ Pa.}$$

Los esfuerzos de corte alternante t_a y esfuerzo medio t_m son iguales ya que el cordón está sometido a esfuerzos repetidos, entonces:

$$t_a = t_R/2 \quad \text{Ecuación 5.79}$$

$$t_a = t_R/2 = 25856401,64\text{Pa}/2 = 12928200,82\text{Pa}$$

$$t_m = t_a = 12928200,82\text{Pa}$$

para esfuerzo cortante, la línea de Goodman se expresa como:

$$f_d = \frac{1}{\frac{t_a}{S_{se}} + \frac{t_m}{S_{su}}} \quad \text{Ecuación 5.80}$$

$$f_d = \frac{1}{\frac{12928200,82\text{Pa}}{29319203,790\text{Pa}} + \frac{12928200,82\text{Pa}}{267930268,400\text{Pa}}} = 2,044$$

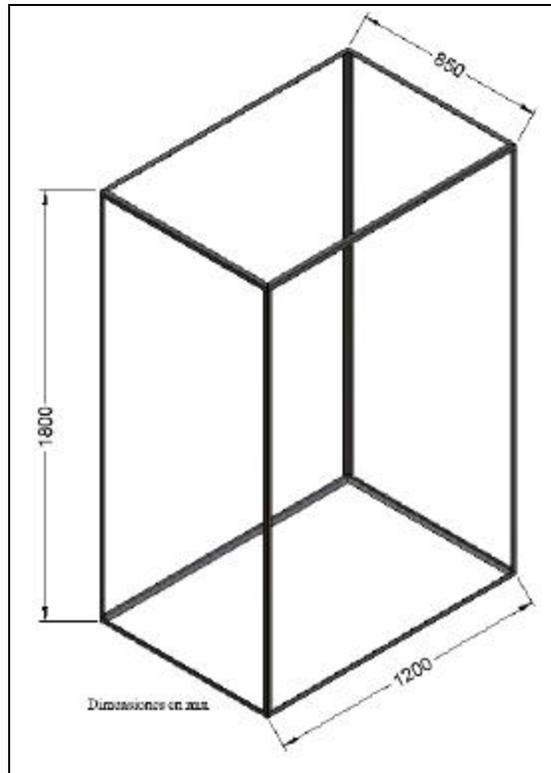
El factor de seguridad para cargas dinámicas es:

$$f_d = 2,044$$

5.1.8. Cálculo de la estructura exterior

Esta estructura es la que contendrá todos los componentes de la incubadora (menos el mecanismo de tornillo sinfín y el sistema de acondicionamiento de aire) y en ella irá colocado el material aislante mediante remaches de aluminio de 4mmx12mm, así que fue diseñada en base a las dimensiones de la estructura del sistema de soporte y volteo únicamente ya que su estructura no será sometida a grandes cargas, salvo el peso del material aislante que sostendrá. Su configuración y dimensiones pueden apreciarse en la Figura N° 5.31.

Figura N° 5.31: Estructura exterior de la incubadora



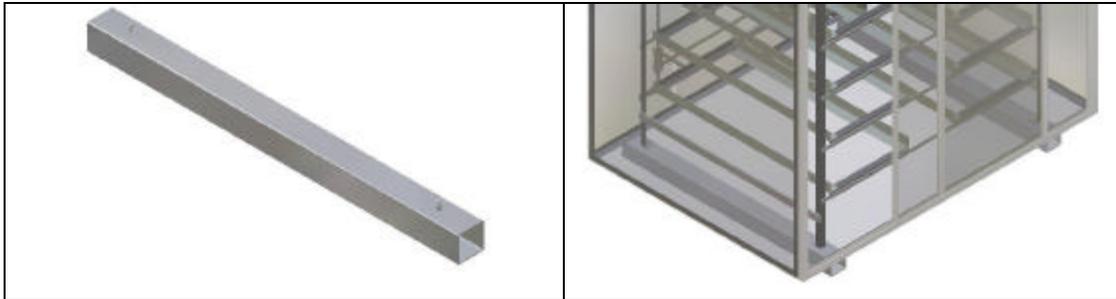
Fuente: Los Autores

La estructura es de ángulos estructurales de acero ASTM A-36 de alas iguales 20x3, soldados entre sí mediante cordones de soldadura de 2 mm de altura, en su interior estará la estructura interna con los portabandejas y en la parte externa irá colocado el material aislante. Esta estructura exterior servirá de soporte a las puertas y la base del mecanismo de volteo. Para ver las dimensiones finales de la estructura exterior ver el Planos N° 35 y 36.

5.1.9. Cálculo de la base de la incubadora

La base del sistema de soporte y volteo, es en realidad la base de la incubadora, en ella estarán apoyadas tanto la estructura del sistema soporte y volteo como la estructura exterior con el material aislante. Por lo cual, consiste en dos tubos estructurales de sección cuadrada en los que se apoyarán ambas estructuras, se puede observar este componente en la Figura N° 5.32.

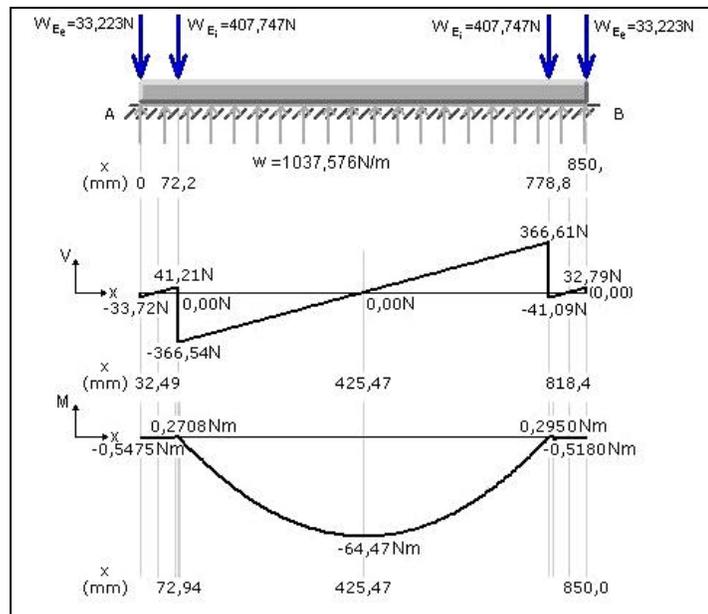
Figura N° 5.32: Bases de la incubadora



Fuente: Los Autores

Cada base se modeló como una viga apoyada en el piso (el piso ejerce una fuerza distribuida uniforme sobre la viga), sobre la que actúan las cuatro fuerzas que ejercen tanto los apoyos de la estructura interior, con dos fuerzas cuya magnitud es $W_{Ei}=407,747\text{N}$ y las que ejerce la estructura exterior en la unión con la base, cada una igual a $W_{Ee}=33,223\text{N}$, ver la Figura N° 5.33.

Figura N° 5.33: Diagrama de cuerpo libre, fuerza cortante y momento flector de la base de la incubadora



Fuente: Los Autores

Procedimiento de cálculo

La carga distribuida es igual a la reacción que ejerce el piso, por lo cual después de realizar la suma de fuerzas verticales en la viga, se determinó que tiene una magnitud de $w=1037,576\text{N/m}$.

Aplicando el método de la segunda derivada, se obtienen los siguientes resultados:

La fuerza cortante máxima tiene una magnitud de $V=366,61\text{N}$ y el momento máximo es $M=64,47\text{N}\cdot\text{m}$. Partiendo de estos resultados, se pasa a calcular la sección transversal requerida en el tubo cuadrado con el cual se construirá esta base de la incubadora.

Tomando en cuenta la flexión:

$S_{req} \geq \frac{M_{máx}}{\sigma_{perm}}$ donde $\sigma_{perm} \geq \frac{S_y}{2}$ y como el material del tubo estructural de sección cuadrada es acero ASTM-A-500 Grado C, con $S_y \geq 3515 \text{ Kgf/cm}^2 \geq 344703747,5 \text{ Pa}$, y suponiendo un factor de seguridad ≥ 2 , se tiene:

$$\sigma_{perm} \geq \frac{344703747,5 \text{ Pa}}{2} \geq 172351873,75 \text{ Pa}$$

$$S_{req} \geq \frac{64,47 \text{ N} \cdot \text{m}}{172351873,75 \text{ Pa}} \geq S_{req} \geq 3,741 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3 \geq 0,374 \text{ cm}^3$$

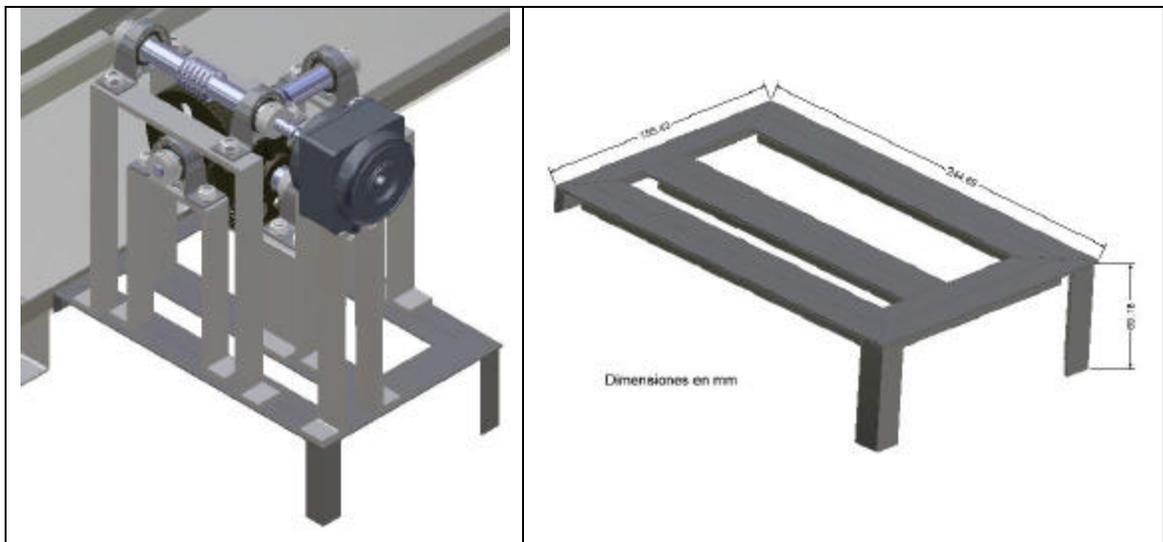
Con este valor $S_{req} \geq 0,347 \text{ cm}^3$ se busca en el catálogo de tubos estructurales de sección cuadrada, ver Apéndice A-25.

Se selecciona el tubo estructural con el menor S , que es el tubo estructural de sección cuadrada 60mm x 60mm, con $S_x=9,13 \text{ cm}^3$.

5.1.10. Cálculo de la base del mecanismo del sistema de soporte y volteo

Este componente es una estructura de ángulos estructurales de acero ASTM A-36 de alas iguales 20x3, soldados entre sí por medio de cordones de soldadura de 2mm de altura, como puede verse en la Figura N° 5.34. Se diseñó en base a las dimensiones del sistema de los dos mecanismos de tornillo sinfín y su motor, de manera que los soportes de los componentes pudieran ser atornillados o soldados, según sea el caso, a esta base. A su vez, está atornillada a la estructura exterior de la incubadora, para facilitar el montaje y desmontaje del sistema de los mecanismos de tornillo sinfín. En la Figura N° 5.34 se pueden apreciar sus componentes, la dimensión de los mismos y su disposición en el conjunto general. Se calculó de esta forma, porque no soporta grandes cargas, sólo el peso de los componentes del mecanismo de impulsión del sistema de volteo. En el Plano N° 20 se presentan las dimensiones finales de la base del mecanismo del sistema de soporte y volteo.

Figura N° 5.34: Base del mecanismo de tornillo sinfín y su motor



Fuente: Los Autores

5.1.11. Selección del motor del mecanismo del sistema de soporte y volteo

Para seleccionar el motor eléctrico, primero se calculó la potencia requerida para mover los portabandejas con la carga total de la incubadora (esto se realizó en la sección 5.1.5.2 Cálculo del mecanismo de tornillo sinfín con engrane helicoidal acoplado al motor), la potencia mínima requerida es: $P=8,284W$ (0,011hp).

La potencia necesaria del motor eléctrico, si se supone un rendimiento del mismo del 75%, la potencia mínima del motor es $P=10,355W$

Por lo cual se seleccionó un motor eléctrico con las siguientes especificaciones:

Marca: MOTORVENCA

Tipo de motor: motor de CA monofásico

Especificación de potencia y velocidad: 12W y 800 r.p.m.

Tipo de rotor: jaula de ardilla

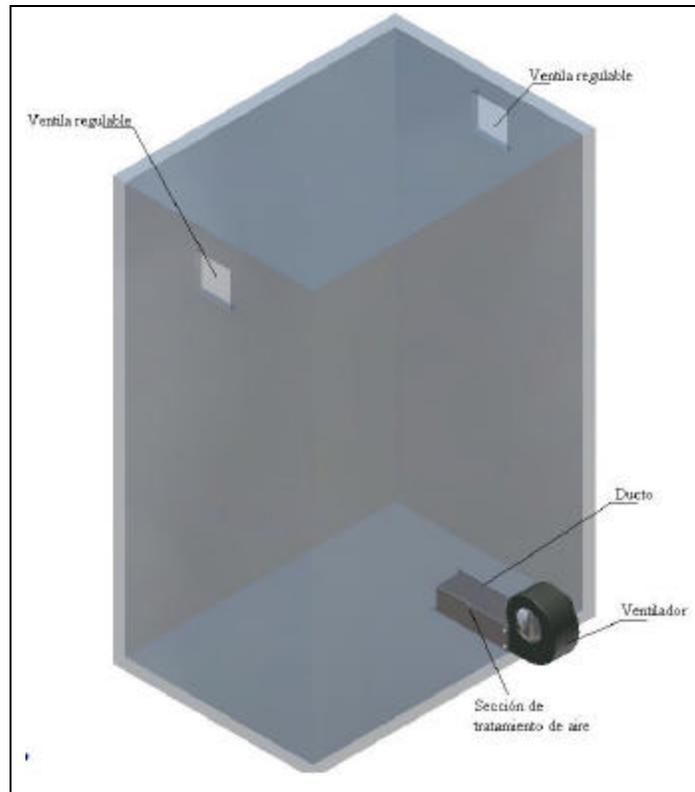
5.2. Cálculos y diseño del sistema de tratamiento de aire de la incubadora

En esta sección se realizará el cálculo de las variables necesarias para seleccionar los componentes del sistema de tratamiento de aire, de manera tal que este sea llevado a las condiciones de trabajo de la incubadora. Los cálculos se hicieron partiendo del tamaño del sistema de soporte y volteo y del proceso psicrométrico escogido en el capítulo anterior.

En la Figura N° 5.35 se presenta un bosquejo del sistema de tratamiento a diseñar, en este se puede ver que la incubadora tiene un gabinete dentro del cual está la estructura de soporte y volteo de los huevos, el aire tratado entra al gabinete de incubación a través de un ducto situado en la parte inferior de la pared posterior de la incubadora. Un ventilador ubicado en la entrada del ducto, produce el flujo forzado de aire de trabajo de la máquina. En el interior del ducto se encuentran localizados los sistemas de calentamiento sensible y humidificación. El calentamiento sensible se logra por medio de resistencias eléctricas y la humidificación con un aspersor. El aire

sale de la máquina a través de las ventilas regulables colocadas en la parte superior de las paredes laterales, permitiendo así que se produzcan los cambios de aire del proceso de incubación.

Figura N° 5.35: Bosquejo del sistema de tratamiento de aire a diseñar



Fuente: Los Autores

5.2.1. Cálculo del caudal mínimo requerido de aire dentro de la incubadora

El caudal mínimo de aire que se requiere se estableció con el número mínimo de cambios de aire que se requieren en la máquina, el cual es: $N_{ca}=0,333$ cambios de aire/hora (ver Figura N° 2.4); y el volumen del gabinete que contendrá el aire.

5.2.1.1. Cálculo del volumen del gabinete

Las dimensiones del gabinete (estas dimensiones fueron establecidas para garantizar que todos los sistemas diseñados caben, ver Planos N° 35 y 36) son:

Tabla N° 5.8: Dimensiones del gabinete de incubación

Dimensión	Longitud [m]
Alto (a)	1,80
Ancho (b)	1,20
Profundidad (c)	0,85

Fuente: Los Autores

$$V_{gab} = a \cdot b \cdot c \quad \text{Ecuación 5.81}$$

$$V_{gab} = (1,80 \cdot 1,20 \cdot 0,85)m^3 = V_{gab} = 1,836m^3$$

5.2.1.2. Cálculo del caudal mínimo de aire

$$Q_{min} = N_{ca} \cdot V_{gab} \quad \text{Ecuación 5.82}$$

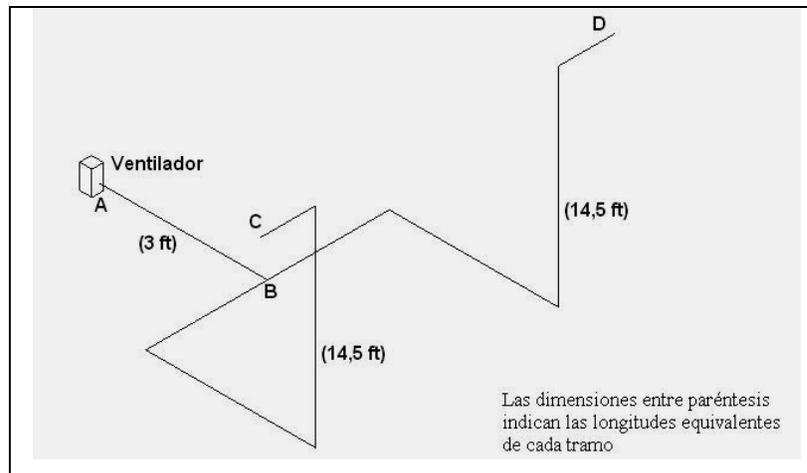
$$Q_{min} = 0,333 \text{ cambios/hora} \cdot 1,836m^3 =$$

$$Q_{min} = 0,611m^3/hora$$

5.2.2. Selección del ventilador del sistema

El caudal mínimo calculado para la aplicación es relativamente bajo comparado con los caudales que manejan los ventiladores comerciales existentes, por lo cual se asumió un caudal de trabajo $Q_{trab} = 200 \text{ ft}^3/\text{min}$ ($0,094m^3/s$). El cálculo de la caída de presión en el sistema de tratamiento de aire y dentro del gabinete del equipo es bastante complejo, por lo cual se supone un modelo simplificado, en el que el aire circula a través de un ducto, para estimar la caída de presión con la cual se seleccionará el ventilador. Las características y forma del ducto supuesto están representadas en la Figura N° 5.36:

Figura N° 5.36: Diagrama unifilar del sistema de ducto asumido



Fuente: Los Autores

El cálculo se llevará a cabo mediante el método de igual fricción, el cual se basa en establecer una misma pérdida de presión por unidad de longitud para todo el sistema de ductos.

Como velocidad inicial del ducto principal (tramo A-B en el diagrama), se supone $v_0 = 1000 \text{ ft/min}$ ($5,08 \text{ m/s}$), (basado en el Apéndice A-26), para obtener un sistema de baja velocidad.

Con $v_0 = 1000 \text{ ft/min}$ ($5,08 \text{ m/s}$) y $Q_{\text{trab}} = 200 \text{ ft}^3/\text{min}$ ($0,094 \text{ m}^3/\text{s}$) se determina en la carta de fricción (Apéndice A-27) el factor de pérdida de presión f . Para este caso $f = 0,29 \text{ in H}_2\text{O}/100 \text{ ft}$.

5.2.2.1. Cálculo de las pérdidas de presión en el tramo A-B

Para el tramo A-B se debe calcular la pérdida de presión debida al ducto $?P_{A-Bd}$ y la pérdida de presión debida a las resistencias del sistema de calentamiento sensible $?P_{A-BR}$. La pérdida de presión total en el tramo A-B será entonces:

$$?P_{A-B} = ?P_{A-Bd} + ?P_{A-BR} \quad \text{Ecuación 5.83}$$

Para calcular $?P_{A-Bd}$ se tiene:

$$?P_{A-Bd} = \frac{0,29 \text{ in H}_2\text{O}}{100 \text{ ft}} ? L_{eq} = ?P_{A-Bd} \frac{0,29 \text{ in H}_2\text{O}}{100 \text{ ft}} ? 3 \text{ ft} = ?P_{A-Bd} ? 0,009 \text{ in H}_2\text{O} (2,24 \text{ Pa})$$

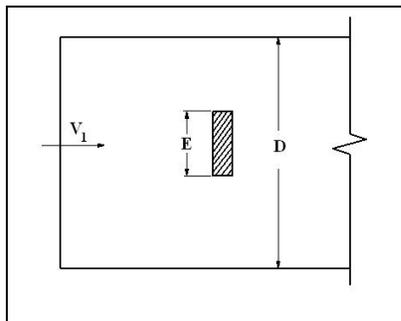
El diámetro equivalente obtenido del Apéndice A-27, con $v_0 = 1000 \text{ ft/min}$ (5,08 m/s) y $Q_{\text{trab}} = 200 \text{ ft}^3/\text{min}$ (0,094 m^3/s) es: 6 in (0,15 m). Del Apéndice A-28, se obtienen las siguientes dimensiones para el tramo de ducto A-B: 6 in \times 6 in. (0,15 m \times 0,15 m)

La pérdida de presión debida a las resistencias se calcula de la siguiente manera:

$$P_{A-B} = \frac{0,29 \text{ in H}_2\text{O}}{100 \text{ ft}} L_{eq} \quad \text{Ecuación 5.84}$$

Del Apéndice A-29, se selecciona el caso de una barra que atraviesa el conducto, y se modelan las resistencias mediante éste, según el esquema presentado a continuación, Figura N° 5.37:

Figura N° 5.37: Esquema de una barra que atraviesa un ducto



Fuente: Los Autores

Del Apéndice A-29 suponiendo para la condición más crítica $E/D = 0,5$ se obtiene $n = 1,21$. La longitud equivalente de la pérdida de presión se calcula mediante:

$$L_{eq} = n \frac{h_v}{h_f} \quad \text{Ecuación 5.85}$$

La presión dinámica h_v se obtiene del Apéndice A-30 (presiones dinámicas) con la velocidad inicial en el ducto $v_0 = 5,08 \text{ m/s}$. Con lo que se obtiene:

$$h_v = 1,61 \text{ mm H}_2\text{O} \quad (15,67 \text{ Pa})$$

La pérdida por rozamiento por metro de sección recta del conducto se obtiene del Apéndice A-31. Entrando en el gráfico con $v_0 = 5,08 \text{ m/s}$ y $Q_{\text{trab}} = 0,094 \text{ m}^3/\text{s}$, se obtiene $h_f = 0,1 \text{ mm H}_2\text{O}$.

Entonces la longitud equivalente que se obtiene es:

$$L_{eq} = 1,21 \left\{ \frac{1,61 \text{ mm H}_2\text{O}}{0,1 \text{ mm H}_2\text{O}} \right\} L_{eq} = 19,481 \text{ m} \quad L_{eq} = 63,914 \text{ ft}$$

Ahora se calcula la pérdida de presión mediante la ecuación 5.84

$$P_{A \rightarrow B} = \frac{0,29 \text{ in H}_2\text{O}}{100 \text{ ft}} L_{eq} = P_{A \rightarrow B} = \frac{0,29 \text{ in H}_2\text{O}}{100 \text{ ft}} 63,914 \text{ ft} = 0,185 \text{ in H}_2\text{O} (46,03 \text{ Pa})$$

Las pérdidas totales en el tramo A-B son entonces:

$$P_{A \rightarrow B} = 0,009 + 0,185 \text{ in H}_2\text{O} = P_{A \rightarrow B} = 0,194 \text{ in H}_2\text{O} (48,27 \text{ Pa})$$

5.2.2.2. Cálculo de las pérdidas de presión en el tramo B-C

Para el tramo B-C se debe calcular la pérdida de presión debida al ducto $P_{B \rightarrow C}$. Por un procedimiento análogo al desarrollado anteriormente para el cálculo de las pérdidas debidas al ducto en el tramo A-B, con una longitud equivalente $L_{eq}=14,5 \text{ ft}$. Como el sistema es simétrico las pérdidas en el tramo B-D son iguales a las del tramo B-C.

$$P_{B \rightarrow C} = P_{B \rightarrow D} = 0,042 \text{ in H}_2\text{O} (10,45 \text{ Pa})$$

La pérdida total del sistema es entonces:

$$P_T = 0,236 \text{ in H}_2\text{O} = P_T = 5,996 \text{ mm H}_2\text{O} (58,72 \text{ Pa})$$

Por lo tanto el ventilador seleccionado debe cumplir con los siguientes requerimientos:

$$Q_{trab} = 340 \text{ m}^3/\text{h} (0,094 \text{ m}^3/\text{s}) \text{ y } P_T = 6 \text{ mm H}_2\text{O} (58,72 \text{ Pa})$$

Basado en estos requerimientos se seleccionó un Ventilador con las siguientes características:

Marca: Soler-Palau

Tipo: CBM/4-4-160/062-70W

Punto de operación del sistema: $Q_{op}=332 \text{ m}^3/\text{h} (0,092 \text{ m}^3/\text{s})$,

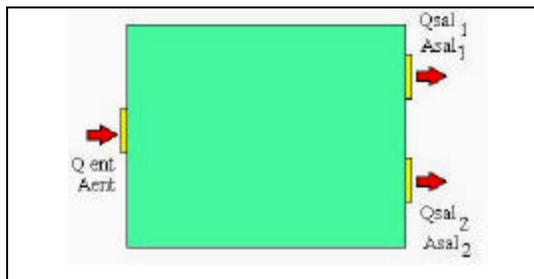
$P_{op}=5,7 \text{ mm H}_2\text{O}$. (Para consultar la curva característica del sistema, ver el Apéndice A-32)

Para ver más detalles sobre el ventilador seleccionado, consulte el Apéndice A-33, en el cual se presentan las especificaciones técnicas del equipo así como su curva característica y dimensiones.

5.2.3. Selección del tamaño de las ventilas de salida

Para seleccionar el tamaño de las ventilas se asumió el sistema abierto representado en la Figura N° 5.38:

Figura N° 5.38: Sistema abierto que modela las ventilas



Fuente: Los Autores

En este sistema se tiene una entrada y dos salidas, y se conoce el caudal de aire de entrada y el área de flujo de entrada, la cual fue calculada en el aparte de la selección del ventilador. Por lo tanto se tiene:

$$Q_{ent} = Q_{trab} = Q_{ent} = 332 \text{ m}^3 / \text{h} \quad (0,092 \text{ m}^3/\text{s})$$

$$A_{ent} = 0,1524 \text{ m}^2 \quad (\text{Sección de ducto de } 6 \times 6 \text{ in})$$

Aplicando la ecuación de continuidad al sistema se obtiene:

$$Q_{ent} = Q_{sal1} + Q_{sal2} \quad \text{Ecuación 5.92}$$

Como:

$$Q_{sal1} = Q_{sal2} = Q_{sal} \quad \text{Ecuación 5.93}$$

Sustituyendo 5.93 en 5.92 se obtiene

$$Q_{ent} = 2Q_{sal} \quad \text{Ecuación 5.94}$$

$$\text{Como: } Q_i = A_i V_i \quad \text{Ecuación 5.95}$$

Sustituyendo 5.95 en la ecuación 5.94, se puede expresar de la forma:

$$A_{ent} V_{ent} = 2 A_{sal} V_{sal} \quad \text{Ecuación 5.96}$$

Asumiendo que la velocidad de salida del aire del gabinete es igual para cada una de las dos salidas y que tiene por valor la mitad de la velocidad del aire en la entrada ($V_{sal} = \frac{1}{2} V_{ent}$), se tiene:

$$A_{ent} V_{ent} = 2 A_{sal} \left(\frac{1}{2} V_{ent} \right) = A_{ent} = A_{sal} \quad \text{Ecuación 5.97}$$

Por lo tanto las ventilas de salida estarán conformadas por dos salidas cuadradas de dimensiones 6 in × 6 in (aproximadamente 0,15m × 0,15m), con regulación. Se seleccionaron con regulación ya que deben permitir modificar los cambios de aire en las distintas etapas del proceso de incubación.

5.2.4. Selección de las resistencias del sistema de calentamiento

5.2.4.1. Cálculo de la potencia requerida por las resistencias

La potencia requerida por las resistencias se obtiene mediante la siguiente expresión⁷:

$$Pot = \frac{Q_{op} \cdot \rho_{aire} \cdot 60 \text{ min} \cdot C_p \cdot T}{3412 \text{ Btu/kW}} \quad \text{Ecuación 5.86}$$

Donde:

ρ_{aire} : es la densidad del aire a la temperatura inicial del proceso.

C_p : Calor específico del aire a la temperatura inicial del proceso.

T : Factor de Seguridad.

Las resistencias se calcularán para el proceso de llevar el aire de la condición de temperatura de bulbo seco del estado 2 $T_{bs2}=68,4$ °F ($T_{bs2}=20,2$ °C), hasta la condición de temperatura de bulbo seco del estado 1 $T_{bs1}=99,50$ °F ($T_{bs1}=37,50$ °C). Ya que este proceso es el más desfavorable para el sistema de calentamiento.

⁷ CHROMALOX. Chromalox heaters, controls and systems I-15 [6].

Por lo tanto se tiene:

$$Q_{op}=195,408\text{ft}^3/\text{min} \text{ (0,092m}^3/\text{s)}$$

$$\rho_{\text{aire}} = \rho_{\text{aire}@99,5^\circ\text{C}}=0,061 \text{ lb/ft}^3 \text{ (0,977 kg/m}^3)$$

$$C_p=0,240\text{Btu/lb}\cdot^\circ\text{F} \text{ (1004,32J/kg}\cdot^\circ\text{C)}. \text{ (Apéndice A-34)}$$

$$T=31,1^\circ\text{F} \text{ (17 }^\circ\text{C)}.$$

$$n=1,2$$

$$Pot = \frac{195,408 \text{ ft}^3 / \text{min} \cdot 0,061 \text{ lb} / \text{ft}^3 \cdot 60 \text{ min} \cdot 0,240 \text{ Btu} / \text{lb} \cdot ^\circ\text{F} \cdot 31,1^\circ\text{F}}{3412 \text{ Btu} / \text{kW}} \cdot 1,2 = 1,877 \text{ kW}$$

5.2.4.2. Selección de la densidad de potencia por unidad de área de la resistencia

Para seleccionar la densidad de potencia por unidad de área de la resistencia se requiere la velocidad del aire y la máxima temperatura de salida del aire.

Como la longitud mínima de las resistencias ofrecidas por el fabricante es de 10,5 in (0,27m) se calculará la velocidad basada en la utilización de una sección de ducto de 11 in \times 6 in (0,28m \times 0,15m).

La velocidad del aire se obtiene mediante:

$$V_{\text{aire}} = \frac{Q_{op}}{A_{\text{ducto}}} = V_{\text{aire}} = \frac{195,408 \text{ ft}^3 / \text{min}}{11 \cdot 6 \text{ in}^2} \cdot \frac{144 \text{ in}^2}{1 \text{ ft}^2} \cdot \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 7,106 \text{ pie} / \text{s} = 2,165 \text{ m/s}$$

La máxima temperatura de salida se establece como $T_{\text{sal}}=99,5^\circ\text{F}$ ($T_{\text{sal}}=37,5^\circ\text{C}$).

Con V_{aire} y $T_{\text{máx}}$ se obtiene en el Apéndice A-35 la densidad de potencia por unidad de área de la resistencia, la cual tiene por valor $W/\text{in}^2=24,5W/\text{in}^2$ (37975,07 W/m^2).

Con la potencia requerida y la densidad de potencia por unidad de área de la resistencia se selecciona el producto, tomando en cuenta que el fabricante recomienda la utilización de bancos de tres resistencias para lograr un mejor control de la temperatura.

Basado en lo anterior se seleccionan tres resistencias con las siguientes características (para ver en detalle las especificaciones refiérase al Apéndice A-36):

Marca: Chromalox.

Modelo: OTF Finstrip Air Heater. Con revestimiento de acero cromado.

Potencia: 600W.

Densidad de potencia: 26W/pulg² (40300 W/m²)

Una vez seleccionado el producto se debe verificar que el producto no excede la máxima temperatura superficial que soporta la resistencia, la cual es $T_{m\acute{a}x}=900^{\circ}\text{F}$ (482,22 °C). Para lo cual se requiere determinar la velocidad mínima requerida por el aire para no exceder esta temperatura. Esta velocidad se calcula mediante el Apéndice A-37, con $T_{sal}=99,5^{\circ}\text{F}$ (37,5 °C) y $W/in_2=26\text{W/pulg}^2$ (40300 W/m²), se obtiene:

$$V_{req} \approx 3 \text{ ft/s} \quad (0,194 \text{ m/s})$$

Para que no se exceda la máxima temperatura de trabajo $T_{m\acute{a}x}=900^{\circ}\text{F}$ (482,22 °C), se debe cumplir que:

$$V_{aire} \geq V_{req}$$

Comparando se obtiene:

$$7,106 \text{ pie/s} \geq 3 \text{ pie/s}$$

Por lo tanto el producto seleccionado no excederá $T_{m\acute{a}x}=900^{\circ}\text{F}$ (482,22 °C), trabajando en las condiciones establecidas.

5.2.5. Selección del sistema de humidificación

El sistema de humidificación está diseñado en base al estado psicrométrico del estado 3, ya que en este se tiene la condición más extrema de operación para este sistema.

5.2.5.1. Cálculo del flujo másico de agua requerido por el sistema de humidificación

El flujo másico de agua requerido por el sistema de humidificación se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$\dot{m}_w = \dot{m}_a (W_4 - W_1) \quad \text{Ecuación 5.87}$$

El flujo másico de aire seco se obtiene mediante:

$$\dot{m}_a = \frac{Q_{op}}{v_{mez}} \quad \text{Ecuación 5.88}$$

El volumen específico del aire húmedo viene dado por:

$$v_{mez} = \frac{R_a \cdot T_4}{P_a} \quad \text{Ecuación 5.89}$$

La presión parcial del aire seco es:

$$P_a = P - P_{v4} \quad \text{Ecuación 5.90}$$

La presión parcial del vapor de agua es:

$$P_{v4} = \phi_4 P_{g1} \quad \text{Ecuación 5.91}$$

De la carta psicrométrica (Apéndice A-38) $\phi_4=7\%$, del Apéndice A-39 se obtiene $P_{g1}=0,064\text{bar}$ (6400 Pa), por lo tanto:

$$P_{v4} = (0,07) \cdot 0,064 \text{ bar} = P_{v4} = 0,00448 \text{ bar} \quad (448 \text{ Pa})$$

Con $P=P_{atm}=1,01\text{bar}$ (101 kPa), se tiene:

$$P_a = 1,01\text{bar} - 0,00448\text{bar} = P_a = 1,00552\text{bar} \quad (100,552 \text{ kPa})$$

Ahora se calcula el volumen específico de la mezcla:

Con $T_4=37,5\text{ }^\circ\text{C}=310,65\text{K}$ y $R_a=0,083\text{bar}\cdot\text{m}^3/\text{kmol}\cdot\text{K}$

$$v_{mez} = \frac{0,083\text{bar} \cdot \text{m}^3/\text{kmol} \cdot \text{K} \cdot 310,65\text{K}}{1,00552\text{bar} \cdot 28,97\text{kg}/\text{kmol}} = v_{mez} = 0,885 \text{ m}^3/\text{kg} \quad \text{aire seco}$$

Ahora el flujo másico de aire seco es:

$$\dot{m}_a = \frac{322 \text{ m}^3/\text{h}}{0,885 \text{ m}^3/\text{kg} \cdot \text{aire seco}} = \dot{m}_a = 363,842 \text{ kg} \cdot \text{aire seco}/\text{h}$$

Por lo tanto el flujo másico de agua requerido con: $\phi_1=0,025\text{kg}$ agua/kg aire seco y $\phi_4=0,003\text{kg}$ agua/kg aire seco (tomados Apéndice A-38), es:

$$\dot{m}_w = 363,842 \frac{\text{kg} \cdot \text{aire seco}}{\text{h}} \cdot 0,025 \text{ kg} \cdot \text{agua}/\text{kg} \cdot \text{aire seco} + 0,003 \text{ kg} \cdot \text{agua}/\text{kg} \cdot \text{aire seco} \\ \dot{m}_w = 8,005 \text{ kg} \cdot \text{agua}/\text{h} \quad (2,22 \cdot 10^{-3} \text{ kg}/\text{s})$$

5.2.6. Selección del aspersor

El aspersor a utilizar se seleccionó en base al flujo másico de agua requerido por el sistema de humidificación, el cual es: $\dot{m}_w \approx 8,005 \text{ kg}_{\text{agua}} / \text{h}$ ($2,22 \times 10^{-3} \text{ kg} / \text{s}$)

Por lo tanto se requiere un aspersor que maneje un caudal de trabajo de:

$$Q_{asp} \approx 8,005 \text{ l}_{\text{agua}} / \text{hora} \quad (2,22 \times 10^{-6} \text{ m}^3 / \text{s})$$

En base al caudal de trabajo obtenido se seleccionó un microaspersor con las siguientes características:

Marca: DAN SPRINKLERS

Modelo: Naan 7110 Hadar

Inserto tipo: Pulverizador

Tamaño de la boquilla: 0,8 mm

Color de la boquilla: Negra

Presión de trabajo: 1,0 atm (101 kPa)

Caudal de trabajo: 23 l/h ($6,389 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$)

Para ver en detalle las especificaciones refiérase al Apéndice A-40.

Por recomendación del vendedor del aspersor seleccionado, se requiere colocar un filtro para el agua que pasará a través del aspersor, para que éste no se obstruya; el mismo se debe colocar antes de la válvula de control del aspersor. Se seleccionó un filtro de agua de paso rápido, con las siguientes especificaciones:

Marca: CW

Modelo: CW2 opaco

Temperatura máxima de trabajo: 35 °C

Presión máxima de trabajo: 125 psi (861,84 MPa)

Caudal máximo de trabajo: 7 l/min ($1,16 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$)

5.2.7. Dimensionamiento del ducto de entrada al gabinete de incubación

Las dimensiones del ducto de entrada se asignarán de forma tal que tenga capacidad de alojar los componentes seleccionados para el sistema tratamiento de aire (ver Plano N°47).

5.2.7.1. Cálculo de la cantidad de calor transferido por el gabinete exterior

El gabinete exterior estará constituido por láminas de acrílico de 5 milímetros de espesor, las cuales van instaladas sobre la estructura metálica exterior del equipo; y por una puerta corrediza de acrílico con estructura de perfiles de aluminio, que también va instalada sobre la parte frontal de esta estructura, (las dimensiones finales de las láminas de acrílico y de la puerta se presentan en los Planos 38 al 41 del Anexo 1).

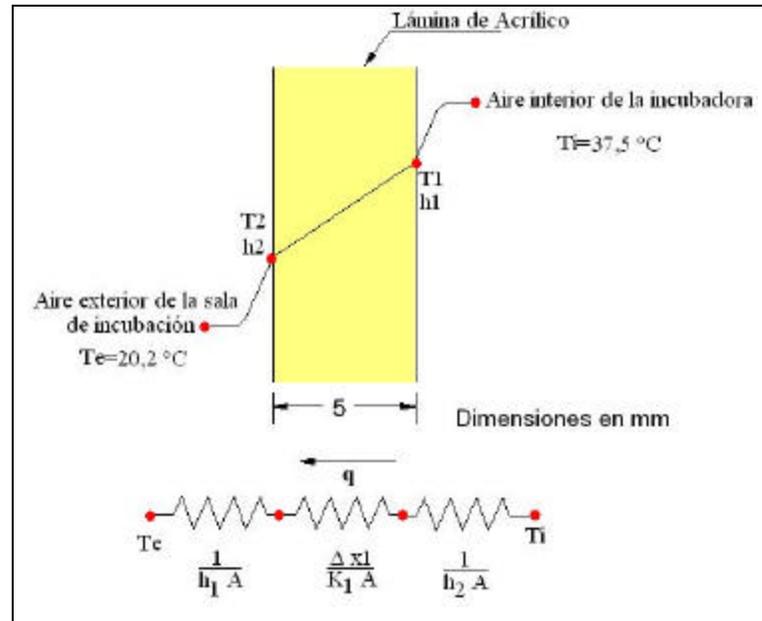
Para el desarrollo de los cálculos se utilizaron la temperatura de diseño correspondiente al interior de la incubadora ($T_1=37,5$ °C) y temperatura exterior de diseño correspondiente a la condición de temperatura exterior más baja ($T_2=20,2$ °C). Se escogieron estas dos temperaturas, porque estas producen la mayor diferencia de temperatura, por lo tanto la mayor transferencia de calor del gabinete se da para estas condiciones.

5.2.7.2. Cálculo de la cantidad de calor transferido por la tapa superior

Como se dijo anteriormente, la parte exterior va a estar constituida por una lámina de acrílico de 5mm de espesor, y tiene un área de transferencia de calor de dimensiones: $0,85\text{m} \times 1,20$ m. (Ver Plano 38 en el Anexo 1).

El cálculo se realizó suponiéndolo como un caso de transferencia de calor global a través de una pared plana, empleando el método de analogía eléctrica. En la Figura N° 5.39 se presenta un diagrama esquemático de la pared, con sus dimensiones, y la representación del circuito de resistencias de la analogía eléctrica.

Figura N° 5.39: Transferencia de calor global a través de una pared plana compuesta



Fuente: Los Autores

Considerando la pared plana en contacto con el aire interior de la incubadora y con el aire exterior de la sala de incubación, el calor transferido se calcula mediante:

$$q = UA \Delta T_{global} \quad \text{Ecuación 5.98}$$

El coeficiente global de transferencia de calor U se calcula mediante:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_1} + \frac{x_1}{K_1} + \frac{x_2}{K_2} + \frac{x_3}{K_3} + \frac{1}{h_2}} \quad \text{Ecuación 5.99}$$

Tabla N° 5.9: Características térmicas y físicas del problema de transferencia global de calor en la tapa superior del gabinete

Característica	Valor	Unidades	Observaciones
Temperatura del aire interno de la incubadora (T_1)	37,5	°C	Temperatura de operación dentro de la incubadora
Temperatura del aire exterior de la sala de incubación (T_2)	20,2	°C	Mínima temperatura exterior de diseño
Coefficiente de película del aire interior de la incubadora (h_1)	2,837	W/m °C	Tomado del Apéndice A-41
Coefficiente de película del aire exterior de la sala de incubación (h_2)	2,837	W/m °C	Tomado del Apéndice A-41
Conductividad térmica del acrílico (K_2)	0,251	W/m °C	Tomado del Apéndice A-42
Espesor de la lámina de acrílico (x_2)	0,005	m	Tomado del Apéndice A-43
Área de transferencia de calor (A)	1,02	m ²	

Fuente: Los Autores

Sustituyendo los valores presentados en la Tabla N° 5.9 en la ecuación 5.99 se obtiene:

$$U \approx 1,38 \frac{W}{m^2 \cdot C}$$

Por lo tanto el calor transferido por la tapa superior es:

$$q_{sup} \approx 1,38 \frac{W}{m^2 \cdot C} \cdot 1,02 m^2 \cdot (37,5 - 20,2) \cdot C$$

$$q_{sup} \approx 24,36 W$$

Para las tapas laterales, la inferior y la posterior, se realizaron cálculos análogos al anterior, los resultados obtenidos se resumen en la Tabla N° 5.10:

Tabla N° 5.10: Resultados de los cálculos de transferencia de calor en las láminas de acrílico

Lámina	Material	Área [m ²]	Calor transferido [W]
Superior	Lámina de acrílico	1,02	24,36
Lateral derecha	Lámina de acrílico	1,53	33,13
Lateral izquierda	Lámina de acrílico	1,53	33,13
Inferior	Lámina de acrílico	1,02	16,30
Puerta	Lámina de acrílico	2,160	47,00
Calor total transferido			200,90

Fuente: Los Autores

El calor total transferido es entonces:

$$q_{total} = 200,90W$$

Cantidad que representa aproximadamente el 11% del calor total suministrado al sistema. Por lo cual se puede decir que esta pérdida no es significativa comparada con el calor suministrado.

5.3. Diseño final del sistema de soporte y volteo de los huevos y del sistema de tratamiento de aire

Una vez realizados todos los cálculos, ya se tienen definidos todos los componentes de los sistemas de soporte y volteo y el de tratamiento de aire. Así que a continuación se muestra en las figuras N° 5.40 y 5.41 una vista general de la incubadora, y en las Figuras N° 5.42 y 5.43 detalles de los sistemas que la integran.

Figura N° 5.40: Vista frontal de la incubadora diseñada



Fuente: Los Autores

En las Figura N° 5.40 y 5.41 se aprecia el diseño final del prototipo de incubadora. El prototipo propuesto tiene las siguientes características:

- ✍ Capacidad para 1080 huevos de Pato Real.
- ✍ 18 Bandejas de lámina galvanizada con capacidad para alojar 2 contenedores de cartón de 30 huevos cada uno.
- ✍ Estructura de soporte y volteo de acero estructural.
- ✍ Volteo automático por medio de sistema electromecánico.
- ✍ Flujo de aire forzado por medio de un ventilador centrífugo de 70W.
- ✍ Sistema de calentamiento de aire por medio de tres resistencias eléctricas de 600 W cada una.
- ✍ Sistema de humidificación de aire por medio de aspersion de agua. Caudal de trabajo: 23 l/h ($6,389 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$) a Presión de trabajo 1,0 atm (101 kPa).

- ✍ Ventiladores regulables para modificar el número de cambios de aire requeridos durante las etapas de incubación.
- ✍ Estructura exterior de acero estructural con paredes de lámina de acrílico transparente de 5mm de espesor.
- ✍ Las dimensiones exteriores del conjunto se presentan en el Plano 51 del Anexo 1.

Figura N° 5.41: Vista posterior de la incubadora diseñada



Fuente: Los Autores

En la Figura N° 5.42 se presenta un detalle del sistema electromecánico que acciona el mecanismo de volteo de los huevos. Se puede apreciar que consta de un mecanismo reductor de velocidad de doble tornillo sinfín, y un motor eléctrico de 800 r.p.m. y 12W de potencia. Por medio de este sistema de accionamiento se logra el volteo de los huevos de forma lenta y sin trepidaciones. Las dimensiones finales del conjunto se presentan en el Plano 22 del Anexo 1.

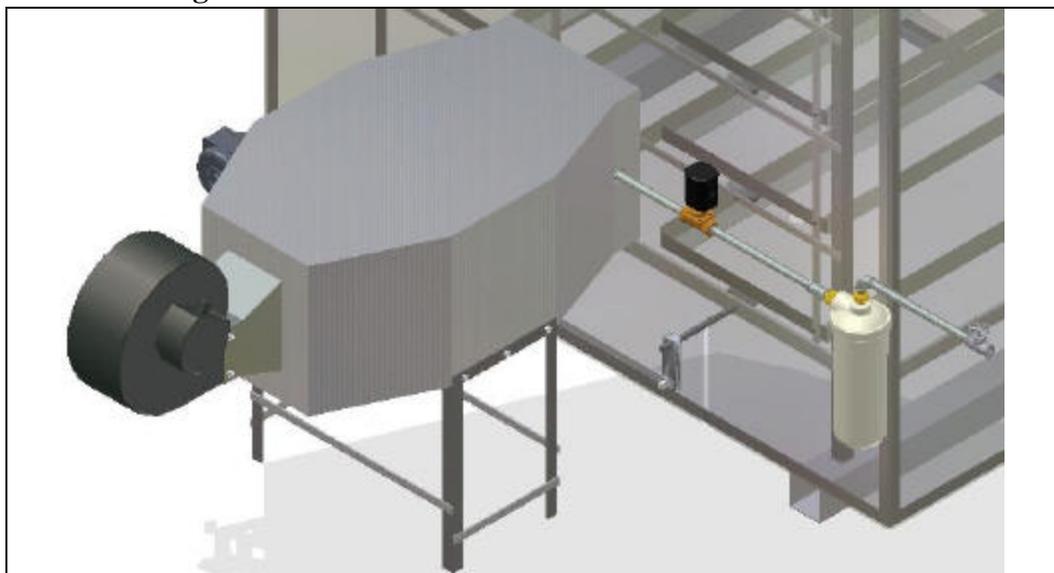
Figura N° 5.42: Detalle del mecanismo del sistema de soporte y volteo



Fuente: Los Autores

En la Figura N° 5.43 se presenta un detalle del sistema de tratamiento de aire de la incubadora. Se pueden apreciar el ventilador del sistema y el ducto dentro del cual están los componentes encargados de llevar a cabo los procesos de calentamiento y humidificación. Las dimensiones finales del conjunto se presentan en el Plano 43 del Anexo 1.

Figura N° 5.43: Detalle del sistema de tratamiento de aire



Fuente: Los Autores

CAPÍTULO VI

CAPÍTULO VI

6. DISEÑO Y SELECCIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL

Para diseñar el sistema de control y seleccionar los componentes que lo conformarán se deben especificar primero las condiciones de funcionamiento de los equipos seleccionados para constituir la incubadora, para lo cual se elabora el diagrama unifilar de potencia. Luego se desarrollará el sistema de control, basado en las características de funcionamiento de los equipos seleccionados.

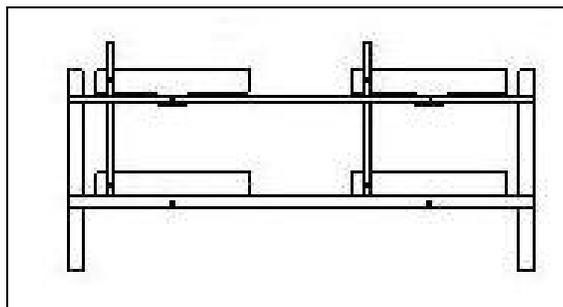
6.1. Descripción general del funcionamiento del sistema de volteo de la incubadora

El sistema de volteo debe cumplir básicamente las dos funciones siguientes:

1. Carga y descarga de las bandejas de incubación.
2. Voltar las bandejas de incubación cada tres horas.

Para llevar a cabo la función de carga y descarga de las bandejas de incubación, el sistema de volteo debe posicionar los portabandejas horizontalmente como se aprecia en la Figura N° 6.1.

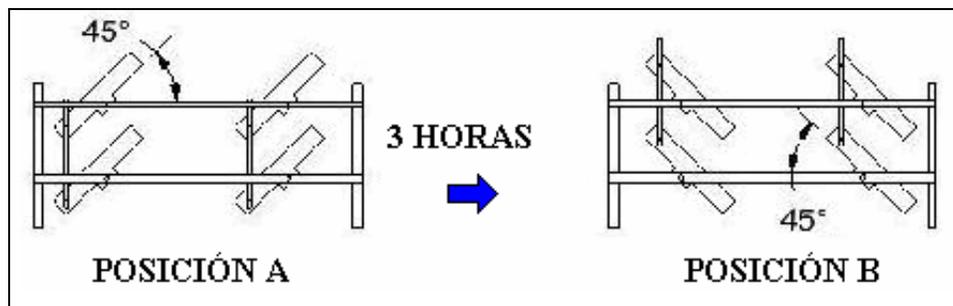
Figura N° 6.1: Posición de los portabandejas para cargar y descargar las bandejas de incubación



Fuente: Los Autores

La función de voltear las bandejas cada tres horas se lleva a cabo una vez introducidas las bandejas de incubación en la máquina y consiste en hacer inclinar el portabandeja 45° con respecto a la horizontal, y pasadas tres horas hacerlo girar 90° en sentido contrario con respecto a la posición anterior, este proceso se lleva a cabo consecutivamente cada tres horas. El proceso de volteo puede visualizarse en la Figura N° 6.2.

Figura N° 6.2: Explicación del proceso de volteo



Fuente: Los Autores

6.2. Descripción general del funcionamiento del sistema de tratamiento de aire

El aire es forzado a entrar a la incubadora por medio del ventilador, luego pasa a través del sistema de calentamiento, el cual aumenta la temperatura del aire introducido hasta la temperatura de incubación cuando es requerido, por medio del calentamiento del mismo con las resistencias seleccionadas. Seguidamente el aire pasa por la sección de humidificación donde un aspensor rocía agua en el flujo de aire para así aumentar su humedad, si las condiciones dentro de la incubadora lo requieren.

6.3. Características de los equipos seleccionados

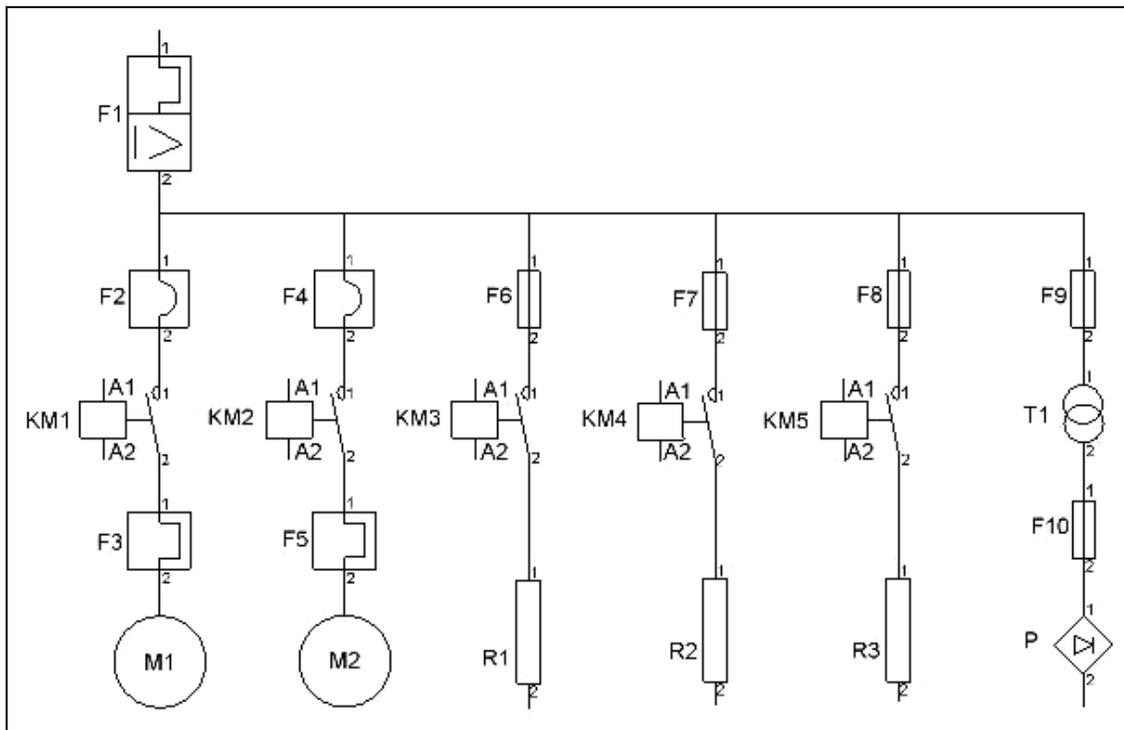
Los equipos que conforman el sistema a controlar son monofásicos en voltaje 110V AC. La tensión de alimentación es suministrada por la red de distribución local. Los equipos seleccionados son:

- ✗ Motor del sistema de volteo (12 W/ 110 V).
- ✗ Motor del ventilador del sistema de tratamiento de aire (70 W/ 110 V).
- ✗ 3 Resistencias del sistema de calentamiento de aire (600 W/ 110 V).

Los equipos seleccionados para el sistema de control son alimentados con una fuente de 24V DC.

A continuación se presenta el diagrama unifilar de potencia del sistema de equipos en la Figura N° 6.3. Los componentes eléctricos seleccionados son de la marca Schneider.

Figura N° 6.3: Diagrama Unifilar de Potencia



Fuente: Los Autores

6.4. Especificaciones de los componentes seleccionados

Además de las especificaciones técnicas de cada componente, se dará la notación asignada a cada uno en el diagrama unifilar de potencia (ver Figura N° 6.3).

6.4.1. Componentes del sistema de volteo

✍ Interruptor principal.

Tabla N° 6.1: Interruptor Principal

Designación	Referencia	Corriente Nominal (In)	Voltaje	Número de polos	Nomenclatura Utilizada
Interruptor termomagnético	QO220	20 A	120/240 V AC	2	F1

Fuente: Myce 2002 Schneider Electric

Componentes del arrancador del motor del sistema de volteo

Este arrancador está constituido por la asociación de 3 productos:

1. Relé de sobreintensidad magnético.

Tabla N° 6.2: Relé de sobreintensidad magnético del arrancador del motor del sistema de volteo

Designación	Referencia	Potencia motor	Corriente	Coordinación	Nomenclatura Utilizada
Relé de sobreintensidad magnético	GV2-LE05	0,37 kW	0,98 A	Tipo 1-440V	F2

Fuente: Myce 2002 Schneider Electric

2. Contactor de arranque.

Tabla N° 6.3: Contactor de arranque del motor del sistema de volteo

Designación	Referencia	Potencia Normalizada 220/230 V Categoría AC3	Contactos Auxiliares	Voltaje de la bobina de accionamiento	Nomenclatura
Contactor	LC1-D09B7	2,2 kW	1 NA 1 NC	24 V DC	KM1

Fuente: Myce 2002 Schneider Electric

3. Relé de sobreintensidad térmica.

Tabla N° 6.4: Relé de sobreintensidad térmica del motor del sistema de volteo

Designación	Referencia	Zona de reglaje del relé (A)		Nomenclatura
Relé de sobreintensidad térmica	LR2-K0306	Clase	10A	F3
		0,8	1,2	

Fuente: Myce 2002 Schneider Electric

6.4.2. Componentes del sistema de tratamiento de aire

Componentes del arrancador del motor del ventilador:

Este arrancador está constituido por la asociación de 3 productos:

1. Relé de sobreintensidad magnético.

Tabla N° 6.5: Relé de sobreintensidad magnético del motor del ventilador

Designación	Referencia	Potencia motor	Corriente	Coordinación	Nomenclatura Utilizada
Relé de sobreintensidad magnético	GV2-LE05	0,37 kW	0,98 A	Tipo 1-440V	F4

Fuente: Myce 2002 Schneider Electric

2. Contactor de arranque

Tabla N° 6.6: Contactor de arranque del motor del ventilador

Designación	Referencia	Potencia Normalizada 220/230 V Categoría AC3	Contactos Auxiliares	Voltaje de la bobina de accionamiento	Nomenclatura
Contactor	LC1-D09B7	2,2 kW	1 NA 1 NC	24 V DC	KM2

Fuente: Myce 2002 Schneider Electric

3. Relé de sobreintensidad térmica.

Tabla N° 6.7: Relé de sobreintensidad térmica del motor del ventilador

Designación	Referencia	Zona de reglaje del relé (A)		Nomenclatura
Relé de sobreintensidad térmica	LR2-K0306	Clase	10 A	F5
		0,8	1,2	

Fuente: Myce 2002 Schneider Electric

CAPÍTULO VI. DISEÑO Y SELECCIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL

Componentes del arrancador de la resistencia 1:

Este arrancador está constituido por 2 productos:

1. Fusible cilíndrico.

Tabla N° 6.8: Fusible cilíndrico del arrancador de la resistencia 1.

Designación	Referencia	Calibre	Peso	Nomenclatura
Fusible cilíndrico 10x38	DF2-CN08	8 A	0,010 kg	F6

Fuente: Myce 2002 Schneider Electric

2. Contactor de arranque.

Tabla N° 6.9: Contactor de arranque de la resistencia 1.

Designación	Referencia	Corriente en AC1 (T<40 °C)	Contactos Auxiliares	Voltaje de la bobina de accionamiento	Nomenclatura
Contactador	LC1-D09B7	9 A	1 NA 1 NC	24 V DC	KM3

Fuente: Myce 2002 Schneider Electric

Componentes del arrancador de la resistencia 2.

Este arrancador está constituido por 2 productos:

1. Fusible cilíndrico.

Tabla N° 6.10: Fusible cilíndrico de la resistencia 2.

Designación	Referencia	Calibre	Peso	Nomenclatura
Fusible cilíndrico 10x38	DF2-CN08	8 A	0,010 kg	F7

Fuente: Myce 2002 Schneider Electric

CAPÍTULO VI. DISEÑO Y SELECCIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL

2. Contactor de arranque

Tabla N° 6.11: Contactor de arranque de la resistencia 2.

Designación	Referencia	Corriente en AC1 (T<40 °C)	Contactos Auxiliares	Voltaje de la bobina de accionamiento	Nomenclatura
Contactor	LC1-D09B7	9 A	1 NA 1 NC	24 V DC	KM4

Fuente: Myce 2002 Schneider Electric

Componentes del arrancador de la resistencia 3.

Este arrancador está constituido por 2 productos:

1. Fusible cilíndrico.

Tabla N° 6.12: Fusible cilíndrico de la resistencia 3.

Designación	Referencia	Calibre	Peso	Nomenclatura
Fusible cilíndrico 10x38	DF2-CN08	8 A	0,010 kg	F8

Fuente: Myce 2002 Schneider Electric

2. Contactor de arranque

Tabla N° 6.13: Contactor de arranque de la resistencia 3.

Designación	Referencia	Corriente en AC1 (T<40 °C)	Contactos Auxiliares	Voltaje de la bobina de accionamiento	Nomenclatura
Contactor	LC1-D09B7	9 A	1 NA 1 NC	24 V DC	KM5

Fuente: Myce 2002 Schneider Electric

CAPÍTULO VI. DISEÑO Y SELECCIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL

Componentes del sistema de alimentación del sistema de control:

El sistema de alimentación del sistema de control esta conformado por la asociación de 4 aparatos:

1. Fusible cilíndrico.

Tabla N° 6.14: Fusible cilíndrico calibre 4 A

Designación	Referencia	Calibre	Peso	Nomenclatura
Fusible cilíndrico 10x38	DF2-CN04	4 A	0,010 kg	F9

Fuente: Myce 2002 Schneider Electric

2. Transformador de voltaje

Tabla N° 6.15: Transformador de voltaje

Designación	Voltaje de entrada	Voltaje de salida	Capacidad	Nomenclatura
Transformador de voltaje AC	110 V AC	24 V AC	350 VA	T1

Fuente: Myce 2002 Schneider Electric

3. Fusible cilíndrico

Tabla N° 6.16: Fusible cilíndrico calibre 16 A

Designación	Referencia	Calibre	Peso	Nomenclatura
Fusible cilíndrico 10x38	DF2-CN16	16 A	0,010 kg	F10

Fuente: Myce 2002 Schneider Electric

4. Puente Rectificador

Tabla N° 6.17: Puente rectificador

Designación	Voltaje de entrada	Voltaje de salida	Nomenclatura
Puente rectificador de voltaje AC/DC	24 V AC	24 V DC	P

6.5. Sistema de control seleccionado

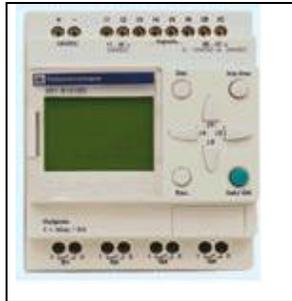
En vista de las características generales de funcionamiento del sistema se seleccionó un Controlador Lógico Programable para gobernar las operaciones de funcionamiento de los sistemas de volteo y de tratamiento de aire de la incubadora. El Controlador Lógico Programable seleccionado corresponde al modelo Zelio (ver Figura N° 6.4) de la marca Schneider (para ver sus especificaciones técnicas consulte el Apéndice A-44), sus características principales se presentan en la Tabla N° 6.18:

Tabla N° 6.18: Características del Controlador Lógico Programable seleccionado

Entradas todo o nada (digitales):	10; 24V DC
Entradas mixtas TON (digitales)/analógicas:	2; 24V DC/0... 10V
Salidas todo o nada:	8 (a Relé 8 A)
Zx teclas:	Sí
Reloj:	Sí
Referencia:	SR1-B201BD

Fuente: Myce 2002 Schneider Electric

Figura N° 6.4: Controlador Lógico Programable modelo Zelio



Fuente: Zelio Soft

A continuación se describirán los componentes seleccionados para completar el sistema de control de la incubadora, primero para el sistema de volteo, luego para el sistema de tratamiento de aire de la incubadora. Seguidamente se establecerá la narrativa técnica de funcionamiento de los sistemas y el diagrama escalera del programa elaborado.

6.5.1. Componentes para el control del sistema de volteo

Para llevar a cabo el control del sistema de volteo de la incubadora se requieren los siguientes componentes de mando y auxiliares de mando automático:

- ✍ Botón giratorio simple de tres posiciones (carga/descarga y voltear).

Tabla N° 6.19: Botón giratorio del control del sistema de volteo

Designación	Referencia	Posiciones	Contactos	Color	Peso	Nomenclatura
Botón giratorio maneta corta	XB4-BD33	3 fijas	2 NA	Negro	0,095 kg	Selector: S1 Posición cargar/descargar: C1 Posición voltear: V1

Fuente: Myce 2002 Schneider Electric

CAPÍTULO VI. DISEÑO Y SELECCIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL

✍ Final de carrera para la posición carga y descarga.

Tabla N° 6.20: Final de carrera para la posición cargar/descargar

Designación	Referencia	Tipo	Contactos	Peso	Nomenclatura
Interruptor de posición	XCK-P102	Cuerpo plástico con pulsador y roldana termoplástica	1 NA 1 NC	0,055 kg	P1

Fuente: Myce 2002 Schneider Electric

✍ Final de carrera superior para la posición voltear.

Tabla N° 6.21: Final de carrera superior para la posición de voltear

Designación	Referencia	Tipo	Contactos	Peso	Nomenclatura
Interruptor de posición	XCK-P102	Cuerpo plástico con pulsador y roldana termoplástica	1 NA 1 NC	0,055 kg	P2

Fuente: Myce 2002 Schneider Electric

✍ Final de carrera inferior para la posición voltear.

Tabla N° 6.22: Final de carrera inferior para la posición voltear

Designación	Referencia	Tipo	Contactos	Peso	Nomenclatura
Interruptor de posición	XCK-P102	Cuerpo plástico con pulsador y roldana termoplástica	1 NA 1 NC	0,055 kg	P3

Fuente: Myce 2002 Schneider Electric

6.5.2. Componentes para el control del sistema de tratamiento de aire

Para llevar a cabo el control del sistema de tratamiento de aire de la incubadora se seleccionaron los siguientes componentes de mando, señalización y control:

- ✍ Botón giratorio simple de dos posiciones para arrancar el ventilador del sistema.

Tabla N° 6.23: Botón giratorio para arrancar el ventilador

Designación	Referencia	Posiciones	Contactos	Color	Peso	Nomenclatura
Botón giratorio maneta corta	XB4-BD21	2 fijas	1 NA	Negro	0,085 kg	Selector S2 Posición Encender Ventilador: V2 Posición Apagar Ventilador: V3

Fuente: Myce 2002 Schneider Electric

- ✍ Piloto luminoso indicador de sobrecalentamiento.

Tabla N° 6.24: Piloto luminoso

Designación	Referencia	Color	Peso	Nomenclatura
Piloto luminoso	XB4-BV34	Rojo	0,070 kg	L1

Fuente: Myce 2002 Schneider Electric

CAPÍTULO VI. DISEÑO Y SELECCIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL

✎ Termocupla tipo J instalada dentro del gabinete de incubación.

Tabla N° 6.25: Termocupla

Marca	Designacion	Referencia	Dimensiones	Conector	Nomenclatura
Chromalox	Termocupla tipo J	TJ36-ICSS-14U-6/C	1/4inx200mm	Ø ¼ in NPTx ¼ in ISO	TC1

Fuente: Catálogo Chromalox

Ver Apéndice A-45

✎ Humidostáto

Tabla N° 6.26: Humidostáto

Marca	Designación	Referencia	Rango de operación y Set Point	Máxima temperatura de operación	Contactos	Nomenclatura
Honeywell	Humidostáto	H8808B	10-60 HR	52 °C	1 NA	H1

Fuente: www.honeywell.com

Ver Apéndice A-46

✎ Válvula solenoide

Tabla N° 6.27: Válvula solenoide

Marca	Referencia	Diámetro nominal de la tubería	Diámetro de paso	Diferencial de presión de operación psi		Voltaje de operación de la bobina de accionamiento	Nomenclatura
				Mín.	Máx.		
ASCO	8210G2	½ in	5/8 in	0	40	24 DC	VS1

Fuente: Riese & CIA

Ver Apéndice A-47

6.6. Narrativa técnica del funcionamiento de los equipos que conforman la incubadora

6.6.1. Narrativa técnica del funcionamiento del sistema de volteo de la incubadora

1. Para cargar y descargar la máquina se coloca el selector (S1) en la posición cargar/descargar (C1), lo cual activa el arranque del motor (M1) del sistema de volteo al energizar la bobina del contactor (KM1). El motor funciona hasta que el portabandeja alcanza la posición horizontal, punto en el cual se acciona el final de carrera (P1) desenergizando la bobina del contactor (KM1), produciendo la parada del motor (M1).
2. Para activar el sistema de volteo, se debe colocar el selector (S1) en la posición voltear (V1), lo cual acciona el arranque del motor (M1) del sistema de volteo al energizar la bobina del contactor (KM1), el motor funcionará hasta que el portabandeja alcance una posición de 45° con respecto a la horizontal, momento en el cual se acciona el final de carrera (P2), lo cual desenergiza a bobina del contactor (KM1) produciendo la parada del motor del sistema de volteo (M1).
3. Transcurridas tres horas se produce el arranque del motor (M1) al energizarse la bobina del contactor (KM1), el motor funcionará hasta que el portabandeja gire 90° en sentido contrario a la posición anterior, instante en que se acciona el final de carrera (P3) desenergizando la bobina del contactor (KM1), generando la parada del motor (M1).
4. El proceso de volteo se lleva a cabo automáticamente cada 3 horas.

5. Cuando no se requiera el funcionamiento del sistema de volteo, se coloca el selector (S1) en la posición cargar/descargar (C1), con lo cual se repite el proceso descrito en el punto 1.

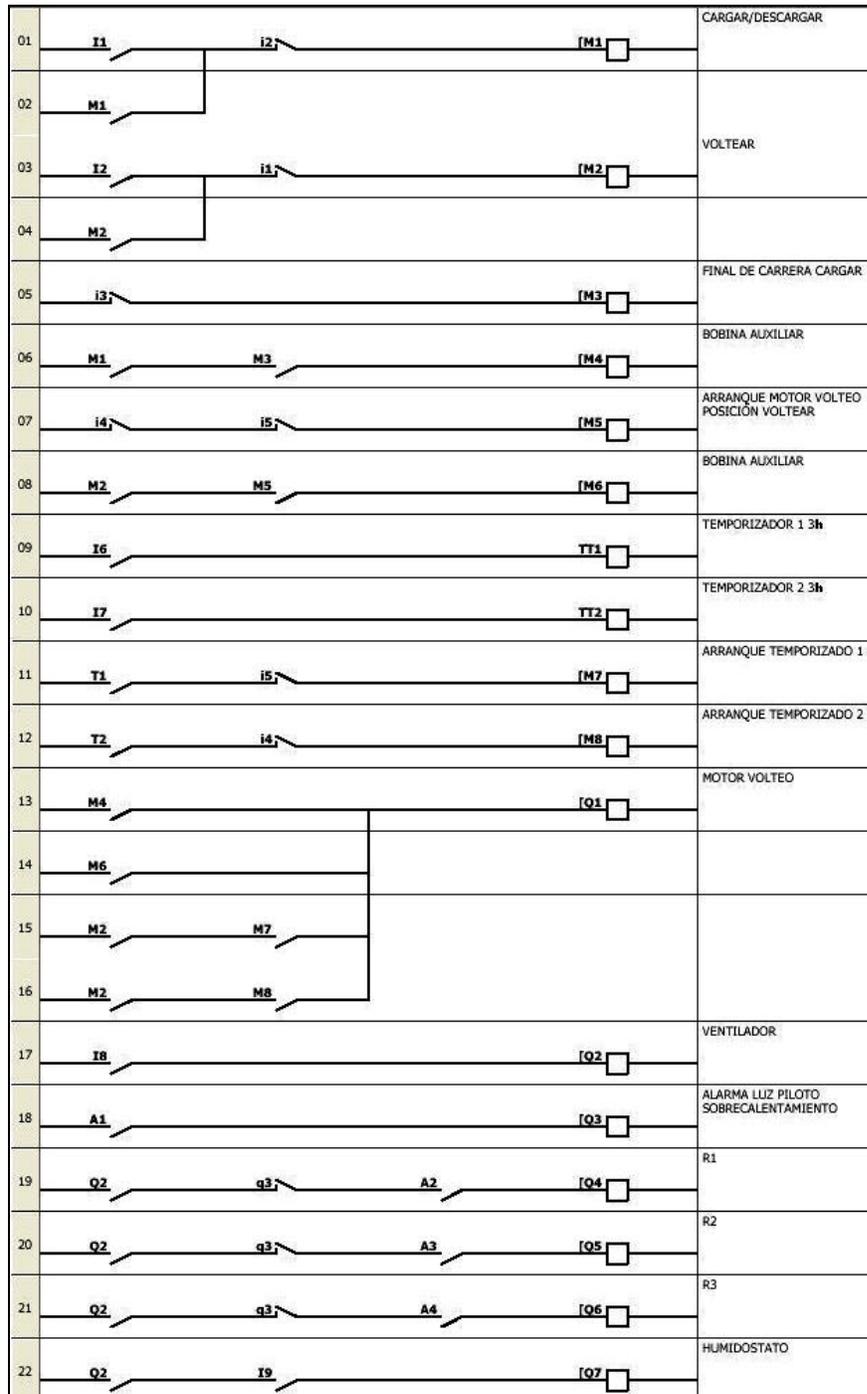
6.6.2. Narrativa técnica del funcionamiento del sistema de tratamiento de aire de la incubadora

1. Para poner en funcionamiento el sistema de tratamiento de aire de la incubadora, se debe colocar el selector (S2) en la posición encender el ventilador (V2), lo cual acciona el arranque del motor (M2) del ventilador al energizar la bobina del contactor (KM2).
2. Los equipos de calentamiento y humidificación solo funcionan si el ventilador está encendido, es decir, si la bobina del contactor (KM2) esta energizada.
3. Si la señal de la termocupla (TC1) indica que la temperatura es menor o igual a 25,5 °C, se energiza la bobina del contactor (KM3) encendiendo la resistencia (R1).
4. Si la señal de la termocupla (TC1) indica que la temperatura es menor o igual a 31,5 °C, se energiza la bobina del contactor (KM4) encendiendo la resistencia (R2).
5. Si la señal de la termocupla (TC1) indica que la temperatura es menor o igual a 37,5 °C, se energiza la bobina del contactor (KM5) encendiendo la resistencia (R1).
6. Si la señal de la termocupla (TC1) indica que la temperatura es mayor o igual a 38,5 °C, se interrumpe el funcionamiento del sistema de calentamiento y se enciende la luz piloto (L1), indicando que se ha presentado sobrecalentamiento dentro de la incubadora.

7. Si la señal del humidostáto (H1) registra que la humedad relativa es menor al 55%, se energiza la bobina de la válvula solenoide (VS1), accionando la abertura de la misma, permitiendo el paso de agua al sistema de humidificación por aspersión.

6.7. Diagrama escalera del sistema de control

Figura N° 6.5: Diagrama escalera



Fuente: Los Autores

Tabla N° 6.28: Nomenclatura del diagrama escalera

<i>Entradas todo o nada</i>	
I1	Posición C1 del selector S1
I2	Posición V1 del selector S1
I3	Contactador normalmente cerrado de P1
I4	Contactador normalmente cerrado de P2
I5	Contactador normalmente cerrado de P3
I6	Contactador normalmente abierto de P2
I7	Contactador normalmente abierto de P3
I8	Posición V2 del selector S2
I9	Contacto normalmente abierto de H1
<i>Entrada analógica</i>	
IB	Termocupla TC1
<i>Bobinas auxiliares</i>	M_i
<i>Bobinas temporizadas</i>	
TT1	Bobina temporizada 1 (ON Delay; 3h)
TT2	Bobina temporizada 2 (ON Delay; 3h)
<i>Contactos temporizados</i>	
T1	Contacto de TT1 (ON Delay; 3h)
T2	Contacto de TT2 (ON Delay; 3h)
<i>Comparadores analógicos</i>	
A1	Comparador analógico 1 ($IB \geq Ref1$)
A2	Comparador analógico 2 ($IB \geq Ref2$)
A3	Comparador analógico 3 ($IB \geq Ref3$)
A4	Comparador analógico 4 ($IB \geq Ref4$)
<i>Salidas todo o nada</i>	
Q1	Bobina del contactor KM1
Q2	Bobina del contactor KM2
Q3	Piloto luminoso L1
Q4	Bobina del contactor KM3
Q5	Bobina del contactor KM4
Q6	Bobina del contactor KM5
Q7	Bobina de VS1

Fuente: Los Autores

6.8. Indicador digital de temperatura-humedad

Para tener la lectura de las variables temperatura de bulbo seco y humedad relativa dentro de la incubadora se dispondrá de un indicador digital de temperatura-humedad, colocado en el interior del gabinete de incubación. Ya que estas constituyen las variables más importantes en el proceso de incubación. Además este dispositivo es necesario para establecer los valores de referencia de los comparadores analógicos empleados en el programa del controlador lógico programable, durante el proceso de puesta a punto de la incubadora. Las especificaciones del indicador seleccionado se presentan en la Tabla N° 6.29.

Tabla N° 6.29: Especificaciones del indicador digital de temperatura-humedad

Designación	Referencia	Rango de temperaturas de operación	Rango de humedad de operación	Alimentación
Indicador digital de temperatura-humedad	J411-TH	-10 °C a 50 °C (precisión 0,1 °C)	10 % a 99% (precisión 1 %)	1 batería tamaño AAA 1,5 V DC

Fuente: TECMEQUIP C.A.

Ver Apéndice A-48

CAPÍTULO VII

CAPÍTULO VII

7. MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

7.1. Introducción

A continuación se presentan las instrucciones generales del procedimiento esencial para lograr una correcta operación y mantenimiento de la incubadora. Es importante que sean leídas cuidadosamente antes de poner en funcionamiento la máquina para lograr mejores resultados, y deben guardarse estas instrucciones en buenas condiciones para futuras consultas.

Este manual incluye procedimientos recomendados para obtener nacimientos exitosos, pero la incubación implica el control y manipulación de un gran número de factores y en ciertas circunstancias, diferentes procedimientos pueden ser necesarios. Además se establecen los procedimientos de mantenimiento necesarios para conservar la máquina en buenas condiciones, de modo de garantizar el funcionamiento adecuado de la misma.

7.2. Localización

La incubadora ofrecerá mejores resultados si se localiza en un cuarto libre de grandes variaciones de temperatura y con generosa ventilación.

IMPORTANTE: La incubadora nunca debe ser colocada en un lugar donde quede expuesta a la luz del sol.

7.3. Operación de la incubadora

Este prototipo realiza esencialmente dos procesos, como ya se ha mencionado antes, uno es el que realiza el sistema de volteo de los huevos, el cual entra en operación cuando se carga o descarga la máquina y cada tres horas para voltear los huevos una vez completada la carga; el otro es el que lleva a cabo el sistema de tratamiento del aire que se introduce a la incubadora para llevarlo a las condiciones

de incubación, este opera constantemente. Sólo se requiere un operario para manejar la incubadora.

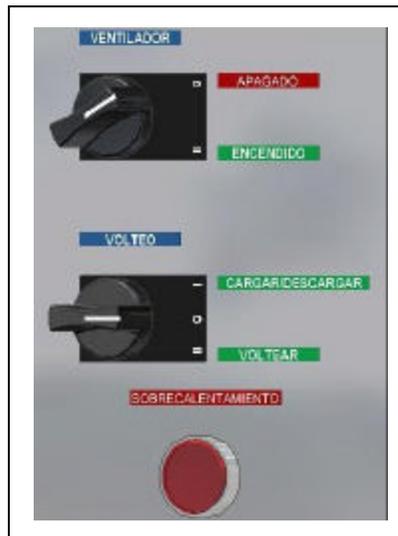
7.3.1. Pasos a seguir para poner en funcionamiento la incubadora

Es importante verificar el estado de todos los componentes de la incubadora antes de ponerla en marcha, revisar lo siguiente:

1. Verificar que hay suministro de energía eléctrica.
2. Verificar que hay suministro de agua potable.
3. Revisar el sistema de volteo.
 - ✍ Ver que ningún objeto impida el movimiento de sus partes.
 - ✍ Chequear el estado de todos los componentes del mecanismo que acciona el sistema de volteo y asegurarse que se encuentran en condiciones de operación.
4. Revisar el sistema de tratamiento de aire.
 - ✍ Verificar el correcto funcionamiento del ventilador.
 - ✍ Verificar que el cartucho del filtro de agua está limpio permitiendo el paso del líquido a través del mismo.
 - ✍ Verificar que las ventilas abren y cierran de manera adecuada.
5. Verificar el sistema de control.
 - ✍ Verificar el buen funcionamiento de la válvula solenoide.
 - ✍ Verificar que la lectura de temperatura de bulbo seco y humedad relativa son las correctas.
 - ✍ Verificar la batería del indicador digital de temperatura-humedad.
 - ✍ Verificar que el set point del humidostáto se encuentra en 55% de humedad relativa.
 - ✍ Verificar el funcionamiento de los finales de carrera

Una vez chequeados todos los sistemas de la incubadora y verificado su adecuado funcionamiento, es necesario poner a funcionar la máquina sin carga un día antes de empezar la incubación, de manera de que las condiciones de temperatura y humedad del aire dentro de la incubadora se estabilicen. Para ello se debe realizar lo siguiente:

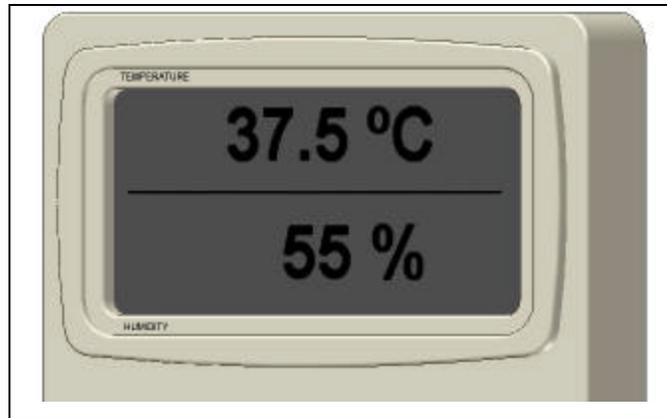
Figura N° 7.1: Tablero de mando de la incubadora



Fuente: Los Autores

1. Encender el ventilador, colocando el botón giratorio del ventilador en la posición encendido, ver Figura N° 7.1.
2. Cerrar completamente las puertas.
3. Abrir las ventilas.
4. Una vez estabilizadas las condiciones de temperatura de bulbo seco y humedad relativa dentro de la incubadora, se debe verificar en el indicador digital de temperatura-humedad que:
 - a. La lectura de temperatura de bulbo seco en la pantalla del instrumento es 37,5 °C, ver Figura N° 7.2.
 - b. La lectura de humedad relativa es del 55%, ver Figura N° 7.2.

Figura N° 7.2: Pantalla del indicador digital de temperatura-humedad



Fuente: Los Autores

Al día siguiente, una vez estabilizadas las condiciones dentro de la incubadora, y verificado el correcto funcionamiento de todos los sistemas, se procede a su carga de la siguiente forma:

1. Colocar el botón giratorio para el control del sistema de volteo en la posición de cargar/descargar, ver Figura N° 7.1.
2. Cuando todos los portabandejas estén horizontales, abrir una de las puertas y cargar los portabandejas, al terminar de llenar los portabandejas de ese lado, cerrar la puerta y abrir la otra para terminar de cargar la incubadora, una vez terminada la carga cerrar la puerta y verificar que quedaron completamente cerradas. Ahora colocar el botón giratorio de volteo en la posición voltear.
3. Se debe evitar en lo posible abrir la incubadora cuando esté en funcionamiento.
4. Cuando ya no se requiera mover los huevos, colocar el botón giratorio en la posición cargar/descargar (ver Figura N° 7.1), de modo que los portabandejas alcancen la posición horizontal.
5. Para sacar los polluelos recién nacidos, abrir una de las puertas y sacar las bandejas una a una, al terminar se cierra esa puerta y se abre la otra

y se procede de la misma forma. Si aún quedan huevos sin eclosionar cerrar bien las puertas al terminar de sacar los que ya nacieron.

6. Al completarse el nacimiento de los polluelos, apague el sistema de tratamiento de aire, esto se logra apagando el ventilador, para ello coloque el botón giratorio del ventilador en la posición apagado (ver Figura N° 7.1). Y proceda a descargar como se explicó en el paso anterior.
7. Proceda a limpiar la máquina como se indica a continuación en la sección correspondiente al mantenimiento de la incubadora.

7.4. Mantenimiento de la incubadora

Para establecer los procedimientos de mantenimiento de la incubadora, se hará un listado de los componentes de la incubadora discriminándolos en sistemas, para luego elaborar una clasificación de los mismos en mantenibles y desechables (Tabla N° 7.1). En base a esta clasificación se proponen las actividades de mantenimiento a realizar.

7.4.1. Información general

La incubadora esta constituida por los siguientes sistemas y componentes:

7.4.1.1. Sistema de soporte y volteo

Estructura exterior:

- ✍ Estructura de soporte exterior.
- ✍ Bases de la incubadora.
- ✍ Láminas de acrílico.
- ✍ Puertas de acrílico montadas sobre perfiles de aluminio.
- ✍ Ventilias (rejillas difusoras).

Estructura interior:

- ✍ Bandejas de incubación.

- ✍ Portabandejas.
- ✍ Estructura de soporte de los portabandejas.

Mecanismo de soporte y volteo:

- ✍ Sistema reductor de velocidad del motor:
 - Tres (3) ejes de transmisión: Uno (1) de entrada, uno (1) central y uno (1) de salida.
 - Dos (2) ruedas dentadas.
 - Dos (2) tornillos sinfín.
 - Seis (6) cojinetes y sus soportes.
 - Un (1) motor eléctrico.
 - Sistema de barras de transmisión.

7.4.1.2. Sistema de tratamiento de aire

- ✍ Un (1) ventilador centrífugo y su motor.
- ✍ Tres (3) resistencias eléctricas de calentamiento.
- ✍ Un (1) filtro de agua de paso rápido.
- ✍ Una (1) válvula solenoide.
- ✍ Un (1) microaspersor.
- ✍ Un (1) ducto de aire con aislante térmico.

7.4.1.3. Sistema de control

- ✍ Un (1) interruptor termomagnético.
- ✍ Dos (2) relés de sobreintensidad magnética.
- ✍ Cinco (5) contactores de arranque.
- ✍ Dos (2) relés de sobreintensidad térmica.
- ✍ Cinco (5) fusibles cilíndricos.
- ✍ Un (1) controlador lógico programable.
- ✍ Dos (2) botones giratorios de maneta corta.

- ✍ Tres (3) finales de carrera.
- ✍ Un (1) piloto luminoso.
- ✍ Un (1) transformador de voltaje.
- ✍ Un (1) puente rectificador.
- ✍ Una (1) termocupla tipo J.
- ✍ Un (1) humidostato.
- ✍ Un (1) indicador digital de temperatura-humedad.

7.5. Clasificación de equipos

Tabla N° 7.1: Clasificación de los equipos de la incubadora

Número	Cantidad	Nombre del componente	Desechable	Mantenible
Sistema de soporte y volteo				
<i>Estructura exterior</i>				
1	1	Estructura de soporte exterior		✍
2	2	Base de la incubadora		✍
3	5	Lámina de acrílico	✍	
4	2	Puerta de acrílico montada sobre perfiles de aluminio	✍	
5	3	Ventila (rejilla difusora).	✍	
<i>Estructura interior</i>				
6	18	Bandeja de incubación	✍	
7	18	Portabandeja		✍

Tabla N° 7.1: Clasificación de los equipos de la incubadora

Número	Cantidad	Nombre del componente	Desechable	Mantenible
8	1	Estructura de soporte de los portabandejas		<input checked="" type="checkbox"/>
<i>Mecanismo de volteo</i>				
9	3	Árbol de transmisión	<input checked="" type="checkbox"/>	
10	2	Rueda dentada	<input checked="" type="checkbox"/>	
11	2	Tornillo sinfín	<input checked="" type="checkbox"/>	
12	6	Cojinete y su soporte	<input checked="" type="checkbox"/>	
13	1	Motor eléctrico	<input checked="" type="checkbox"/>	
14	1	Sistema de barras de transmisión		<input checked="" type="checkbox"/>
Sistema de tratamiento de aire				
15	1	Ventilador centrífugo y su motor	<input checked="" type="checkbox"/>	
16	3	Resistencia eléctrica de calentamiento	<input checked="" type="checkbox"/>	
17	1	Filtro de agua de paso rápido	<input checked="" type="checkbox"/>	
18	1	Válvula solenoide	<input checked="" type="checkbox"/>	
19	1	Microaspersor	<input checked="" type="checkbox"/>	
20	1	Ducto de aire con aislante térmico	<input checked="" type="checkbox"/>	

Tabla N° 7.1: Clasificación de los equipos de la incubadora

Número	Cantidad	Nombre del componente	Desechable	Mantenible
Sistema de control				
21	1	Interruptor termomagnético	<input checked="" type="checkbox"/>	
22	2	Relé de sobreintensidad magnética	<input checked="" type="checkbox"/>	
23	5	Contactador de arranque	<input checked="" type="checkbox"/>	
24	2	Relé de sobreintensidad térmica	<input checked="" type="checkbox"/>	
25	5	Fusible cilíndrico	<input checked="" type="checkbox"/>	
26	1	Controlador lógico programable	<input checked="" type="checkbox"/>	
27	2	Botón giratorio de maneta corta	<input checked="" type="checkbox"/>	
28	3	Final de carrera	<input checked="" type="checkbox"/>	
29	1	Piloto luminoso	<input checked="" type="checkbox"/>	
30	1	Transformador de voltaje	<input checked="" type="checkbox"/>	
31	1	Puente rectificador	<input checked="" type="checkbox"/>	
30	1	Termocupla tipo J	<input checked="" type="checkbox"/>	
31	1	Humidostáto	<input checked="" type="checkbox"/>	
32	1	Indicador digital de temperatura-humedad	<input checked="" type="checkbox"/>	

Fuente: Los Autores

7.5.1. Mantenimiento de la incubadora

7.5.1.1. Mantenimiento del sistema de soporte y volteo

El mantenimiento del sistema de soporte y volteo contempla las siguientes operaciones:

- ✍ Antes de proceder a realizar las labores de mantenimiento de la incubadora desconectar el suministro eléctrico.
- ✍ Lavar cuidadosamente las bandejas y los portabandejas antes y después de cada proceso de incubación. Hacerlo con detergente y abundante agua. Luego de esto desinfectarlos con un paño no abrasivo impregnado en una solución de agua y cloro.
- ✍ Limpiar el interior y el exterior del gabinete de incubación, antes y después de cada proceso de incubación, con un paño no abrasivo impregnado de una solución de agua y detergente, luego desinfectarlo con un paño suave humedecido en una solución de agua y cloro. Secar cuidadosamente.

La Tabla N° 7.2 muestra las labores de mantenimiento preventivo para el sistema de soporte y volteo:

Tabla N° 7.2: Mantenimiento preventivo para el sistema de soporte y volteo

N°	Componente	Cantidad	Observaciones
1	Cojinetes	6	Anualmente engrasarlos
2	Sistema de barras de transmisión	1	Lubricar las conexiones antes de cada proceso de incubación
3	Estructuras interior y exterior	1	Anualmente revisar el estado de conservación y si es necesario pintarlas
4	Sistema reductor de velocidad	1	Semestralmente limpiar con un solvente y engrasar los componentes

Fuente: Los Autores

7.5.1.2. Mantenimiento del sistema de tratamiento de aire

El mantenimiento del sistema de tratamiento de aire contempla las siguientes operaciones:

- ✍ Semestralmente limpiar el interior del ducto y todos los componentes del sistema de tratamiento de aire.

La Tabla N° 7.3 muestra las labores de mantenimiento preventivo para el sistema de tratamiento de aire:

Tabla N° 7.3: Mantenimiento preventivo para el sistema de tratamiento de aire

N°	Componente	Cantidad	Observaciones
1	Filtro de agua	1	Revisar mensualmente el cartucho y reemplazarlo si en necesario
2	Microaspersor	1	Limpiar semestralmente la boquilla
3	Válvula solenoide	1	Semestralmente verificar el cierre del asiento
4	Resistencia eléctrica	3	Comprobar conexiones y tornillos de anclaje anualmente
5	Ventilador centrífugo	1	Comprobar conexiones y tornillos de anclaje anualmente. Inspeccionar condiciones generales del rodete, debe estar libre de grietas y golpes. Nota: Cambiar si está defectuoso

Fuente: Los Autores

7.5.1.3 Mantenimiento del sistema control

El mantenimiento del sistema de control contempla las siguientes operaciones:

- ✍ Antes de efectuar cualquier operación de mantenimiento al sistema de control, desconectar el suministro eléctrico.

- ✍ Revisar el ajuste de los bornes de conexión antes de la puesta en servicio, al mes y anualmente.
- ✍ Ante un cortocircuito o sobrecarga verificar el origen de la falla y solucionar el problema.
- ✍ Ante un cortocircuito verificar el estado de los contactores y los relés de sobrecarga, ya que los equipos han sido seleccionados en coordinación tipo 1 (pueden ser aceptados daños en el contactor y el relé de sobrecarga), puede ser necesario el cambio de uno o mas aparatos. El relé de cortocircuito del interruptor debe ser reseteado y en el caso de protección por fusibles todos deben ser reemplazados.
- ✍ Resetear y habilitar un circuito cuando estén restablecidas todas las condiciones de la carga y de los aparatos que componen el sistema, o volver a ajustar las protecciones de sobrecarga.
- ✍ En todos los aparatos de corte (interruptores, relés de sobreintensidad térmica o magnética, contactores):
 - **No se debe limar ni engrasar los contactos.**
 - **No se deben reemplazar los contactos.**
 - **No limpiar las cámaras de corte.**
 - **Todos los aparatos seleccionados para el sistema de control son libres de mantenimiento hasta el fin de su vida útil.**
- ✍ No tocar los núcleos magnéticos de los contactores con la mano.
- ✍ En caso de falla de las unidades de mando, señalización y detección (botones giratorios, piloto luminoso y finales de carrera) reemplazarlas por nuevas.
- ✍ Reemplazar la batería del indicador de temperatura y humedad cada tres períodos de incubación.
- ✍ Realizar una inspección visual del Controlador Lógico Programable antes de la puesta en marcha de la incubadora, y antes de cada proceso de incubación. Se debe verificar lo siguiente:

- Verificar que están firmemente sujetos tanto el controlador como los demás elementos.
- Verificar que no hay cables sueltos o rotos y que los tornillos de conexión estén suficientemente apretados.
- Que los elementos estén libres de polvo.
- Inspeccionar que el controlador no este sometido a vibraciones.
- ✍ Inspeccionar que las tensiones de entrada y salida de los equipos de control sean las correctas.

CAPÍTULO VIII

CAPÍTULO VIII

8. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD ECONÓMICA DE LA CONSTRUCCIÓN

Para realizar el análisis de factibilidad económica de la construcción del prototipo de incubadora experimental, se tomaron en cuenta los siguientes aspectos:

- ✍ Estimación de costos, los cuales se discriminaron en *costos de fabricación* y en *costos de operación*.
- ✍ Tiempo de recuperación de la inversión.

8.1. Estimación de costos

8.1.1 Costos de fabricación

En esta sección se toman en cuenta los costos inherentes a la adquisición de materiales y equipos, así como a los costos de fabricación e instalación de las diversas estructuras y componentes. Todos estos costos se presentan resumidos en los Apéndices A-49 y A-50, el costo estimado de fabricación de la incubadora asciende a: 6641590,16 Bs. Lo cual representa al cambio oficial de 1910,00 Bs/\$, un costo estimado de fabricación de 3478,00 \$ americanos.

8.1.2 Costos de operación y mantenimiento

Para estimar los costos inherentes a la operación de la incubadora se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones:

- ✍ La potencia eléctrica promedio estimada consumida por el equipo.
- ✍ Los costos de mantenimiento.
- ✍ El costo de operación por concepto del salario de un operario.
- ✍ El costo del consumo de agua se desprecia ya que la estación experimental posee su propio sistema de suministro de agua.

A continuación se detallan cada una de estas consideraciones.

CAPÍTULO VIII. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD ECONÓMICA DE LA CONSTRUCCIÓN

8.1.2.1. Costo de la potencia eléctrica consumida

Para estimar el costo de la potencia eléctrica consumida por la incubadora, se asumió lo siguiente:

1. El consumo de potencia promedio estimado de la incubadora se establece en 900 W.
2. La tarifa eléctrica de la estación se calcula tomando en cuenta lo siguiente:
 - ✍ Tarifa tipo 2, correspondiente a Residencial General (según la clasificación de la Gaceta Oficial N° 37.415 de fecha 03 de Abril de 2002).
 - ✍ En la Estación Experimental Amazonas se dan anualmente 5 períodos de incubación artificial de huevos de Pato Real, con una duración de 35 días por período.
 - ✍ El costo de la tarifa se calcula basado en los precios establecidos por la empresa de suministro Electricidad del Centro (ELECENRO), los cuales se presentan en la Tabla 8.1:

Tabla N° 8.1: Tarifa eléctrica ELECENRO

Tipo de tarifa	Aplicación	Detalles de aplicación	Unidad	Gaceta Oficial 37.415 03/04/2002
002	Residencial General	Primeros 100	Bs	2622,00
		Siguientes 200	Bs/kWh	79,78
		Siguientes 200	Bs/kWh	89,52
		Restantes	Bs/kWh	97,95

Fuente: www.elecentro.com

CAPÍTULO VIII. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD ECONÓMICA DE LA CONSTRUCCIÓN

La estimación del costo de la potencia eléctrica consumida se resume en la Tabla 8.2:

Tabla N° 8.2: Costo estimado de la potencia eléctrica consumida

Potencia promedio	Duración del proceso de incubación	Potencia consumida por período de incubación	Costo estimado de la potencia promedio consumida por período de incubación
900 W	840 h	756 kWh	61557,20 Bs/período

Fuente: Los Autores

El costo estimado anual de la potencia promedio consumida es de 307786,00 Bs.

8.1.2.2. Costos de mantenimiento

El costo anual de mantenimiento de la incubadora se estima en 50000,00 Bs. Este costo contempla la compra de desinfectantes (cloro y detergente), materiales de limpieza, grasa para lubricación, etc.

8.1.2.3. Costo de operación por concepto del salario de un operario.

El sueldo del operario de la incubadora se estable como: 321000,00 Bs. por período de incubación. Lo cual equivale a 1605000,00 Bs. anuales.

De lo anterior se establece que el costo total estimado anual por concepto de operación y mantenimiento es: 1962786,00 Bs.

8.2. Período de recuperación de la inversión

Para establecer el período de recuperación de la inversión se requiere fijar los siguientes aspectos:

1. Producción estimada de patos obtenidos mediante incubación artificial.
2. Precio de venta del polluelo de Pato Real.
3. Estimación de costos de la incubadora (de fabricación y operación).

4. Ingreso total por concepto de venta de ejemplares obtenidos por incubación artificial.
5. Cuota de amortización de la inversión inicial por período de incubación.

8.2.1. Producción estimada de patos mediante incubación artificial

La incubadora diseñada tiene una capacidad de alojar 1080 huevos incubables. Asumiendo un éxito de eclosiones del 90%, se obtiene una producción de patos mediante incubación artificial de 972 patos/período de incubación. Anualmente se tienen 5 períodos de incubación en la Estación Experimental Amazonas. La producción anual de patos es: 4860 ejemplares.

8.2.2. Precio de venta del polluelo de Pato Real

El precio de venta de un polluelo de pato real es de 2000,00 Bs. (Fuente FUDECI).

8.2.3. Estimación de costos

El costo estimado de la fabricación de la incubadora es: 6641590,16 Bs. El costo estimado anual de operación y mantenimiento de la incubadora es: 1962786,00 Bs.

8.2.4 Ingreso total anual estimado por concepto de venta de ejemplares obtenidos por incubación artificial.

El ingreso total anual estimado por concepto de venta de ejemplares obtenidos por incubación artificial es: 9720000,00 Bs.

8.2.5. Cuota de amortización de la inversión inicial por período de incubación

La cuota de amortización de la inversión inicial por período de incubación, se calcula restando a los ingresos obtenidos por período de incubación los costos por concepto de operación y mantenimiento en dicho período. La cuota de amortización por período de incubación es: 1551442,80 Bs.

CAPÍTULO VIII. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD ECONÓMICA DE LA CONSTRUCCIÓN

8.3. Estimación del período de recuperación de la inversión

Basado en las estimaciones establecidas y asumiendo un tiempo de construcción y puesta en marcha de 2 meses, se estimó el período de recuperación de la inversión .

El período de recuperación de la inversión estimado es: 14 meses, o sea un año y dos meses, lo cual equivale aproximadamente a cinco períodos de incubación en la Estación Experimental Amazonas. En la Tabla N° 8.3 se presentan los resultados obtenidos.

Tabla N° 8.3: Resultados costos y período de recuperación de la inversión:

Descripción	Monto [Bs.]
Costo estimado de fabricación	6641590,16
Costo anual estimado de operación y mantenimiento	1962786,00
Ingreso total anual estimado	9720000,00
Cuota de amortización por período de incubación	1551442,80
Período estimado de recuperación de la inversión	
14 meses	

Nota: El período estimado de recuperación de la inversión puede ser menor si se incuban huevos de otras especies, además de los de pato real, en los lapsos comprendidos entre cada período de incubación de estos.

8.4 Comparación del costo de fabricación de la incubadora con el precio de una incubadora similar

Para realizar esta comparación primero se realizó una investigación de los productos ofrecidos en el mercado nacional e internacional, de la cual se puede establecer lo siguiente:

CAPÍTULO VIII. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD ECONÓMICA DE LA CONSTRUCCIÓN

- ✍ Los equipos ofrecidos en el mercado nacional son fundamentalmente orientados al uso por parte de aficionados, son equipos de poca capacidad y con sistemas de control rudimentarios, una muestra de los precios de estos equipos se presentan en el Apéndice A-51.
- ✍ El mercado internacional ofrece una gran variedad de modelos de incubadoras, de los cuales se seleccionó uno con características similares al diseñado (ver Apéndice A-52), con la finalidad de comparar su precio con el costo de fabricación de la incubadora diseñada. La incubadora escogida es de fabricación argentina.

El precio en dólares americanos de la incubadora seleccionada es: 4696 \$. Este precio no incluye los costos de traslado, ni los impuestos de importación. El costo de fabricación estimado de la incubadora diseñada en dólares americanos es 3478,00 \$.

Realizando la comparación entre los dos valores se puede ver que el costo estimado de fabricación de la incubadora diseñada es menor que el precio de una máquina de características similares.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Se logró el diseño de un prototipo de incubadora experimental de huevos de Pato Real adaptado a las condiciones climatológicas y al nivel de producción de la Estación Experimental Amazonas de FUDECI, ubicada en Puerto Ayacucho.

La máquina diseñada tiene capacidad para alojar 1080 huevos de Pato Real en cada período de incubación. Los huevos son alojados en 18 bandejas de lámina galvanizada con capacidad de 60 huevos cada una.

La estructura de soporte y volteo es de acero estructural. La estructura exterior del gabinete de incubación es de acero estructural con paredes de lámina de acrílico transparente de 5 mm de espesor, lo cual permite la visualización en todo momento de los procesos que se llevan a cabo dentro del prototipo de incubadora sin necesidad de abrir las puertas.

La máquina puede llevar a cabo las funciones de volteo y tratamiento de aire requeridos para llevar a cabo el proceso de incubación artificial. Estos procesos se llevan a cabo automáticamente y son gobernados por un controlador lógico programable de la marca Schneider modelo Zelio. El controlador cuenta con 10 entradas digitales, 2 entradas analógicas y 8 salidas a relé. Lo que permite minimizar la necesidad de un operador para manipular la máquina durante el proceso de incubación, además permite controlar de manera más precisa la temperatura de bulbo seco y la humedad relativa, así como el volteo de los huevos, que son variables importantes en la incubación artificial.

Para el volteo de los huevos se diseñó un sistema electromecánico, que consta de un motor eléctrico marca MOTORVENCA de 800 r.p.m. y 12 W de potencia, acoplado a un sistema reductor de velocidad con doble mecanismo de tornillo sinfín,

uno de los cuales tiene un pasador excéntrico que permite mover un conjunto de barras, que son las encargadas del movimiento oscilatorio de los portabandejas.

El uso de un sistema reductor de velocidad con doble mecanismo de tornillo sinfín tiene como ventajas que: proporciona la mayor reducción de velocidad con pocos elementos, lo que implica un menor tamaño del conjunto además de tener la posibilidad de autobloqueo. Este combinado con el sistema de barras hace que no se requiera la inversión del giro del motor eléctrico para lograr el movimiento oscilatorio requerido para llevar a cabo el proceso de volteo.

El control de la posición de los portabandejas se logra por medio de la combinación de tres finales de carrera y el controlador lógico programable. El sistema de volteo se acciona automáticamente cada tres horas y permite posicionar las bandejas para llevar a cabo la función de carga y descarga de la máquina.

El sistema de tratamiento de aire es de flujo forzado y está constituido por un ventilador centrífugo de la marca Soler-Palau de 70 W de potencia, que toma aire del cuarto de incubación y lo descarga en un ducto conectado al gabinete de incubación, el mismo contiene una sección de calentamiento sensible y una sección de humidificación. El gabinete de incubación tiene dos ventilas de 15cm x 15 cm con regulación, a través de las cuales sale el aire de la incubadora, permitiendo llevar a cabo los cambios de aire requeridos durante el proceso.

El calentamiento sensible se logra por medio de un banco de tres resistencias eléctricas de calentamiento marca Chromalox de 600 W cada una, las cuales entran en funcionamiento escalonado dependiendo de la temperatura en el interior del gabinete de incubación. Lo que permite establecer un control más preciso de la temperatura de bulbo seco dentro de la incubadora. Este control se logra con la

combinación de una termocupla tipo J y el controlador lógico programable, el cual acciona el arranque escalonado de las resistencias.

La humidificación del aire se realiza por aspersion de agua en el flujo de aire antes de que este entre al gabinete de incubación, este sistema tiene un aspersor que maneja un caudal de 23 l/h ($6,389 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$) a presión de trabajo 1,0 atm (101 kPa). El control de la humidificación se logra con la combinación de un humidostáto y el controlador lógico programable, el controlador acciona una válvula solenoide abriéndola si la humedad relativa registrada por el humidostáto es menor al 55%.

Los materiales y componentes seleccionados para el prototipo pueden ser adquiridos o fabricados en el país, lo que garantiza una alta disponibilidad operativa.

Se elaboró un manual de operación de fácil comprensión, en el que se explican de forma clara y sencilla los pasos a seguir para manipular la máquina. También se redactó un manual de mantenimiento, en el cual se especifican las labores de mantenimiento que se deben realizar a la máquina, para garantizar el correcto funcionamiento de todos los componentes que conforman el sistema.

Se estudiaron algunos de los modelos de incubadoras que ofrece el mercado nacional y se puede establecer que el diseño propuesto supera las ofertas analizadas.

Con el estudio de factibilidad económica realizado se demostró que es rentable la construcción de la máquina ya que su precio de fabricación estimado es de 6641590,16 Bs (equivalente a 3478,00 \$ americanos al cambio oficial). Y el tiempo requerido para la recuperación de la inversión es de 14 meses, además la misma ofrece un precio competitivo con respecto a modelos similares ofrecidos en el mercado internacional, el costo de fabricación estimado resultó ser 1000,00 \$

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

(americanos) menor que el precio de la incubadora YONAR 1250A de características similares, con la cual se realizó la comparación.

En vista que se pueden controlar y manipular las variables y procesos implicados en la incubación artificial, el diseño propuesto puede ser usado en investigación por parte de los biólogos de la Estación Experimental Amazonas de FUDECI, para determinar las condiciones optimas de incubación artificial del Pato Real.

RECOMENDACIONES

Construir y poner en funcionamiento el prototipo de incubadora experimental.

No exponer al sol el prototipo de incubadora diseñado.

Colocar un dispositivo que permita asegurar el cierre de las puertas o establecer un control estricto del cierre y abertura de las mismas durante el proceso de incubación, con el fin de mantener lo mas estable posible las condiciones de temperatura y humedad dentro de la incubadora.

Implementar en la sala de incubación de la Estación Amazonas de FUDECI un sistema de ventilación general.

Seguir las instrucciones de limpieza establecidas en el manual de mantenimiento para obtener mejores resultados en los procesos de incubación.

Leer detalladamente el manual de operación de la incubadora y seguir los pasos establecidos, de manera de lograr el mejor funcionamiento de la máquina y alcanzar un mayor número de nacimientos.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Llevar a cabo la remodelación de la sala de incubación actual antes de la construcción y puesta en marcha del prototipo de incubadora diseñado.

Utilizar el prototipo en el estudio del proceso de incubación de otras especies. Luego de esto utilizar el prototipo para la producción comercial de las mismas.

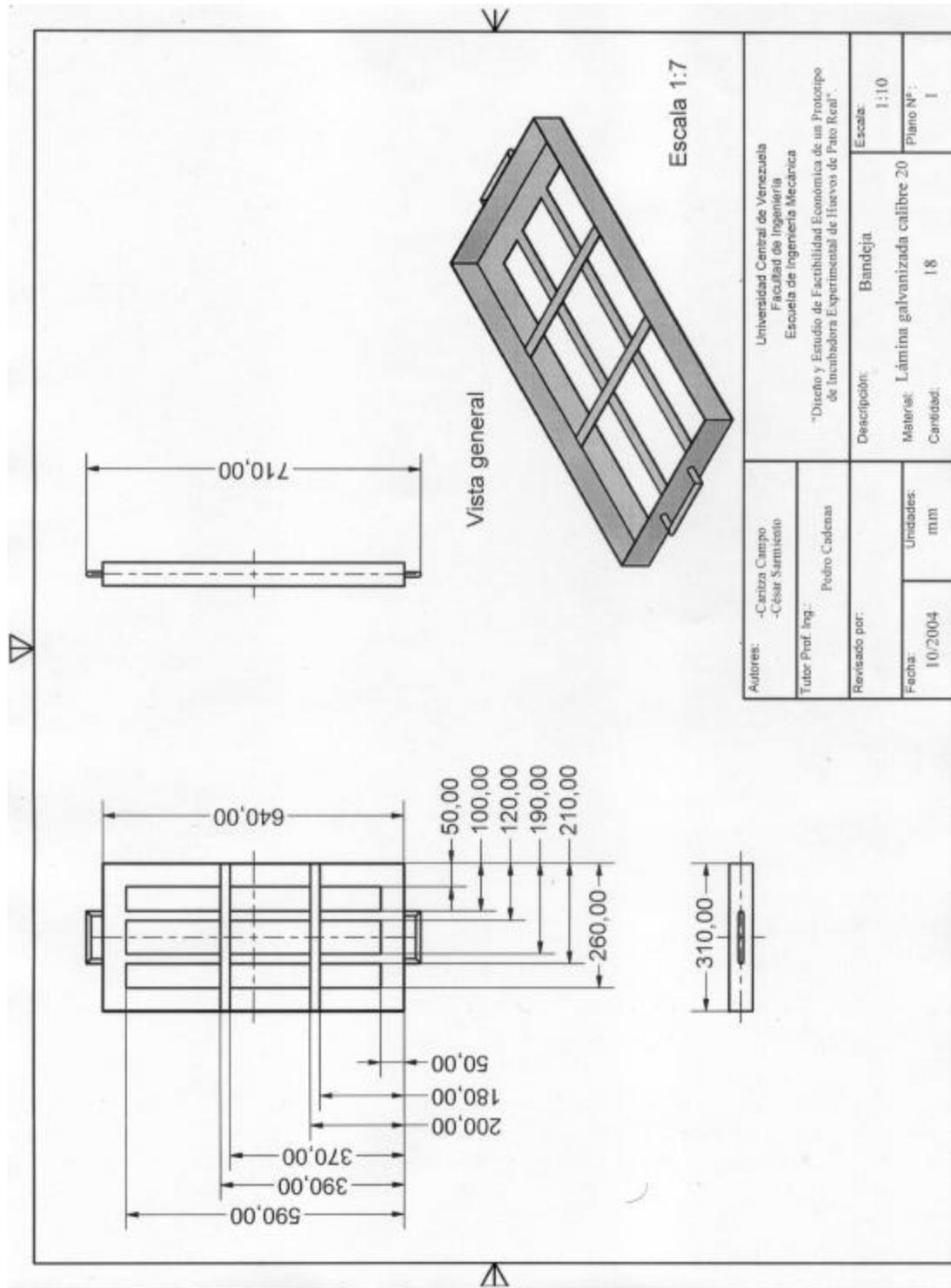
Instalar una planta eléctrica de emergencia, para mantener operativo el prototipo en caso de falla del suministro eléctrico.

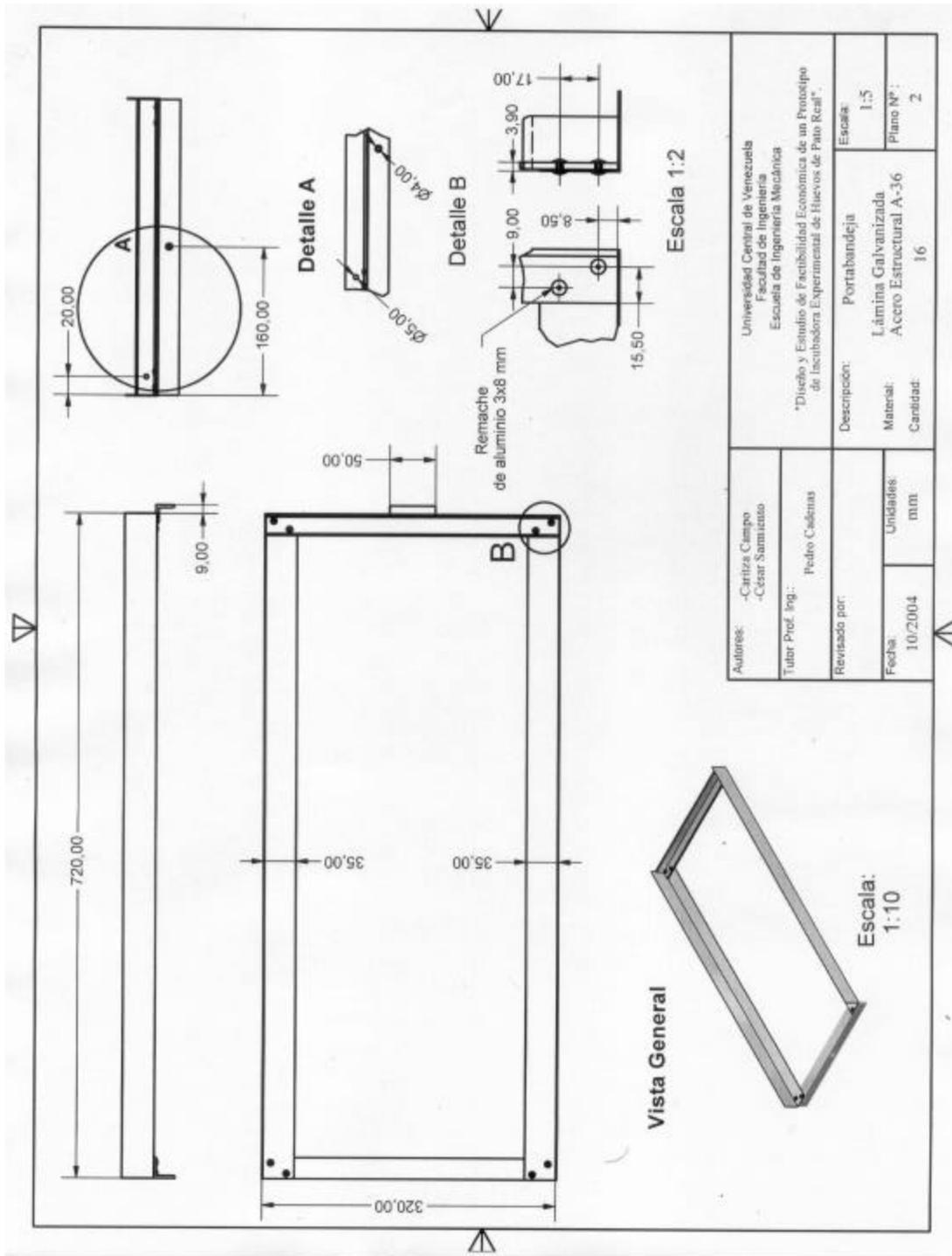
ANEXO 1

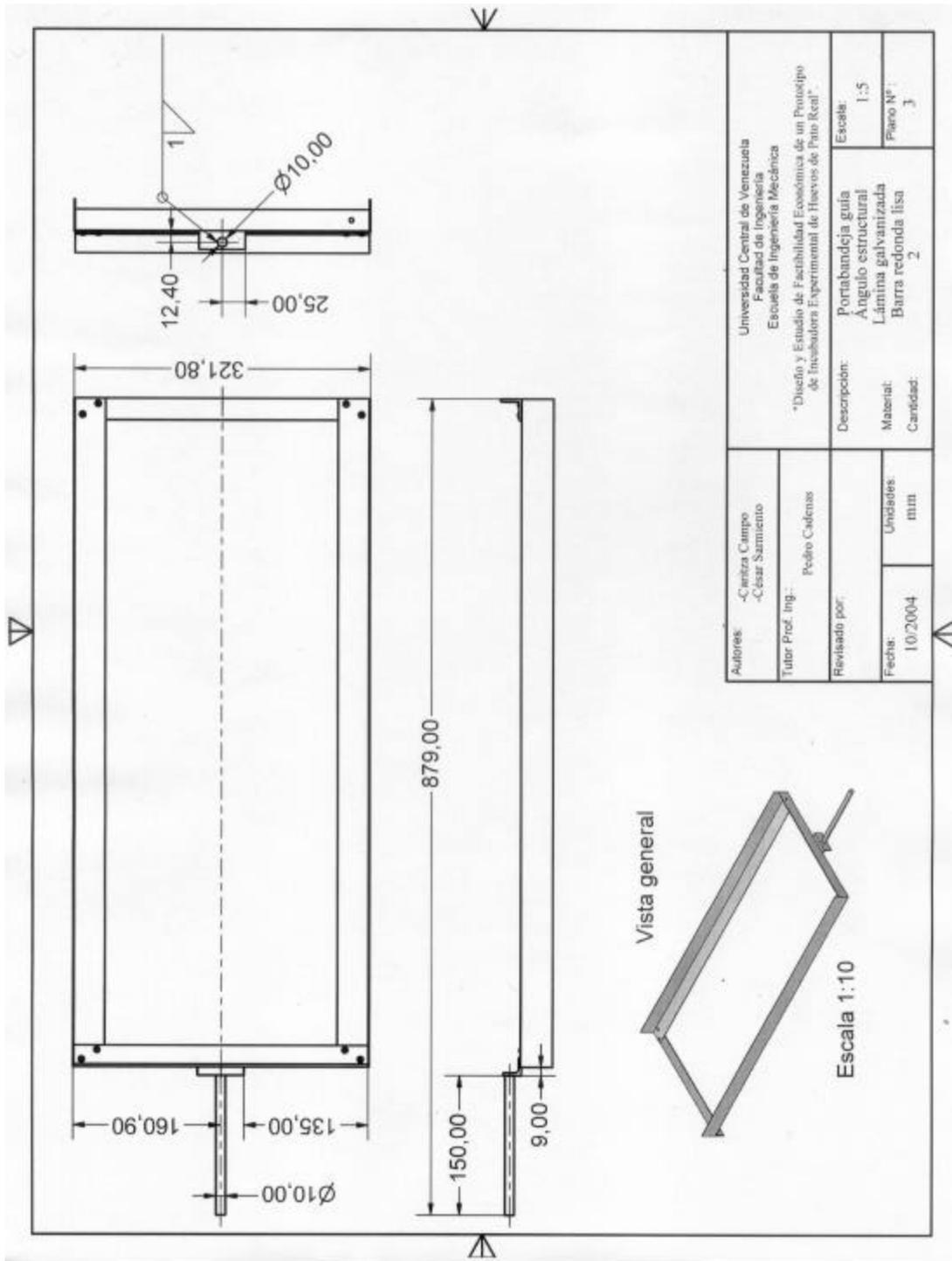
ANEXO 1

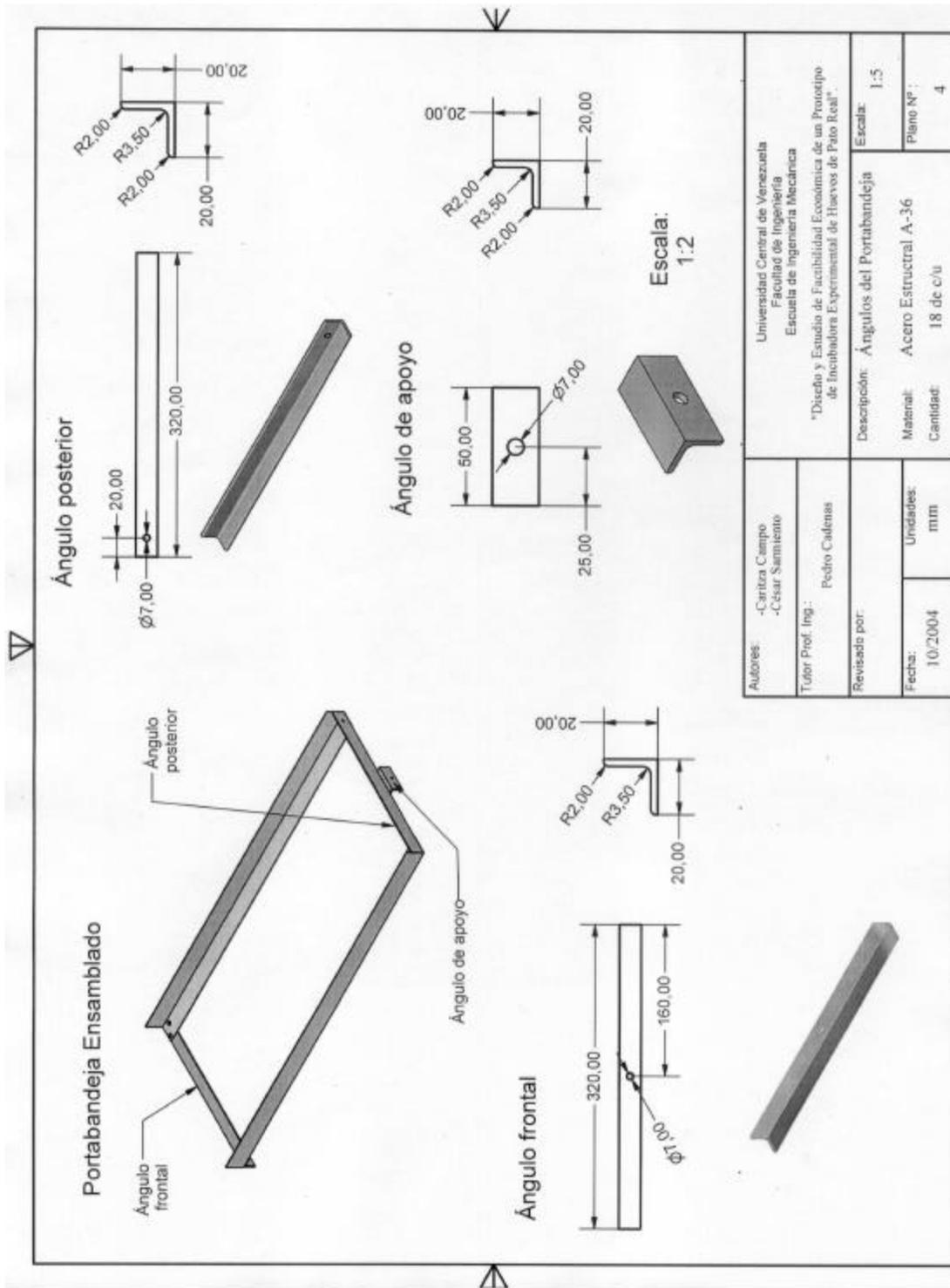
PLANOS

Los planos presentados en este Anexo han sido elaborados en formato de hoja tamaño carta, por razones de economía, no todos los planos están en escala normalizada. Para subsanar esto los mismos serán entregados con un respaldo en formato digital a las partes interesadas.

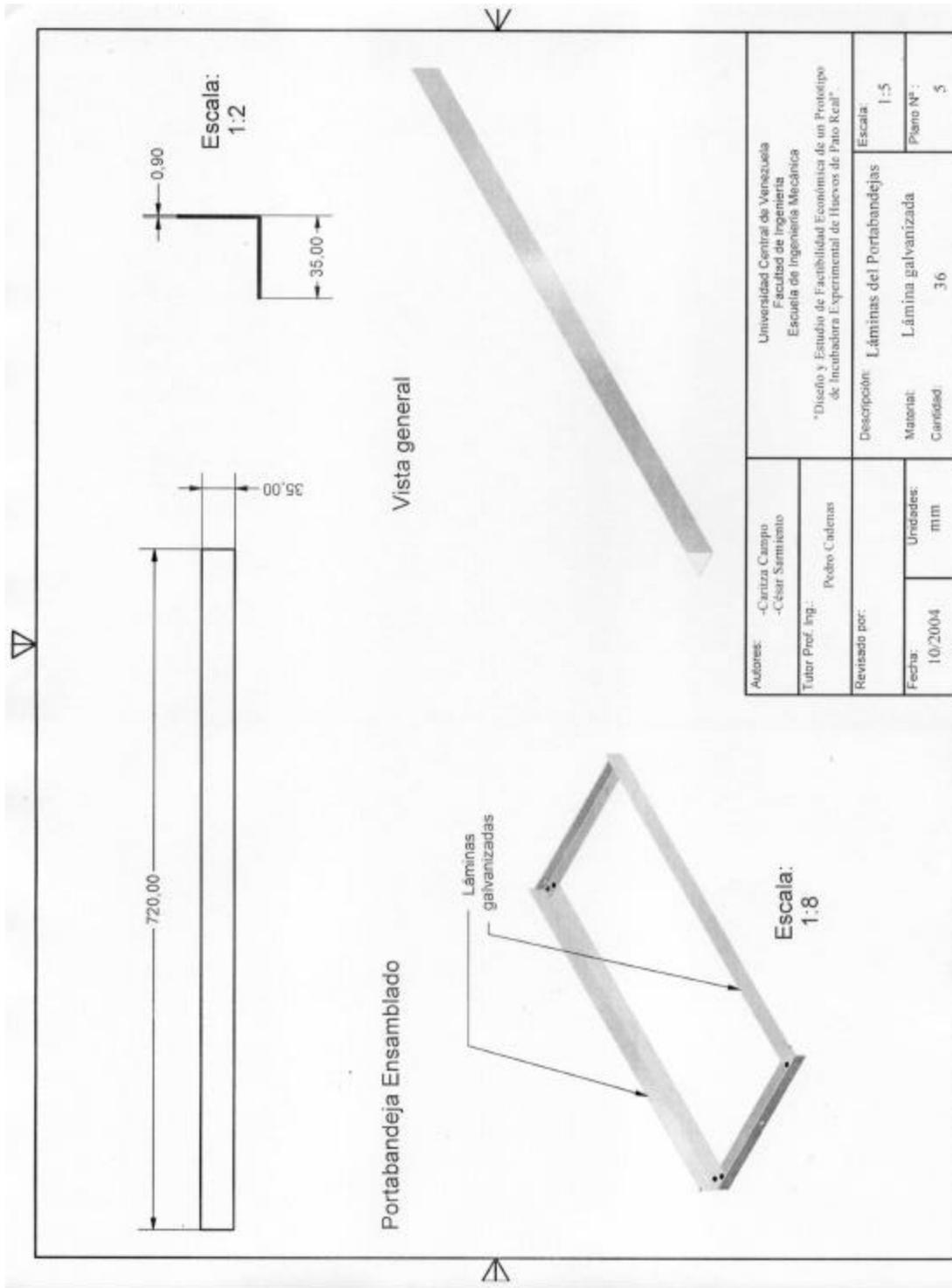




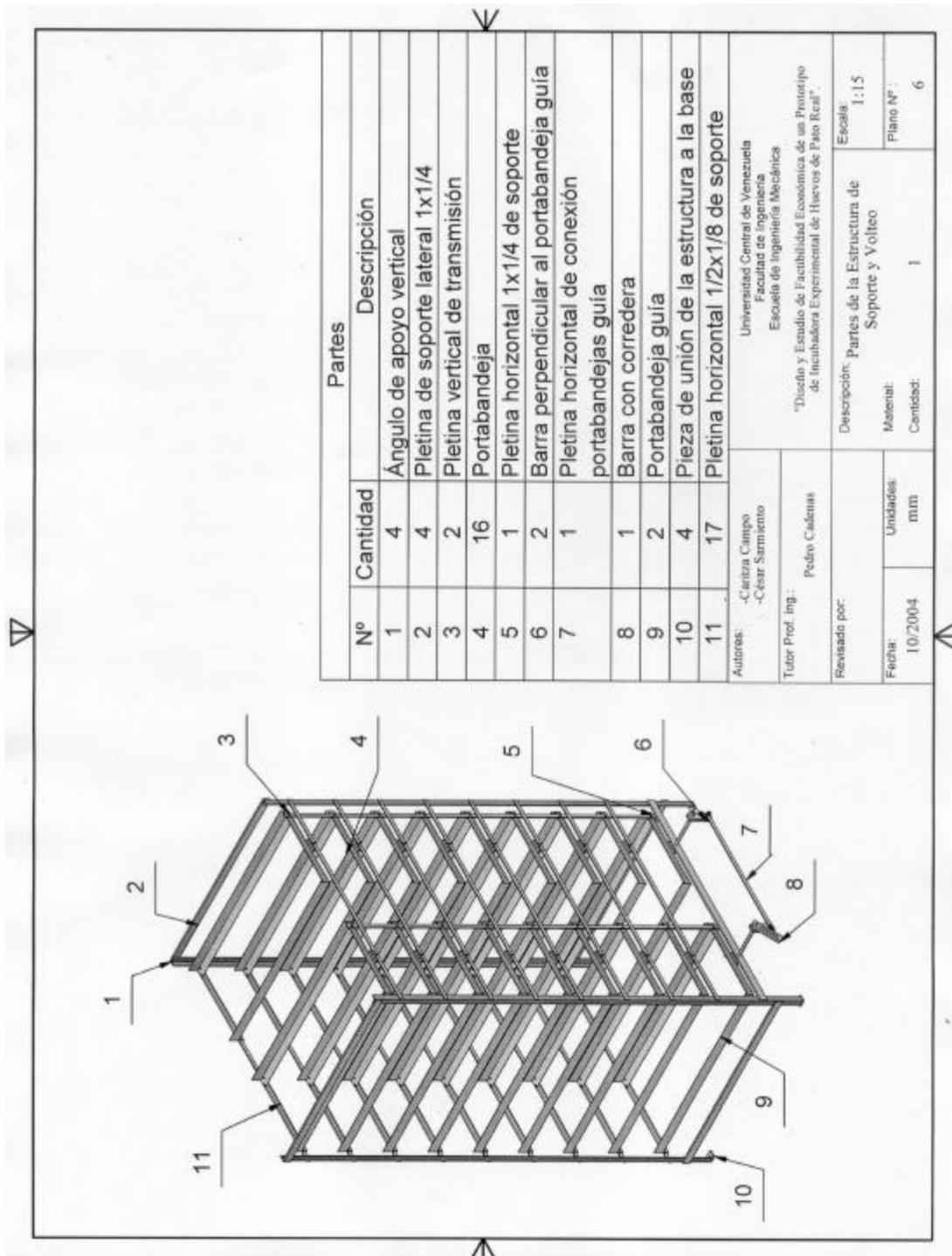




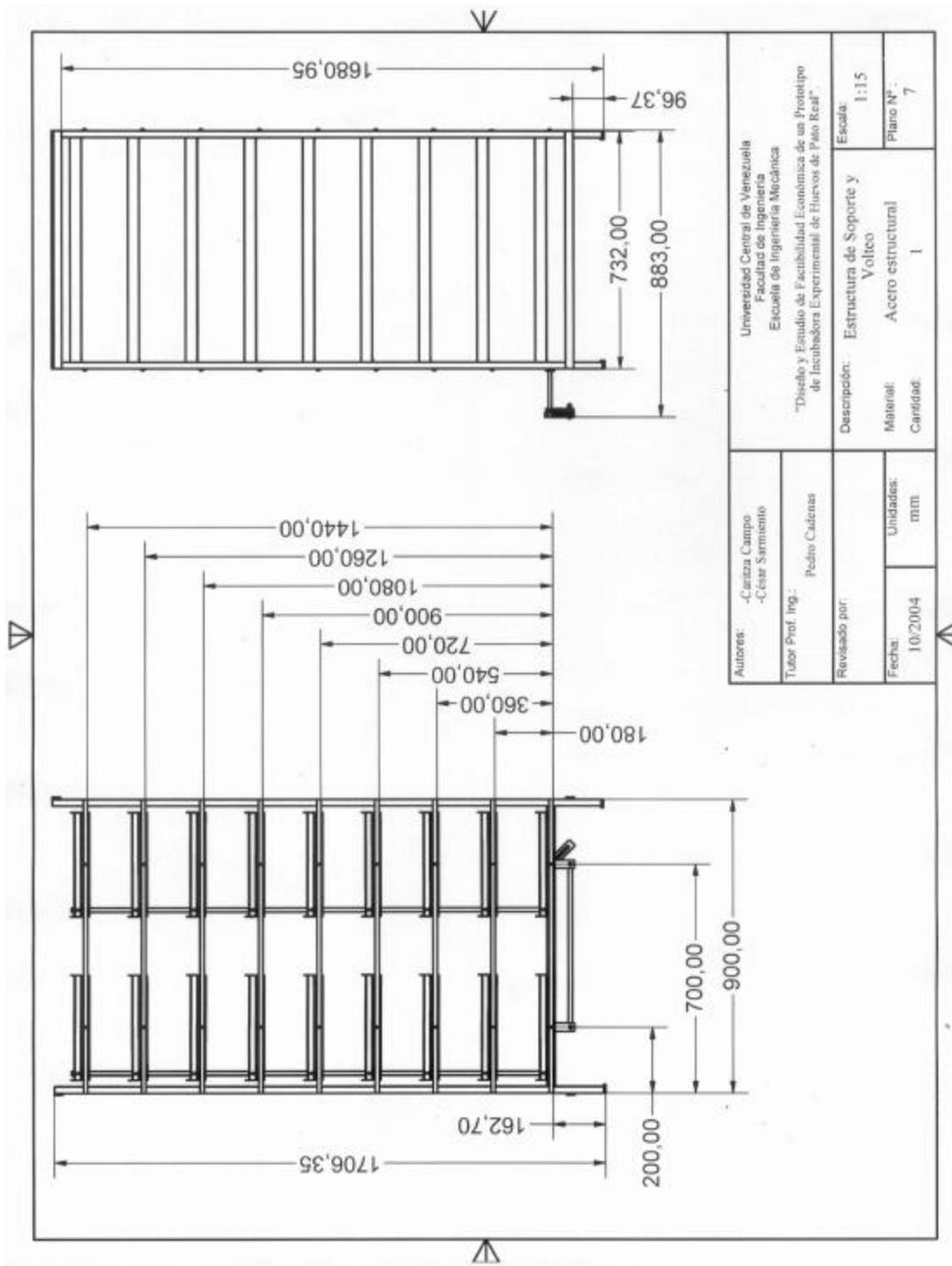
Autores: -Caritza Campo -César Samuino		Universidad Central de Venezuela Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Mecánica	
Tutor Prof. Ing.: Pedro Culemas		"Diseño y Estudio de Factibilidad Económica de un Prototipo de Incubadora Experimental de Huevos de Pato Real".	
Revisado por:		Descripción: Ángulos del Portabandeja	
Fecha: 10/2004	Unidades: mm	Materia: Acero Estructural A-36	Escala: 1:5
		Cantidad: 18 de c/u	Plano N°: 4

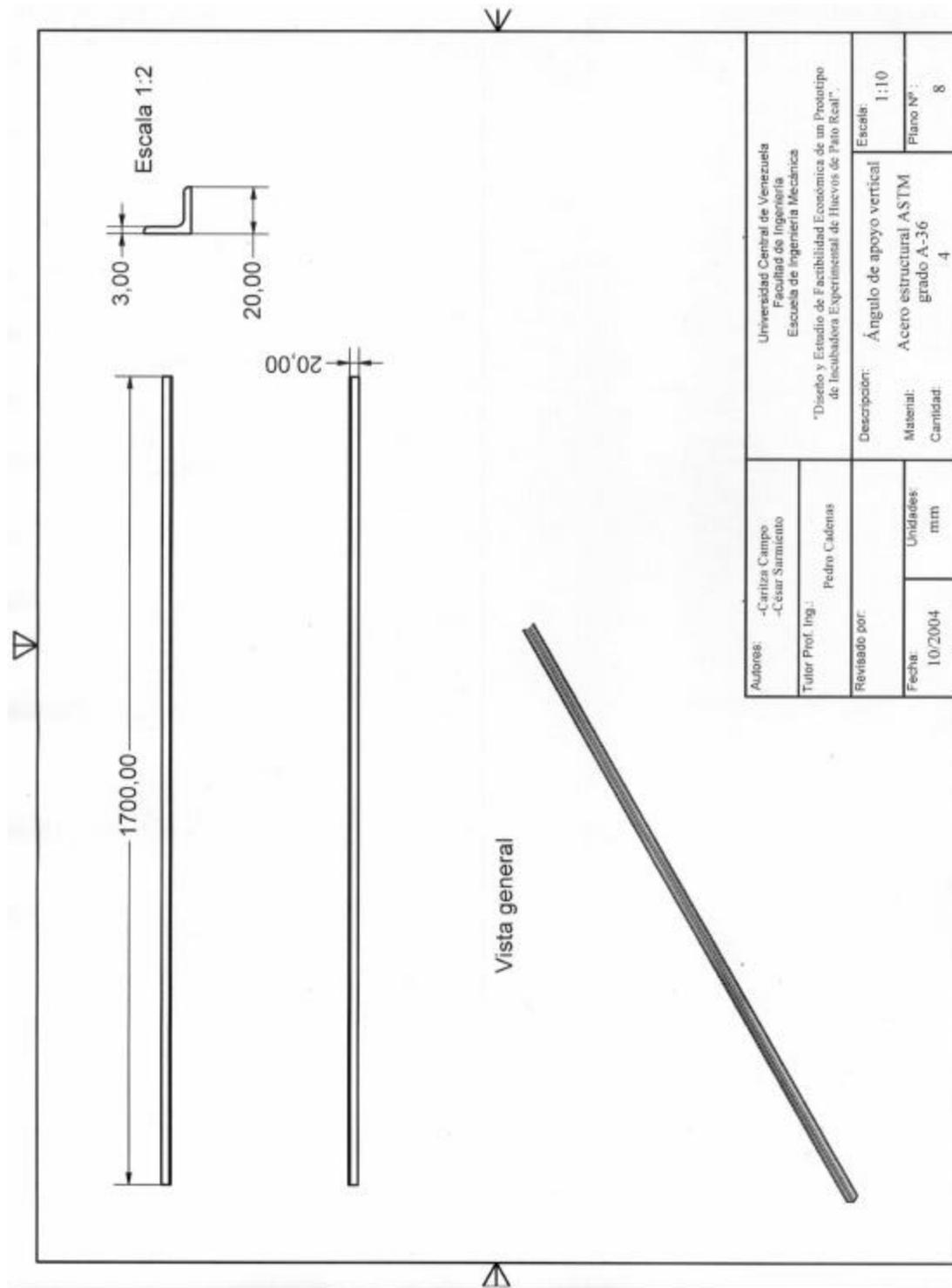


Autores: -Caritza Cazorro -César Sarmiento		Universidad Central de Venezuela Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Mecánica	
Tutor Prof. Ing.: Pedro Cuadras		*Diseño y Estudio de Factibilidad Económica de un Prototipo de Incubadora Experimental de Huevos de Pato Keel*.	
Revisado por:		Descripción: Láminas del Portabandejas	Escala: 1:5
Fecha: 10/2004	Unidades: mm	Material: Lámina galvanizada	Plano Nº: 5
		Cantidad: 36	

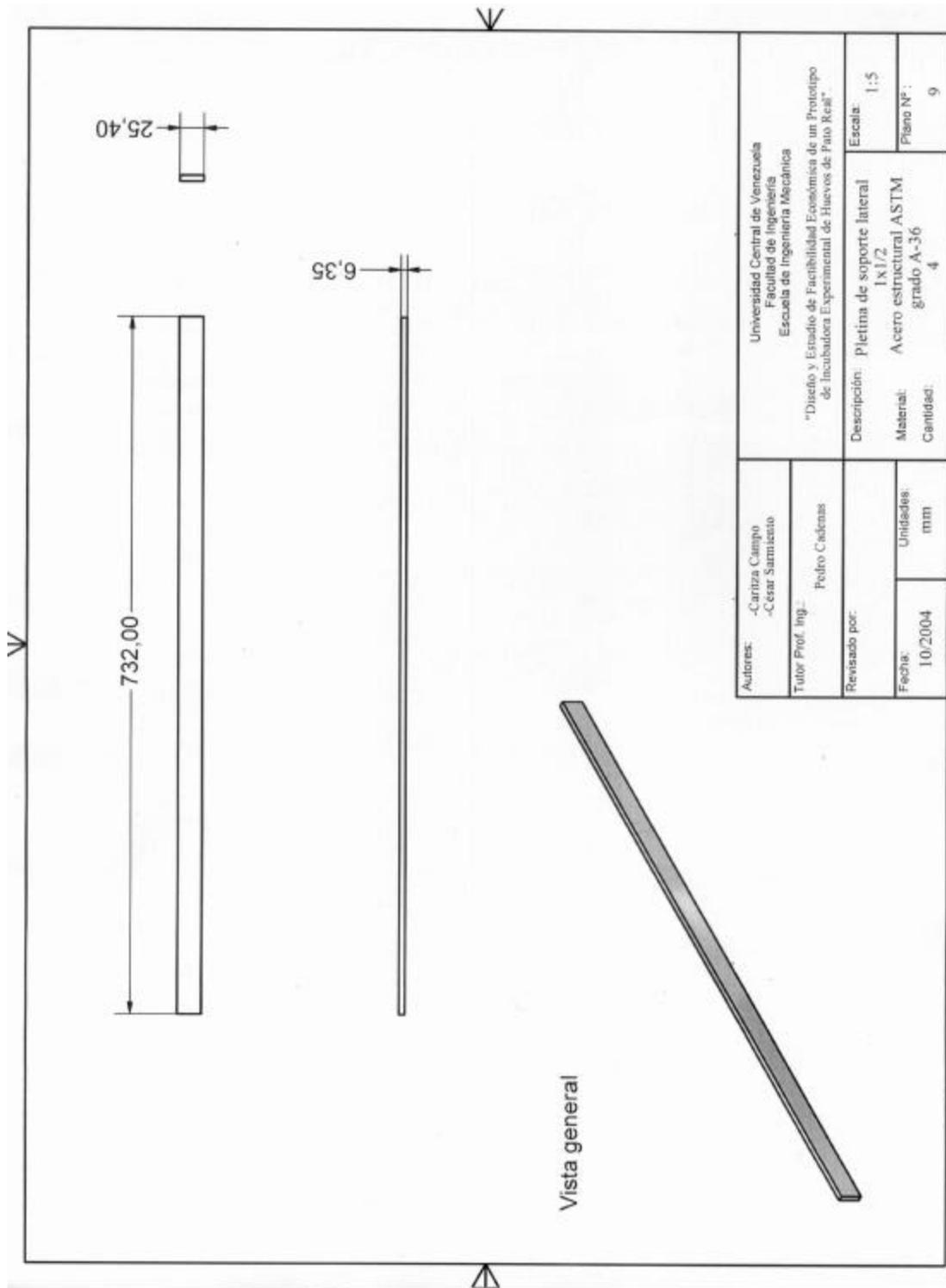


ANEXO I. PLANOS

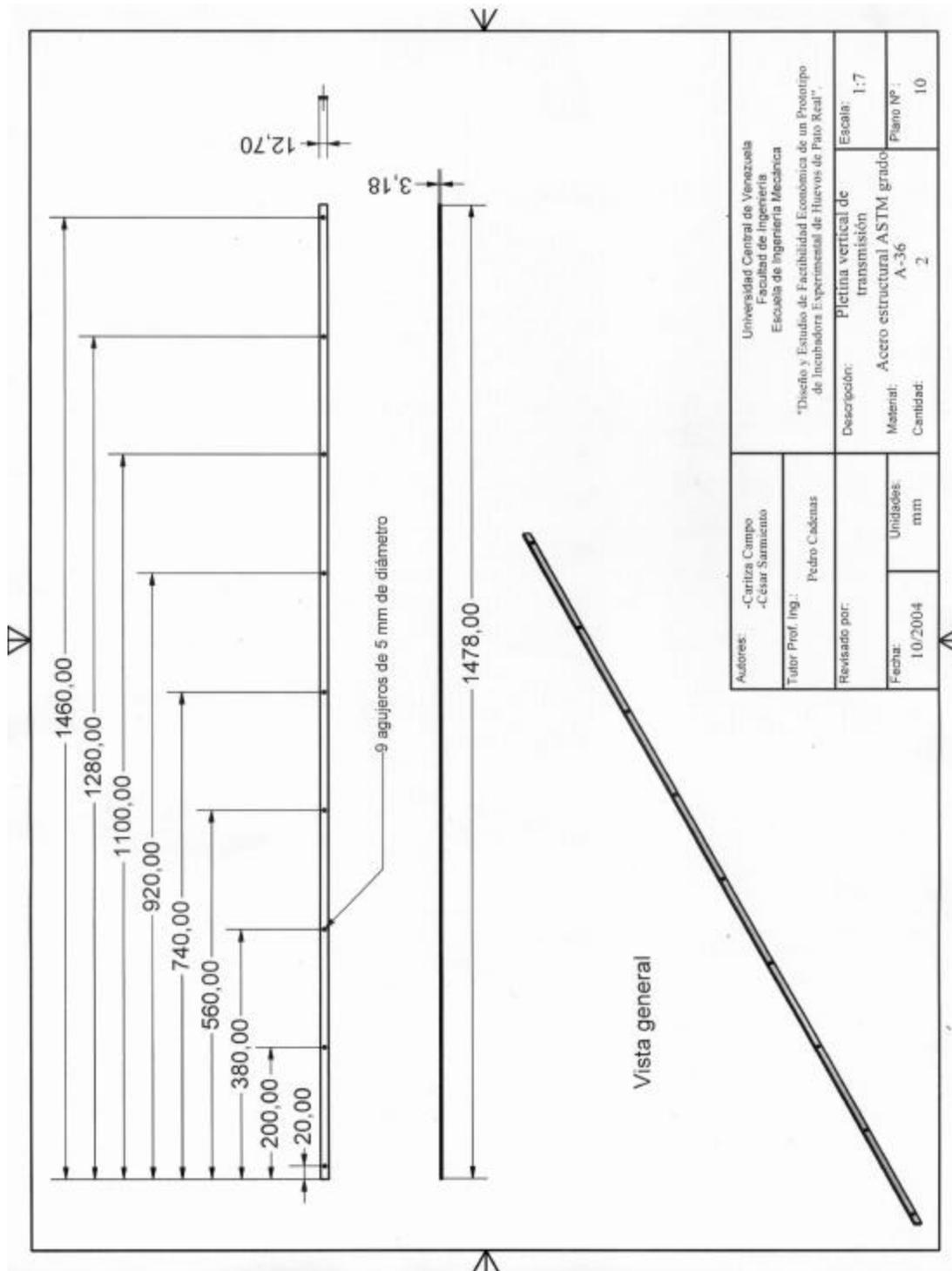


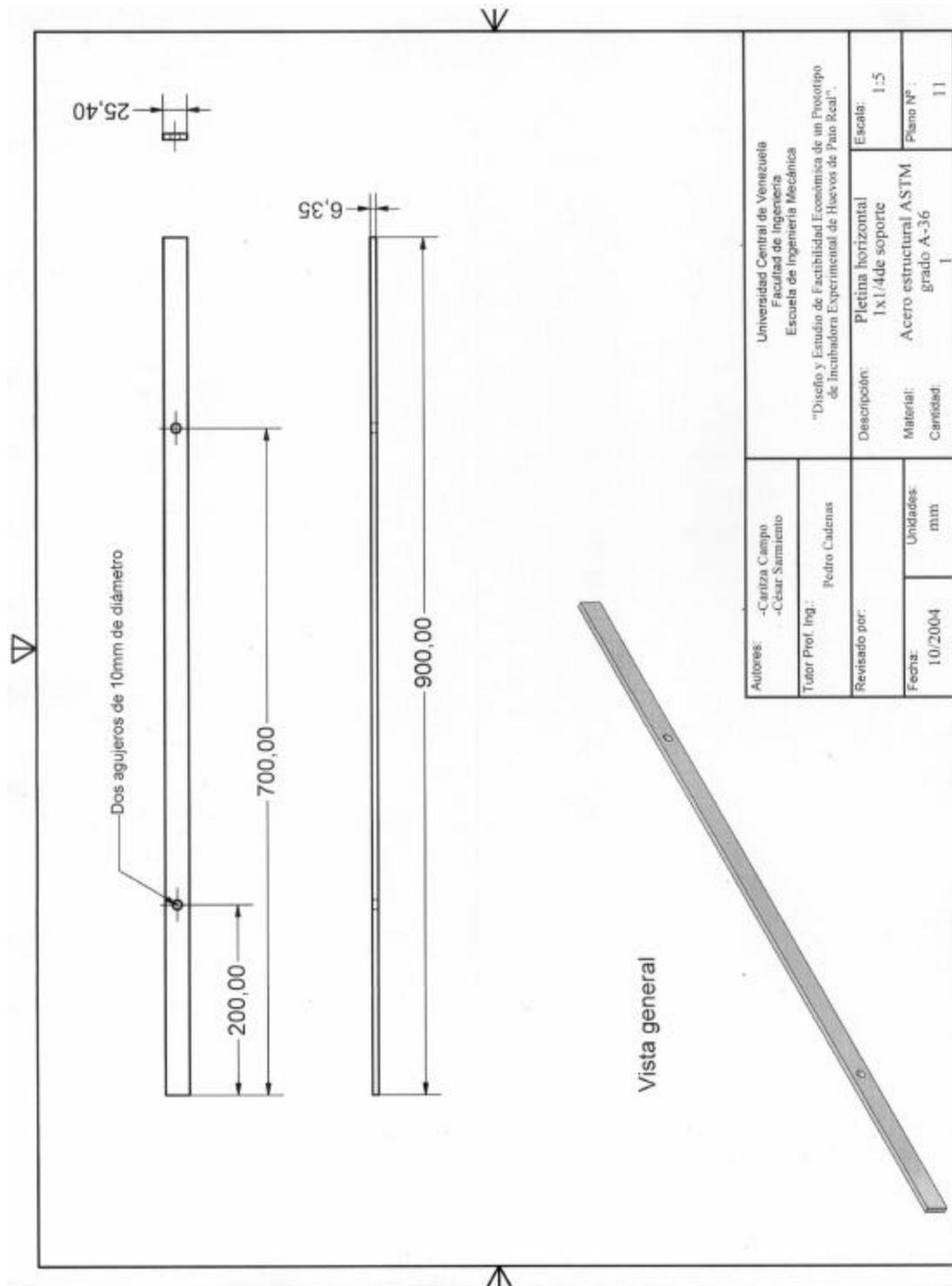


Autores: -Caritza Campo -César Sarmiento		Universidad Central de Venezuela Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Mecánica	
Tutor Prof. Ing.: Pedro Cidreñas		"Diseño y Estudio de Factibilidad Económica de un Prototipo de Incubadora Experimental de Huevos de Pato Real".	
Revisado por:		Descripción: Ángulo de apoyo vertical	
Fecha: 10/2004	Unidades: mm	Material: Acero estructural ASTM grado A-36	Escala: 1:10
		Cantidad: 4	Plano Nº: 8

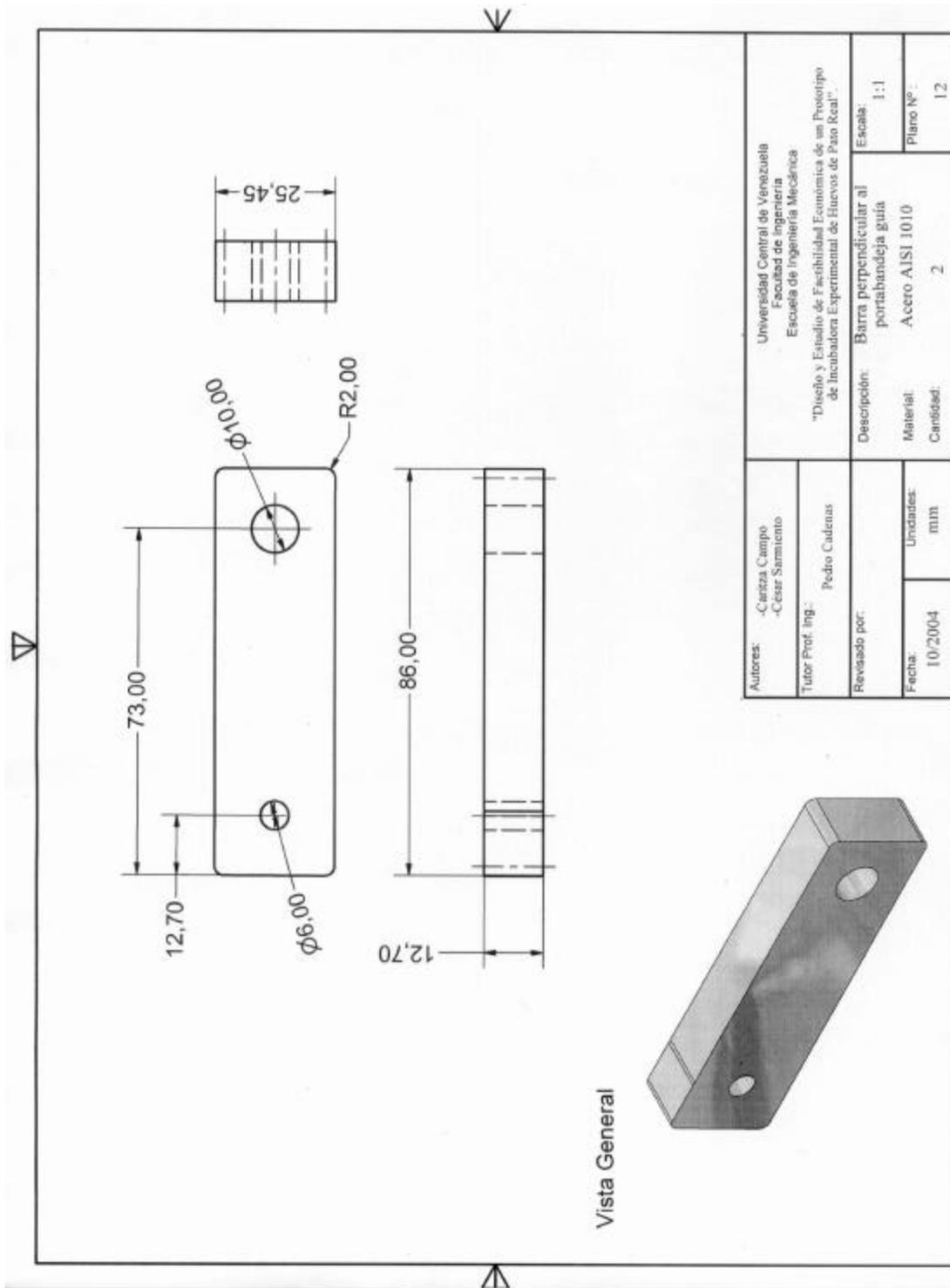


Autores: -Caritza Campo -César Sarmiento		Universidad Central de Venezuela Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Mecánica	
Tutor Prof. Ing.: Pedro Cadenas		"Diseño y Estudio de Factibilidad Económica de un Prototipo de Incubadora Experimental de Huevos de Pato Real"	
Revisado por:		Descripción: Pletina de soporte lateral 1x1/2	
Fecha: 10/2004		Material: Acero estructural ASTM Cantidad: grado A-36 4	
Unidades: mm		Escala: 1:5 Plano Nº: 9	

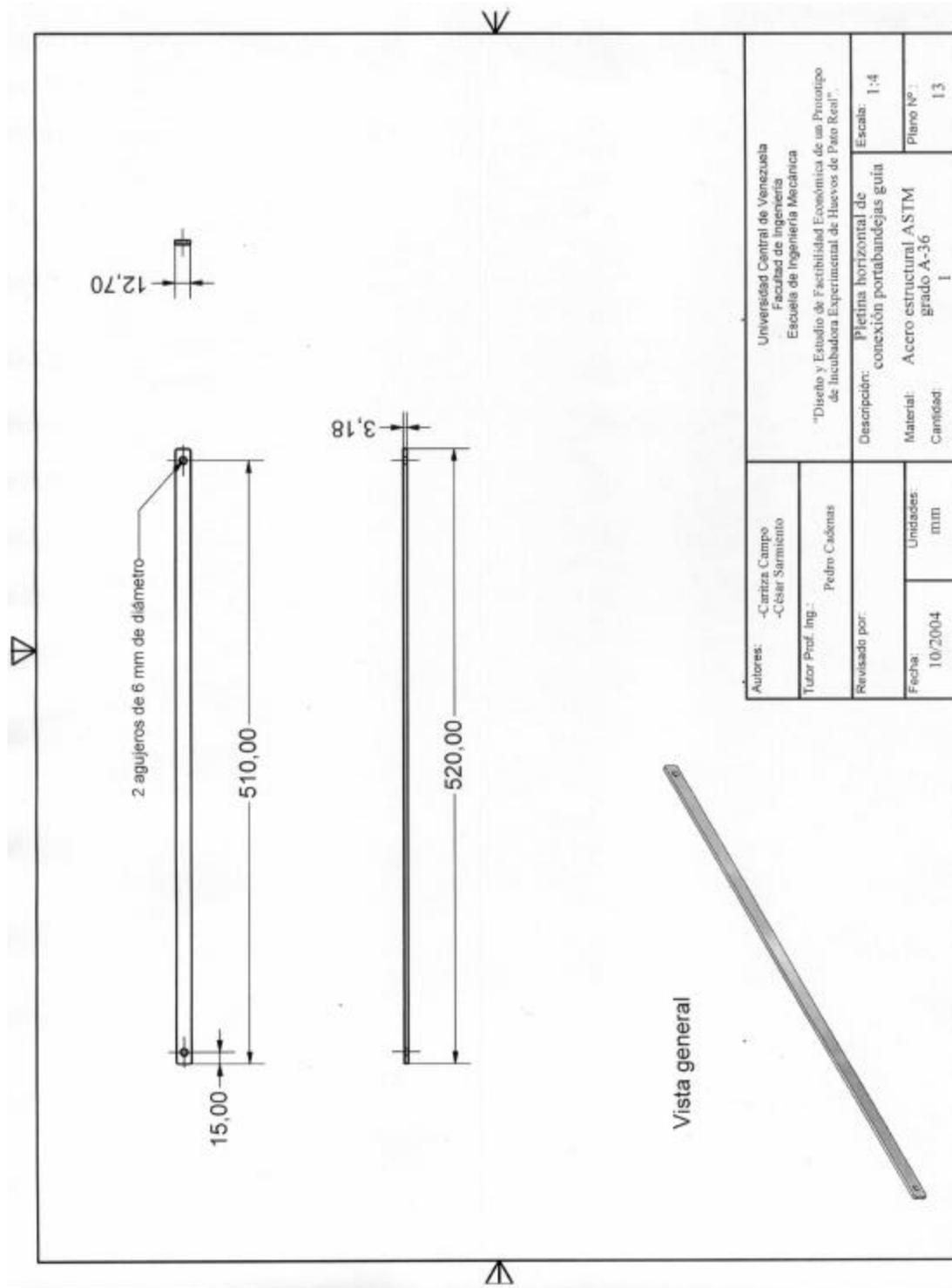


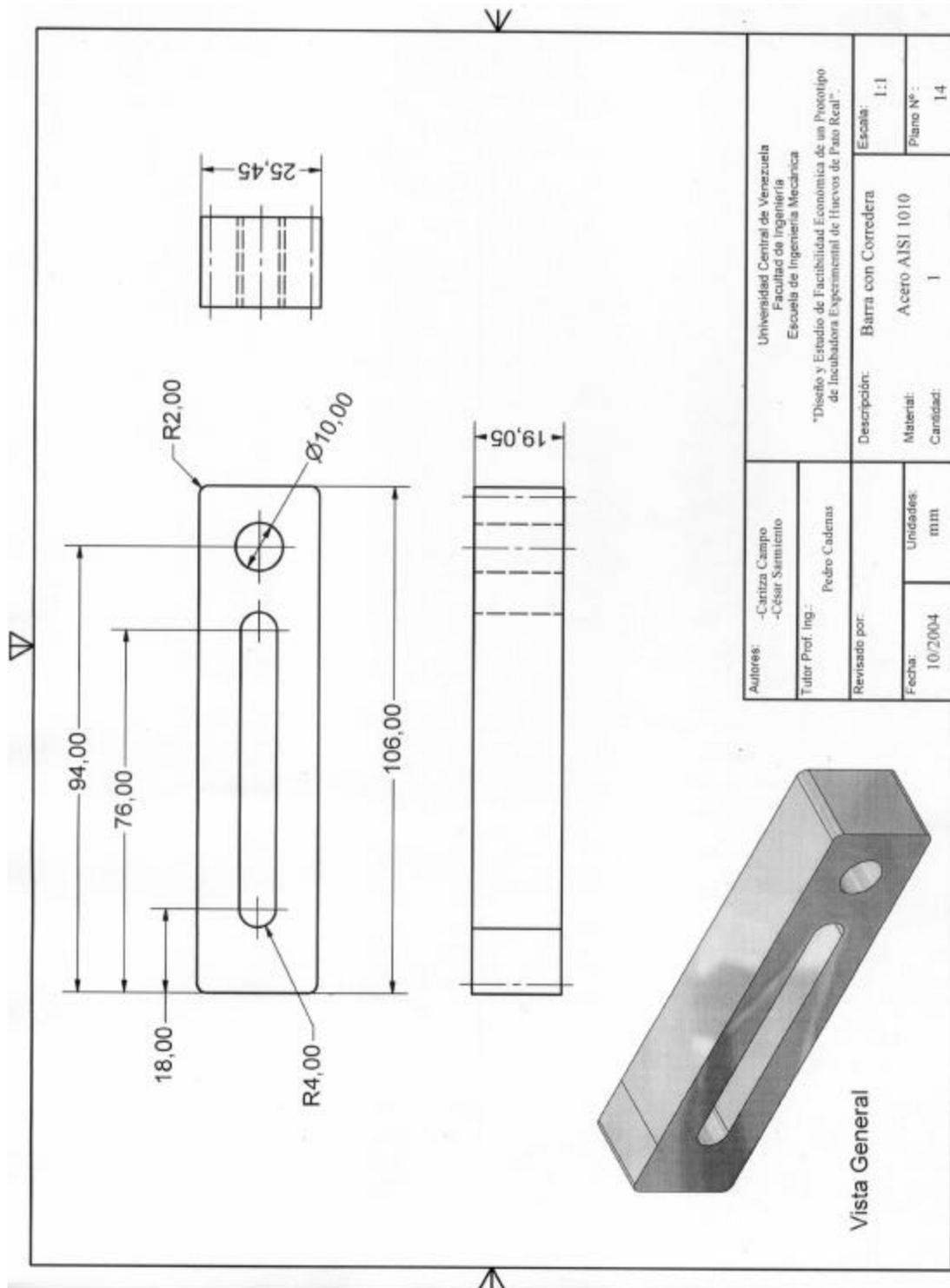


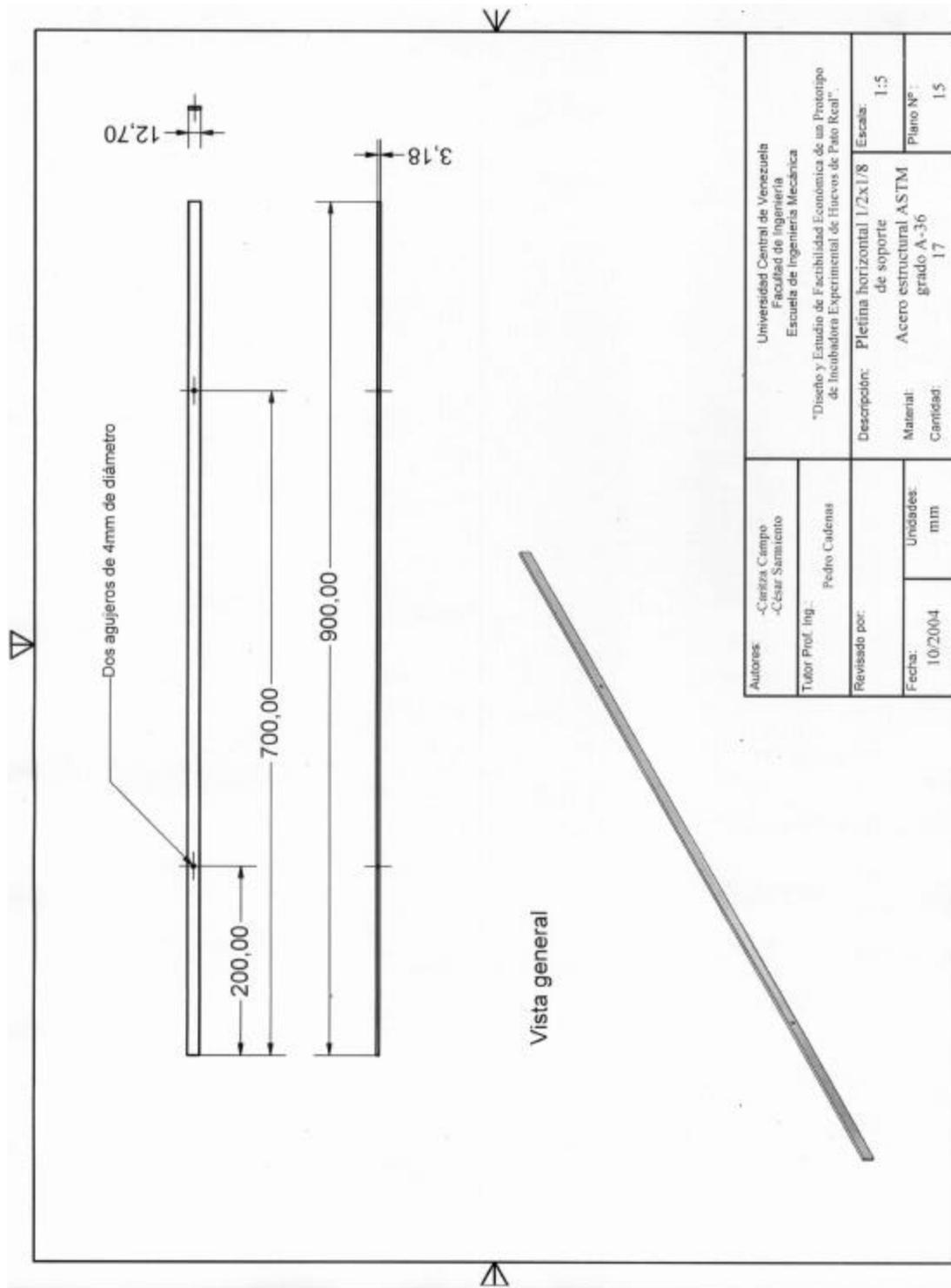
Autores: -Caritza Campo -César Samiunto		Universidad Central de Venezuela Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Mecánica	
Tutor Prof. Ing.: Pedro Cuelenas		Descripción: Pletina horizontal 1x1/4de soporte	
Revisado por:		Material: Acero estructural ASTM grado A-36	
Fecha: 10/2004	Unidades: mm	Escala: 1:5	
		Plano Nº: 11	



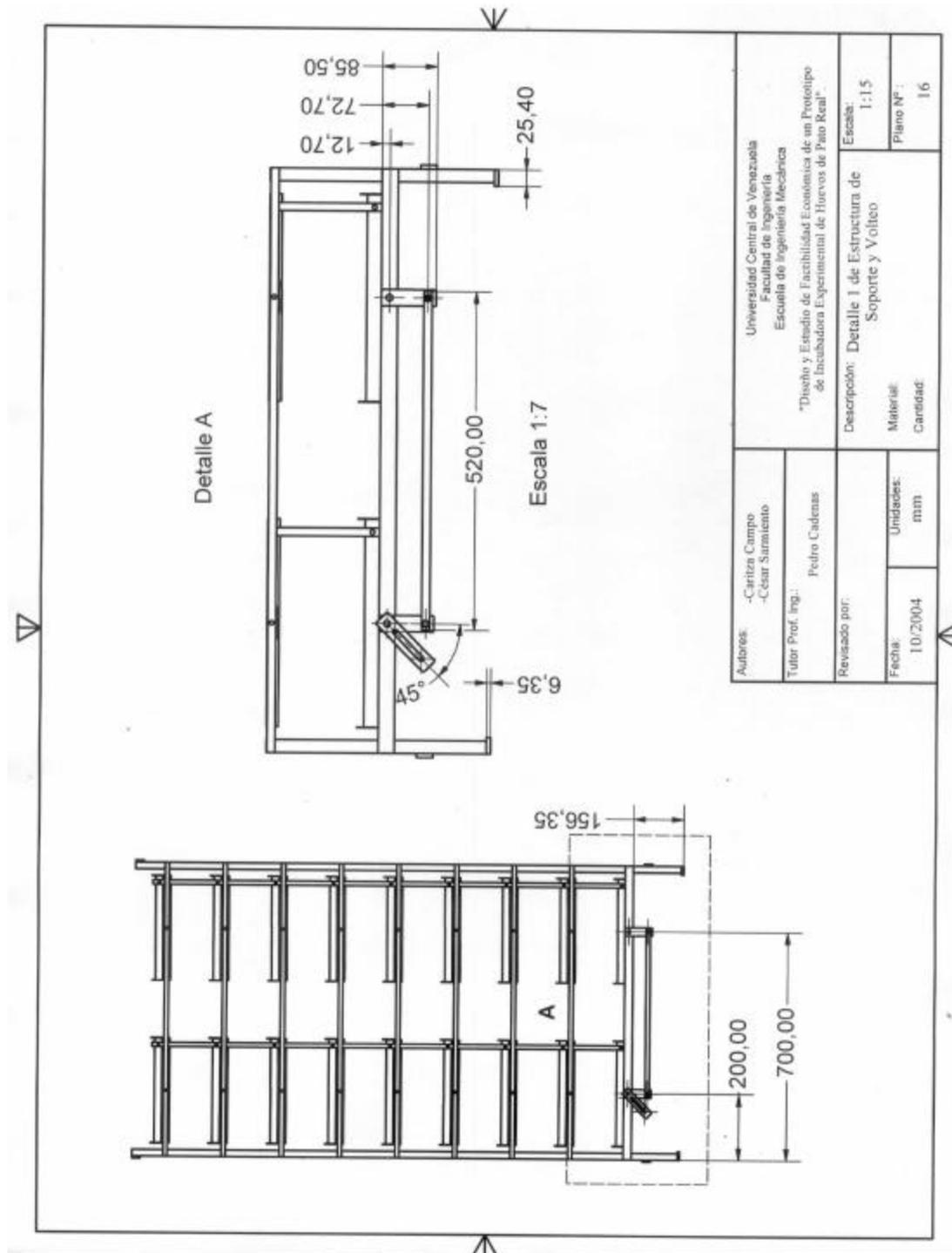
Autores: -Canza Campo -César Sarmiento		Universidad Central de Venezuela Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Mecánica	
Tutor Prof. Ing.: Pedro Cadenas		"Diseño y Estudio de Factibilidad Económica de un Prototipo de Incubador Experimental de Huevos de Pato Real"	
Revisado por:		Descripción: Barra perpendicular al portabandeja guía	
Fecha: 10/2004		Material: Acero AISI 1010	
Unidades: mm		Escala: 1:1	
		Cantidad: 2	
		Plano N°: 12	

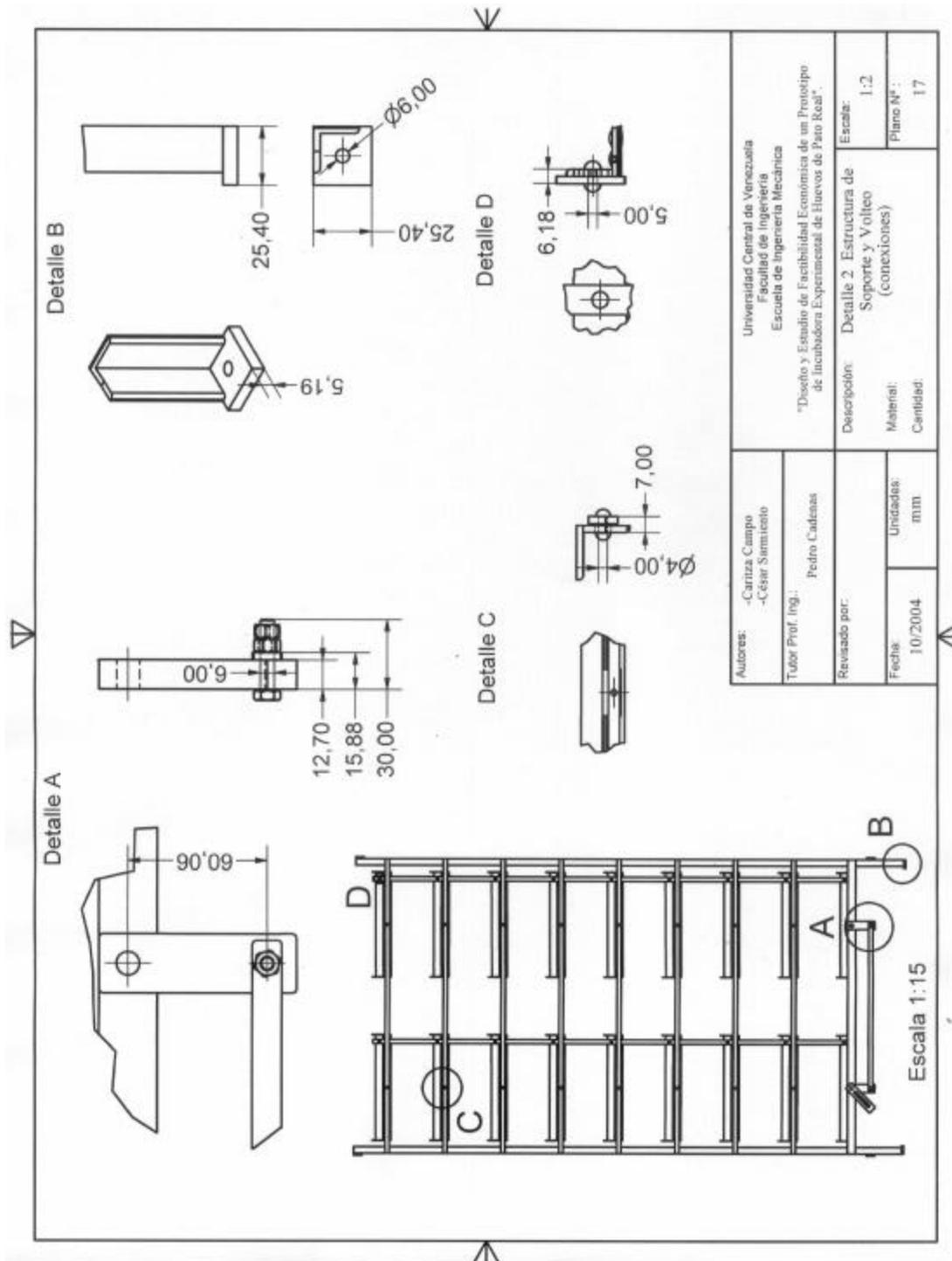


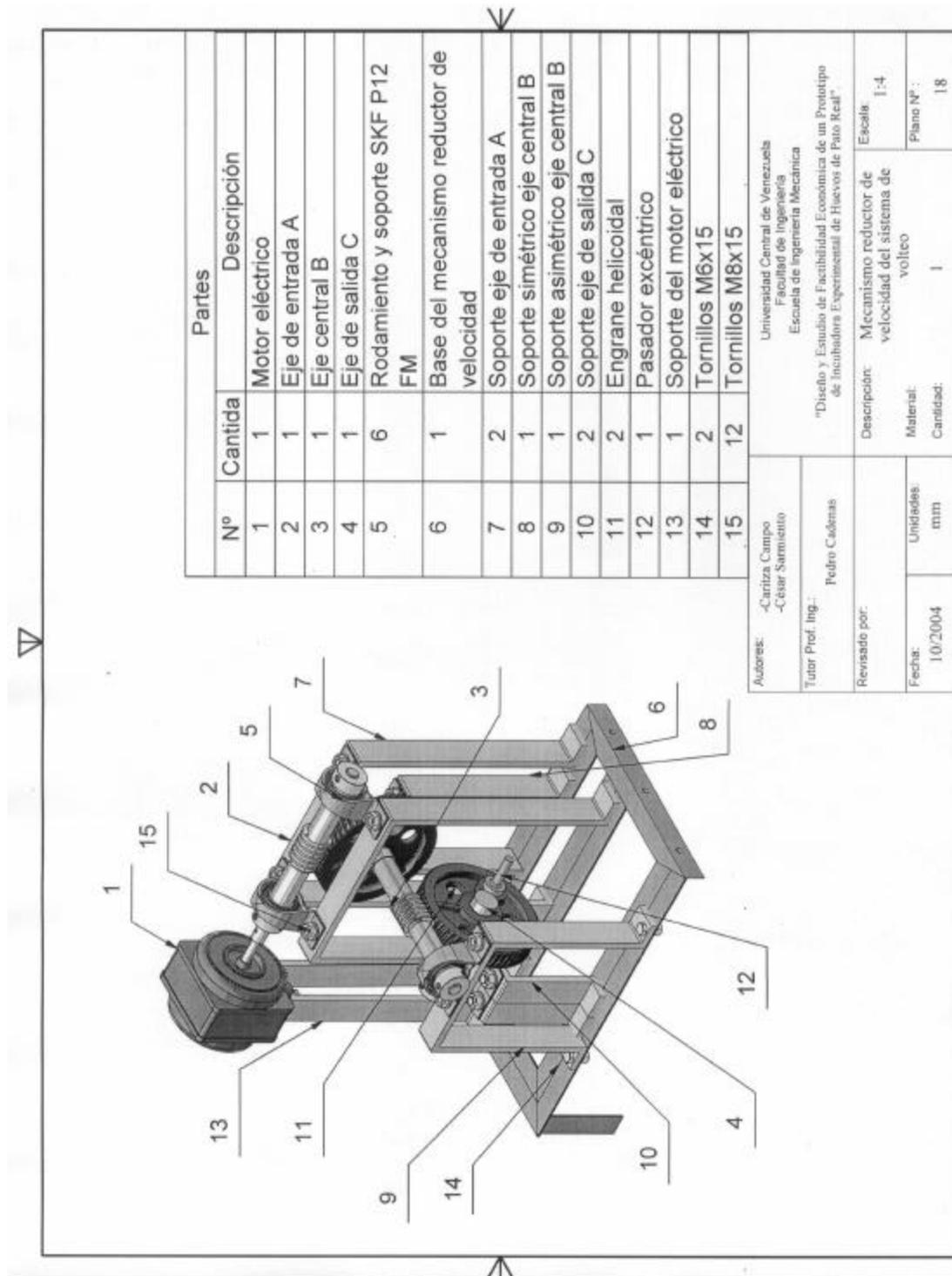


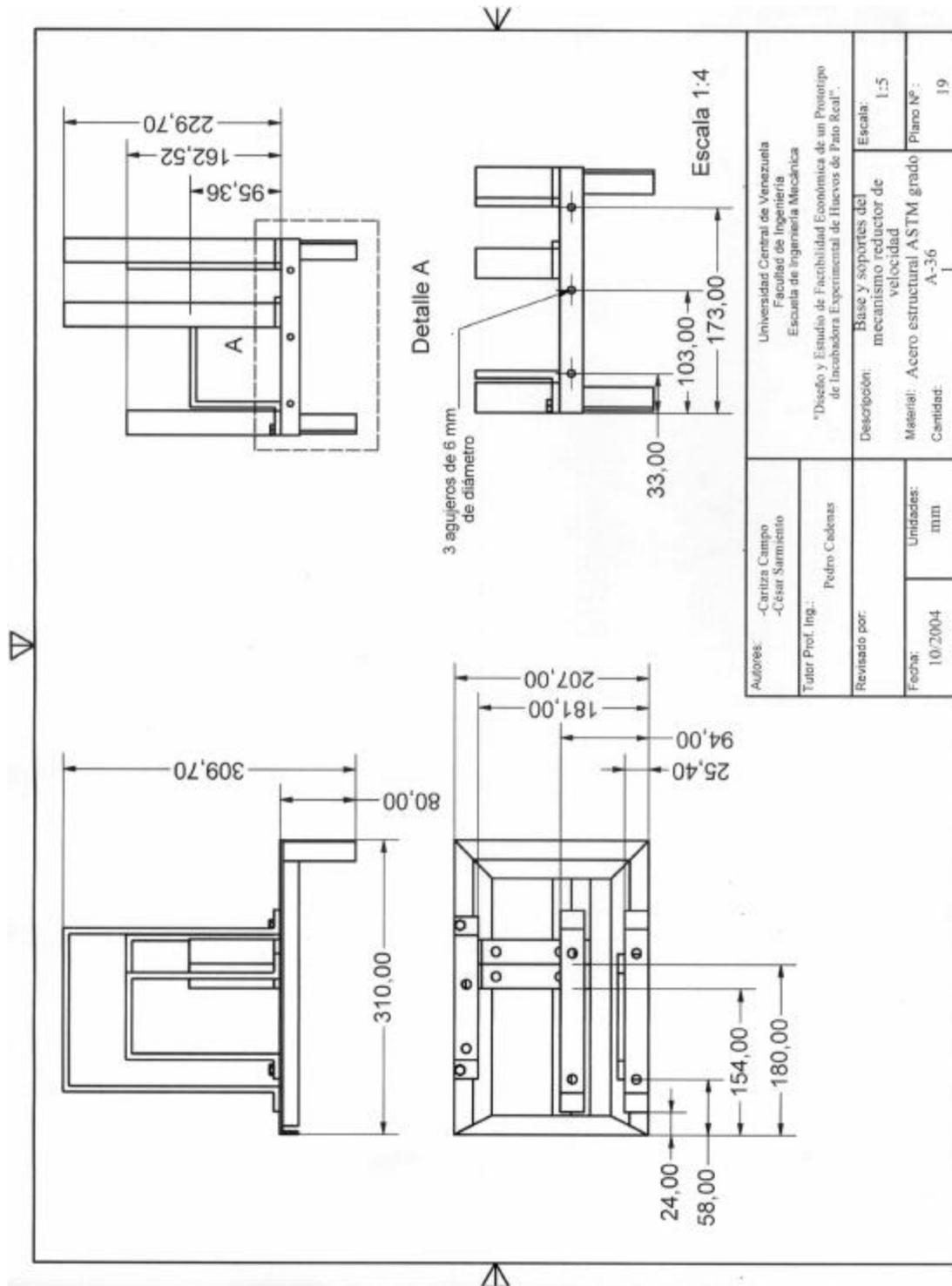


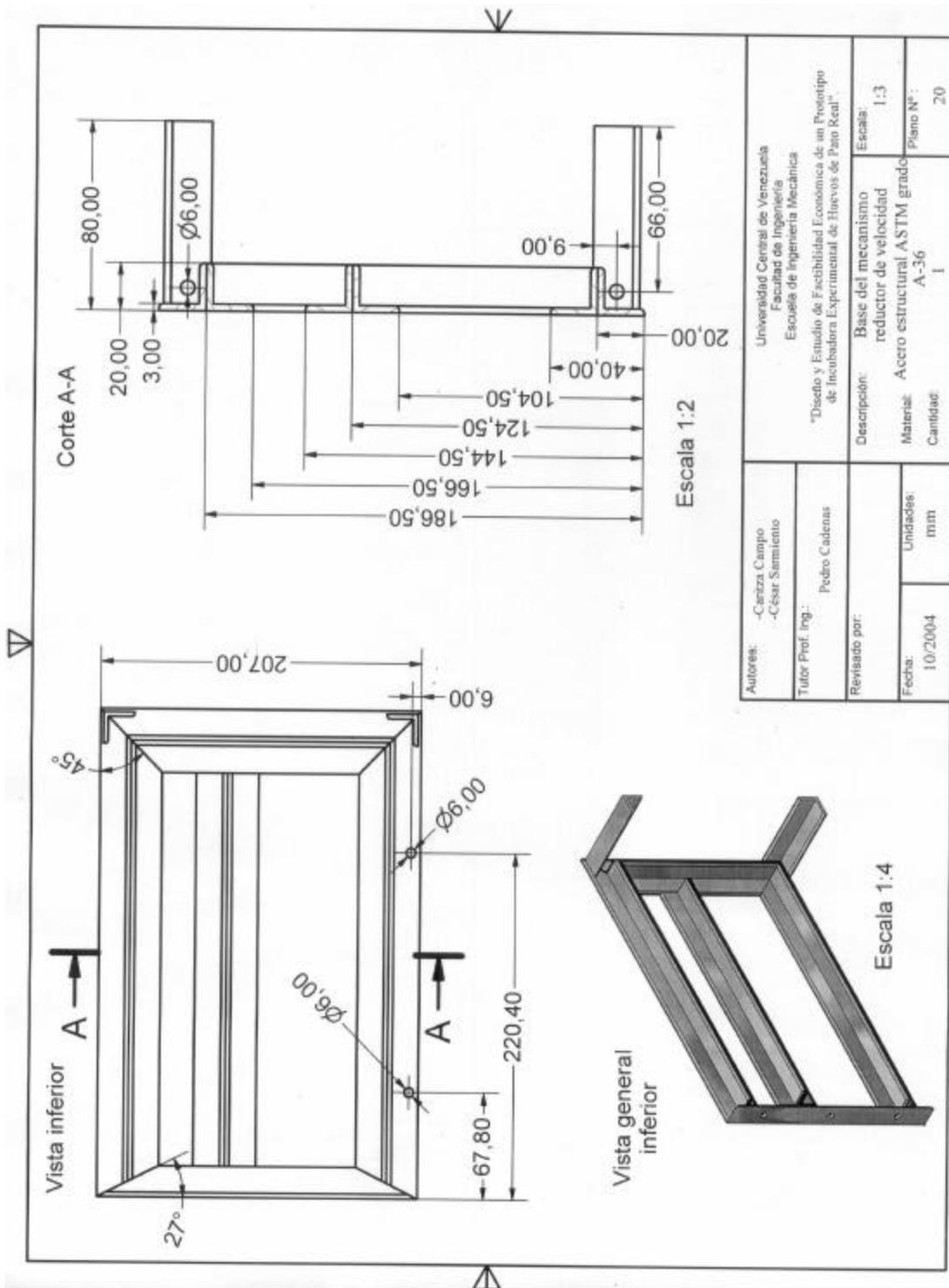
Autores: -Cariza Campo -César Samuente		Universidad Central de Venezuela Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Mecánica	
Tutor Prof. Ing.: Pedro Cadenas		"Diseño y Estudio de Factibilidad Económica de un Prototipo de Incubadora Experimental de Huevos de Pato Real".	
Revisado por:		Descripción: Pletina horizontal 1/2x1/8 de soporte	Escala: 1:5
Fecha: 10/2004	Unidades: mm	Materia: Acero estructural ASTM grado A-36	Plano Nº: 15
		Cantidad: 17	

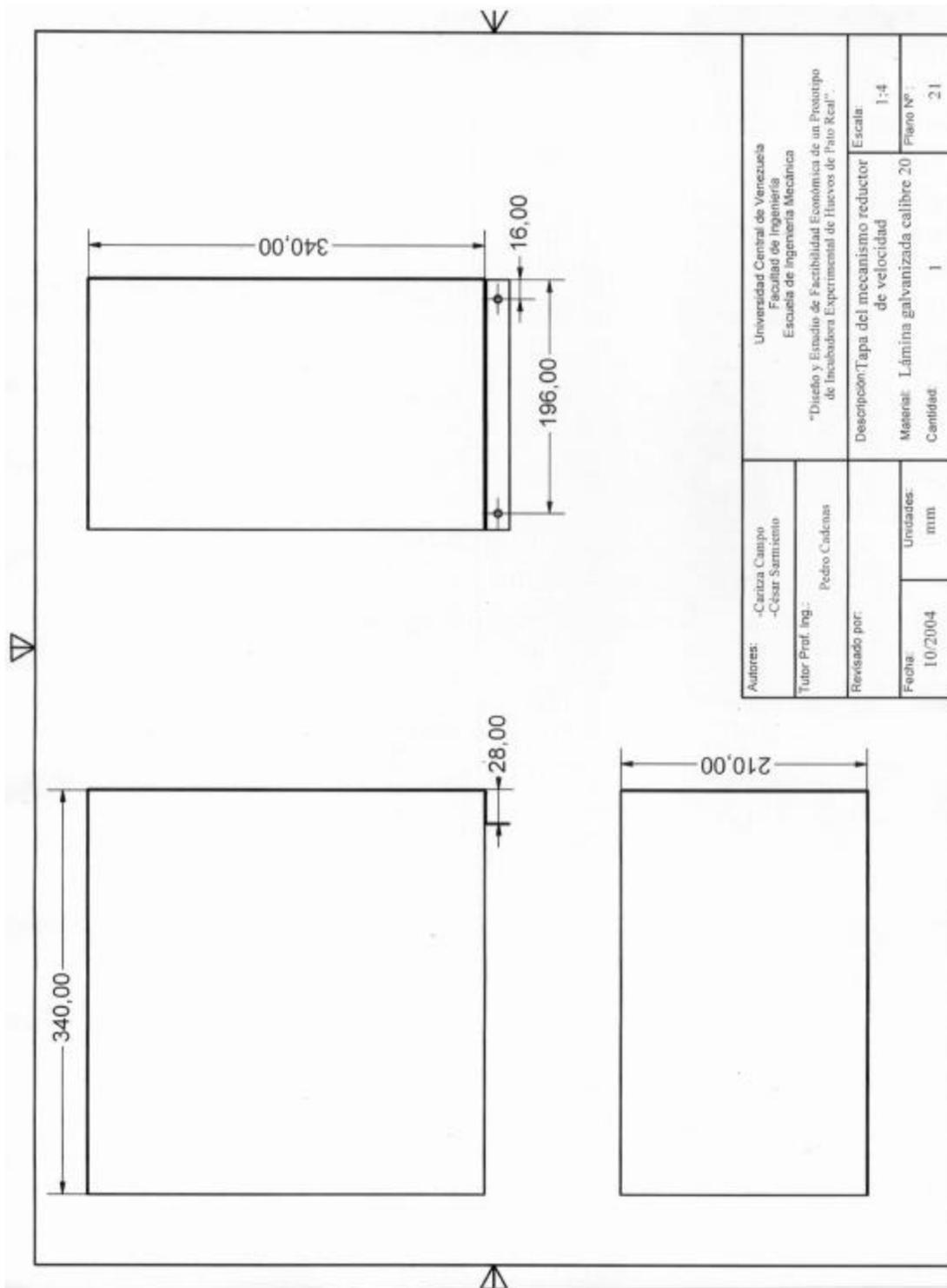


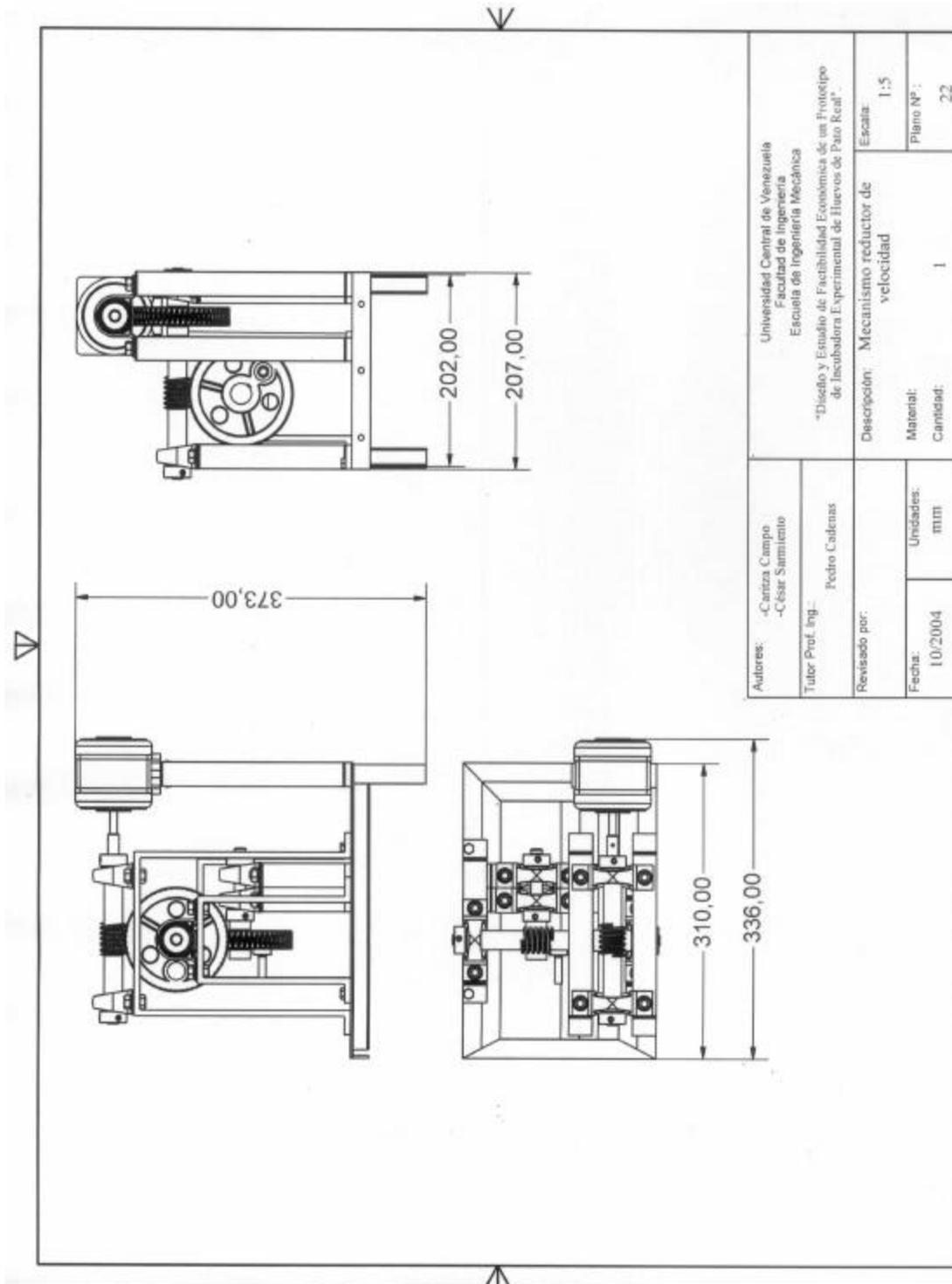




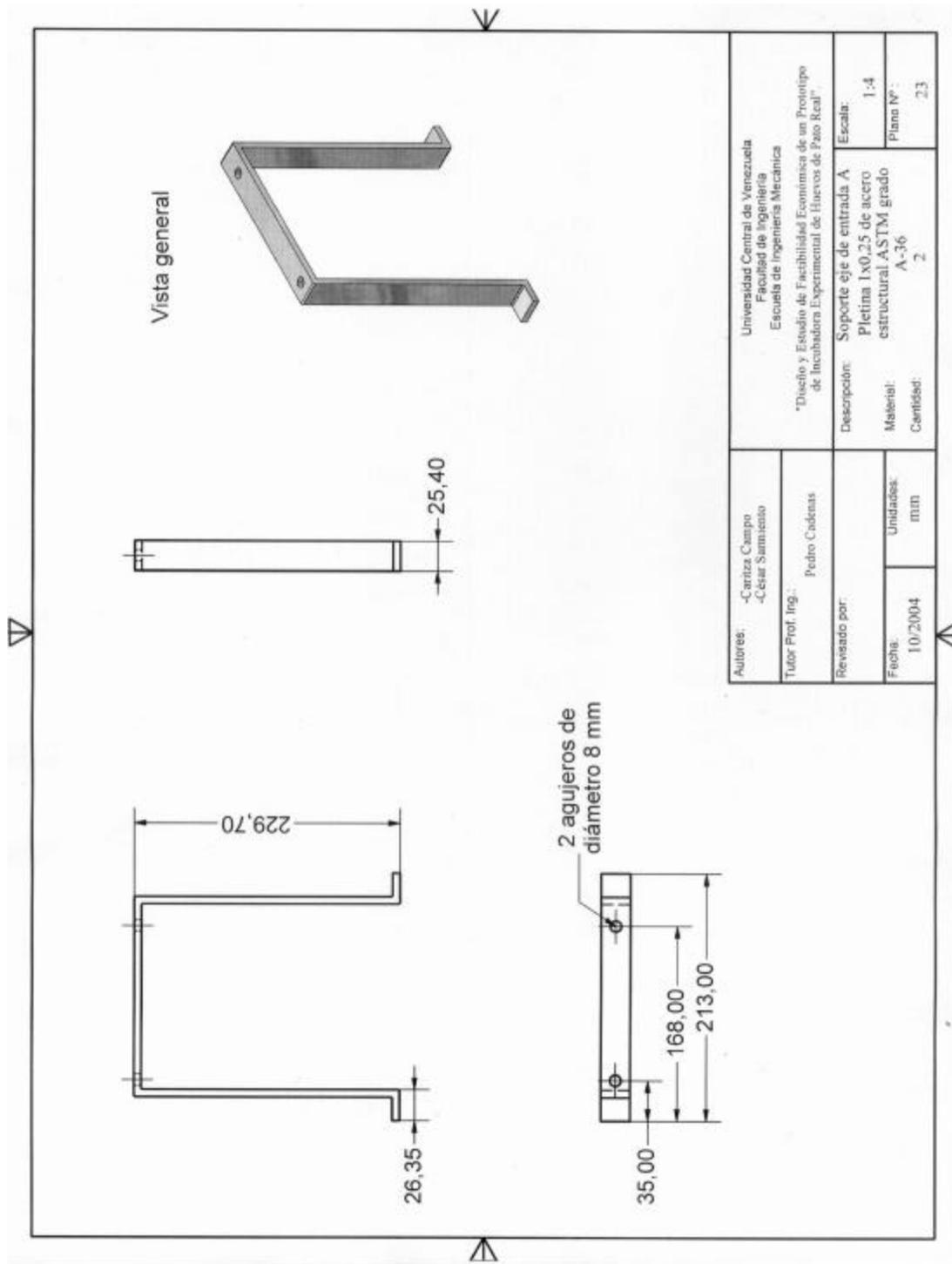


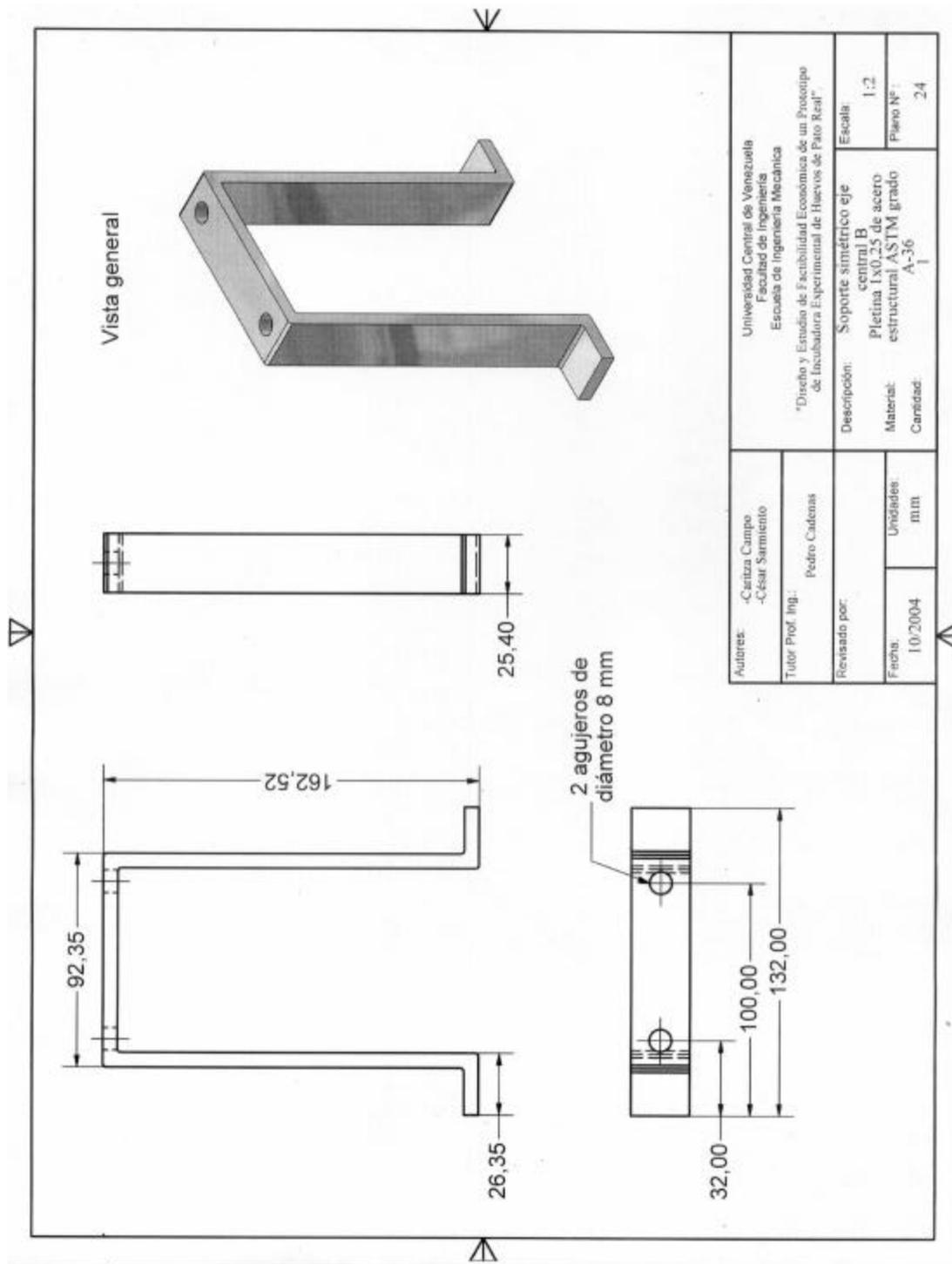


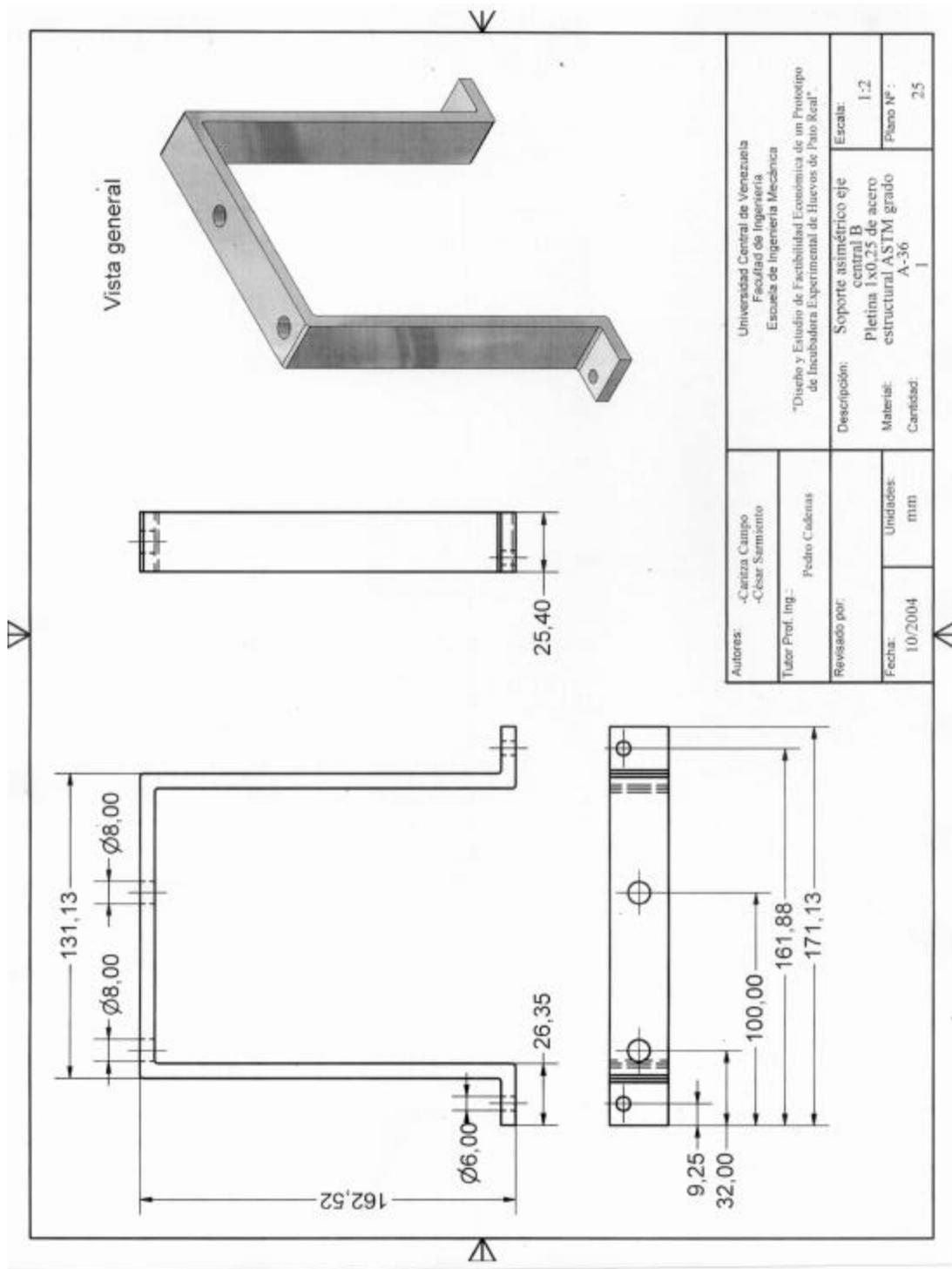


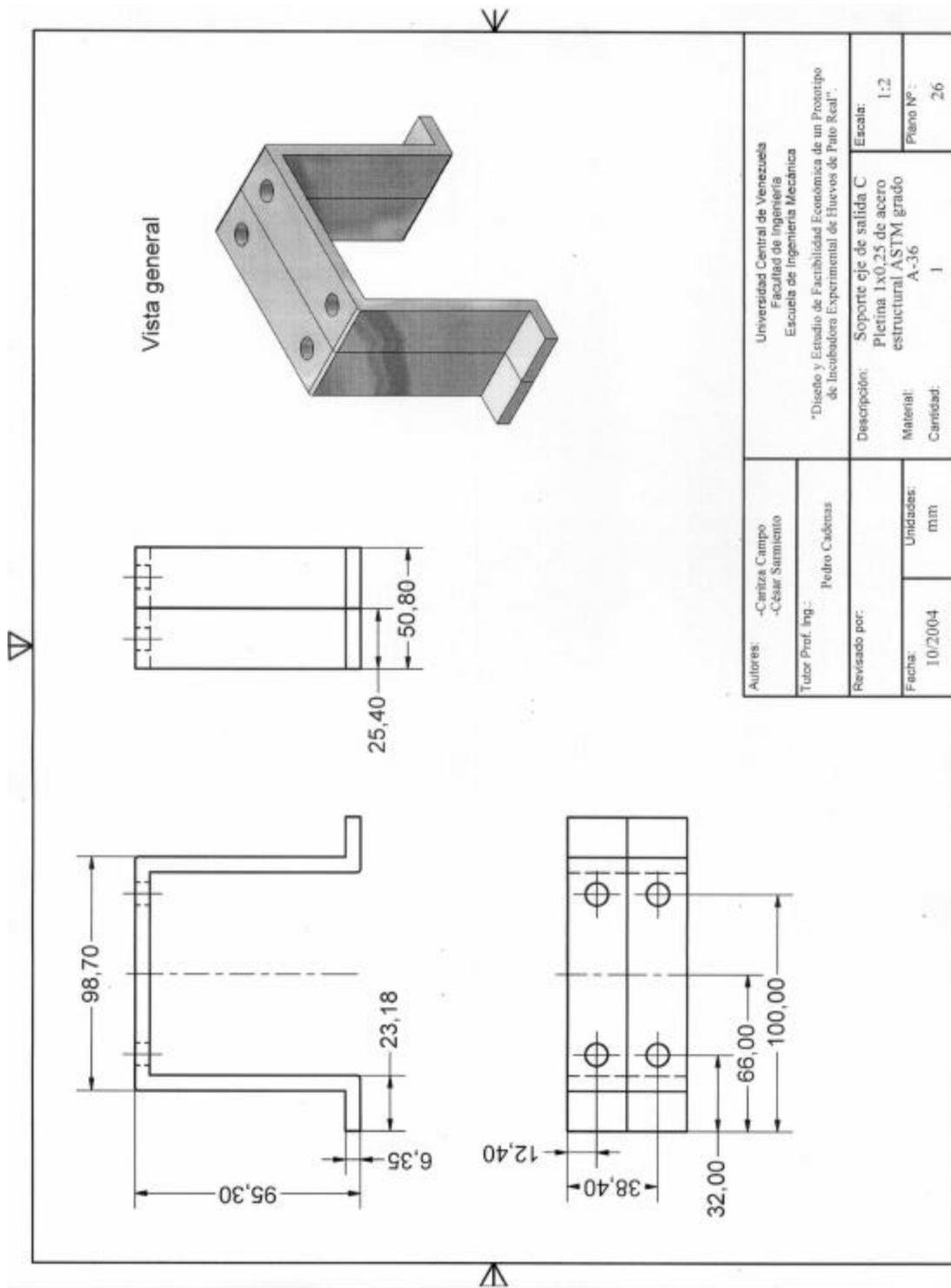


Autores: -Cantza Campo -César Sarmiento		Universidad Central de Venezuela Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Mecánica	
Tutor Prof. Ing.: Pedro Cadenas		"Diseño y Estudio de Factibilidad Económica de un Prototipo de Incubadora Experimental de Huevos de Pato Real".	
Revisado por:		Descripción: Mecanismo reductor de velocidad	
Fecha: 10/2004	Unidades: mm	Material: Cantidad: 1	Escala: 1:5
		Plano Nº: 22	

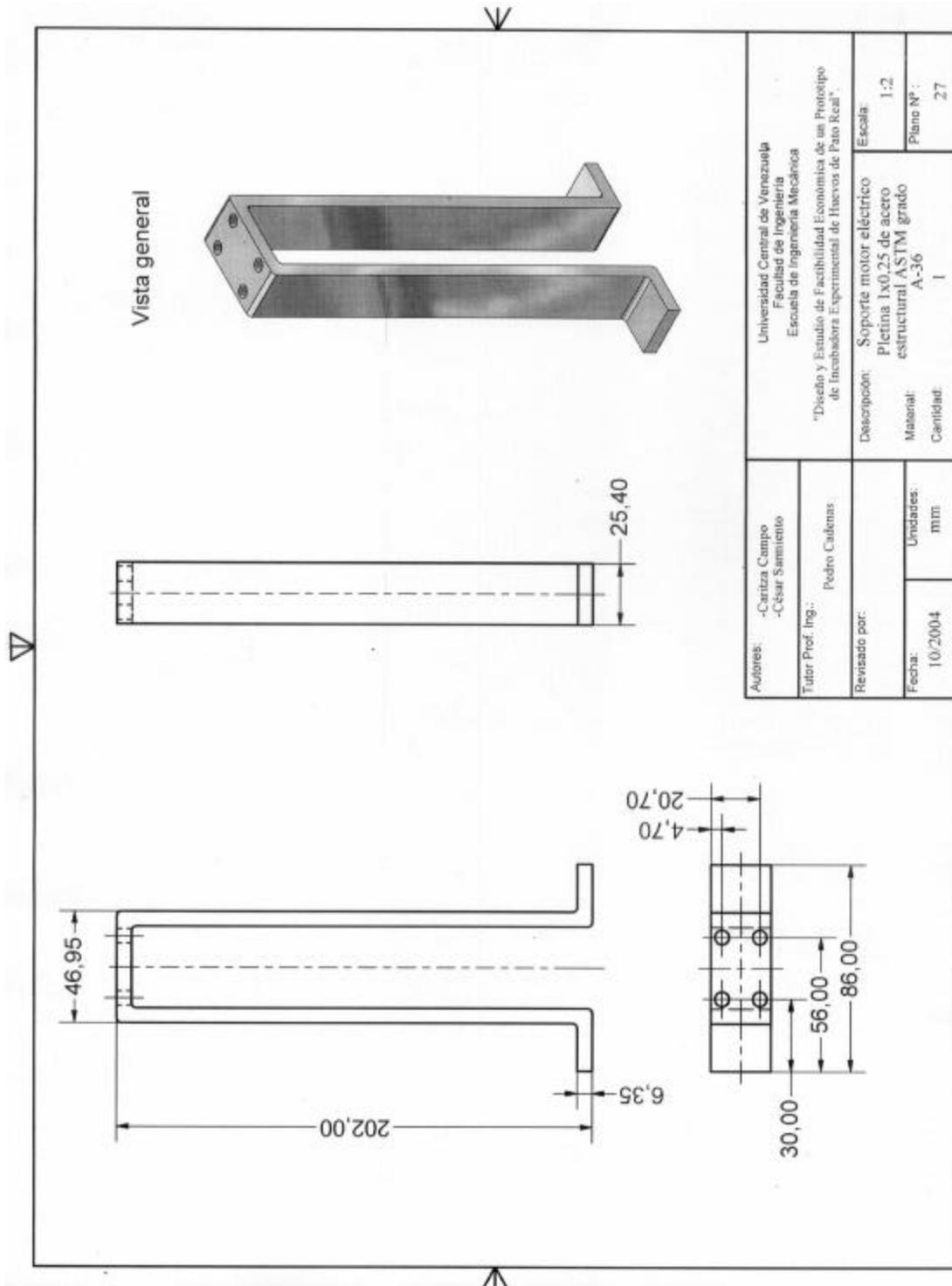




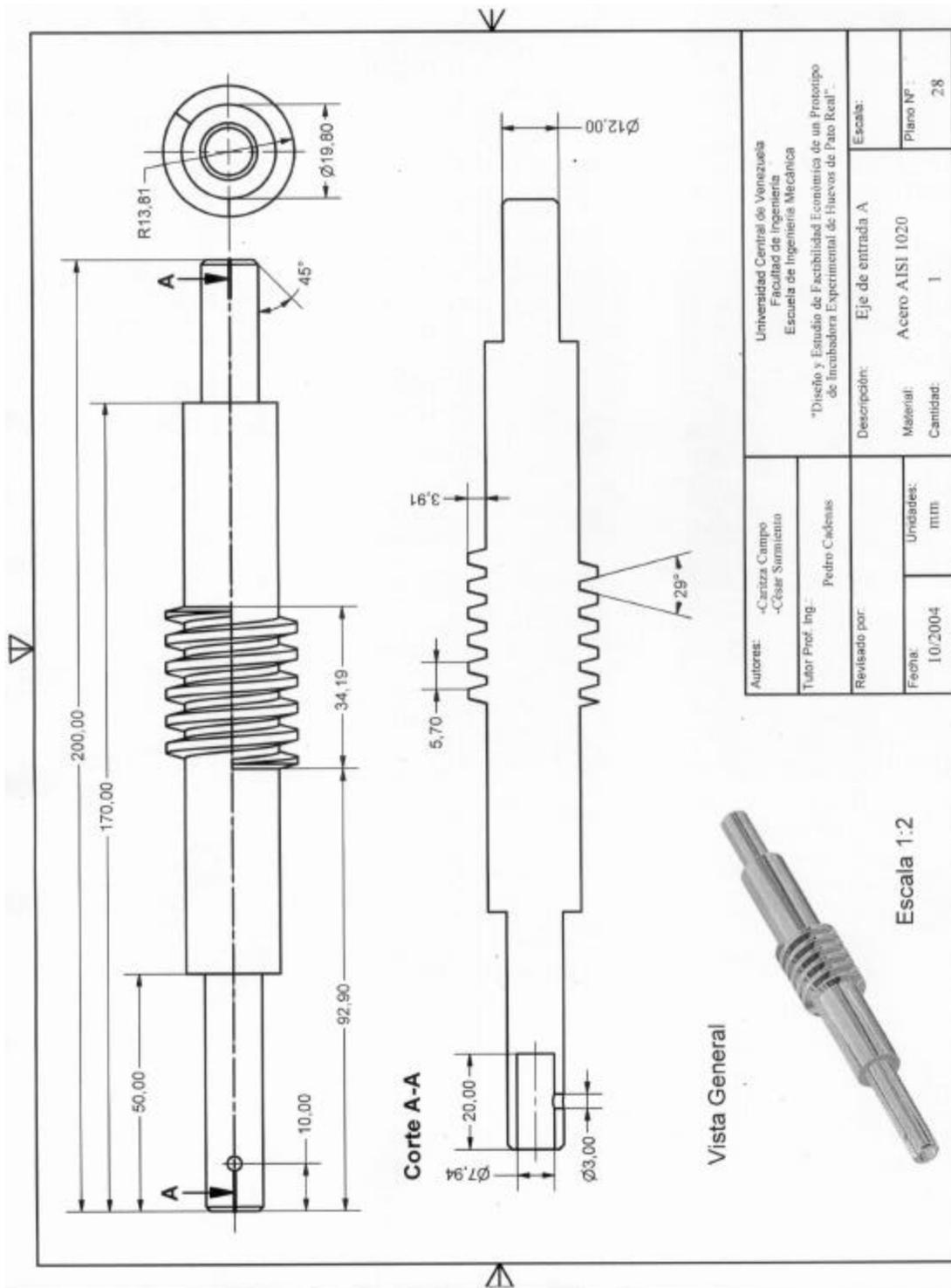


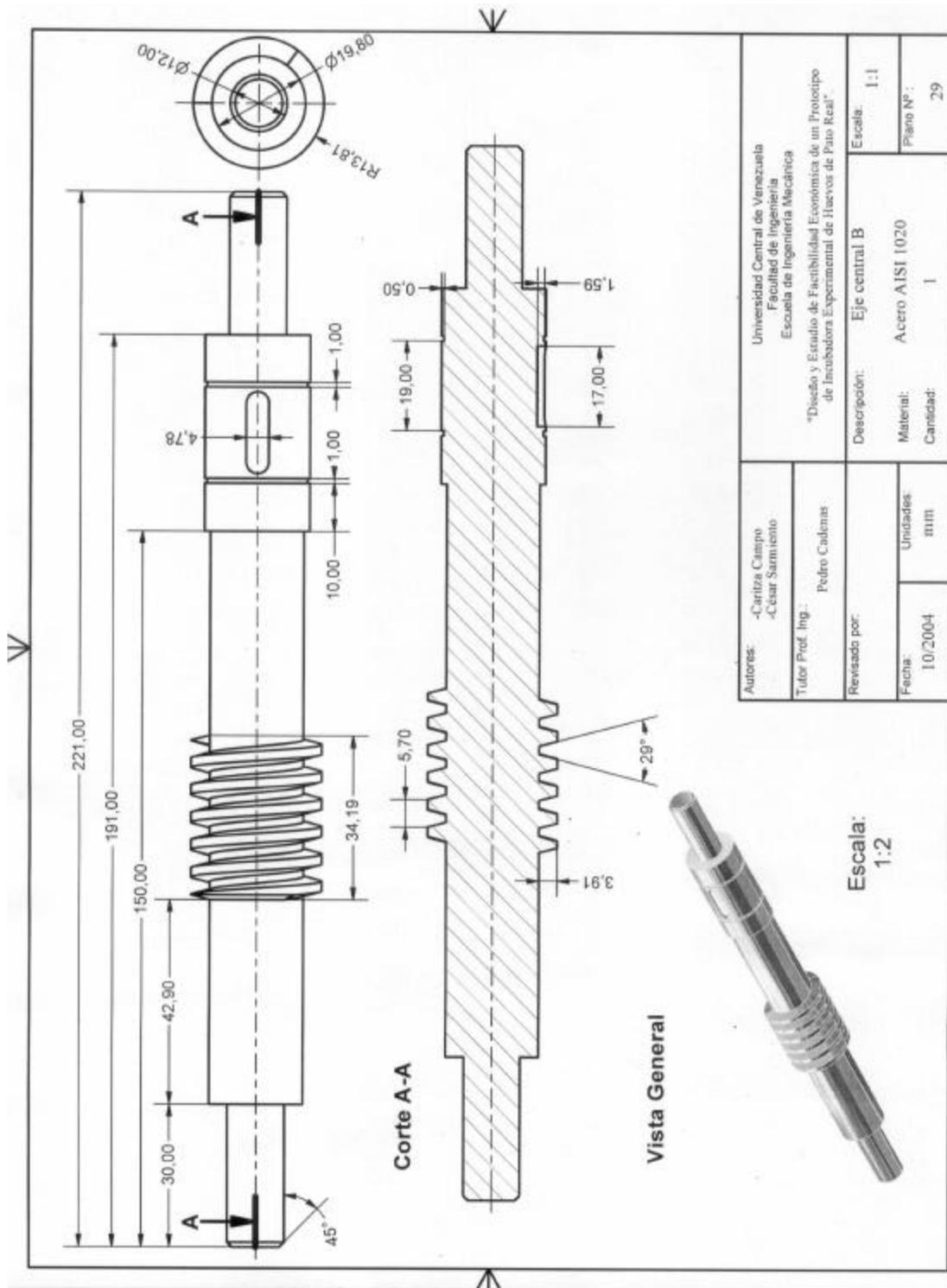


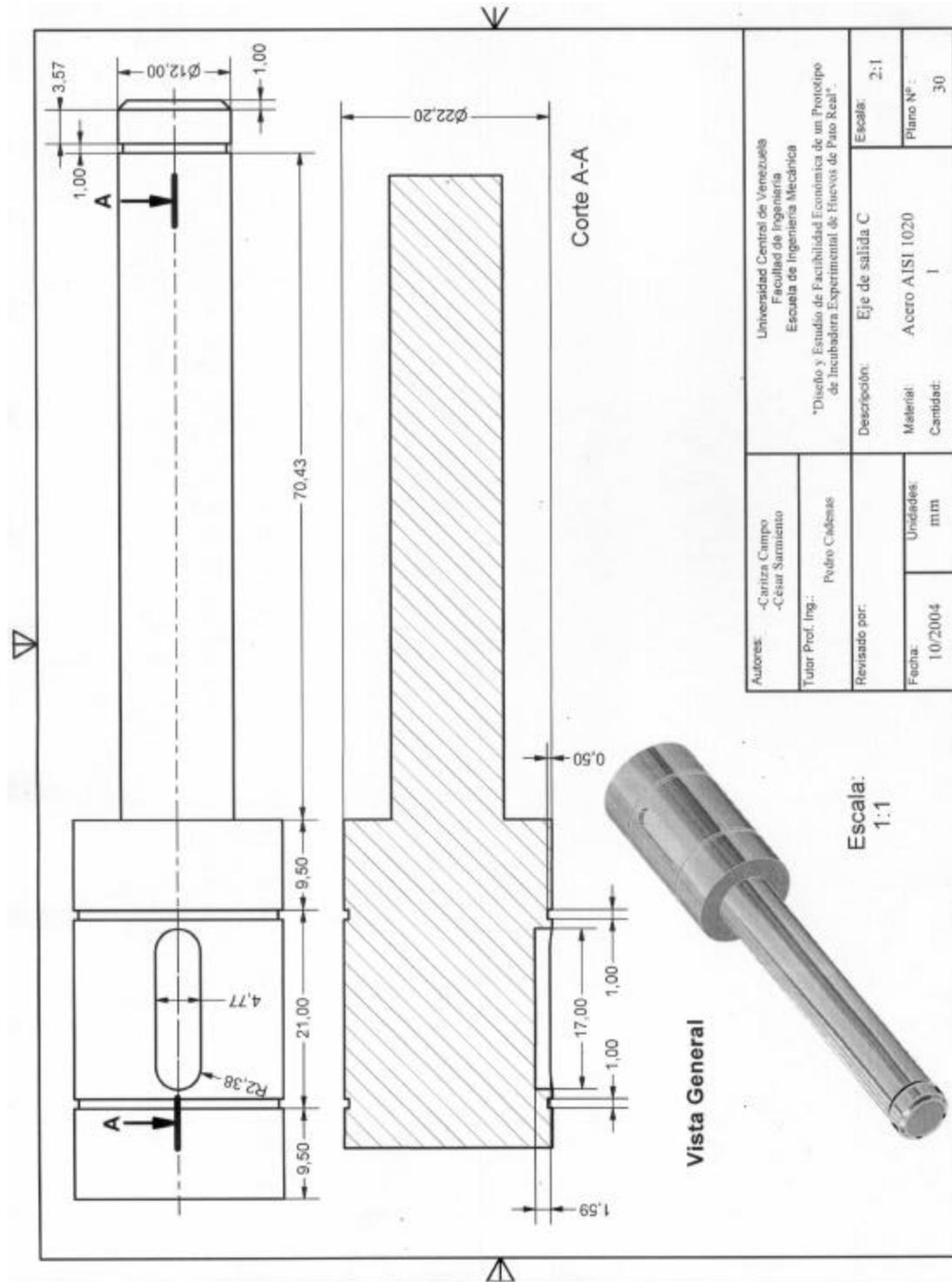
Autores: -Caritza Campo -César Sarmiento		Universidad Central de Venezuela Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Mecánica	
Tutor Prof. Ing.: Pedro Cárdenas		"Diseño y Estudio de Factibilidad Económica de un Prototipo de Incubadora Experimental de Huevos de Pato Real".	
Revisado por:		Descripción: Soporte eje de salida C	
Fecha: 10/2004		Material: Pletina 1x0,25 de acero estructural ASTM grado A-36	
Unidades: mm		Cantidad: 1	
		Escala: 1:2	
		Plano N°: 26	

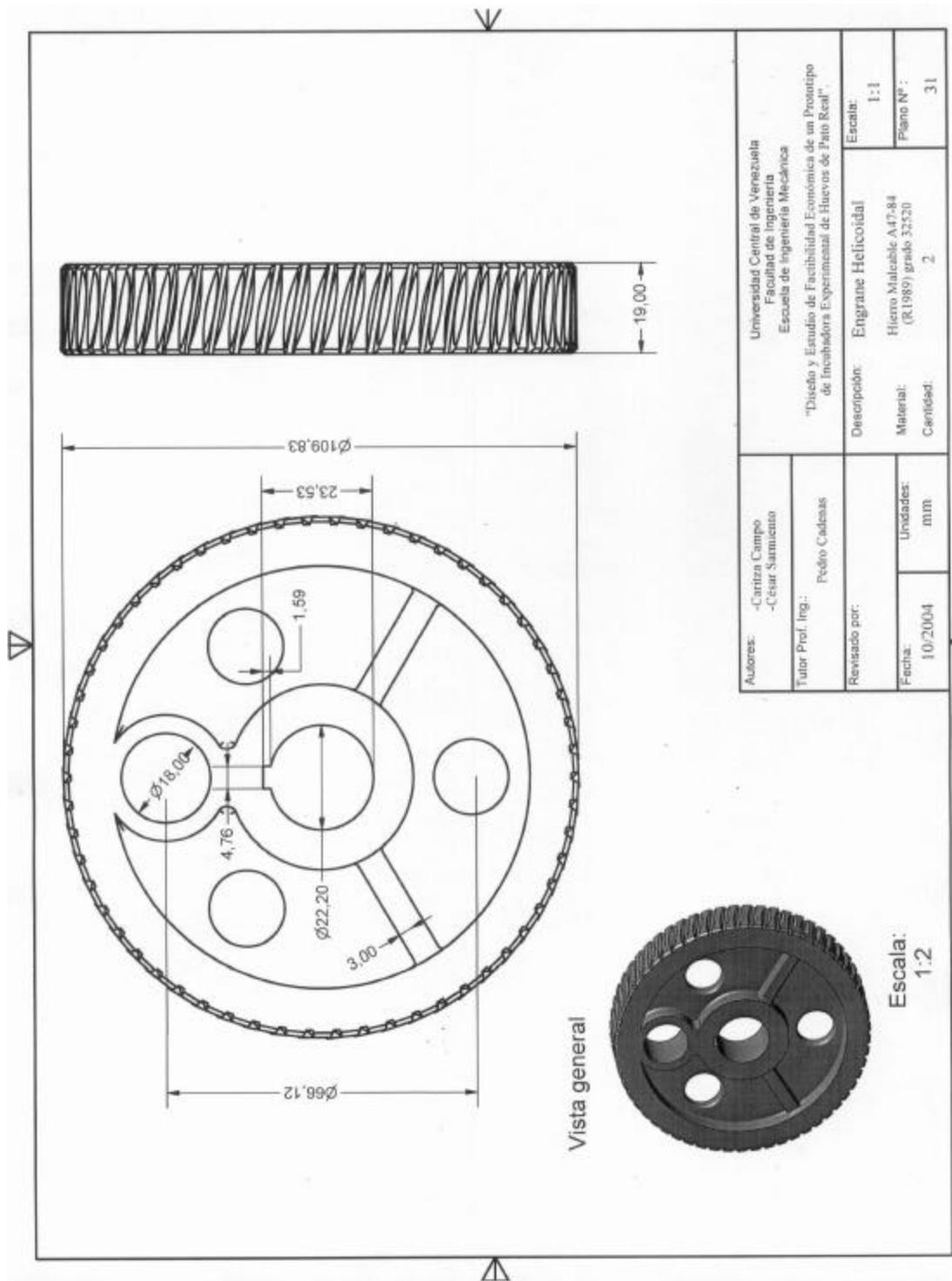


Autores: -Caritza Campo -César Sarmiento		Universidad Central de Venezuela Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Mecánica	
Tutor Prof. Ing.: Pedro Cudenas		"Diseño y Estudio de Factibilidad Económica de un Prototipo de Incubadora Experimental de Huevos de Pato Real".	
Revisado por:		Descripción: Soporte motor eléctrico Estructura 1x0,25 de acero estructural ASTM grado A-36	
Fecha: 10/2004	Unidades: mm	Material: A-36	Escala: 1:2
		Cantidad: 1	Plano Nº: 27

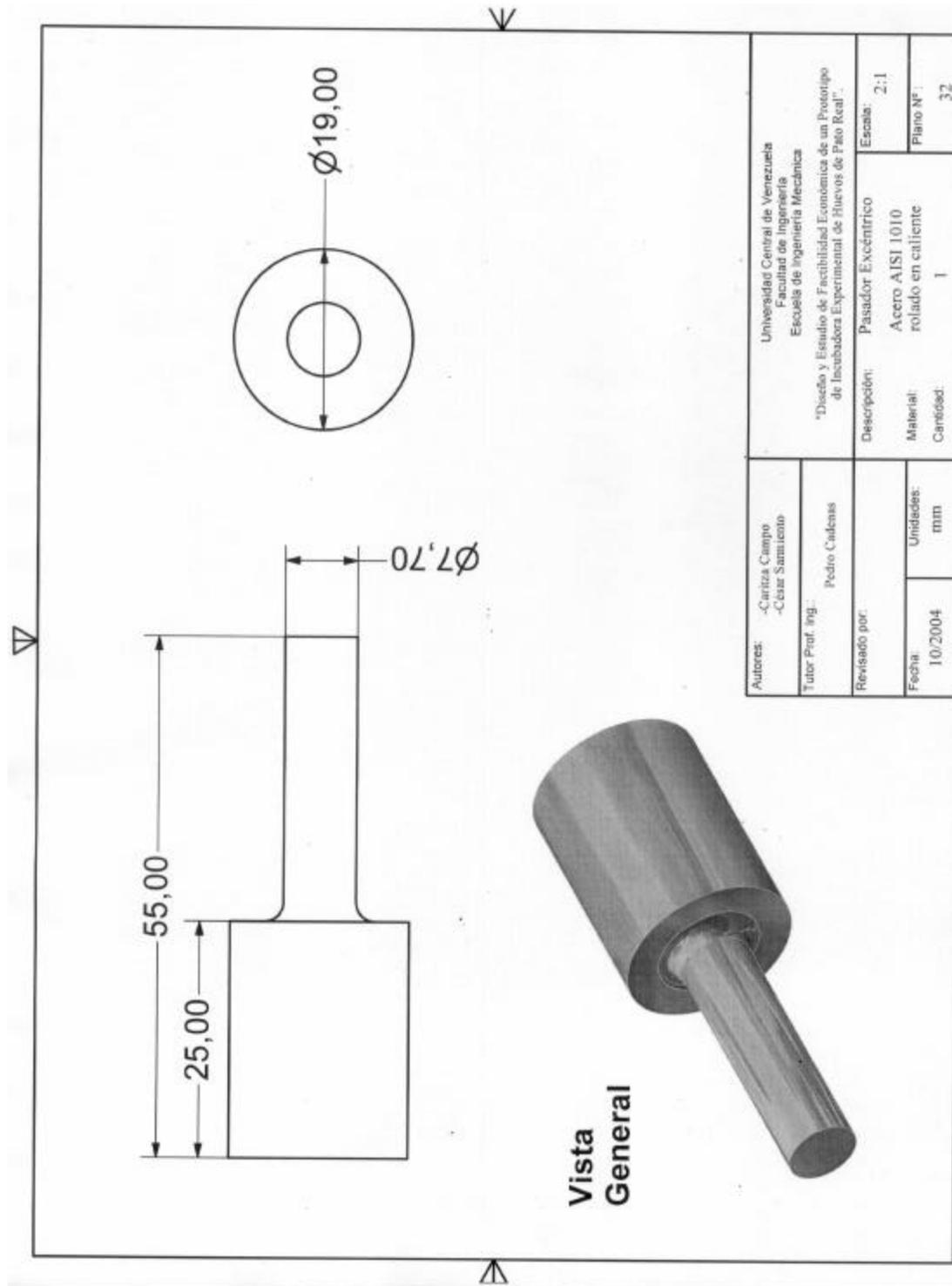


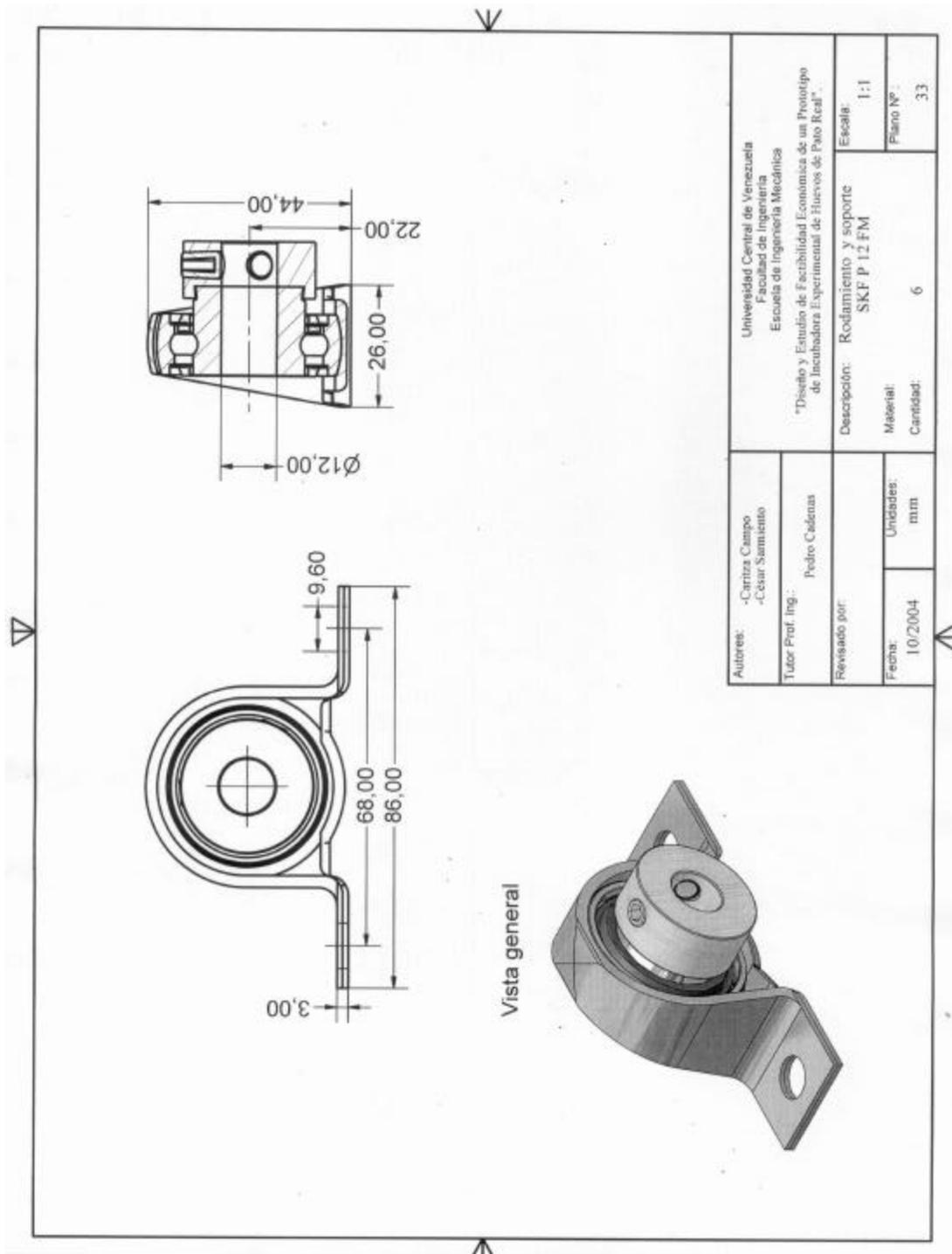


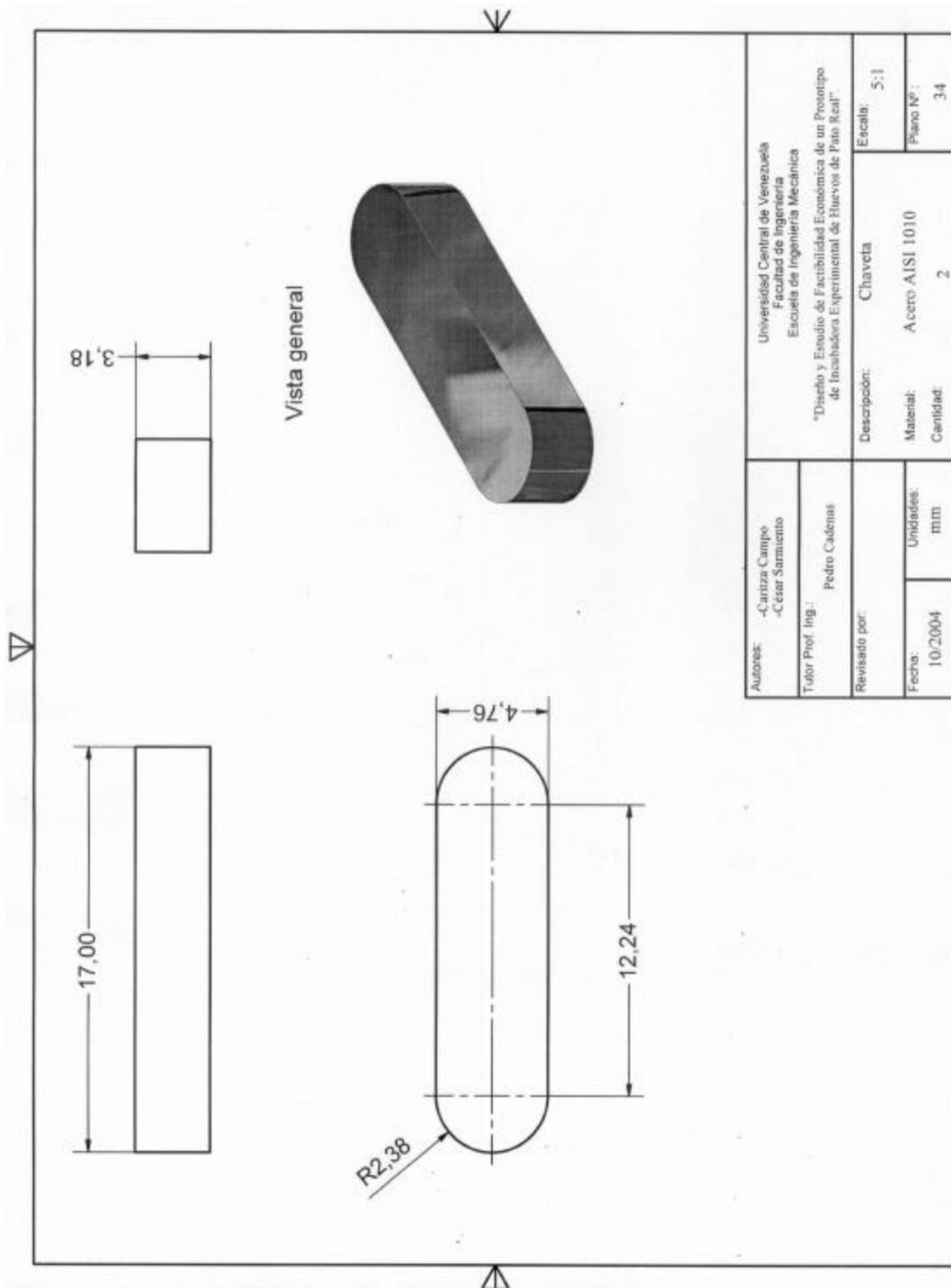




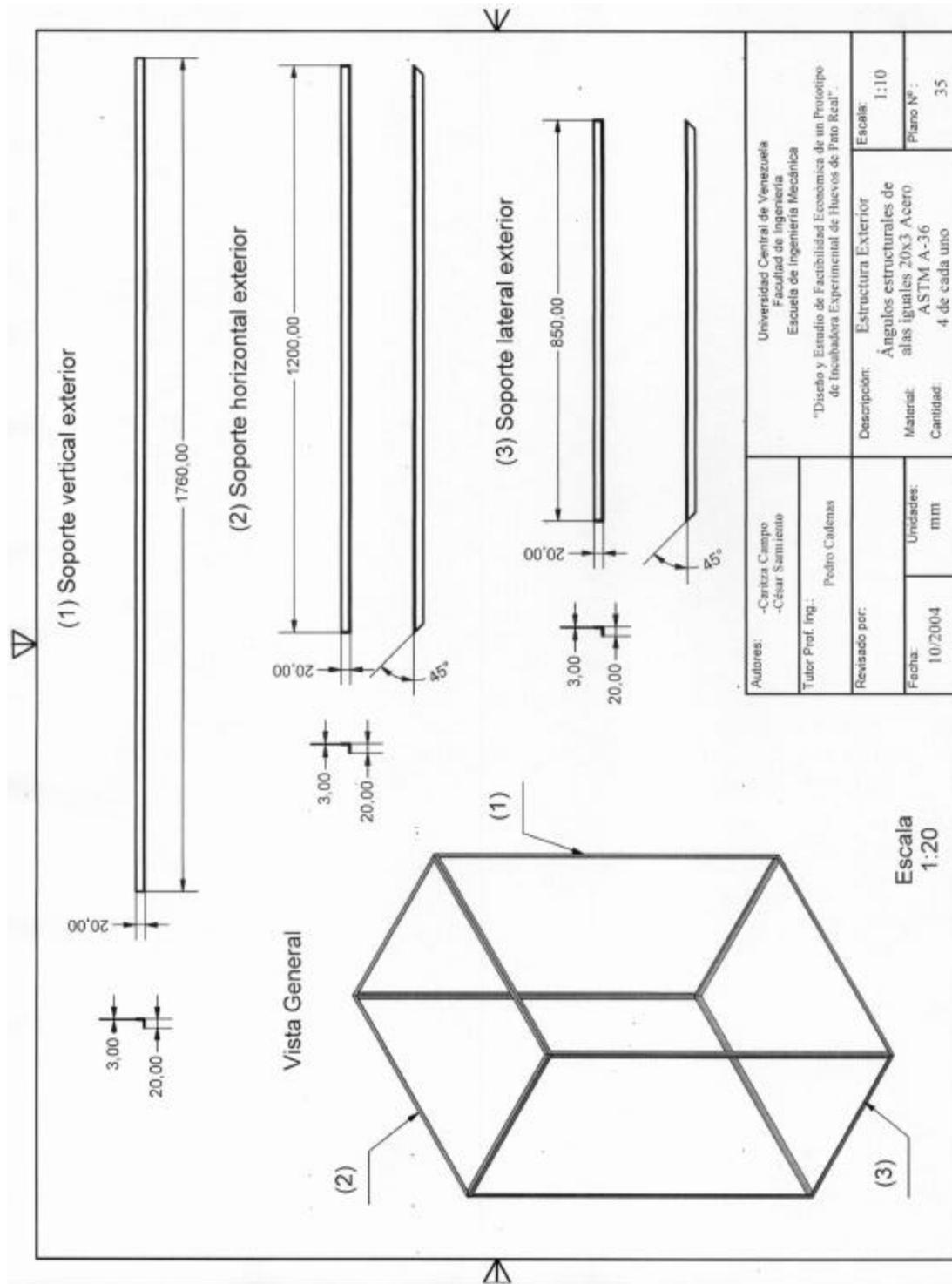
Autores: -Carolina Campo -César Sarriacua		Universidad Central de Venezuela Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Mecánica	
Tutor Prof. Ing.: Pedro Cadenas		"Diseño y Estudio de Factibilidad Económica de un Prototipo de Incubadora Experimental de Huevos de Pato Real".	
Revisado por:		Descripción: Engrane Helicoidal	Escala: 1:1
Fecha: 10/2004	Unidades: mm	Material: Hierro Maleable A47-84 (R1989) grado 32520	Plano Nº: 31
		Cantidad: 2	



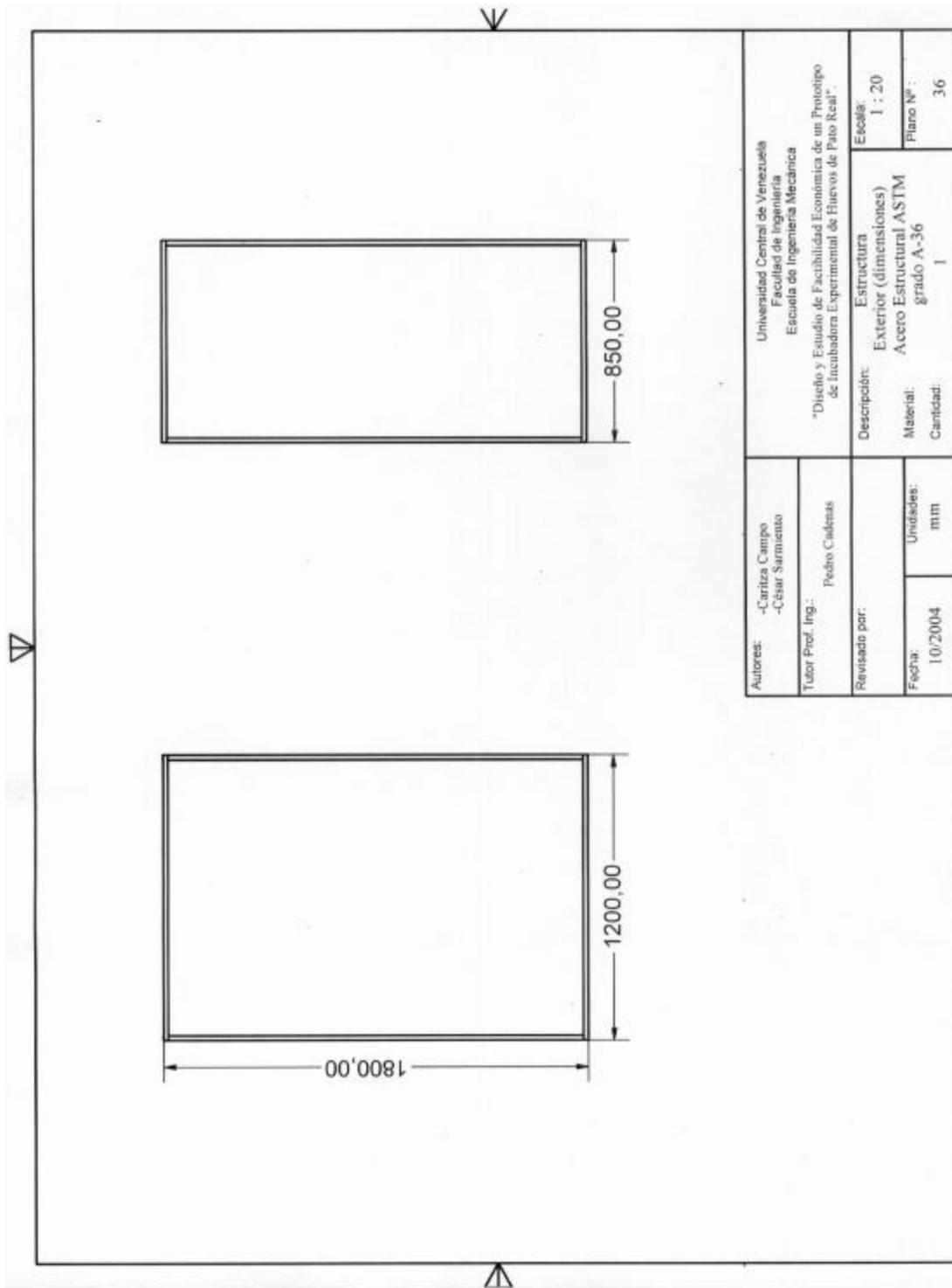




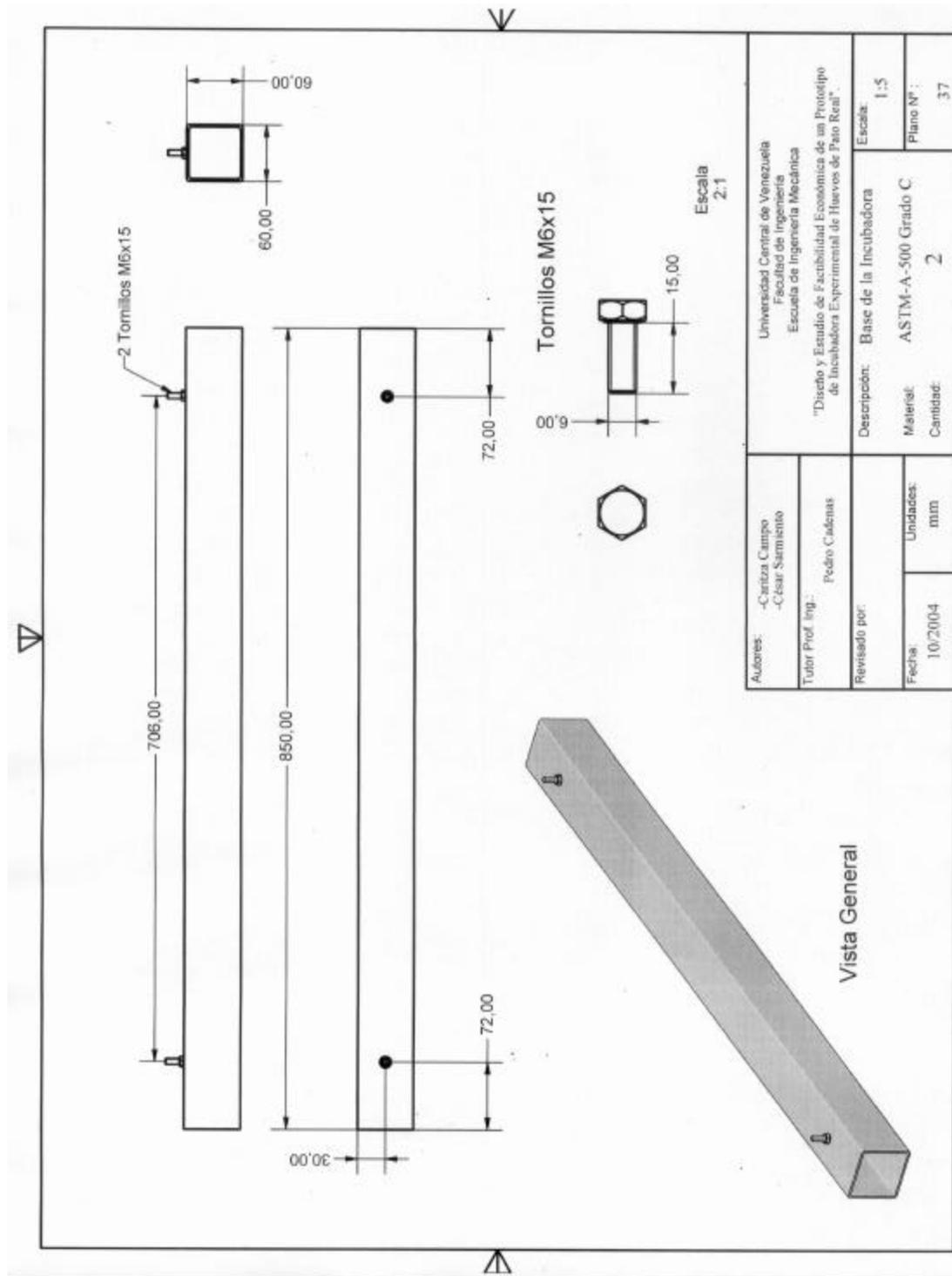
Autores: -Caritza Campo -César Sarmiento		Universidad Central de Venezuela Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Mecánica	
Tutor Prof. Ing.: Pedro Cadenas		"Diseño y Estudio de Factibilidad Económica de un Prototipo de Incubadora Experimental de Huevos de Pato Real"	
Revisado por:		Descripción: Chaveta	
Fecha: 10/2004	Unidades: mm	Escala: 5:1	
		Material: Acero AISI 1010	
		Cantidad: 2	
		Plano Nº: 34	

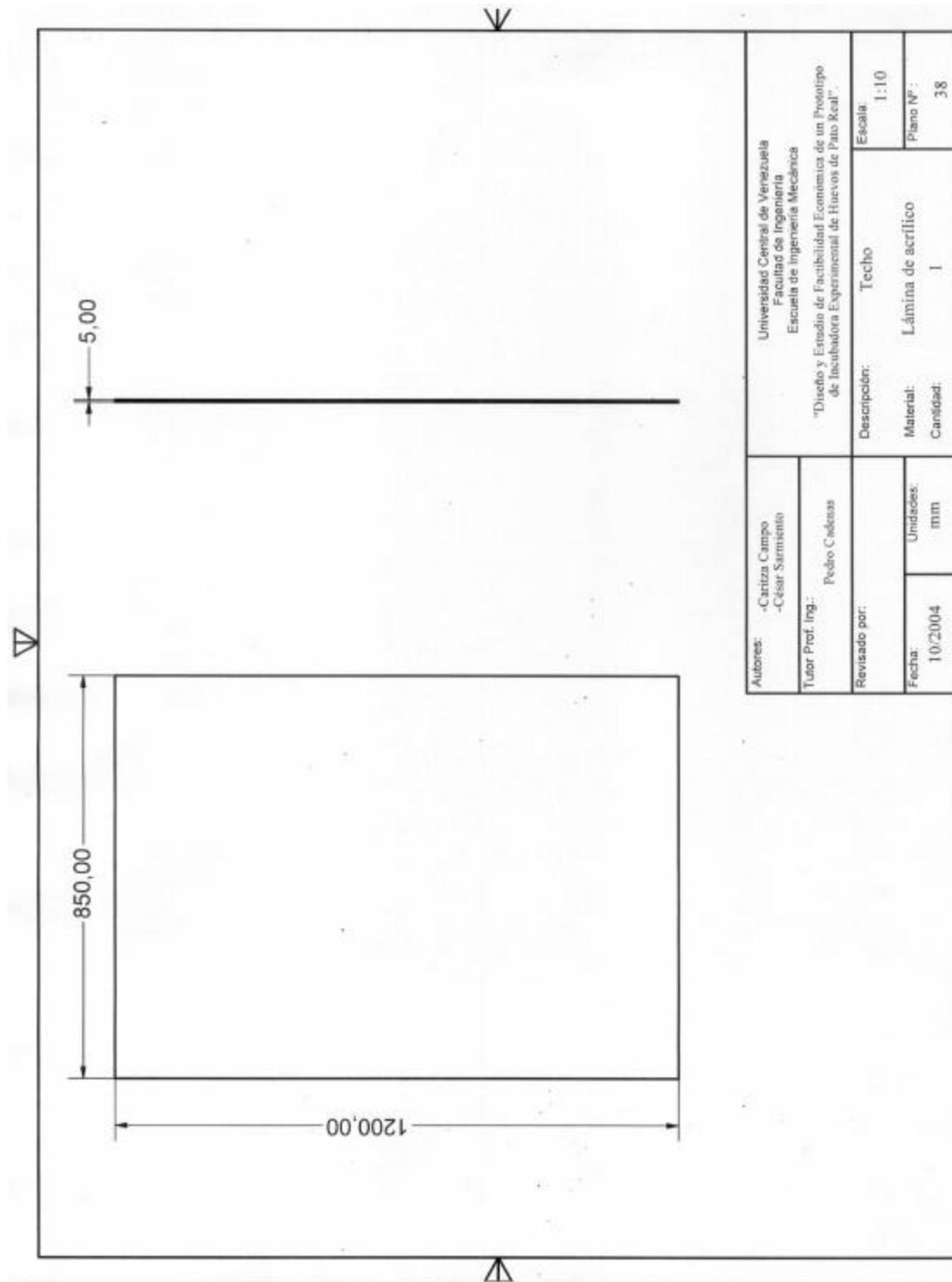


Autores: -Caritza Campo -César Samiento		Universidad Central de Venezuela Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Mecánica	
Tutor Prof. Ing.: Pedro Cuelenas		"Diseño y Estudio de Factibilidad Económica de un Prototipo de Incubadora Experimental de Huevos de Pato Real"	
Revisado por:		Descripción:	Escala:
Fecha: 10/2004	Unidades: mm	Ángulos estructurales de alzas iguales 20x3 Acero ASTM A-36	1:10
		Cantidad: 4 de cada uno	Plano N°: 35

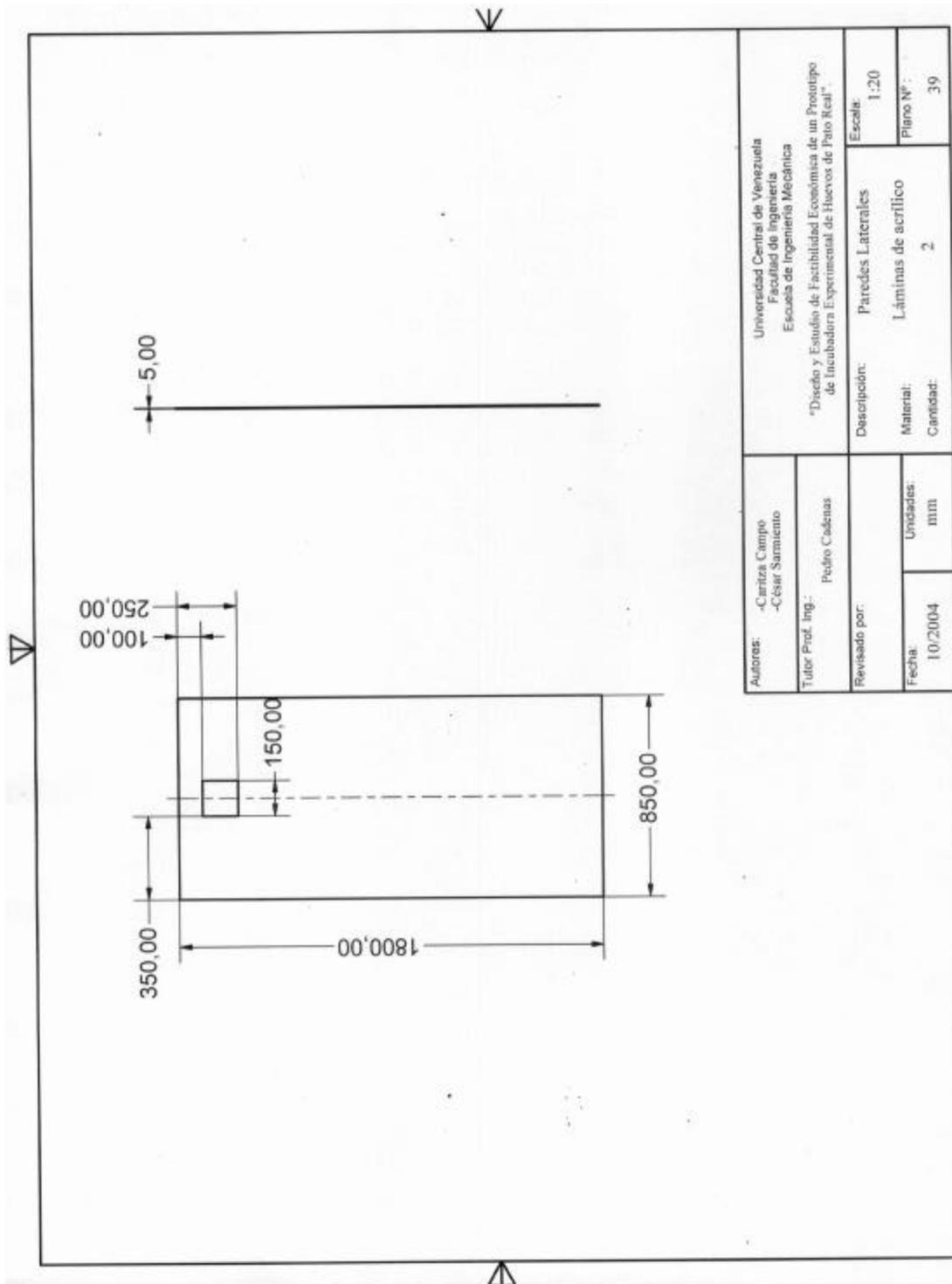


Autores: -Caritza Campo -César Sarmiento		Universidad Central de Venezuela Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Mecánica	
Tutor Prof. Ing.: Pedro Chalelas		"Diseño y Estudio de Factibilidad Económica de un Prototipo de Incubadora Experimental de Huevos de Pato Real".	
Revisado por:		Descripción: Estructura Exterior (dimensiones) Acero Estructural ASTM grado A-36	
Fecha: 10/2004	Unidades: mm	Escala: 1 : 20	Plano N°: 36
		Cantidad: 1	

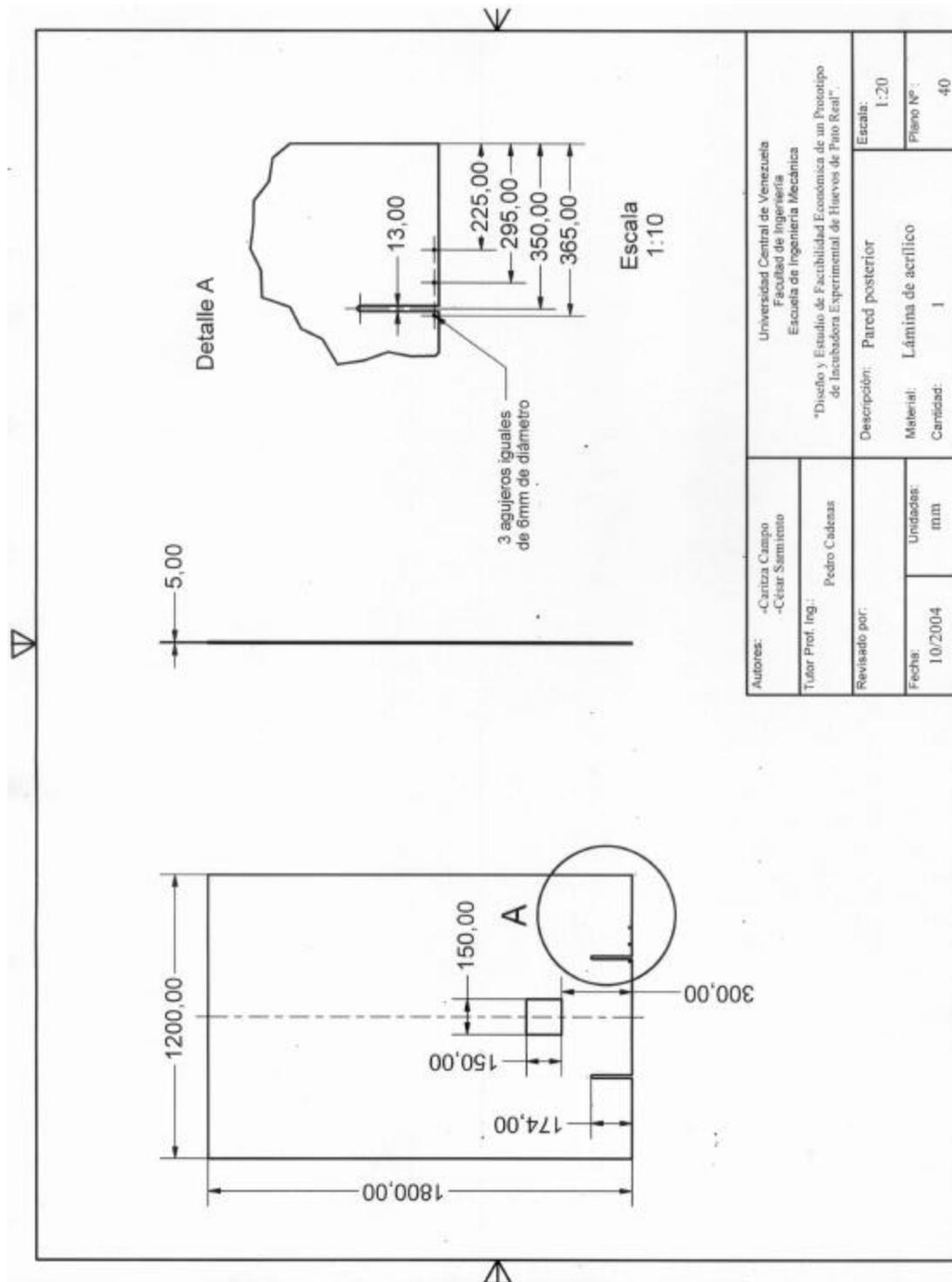




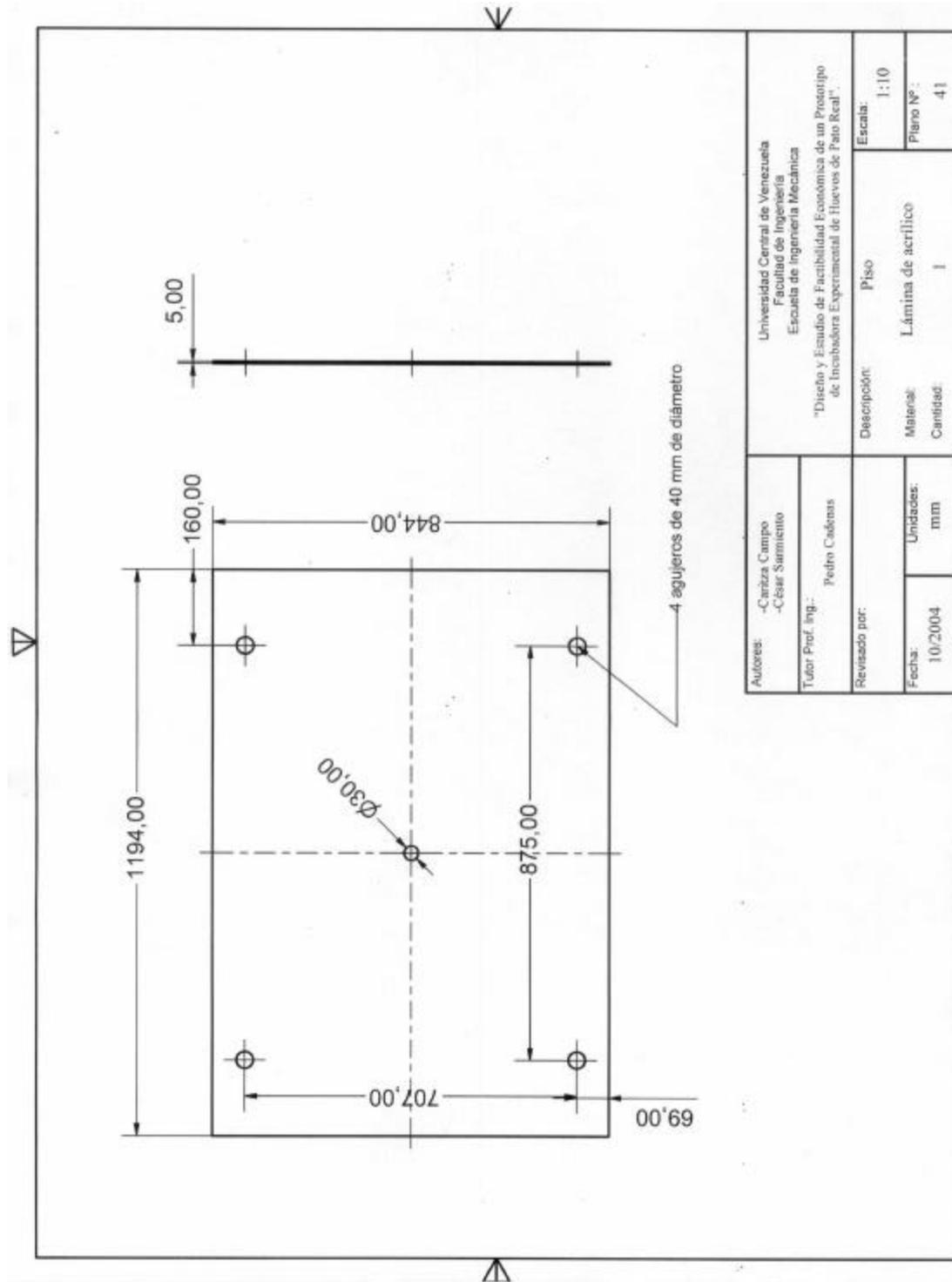
Autores: -Caritza Campo -César Sarmiento		Universidad Central de Venezuela Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Mecánica	
Tutor Prof. Ing.: Pedro Cedenas		"Diseño y Estudio de Factibilidad Económica de un Prototipo de Incubadora Experimental de Huevos de Pato Keel".	
Revisado por:		Descripción: Techo	
Fecha: 10/2004	Unidades: mm	Material: Lámina de acrílico	Escala: 1:10
		Cantidad: 1	Plano Nº: 38

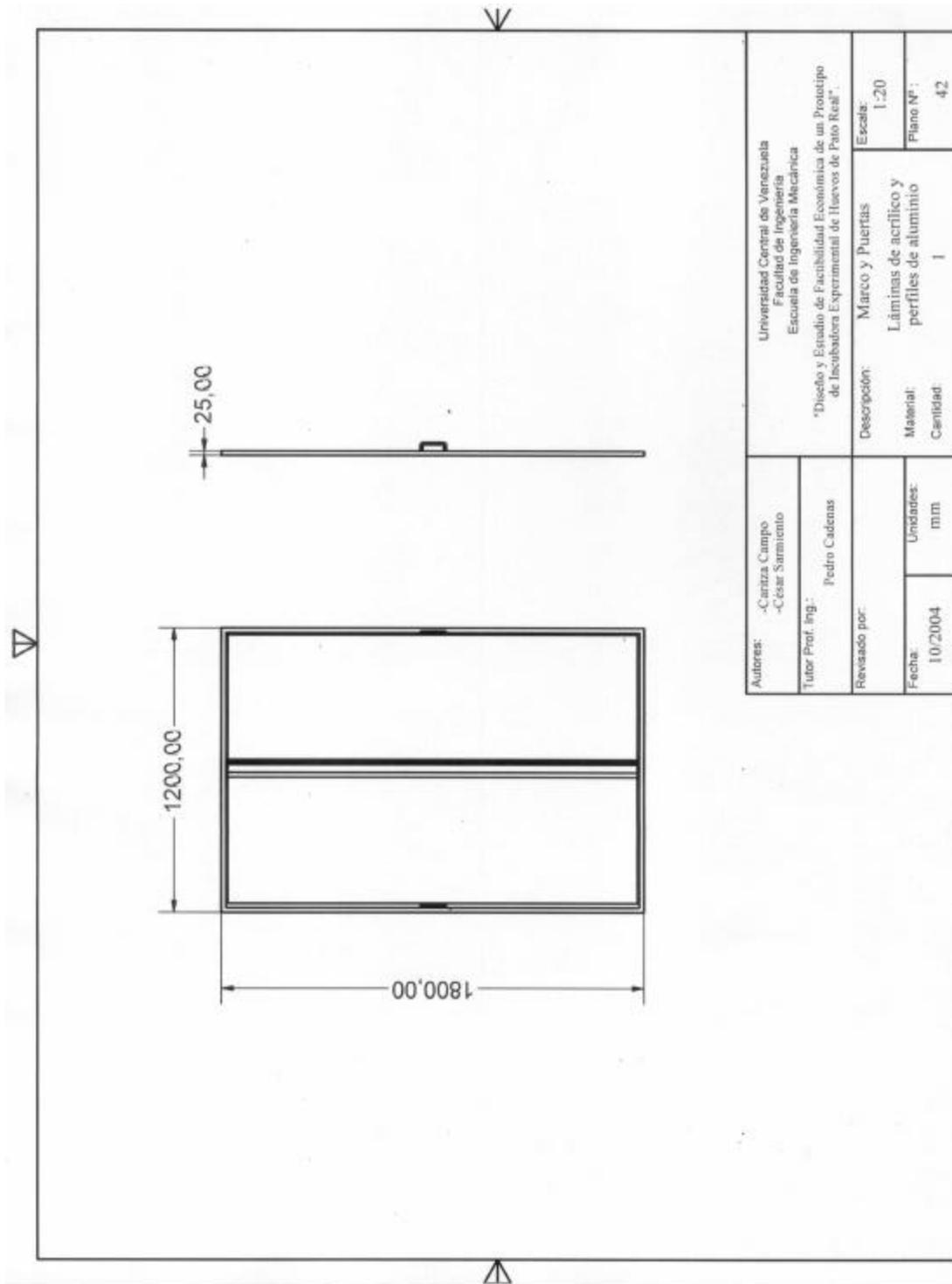


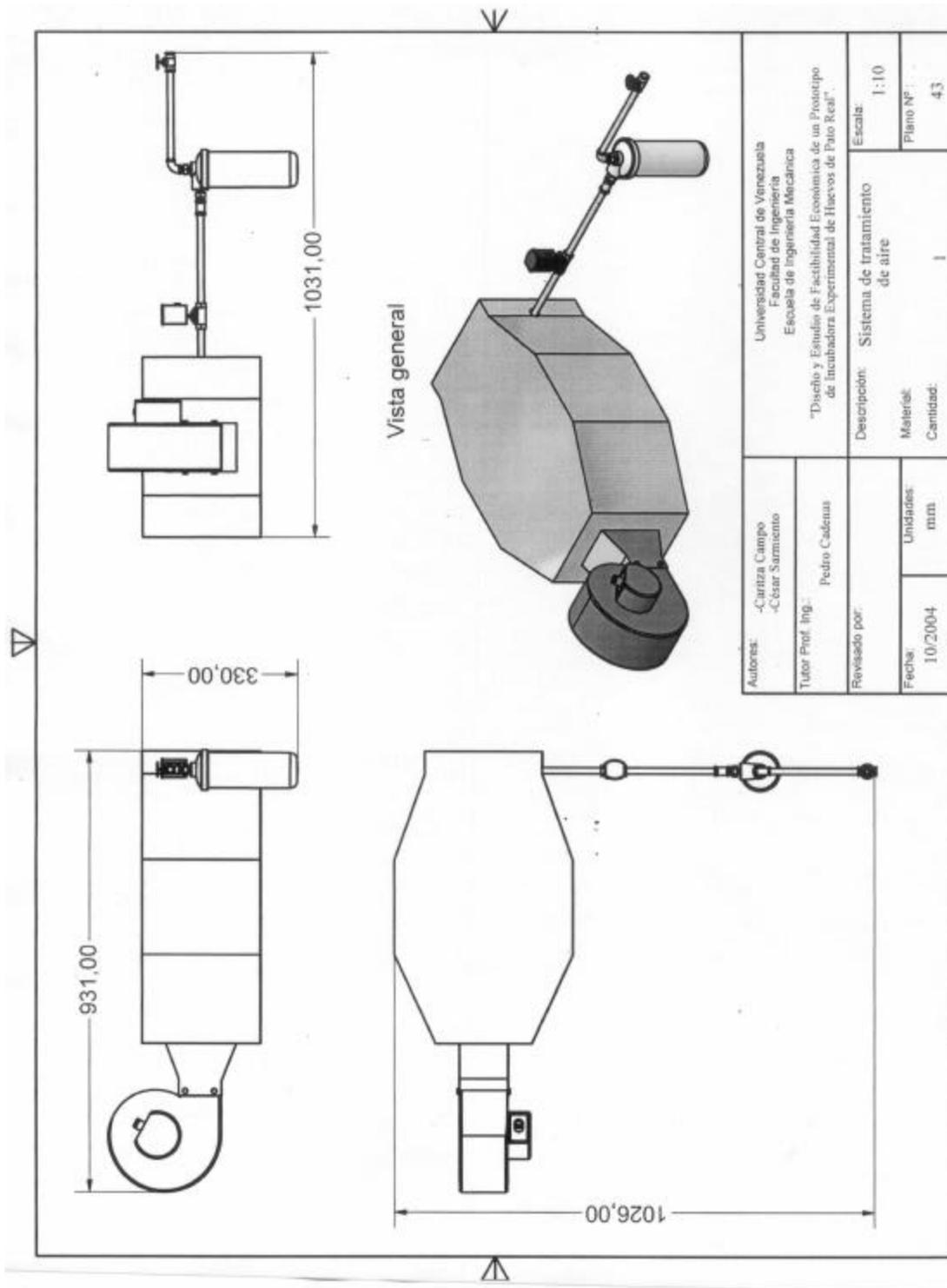
Autores: -Caritza Campo -César Sarmiento		Universidad Central de Venezuela Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Mecánica	
Tutor Prof. Ing.: Pedro Cadenas		*Disco y Estudio de Factibilidad Económica de un Prototipo de Incubadora Experimental de Huevos de Pato Real*	
Revisado por:		Descripción: Paredes Laterales	
Fecha: 10/2004	Unidades: mm	Materiales: Láminas de acrílico	Escala: 1:20
		Cantidad: 2	Plano Nº: 39

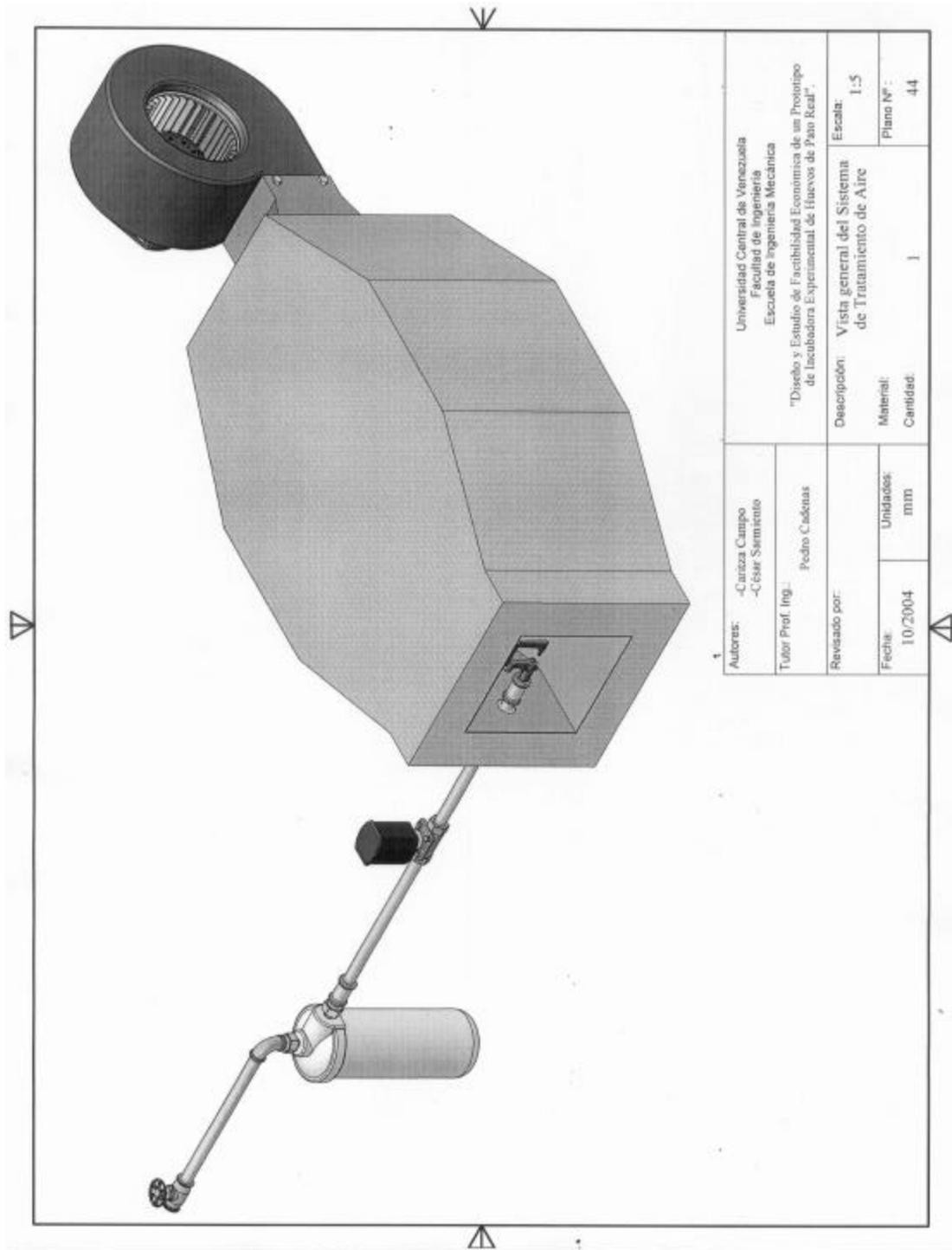


Autores: -Caritza Campo -César Samiñoto		Universidad Central de Venezuela Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Mecánica	
Tutor Prof. Ing.: Pedro Caldezas		"Diseño y Estudio de Factibilidad Económica de un Prototipo de Incubadora Experimental de Huevos de Pato Real".	
Revisado por:		Descripción: Pared posterior.	
Fecha: 10/2004	Unidades: mm	Materia: Lámina de acrílico	Escala: 1:20
		Cantidad: 1	Plano N°: 40

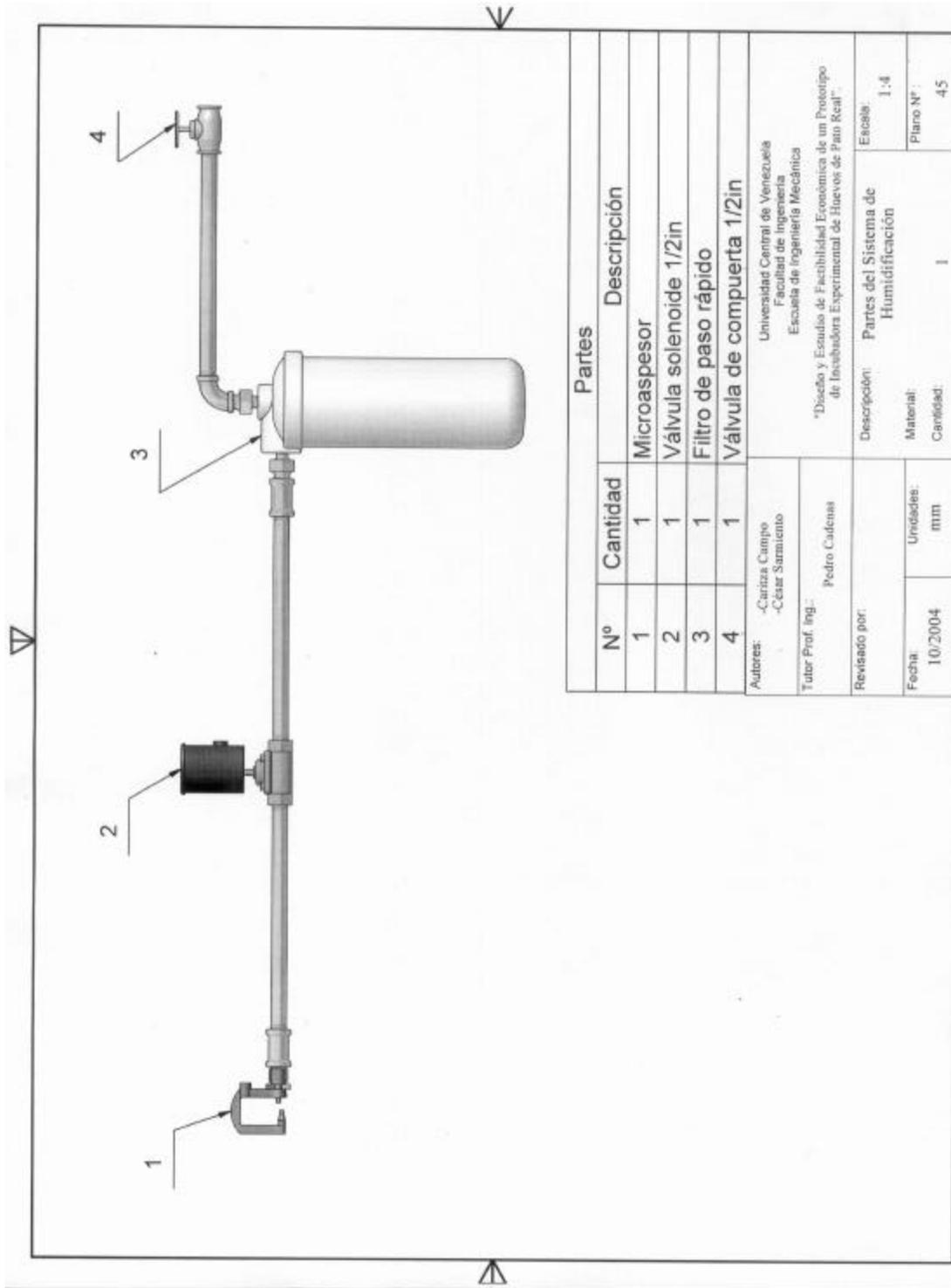




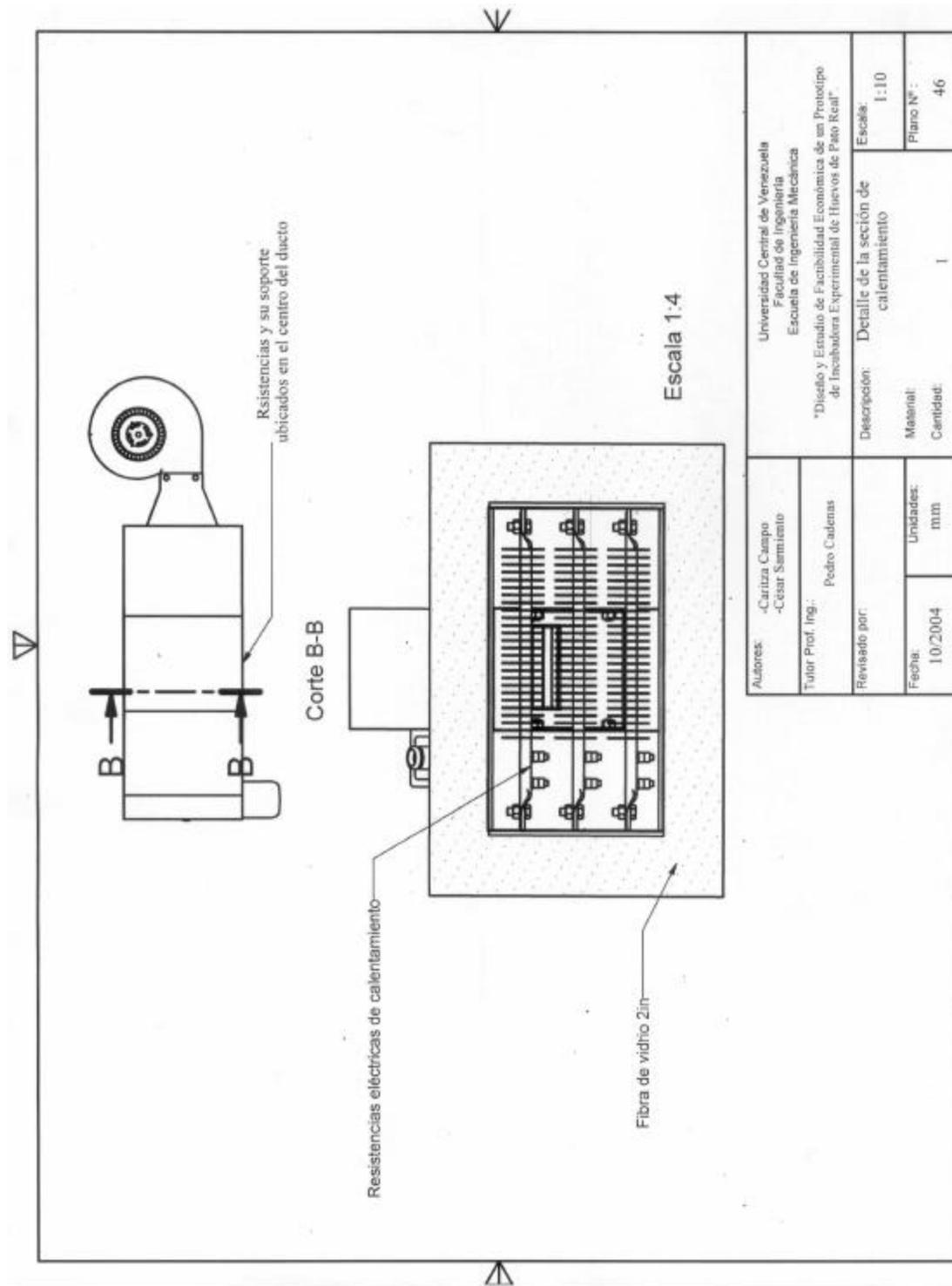




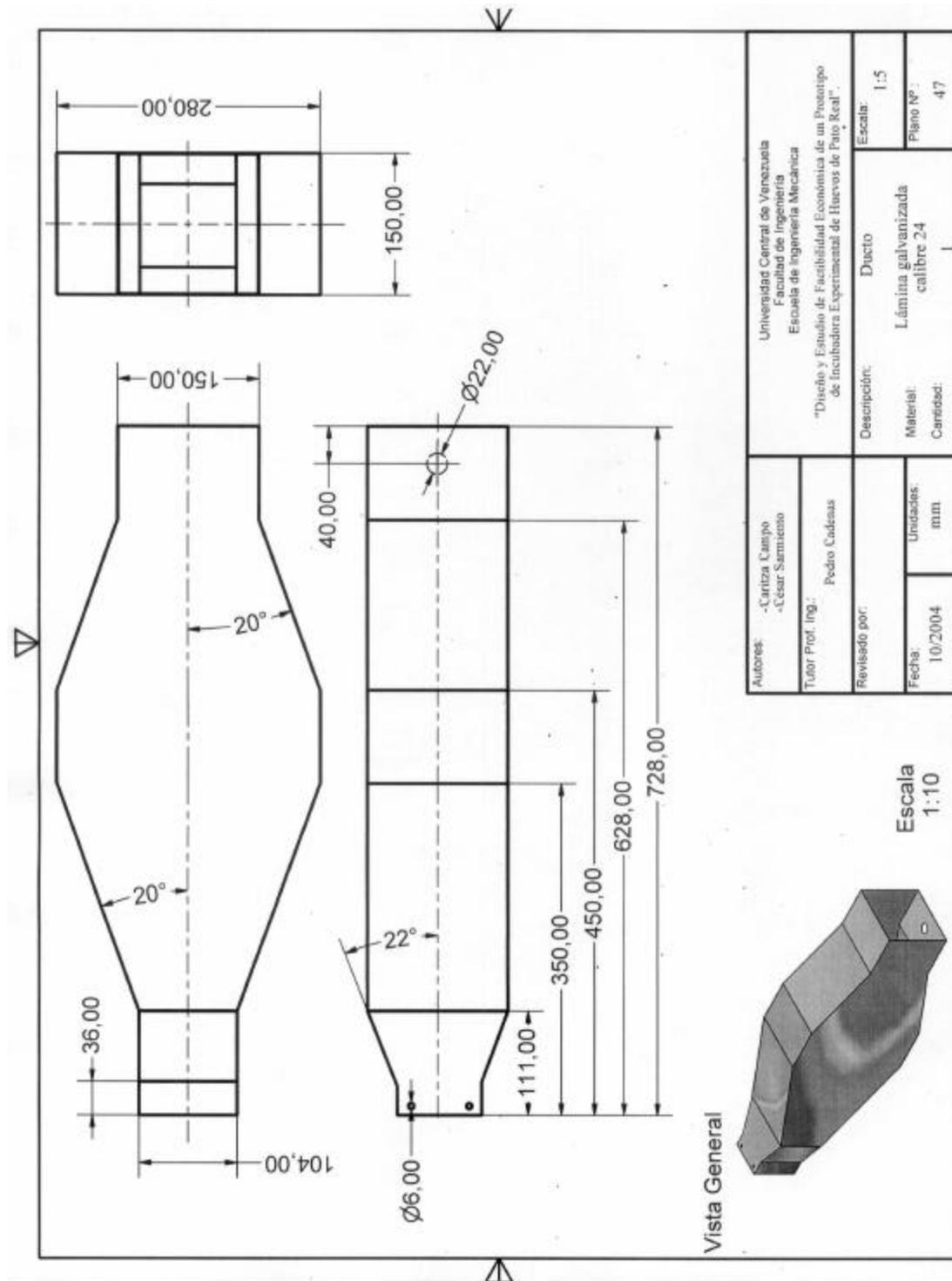
Autores: -Cariza Campo -César Sarmiento		Universidad Central de Venezuela Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Mecánica	
Tutor Prof. Ing.: Pedro Cadenas		"Diseño y Estudio de Factibilidad Económica de un Prototipo de Incubadora Experimental de Huevos de Paso Real".	
Revisado por:		Descripción: Vista general del Sistema de Tratamiento de Aire	
Fecha: 10/2004	Unidades: mm	Material: Cantidad: 1	Escala: 1:5 Plano N°: 44

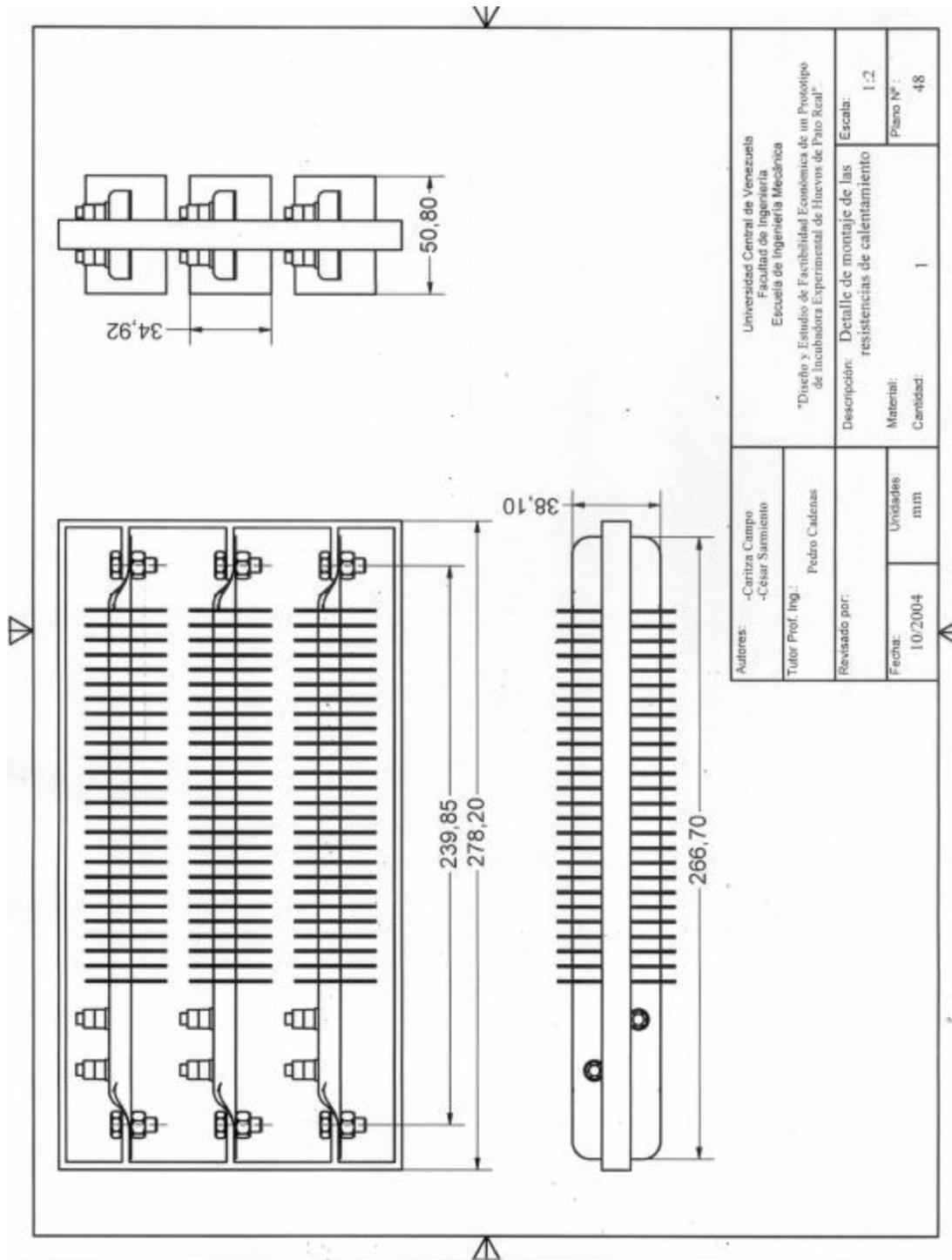


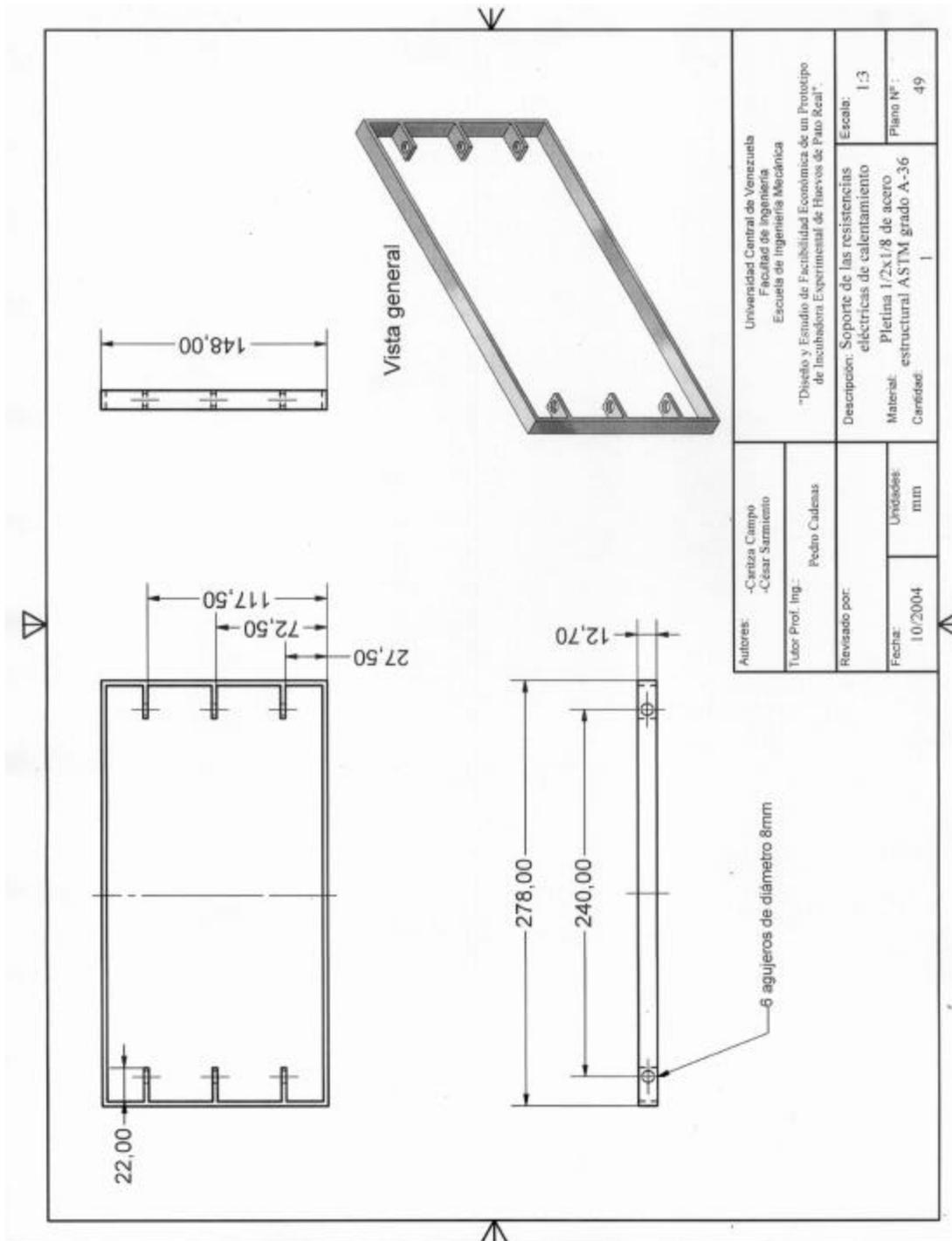
Partes	
Nº	Descripción
1	Microaspesor
2	Válvula solenoide 1/2in
3	Filtro de paso rápido
4	Válvula de compuerta 1/2in
Autores: -Caritza Campo -César Sarmiento Tutor Prof. Ing.: Pedro Cadenas	
Universidad Central de Venezuela Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Mecánica *Diseño y Estudios de Factibilidad Económica de un Prototipo de Incubadora Experimental de Huevos de Pato Real*	
Revisado por:	Partes del Sistema de Humidificación
Fecha: 10/2004	Material: 1:4
Unidades: mm	Cantidad: 1
	Plano Nº: 45

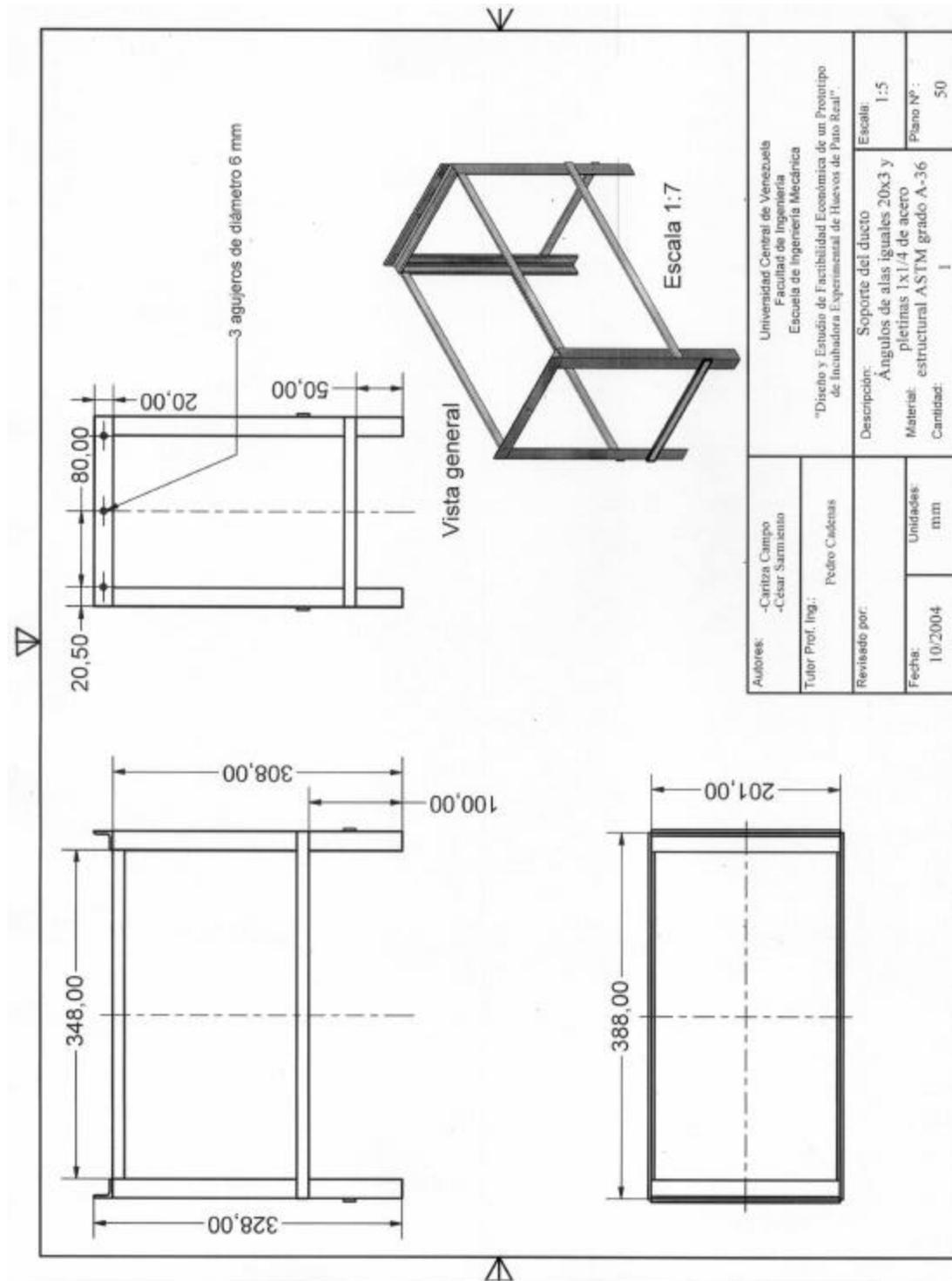


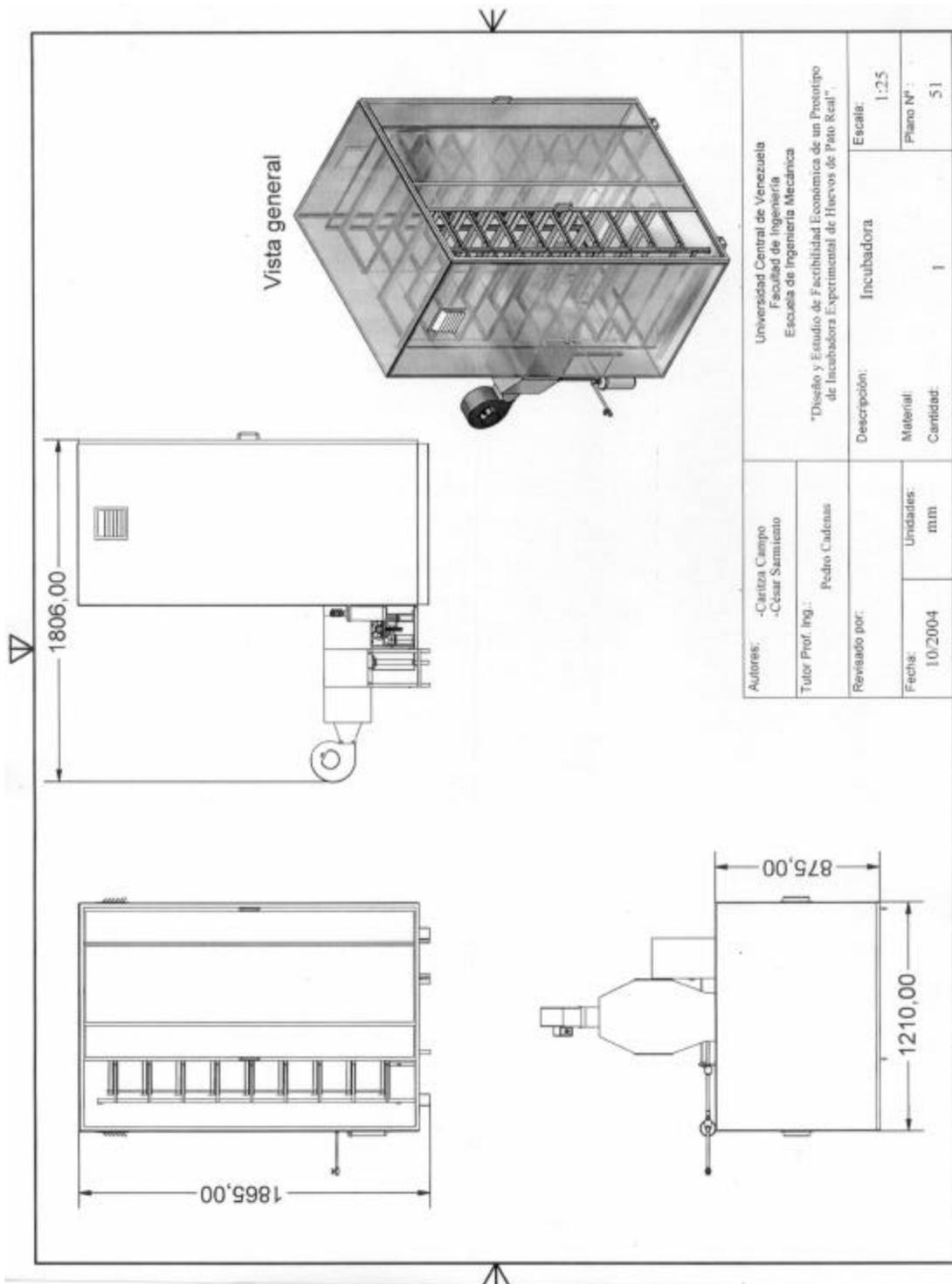
Autores: -Caritza Caspo -César Samiembro		Universidad Central de Venezuela Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Mecánica	
Tutor Prof. Ing.: Pedro Cadenas		*Diseño y Estudio de Factibilidad Económica de un Prototipo de Incubadora Experimental de Huevos de Pato Real*	
Revisado por:		Descripción: Detalle de la sección de calentamiento	
Fecha: 10/2004	Unidades: mm	Material: Cantidad:	Escala: 1:10
			Plano N°: 46

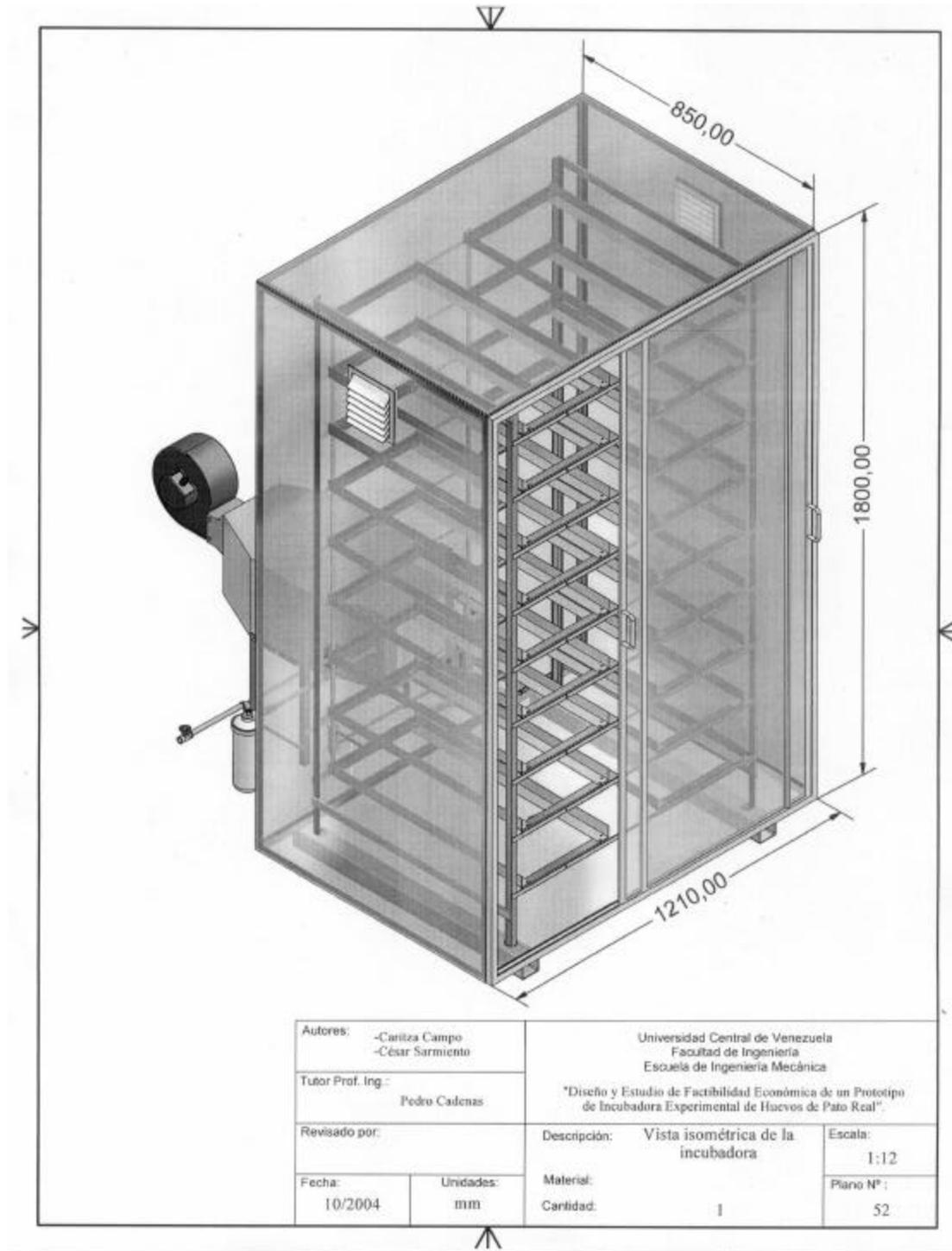












APÉNDICES

APENDICE A-1

Ensayo del Diámetro y Peso de Huevos de Pato Real

PÁG: 1/2

ENSAYO DEL DIAMETRO Y PESO DE HUEVOS DE PATO REAL (CAIRINA MOSCHATA).

FECHA	DÍA DE PUESTA	NIDO	DIAMETRO [cm]	PESO [g]	PESO PATO BB [g]
31/01/2002	1	70	5,11	86,3	
07/02/2002	7	70		85,9	
14/02/2002	14	70		84,5	
21/02/2002	21	70		82,3	
28/02/2002	28	70		80,2	
07/03/2002	35	70		79,4	66,5
31/01/2002	1	22	4,6	65,5	
07/02/2002	7	22		64,8	
14/02/2002	14	22		63,4	
21/02/2002	21	22		62,2	
28/02/2002	28	22		60,5	
05/03/2002	33	22		60	43,7
31/01/2002	1	71	4,73	71,2	
07/02/2002	7	71		70,4	
14/02/2002	14	71		69,5	
21/02/2002	21	71		67,3	
28/02/2002	28	71		65,8	
05/03/2002	33	71		65,8	50,2
31/01/2002	1	71	4,9	77,1	
07/02/2002	7	71		76,5	
14/02/2002	14	71		73,1	
21/02/2002	21	71		72,6	
28/02/2002	28	71		70,4	
03/03/2002	31	71		69	53,2
21/02/2002	1	87	5,1	88,9	
28/02/2002	7	87		88,6	
07/03/2002	14	87		84,6	
14/03/2002	21	87		80,9	
21/03/2002	28	87		79,1	
23/03/2002	30	87		77,6	66,2
21/02/2002	1	87	5,3	82,3	
28/02/2002	7	87		88,6	
07/03/2002	14	87		84,6	
14/03/2002	21	87		80,9	
21/03/2002	28	87		79,1	
23/03/2002	30	87		74,8	54,3
21/02/2002	1	91	5,5	87,5	
28/02/2002	7	91		87,1	
07/03/2002	14	91		82,1	
14/03/2002	21	91		78,2	
21/03/2002	28	91		74,4	
23/03/2002	30	91		71,1	53,1
21/02/2002	1	62	4,6	66,1	
28/02/2002	7	62		64,5	
07/03/2002	14	62		62,9	
14/03/2002	21	62		60,9	
21/03/2002	28	62		59,2	42,2
21/02/2002	1	42	4,6	76,6	
28/02/2002	7	42		76,3	
07/03/2002	14	42		73,8	
14/03/2002	21	42		73,7	
21/03/2002	28	42		71,9	DAÑADO

ENSAYO DEL DIAMETRO Y PESO DE HUEVOS DE PATO REAL (CAIRINA MOSCHATA).

FECHA	DÍA DE PUESTA	NIDO	DIAMETRO [cm]	PESO [g]	PESO PATO BB [g]
08/11/2002	1	68	4,82	76	
15/11/2002	7	68		75,8	
22/11/2002	14	68		74	
29/11/2002	21	68		73,7	
06/12/2002	28	68		72,1	DANADO
08/11/2002	1	60	4,91	77,2	
15/11/2002	7	60			
22/11/2002	14	60			
29/11/2002	21	60			
06/12/2002	28	60			
08/11/2002	1	63	4,73	71,6	
15/11/2002	7	63			
22/11/2002	14	63			
29/11/2002	21	63			
06/12/2002	28	63			
08/11/2002	1	11	5,11	86,9	
15/11/2002	7	11			
22/11/2002	14	11			
29/11/2002	21	11			
06/12/2002	28	11			
08/11/2002	1	11	5,12	85,5	
15/11/2002	7	11			
22/11/2002	14	11			
29/11/2002	21	11			
06/12/2002	28	11			
08/11/2002	1	52	4,72	79,4	
15/11/2002	7	52			
22/11/2002	14	52			
29/11/2002	21	52			
06/12/2002	28	52			
08/11/2002	1	52	4,91	76,3	
15/11/2002	7	52			
22/11/2002	14	52			
29/11/2002	21	52			
06/12/2002	28	52			
08/11/2002	1	86	5,33	82,4	
15/11/2002	7	86			
22/11/2002	14	86			
29/11/2002	21	86			
06/12/2002	28	86			
08/11/2002	1	86	4,82	83,6	
15/11/2002	7	86			
22/11/2002	14	86			
29/11/2002	21	86			
06/12/2002	28	86			
08/11/2002	1	SELECCIÓN	4,71	73	
15/11/2002	7				
22/11/2002	14				
29/11/2002	21				
06/12/2002	28				

Fuente: Estación Experimental Amazonas de FUDECI

APÉNDICE A-2

Especificaciones técnicas del medidor de temperatura/humedad/velocidad del aire

Propiedad del Laboratorio
de Termodinámica III

TRI-SENSE®

Model No. 637-0000

**TEMPERATURE/HUMIDITY/
AIR VELOCITY METER**

Barnant Company
28W092 Commercial Avenue
Barrington, Illinois 60010-2392
1(847) 381-7050
1(847) 381-7053 (Fax)
1-800-637-3739
A-1299-382
Edition 050496

ISO 9001
REGISTERED

30

Specifications

Operational Ranges

The instrument has a high number of calibration points over extended ANSI ranges for thermocouples. This permits meter calibration accuracy to better than .4°C over full range, with no discontinuities of jumps from one reading to the next. Noiseless readings are provided via microprocessor signal averaging and front-end analog signal filters.

Range/Accuracy

With Thermocouple Temperature Probes

- Temperature range with Type J thermocouple: -310°F to 1832°F (-190°C to 1000°C).
- Temperature range with Type K thermocouple: -418°F to 2507°F (-250°C to 1375°C)
- Temperature accuracy: ±0.1% of reading, ±0.8°F (±0.4°C) above -238°F (-150°C)

With Relative Humidity/Temperature Probe

- RH range: 0 to 100% RH*
- RH resolution: 0.1% RH
- RH accuracy: ±2% RH (from 10% to 96% RH)
- Temperature limits for RH readings: -22° to 158°F from 0.0 to 100.0% RH; 70% RH max at 176°F; 32% RH max at 212°F; 16% RH max at 248°F; 8% RH max at 284°F
- Temperature range: -22° to 284°F (-30° to 140°C)
- Temperature resolution: 0.1°F or 0.1°C
- Temperature accuracy: ±2.7°F (±1.5°C)

* Above 158°F (70°C), the RH measuring range will be reduced. -22° to 158°F from 0.0 to 100.0% RH; 70% RH max at 176°F; 32% RH max at 212°F; 16% RH max at 248°F; 8% RH max at 284°F.

With Air Velocity/Temperature Probe

- Air velocity range: 20 to 5000 fpm, or 0.10 to 25.41 mps (selectable)
- Air velocity accuracy: from 400 to 1500 fpm: ±2% of rdg, ±20 fpm for remaining ranges: ±3% of rdg, ±20 fpm.
- Temperature limits for air velocity readings: -20° to 158°F (-29° to 70°C)
- Temperature resolution: 0.1°F or 0.1°C
- Temperature accuracy: ±2.7°F (±1.5°C)

Displays

The display is a dual LCD with annunciators. The large upper 4-digit numeric display shows the primary measured variable reading and the smaller lower 5-character display shows the secondary reading. Refer to the following table for the readings that appear in the upper and lower displays when used with the available probes.

DISPLAY	TEMPERATURE		HUMIDITY	AIR VELOCITY
Upper	T1	T1	%RH	MPH/FPM
Lower	T2	ΔT	°C/°F	°C/°F

The lower character display will also prompt user during setup and calibration operations.

Display Annunciators:

- Upper Display: °C, °F, FPM, MPS, %RH
- Lower display: °C, °F, T2, ΔT
- Memory Status: LOW BATT
- Display Status: HOLD
- Special Modes: CAL, SETUP, M

Thermocouple Input

Connector: ANSI standard mini-connector

Accommodates J or K

Protection: 10 volt peak (each input)
250 volt peak differential (T1-T2)

31

Differential Linearity

Over 999.9 degree span ± .3°C

Ambient Temperature/Humidity

Full accuracy: 18-28°C

Useful range: 5-45°C

Storage: -40 to +80°C

Humidity: 80%, non-condensing at 33°C.

Construction

The instrument is enclosed in a rugged, chemical-resistant ABS case, with a laminated membrane keypad to withstand hard use in laboratory or industrial environments. The display shield is made of durable plastic. Solid-state circuitry withstands shocks. Carry it anywhere, even in the toolbox.

A built-in stand tilts the instrument upward to improve readability when used on a lab shelf or bench. Complete with anti-skid pads.

Battery

Supplied with 9V transistor NEDA Type 1604 battery.

Alkaline type provides about 100 hours life. When using thermocouple or humidity probe, or about 6 hours life when using Air Velocity probe.

Case Dimensions

6.5" x 3.5" x 1.2" thick. Weight (without battery) about 6 ounces.

Maintenance

Clean the Case

The Air Velocity/Temperature/Relative Humidity meter can be used in applications where sanitation standards are high. Keep the case clean by using just a mild detergent. Avoid immersion and excess fluid.

Battery Replacement

Warning

If thermocouples are connected to a source of high voltage, this voltage will be present at the battery terminals. Be sure to remove the voltage and disconnect the thermocouples before changing the battery.

32

Fuente: Barnant Company

APENDICE A-3

Resumen datos tomados en la incubadora

Ciudad: Puerto Ayacucho.				
Lugar: Estación Experimental Amazonas de FUDECI.			Hora Inicial: 3:24 pm	
Fecha: 29/01/2004			Hora Final: 5:54 pm	
Tiempo transcurrido [min]	hora	Temperatura de bulbo seco [°C]	Humedad relativa [%]	Observaciones
0:00	3:24	36,60	68,70	Tomadas en la parte superior
0:15	3:39	36,30	69,00	Tomadas en la parte superior
0:30	3:54	36,90	74,40	Tomadas en la parte superior
0:45	4:09	36,90	75,80	Tomadas en la parte superior
1:00	4:24	36,60	76,70	Tomadas en la parte superior
1:15	4:39	36,60	70,30	Tomadas en la parte superior
1:30	4:54	36,30	72,70	Tomadas en la parte inferior
1:45	5:09	36,20	73,10	Tomadas en la parte inferior
2:00	5:24	36,40	73,50	Tomadas en la parte inferior
2:15	5:39	36,10	73,30	Tomadas en la parte superior
2:30	5:54	36,20	73,10	Tomadas en la parte superior

Fuente: Los Autores

APÉNDICE A-4

Datos de temperatura de bulbo seco y humedad relativa registrados por 24 horas durante la visita

Ciudad: Puerto Ayacucho.
 Lugar: Estación Experimental Amazonas de FUDECI.
 Fecha de Inicio: 30/01/2004 Hora Inicial: 2:26 pm
 Fecha de Culminación: 31/01/2004 Hora Final: 2:26 pm

tiempo transcurrido	hora	Temperatura de bulbo seco [°C]	Humedad relativa [%]	tiempo transcurrido	hora	Temperatura de bulbo seco [°C]	Humedad relativa [%]
0:00	2:26	31,60	45,10	12:15	14:41	27,70	71,70
0:15	2:41	33,30	44,00	12:30	14:56	26,60	72,40
0:30	2:56	33,20	43,10	12:45	15:11	26,40	71,60
0:45	3:11	32,70	41,90	13:00	15:26	26,60	70,10
1:00	3:26	31,60	43,50	13:15	15:41	26,40	71,70
1:15	3:41	29,00	48,70	13:30	15:56	26,20	72,10
1:30	3:56	28,10	47,70	13:45	16:11	25,90	74,20
1:45	4:11	28,30	48,10	14:00	16:26	25,60	76,20
2:00	4:26	28,40	48,20	14:15	16:41	25,70	71,30
2:15	4:41	28,10	48,60	14:30	16:56	26,20	74,10
2:30	4:56	29,60	46,10	14:45	17:11	25,90	71,30
2:45	5:11	28,70	49,10	15:00	17:26	25,80	71,60
3:00	5:26	29,90	45,30	15:15	17:41	25,70	72,20
3:15	5:41	28,80	48,00	15:30	17:56	25,90	72,70
3:30	5:56	28,60	51,00	15:45	18:11	26,00	73,20
3:45	6:11	28,40	55,30	16:00	18:26	26,00	74,20
4:00	6:26	27,60	58,50	16:15	18:41	25,90	71,70
4:15	6:41	26,60	59,30	16:30	18:56	25,90	76,00
4:30	6:56	26,40	62,40	16:45	19:11	26,00	73,60
4:45	7:11	25,90	64,10	17:00	19:26	26,20	76,60
5:00	7:26	25,80	62,20	17:15	19:41	26,60	73,10
5:15	7:41	25,20	64,60	17:30	19:56	26,70	76,40
5:30	7:56	24,90	66,90	17:45	20:11	27,80	70,30
5:45	8:11	25,90	64,10	18:00	20:26	26,40	68,40
6:00	8:26	27,50	60,80	18:15	20:41	28,40	69,90
6:15	8:41	28,20	61,40	18:30	20:56	28,80	65,10
6:30	8:56	26,80	66,60	18:45	21:11	28,70	65,20
6:45	9:11	25,70	69,80	19:00	21:26	29,10	65,10
7:00	9:26	25,20	71,20	19:15	21:41	29,00	66,10
7:15	9:41	25,00	72,20	19:30	21:56	28,50	64,30
7:30	9:56	24,80	73,40	19:45	22:11	27,70	67,70
7:45	10:11	24,60	74,60	20:00	22:26	27,40	67,40
8:00	10:26	24,60	74,90	20:15	22:41	27,90	61,40
8:15	10:41	24,30	73,70	20:30	22:56	27,70	60,00
8:30	10:56	24,20	74,50	20:45	23:11	27,80	57,50
8:45	11:11	24,20	75,20	21:00	23:26	28,80	56,70
9:00	11:26	24,00	76,30	21:15	23:41	29,10	51,30
9:15	11:41	23,90	77,40	21:30	23:56	29,50	49,00
9:30	11:56	23,90	78,60	21:45	0:11	30,10	49,80
9:45	12:11	23,40	79,70	22:00	0:26	30,30	48,00
10:00	12:26	23,70	79,90	22:15	0:41	31,00	46,10
10:15	12:41	24,00	76,40	22:30	0:56	30,70	45,30
10:30	12:56	26,20	70,00	22:45	1:11	31,50	45,00
10:45	13:11	27,30	68,70	23:00	1:26	31,80	43,50
11:00	13:26	27,40	70,20	23:15	1:41	32,10	40,40
11:15	13:41	27,70	69,80	23:30	1:56	32,70	38,70
11:30	13:56	27,70	71,00	23:45	2:11	33,10	38,50
11:45	14:11	27,80	71,50	0:00	2:26	32,40	39,20
12:00	14:26	27,80	72,50				

Fuente: Los Autores

APÉNDICE A-5

Datos Climatológicos. Suministrados por el Servicio de Meteorología de la FAV

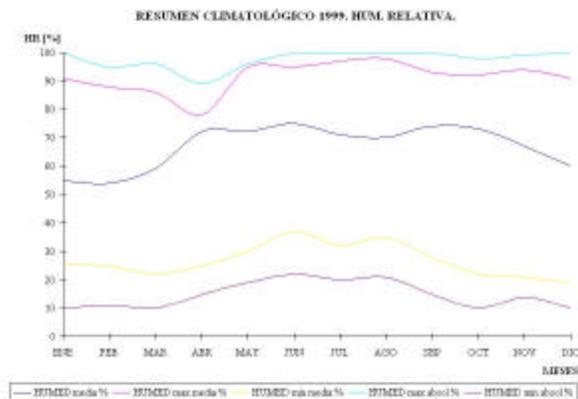
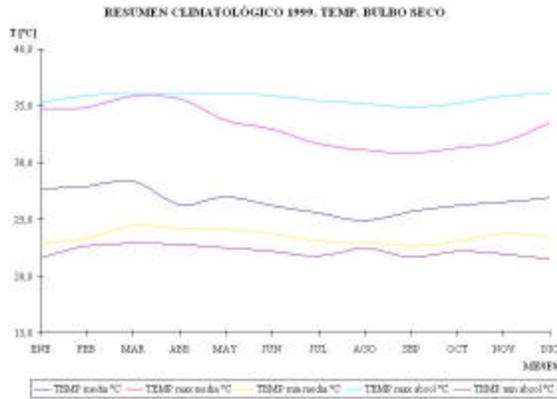
SERVICIO DE METEOROLOGIA
 SISTEMA CLICOM
 RESUMEN CLIMATOLOGICO AÑO 1999
 Estación: PUERTO AYACUCHO Indicativo Int. 80457 Serial Nac. 6424
 Latitud: 05°36' N Longitud: 67°36' W Elevación 73 msNM.
 Hp=73.0 msNM ht=1.65 m h pluv.=1.4 m h Anemómetro=12 m.

AÑO: 1999

ELEMENTO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANO
TEMP media °C	27,7	27,9	28,4	26,3	27,0	26,2	25,6	24,9	25,7	26,2	26,5	26,9	26,6
TEMP max media °C	34,7	34,8	35,8	35,6	33,7	32,9	31,6	31,1	30,8	31,3	31,8	33,5	33,1
TEMP min media °C	22,9	23,3	24,5	24,2	24,1	23,8	23,1	23,0	22,7	23,1	23,8	23,5	23,5
TEMP max absol °C	35,3	35,9	36,1	36,0	36,1	35,9	35,4	35,2	34,8	35,2	35,8	36,1	36,1
HUMED a TEMP max absol %	10	11	10	15	19	22	20	21	15	10	14	10	10
TEMP min absol °C	21,6	22,7	22,9	22,8	22,5	22,2	21,8	22,5	21,7	22,2	22,0	21,5	21,5
HUMED a TEMP min absol %	100	95	96	89	96	100	100	100	100	98	99	100	100

HUMED media %	55	54	59	72	72	75	71	70	74	73	67	60	67
HUMED max media %	91	88	86	78	95	95	97	98	93	92	94	91	92
HUMED min media %	26	25	22	25	30	37	32	35	28	22	21	19	27
HUMED max absol %	100	95	96	89	96	100	100	100	100	98	99	100	100
HUMED min absol %	10	11	10	15	19	22	20	21	15	10	14	10	10

NOTA: (NHI) No hubo información.



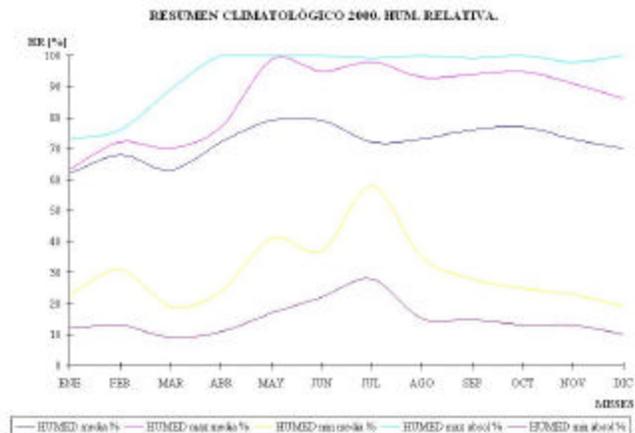
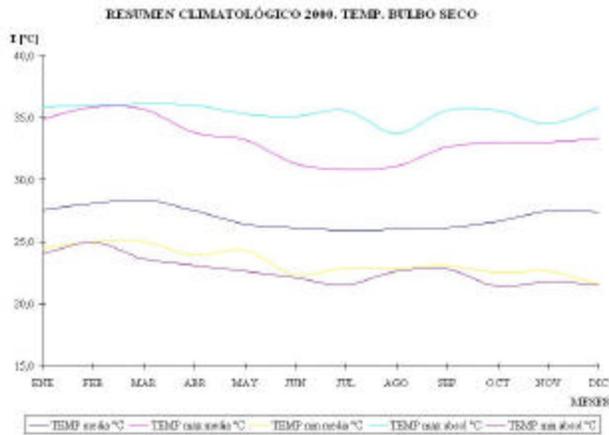
SERVICIO DE METEOROLOGIA
 SISTEMA CLICOM
 RESUMEN CLIMATOLOGICO AÑO 2000
 Estación: PUERTO AYACUCHO Indicativo Int. 80457 Serial Nac. 6424
 Latitud: 05°36' N Longitud: 67°36' W Elevación 73 msNM.
 Hp=73.0 msNM ht=1.65 m h pluv.=1.4 m h Anemómetro=12 m.

AÑO: 2000

ELEMENTO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANO
TEMP media °C	27,5	28,1	28,4	27,5	26,4	26,1	25,9	26,0	26,1	26,6	27,5	27,4	27,0
TEMP max media °C	34,9	35,9	35,7	33,8	33,2	31,3	30,8	31,1	32,6	33,0	33,0	33,3	33,2
TEMP min media °C	24,5	25,0	25,0	23,9	24,3	22,3	22,9	22,8	23,1	22,5	22,6	21,6	23,4
TEMP max absol °C	35,9	36,0	36,1	36,0	35,3	35,1	35,6	33,7	35,6	35,6	34,5	35,8	36,1
HUMED a TEMP max absol %	12	13	9	11	17	22	22	14	15	13	13	10	9
TEMP min absol °C	24,0	25,0	23,6	23,1	22,6	22,1	21,5	22,6	22,8	21,4	21,8	21,5	21,4
HUMED a TEMP min absol %	73	76	89	100	100	100	99	100	99	100	98	100	100

HUMED media %	62	68	63	72	79	79	72	73	76	77	73	70	72
HUMED max media %	63	72	70	77	99	95	98	93	94	95	91	86	86
HUMED min media %	23	31	19	24	41	37	58	35	28	25	23	19	30
HUMED max absol %	73	76	89	100	100	100	99	100	99	100	98	100	100
HUMED min absol %	12	13	9	11	17	22	28	15	15	13	13	10	9

NOTA: (NH) No hubo información.



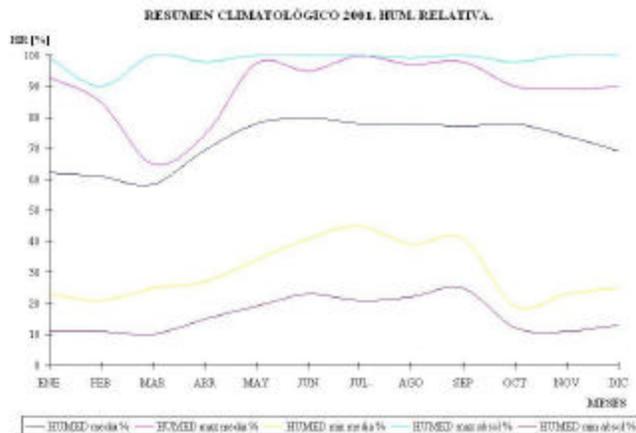
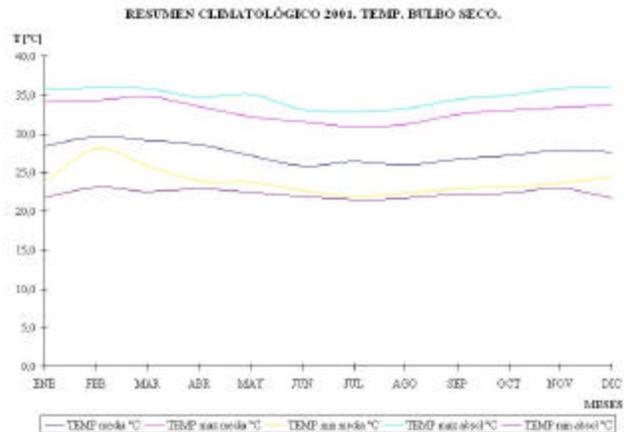
SERVICIO DE METEOROLOGIA
 SISTEMA CLICOM
 RESUMEN CLIMATOLÓGICO AÑO 2001
 Estación: PUERTO AYACUCHO Indicativo Int. 80457 Serial Nac. 6424
 Latitud: 05°36' N Longitud: 67°36' W Elevación 73 msNM.
 Hp=73.0 msNM ht=1.65 m h pluv.=1.4 m h Anemómetro=12 m.

AÑO: 2001

ELEMENTO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANO
TEMP media °C	28,4	29,54	29,2	28,6	27,2	25,9	26,4	26,0	26,7	27,2	27,9	27,6	27,5
TEMP max media °C	34,1	34,3	34,8	33,5	32,2	31,5	30,9	31,2	32,5	33,0	33,4	33,7	32,9
TEMP min media °C	23,8	28,1	25,9	23,9	23,7	22,7	21,9	22,3	22,9	23,2	23,6	24,4	23,9
TEMP max absol °C	35,7	35,9	35,8	34,7	35,1	33,1	32,8	33,2	34,4	35,0	35,8	35,9	35,9
HUMED a TEMP max absol %	11	11	10	15	19	23	21	22	25	12	11	13	10
TEMP min absol °C	21,8	23,1	22,5	22,9	22,4	21,9	21,5	21,7	22,1	22,3	23,0	21,7	21,5
HUMED a TEMP min absol %	99	82	100	96	100	100	100	99	100	98	100	100	100

HUMED media %	62	61	58	69	78	80	78	78	77	78	74	69	72
HUMED max media %	93	85	65	74	97	95	100	97	98	90	89	90	89
HUMED min media %	23	21	25	27	34	41	45	39	41	19	23	25	30
HUMED max absol %	99	90	100	98	100	100	100	99	100	98	100	100	100
HUMED min absol %	11	11	10	15	19	23	21	22	25	12	11	13	10

NOTA: (NHI) No hubo información.



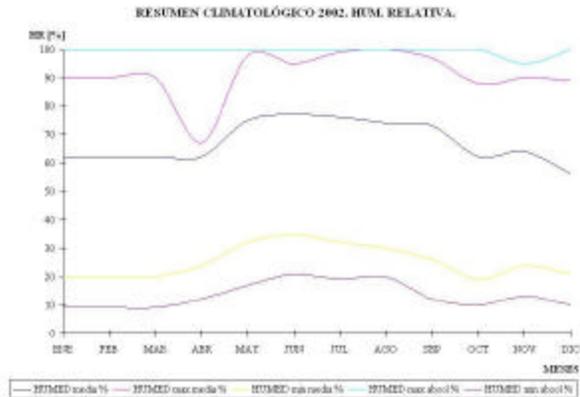
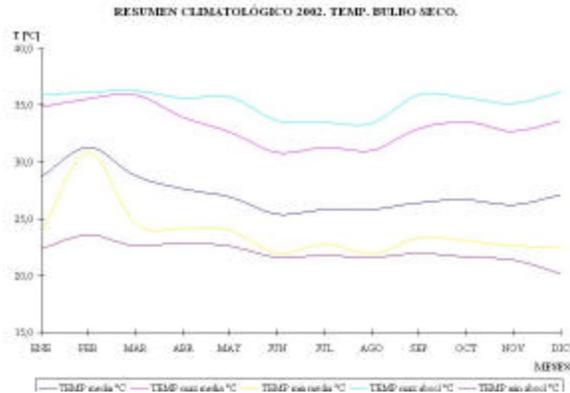
SERVICIO DE METEOROLOGIA
 SISTEMA CLICOM
 RESUMEN CLIMATOLOGICO AÑO 2002
 Estación: PUERTO AYACUCHO Indicativo Int. 80457 Serial Nac. 6424
 Latitud: 05°36' N Longitud: 67°36' W Elevación 73 msNM.
 Hp=73.0 msNM ht=1.65 m h pluv.=1.4 m h Anemómetro=12 m.

AÑO: 2002

ELEMENTO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANO
TEMP media °C	28,7	29,8	28,8	27,6	26,9	25,4	25,8	25,8	26,4	26,7	26,2	27,1	27,1
TEMP max media °C	34,8	35,5	35,9	33,9	32,6	30,8	31,3	31,0	32,9	33,5	32,7	33,6	33,2
TEMP min media °C	23,9	35,0	24,6	24,1	24,0	22,0	22,8	21,9	23,3	23,1	22,6	22,5	24,2
TEMP max absol °C	35,9	36,1	36,2	35,6	35,7	33,6	33,5	33,4	35,9	35,6	35,1	36,1	36,2
HUMED a TEMP max absol %	NHI	NHI	9	12	17	21	19	20	12	10	13	10	9
TEMP min absol °C	22,4	23,6	22,6	22,9	22,6	21,6	21,8	21,6	22,0	21,6	21,4	20,2	20,2
HUMED a TEMP min absol %	NHI	NHI	100	100	100	100	100	100	100	100	95	100	100

HUMED media %	NHI	NHI	62	62	75	77	76	74	73	62	64	56	68
HUMED max media %	NHI	NHI	90	67	98	95	99	100	97	88	90	89	91
HUMED min media %	NHI	NHI	20	24	32	35	32	30	26	19	24	21	26
HUMED max absol %	NHI	NHI	100	100	100	100	100	100	100	100	95	100	100
HUMED min absol %	NHI	NHI	9	11	17	21	19	20	12	10	13	10	9

NOTA: (NHI) No hubo información.



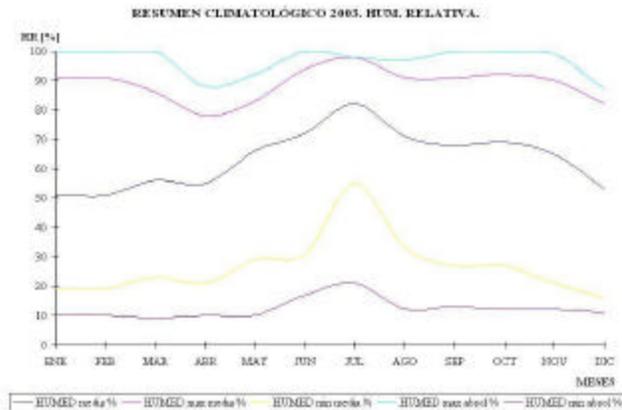
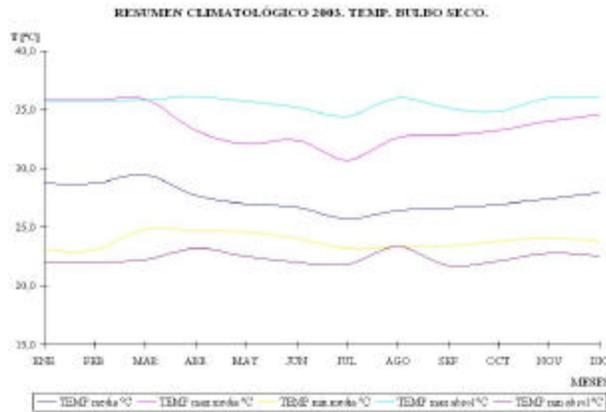
SERVICIO DE METEOROLOGIA
 SISTEMA CLICOM
 RESUMEN CLIMATOLOGICO AÑO 2003
 Estación: PUERTO AYACUCHO Indicativo Int. 80457 Serial Nac. 6424
 Latitud: 05°36' N Longitud: 67°36' W Elevación 73 msNM.
 Hp=73.0 msNM ht=1.65 m h pluv.=1.4 m h Anemómetro=12 m.

AÑO: 2003

ELEMENTO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANO
TEMP media °C	28,7	NHI	29,4	27,7	27,0	26,7	25,7	26,4	26,6	26,9	27,4	27,9	27,3
TEMP max media °C	35,8	NHI	35,9	33,2	32,1	32,4	30,7	32,6	32,8	33,2	34,0	34,6	33,4
TEMP min media °C	23,0	NHI	24,8	24,7	24,6	24,0	23,2	23,3	23,4	23,8	24,0	23,8	23,9
TEMP max absol °C	35,7	NHI	35,8	36,1	35,7	35,2	34,4	36,0	35,1	34,8	36,0	36,0	36,1
HUMED a TEMP max absol %	10	NHI	9	10	10	17	21	12	13	12	12	11	9
TEMP min absol °C	22,0	NHI	22,2	23,2	22,5	22,0	21,8	23,3	21,7	22,1	22,8	22,5	21,7
HUMED a TEMP min absol %	100	NHI	100	88	92	100	98	97	100	100	99	87	100

HUMED media %	51	NHI	56	55	66	72	82	71	68	69	65	53	64
HUMED max media %	91	NHI	86	78	83	94	98	91	91	92	90	82	89
HUMED min media %	19	NHI	23	21	29	31	55	33	27	27	21	16	27
HUMED max absol %	100	NHI	100	88	92	100	98	97	100	100	99	87	100
HUMED min absol %	10	NHI	10	10	10	17	18	12	13	12	12	11	10

NOTA: (NHI) No hubo información.



Fuente: Servicio de Meteorología de la Fuerza Aérea Venezolana

APÉNDICE A-6

Láminas Galvanizadas

HIERROBECO, C.A. CATALOGO DE PRODUCTOS

BOBINAS Y LAMINAS ACERO GALVANIZADO

CALIDAD: ASTM-A525/A527 Y JISG3302
COVENIN 1721, 1308 Y 941

✓ **BOBINA Y LAMINA INDUSTRIAL LISA**

- PESO BOBINA: 2.5 A 9.5 T.M.
- ESPESOR BOBINA Y LAMINA: CALIBRE 35 A 14 (0.20 A 1.90 mm)
- ANCHO BOBINA: 900 A 1200 mm
- ANCHO X LARGO LAMINA: OTRAS MEDIDAS: A CONVENIR.
ESTANDAR 1000 X 1200 mm
1000 X 2440 mm
OTRAS MEDIDAS: A CONVENIR

✓ **CABALLETE**

- LARGO: 900 mm
- ANCHO LATERAL: 420 mm
- CALIBRE N° 29: (0.35 mm)

✓ **LAMINA PERFILADA**

- ANCHO UTIL: 310 mm
- ANCHO DEL PERFIL: 200 mm
- ANCHO TOTAL: 890 mm
- ANCHO SUPERIOR: 26 mm
- ANCHO INFERIOR: 130 mm
- PROFUNDIDAD DEL PERFIL: 25 mm

ESPEORES			Largos		Peso Por Lamina (kg)	Area Util Por Lamina m ²	Lamina Por Bultos	Peso Aprox. Del Bulto (kg)
Cal.	mm	Pulg.	Mts	Pies				
30	0.31	0.0122	1.83	6'	4.902	1.310	250	1.225
			2.44	8'	6.536	1.786	250	1.634
			3.05	10'	8.169	2.262	250	2.042
			3.66	12'	9.803	2.738	250	2.451
29	0.35	0.0138	1.83	6'	5.491	1.310	250	1.373
			2.44	8'	7.321	1.786	250	1.830
			3.05	10'	9.152	2.262	250	2.288
			3.66	12'	10.982	2.738	250	2.745
26	0.45	0.0177	1.83	6'	6.964	1.310	150	1.045
			2.44	8'	9.285	1.786	150	1.393
			3.05	10'	11.607	2.262	150	1.741
			3.66	12'	13.928	2.738	150	2.089
24	0.60	0.0236	1.83	6'	9.174	1.310	150	1.376
			2.44	8'	12.232	1.786	150	1.835
			3.05	10'	15.290	2.262	150	2.293
			3.66	12'	18.347	2.738	150	2.752

Nota: Las Láminas por bultos pueden variar a solicitud del cliente. Se suministran otros calibres y largos. Espesor máximo: calibre 18 (1.2 mm) Largo máximo: 6.100 mm.

F.AVE.100
Edición: 07/00
Revisión: 1 (1/01)

FUENTE SIGALCA

34

Fuente: Catálogo de Productos Hierrobeco

APÉNDICE A-7

Ángulos Estructurales de Alas Iguales

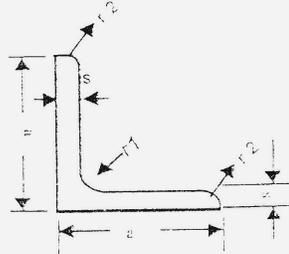
HIERROBECO, C.A.

CATALOGO DE PRODUCTOS



ANGULOS (De alas Iguales)

Calidad ⇨ COVENIN 1036-86.
 ⇨ ASTM - A - 36.
 ⇨ ST - 37 - 2.
 Longitud de 12 y 6 Metros.
 L= Medida de la ala x medida espesor.



✓ NACIONALES.

L	DIMENSIONES (mm)				Area cm ²	Peso kg/m	DISTANCIA DE LOS EJES				MOMENTO RESPECTO A LOS EJES							
							x - x = y - y				E-E		n - n					
	a	s	R ₁	r ₂			e	w	v ₁	v ₂	I _x	S _x	R _x	I _E	R _E	I _n	R _n	S _n
20 x 3	20	3.0	3.5	2.0	1.12	0.88	0.60	1.41	0.85	0.70	0.39	0.28	0.59	0.62	0.74	0.15	0.18	0.37
25 x 3	25	3.0	3.5	2.0	1.42	1.11	0.75	1.77	1.05	0.87	0.80	0.45	0.75	1.27	0.95	0.31	0.30	0.47
30 x 3	30	3.0	5.0	2.5	1.74	1.36	0.84	2.12	1.18	1.04	1.40	0.65	0.90	2.24	1.14	0.57	0.48	0.57
35 x 4/6	35	4.0	5.0	2.5	2.67	2.09	1.00	2.47	1.41	1.24	2.95	1.18	1.05	4.68	1.33	1.24	0.88	0.68
		6.0			3.87	3.04	1.08		1.53	1.27	4.15	1.71	1.04	6.50	1.30	1.77	1.16	0.68
40 x 4/6	40	4.0	6.0	3.0	3.08	2.42	1.12	2.83	1.58	1.40	4.47	1.55	1.21	7.08	1.52	1.86	1.18	0.78
		6.0			4.48	3.52	1.20		1.70	1.43	6.31	2.26	1.19	9.98	1.49	2.67	1.57	0.77
50 x 4/7	50	4.0	7.0	3.5	3.89	3.06	1.36	3.54	1.92	1.75	8.97	2.46	1.52	14.20	1.91	3.73	1.94	0.98
		7.0			4.80	3.77	1.40		1.98	1.76	11.00	3.05	1.51	17.40	1.90	4.59	2.32	0.98
65 x 5/7	65	4.5	9.0	4.5	6.56	5.15	1.49	4.60	2.49	2.28	25.00	5.27	1.98	39.91	2.53	10.00	4.00	1.27
		7.0			8.70	6.83	1.85		2.55	2.28	29.20	6.21	1.97	46.30	2.48	12.10	4.74	1.27
75 x 7/8	75	7.0	10.0	5.0	10.10	7.94	2.09	5.30	2.62	2.29	33.40	7.18	1.96	53.0	2.47	13.80	5.27	1.26
		8.0			11.50	9.00	2.13		2.95	2.63	52.3	9.67	2.27	83.60	2.88	21.10	7.15	1.45
90 x 7/8	90	7.0	11.0	5.5	12.24	9.61	2.45	6.36	3.01	2.65	58.90	11.00	2.27	93.50	2.85	24.40	8.11	1.46
		8.0			15.50	12.20	2.74		3.87	3.52	145.00	19.90	3.06	230.00	3.85	59.90	15.50	1.96
100 x 10	100	10.0	12.0	6.0	19.20	15.00	2.82	7.07	3.99	3.54	177.00	24.60	3.04	280.00	3.82	75.30	18.40	1.95

✓ IMPORTADOS.

120 x 10/12	120	10.0/12.0	13.0	6.5	23.20/27.50	18.20/21.60	3.31/3.40	8.49	4.69/4.80	4.22/4.26	313.00/368.00	36.00/42.70	3.67/3.65	497.00/584.00	4.63/4.60	129.00/152.00	127.50/31.60	2.35/2.35
150 x 12	150	12.0	16.0	8.0	34.80	27.30	4.12	10.60	5.83	5.29	737.00	67.70	4.60	1170.00	5.80	303.00	52.00	2.95

✓ CARACTERÍSTICAS MECANICAS.

GRADO NORMA COVENIN	GRADO EQUIV. ASTM	PTO. CEDENTE Fy (min)	PTO. RUPTURA Fu (min)	ALARGAMIENTO (%)
AE - 25	A - 36	2.500 kg/cm ²	3.700 kg/cm ²	21
AE - 35	A - 50	3.500 kg/cm ²	5.200 kg/cm ²	18

✓ COMPOSICIÓN QUÍMICA TÍPICA

C %	Mn %	Si %	S (max) %	P (max) %
0.12 - 0.20	0.60 - 0.80	0.15 - 0.25	0.05	0.05

FUENTE SIDETUR

F-AVENIO
 Edición: 07/06
 Revisión: 2/11/07

Fuente: Catálogo de Productos Hierrobeco

APÉNDICE A-8

Pletinas

HIERROBECO, C.A. CATALOGO DE PRODUCTOS

PLETINAS 

Calidad: ⇨ Covenin 1293 – 85.
⇨ Covenin 2746 – 90.
⇨ Grado Ac – 25.

ANCHO ESPESOR		DIMENSIONES NOMINALES		Longitud (m)	Kg/pieza	Pieza Atado	Kg/Atado
		ANCHO mm	ESPESOR mm				
1/2 X	1/8	12.7	3.18	6	1.90	480	913
	3/16		4.76		2.84	330	940
	1/4		6.35		3.80	270	1.026
5/8 X	1/8	15.9	3.18	6	2.37	390	927
	3/16		4.76		3.56	270	962
	1/4		6.35		4.75	210	998
3/4 X	1/8	19.05	3.18	6	2.84	320	912
	3/16		4.76		4.27	224	957
	1/4		6.35		5.70	180	1.026
1 X	1/8	25.4	3.18	6	3.79	250	950
	3/16		4.76		5.70	168	958
	1/4		6.35		7.596	128	972
1 1/4 X	1/8	31.75	3.18	6	4.75	206	978
	3/16		4.76		7.122	136	969
	1/4		6.35		9.498	102	969
1 1/2 X	1/8	38.1	3.18	6	5.70	172	980
	3/16		4.76		8.544	112	957
	1/4		6.35		11.394	84	958
2 X	1/8	50.8	3.18	6	7.50	128	972
	3/16		4.76		11.394	84	957
	1/4		6.35		15.192	64	972

DENOMINACION	ANCHO (mm)	ESPESOR (mm)	PESO PZA. (6mts)	EMBALAJE (Pzas x atado)	PESO ATADO
50 X 9	50	9	21.60	48	1.037
50 X 12	50	12	28.80	36	1.037
65 X 6	65	6	18.35	54	991
65 X 12	65	12	36.70	27	991
75 X 6	75	6	21.17	48	1.016
75 X 12	75	12	42.42	24	1.018

Se suministran también en otras dimensiones, previo pedido.

✓ **CARACTERISTICAS MECANICAS**

GRADO NORMA COVENIN	GRADO EQUIVALENTE ASTM	PTO. CEDENTE Fy (min)	PTO. RUPTURA Fu (min)	ALARGAMIENTO %
AE - 25	A - 36	2.500 kg/cm ²	3.700 kg/cm ²	25

✓ **COMPOSICION QUIMICA TIPICA**

C %	Mn %	Si %	S (max) %	P (max) %
0.12 - 0.20	0.60 - 0.80	0.15 - 0.25	0.05	0.05

F-4195-100
Edición: 1990
Revisión: 1 01/92

16

Fuente: Catálogo de Productos Hierrobeco

APÉNDICE A-9

Propiedades de los Materiales

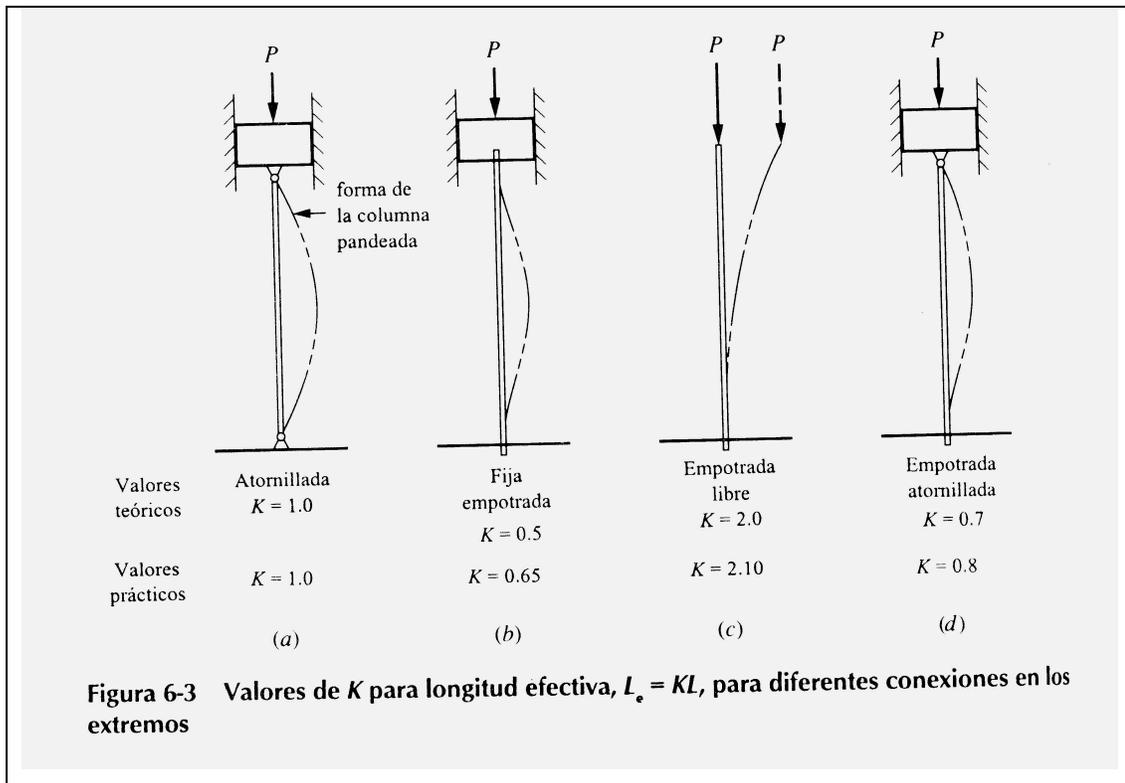
TABLA A-5
Constantes elásticas y físicas de materiales

MATERIAL	MÓDULO DE ELASTICIDAD E		MÓDULO DE RIGIDEZ G		RELACIÓN DE POISSON ν	PESO UNITARIO w		
	Mpsi	GPa	Mpsi	GPa		lb/in ³	lb/ft ³	kN/m ³
Aluminio (todas las aleaciones)	10.3	71.0	3.80	26.2	0.334	0.098	169	26.6
Cobre al berilio	18.0	124.0	7.0	48.3	0.285	0.297	513	80.6
Latón	15.4	106.0	5.82	40.1	0.324	0.309	534	83.8
Acero común	30.0	207.0	11.5	79.3	0.292	0.282	487	76.5
Hierro colado (gris)	14.5	100.0	6.0	41.4	0.211	0.260	450	70.6
Cobre	17.2	119.0	6.49	44.7	0.326	0.322	556	87.3
Madera (abeto Douglas)	1.6	11.0	0.6	4.1	0.33	0.016	28	4.3
Vidrio	6.7	46.2	2.7	18.6	0.245	0.094	162	25.4
Inconel	31.0	214.0	11.0	75.8	0.290	0.307	530	83.3
Plomo	5.3	36.5	1.9	13.1	0.425	0.411	710	111.5
Magnesio	6.5	44.8	2.4	16.5	0.350	0.065	112	17.6
Molibdeno	48.0	331.0	17.0	117.0	0.307	0.368	636	100.0
Monel	26.0	179.0	9.5	65.5	0.320	0.319	551	86.6
Niquel plata	18.5	127.0	7.0	48.3	0.322	0.316	546	85.8
Acero al niquel	30.0	207.0	11.5	79.3	0.291	0.280	484	76.0
Bronce fosforado	16.1	111.0	6.0	41.4	0.349	0.295	510	80.1
Acero inoxidable	27.6	190.0	10.6	73.1	0.305	0.280	484	76.0

Fuente: Shigley, J. "Diseño en Ingeniería Mecánica"

APÉNDICE A-10

Valores de K para calcular la Longitud Efectiva



Fuente: Mott, R. "Diseño de Elementos de Máquinas"

APÉNDICE A-11

Propiedades de los Aceros al Carbón

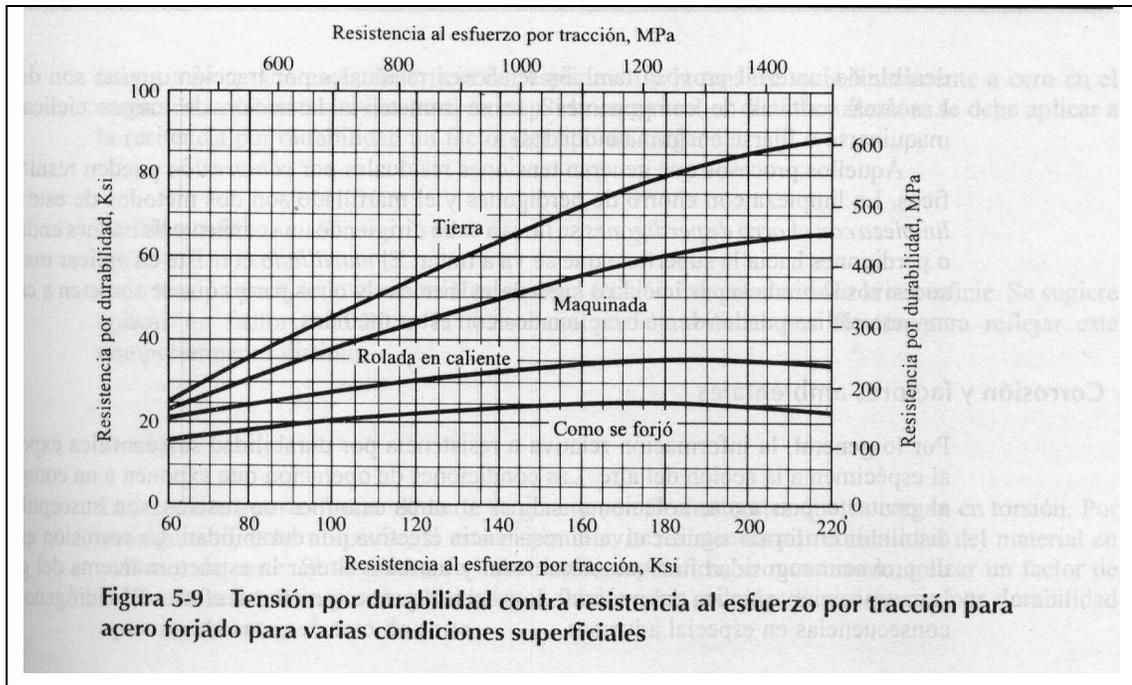
APENDICE 3 PROPIEDADES DE LOS ACEROS AL CARBON Y CON ALEACIONES

Número de designación del material (número AISI)	Condición	Resistencia a la tracción		Resistencia a punto cedente		Ductibilidad (elongación porcentual en 2 pulg)	Dureza Brinell (HB)
		Ksi	MPa	Ksi	MPa		
1020	Rolado en caliente	55	379	30	207	25	111
1020	Extruido en frío	61	420	51	352	15	122
1020	Recocido	60	414	43	296	38	121
1040	Rolado en caliente	72	496	42	290	18	144
1040	Extruido en frío	80	552	71	490	12	160
1040	OQT 1300	88	607	61	421	33	183
1040	OQT 400	113	779	87	600	19	262
1050	Rolado en caliente	90	620	49	338	15	180
1050	Extruido en frío	100	690	84	579	10	200
1050	OQT 1300	96	662	61	421	30	192
1050	OQT 400	143	986	110	758	10	321
1117	Rolado en caliente	62	427	34	234	33	124
1117	Extruido en frío	69	476	51	352	20	138
1117	WQT 350	89	614	50	345	22	178
1137	Rolado en caliente	88	607	48	331	15	176
1137	Extruido en frío	98	676	82	565	10	196
1137	OQT 1300	87	600	60	414	28	174
1137	OQT 400	157	1083	136	938	5	352
1144	Rolado en caliente	94	648	51	352	15	188
1144	Extruido en frío	100	690	90	621	10	200
1144	OQT 1300	96	662	68	469	25	200
1144	OQT 400	127	876	91	627	16	277
1213	Rolado en caliente	55	379	33	228	25	110
1213	Extruido en frío	75	517	58	340	10	150
12L13	Rolado en caliente	57	393	34	234	22	114
12L13	Extruido en frío	70	483	60	414	10	140
1340	Recocido	102	703	63	434	26	207
1340	OQT 400	285	1960	234	1610	8	578
1340	OQT 700	221	1520	197	1360	10	444
1340	OQT 1000	144	993	132	910	17	363
1340	OQT 1300	100	690	75	517	25	235
3140	Recocido	95	655	67	462	25	187
3140	OQT 400	280	1930	248	1710	11	555
3140	OQT 700	220	1520	200	1380	13	461
3140	OQT 1000	152	1050	133	920	17	311
3140	OQT 1300	115	792	94	648	23	233
4130	Recocido	81	558	52	359	28	156
4130	WQT 400	234	1610	197	1360	12	461
4130	WQT 700	208	1430	180	1240	13	415
4130	WQT 1000	143	986	132	910	16	302
4130	WQT 1300	98	676	89	614	28	202
4140	Recocido	95	655	60	414	26	197
4140	OQT 400	290	2000	251	1730	11	578
4140	OQT 700	231	1590	212	1460	13	461
4140	OQT 1000	168	1160	152	1050	17	341
4140	OQT 1300	117	807	100	690	23	235

Fuente: Mott, R. "Diseño de Elementos de Máquinas"

APÉNDICE A-12

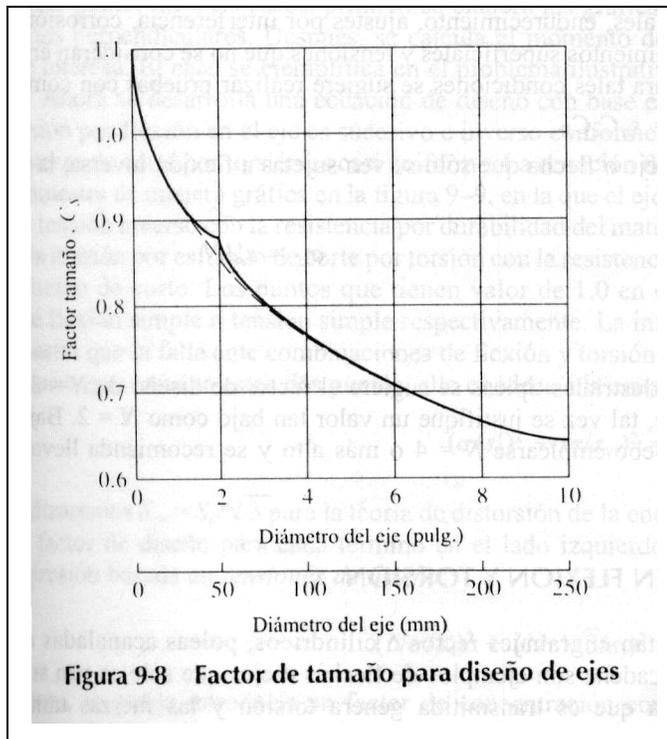
Gráfico: Tensión por Durabilidad vs. Resistencia al Esfuerzo por Tracción



Fuente: Mott, R. "Diseño de Elementos de Máquinas"

APÉNDICE A-13

Factor de Tamaño para el Diseño de Ejes



Fuente: Mott, R. "Diseño de Elementos de Máquinas"

APÉNDICE A-14

Factores de concentración de esfuerzo K_t aproximados para barra o tubo circular con agujero transversal sometidos a torsor

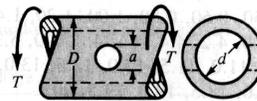
TABLA A-16 (Cont.)

Factores de concentración de esfuerzo K_{ts} aproximados para barra o tubo circular con agujero transversal sometidos a torsión.

[El esfuerzo máximo ocurre en el interior del agujero, ligeramente abajo de la superficie de la barra. El esfuerzo cortante nominal es $\tau_0 = TD/2J_{net}$, donde J_{net} es un valor reducido del segundo momento polar de área, que se define por

$$J_{net} = \frac{\pi A(D^4 - d^4)}{32}$$

Los valores de A se dan en la tabla. Utilícese $d = 0$ en el caso de una barra maciza.]



a/D	d/D										
	0.9		0.8		0.6		0.4		0		
	A	K_{ts}	A	K_{ts}	A	K_{ts}	A	K_{ts}	A	K_{ts}	
0.05	0.96	1.78								0.95	1.77
0.075	0.95	1.82								0.93	1.71
0.10	0.94	1.76	0.93	1.74	0.92	1.72	0.92	1.70	0.92	1.68	1.68
0.125	0.91	1.76	0.91	1.74	0.90	1.70	0.90	1.67	0.89	1.64	1.64
0.15	0.90	1.77	0.89	1.75	0.87	1.69	0.87	1.65	0.87	1.62	1.62
0.175	0.89	1.81	0.88	1.76	0.87	1.69	0.86	1.64	0.85	1.60	1.60
0.20	0.88	1.96	0.86	1.79	0.85	1.70	0.84	1.63	0.82	1.58	1.58
0.25	0.87	2.00	0.82	1.86	0.81	1.72	0.80	1.63	0.79	1.54	1.54
0.30	0.80	2.18	0.78	1.97	0.77	1.76	0.75	1.63	0.74	1.51	1.51
0.35	0.77	2.41	0.75	2.09	0.72	1.81	0.69	1.63	0.68	1.47	1.47
0.40	0.72	2.67	0.71	2.25	0.68	1.89	0.64	1.63	0.63	1.44	1.44

Fuente: R. E. Peterson, *Stress Concentration Factors*, Wiley, Nueva York, 1974, págs. 148, 244.

Fuente: Shigley, J. "Diseño en Ingeniería Mecánica"

APÉNDICE A-15

Cálculos para Rodamientos Y

Rodamientos Y

Tolerancias de los ejes

En condiciones normales de funcionamiento, los asientos de ejes mecanizados con tolerancia h7 son adecuados para los rodamientos de las series YET 2, YEL 2, YAR 2 y YAJ 2. Para cargas ligeras y bajas velocidades, la tolerancia h8 es suficiente, y para aplicaciones muy sencillas pueden usarse tolerancias desde h9 a h11. Para fuertes cargas y/o elevadas velocidades, se hace necesaria la tolerancia h6.

Para rodamientos con manguito de fijación de la serie 3620(00), los asientos mecanizados con tolerancia h9 son adecuados, pero la tolerancia de su forma cilíndrica deberá estar comprendida dentro de los límites IT5/2.

Para los rodamientos con aro interior estándar de las series 17262(00)-2RS1 y 17263(00)-2RS1, deberán usarse las tolerancias recomendadas para los rodamientos rígidos de bolas estándar. Esto significa que para rodamientos con diámetro de agujero hasta 17 mm inclusive, los asientos de los ejes deben estar mecanizados con tolerancia j6 para cargas ligeras, y con tolerancia j5 para cargas normales y elevadas. Para rodamientos más grandes, las tolerancias recomendadas son k5 y k6. La tolerancia k6 se puede usar cuando la reducción del juego del rodamiento carezca de importancia o cuando las velocidades sean bajas.

Capacidad de carga axial

La capacidad de carga axial de los rodamientos Y no depende fundamentalmente de la geometría interna, sino del método utilizado para fijar el rodamiento al eje.

Los rodamientos con anillo de fijación excéntrico o con prisioneros de fijación pueden soportar cargas axiales de hasta un 20 % de su capacidad de carga dinámica, siempre que se usen ejes blandos y se apriete bien el prisionero de fijación durante el montaje.

Para los rodamientos con manguito de fijación, la capacidad de carga axial depende del par empleado para apretar la tuerca del manguito. Si se emplean los pares recomendados en la tabla de la página 681, los rodamientos podrán so-

portar cargas axiales, aproximadamente, entre un 15 y un 20 % de su capacidad de carga dinámica.

Para rodamientos Y montados con ajuste de apriete en el eje, la carga axial que pueden soportar dependerá de la fijación axial del rodamiento. Sin embargo, generalmente no es recomendable que la carga axial sea superior a 0,25 C₀. Caso de que se precise que el rodamiento tenga que soportar mayores cargas axiales, se deberá consultar a SKF.

Carga dinámica equivalente

La carga dinámica equivalente para los rodamientos Y se determina de la misma forma que para los rodamientos rígidos de bolas estándar

$$P = XF_r + YF_a$$

Los factores X e Y correspondientes podrán hallarse en la tabla adyacente.

Carga estática equivalente

Para rodamientos Y cargados estáticamente

$$P_0 = 0,6 F_r + 0,5 F_a$$

Cuando P₀ < F_r, se toma P₀ = F_r.

Otras informaciones

Para más detalles en cuanto a

- capacidad de carga de los soportes,
- lubricación y mantenimiento,
- montaje

ver las secciones correspondientes en "Soportes con rodamientos Y", página 676.

Factores de cálculo dinámico

F _a /C ₀	e	F _a /F _r ≤ e		F _a /F _r > e	
		X	Y	X	Y
0,025	0,22	1	0	0,56	2
0,04	0,24	1	0	0,56	1,8
0,07	0,27	1	0	0,56	1,6
0,13	0,31	1	0	0,56	1,4
0,25	0,37	1	0	0,56	1,2
0,5	0,44	1	0	0,56	1

Fuente: Catálogo de Rodamientos SKF

APÉNDICE A-16

Vida Útil Recomendada para Cojinetes

Tabla 15-3 Vida útil de diseño recomendada para cojinetes

<i>Uso</i>	<i>Vida útil de diseño L₁₀, h</i>
Aparatos domésticos	1 000–2 000
Motores para aviones	1 000–4 000
Automotriz	1 500–5 000
Equipo agrícola	3 000–6 000
Elevadores, ventiladores industriales, engranes de uso múltiple	8 000–15 000
Motores eléctricos, ventiladores industriales con tolva, máquinas industriales en general	20 000–30 000
Bombas y compresoras	40 000–60 000
Equipo crítico en operación continua las 24 horas	100 000–200 000

Fuente. Eugene A. Avallone y Theodore Baumeister III, eds. *Marks' Standard Handbook for Mechanical Engineers*, 9ª edición. Nueva York: McGraw-Hill Book Company, 1986.

Fuente: Mott, R. “Diseño de Elementos de Máquinas”

APÉNDICE A-17

Rodamientos Y y Soporte de Pie, Chapa Embutida

Rodamientos Y con anillo de fijación excéntrico
d 12–60 mm

Dimensiones								Capacidad de carga		Carga límite	Masa	Designaciones	Rodamientos	
d	d ₁	d ₂	D	B ₁	C	s	r _{1,2} mín	dinám. C ¹⁾	estát. C ₀	P _u	Roda- miento	sin espa- ciadores	con 2 espa- ciadores	con 2 espa- ciadores flocados
mm								N	N	kg	-			
12	24,2	28,6	40	28,6	12	6,5	0,3	7 350	4 750	140	0,13	YET 203/12	-	-
15	24,2	28,6	40	28,6	12	6,5	0,3	7 350	4 750	140	0,12	YET 203/15	-	-
17	24,2	28,6	40	28,6	12	6,5	0,3	7 350	4 750	140	0,11	YET 203	-	-
	24,2	28,6	40	37,3	12	13,9	0,3	7 350	4 750	140	0,13	YEL 203	YEL 203-2F	YEL 203-2FF
20	28,2	33	47	31	14	7,5	0,6	9 800	6 550	196	0,16	YET 204	-	-
	28,2	33	47	43,7	14	17,1	0,6	9 800	6 550	196	0,19	YEL 204	YEL 204-2F	YEL 204-2FF
25	33,7	37,4	52	31	15	7,5	0,6	10 800	7 800	232	0,18	YET 205	-	-
	33,7	37,4	52	44,4	15	17,5	0,6	10 800	7 800	232	0,23	YEL 205	YEL 205-2F	YEL 205-2FF
30	39,7	44,2	62	35,7	18	9	0,6	15 000	11 200	335	0,30	YET 206	-	-
	39,7	44,2	62	48,4	18	18,3	0,6	15 000	11 200	335	0,36	YEL 206	YEL 206-2F	YEL 206-2FF
35	46,1	55,6	72	38,9	19	9,5	1	19 600	15 300	455	0,49	YET 207	-	-
	46,1	55,6	72	51,1	19	18,8	1	19 600	15 300	455	0,55	YEL 207	YEL 207-2F	YEL 207-2FF
40	51,8	60,3	80	43,7	21	11	1	23 600	19 000	560	0,62	YET 208	-	-
	51,8	60,3	80	56,3	21	21,4	1	23 600	19 000	560	0,70	YEL 208	YEL 208-2F	YEL 208-2FF
45	56,8	63,5	85	43,7	22	11	1	25 500	21 600	640	0,65	YET 209	-	-
	56,8	63,5	85	56,3	22	21,4	1	25 500	21 600	640	0,74	YEL 209	YEL 209-2F	YEL 209-2FF
50	62,5	69,9	90	43,7	22	11	1	27 000	23 200	695	0,73	YET 210	-	-
	62,5	69,9	90	62,7	22	24,6	1	27 000	23 200	695	0,89	YEL 210	YEL 210-2F	YEL 210-2FF
55	69,1	76,2	100	48,4	25	12	1	33 500	29 000	865	0,98	YET 211	-	-
	69,1	76,2	100	71,4	25	27,8	1	33 500	29 000	865	1,20	YEL 211	YEL 211-2F	YEL 211-2FF
60	75,6	83,7	110	77,8	26	31	1,5	40 500	36 000	1 060	1,60	YEL 212	YEL 212-2F	YEL 212-2FF

¹⁾ Para rodamientos montados en ejes mecanizados con tolerancia h6, o mayor precisión, los valores de C se pueden multiplicar por 1,3

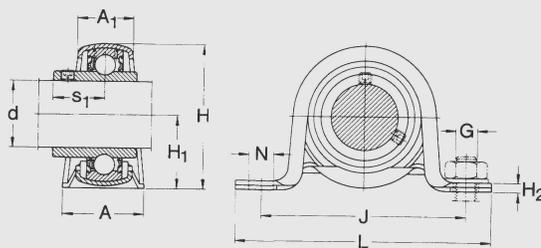
668 **SKF**

Fuente: Catálogo de rodamientos SKF

APÉNDICE A-17 (Continuación)

Rodamientos Y y Soporte de Pie, Chapa Embutida

Soportes de pie con rodamientos Y,
chapa embutida
d 12-45 mm



Dimensiones											Carga radial admisible sobre el soporte	Masa	Designaciones Unidad ¹⁾ completa	Soporte	Rodamiento Y			
d	A	A ₁	H	H ₁	H ₂	J	L	N	G	s ₁								
mm											N	kg	-					
12	26	18	44	22	3	68	86	9,6	8	22,1	1 250	0,20	P 12 FM	P 40	YET 203/12			
											1 250	0,19				P 12 TF	P 40	YAR 203/12-2F
15	26	18	44	22	3	68	86	9,6	8	22,1	1 250	0,19	P 15 FM	P 40	YET 203/15			
											1 250	0,17				P 15 TF	P 40	YAR 203/15-2F
17	26	18	44	22	3	68	86	9,6	8	22,1	1 250	0,18	P 17 FM	P 40	YET 203			
											1 250	0,20				P 17 WM	P 40	YEL 203
											1 250	0,16				P 17 TF	P 40	YAR 203-2F
20	32	21	50	25,2	3	76	99	9,6	8	23,5	1 700	0,24	P 20 FM	P 47	YET 204			
											1 700	0,27				P 20 WM	P 47	YEL 204
											1 700	0,22				P 20 TF	P 47	YAR 204-2F
											1 700	0,22				P 20 K	P 47	362004 ATN
25	32	24	56	28,3	3,2	86	108	11,2	10	23,5	1 800	0,28	P 25 FM	P 52	YET 205			
											1 800	0,33				P 25 WM	P 52	YEL 205
											1 800	0,27				P 25 TF	P 52	YAR 205-2F
											1 800	0,27				P 25 K	P 52	362005 ATN
30	38	25	66	32,9	4	95	119	11,2	10	26,7	2 600	0,47	P 30 FM	P 62	YET 206			
											2 600	0,53				P 30 WM	P 62	YEL 206
											2 600	0,45				P 30 TF	P 62	YAR 206-2F
											2 600	0,44				P 30 K	P 62	362006 ATN
35	41	27	78	39,2	5	106	130	11,2	10	29,4	3 300	0,75	P 35 FM	P 72	YET 207			
											3 300	0,81				P 35 WM	P 72	YEL 207
											3 300	0,67				P 35 TF	P 72	YAR 207-2F
											3 300	0,66				P 35 K	P 72	362007 A
40	43	29	86	43,5	5	120	148	14	12	32,7	3 800	0,99	P 40 FM	P 80	YET 208			
											3 800	1,05				P 40 WM	P 80	YEL 208
											3 800	0,92				P 40 TF	P 80	YAR 208-2F
											3 800	0,91				P 40 K	P 80	362008 A
45	45	31	92	46,4	6	128	156	14	12	32,7	4 200	1,05	P 45 FM	P 85	YET 209			
											4 200	1,15				P 45 WM	P 85	YEL 209
											4 200	1,00				P 45 TF	P 85	YAR 209-2F

¹⁾ Para pedir unidades P-WM con espaciadores utilizar el sufijo F, por ejemplo P 17 WF
Para pedir unidades P-TF sin espaciadores utilizar el sufijo M, por ejemplo P 12 TM

692



Fuente: Catálogo de rodamientos SKF

APÉNDICE A-18

Factor de forma de Lewis

Tabla 12-5 Factor de forma de Lewis aproximado para dientes de mecanismos de tornillo sinfin

ϕ_n	y
14½°	0.100
20°	0.125
25°	0.150
30°	0.175

Fuente: Mott, R. "Diseño de Elementos de Máquinas"

APÉNDICE A-19

Tamaño de nominal de la cuña contra diámetro nominal de la flecha

Tabla 10-1 Tamaño de cuña contra tamaño de flecha

Diámetro nominal de la flecha		Tamaño nominal de la cuña		
Más de	Hasta (incluso)	Espesor, <i>W</i>	Altura, <i>H</i>	
			Cuadrada	Rectangular
5/16	7/16	3/32	3/32	
7/16	9/16	1/8	1/8	3/32
9/16	7/8	3/16	3/16	1/8
7/8	1 1/4	1/4	1/4	3/16
1 1/4	1 3/8	5/16	5/16	1/4
1 3/8	1 3/4	3/8	3/8	1/4
1 3/4	2 1/4	1/2	1/2	3/8
2 1/4	2 3/4	5/8	5/8	7/16
2 3/4	3 1/4	3/4	3/4	1/2
3 1/4	3 3/4	7/8	7/8	5/8
3 3/4	4 1/2	1	1	3/4
4 1/2	5 1/2	1 1/4	1 1/4	7/8
5 1/2	6 1/2	1 1/2	1 1/2	1
6 1/2	7 1/2	1 3/4	1 3/4	1 1/2
7 1/2	9	2	2	1 1/2
9	11	2 1/2	2 1/2	1 3/4
11	13	3	3	2
13	15	3 1/2	3 1/2	2 1/2
15	18	4		3
18	22	5		3 1/2
22	26	6		4
26	30	7		5

Nota: Se recomiendan los valores que no aparecen en las áreas sombreadas. Las dimensiones están en pulgadas.
Fuente: ANSI Standard B17.1-1967, *Keys and Keyseats* (American Society of Mechanical Engineers, Nueva York).

Fuente: Mott, R. "Diseño de Elementos de Maquinas"

APÉNDICE A-20

Características y propiedades de algunos aceros

Apéndice 659

TABLA A-20

Características y propiedades mecánicas *a la tensión* de algunos aceros rolados en caliente (HR) y estirados en frío (CD).

[Las resistencias indicadas son valores mínimos ASTM estimados en el intervalo de tamaños de 18 a 32 mm (¾ a 1¼ in). Tales resistencias son adecuadas para el uso con el factor de diseño definido en la sección 1-9, siempre que los materiales cumplan los requisitos ASTM A6 o A568, o sean requeridos en las especificaciones de compra. Conviene recordar que una designación numérica no es una especificación. Véanse en la tabla 1-1 las propiedades de algunos aceros ASTM.

1	2	3	4	5	6	7	8
UNS NÚM.	SAE Y/O AISI NO.	PROCESA- MIENTO	RESISTENCIA ÚLTIMA, MPa (kpsi)	RESISTENCIA DE FLUENCIA MPa (kpsi)	ELONGACIÓN EN 2 in. %	REDUCCIÓN EN ÁREA %	DUREZA BRINELL
G10060	1006	HR	300 (43)	170 (24)	30	55	86
		CD	330 (48)	280 (41)	20	45	95
G10100	1010	HR	320 (47)	180 (26)	28	50	95
		CD	370 (53)	300 (44)	20	40	105
G10150	1015	HR	340 (50)	190 (27.5)	28	50	101
		CD	390 (56)	320 (47)	18	40	111
G10180	1018	HR	400 (58)	220 (32)	25	50	116
		CD	440 (64)	370 (54)	15	40	126
G10200	1020	HR	380 (55)	210 (30)	25	50	111
		CD	470 (68)	390 (57)	15	40	131
G10300	1030	HR	470 (68)	260 (37.5)	20	42	137
		CD	520 (76)	440 (64)	12	35	149
G10350	1035	HR	500 (72)	270 (39.5)	18	40	143
		CD	550 (80)	460 (67)	12	35	163
G10400	1040	HR	520 (76)	290 (42)	18	40	149
		CD	590 (85)	490 (71)	12	35	170
G10450	1045	HR	570 (82)	310 (45)	16	40	163
		CD	630 (91)	530 (77)	12	35	179
G10500	1050	HR	620 (90)	340 (49.5)	15	35	179
		CD	690 (100)	580 (84)	10	30	197
G10600	1060	HR	680 (98)	370 (54)	12	30	201
G10800	1080	HR	770 (112)	420 (61.5)	10	25	229
G10950	1095	HR	830 (120)	460 (66)	10	25	248

Fuente: 1986 SAE Handbook, p. 2.15.

Fuente: Shigley, J. "Diseño en Ingeniería Mecánica"

APÉNDICE A-21

Propiedades de diseño del hierro fundido

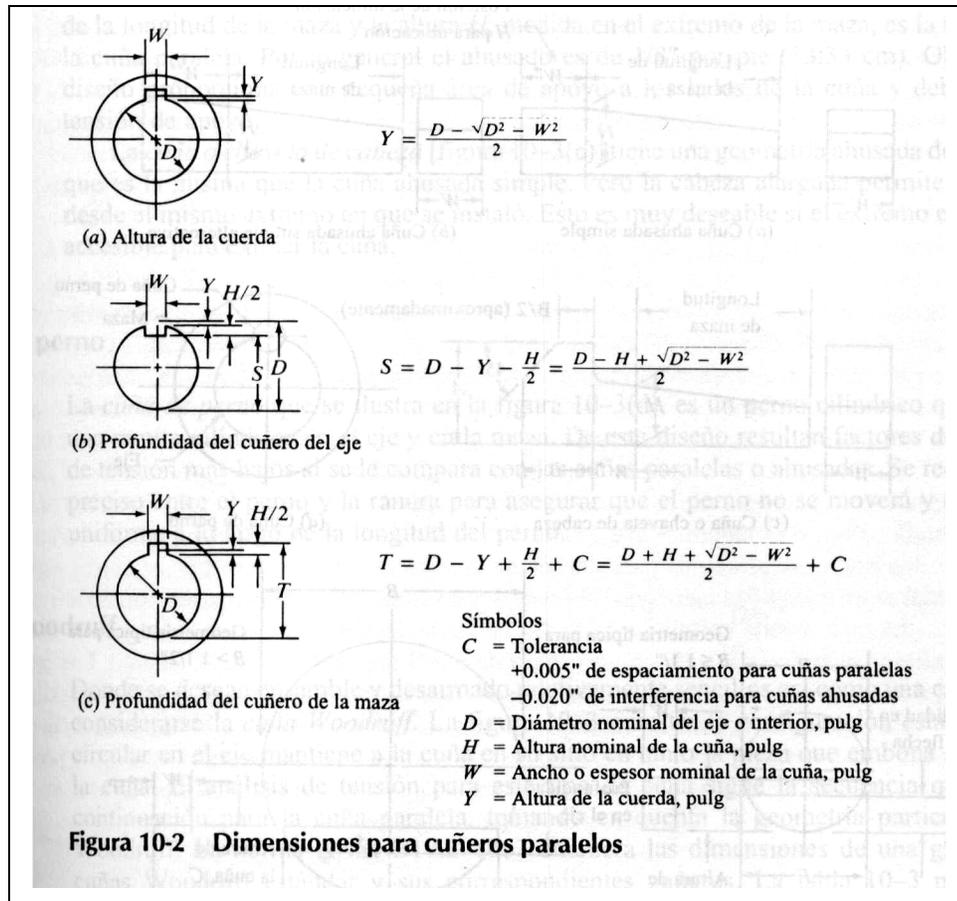
APENDICE 8. PROPIEDADES DE DISEÑO DEL HIERRO FUNDIDO								
Número de designación del material (número ASTM)	Grado	Resistencia a la tracción		Resistencia a punto cedente		Ductibilidad (elongación porcentual en 2 pulg)	Módulo de elasticidad	
		Ksi	MPa	Ksi	MPa		10 ⁶ psi	GPa
Hierro gris								
A48-83	20	20	138	—	—	<1	12	83
	25	25	172	—	—	<1	13	90
	30	30	207	—	—	<1	15	103
	40	40	276	—	—	<1	17	117
	50	50	345	—	—	<1	19	131
	60	60	414	—	—	<1	20	138
Hierro dúctil								
A536-84	60-40-18	60	414	40	276	18	22	152
	80-55-06	80	552	55	379	6	22	152
	100-70-03	100	689	70	483	3	22	152
	120-90-02	120	827	90	621	2	22	152
Hierro maleable								
A47-84(R1989)	32510	50	345	32	221	10	25	172
	35018	53	365	35	241	18	25	172
A220-88	40010	60	414	40	276	10	26	179
	45006	65	448	45	310	6	26	179
	50005	70	483	50	345	5	26	179
	70003	85	586	70	483	3	26	179
	90001	105	724	90	621	1	26	179

Nota: Los valores de resistencia son típicos. Las variables en cuanto a fundición y el tamaño de sección afectan a los valores finales. Los módulos de elasticidad también pueden variar. La densidad de los hierros fundidos varía entre 0.25 y 0.27 lb/pulg³ (6 920 a 7480 kg/m³). La resistencia a la compresión varía entre 3 y 5 veces más que la resistencia a la tracción.

Fuente: Mott, R. “Diseño de Elementos de Máquinas”

APÉNDICE A-22

Dimensiones para cuñeros paralelos



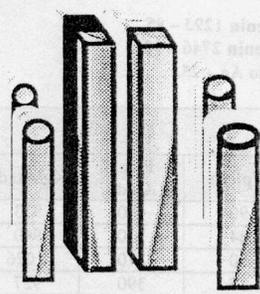
Fuente: Mott, R. "Diseño de Elementos de Máquinas"

APÉNDICE A-23

Barras de herrería redondas lisas

HIERROBECO, C.A. CATALOGO DE PRODUCTOS

BARRAS



Calidad: ⇨ 2744 - 90 (BARRA REDONDA)
⇨ 2745 - 90 (BARRA CUADRADA)
⇨ GRADO AE - 25.

✓ *BARRA DE HERRERIA REDONDAS LISAS.*

DIAMETRO (mm)	PESO kg/m	PESO (kgr. Pieza)	PIEZAS POR ATADO	kg. / ATADO	LONGITUD (m)
10	0.62	3.700	300	1.110	6.00
12	0.89	5.328	150	799	
16	1.58	9.468	100	947	
20	2.47	14.796	80	1.184	
25	3.85	23.118	42	971	

✓ *BARRAS DE HERRERIA CUADRADAS LISAS.*

LADO (mm)	PESO (kg/m)	PESO (kgr. Pieza)	PIEZAS POR ATADO	Kg./ ATADO	LONGITUD (m)
12	1.13	6.780	130	881	6.00
16	2.01	12.060	78	941	
20	3.14	18.840	50	942	
25	4.906	29.436	30	883	

✓ *CARACTERISTICAS MECANICAS.*

GRADO NORMA COVENIN	GRADO EQUIVALENTE ASTM	PTO. CEDENTE Fy (min)	PTO. RUPTURA Fu (min)	ALARGAMIENTO (%)	DUREZA BRINELL
AE - 25	A - 36	2.500 kg/cm ²	3.700 kg/cm ²	25	120

✓ *COMPOSICION QUIMICA TIPICA.*

C %	Mn %	Si %	S (max) %	P (max) %
0.12 - 0.20	0.60 - 0.80	0.15 - 0.25	0.05	0.05

FUENTE SIDETUR

Fuente: Catálogo de Productos Hierrobeco

APÉNDICE A-24

Propiedades mínimas a la tensión del metal soldante para soldadura al arco

TABLA 9-4
Propiedades mínimas a la tensión del metal soldante para soldadura al arco

NÚMERO DE ELECTRODO AWS	RESISTENCIA ÚLTIMA kpsi (MPa)	RESISTENCIA DE FLUENCIA kpsi (MPa)	ELONGACIÓN (%)
E60xx	62 (427)	50 (345)	17-25
E70xx	70 (482)	57 (393)	22
E80xx	80 (551)	67 (462)	19
E90xx	90 (620)	77 (531)	14-17
E100xx	100 (689)	87 (600)	13-16
E120xx	120 (827)	107 (737)	14

*Sistema de designación numérica de los electrodos según el código de especificaciones de la American Welding Society (AWS). Se utiliza un prefijo literal E con un grupo de cuatro o cinco dígitos, los dos o tres primeros indican la resistencia aproximada a la tensión. El último indica variantes en la técnica de soldadura, como la corriente eléctrica a usar. El penúltimo señala la posición de la junta como, por ejemplo, en plano horizontal, vertical o sobre cabeza. El conjunto completo de especificaciones puede obtenerse solicitándolo a la AWS.

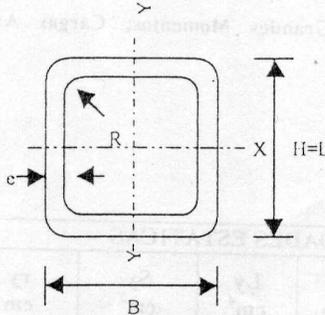
Fuente: Shigley, J. "Diseño en Ingeniería Mecánica"

APÉNDICE A-25

Tubos estructurales de sección cuadrada

HIERROBECO, C.A. CATALOGO DE PRODUCTOS

SECCION CUADRADA



Materia Prima: Astm - A - 500 Grado C
 Esfuerzo De Fluencia $F_y = 3.515. \text{ KG.F/cm}^2$
 $F_b = 0.69 \times F_y.$

Recomendado como Columna, para cargas axiales grandes, momentos moderados y (KL)grandes.
 Longitud 12 Metros.

DIMENSIONES			SECCIÓN A cm ²	PESO kgf/m	PROPIEDADES ESTATICAS		
H x B mm	mm				l cm ⁴	S cm ³	r cm
	e	r					
60 x 60	2.25	3.38	5.02	3.94	27.40	9.13	2.34
70 x 70	2.25	3.38	5.92	4.65	44060	12.74	2.74
90 x 90	2.50	3.75	8.54	6.70	107.46	23.88	3.55
100 x 100	3.00	4.50	11.32	8.89	175.10	35.02	3.93
110 x 110	3.40	5.10	14.10	11.07	263.04	47.82	4.32
* 120 x 120	4.00	6.00	18.01	14.14	397.30	66.22	4.70
135 x 135	4.30	6.45	21.85	17.15	612.27	90.71	5.29
155 x 155	4.50	6.75	26.39	20.72	982.43	126.77	6.10
175 x 175	5.50	8.25	36.25	28.46	1709.23	195.34	6.87
200 x 200	5.50	8.25	41.75	32.77	2597.67	259.77	7.89
200 x 200	7.00	10.50	52.36	41.10	3194.10	319.41	7.81
220 x 220	7.00	10.50	57.96	45.50	4314.30	392.21	8.63
220 x 220	9.00	13.50	73.18	57.45	5317.27	483.39	8.52
260 x 260	9.00	13.50	87.58	68.75	9038.52	695.27	10.16
260 x 260	11.00	16.50	105.41	82.74	10656.87	819.76	10.06

Fuente Conduven

Fuente: Catálogo de Productos Hierrobeco

APÉNDICE A-26

Velocidades máximas recomendadas para ductos de aire

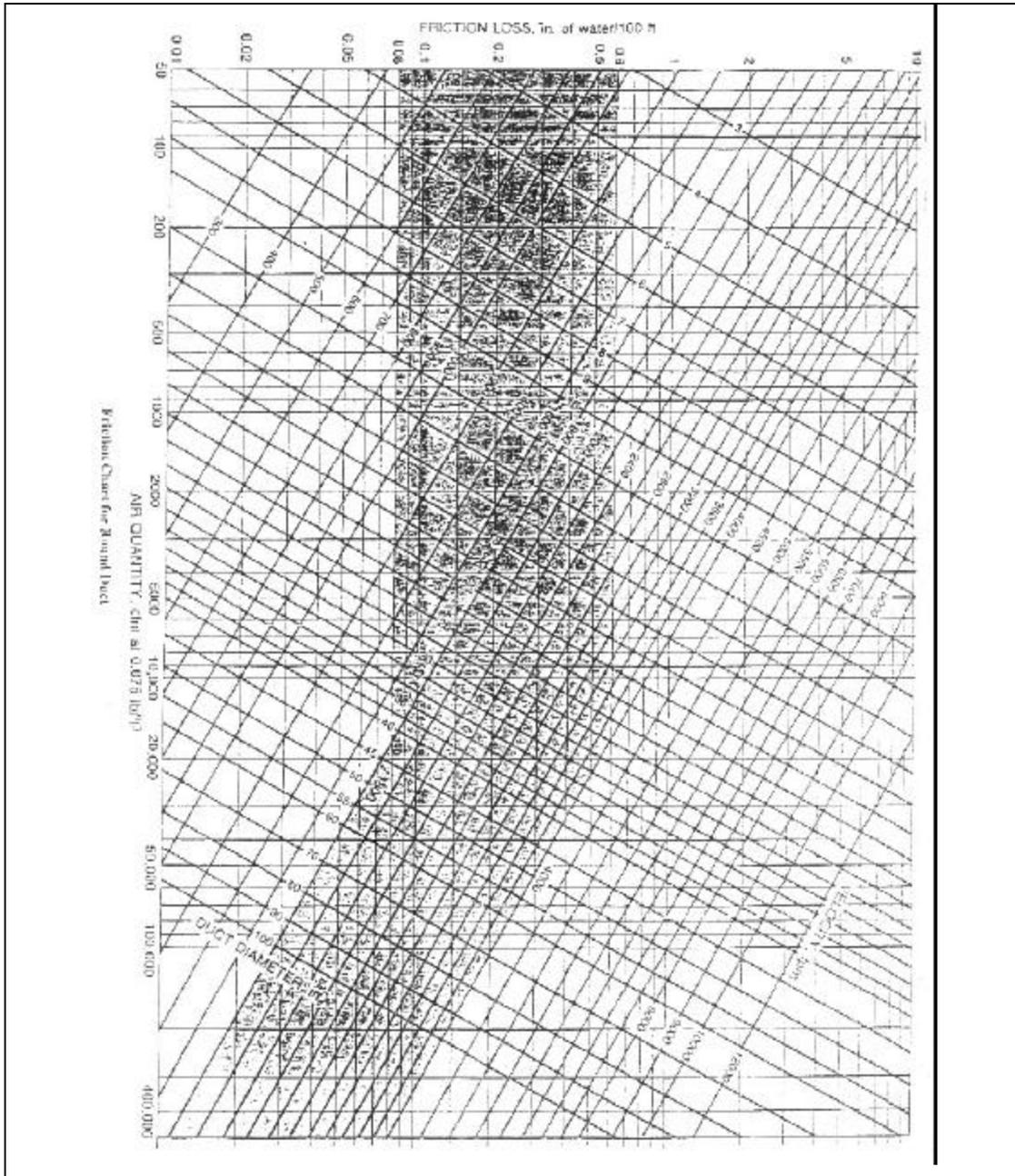
TABLA No 3 [4]
Velocidades máximas recomendadas
(Sistemas de baja velocidad) Pie/mín.

Aplicación	Velocidad Ducto Principal
Apartamentos. Cuartos de hotel y de hospital.	1000
Oficinas particulares. Bibliotecas	1200
Cafeterías.	1800
Oficinas Públicas. Restaurantes. Bancos	1500

Fuente: Cohen, M. "Apuntes de Aire Acondicionado. Tomo II"

APÉNDICE A-27

Carta de fricción para ductos redondos en unidades inglesas



Fuente: Cohen, M. "Apuntes de Aire Acondicionado. Tomo II"

APÉNDICE A-28

Diámetro circular equivalente para ductos rectangulares

TABLA N° I
Diámetro Circular Equivalente para Ductos Rectangulares (Pulgadas)

Lado (pulg)	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
6	66																									
7	71	77																								
8	76	82	87																							
9	80	87	93	98																						
10	84	91	98	104	109																					
11	88	95	102	109	115	120																				
12	91	99	107	113	120	126	131																			
13	95	103	111	118	124	131	137	142																		
14	98	107	115	122	129	135	142	147	153																	
15	101	110	118	126	133	140	146	153	158	164																
16	104	113	122	130	137	144	151	157	164	169	175															
17	107	116	125	134	141	149	156	162	168	174	180	186														
18	110	119	129	137	145	153	160	167	173	179	185	191	197													
19	112	122	132	141	149	157	164	171	178	184	190	196	202	208												
20	115	125	135	144	152	160	168	175	182	189	195	201	207	213	219											
21	117	128	138	147	156	164	172	179	186	193	200	206	212	218	224	230										
22	120	130	141	150	159	168	176	183	191	198	204	211	217	223	229	235	240									
23	122	133	143	153	162	171	179	187	195	202	209	215	222	228	234	240	246	251								
24	124	135	146	156	165	174	183	191	199	206	213	220	227	233	239	245	251	257	262							
25	126	138	149	159	168	178	186	194	202	210	217	224	231	238	244	250	256	262	268	273						
26	128	140	151	162	171	181	190	198	206	214	221	229	235	242	249	255	261	267	273	279	284					
27	130	142	154	164	174	184	193	201	210	218	225	233	240	247	253	260	266	272	278	284	290	295				
28	132	145	156	167	177	187	196	205	213	221	229	237	244	251	258	264	271	277	283	289	295	301	306			
29	134	147	159	170	180	190	199	208	217	225	233	241	248	255	262	269	275	282	288	294	300	306	311	317	322	328
30	136	149	161	172	183	193	202	211	220	229	237	244	252	259	266	273	280	286	293	299	305	311	317	322	328	333
31	138	151	163	174	185	195	205	214	223	232	240	248	256	263	271	278	284	291	298	304	310	316	322	328	333	339
32	140	153	165	177	188	198	208	218	227	235	244	252	260	267	275	282	289	296	302	309	315	321	327	333	339	344
33	142	155	168	179	190	201	211	221	230	239	247	255	263	271	279	286	293	300	307	313	320	326	332	338	344	349
34	144	157	170	182	193	204	214	224	233	242	251	259	267	275	283	290	297	304	310	318	324	331	337	343	349	354
35	145	159	172	184	195	206	216	226	236	245	254	262	271	279	286	294	301	308	315	322	329	335	342	348	354	359
36	147	161	174	186	198	209	219	229	239	248	257	266	274	282	290	298	305	313	320	327	333	340	346	353	359	364
37	149	163	176	188	200	211	222	232	242	251	260	269	278	286	294	302	309	317	324	331	338	344	351	357	364	368
38	150	165	178	190	202	214	224	235	245	254	264	272	281	289	298	305	313	321	328	335	342	349	356	362	368	373
39	152	166	180	192	204	216	227	237	247	257	267	276	284	293	301	309	317	325	332	339	346	353	360	367	373	378
40	153	168	182	195	207	218	229	240	250	260	270	279	288	296	305	313	321	328	336	343	351	357	364	371	378	384

Fuente: Cohen, M. "Apuntes de Aire Acondicionado. Tomo II"

APÉNDICE A-29

Rozamiento de los elementos de un sistema de conductos rectangulares

CAPÍTULO 2. PROYECTO DE CONDUCTOS DE AIRE 2-47

TABLA 10. ROZAMIENTO EN LOS ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE CONDUCTOS RECTANGULARES (Cont.)

ELEMENTO	CONDICIONES	VALOR DE n																												
Transición 	$V_2 = V_1$ Pérdida p. e. = nhv_1	0.04																												
Expansión 	n « n » «Angulo « α »» <table border="1"> <tr> <td>V_2/V_1</td> <td>5°</td> <td>10°</td> <td>15°</td> <td>20°</td> <td>30°</td> <td>40°</td> </tr> <tr> <td>0.20</td> <td>0.25</td> <td>0.22</td> <td>0.20</td> <td>0.18</td> <td>0.15</td> <td>0.13</td> </tr> <tr> <td>0.40</td> <td>0.27</td> <td>0.25</td> <td>0.23</td> <td>0.20</td> <td>0.20</td> <td>0.19</td> </tr> <tr> <td>0.60</td> <td>0.28</td> <td>0.26</td> <td>0.25</td> <td>0.24</td> <td>0.24</td> <td>0.23</td> </tr> </table>	V_2/V_1	5°	10°	15°	20°	30°	40°	0.20	0.25	0.22	0.20	0.18	0.15	0.13	0.40	0.27	0.25	0.23	0.20	0.20	0.19	0.60	0.28	0.26	0.25	0.24	0.24	0.23	
V_2/V_1	5°	10°	15°	20°	30°	40°																								
0.20	0.25	0.22	0.20	0.18	0.15	0.13																								
0.40	0.27	0.25	0.23	0.20	0.20	0.19																								
0.60	0.28	0.26	0.25	0.24	0.24	0.23																								
Contracción 	n <table border="1"> <tr> <td>α</td> <td>30°</td> <td>45°</td> <td>60°</td> </tr> <tr> <td>n</td> <td>0.311</td> <td>0.317</td> <td>0.326</td> </tr> </table> Pérdida p. e. = $n(hv_2 - hv_1)$ « n » Función de 25 %	α	30°	45°	60°	n	0.311	0.317	0.326																					
α	30°	45°	60°																											
n	0.311	0.317	0.326																											
Entrada abrupta 	Pérdida p. e. = nhv_1	0.10																												
Entrada suave 		0.009																												
Salida abrupta 	Pérdida p. e. o ganancia considerablemente nulas																													
Salida suave 																														
Entrada reentrante 	Pérdida p. e. = nhv_1	0.25																												
Orificio escudo de borda aguda 	<table border="1"> <tr> <td>A_2/A_1</td> <td>n</td> <td>0.25</td> <td>0.50</td> <td>0.75</td> <td>1.00</td> </tr> <tr> <td>n</td> <td></td> <td>0.75</td> <td>0.70</td> <td>0.57</td> <td>0.33</td> </tr> </table> Pérdida p. e. = nhv_2	A_2/A_1	n	0.25	0.50	0.75	1.00	n		0.75	0.70	0.57	0.33																	
A_2/A_1	n	0.25	0.50	0.75	1.00																									
n		0.75	0.70	0.57	0.33																									
Contracción abrupta 	<table border="1"> <tr> <td>V_2/V_1</td> <td>0</td> <td>0.25</td> <td>0.50</td> <td>0.75</td> </tr> <tr> <td>n</td> <td>0.40</td> <td>0.37</td> <td>0.28</td> <td>0.15</td> </tr> </table> Pérdida p. e. = nhv_2	V_2/V_1	0	0.25	0.50	0.75	n	0.40	0.37	0.28	0.15																			
V_2/V_1	0	0.25	0.50	0.75																										
n	0.40	0.37	0.28	0.15																										
Expansión abrupta 	<table border="1"> <tr> <td>V_2/V_1</td> <td>0.20</td> <td>0.40</td> <td>0.60</td> <td>0.80</td> </tr> <tr> <td>n</td> <td>0.08</td> <td>0.14</td> <td>0.14</td> <td>0.09</td> </tr> </table> Ganancia p. e. = nhv_1	V_2/V_1	0.20	0.40	0.60	0.80	n	0.08	0.14	0.14	0.09																			
V_2/V_1	0.20	0.40	0.60	0.80																										
n	0.08	0.14	0.14	0.09																										
Tubera que atraviesa el conducto 	<table border="1"> <tr> <td>E/D</td> <td>0.10</td> <td>0.25</td> <td>0.50</td> </tr> <tr> <td>n</td> <td>0.08</td> <td>0.16</td> <td>0.60</td> </tr> </table> Pérdida p. e. = nhv_1	E/D	0.10	0.25	0.50	n	0.08	0.16	0.60																					
E/D	0.10	0.25	0.50																											
n	0.08	0.16	0.60																											
Bata que atraviesa el conducto 	<table border="1"> <tr> <td>F/D</td> <td>0.10</td> <td>0.25</td> <td>0.50</td> </tr> <tr> <td>n</td> <td>0.21</td> <td>0.42</td> <td>1.21</td> </tr> </table> Pérdida p. e. = nhv_1	F/D	0.10	0.25	0.50	n	0.21	0.42	1.21																					
F/D	0.10	0.25	0.50																											
n	0.21	0.42	1.21																											
Alivio sobre la obstrucción 	<table border="1"> <tr> <td>F/D</td> <td>0.10</td> <td>0.25</td> <td>0.50</td> </tr> <tr> <td>n</td> <td>0.02</td> <td>0.07</td> <td>0.27</td> </tr> </table> Pérdida p. e. = nhv_1	F/D	0.10	0.25	0.50	n	0.02	0.07	0.27																					
F/D	0.10	0.25	0.50																											
n	0.02	0.07	0.27																											

Véanse las notas en la página siguiente.

Fuente: Manual Carrier de Aire Acondicionado

APÉNDICE A-29

**Rozamiento de los elementos de un sistema de conductos rectangulares
(continuación)**

NOTAS PARA TABLA 9

* L y D están en metros. D es el diámetro del codo. L es la longitud equivalente adicional del conducto sumado a la longitud medida. La longitud equivalente L es igual a D multiplicada por la relación indicada.

** El valor de n representa la pérdida de presión y se puede convertir en la longitud equivalente adicional del conducto por la siguiente ecuación

$$L = n \times \frac{h_v}{h_r}$$

donde:

L = longitud equivalente adicional, metros

h_v = presión dinámica en V_1 , mm c. a.

h_r = pérdida por rozamiento por metro, diámetro de conducto en V_1 , mm c. a. (gráfico 7)

n = valor para T o cruz.

*** La T o la cruz pueden ser reducidas o se puede adoptar la misma dimensión en tramo recto.

NOTAS PARA TABLA 10

* 1,25 es valor standard para un codo de radio completo sin guías.

** L y D están en metros. D es la dimensión de conducto representada en el dibujo. L es la longitud adicional equivalente del conducto añadido al conducto medido. La longitud equivalente L es igual a D multiplicada por la relación indicada.

*** El valor n es el número representativo de la presión dinámica, pérdida de presión dinámica o ganancias de velocidad en un accesorio, y puede ser convertida en longitud adicional equivalente del conducto por la siguiente ecuación:

$$L = n \times \frac{h_r}{h_v}$$

donde:

L = longitud adicional equivalente, metros

h_v = presión dinámica para V_1 o V_2 , mm c. a.

h_r = pérdida por rozamiento por metro, sección recta del conducto en h_1 , mm c. a. (gráfico 7)

n = valor para un determinado accesorio.

Fuente: Manual Carrier de Aire Acondicionado

APÉNDICE A-30

Tabla de presión dinámica y velocidad

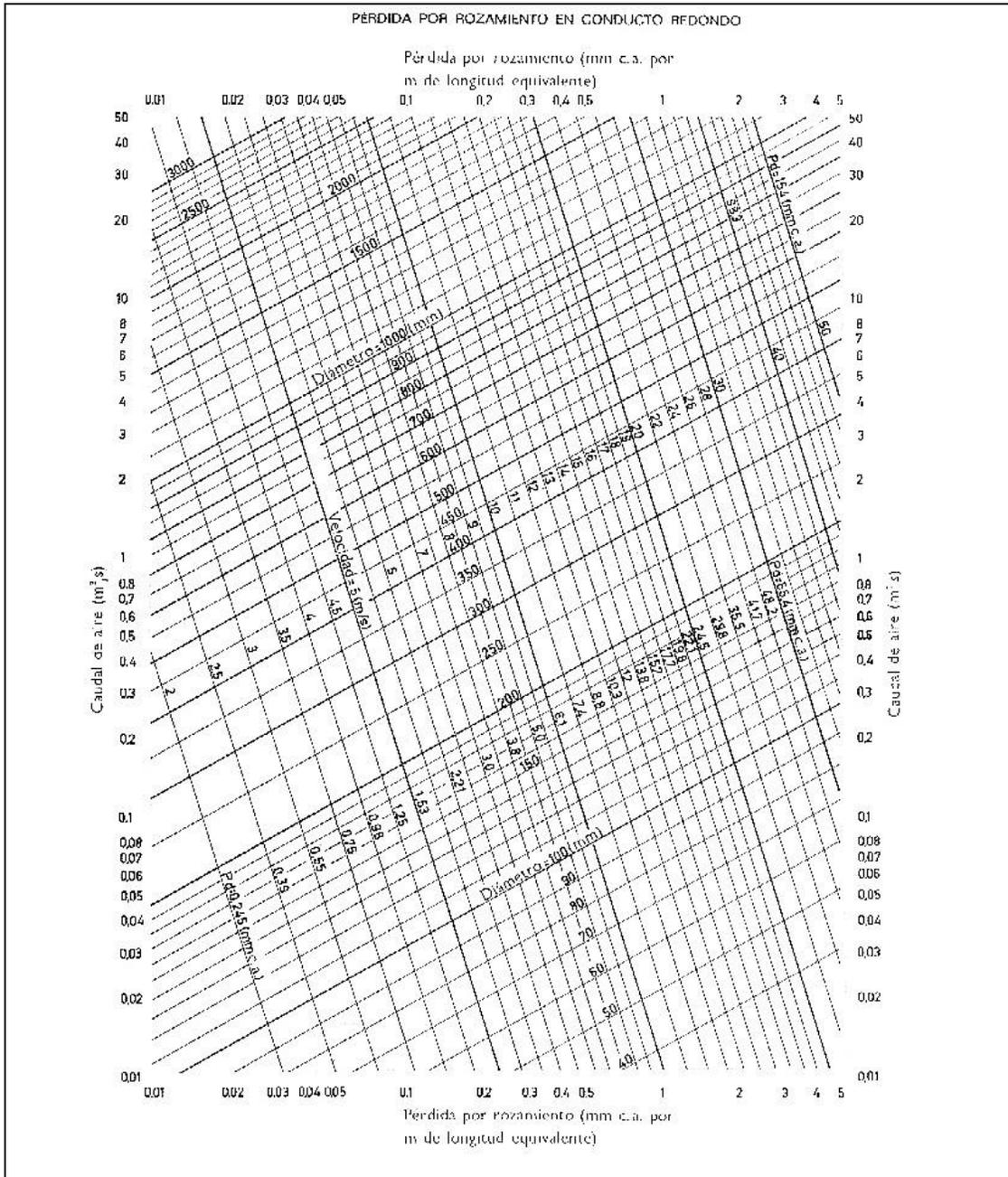
PRESIÓN DINÁMICA (mm c. a.)	VELOCIDAD (m/s)	PRESIÓN DINÁMICA (mm c. a.)	VELOCIDAD (m/s)	PRESIÓN DINÁMICA (mm c. a.)	VELOCIDAD (m/s)	PRESIÓN DINÁMICA (mm c. a.)	VELOCIDAD (m/s)
0,25	2	0,75	11,83	17,26	16,60	28	21,16
0,60	2,82	9	12	17,50	16,73	29	21,54
0,75	3,46	9,25	12,18	17,76	16,85	30	21,90
1	4	9,60	12,32	18	16,97	31	22,27
1,25	4,47	9,75	12,49	18,25	17,08	32	22,62
1,50	4,89	10	12,64	18,50	17,20	33	22,97
1,75	5,29	10,25	12,80	18,75	17,32	34	23,32
2	5,65	10,50	12,96	19	17,43	35	23,66
2,25	6	10,75	13,11	19,25	17,55	36	24
2,50	6,32	11	13,26	19,50	17,66	37	24,33
2,75	6,63	11,25	13,41	19,75	17,77	38	24,66
3	6,92	11,50	13,56	20	17,88	39	24,98
3,25	7,21	11,75	13,71	20,25	18	40	25,29
3,50	7,48	12	13,85	20,50	18,11	41	25,61
3,75	7,74	12,25	14	20,75	18,22	42	25,92
4	8	12,50	14,14	21	18,33	43	26,22
4,25	8,24	12,75	14,28	21,25	18,43	44	26,53
4,50	8,48	13	14,42	21,50	18,54	45	26,83
4,75	8,71	13,25	14,56	21,75	18,65	46	27,12
5	8,94	13,50	14,69	22	18,76	47	27,42
5,25	9,16	13,75	14,83	22,25	18,86	48	27,71
5,50	9,38	14	14,96	22,50	18,97	49	28
5,75	9,59	14,25	15,09	22,75	19,07	50	28,28
6	9,79	14,50	15,23	23	19,18	51	28,56
6,25	10	14,75	15,38	23,25	19,30	52	28,84
6,50	10,19	15	15,49	23,50	19,39	53	29,12
6,75	10,39	15,25	15,62	23,75	19,49	54	29,39
7	10,58	15,50	15,74	24	19,68	55	29,66
7,25	10,77	15,75	15,87	24,25	19,88	56	29,93
7,50	10,95	16	16	24,50	19,70	57	30,19
7,75	11,13	16,25	16,12	24,75	19,89	58	30,46
8	11,31	16,50	16,24	25	20	59	30,72
8,25	11,48	16,75	16,37	26	20,39	60	30,98
8,50	11,66	17	16,49	27	20,78		

NOTAS: 1. Condiciones aire normal (760 mm Hg y 21° C).
 2. Valores deducidos de la siguiente ecuación: $h_v = \frac{V^2}{4}$ donde: V = velocidad en m/s.
 h_v = diferencia de presión dinámica.

Fuente: Manual Carrier de Aire Acondicionado

APÉNDICE A-31

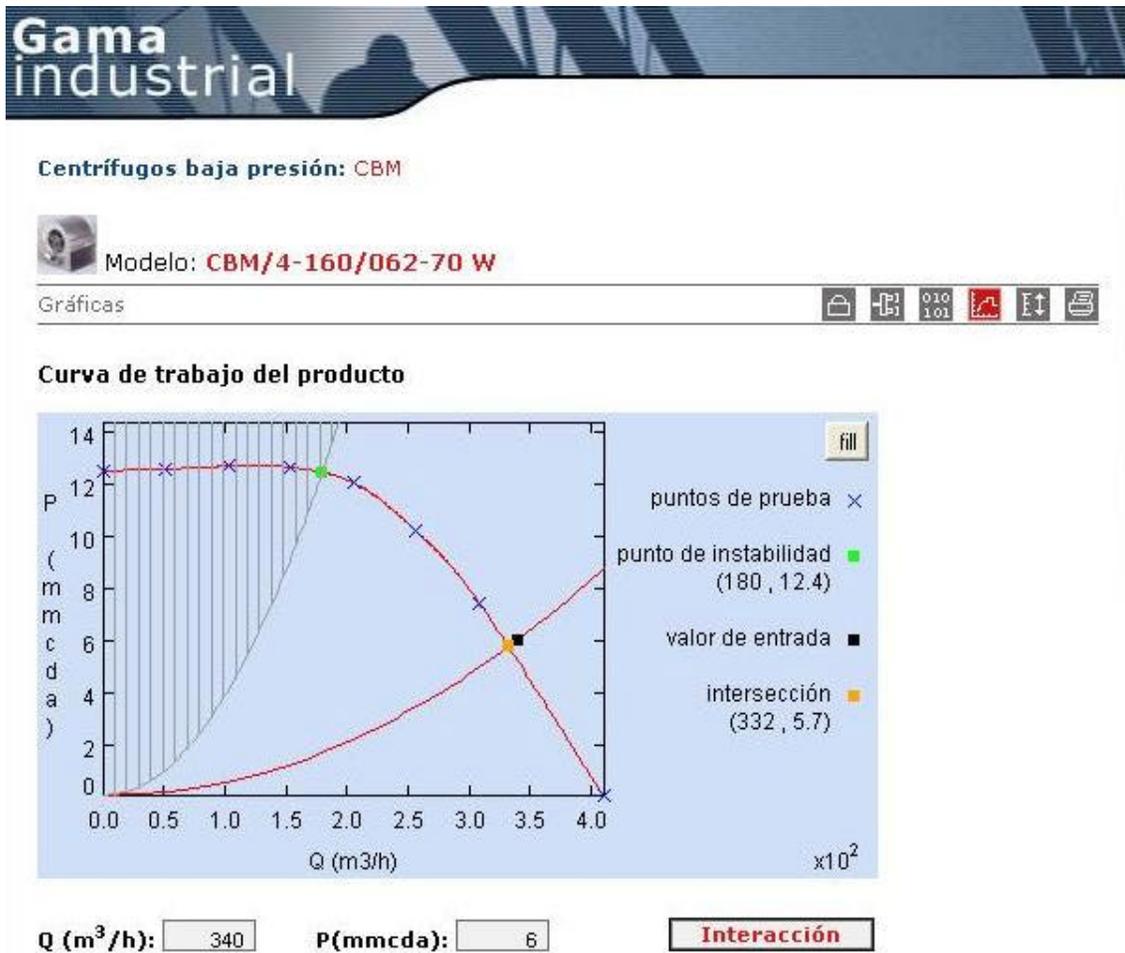
Pérdida por fricción en conducto redondo



Fuente: Manual Carrier de Aire Acondicionado

APÉNDICE A-32

Curva de trabajo del ventilador seleccionado



Fuente: Catálogo electrónico Soler-Palau.

APÉNDICE A-33

Especificaciones del ventilador seleccionado

CENTRIFUGOS DE BAJA PRESION CON MOTOR INCORPORADO

Serie CBM pequeña





NOVEDAD

Descripción

Gama de ventiladores centrifugos de baja presión, simple y doble oído, con turbinas de alas inclinadas hacia delante y con motores eléctricos monofásicos de rotor exterior de 2, 4 o 6 polos. La gama incorpora 14 modelos que cubren un margen de caudales comprendido entre 250 hasta 1330 m³/h.

Aplicaciones

Ventiladores incorporables en equipos de climatización y de tratamiento de aire, así como en cajas de ventilación.



- SIMPLE Y DOBLE OIDO
- PRESTACIONES ELEVADAS
- DIMENSIONES REDUCIDAS

Construcción

Carcasa

Voluta de simple o doble oído en chapa de acero galvanizado formadas por dos laterales soldados por puntos a una envolvente curva.

Redete

De tipo centrifugo de alabes hacia delante, contruados en acero galvanizado y montado directamente en el rotor del motor.

Motores

Motores asincronicos de rotor exterior:

- Monofásicos 120V 50Hz
- IP44, clase B
- Protección térmica con rearme automático
- Rodamientos de bolas de engrase permanente
- Regulables en torsión

Características técnicas

Tipo	Velocidad media (r.p.m.)	Potencia (W)	Condensador (µF/V)	Intensidad máxima absorbida 120/1/150 (A)	Caudal máximo (m ³ /h)	Nivel de presión sonora* a 1,5 m (dB(A))	Límites temperatura del aire (°C)	Peso (kg)
SIMPLE OIDO DE 2 POLOS								
CBM/2-133/046-90 W	2500	90	2/400	0,4	250	61	-15/+70	1,8
CBM/2-133/062-100 W	2300	100	2/400	0,43	300	60	-15/+40	1,9
CBM/2-140/069-100 W	2000	100	2/400	0,48	380	61	-15/+40	2,6
CBM/2-140/069-155 W	2500	155	5/400	0,7	500	62,5	-15/+70	3,4
CBM/2-160/062-260 W	2650	260	6/400	1,1	610	65	-15/+40	4,0
SIMPLE OIDO DE 4 POLOS								
CBM/4-160/062-70 W	1400	70	2,5/400	0,33	420	57,5	-15/+60	3,0
CBM/4-180/075-115 W	1390	115	3/400	0,57	640	61,5	-15/+65	3,5
CBM/4-180/092-160 W	1380	160	4/400	0,81	1000	59,5	-15/+40	6,5
DOBLE OIDO DE 2 POLOS								
CBM/2-133/190-185 W	2500	185	5/400	0,81	700	60	-15/+45	3,5
CBM/2-146/180-220 W	2400	220	5/400	1,01	880	59,5	-15/+35	4,1
DOBLE OIDO DE 4 POLOS								
CBM/4-133/190-70 W	1350	70	2/400	0,32	630	60,5	-15/+65	2,8
CBM/4-160/150-125 W	1200	125	3/400	0,57	790	57	-15/+65	3,7
CBM/4-180/184-150 W	1350	150	5/400	1,08	1330	60	-15/+60	5,0
DOBLE OIDO DE 6 POLOS								
CBM/6-180/184-95 W	900	95	2/400	0,43	580	51	-15/+40	5,0

* Presión sonora en dB(A) medida en campo libre, a 1,5 metros

168

Fuente: Catálogo electrónico Soler-Palau.

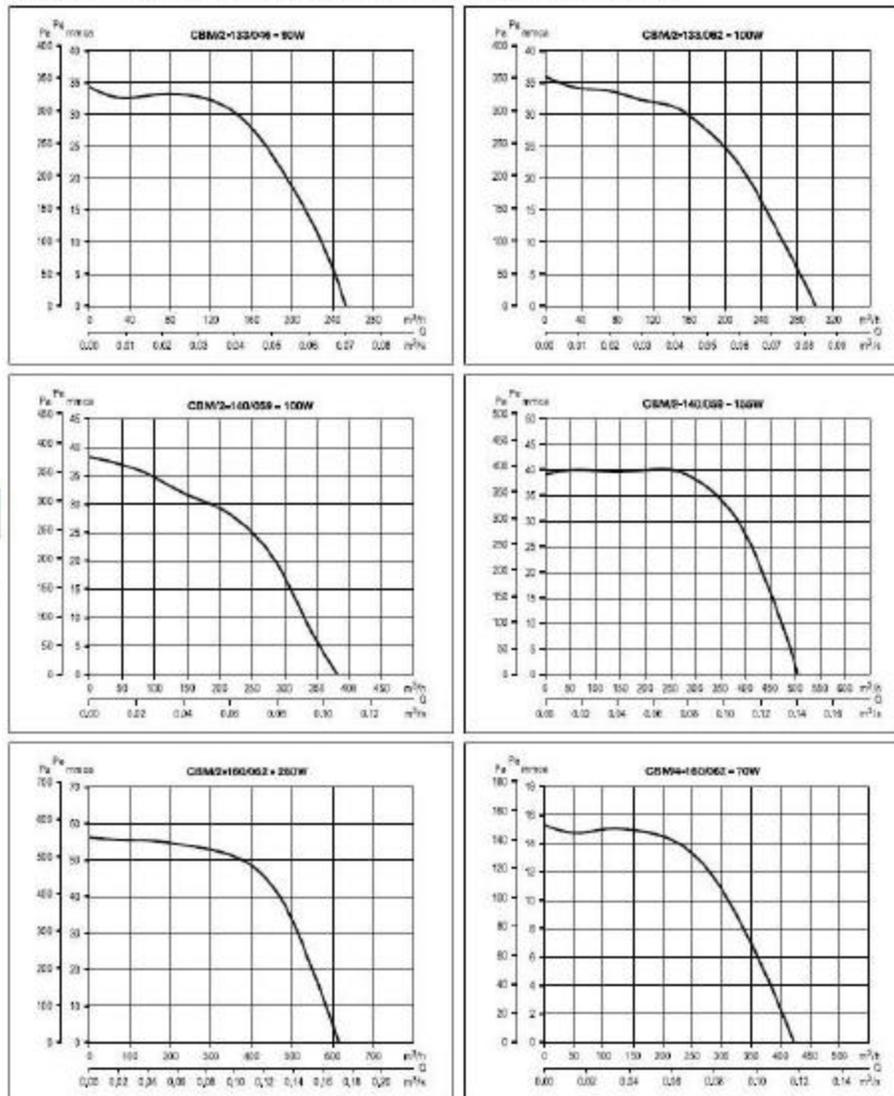
Especificaciones del ventilador seleccionado (continuación)



■ **Curvas características - Serie CBM pequeña**

- Q = Caudal en m³/h y m³/s.
- P₀ = Presión estática en mm c.d.a y Pa.
- Aire seco normal a 20 °C y 760 mm c.d. Hg.
- Ensayos realizados de acuerdo a Normas UNE 100-212-89 BS 848, Part 1; AMCA 210-85 y ASHRAE 51-1065.

Ventiladores centrifugos
CBM



1.70

Fuente: Catálogo electrónico Soler-Palau.

APÉNDICE A-34

Capacidades térmicas específicas de gas ideal

Capacidades térmicas específicas de gas ideal para gases seleccionados, Btu/lb_m °F

1. Capacidades térmicas específicas a presión cero de seis gases comunes, donde $\gamma = c_p/c_v$

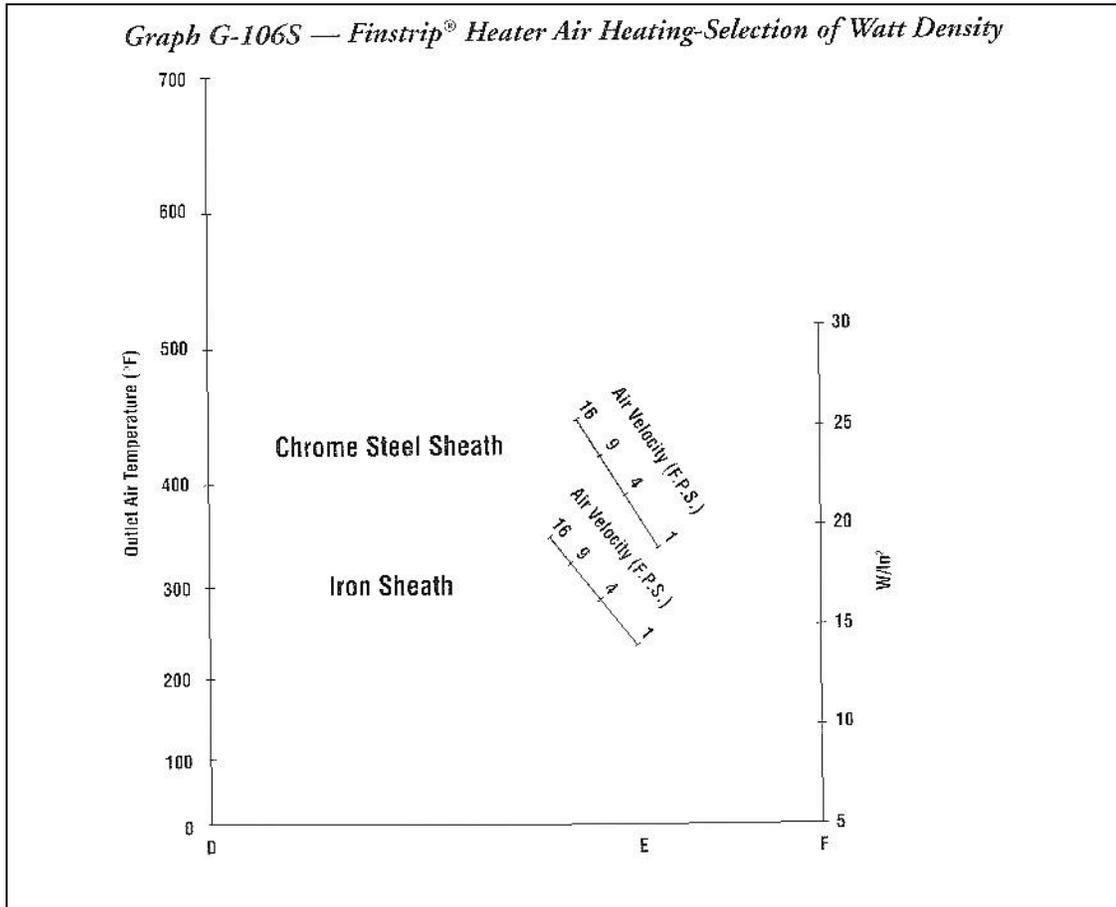
Temp., °F	c_p	c_v	k	c_p	c_v	k	c_p	c_v	k	Temp., °F
	Aire			Dióxido de carbono (CO ₂)			Monóxido de carbono (CO)			
40	0.240	0.171	1.401	0.195	0.150	1.300	0.218	0.177	1.400	40
100	0.240	0.172	1.400	0.205	0.160	1.283	0.219	0.178	1.399	100
200	0.241	0.173	1.397	0.217	0.172	1.267	0.219	0.179	1.397	200
300	0.243	0.174	1.394	0.229	0.184	1.246	0.251	0.180	1.394	300
400	0.245	0.176	1.389	0.239	0.193	1.233	0.253	0.182	1.389	400
500	0.248	0.179	1.383	0.247	0.202	1.223	0.256	0.185	1.384	500
600	0.250	0.182	1.377	0.255	0.210	1.215	0.259	0.188	1.377	600
700	0.254	0.185	1.371	0.262	0.217	1.208	0.262	0.191	1.371	700
800	0.257	0.188	1.365	0.269	0.224	1.202	0.266	0.195	1.364	800
900	0.259	0.191	1.358	0.275	0.230	1.197	0.269	0.198	1.357	900
1,000	0.263	0.195	1.353	0.280	0.235	1.192	0.273	0.202	1.351	1,000
1,500	0.276	0.208	1.330	0.293	0.253	1.178	0.287	0.216	1.328	1,500
2,000	0.286	0.217	1.312	0.312	0.267	1.169	0.297	0.226	1.314	2,000
Temp., °F	Hidrógeno (H ₂)			Nitrógeno (N ₂)			Oxígeno (O ₂)			Temp., °F
	c_p	c_v	k	c_p	c_v	k	c_p	c_v	k	
40	3.397	2.412	1.409	0.218	0.177	1.400	0.219	0.156	1.397	40
100	3.426	2.441	1.404	0.248	0.178	1.399	0.220	0.158	1.394	100
200	3.451	2.466	1.399	0.249	0.178	1.398	0.223	0.161	1.387	200
300	3.461	2.476	1.398	0.250	0.179	1.396	0.226	0.164	1.378	300
400	3.466	2.480	1.397	0.251	0.180	1.395	0.230	0.168	1.368	400
500	3.469	2.484	1.397	0.254	0.183	1.388	0.235	0.173	1.360	500
600	3.473	2.488	1.396	0.256	0.185	1.383	0.239	0.177	1.352	600
700	3.477	2.492	1.395	0.260	0.189	1.377	0.242	0.181	1.344	700
800	3.494	2.509	1.393	0.262	0.191	1.371	0.246	0.184	1.337	800
900	3.502	2.519	1.392	0.265	0.194	1.364	0.249	0.187	1.331	900
1,000	3.513	2.528	1.390	0.269	0.198	1.359	0.252	0.190	1.326	1,000
1,500	3.618	2.633	1.374	0.283	0.212	1.334	0.263	0.201	1.309	1,500
2,000	3.758	2.773	1.355	0.293	0.222	1.319	0.270	0.208	1.298	2,000

FUENTE: Valores adaptados de *Tables of Thermal Properties of Gases*, NBS Circular 564, 1955

Fuente: Wark K. "Termodinámica"

APÉNDICE A-35

Densidad de Potencia por unidad de longitud



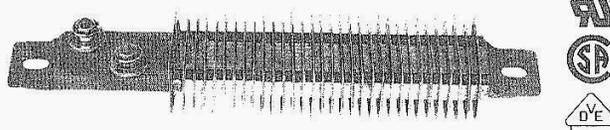
Fuente: Catálogo de productos Chromalox

APÉNDICE A-36

Especificaciones técnicas de las resistencias seleccionadas

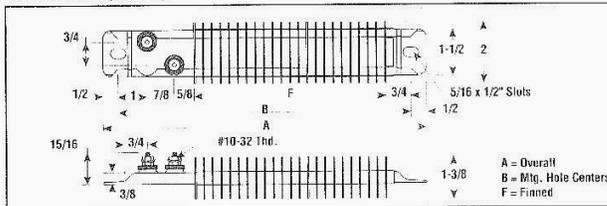
Process Air and Radiant

OTF
Finstrip® Air Heater



- Rust-Resisting Iron or Chrome Steel Sheath
- 250 - 4,150 Watts
- 120 and 240 Volt
- Single Phase
- 225 - 565°F Max. Work Temp.
- 1-1/2" Strip with Fins 2" Wide

Dimensions (Inches)



Applications

- Mount across Air Stream within Forced Air Ducts
- Use in Dryers, Ovens and other Process Air Heating Equipment
- Comfort Heating in Ducts, Load Banks and Humidity Controls
- Many Air Blast and Convection requirements can be accommodated by the wide range of lengths, wattages and watt densities available.

Application & Selection Guidelines

Maximum Work Temperatures — Finstrip® elements can generally be used in the applications above, at maximum temperatures, without exceeding their capability, if properly installed according to instructions packed with heater.

Air Velocity (ft./Sec.)	Max. Outlet Air Temp. (°F)	
	Iron Sheath	Chrome Steel Sheath
Free Air	225	315
16	460	565

Note — Maximum temperatures are based on 15 W/in² density for iron sheath and 20 W/in² density for chrome steel sheath. If elements have a lower watt density, work temperature may be increased; if watt density is higher, work temperature should be lower.

See Allowable Watt Density & Finstrip® Heater Selection Graphs G-107S and G-108S in the Technical section of this catalog.

Specifications and Ordering Information

Watts	W/in ²	Volts	Dimensions (In.)			Model	Stock	PCN	Wt. (Lbs.)
			A	B	F				
Chrome Steel Sheath — for Max. Sheath Temp. to 950° F									
250	11	120	10-1/2	9-1/2	6-1/4	OTF-10	S	128004	2
350	15	120	10-1/2	9-1/2	6-1/4	OTF-10	S	128012	2
600	26	120	10-1/2	9-1/2	6-1/4	OTF-10	S	128020	2
250	11	240	10-1/2	9-1/2	6-1/4	OTF-10	S	128039	2
350	15	240	10-1/2	9-1/2	6-1/4	OTF-10	S	128047	2
600	26	240	10-1/2	9-1/2	6-1/4	OTF-10	S	128055	2
500	18	120	12	11	7-3/4	OTF-12	S	128063	2
750	27	120	12	11	7-3/4	OTF-12	S	128071	2
250	9	240	12	11	7-3/4	OTF-12	S	128080	2
500	18	240	12	11	7-3/4	OTF-12	S	128098	2
750	27	240	12	11	7-3/4	OTF-12	S	128100	2
900	24	120	14	13	9-3/4	OTF-14	S	128119	2
500	13	240	14	13	9-3/4	OTF-14	S	128127	2
900	24	240	14	13	9-3/4	OTF-14	S	128135	2
325	8	120	15-1/4	14-1/4	11	OTF-15	S	128143	3
1,000	25	120	15-1/4	14-1/4	11	OTF-15	S	128151	3
1,000	25	240	15-1/4	14-1/4	11	OTF-15	S	128160	3
500	10	120	17-7/8	16-7/8	13-5/8	OTF-18	S	128178	3
1,000	20	120	17-7/8	16-7/8	13-5/8	OTF-18	S	128186	3
1,300	26	120	17-7/8	16-7/8	13-5/8	OTF-18	S	128194	3
500	10	240	17-7/8	16-7/8	13-5/8	OTF-18	S	128207	3
1,000	20	240	17-7/8	16-7/8	13-5/8	OTF-18	S	128215	3
1,300	26	240	17-7/8	16-7/8	13-5/8	OTF-18	S	128223	3
1,000	17	240	19-1/2	18-1/2	15-1/4	OTF-19	S	128240	3
1,500	26	120	19-1/2	18-1/2	15-1/4	OTF-19	S	128231	3
1,500	26	240	19-1/2	18-1/2	15-1/4	OTF-19	S	128258	3
1,000	16	240	21	20	16-3/4	OTF-21	S	128266	3
1,550	26	240	21	20	16-3/4	OTF-21	S	128274	3
750	10	240	23-3/4	22-3/4	19-1/2	OTF-24	S	128282	4
1,000	14	240	23-3/4	22-3/4	19-1/2	OTF-24	S	128290	4
1,800	25	240	23-3/4	22-3/4	19-1/2	OTF-24	S	128303	4
1,250	16	240	25-1/2	24-1/2	21-1/4	OTF-25	NS	128602	4
2,000	26	240	25-1/2	24-1/2	21-1/4	OTF-25	S	128610	4
700	8	120	26-3/4	25-3/4	22-1/2	OTF-26	NS	128629	4
700	8	240	26-3/4	25-3/4	22-1/2	OTF-26	NS	128637	4
1,350	16	240	26-3/4	25-3/4	22-1/2	OTF-26	S	128645	4
2,000	24	240	26-3/4	25-3/4	22-1/2	OTF-26	NS	128653	4
1,500	16	240	30-1/2	29-3/8	25-1/4	OTF-30	S	128952	4
2,350	25	240	30-1/2	29-3/8	25-1/4	OTF-30	S	128670	4
1,000	9	240	35-7/8	34-7/8	30-5/8	OTF-36	S	128688	5
1,800	16	240	35-7/8	34-7/8	30-5/8	OTF-36	NS	128696	5
2,850	26	240	35-7/8	34-7/8	30-5/8	OTF-36	NS	128709	5
2,000	16	240	38-1/2	37-5/8	33-1/4	OTF-38	S	128960	5
3,100	25	120	38-1/2	37-5/8	33-1/4	OTF-38	NS	128717	5
3,100	25	240	38-1/2	37-5/8	33-1/4	OTF-38	S	128725	5
3,450	26	240	42-1/2	41-3/8	37-1/4	OTF-43	S	128733	6

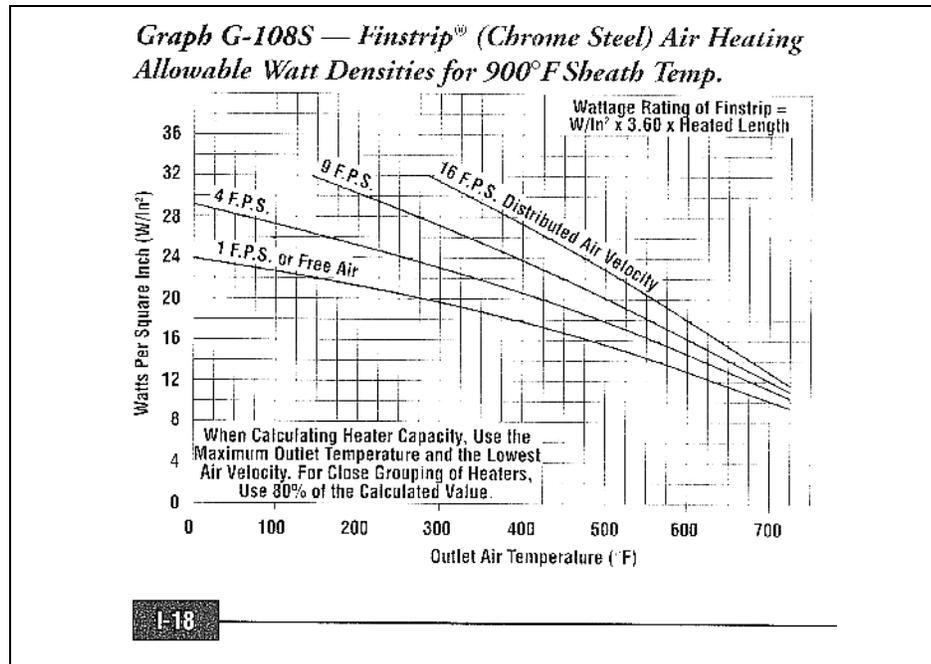
Chromalox®

E-9

Fuente: Catálogo Chromalox

APÉNDICE A-37

Densidad de potencia aceptable para una temperatura superficial de 900°F



Fuente: Catálogo Chromalox

APÉNDICE A-38

Carta psicrométrica

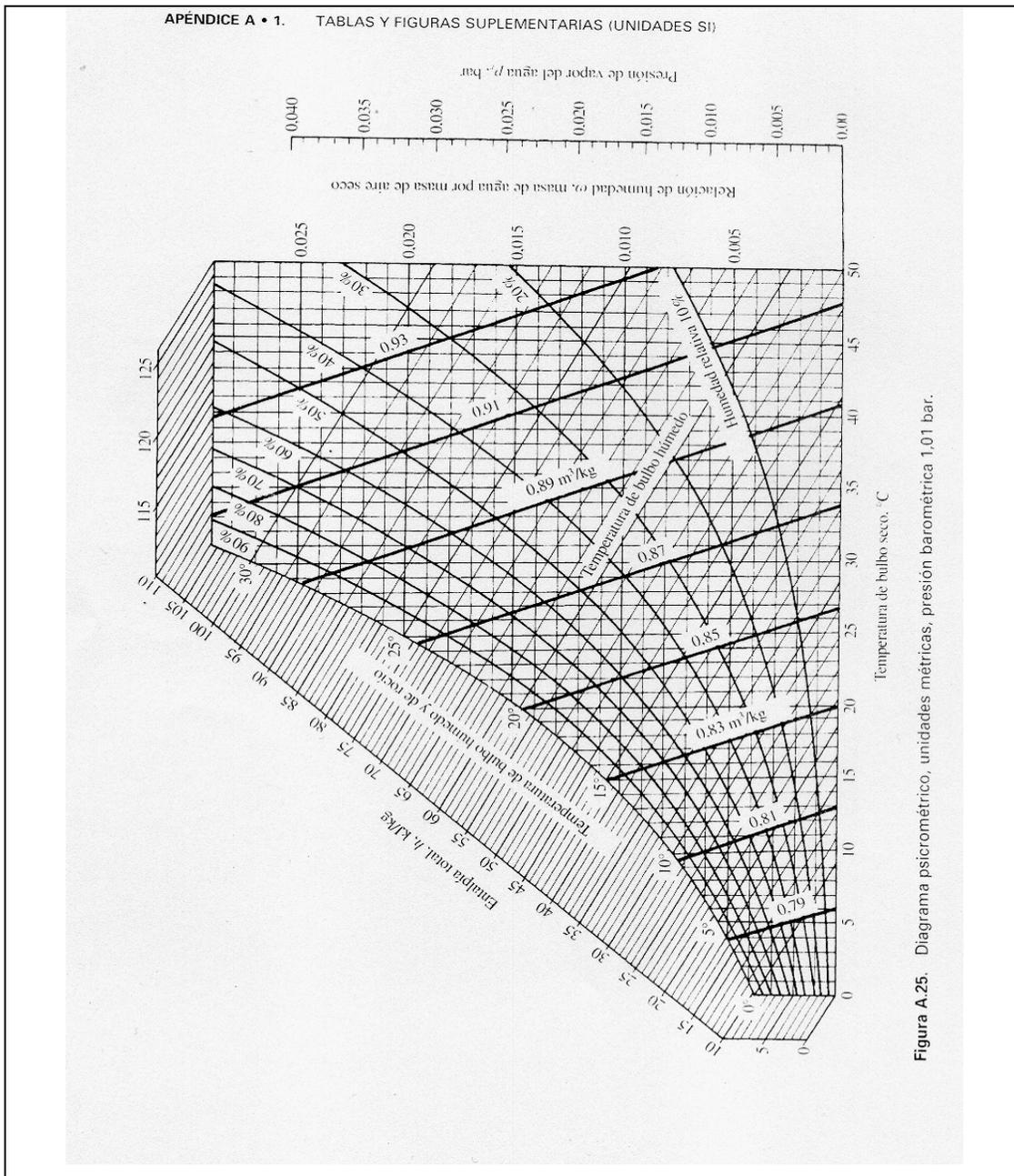


Figura A.25. Diagrama psicrométrico, unidades métricas, presión barométrica 1,01 bar.

Fuente: Wark K. "Termodinámica"

APÉNDICE A-39

Tablas de saturación para el agua

Tabla A.12. Propiedades del agua en saturación, tabla de temperatura

v , m³/kg; u , kJ/kg; h , kJ/kg; s , kJ/(kg · K); 1 bar = 0.1 MPa)

Temp., °C T	Pres., bar P	Volumen específico		Energía interna		Entalpía			Entropía	
		Líquido sat. $v_f \times 10^3$	Vapor sat. v_g	Líquido sat. u_f	Vapor sat. u_g	Líquido sat. h_f	Evap. h_{fg}	Vapor sat. h_g	Líquido sat. s_f	Vapor sat. s_g
0	0,00611	1,0002	206,278	-0,03	2,375,4	-0,02	2,501,4	2,501,3	0,0001	9,1565
4	0,00813	1,0001	187,232	16,77	2,380,9	16,78	2,491,9	2,508,7	0,0610	9,0514
5	0,00872	1,0001	147,120	20,97	2,382,3	20,98	2,489,6	2,510,6	0,0761	9,0287
6	0,00935	1,0001	137,734	25,19	2,383,6	25,20	2,487,2	2,512,4	0,0912	9,0003
8	0,01072	1,0002	120,917	33,59	2,386,4	33,60	2,482,5	2,516,1	0,1212	8,9501
10	0,01228	1,0004	106,379	42,00	2,389,2	42,01	2,477,7	2,519,8	0,1510	8,9008
11	0,01312	1,0004	99,857	46,20	2,390,5	46,20	2,475,4	2,521,6	0,1658	8,8765
12	0,01402	1,0005	93,781	50,41	2,391,9	50,41	2,473,0	2,523,4	0,1806	8,8524
13	0,01497	1,0007	88,124	54,60	2,393,3	54,60	2,470,7	2,525,3	0,1953	8,8285
14	0,01598	1,0008	82,848	58,79	2,394,7	58,80	2,468,3	2,527,1	0,2099	8,8048
15	0,01705	1,0009	77,926	62,99	2,396,1	62,99	2,465,9	2,528,9	0,2245	8,7814
16	0,01818	1,0011	73,333	67,18	2,397,4	67,19	2,463,6	2,530,8	0,2390	8,7582
17	0,01938	1,0012	69,044	71,38	2,398,8	71,38	2,461,2	2,532,6	0,2535	8,7351
18	0,02064	1,0014	65,038	75,57	2,400,2	75,58	2,458,8	2,534,4	0,2679	8,7123
19	0,02198	1,0016	61,293	79,76	2,401,6	79,77	2,456,5	2,536,2	0,2823	8,6897
20	0,02339	1,0018	57,791	83,95	2,402,9	83,96	2,454,1	2,538,1	0,2966	8,6672
21	0,02487	1,0020	54,514	88,14	2,404,3	88,14	2,451,8	2,539,9	0,3109	8,6450
22	0,02645	1,0022	51,447	92,32	2,405,7	92,33	2,449,4	2,541,7	0,3251	8,6229
23	0,02810	1,0024	48,574	96,51	2,407,0	96,52	2,447,0	2,543,5	0,3393	8,6011
24	0,02985	1,0027	45,883	100,70	2,408,4	100,70	2,444,7	2,545,4	0,3534	8,5794
25	0,03169	1,0029	43,360	104,88	2,409,8	104,89	2,442,3	2,547,2	0,3674	8,5580
26	0,03363	1,0032	40,994	109,06	2,411,1	109,07	2,439,9	2,549,0	0,3814	8,5367
27	0,03567	1,0035	38,774	113,25	2,412,5	113,25	2,437,6	2,550,8	0,3954	8,5156
28	0,03782	1,0037	36,690	117,42	2,413,9	117,43	2,435,2	2,552,6	0,4093	8,4946
29	0,04008	1,0040	34,733	121,60	2,415,2	121,61	2,432,8	2,554,5	0,4231	8,4739
30	0,04246	1,0043	32,894	125,78	2,416,6	125,79	2,430,5	2,556,3	0,4369	8,4533
31	0,04496	1,0046	31,165	129,96	2,418,0	129,97	2,428,1	2,558,1	0,4507	8,4329
32	0,04759	1,0050	29,540	134,14	2,419,3	134,15	2,425,7	2,559,9	0,4644	8,4127
33	0,05034	1,0053	28,011	138,32	2,420,7	138,33	2,423,4	2,561,7	0,4781	8,3927
34	0,05324	1,0056	26,571	142,50	2,422,0	142,50	2,421,0	2,563,5	0,4917	8,3728
35	0,05628	1,0060	25,216	146,67	2,423,4	146,68	2,418,6	2,565,3	0,5053	8,3531
36	0,05947	1,0063	23,940	150,85	2,424,7	150,86	2,416,2	2,567,1	0,5188	8,3336
38	0,06632	1,0071	21,602	159,20	2,427,4	159,21	2,411,5	2,570,7	0,5458	8,2950
40	0,07384	1,0078	19,523	167,56	2,430,1	167,57	2,406,7	2,574,3	0,5725	8,2570
45	0,09593	1,0099	15,258	188,44	2,436,8	188,45	2,394,8	2,583,2	0,6387	8,1648

Fuente: Wark K. "Termodinámica".

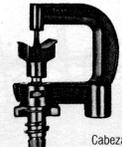
APÉNDICE A-40

Especificaciones técnicas del microaspersor seleccionado

Sistemas de Microaspersión
7110



Tamaño de la boquilla	P		Q		Ø (m)					
	mm	atm	l/h	Inserto pulverizador	Inserto rociador	Inserto rociador de gran alcance y a prueba de insectos	Inserto rociador de medio círculo	Lengüeta giratoria de mediano alcance	Lengüeta giratoria para gran alcance	Rotor invertido
0.8 Negra	1.0	23	1.7	1.8						
	2.0	33	2.0	2.2						
	3.0	41	2.1	2.4						
0.9 Gris	1.0	29	1.9	1.8	1.7					
	2.0	41	2.1	2.3	2.4					
	3.0	50	2.3	2.5	3.2					
1.1 Roja	1.0	43	2.0	2.2	2.4		6.2		7.8	
	2.0	61	2.4	2.6	3.2		7.0		8.5	
	3.0	73	2.6	2.8	3.8		7.6		9.4	
1.3 Verde	1.0	60	2.3	2.5	2.6	2.7	7.5		8.5	
	2.0	87	3.0	2.9	3.6	3.0	8.5		9.4	
	3.0	107	3.2	3.1	3.9	3.2	9.0		10.0	
1.4 Azul	1.0	70	2.5	2.6	2.7	2.8		7.7	8.8	
	2.0	103	3.3	3.1	3.6	3.1		9.4	9.8	
	3.0	124	3.7	3.2	4.0	3.3		9.6	10.2	
1.6 Amarilla	1.0	88	3.0	2.7	2.8	3.1		8.5	9.0	
	2.0	128	3.6	3.0	3.7	3.3		9.6	10.0	
	3.0	159	3.9	3.2	4.0	3.5		10.3	10.5	
1.8 Verde Brillante	1.0	116	3.4	2.7	3.5	3.2		8.8	9.5	
	2.0	166	4.1	3.0	3.8	3.4		10.2	10.4	
	3.0	197	4.4	3.3	4.2	3.6		10.5	11.0	
2.0 Blanca	1.0	138	3.8	2.9	3.5	3.3		8.9	9.6	
	2.0	199	4.4	3.2	3.9	3.5		10.4	11.0	
	3.0	248	5.0	3.4	4.5	3.7		10.6	11.3	
2.3 Marrón	1.0	180	4.3		3.6	3.5		9.0		
	2.0	265	5.4		4.2	3.7		10.6		
	3.0	333	6.0		4.6	4.0		11.0		



Cabezal con boquilla



Base de bayoneta macho de 3/8" BSP



Regulador de caudal



Base de bayoneta hembra de 3/8" BSP

7110 Regulación de caudal

Conjunto para la regulación del caudal.
Reguladores y sus boquillas correspondientes.

Color del Regulador	Caudal descargado en litros/hora	Color correspondiente de boquilla
Gris	40	Roja
Roja	60	Verde
Verde	80	Azul
Azul	100	Amarillo
Amarillo	120	Verde Brillante

Fuente: Catálogo Dan Sprinklers.

APÉNDICE A-41

Características térmicas de materiales comúnmente utilizados y del aire

TABLA No 7

Características térmicas de materiales comunmente utilizados y del Aire

Descripción	C _o	L	D	K	C	R	P	
Ladrillo macizo	A1	4	130	0.75	0.22	0.44	43	
Ladrillo común	B1	4	120	0.42	0.2	0.79	40	
Concreto macizo	C1	4	40	0.10	0.2	3.33	13.3	
	C2	6	40	0.10	0.2	5.00	20	
	C3	8	40	0.10	0.2	6.66	26.7	
Bloque hueco de arcilla	D1	4	70	0.33	0.2	1.01	23	
	D2	8	70	0.33	0.2	2.02	46	
Bloque hueco de concreto, de agregado de arena,grava.	E1	4	61	0.47	0.2	0.71	20	
	E2	8	61	0.60	0.2	1.11	40	
Madera	F1	1	37	0.067	0.6	1.19	3.1	
	F2	2	37	0.067	0.6	2,39	6.2	
Friso de cemento y arena	G1	1	116	0.40	0.2	0.208	9.6	
Fieltro asfáltico	H1	3/8	70	0.11	0.4	0.285	2.2	
Escoria metalica o piedra	I1	1/2	55	0.83	0.4	0.05	2.3	
Yeso ó similar	J1	3/4	100	0.42	0.2	0.149	6.2	
Linoleum, vinyl	K1	1/8	80	0.21	0.3	0.08	0.8	
Fibra mineral(aislamiento)	L1	1	5.7	0.025	0.2	3.33	0.47	
<u>AIRE</u>								
Aire quieto	M1	<u>Posición</u> Horizontal		<u>Flujo calor</u> Arriba		0.61		
	M2	Horizontal		Abajo		0.92		
	M3	Vertical		Horizontal		0.68		
Espacio de aire.L=3/4.	N1	Vertical		Horizontal		0.91		
Aire en movimiento.7.5 MPH	O1						0.25	
	O2	↙,7.5 MPH					0.33	

Fuente: Cohen, M. "Apuntes de Aire Acondicionado. Tomo I"

APÉNDICE A-42

Propiedades del acrílico

<u>Tamaños</u>	
Espeor	desde 1.5, 2.4, 3.2 mm hasta 100 mm
Medidas placas	122 X 244 cm
<u>Propiedades mecánicas</u>	
Densidad	1190 Kg./m ³
Coefficiente de absorción de agua	0.3 a 0.4 %
Modulo E a la tracción	31000 Kg./cm ²
Resistencia a la flexión	1000 Kg./cm ²
Resistencia a la tracción	600 Kg./cm ²
Resistencia a la compresión	700 Kg./cm ²
Resistencia al choque IZOD c/entalladura	2 a 3 Kg.cm/cm ²
Resistencia al choque CHARPY	4 Kg.cm/cm ²
Dureza a la penetración Brinell	2000 Kg./cm ²
Dureza a la penetración Barcoll	45/50
<u>Propiedades térmicas</u>	
Estabilidad dimensional al calor s/Martens	70°C a 80° C
Temperatura del termoformado	160°C a 180 C°
Coefficiente de dilatación lineal	8.0*10 ⁻⁵ 1/C°
Conductibilidad térmica	6.0*10 ⁻⁴ Cal/s.cm ² C°/cm
<u>Propiedades eléctricas</u>	
Rigidez dieléctrica	14 MV/m
Resistividad transversal	1.0*10 ¹⁵ Ohm.cm
<u>Propiedades ópticas</u>	
Índice de refracción	1.49
Transp. en el espectro visible	92%

Fuente: www.acrilicos.com.ar

APÉNDICE A-43

Catálogo de láminas de acrílico

Acrílicos

PLASTIGLAS

Sus principales características son:

RESISTENCIA A LA INTEMPERIE: No presenta cambios significativos en color y apariencia.

TRANSMISION DE LUZ: Es visible en 92% con relacion al vidrio.

RESISTENCIA AL IMPACTO: Soporta impactos 6 veces más fuertes que el vidrio.

AISLAMIENTO ELECTRICO: Buen aislante y resiste el paso de la corriente.

PROPIEDADES TERMICAS: 20% mejor aislante que el vidrio.

LIGEREZA: 50% más ligero que el vidrio y 43% más ligero que el aluminio.

FLAMABILIDAD: Combustion lenta.

DUREZA: Similar al cobre y al laton.

Manejamos dos líneas de Acrílicos: Lisos y **Decorados** Artesanales pintados a mano

med.	medida	espesor	línea	stal Cristal
A99	0.81 x 1.83 m.	3 mm	Comercial	
A1	0.93 x 1.83 m.	3 mm	Comercial	
A4	1.22 x 1.83 m.	3 mm	Comercial	
A31	1.22 x 1.83 m.	5 mm	Comercial	
A33	1.22 x 1.83 m.	6 mm	Comercial	
A102	1.20 x 1.80 m.	10 mm	Comercial	
A104	1.22 x 1.83 m.	4 mm	Comercial	
A10	1.22 x 1.83 m.	8 mm	Comercial	
A96	1.22 x 1.83 m.	24 mm	Comercial	
A90	1.22 x 1.83 m.	9 mm	Comercial	
A78	1.22 x 1.83 m.	12 mm	Comercial	
A95	1.22 x 1.83 m.	1.5mm	Comercial	
A36	1.83 x 1.83 m.	3 mm	Comercial	
A39	2.44 x 1.22 m.	3 mm	Comercial	
A86	2.44 x 1.22 m.	6 mm	Comercial	
A48	2.44 x 1.83 m.	3 mm	Comercial	
A89	2.44 x 1.83 m.	4 mm	Comercial	
A67	2.44 x 1.83 m.	5 mm	Comercial	
A69	2.44 x 1.83 m.	6 mm	Comercial	
A103	2.40 x 1.20 m.	10 mm	Comercial	
A105	2.44 x 1.83 m.	9 mm	Comercial	
A27	1.22 x 1.83 m.	3 mm	Impacta	
A44	2.44 x 1.22 m.	3 mm	Impacta	
A63	2.44 x 1.83 m.	3 mm	Impacta	
A93	2.44 x 1.22 m.	3 mm	Comercial	
A80	2.44 x 1.22 m.	3mm	Comercial	
A82	2.44 x 1.22 m.	3mm	Comercial	
A109	2.44 x 1.22 m.	3 mm	Comercial	

Fuente: www.servicios-activos.com

APÉNDICE A-44

Especificaciones técnicas del Controlador Lógico Programable seleccionado

Capítulo 3: Control Industrial

Zelio Logic Relés Inteligentes



Bloques Función

- 8 Temporizadores de ocho tipos diferentes, Flanco o valor, bases de tiempo en rangos desde 1/10 Seg. Hasta 100 Hrs.
- 8 Contadores de cuatro dígitos (0 a 999V).
- 8 Comparadores Analógicos para 7 tipos de comparación.
- 4 Reloj de tiempo real, con 4 rangos de ajuste de tiempo, con sumario gráfico de la configuración.
- 15 Relés Auxiliares
- Diversidad de funciones de Bobinas, Memorización (Set/Reset), Switch remoto, normal.

Ajustes de Parámetros

- Este modo permite al usuario ajuste de la pantalla y modificar los valores de preselección de varios bloques Función (E).
Números de partes a ser contadas
- Este modo es posible mientras la operación continua (Modo Run).
- El Zelio Logic Permite mostrar hasta 4 parámetros en una misma pantalla.

Función de Diagnóstico

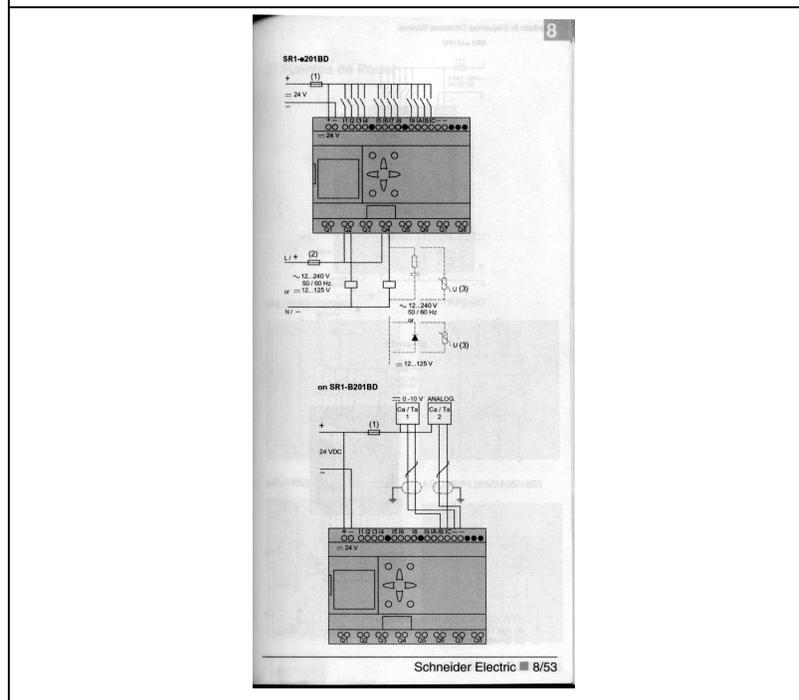
- Esta Función es Accesible cuando el modulo Zelio Logic esta en operación.
- Desde la pantalla principal puedes verse inmediatamente el estado de las Entradas/ Salidas en Video Inverso. En la pantalla de Programación puede verse todos los elementos Activo o inactivos del diagrama de comandos.

Características Generales

- Disponible en 6 lenguajes (Ingles, Espanol, Frances, Aleman, Italiano y Portugues)
- Compatibilidad con sensores de 3 Hilos.
- Posibilidad para configurar el tiempo de adquisición de las entradas.
- Capacidad para programar un mínimo de 60 Líneas de Diagrama de comandos.
- Una línea de Programación posee 3 elementos de Comparación y uno de acción o 3 elementos de comparación y un bloque función.
- Posibilidad de configurar las 4 teclas navegadoras, conocidas como "Las 4 Teclas Z", como pulsadores.
- Externo resguardo en computador o en remisible EEPROM (Opcional).
- Posibilidad de mostrar pequeños mensajes en la pantalla (Dialogo hombre maquina)

3/110 ■ Schneider Electric

Schneider Electric ■ 3/111



Fuente: Myce 2002 Schneider Electric

APÉNDICE A-45

Especificaciones técnicas de la termocupla seleccionada

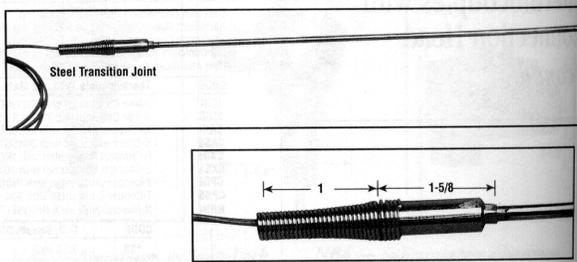
Controls

TJ PROBES

Steel Joint Transition

- 12, 18 and 24" Lengths Standard For Different Length, Remove 12 from Model Number and Insert Desired Length
- 304 SS or INCONEL® Sheath
- Stripped Lead Wire Termination
- 36-120" Teflon® Coated Stranded Lead Wire: 20 AWG for 1/4 and 3/16" O.D., 24 AWG for 1/8 and 1/16" O.D. Probes. Rated 400-450°F. Higher Temp Lead Wire Available
- Available with PFA Teflon® Coating

Dimensions (Inches)



U. S. and International Patents

Description

The Heavy Duty Transition Joint Probes offer convenient termination to Teflon® coated lead wire. The transition joint is 1-5/8" long, with a 1" spring for strain relief. The joint diameter is 1/4" for 1/16 and 1/8" dia. probes; 3/8" for 3/16 and 1/4" dia. probes. The measuring tip is limited only by thermocouple type and sheath material. Stainless steel sheaths have a maximum temperature of 1650°F (898°C) with INCONEL® 600 rated to 2100°F (1148°C).

Teflon® is a registered trademark of DuPont.

Ordering Information – TJ

CODE	Assembly Type
TJ36	304SS Steel Transition Joint with 36 Inch Leadwire
TJ60	304SS Steel Transition Joint with 60 Inch Leadwire
TJ72	304SS Steel Transition Joint with 72 Inch Leadwire
TJ120	304SS Steel Transition Joint with 120 Inch Leadwire

CODE	Thermocouple Type and Material
ICIN	J-Iron Constantan with INCONEL® Sheath
ICSS	J-Iron Constantan with 304SS Sheath
CAIN	K-Chromel Alumel with INCONEL® Sheath
CASS	K-Chromel Alumel with 304SS Sheath
CXIN	E-Chromel Constantan with INCONEL® Sheath
CXSS	E-Chromel Constantan with 304SS Sheath
CPIN	T-Copper Constantan with INCONEL® Sheath
CPSS	T-Copper Constantan with 304SS Sheath
NNIN	N-Nicrosil-NISL with INCONEL® Sheath

CODE	O. D. Sheath Dimensions
116	1/16 Inch
18	1/8 Inch
316	3/16 Inch
14	1/4 Inch

CODE	Junction Type
G	Grounded
U	Ungrounded
E	Exposed

CODE	Probe Length
--/C	Is the Number of Inches (2 Inch Minimum)

TJ36-	ICSS-	116-	U-	12/C	Typical Model Number
-------	-------	------	----	------	----------------------

Stock items and Compatible Compression fittings on next page.

H-198
Chromalox®

Fuente: Catálogo Chromalox

APÉNDICE A-45

Especificaciones técnicas de la termocupla seleccionada (continuación)

Controls

TJ PROBES

Steel Joint or Molded Transition
(cont'd.)

*Stock TJs with Compatible Compression Fittings (SSLK)**

Model	PCN	1/8 NPT Compression Fitting	PCN	1/4 NPT Compression Fitting	PCN
TJ36-ICSS-116G-12/C	327054	SSLK-116-18/C	NS		
TJ36-ICSS-116U-12/C	327062	SSLK-116-18/C	NS		
TJ36-ICSS-18U-6/C	308259	SSLK-18-18-TEFLON/C	308718	SSLK-18-14-TEFLON/C	308726
TJ36-ICSS-18G-12/C	327070	SSLK-18-18-TEFLON/C	308718	SSLK-18-14-TEFLON/C	308726
TJ36-ICSS-18U-12/C	308267	SSLK-18-18-TEFLON/C	308718	SSLK-18-14-TEFLON/C	308726
TJ36-ICSS-18U-18/C	308275	SSLK-18-18-TEFLON/C	308718	SSLK-18-14-TEFLON/C	308726
TJ36-ICSS-316U-6/C	308283	SSLK-316-18-TEFLON/C	308734	SSLK-316-14-TEFLON/C	308742
TJ36-ICSS-316U-12/C	308291	SSLK-316-18-TEFLON/C	308734	SSLK-316-14-TEFLON/C	308742
TJ36-ICSS-316U-18/C	308304	SSLK-316-18-TEFLON/C	308734	SSLK-316-14-TEFLON/C	308742
TJ36-ICSS-14U-6/C	308312	SSLK-14-18-TEFLON/C	308750	SSLK-14-14-TEFLON/C	308769
TJ36-ICSS-14U-12/C	308320	SSLK-14-18-TEFLON/C	308750	SSLK-14-14-TEFLON/C	308769
TJ36-ICSS-14U-18/C	308339	SSLK-14-18-TEFLON/C	308750	SSLK-14-14-TEFLON/C	308769
TJ36-CASS-18U-6/C	308400	SSLK-18-18-TEFLON/C	308718	SSLK-18-14-TEFLON/C	308726
TJ36-CASS-18G-12/C	327089	SSLK-18-18-TEFLON/C	308718	SSLK-18-14-TEFLON/C	308726
TJ36-CASS-18U-12/C	308419	SSLK-18-18-TEFLON/C	308718	SSLK-18-14-TEFLON/C	308726
TJ36-CASS-18U-18/C	308427	SSLK-18-18-TEFLON/C	308718	SSLK-18-14-TEFLON/C	308726
TJ36-CASS-316U-6/C	308435	SSLK-316-18-TEFLON/C	308734	SSLK-316-14-TEFLON/C	308742
TJ36-CASS-316U-12/C	308443	SSLK-316-18-TEFLON/C	308734	SSLK-316-14-TEFLON/C	308742
TJ36-CASS-316U-18/C	308451	SSLK-316-18-TEFLON/C	308734	SSLK-316-14-TEFLON/C	308742
TJ36-CASS-14U-6/C	308460	SSLK-14-18-TEFLON/C	308750	SSLK-14-14-TEFLON/C	308769
TJ36-CASS-14G-12/C	327097	SSLK-14-18-TEFLON/C	308750	SSLK-14-14-TEFLON/C	308769
TJ36-CASS-14U-12/C	308478	SSLK-14-18-TEFLON/C	308750	SSLK-14-14-TEFLON/C	308769
TJ36-CASS-14U-18/C	308486	SSLK-14-18-TEFLON/C	308750	SSLK-14-14-TEFLON/C	308769
TJ120-ICSS-18U-6-GG/C (C700JU)	293544	SSLK-18-18-TEFLON/C	308718	SSLK-18-14-TEFLON/C	308726
TJ120-ICSS-18U-6-GG/C (C700JUA)**	309980	SSLK-18-18-TEFLON/C	308718	SSLK-18-14-TEFLON/C	308726
TJ120-CASS-18U-6-GG/C (C700KU)	293552	SSLK-18-18-TEFLON/C	308718	SSLK-18-14-TEFLON/C	308726
TJ120-CASS-18U-6-GG/C (C700KUA)**	309972	SSLK-18-18-TEFLON/C	308718	SSLK-18-14-TEFLON/C	308726

*For details on SSLK Compression Fitting below.
**No Transition on 309980 and 309972

Compression Fittings

- For TJ and PR Sensors
- Ferrule Design for Positive Pressure Seal
- Fits Probe Diameters from 1/16" to 1/2"
- Heavy Duty Brass or Stainless Steel Construction

Ordering Information — Compression Fittings¹

Probe Diameter	Fitting Size	Model
1/16"	1/16"	SSLK-116-116/C
1/16"	1/8"	SSLK-116-18/C
1/8"	1/8"	SSLK-18-18/C
1/8"	1/4"	SSLK-18-14/C
3/16"	1/8"	SSLK-316-18/C
3/16"	1/4"	SSLK-316-14/C
1/4"	1/8"	SSLK-14-18/C
1/4"	1/4"	SSLK-14-14/C
5/16"	1/4"	SSLK-516-14/C
3/8"	1/4"	SSLK-38-14/C
3/8"	3/8"	SSLK-38-38/C
3/8"	1/2"	SSLK-38-12/C
1/2"	1/2"	SSLK-12-12/C

1. Fittings have metal ferrules and are non-adjustable. Adjustable Teflon models are available and in stock.

In Stock:

Model	PCN
SSLK-18-18-TEFLON/C	308718
SSLK-18-14-TEFLON/C	308726
SSLK-316-18-TEFLON/C	308734
SSLK-316-14-TEFLON/C	308742
SSLK-14-18-TEFLON/C	308750
SSLK-14-14-TEFLON/C	308769
SSLK-18-18/C	277405

Chromalox® H-199

Fuente: Catálogo Chromalox

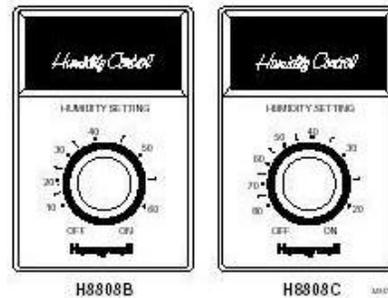
APÉNDICE A-46

Especificaciones técnicas del humidostato seleccionado



**H8808B Humidistat
H8808C Dehumidistat**

The H8808B Humidistat and H8808C Dehumidistat (humidity controllers) provide automatic low voltage control of humidifiers and dehumidifiers, respectively, in central heating and cooling systems. They have a spst, snap-acting, dust-proof switch.



- H8808B makes circuit on humidity fall.
- H8808C makes circuit on humidity rise.
- Models styled in the Honeywell Chronotherm® III tradition complement any decor.
- Spst, snap-acting, dust-proof switch.
- Positive ON and OFF settings.
- Twelve-inch ribbon of thin, moisture-sensitive nylon ribbon wound around three bobbins effectively gives optimum control for reliable operation under changing ambient conditions.
- Mounts on wall surface.

Specifications

IMPORTANT: *The specifications given in this publication do not include normal manufacturing tolerances. Therefore, this unit may not exactly match the listed specifications. Also, this product is tested and calibrated under closely controlled conditions, and some minor differences in performance can be expected if those conditions are changed.*

MODELS:

- H8808B1003 Humidistat; beige (makes circuit on humidity fall).
- H8808B1011 Humidistat; Premier White™ (makes circuit on humidity fall).
- H8808C1001 Dehumidistat; beige (makes circuit on humidity rise).
- H8808C1019 Dehumidistat; Premier White™ (makes circuit on humidity rise).

ELECTRICAL RATINGS: 50 VA at 24 Vac pil of duty.

RANGE AND SETPOINT ADJUSTMENT:

- H8808B: Normal operating range from 10 to 60 percent RH. Provided with a positive ON and positive OFF feature.
- H8808C: Normal operating range from 20 to 80 percent. Provided with positive ON and positive OFF feature.

MAXIMUM AMBIENT TEMPERATURE: 125°F (52°C).

SWITCH DIFFERENTIAL: 5 percent RH, nonadjustable.

SENSING ELEMENT: Thin (1 mil), moisture-sensitive nylon ribbon. 12 in. (304.8 mm) ribbon wound around three bobbins.

CASE AND COVER: Impact-resistant polystyrene with brushed metal faceplate and scale plate.

MOUNTING: Mounts on wall in living area. Two mounting anchors and screws included.

WIRING CONNECTIONS: Two male quick-connects on humidity controller. Leadwires with female quick-connects and stripped ends. Two wire nuts included.

DIMENSIONS: See Fig. 1.

Fuente: www.honeywell.com

APÉNDICE A-47

Especificaciones técnicas de la válvula solenoide seleccionada

21/09/2004 10:19 FAX 55 0212 5422702 RIESE Y CIA

SERIES 8210 ASCO

Specifications (English units)

Pipe Size (In.)	Orifice Size (In.)	CV Flow Factor	Operating Pressure Differential (psi)								Max. Fluid Temp. °F		Brass Body			Stainless Steel Body			Wall Rating Class of Coil Insulation	
			Max. AC				Max. DC				AC	DC	Catalog Number	Coast. Ref. No. ②	UL Listing	Catalog Number	Coast. Ref. No. ②	UL Listing	AC	DC
			Air-Inert Gas	Water	Liquid Oil @ 300 SSU	Air-Inert Gas	Water	Liquid Oil @ 300 SSU	AC	DC										
NORMALLY CLOSED (Class of coil when de-energized), NBR Sealing (PA Disc-Holder, except as noted)																				
3/8	3/8	1.5	0	150	175	-	40	40	-	180	150	8210G73	1P	●	8210G36	1P	●	6.1/F	11.6/F	
3/8	5/8	3	0	150	150	-	40	40	-	180	150	8210G93	5D	○	-	-	-	10.1/F	11.6/F	
3/8	5/8	3	5	200	150	135	125	100	100	180	150	8210G1	6D	○	-	-	-	6.1/F	11.6/F	
3/8	5/8	3	5	300	300	300	-	-	-	175	-	8210G6	5D	○	-	-	-	17.1/F	-	
1/2	7/16	2.2	0	150	125	-	40	40	-	180	150	8210G15	2P	●	8210G37	2P	●	6.1/F	11.6/F	
1/2	5/8	4	0	150	150	-	40	40	-	180	150	8210G94	5D	○	-	-	-	10.1/F	11.6/F	
1/2	5/8	4	0	150	150	125	40	40	-	175	150	-	-	-	8210G87	7D	●	17.1/F	11.6/F	
1/2	5/8	4	5	200	150	135	125	100	100	180	150	8210G2	6D	○	-	-	-	6.1/F	11.6/F	
1/2	5/8	4	5	300	300	300	-	-	-	175	-	8210G7	5D	○	-	-	-	17.1/F	-	
1/2	5/8	4	5	300	300	-	300	300	-	180	125	8210G227	5D	○	-	-	-	17.1/F	40.6/H	
3/4	5/8	4.5	0	150	130	125	40	40	-	175	150	-	-	-	8210G98	7D	●	17.1/F	11.6/F	
3/4	3/4	5	5	125	125	125	100	80	75	180	150	8210G9	9D	○	-	-	-	6.1/F	11.6/F	
3/4	3/4	5	0	150	150	-	40	40	-	190	150	8210G95	8D	○	-	-	-	10.1/F	11.6/F	
3/4	3/4	6.5	5	250	150	100	125	125	125	180	150	8210G3	11D	○	-	-	-	6.1/F	11.6/F	
3/4	3/4	6	0	-	-	-	200	180	180	-	-	8210G26	10P	●	-	-	-	-	30.6/H	
3/4	3/4	6	0	350	300	200	-	-	-	200	-	8210G26	40P	●	-	-	-	-	16.1/F	
1	1	13	0	-	-	-	100	100	80	-	-	8210G54	31D	○	8210G88	15D	-	-	30.6/H	
1	1	13	0	150	125	125	-	-	-	180	-	8210G54	31D	○	8210G89	45D	●	18.1/F	-	
1	1	13	5	150	150	100	125	125	125	180	150	8210G4	12D	○	-	-	-	6.1/F	11.6/F	
1	1	13.5	0	300	225	115	-	-	-	200	-	8210G27	42P	●	-	-	-	20.1/F	-	
1	1	13.5	10	300	300	300	-	-	-	175	-	8210G76	3P	○	-	-	-	17.1/F	-	
1 1/4	1 1/8	15	0	-	-	-	100	100	80	-	-	8210B55	32D	○	-	-	-	-	30.6/H	
1 1/4	1 1/8	15	0	150	125	125	-	-	-	180	-	8210G35	43D	○	-	-	-	-	16.1/F	
1 1/4	1 1/8	16	6	150	180	100	125	125	125	180	150	8210G8	16D	○	-	-	-	6.1/F	11.6/F	
1 1/2	1 1/4	22.5	0	-	-	-	100	100	80	-	-	8210B56	33D	○	-	-	-	-	30.6/H	
1 1/2	1 1/4	22.5	0	160	125	125	-	-	-	180	-	8210G36	44D	○	-	-	-	-	16.1/F	
1 1/2	1 1/4	22.5	5	150	150	100	125	125	125	180	150	8210G22	18D	○	-	-	-	6.1/F	11.6/F	
2	1 3/4	43	5	150	125	90	50	50	50	180	150	8210G100	20P	●	-	-	-	6.1/F	11.6/F	
2 1/2	1 3/4	45	5	150	125	90	50	50	50	180	150	8210G101	21P	●	-	-	-	6.1/F	11.6/F	
NORMALLY OPEN (Class of coil when de-energized), NBR Sealing (PA Disc-Holder, except as noted)																				
3/8	5/8	3	0	150	130	125	125	60	180	150	8210G33	23D	●	-	-	-	-	10.1/F	11.6/F	
3/8	5/8	3	5	250	200	250	200	200	180	180	8210G11	35D	●	-	-	-	-	10.1/F	11.6/F	
1/2	5/8	4	0	150	150	125	125	90	180	150	8210G34	23D	●	-	-	-	-	10.1/F	11.6/F	
1/2	5/8	4	0	150	150	100	125	125	80	180	150	-	-	-	8210G30	37D	●	10.1/F	11.6/F	
1/2	5/8	4	5	250	200	250	200	200	180	180	8210G12	39D	●	-	-	-	-	10.1/F	11.6/F	
3/4	3/4	5.5	0	150	150	125	125	90	180	150	8210G35	25D	●	-	-	-	-	10.1/F	11.6/F	
3/4	5/8	3	0	150	150	100	125	125	90	180	150	-	-	-	8210G28	39D	●	10.1/F	11.6/F	
3/4	3/4	6.5	5	-	-	-	250	200	200	-	-	8210C13	24D	●	-	-	-	-	16.8/F	
3/4	3/4	6.5	6	250	200	200	-	-	-	180	-	8210G13	48D	●	-	-	-	18.1/F	-	
1	1	13	0	125	125	125	-	-	-	180	-	8210G57	34D	●	-	-	-	20/F	-	
1	1	13	5	-	-	-	125	125	125	-	-	8210D14	26D	○	-	-	-	-	16.8/F	
1	1	13	6	150	150	125	-	-	-	180	-	8210G14	47D	○	-	-	-	-	16.1/F	
1 1/4	1 1/8	15	0	125	125	125	-	-	-	180	-	8210B58	35D	○	-	-	-	-	20/F	
1 1/4	1 1/8	15	5	-	-	-	125	125	125	-	-	8210D18	28D	○	-	-	-	-	16.8/F	
1 1/4	1 1/8	16	5	150	150	125	-	-	-	180	-	8210G18	49D	○	-	-	-	-	16.1/F	
1 1/2	1 1/4	22.5	0	125	125	125	-	-	-	180	-	8210B59	36D	○	-	-	-	-	20/F	
1 1/2	1 1/4	22.5	5	-	-	-	125	125	125	-	-	8210D32	29D	○	-	-	-	-	16.8/F	
1 1/2	1 1/4	22.5	5	150	150	125	-	-	-	180	-	8210G32	49D	○	-	-	-	-	16.1/F	
2	1 3/4	43	5	-	-	-	125	125	125	-	-	8210I03	30P	●	-	-	-	-	16.8/F	
2	1 3/4	43	5	125	125	125	-	-	-	180	-	8210G103	50P	●	-	-	-	-	16.1/F	
2 1/2	1 3/4	45	5	-	-	-	125	125	125	-	-	8210I04	27P	●	-	-	-	-	16.8/F	
2 1/2	1 3/4	45	5	125	125	125	-	-	-	180	-	8210G104	51P	●	-	-	-	-	16.1/F	

Notes: ① 5 psi on Air, 1 psi on Water
 ② Valve provided with PTFE main disc.
 ③ Valve includes Ultron (S.E. trademark) piston.
 ④ Letter "D" denotes diaphragm construction; "P" denotes piston construction.
 ⑤ Safety Shutoff Valve; ● General Purpose Valve.
 Refer to Engineering Section (Approvals) for details.

⑥ Valves not available with Explosionproof enclosure.
 ⑦ On 50 hertz service, the wall rating for the 8.1" solenoid is 8.1 watts.
 ⑧ AC construction also has PA sealing.
 ⑨ No disc-holder.
 ⑩ Stainless Steel disc-holder.
 † Must have solenoid mounted vertically and upright.

2.10

Fuente: RIESE & CIA

APÉNDICE A-47

Especificaciones técnicas de la válvula solenoide seleccionada

21/09/2004 10:19 FAX 58 0212 5422702 RIESE Y CIA

ASCO® Pilot Operated
 Red-Hat® General Service Solenoid Valves
 Brass or Stainless Steel Bodies
 3/8" to 2 1/2" NPT

NC 
 NO 

2/2
 SERIES
 8210

Features

- Wide range of pressure ratings, sizes, and resilient materials provide long service life and low internal leakage.
- High Flow Valves for liquid, corrosive, and air/inert gas service.
- Industrial applications include:
 - Car wash
 - Laundry equipment
 - Air compressors
 - Industrial water control
 - Pumps

Construction

Valve Parts in Contact with Fluids		
Body	Brass	304/316 Stainless Steel
Seats and Discs	NBR or PTFE	
Disc-Holder	PA	
Core Tube	305 Stainless Steel	
Core and Plugout	430F Stainless Steel	
Springs	302 Stainless Steel	
Standing Coil	Copper	Silver

Electrical

Standard Coil and Class of Insulation	Watt Rating and Power Consumption				Spare Coil Part Number			
	DC Watts	AC			General Purpose		Explosionproof	
		Watts	VA Holding	VA Inrush	AC	DC	AC	DC
F	-	6.1	16	40	238210	-	238214	-
F	11.6	10.1	25	70	238610	238710	238614	238714
F	18.8	16.1	35	180	272610	97617	272614	97617
F	-	17.1	40	93	238610	-	238614	-
F	-	20	43	240	99257	-	99257	-
F	-	20.1	48	240	272610	-	272614	-
H	30.6	-	-	-	-	74073	-	74073
F	40.6	-	-	-	-	238910	-	238914

Standard Voltages: 24, 120, 240, 480 volts AC, 60 Hz (or 110, 220 volts AC, 50 Hz); 6, 12, 24, 120, 240 volts DC. Must be specified when ordering. Other voltages available when required.

Solenoid Enclosures

Standard: Red-Hat II - Watertight, Types 1, 2, 3, 3S, 4, and 4X; Red-Hat - Type I.

Optional: Red-Hat II - Explosionproof and Watertight, Types 3, 3S, 4, 4X, 6, 6P, 7, and 9; Red-Hat - Explosionproof and Watertight, Types 3, 4, 4X, 7, and 9.

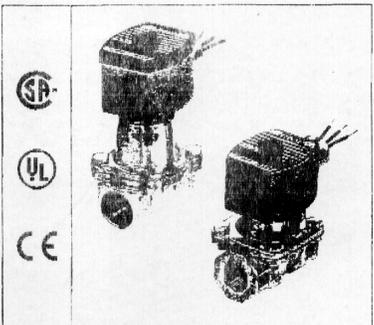
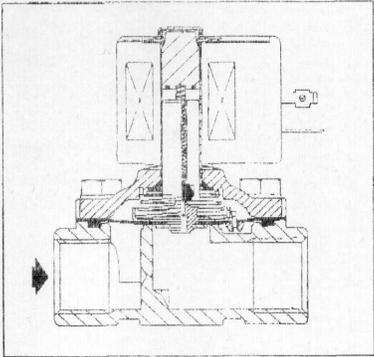
(To order, add prefix "EF" to catalog number, except Catalog Numbers 8210B57, 8210B58, and 8210B59. Valves not available with Explosionproof enclosures.)
 See Optional Features Section for other available options.

Nominal Ambient Temperature Ranges:

Red-Hat II/
 Red-Hat AC: 32°F to 125°F (0°C to 52°C)
 Red-Hat II DC: 32°F to 104°F (0°C to 40°C)
 Red-Hat DC: 32°F to 77°F (0°C to 25°C)
 (104°F/40°C occasionally)

Refer to Engineering Section for details.

Approvals:
 CSA certified, UL listed, as indicated. Red-Hat II meets applicable CE directives.
 Refer to Engineering Section for details.

1/2
 Ju-266000  RIESE & CIA S.A.
 TEL: 541.1311, FAX: 545.2702 Caracas

2.09

Fuente: RIESE & CIA

APÉNDICE A-48

Indicador digital de temperatura -humedad seleccionado

INSTRUCTION MANUAL
DUAL DISPLAY THERMOMETER/HYGROMETER
 Maximum and minimum temperature/humidity records with optional daily reset feature

FEATURES

- Indoor temperature and humidity display at the same time.
- °C or °F range selectable at any time.
- Maximum and Minimum temperature and humidity memory function.
- DAILY reset of maximum and minimum records function with internal clock.
- Temperature measuring range : -10 °C to +50°C (+14°F to +122°F) with 0.1°C(°F) resolution.
- Humidity measuring range : 10 - 99% with 1 % resolution.

INSTALLING AND REPLACING THE BATTERY
 The thermometer uses one 'AAA' size battery (1.5V DC).
 Follow these steps to install or replace the battery:

1. Open the battery cover, below the stand.
2. Insert the battery as indicated by the polarity symbols (+ and -) marked inside the battery compartment.
3. Replace the battery cover.

OPERATION
TEMPERATURE AND HUMIDITY MEASURE
 This unit will measure the temperature and humidity continuously unless the user is setting the clock for daily function. The temperature will be displayed in °C or °F unit. The unit can be selected by switching the °F/°C slide switch at the back of the unit.

DISPLAY

1. The upper and lower display shows temperature and humidity respectively. The user can view the maximum and minimum temperature/humidity records by pressing **MAX/MIN** key. If the current temperature is above or below the measurable range, the HHH or LLL will be shown.
2. When the user set the internal clock, the upper and lower LCD display shows Hour and Minute respectively.

RECALL MAXIMUM AND MINIMUM TEMPERATURE/HUMIDITY RECORDS
 The user can recall the maximum and minimum temperature/humidity records by pressing the **MAX/MIN** key. To reset them, the user can follow these steps:

1. When the current temperature/humidity is displaying, Press the **MAX/MIN** key to view the maximum temperature in the upper LCD display and maximum humidity in the lower LCD display. Press **RESET** key to reset the maximum record to the current temperature/humidity.
2. Press the **MAX/MIN** key again to view the minimum temperature in the upper LCD display and minimum humidity in the lower LCD display. Press **RESET** key to reset the minimum record to the current temperature/humidity.
3. Press the **MAX/MIN** key again, the current temperature and humidity will be shown in the upper and lower LCD display respectively.

DAILY MAXIMUM AND MINIMUM TEMPERATURE/HUMIDITY RECORDS RESET
 This function guaranteed the maximum and minimum temperature/humidity records are measured within the current day, the user concern the maximum and minimum temperature/humidity of the current day, he/she could enable the function by setting the DAILY slide switch at the back of the unit to **ON**. The maximum and minimum temperature/humidity records will be reset at 0:00 everyday. The user can set the internal clock by following steps:

1. When the current temperature are displayed, press the **SET** key for about 2 seconds, the upper and lower LCD display shows the Hour and Minute respectively with Hour digits blinking.
2. Press **INC** key to adjust the hour digits or press and hold the key to advance the digits continuously.
3. Press the **SET** key again, the Minute digits blinks.
4. Press **INC** key to adjust the minute digits or press and hold the key to advance the digits continuously in 5 increment step.
5. Exit the setting mode by pressing the **SET** key again.

USE OF THE FLIP STAND
 Flip out the plastic stand on the rear of the thermometer for table standing. Stand the thermometer on a flat surface.

WALL-MOUNTING THE THERMOMETER
 Follow these steps to mount the thermometer on the wall :

1. Drive a screw into the wall at the desired location until the head extends 3.5mm from the wall.
2. Locate into the hanger slot on the back of the thermometer until it locks into place.



DIGITAL HYGRG THERMOMETER
J411-TH

DESIGN AND SPECIFICATIONS ARE SUBJECTED TO CHANGE WITHOUT NOTICE.
Operating Manual for J411-TH

Fuente: TECMEQUIP, C.A.

APÉNDICE A-49

Resumen de costos de fabricación

Nº	Descripción	Cantidad	Costo Unitario [Bs]	Costo Total [Bs]
Estructura de soporte y volteo				
1	Tubo estructural 60x60 mm	1	60593,50	60593,50
2	Ángulo estructural de 20x3 mm	9	10108,50	90976,50
3	Pletina 1/2x1/8 in	5	6543,50	32717,50
4	Pletina 1x1/4 in	2	10223,50	20447,00
5	Lámina galvanizada calibre 20	2	62350,25	124700,50
6	Barra de herrería red. Lisa Ø 10 mm	1	7500,00	7500,00
7	Asa portabandeja	36	1570,00	56520,00
8	Remache de aluminio 3x8 mm (kg)	1,5	10000,00	10000,00
9	Remache de acero 3/16x1 in	18	610,00	10980,00
10	Remache de acero 5/32x1 in	34	720,00	24480,00
11	Tornillo M6x30	2	550,00	1100,00
12	Tornillo M6x15	20	390,00	7800,00
13	Tornillo M8x15	12	460,00	5520,00
14	Tuerca de 6 mm	14	270,00	3780,00
15	Tuerca 8 mm	12	350,00	4200,00
16	Arandela plana de 8 mm	8	120,00	960,00
Mecanismo de volteo				
17	Corona de trans. de lav. .Philco	2	12500,00	25000,00
18	Eje de entrada A	1	77050,00	77050,00
19	Eje central B	1	80500,00	80500,00
20	Eje de salida C	1	66700,00	66700,00
21	Pasador excéntrico trans. lav. Philco	1	20000,00	20000,00
22	Cojinete YET203/12 SKF	6	36114,15	216684,90
23	Soporte para cojinetes P12FM SKF	6	15635,85	93815,10
24	Chaveta de 1/8x3/16x11/16	2	4000,00	8000,00
25	Motor eléctrico de 12W/800 r.p.m	1	22431,47	22431,47
26	Anillo de retención exterior 22 mm	4	550,00	2200,00

APÉNDICES

N°	Descripción	Cantidad	Costo Unitario [Bs]	Costo Total [Bs]
27	Anillo de retención exterior 12 mm	6	400,00	2400,00
28	Prisionero M6	1	385,00	385,00
Paredes exteriores				
29	Lámina de acrílico 1800x850x5 mm	2	109089,00	218178,00
30	Lámina de acrílico 1800x1200x5 mm	1	151800,00	151800,00
31	Lámina de acrílico 1200x850x5 mm	2	72726,00	145452,00
32	Puerta de acrílico marco de aluminio 1800x1200x5 mm	1	151800,00	151800,00
Sistema de tratamiento de aire				
33	Resistencia 600 W	3	64400,00	193200,00
34	Microaspersor	1	8700,00	8700,00
35	Ventilador centrifugo	1	960904,97	960904,97
36	Ducto galvanizado aislado	1	160000,00	160000,00
37	Difusor de aluminio con regulación	3	18308,74	54926,22
38	Filtro de agua de paso rápido	1	34488,50	34488,50
39	Tubo galvanizado P/A de 1/2 inx6m	1	3898,50	7797,00
40	Anillo de 1/2 in galvanizado	1	483,00	483,00
41	Niple hexagonal bronce de 1/2x3/8 in	2	2817,50	5635,00
Sistema de control				
42	Controlador Lógico Programable Zelio (incluye instalación)	1	443785,00	443785,00
43	Termocupla tipo J (incluye instalación)	1	90505,00	90505,00
44	Humidostáto (incluye instalación)	1	287500,00	287500,00
45	Interruptor termomagnético (incluye instalación)	1	142893,15	142893,15
46	Relé de sobreintensidad magnética (incluye instalación)	2	113329,05	226658,10
47	Contactador de arranque (incluye instalación)	5	85795,75	428978,75
48	Relé de sobreintensidad térmica (incluye instalación)	2	81292,00	162584,00
49	Fusible cilíndrico 10x38 8 A (incluye	3	2501,25	7503,75

APÉNDICES

Nº	Descripción	Cantidad	Costo Unitario [Bs]	Costo Total [Bs]
	instalación)			
50	Fusible cilíndrico 10x38 4 A (incluye instalación)	1	2501,25	2501,25
51	Fusible cilíndrico 10x16 8 A (incluye instalación)	1	2501,25	2501,25
52	Botón giratorio maneta corta 2 posiciones (incluye instalación)	1	30331,25	30331,25
53	Botón giratorio maneta corta 3 posiciones (incluye instalación)	1	36225,00	36225,00
54	Final de carrera (incluye instalación)	3	58241,75	174725,25
55	Piloto luminoso (incluye instalación)	1	58609,75	58609,75
56	Transformador de voltaje (incluye instalación)	1	127310,00	127310,00
57	Puente rectificador (incluye instalación)	1	3766,25	3766,25
58	Indicador de temperatura -humedad	1	156975,00	156975,00
59	Suministro e instalación de conductores varios (incluye instalación)	1	23431,25	23431,25
60	Mano de obra herrería	1	564000,00	564000,00
61	Otros	1	500000,00	500000,00
TOTAL COSTOS DE FABRICACIÓN				6641590,16

Fuente: Los Autores

APÉNDICE A-50

Cotizaciones

<p>ALBAIEN Sociedad Anónima de Inversión y Comercio Exterior Ingeniería y Construcción</p> <p>Turmero, 25 de Septiembre de 2.004</p> <p>Señores: Presente.</p> <p>Atta. Sr. César Sarmiento</p> <p>Mis señores ruegan, por medio de la presente, les hacemos llegar nuestro presupuesto N° 1702-04 correspondiente a lo que a continuación detallamos:</p> <p>1.- Suministro e instalación de Interruptor termo magnético QO200</p> <table border="0"> <tr> <td>Cantidad</td> <td>01 pza</td> <td>Precio Unitario</td> <td>16.400,00 Bs</td> </tr> <tr> <td>Precio Total</td> <td></td> <td></td> <td>16.400,00 Bs</td> </tr> </table> <p>2.- Suministro e instalación de Balé de sobre intensidad magnetico DV2-4-800</p> <table border="0"> <tr> <td>Cantidad</td> <td>02 pza</td> <td>Precio Unitario</td> <td>96.547,80 Bs</td> </tr> <tr> <td>Precio Total</td> <td></td> <td></td> <td>193.094,00 Bs</td> </tr> </table> <p>3.- Suministro e instalación de Contactores de arranque LC1D0987</p> <table border="0"> <tr> <td>Cantidad</td> <td>05 pza</td> <td>Precio Unitario</td> <td>76.699,00 Bs</td> </tr> <tr> <td>Precio Total</td> <td></td> <td></td> <td>383.495,00 Bs</td> </tr> </table> <p>4.- Suministro e instalación de Balé de sobre intensidad Termico LR2K036</p> <table border="0"> <tr> <td>Cantidad</td> <td>02 pza</td> <td>Precio Unitario</td> <td>79.689,00 Bs</td> </tr> <tr> <td>Precio Total</td> <td></td> <td></td> <td>159.378,00 Bs</td> </tr> </table> <p>5.- Suministro e instalación de Controlador Lógico Programable S8-4201RD</p> <table border="0"> <tr> <td>Cantidad</td> <td>01 pza</td> <td>Precio Unitario</td> <td>385.900,00 Bs</td> </tr> </table>	Cantidad	01 pza	Precio Unitario	16.400,00 Bs	Precio Total			16.400,00 Bs	Cantidad	02 pza	Precio Unitario	96.547,80 Bs	Precio Total			193.094,00 Bs	Cantidad	05 pza	Precio Unitario	76.699,00 Bs	Precio Total			383.495,00 Bs	Cantidad	02 pza	Precio Unitario	79.689,00 Bs	Precio Total			159.378,00 Bs	Cantidad	01 pza	Precio Unitario	385.900,00 Bs	<p>ALBAIEN Sociedad Anónima de Inversión y Comercio Exterior Ingeniería y Construcción</p> <table border="0"> <tr> <td>Precio Total</td> <td></td> <td></td> <td>185.900,00 Bs</td> </tr> </table> <p>7.- Suministro e instalación de Botón generico modelo serie 304-10311</p> <table border="0"> <tr> <td>Cantidad</td> <td>01 pza</td> <td>Precio Unitario</td> <td>31.500,00 Bs</td> </tr> <tr> <td>Precio Total</td> <td></td> <td></td> <td>31.500,00 Bs</td> </tr> </table> <p>8.- Suministro e instalación de Botón generico modelo serie 304-10311</p> <table border="0"> <tr> <td>Cantidad</td> <td>01 pza</td> <td>Precio Unitario</td> <td>26.375,00 Bs</td> </tr> <tr> <td>Precio Total</td> <td></td> <td></td> <td>26.375,00 Bs</td> </tr> </table> <p>9.- Suministro e instalación de Fuso de Correo XCB-P102</p> <table border="0"> <tr> <td>Cantidad</td> <td>03 pza</td> <td>Precio Unitario</td> <td>50.645,00 Bs</td> </tr> <tr> <td>Precio Total</td> <td></td> <td></td> <td>151.935,00 Bs</td> </tr> </table> <p>10.- Suministro e instalación de Pilos Termicos X24-DV24</p> <table border="0"> <tr> <td>Cantidad</td> <td>01 pza</td> <td>Precio Unitario</td> <td>30.905,00 Bs</td> </tr> <tr> <td>Precio Total</td> <td></td> <td></td> <td>30.905,00 Bs</td> </tr> </table> <p>11.- Suministro e instalación de Transformador de voltaje 130 VAC entrada, 24 VAC salida 400 VA</p> <table border="0"> <tr> <td>Cantidad</td> <td>01 pza</td> <td>Precio Unitario</td> <td>87.800,00 Bs</td> </tr> <tr> <td>Precio Total</td> <td></td> <td></td> <td>87.800,00 Bs</td> </tr> </table> <p>12.- Suministro e instalación de Fluorescencia HONEYWELL H88004</p> <table border="0"> <tr> <td>Cantidad</td> <td>01 pza</td> <td>Precio Unitario</td> <td>290.000,00 Bs</td> </tr> <tr> <td>Precio Total</td> <td></td> <td></td> <td>290.000,00 Bs</td> </tr> </table> <p>13.- Suministro e instalación de Resistencia de Cal. Anso 680 W CHROMALOX OTY13129020</p>	Precio Total			185.900,00 Bs	Cantidad	01 pza	Precio Unitario	31.500,00 Bs	Precio Total			31.500,00 Bs	Cantidad	01 pza	Precio Unitario	26.375,00 Bs	Precio Total			26.375,00 Bs	Cantidad	03 pza	Precio Unitario	50.645,00 Bs	Precio Total			151.935,00 Bs	Cantidad	01 pza	Precio Unitario	30.905,00 Bs	Precio Total			30.905,00 Bs	Cantidad	01 pza	Precio Unitario	87.800,00 Bs	Precio Total			87.800,00 Bs	Cantidad	01 pza	Precio Unitario	290.000,00 Bs	Precio Total			290.000,00 Bs
Cantidad	01 pza	Precio Unitario	16.400,00 Bs																																																																																						
Precio Total			16.400,00 Bs																																																																																						
Cantidad	02 pza	Precio Unitario	96.547,80 Bs																																																																																						
Precio Total			193.094,00 Bs																																																																																						
Cantidad	05 pza	Precio Unitario	76.699,00 Bs																																																																																						
Precio Total			383.495,00 Bs																																																																																						
Cantidad	02 pza	Precio Unitario	79.689,00 Bs																																																																																						
Precio Total			159.378,00 Bs																																																																																						
Cantidad	01 pza	Precio Unitario	385.900,00 Bs																																																																																						
Precio Total			185.900,00 Bs																																																																																						
Cantidad	01 pza	Precio Unitario	31.500,00 Bs																																																																																						
Precio Total			31.500,00 Bs																																																																																						
Cantidad	01 pza	Precio Unitario	26.375,00 Bs																																																																																						
Precio Total			26.375,00 Bs																																																																																						
Cantidad	03 pza	Precio Unitario	50.645,00 Bs																																																																																						
Precio Total			151.935,00 Bs																																																																																						
Cantidad	01 pza	Precio Unitario	30.905,00 Bs																																																																																						
Precio Total			30.905,00 Bs																																																																																						
Cantidad	01 pza	Precio Unitario	87.800,00 Bs																																																																																						
Precio Total			87.800,00 Bs																																																																																						
Cantidad	01 pza	Precio Unitario	290.000,00 Bs																																																																																						
Precio Total			290.000,00 Bs																																																																																						
<p>ALBAIEN Sociedad Anónima de Inversión y Comercio Exterior Ingeniería y Construcción</p> <table border="0"> <tr> <td>Cantidad</td> <td>01 pza</td> <td>Precio Unitario</td> <td>32.400,00 Bs</td> </tr> <tr> <td>Precio Total</td> <td></td> <td></td> <td>32.400,00 Bs</td> </tr> </table> <p>14.- Suministro e instalación de Conectores Varos</p> <table border="0"> <tr> <td>Cantidad</td> <td>01 unid.</td> <td>Precio Unitario</td> <td>28.375,00 Bs</td> </tr> <tr> <td>Precio Total</td> <td></td> <td></td> <td>28.375,00 Bs</td> </tr> </table> <p>15.- Suministro e instalación de Termoparejo tipo J 1/8" x 200mm con 2 mts. De cable y conexión HITTING 1/2" NPT x 1/2" ISO</p> <table border="0"> <tr> <td>Cantidad</td> <td>01 pza</td> <td>Precio Unitario</td> <td>78.700,00 Bs</td> </tr> <tr> <td>Precio Total</td> <td></td> <td></td> <td>78.700,00 Bs</td> </tr> </table> <p>16.- Suministro e instalación de Puerto Rociador de 3/4" VAC - 24 VDC</p> <table border="0"> <tr> <td>Cantidad</td> <td>01 pza</td> <td>Precio Unitario</td> <td>3.275,00 Bs</td> </tr> <tr> <td>Precio Total</td> <td></td> <td></td> <td>3.275,00 Bs</td> </tr> </table> <p>17.- Suministro e instalación de Fusible 10x38 DF2C908</p> <table border="0"> <tr> <td>Cantidad</td> <td>03 pza</td> <td>Precio Unitario</td> <td>2.475,00 Bs</td> </tr> <tr> <td>Precio Total</td> <td></td> <td></td> <td>7.425,00 Bs</td> </tr> </table> <p>18.- Suministro e instalación de Fusible 10x38 DF2C904</p> <table border="0"> <tr> <td>Cantidad</td> <td>01 pza</td> <td>Precio Unitario</td> <td>2.175,00 Bs</td> </tr> <tr> <td>Precio Total</td> <td></td> <td></td> <td>2.175,00 Bs</td> </tr> </table> <p>19.- Suministro e instalación de Fusible 10x38 DF2C910</p> <table border="0"> <tr> <td>Cantidad</td> <td>01 pza</td> <td>Precio Unitario</td> <td>2.175,00 Bs</td> </tr> <tr> <td>Precio Total</td> <td></td> <td></td> <td>2.175,00 Bs</td> </tr> </table> <p>20.- Suministro e instalación de Válvula Solenoide Agua-Aire-Cloro/retardamiento seriala 2 vías 1/2"</p>	Cantidad	01 pza	Precio Unitario	32.400,00 Bs	Precio Total			32.400,00 Bs	Cantidad	01 unid.	Precio Unitario	28.375,00 Bs	Precio Total			28.375,00 Bs	Cantidad	01 pza	Precio Unitario	78.700,00 Bs	Precio Total			78.700,00 Bs	Cantidad	01 pza	Precio Unitario	3.275,00 Bs	Precio Total			3.275,00 Bs	Cantidad	03 pza	Precio Unitario	2.475,00 Bs	Precio Total			7.425,00 Bs	Cantidad	01 pza	Precio Unitario	2.175,00 Bs	Precio Total			2.175,00 Bs	Cantidad	01 pza	Precio Unitario	2.175,00 Bs	Precio Total			2.175,00 Bs	<p>ALBAIEN Sociedad Anónima de Inversión y Comercio Exterior Ingeniería y Construcción</p> <table border="0"> <tr> <td>Cantidad</td> <td>01 pza</td> <td>Precio Unitario</td> <td>165.490,00 Bs</td> </tr> <tr> <td>Precio Total</td> <td></td> <td></td> <td>165.490,00 Bs</td> </tr> </table> <p>PRECIO TOTAL EN Bs 1.863.887,89 Bs. I.V.A. (18%) 297.499,65 Bs. TOTAL 2.161.387,54 Bs.</p> <p>Condiciones de pago: 50% de inicial y el resto al finalizar la obra. Tiempo de entrega: 2 Semanas. Válida de la oferta: 10 días.</p> <p>Si más a que hacer referencia y quedando a sus gratas órdenes para cualquier referencia o duda, al respecto, se despide de ustedes.</p> <p>Atentamente,</p> <p> Por ALBAIEN, S.A. Francisco Rodríguez Méndez</p>	Cantidad	01 pza	Precio Unitario	165.490,00 Bs	Precio Total			165.490,00 Bs																								
Cantidad	01 pza	Precio Unitario	32.400,00 Bs																																																																																						
Precio Total			32.400,00 Bs																																																																																						
Cantidad	01 unid.	Precio Unitario	28.375,00 Bs																																																																																						
Precio Total			28.375,00 Bs																																																																																						
Cantidad	01 pza	Precio Unitario	78.700,00 Bs																																																																																						
Precio Total			78.700,00 Bs																																																																																						
Cantidad	01 pza	Precio Unitario	3.275,00 Bs																																																																																						
Precio Total			3.275,00 Bs																																																																																						
Cantidad	03 pza	Precio Unitario	2.475,00 Bs																																																																																						
Precio Total			7.425,00 Bs																																																																																						
Cantidad	01 pza	Precio Unitario	2.175,00 Bs																																																																																						
Precio Total			2.175,00 Bs																																																																																						
Cantidad	01 pza	Precio Unitario	2.175,00 Bs																																																																																						
Precio Total			2.175,00 Bs																																																																																						
Cantidad	01 pza	Precio Unitario	165.490,00 Bs																																																																																						
Precio Total			165.490,00 Bs																																																																																						
<p>CENTRO COMERCIAL URBANIZACIÓN SAN PABLO-LOCAL 23 Y 24 - TELÉFAX: (024) 803066 - 803206 - TURRERO, EDO. ARAUCA</p>	<p>CENTRO COMERCIAL URBANIZACIÓN SAN PABLO-LOCAL 23 Y 24 - TELÉFAX: (024) 803066 - 803206 - TURRERO, EDO. ARAUCA</p>																																																																																								

APÉNDICE A-50

Cotizaciones (continuación)



RE HOGAR

REPUESTOS PARA NEVERAS, COCINAS, LAVADORAS
 Calle Proviencia N° 104-77, Locales 1 y 2
 Cagua - Edo. Aragua - Telef. (0244) 3957300
 RIF. J.-30756010 - 0 NIT: 0171764641

FACTURA CONTROL N° 21888

Cagua, 30 de 09 de 2004.

Señor(es): Jacinto Luis
 Dirección: Cagua Aragua
 Telf.: _____ RIF: 15794786 NIT: _____

CANT.	DESCRIPCIÓN	P.UNITARIO	VOL.UNITARIO
1	Corona Tuba Original.		10869.52
<i>Cancelado</i>			
LITO IMPRESOS SUCRE C.A. G/Sabana Larga N° 49-06. Telefax: (0244) 4478864 Cagua Edo. Aragua. RIF. J.-30328182-1 - NIT: 0070055718 RES 122 del 05/05/96. Región Central. Control 21001 al 23000. Fecha 98-4-04			SUB - TOTAL 10869.52 15% IVA 1630.43 TOTAL Bs. 12500.00

Herrera Luis Hernández
 Trabajos de Herrería y Electricidad en General
 RIF: V-48734328-2

Presupuesto N° 00258

Fecha: 28-09-2004

Señor(es): César Samiento
 Dirección: _____
 Teléfonos: _____

PRESUPUESTO PARA OBRA

Cantidad	Descripción	Costo Unitario	Costo Total
1	EST. 5000 pasacables		500.000
1	EST. 10000 x 1/2" cables		250.000
1	EST. 3000 cables		300.000
18	bandejas para almacenamiento		36.000
<i>Medidos según planos</i> <i>Valido por una semana</i>			
SEÑ: 60%			Total: <u>540.000</u>

APÉNDICE A-50

Cotizaciones (continuación)



TECNICAS DE MEDICION Y EQUIPOS C.A.
AVENIDA JOSE FELIX SOSA - EDIF. "VIDES" - LOCAL C - BELLO CAMPO
 TELFS: 266.14.09 - 267.35.34 - TELEFAX: 262.11.25
 (0414) 264.61.11 - (0416) 622.48.05 - (0416) 622.48.08 - CARACAS 1060 - VENEZUELA
 e-mail: tecmequip@telcel.net.ve

RIF. J-00285924-5 / NIT. 0030205332

COTIZACION N° 13186

Fecha: 21/09/2004

Cliete: FUDECI ATN. _____

Dirección: AV UNIVESIDAD

Teléfono: 484-63-77 FAX: _____

CONDICIONES DE PAGO: Contado 30 días _____ A Convenir: _____

Cotización firme hasta: 5 DIAS (COTIZ. SUJETA A MODIF. SIN PREVIO AVISO)

Reagón	Cantidad	Unidad	DESCRIPCION	P. Unitario	TOTAL
1	1	UND	IND. DIGITAL TEMPERATURA - HUMEDAD RANGO: -10/60 oC/oF 10%/99% H.R.	136.500,00	136.500,00
TOTAL NETO					136.500,00
I.V.A. (15,0%)					20.475,00
T/ENTREGA: 2 SEMANAS					
ATTE: 					
TOTAL Bs.					156.975,00

APÉNDICE A-50

Cotizaciones (continuación)

OCT-08-2004 11:45 AM MW 00000, 00582443958318 P. 01

MEGAWATT, C.A.

COTIZACION

Fecha: 06 de Octubre del 2004 Referencia: 0316
 Cliente: Cesar Sarmiento Departamento: Compras
 Att: Cesar sarmiento Telefax: 0243.6632505.0806

ITEM	CANT.	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO
1	01	Resistencia tipo varilla Aletada Dimension: 30x5x2.5 cm/ 750W 230V	50.000,00
2	01	Resistencia Plana dimension: 265x40mm 400W 230V con doble chapa disipadora y aletas	70.000,00
3	01	Termocupla tipo "J" Ø1/4"x200mm con 2mts de cable y compresión fitting Ø1/4" NPT x 1/4" ISO	100.000,00
4	01	Control de temperatura digital Programable. Marca Tecnologic. Modelo THP48. formato 48x48mm. alimentación: 110V o 220VAC. Entrada Termocupla "J". Salida: Relé/ relé. Modos de operación: (On-Off) o PI (Proporcional/Integrativo)	350.000,00
5	01	Mts de cable alta temperatura AWG-12	11.000,00
6	01	Terminal alta temperatura para conductor 14-16	1.500,00

Tiempo de entrega:	Item 1-4-5-6: Inmediato Item 2-3: 1 Semana
Forma de pago:	Contado
Oferta Válida:	1 Semana.
Orden de Compra:	Favor emitirla a nombre de MEGAWATT, C.A. para procesar su pedido
Para efectos de pago:	Pueden cancelar en nuestras oficinas o depositar en la cuenta corriente de los siguientes Bancos: Banco Mercantil # 0105-0663-88-1663-01006-4 o del Banco Exterior. #.: 0115-0057-90-057-002645-4 a nombre de MEGAWATT, C.A.
Impuestos:	Se agregara el % de IVA al momento de la facturación.
Nota:	La(s) mercancía(s) que requiera(n) el servicio de alguna empresa de transporte de carga o encomienda para su despacho, viajara(n) por cuenta y riesgo del cliente, por lo que esta empresa no se hará responsable por pérdida(s), averías y/o robos de la misma una vez entregada a la empresa transportista.

Acreditante:
 Ing. Francisco Ramirez

APÉNDICE A-50

Cotizaciones (continuación)

		R.I.F. J-00365821-9 N.I.T. 0053175333	
Producción e Insumos Tecnológicos Agrícolas		Av. Francisco de Miranda, Centro Empresarial Don Bosco, Planta Baja, Local No. 6, Los Rulces - Caracas - Venezuela. Teléfonos: (0212) 232.73.59 Fax: (0212) 239.03.30	
AGRISUM C.A. FECHA: CARACAS, 21/09/2004 SEÑORES: F.U.D.E.C.I DIRECCION: Palacio de las Academias Piso 2, Av. Universidad, Bolsa a San Francisco Caracas R.I.F. N.I.T. TELEFONO: 0212-484.63.77		FACTURA N° No. DE CONTROL 1362	
REFERENCIA	FECHA: 21/09/2004	FORMA DE PAGAMENTO	
CANTIDAD	DESCRIPCION	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	MICROJET 7110, INS. PUL., BOQ. GRIS	7500.00	7,500.00
Para todos los efectos de esta Factura, se tomará como sede la ciudad de Caracas. Queda aceptado que vencido el plazo concedido se cobrará el mensual correspondiente a intereses de mora.		IVA-00 % sobre Bs.	Sub-total 7,500.00 1,200.00 TOTAL Bs. 8,700.00
PREPARADO	ACEPTADO	CANCELADO	
ING. ROBERTO BURGÜERA	Firma y Sello		
ORIGINAL S.R.L. Calle Comercio Edif. Mara Sotano 2, Las Acacias, Teléfonos: (0212) 632.99.56 / 60.66/80.37 R.I.F. J-00078367-6 N.I.T. 0042529860 Resolución N° SAT/GTR/96/E- 960313046 del 16-03-96 No. Control desde 1.251 al 1.500 Fecha 20-03-03 Región Capital			

APÉNDICE A-50
Cotizaciones (continuación)

CHICO CHIQUIN DISTRIBUIDORA CHICO CHIQUIN, C.A.

Presupuesto N° 8062

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PRECIO	TOTAL
1	TRABAJOS DE MONTAJE DE	h	8,000	8,000
1	ADQUISICIÓN DE MATERIALES	h	8,000	8,000
1	REVISIÓN DE PROYECTO	h	100,000,000	100,000,000
1	REVISIÓN DE PROYECTO	h	10,000,000	10,000,000
1	REVISIÓN DE PROYECTO	h	8,000	8,000
1	REVISIÓN DE PROYECTO	h	8,000	8,000

Ecosider Berico, S.A.

COTIZACION N° 8758

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNIT.	TOTAL
1	Colocación de 12 1/2" x 12 1/2" x 12 1/2"		
1	Montaje de 12 1/2" x 12 1/2" x 12 1/2"		

TALLER INDUSTRIAL UNIDOS C.A.

TORNO - FRESA - AJUSTE - SOLDADURA

RIF: J-30137013-9
NIT: 003509720

Calle San Juan, entre Calle Comercio y Ayacucho, N° 15-14-01
Cagua - Estado Aragua. Tlf. 0414-4904788

FECHA: 20/07/04 PROFORMA: 01493

SEÑORES: Cesar Samaniego

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	TOTAL
1	Eje con 200 mm de diámetro	200,000	200,000
1	Eje con 210 mm de diámetro	210,000	210,000
1	Eje con 220 mm de diámetro	220,000	220,000
2	Chavetas 1/2" x 3/16" x 100 mm	20,000	40,000
2	Chavetas 1/2" x 3/16" x 150 mm	20,000	40,000
2	Chavetas 1/2" x 3/16" x 200 mm	20,000	40,000
1	Barra de acero 1 1/2" x 1/2" x 150 mm	20,000	20,000

Sub-Total: 3,990.00
IVA: 598.50
Total: 4,588.50

DISTORBERA

RIF: J-00204117-3
TLF: 234.56.75 / 235.72.80
FAX: 239.61.34

FECHA: 21/07/2004 Factura N° 275568
CLIENTE: KARITZA CAMPOS

VENDEDOR: 53

CANT	PREC. UNT	MONTO
REM502*11/2	REMACHE DE IMPACTO	
Z X	609.00000	1,218.00

SUBTOTAL: 1,218.00
IVA 16%: 194.88
TOTAL FACT: 1,412.88

Contado
NO SE ACEPTAN DEVOLUCIONES, NI CAMBIO

APÉNDICE A-50

Cotizaciones (continuación)

21-09-2004 10:18 FAX 56 0212 5432702 RIESE Y CIA

ASCO Red-Hat Pilot Operated General Service Solenoid Valves
Brass or Stainless Steel Bodies 3/8" to 2 1/2" NPT

NC NO

2/2 SERIES 8210

Features

- Wide range of pressure ratings, sizes, and resilient materials provide long service life and low internal leakage.
- High Flow Valves for liquid, corrosive, and air/inert gas service.
- Industrial applications include:
 - Car wash
 - Laundry equipment
 - Air compressors
 - Industrial water control
 - Pumps

Construction

Valve Parts in Contact with Fluids		
Body	Brass	304/316 Stainless Steel
Seals and Discs	NBR or PTFE	
Disc Holder	PA	
Cone Tube	305 Stainless Steel	
Cone and Plugnut	430F Stainless Steel	
Springs	302 Stainless Steel	
Winding Coil	Copper	Silver

Electrical

Standard Coil and Class of Enclosure	Watt Rating and Power Consumption				Solenoid Part Number			
	DC Watts	AC		General Purpose		Explosionproof		
		Watts	VA	VA	AC	DC	AC	DC
F	-	6.1	15	40	298210	-	298214	-
F	11.8	10.1	25	70	298810	298710	298914	298714
F	16.8	16.1	35	100	277610	278117	272614	279117
F	-	17.3	40	90	298910	-	299014	-
F	-	29	40	240	99257	-	99257	-
F	-	30.1	40	240	272610	-	272614	-
H	30.8	-	-	-	14093	-	-	74073
F	40.8	-	-	-	298910	-	299014	299014

Standard Voltages: 24, 120, 240, 480 volts AC, 60 Hz (or 110, 220 volts AC, 50 Hz), 6, 12, 24, 120, 240 volts DC. Must be specified when ordering. Other voltages available when required.

Solenoid Enclosures

Standard: Red-Hat II - Watertight, Types 1, 2, 3, 3S, 4, and 4X. Red-Hat I - Type 1.

Optional: Red-Hat II - Explosionproof and Watertight, Types 3, 3S, 4, 4X, 6, 6P, 7, and 8. Red-Hat I - Explosionproof and Watertight, Types 3, 4, 4X, 7, and 8.

(To order, add prefix "EP" to catalog number, except Catalog Numbers 6210857, 6210858, and 6210859. Valves not available with Explosionproof enclosures.)

See Optional Features Section for other available options.

Nominal Ambient Temperature Ranges:
 Red-Hat II AC: 32°F to 125°F (0°C to 52°C)
 Red-Hat II DC: 32°F to 104°F (0°C to 40°C)
 Red-Hat DC: 32°F to 77°F (0°C to 25°C)
 (104°F/40°C maximum only)

Refer to Engineering Section for details.

Approvals:
 CSA certified, UL listed, as indicated. Red-Hat II meets applicable CE directives.
 Refer to Engineering Section for details.

4/2
 266.000

RIESE & CIA S.A.
 Tlx 541.1211, Fax 546.2702, Chile

2.09

APÉNDICE A-50

Cotizaciones (continuación)

CLIDAIR, C. A.			
VALENCIA: C.C. CEM I, LOCAL #02, FRENTE AL BIG LOW CENTER VALENCIA EDO. CARABOBO TELEFONOS: 0241-8716692-8714554			
CAGUA: CARRETERA NACIONAL CAGUA-LA VILLA C/C MARIÑO NORTE CAGUA EDO. ARAGUA TELEFONOS: 0244-3960534-3954101-3954745 FAX 0244-3958551 RIF J-30546419-7 NIT 005417276			
Cliente	: CESAR SARMIENTO	PRESUPUESTO	
R.I.F.	:	#597041	
Dirección	:		
Teléfonos	:	Fecha : 08/10/2004	
Atención:		Vendedor: DULCE GARCÍA	
		Pag : 1	
Descripción	Cantidad	Precio	Total
DIFUSOR ALUMINIO A 4V C/C 6" x 6" V	01	15.920,64	15.920,64
MOTOR REF F 12 WATT 110/1/60 800 RPM MOTORVE	01	19.505,63	19.505,63
VENT. CENT. S&P CBM/4 70 WATT 110/1/60-1062/062	01	835.569,54	835.569,54
CINTA ADHESIVA ALUMINIO 2" x 59 YAR	01	12.931,04	12.931,04
		SUB TOTAL	868.005,58
		I.V.A. 15,00 %	130.200,84
		TOTAL	998.206,42
Tiempo de entrega	: INMEDIATA		
Condiciones de Pago	: CONTADO		
Precios sujetos a cambio sin previo aviso			
			Clidair, c.a. Aire Acondicionado y Refrigeración

APÉNDICE A-51

Precios de incubadoras existentes en el mercado venezolano

EINVERSOAGRO, C.A.
 Carretera Nac. Cagua-La Villa c/o Av. Marcos Beracasa
 Zona Ind. Las Vegas-Cagua Edo. Aragua
 Telf. (0244)4472390-4478713
 R.F.F. J-07529853-5

Cliente : CESAR AUGUSTO SARMIENTO
 R.F.F. :
 Dirección: CAGUA
 Telefonos:
 Vendedor : 01
 Orden de compra:

EPRESUPUEST
F # 002197
ECONTADO
 Fecha: 06/10/2004
 Vence: 07/10/2004

Pg: 1

Código	Descripción	Cantidad	Precio	Total
330001	INCUBADORA ANIME 30 HG- 60HC	1	115.000,00	115.000,00
7COM.E	INCUBADORA 200 HG MADERA	1	770.000,00	770.000,00

Total	885.000,00	TOTAL OPERACION: E	885.000,00
Flete	0,00	TOTAL CANCELADO: E	885.000,00
Descuento	0,00 0,00%	SALDO	E 0,00
Otro descuento	0,00 0,00%		

OBSERVACIONES
 EPRECIOS SUJETOS A CAMBIOS IMPREVISTOS

APROBADO

INVERSOAGRO, C.A.

REVISADO

APÉNDICE A-52

Incubadora YONAR 1250 A

INCUBADORA AUTOMÁTICA POR AIRE FORZADO

MODELO 1250 A

Características generales:

Capacidad: Aproximadamente 1324 huevos de gallina (o el equivalente para otras especies).

7 bandejas en incubación con una capacidad individual de 132 huevos de gallina

2 bandejas nacedoras con 200 huevos de gallina cada una.

Operación

Temperatura: Control electrónico de alta precisión (0,2 °C). Control auxiliar por termostato gaseoso. Se conmuta automáticamente ante cualquier inconveniente térmico emitiendo simultáneamente una señal sonora de aviso.

Volteo: Activado automáticamente cada hora en forma muy suave. Conmutable a eléctrico manual.

Ventilación: Por aire forzado con turbinas de funcionamiento silencioso de alto rendimiento asegurando una correcta circulación de aire cálido y húmedo.

Medición de temperatura y humedad: Realizada con termómetros de mercurio de alta calidad. Se suministra una tabla de humedad relativa simplificada en el manual de instrucciones.

Efectividad: superior al 95 % en promedio según estadísticas, en condiciones ambientales óptimas, con huevos fértiles y sanitariamente normales



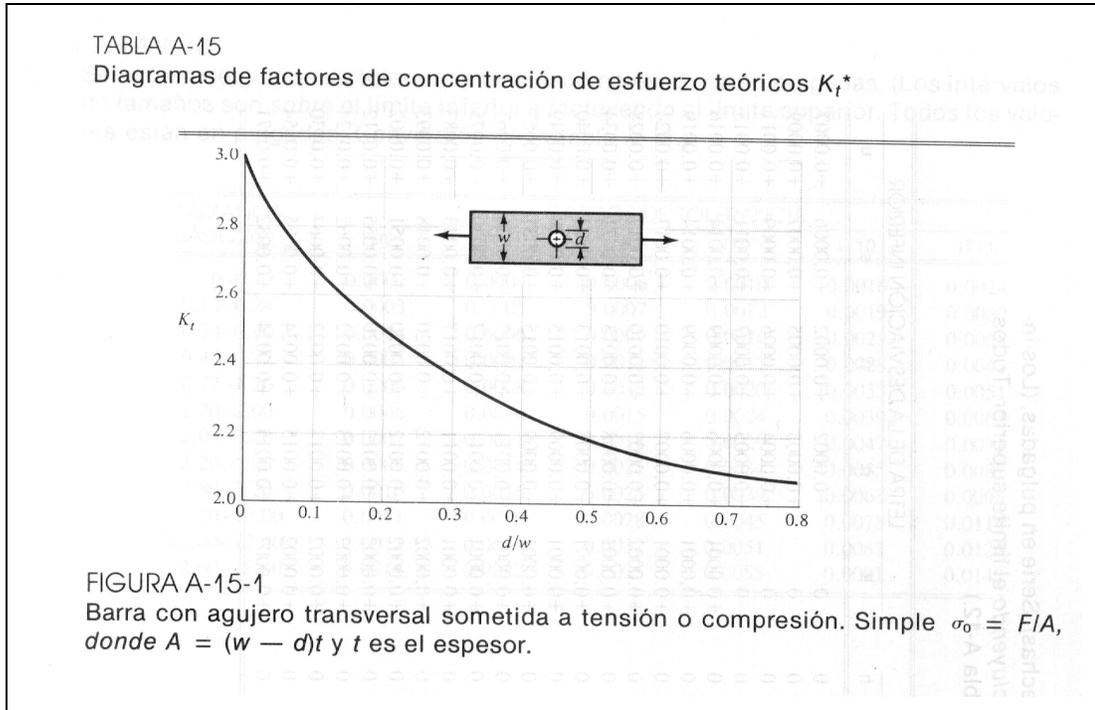
Precio para la República Argentina \$ 9.950.-
Pesos - **no** incluye I.V.A. (10,5 %)

Precio F.O.B. Buenos Aires USD 4.696.-
Dólares estadounidenses

Fuente: www.yonar.com.ar

APÉNDICE A-53

Factores de concentración de esfuerzo teóricos para una barra con agujero transversal sometida a tensión o compresión



Fuente: Shigley, J. "Diseño en Ingeniería Mecánica"

**BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES
ELECTRÓNICAS**

BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES ELECTRÓNICAS

BIBLIOGRAFÍA

1. ARTOBOLEVSKY, Ivan. **“Mechanisms in Modern Engineering Design”**. Edit. MIR Publishers. Moscú. 1977.
2. AUSTIC, Richard; Nesheim M. **“Producción Avícola”**. Edit. Manual Moderno Colombia. Santa Fe de Bogotá. 1994.
3. BACHMAN, Forberg. **“Dibujo Técnico”**. 1^{ra} Edición. Edit. Labor. 1968.
4. CARRIER AIR CONDITIONING COMPANY. **“Manual De Aire Acondicionado”**. Edit. Marcombo S. A. de Boixareu editores. Barcelona. España. 1970.
5. CENGEL, Yunus y Boles M. **“Termodinámica”**. Edit. Mc. Graw Hill. 2^{da} Edición. Nueva York. 1998.
6. CHROMALOX. **“Chromalox Heaters, Controls and Systems”**. Edit. Chromalox. Pittsburg 2003.
7. COHEN, Miguel. **“Apuntes de Aire Acondicionado”**. 10^{ma} Edición. Edit. Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Mecánica, Universidad Central de Venezuela. Caracas. 1999.
8. COHEN, Miguel. **“Apuntes de Ventilación Mecánica”**. Edit. Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Mecánica, Universidad Central de Venezuela. Caracas. 1989.

9. DAN SPRINKLERS. **“Catálogo de Equipos de Irrigación”**. Edit. Dan Sprinklers. Israel. 2002.
10. DUBUC, Walter. **“Zootecnia General”**. Volumen III. Edit. ESPASANDE. Caracas. 1986.
11. FUDECI. **“Desarrollo de tecnología para la producción del pato real (Cairina moschata) en Venezuela”**. Puerto Ayacucho. 1998.
12. FUDECI. **“Memoria de FUDECI Correspondiente al año 2002”**. Caracas. 2002.
13. GARCIA, Hans. **“Concepción de un Automatismo”**. Edit. Universidad Metropolitana de Caracas, Calidad Dinámica.
14. HIBBELER, R. **“Mecánica de Materiales”**. 3^{ra} Edición. Edit. Prentice Hall. México D. F. 1998.
15. HOLMAN, J. **“Transferencia de Calor”**. 8^{va} Edición. Edit. Mc. Graw-Hill. Madrid. 1998.
16. INCROPERA F. y de witt D. **“Fundamentos de Transferencia de Calor”**. 4^{ta} Edición. Edit. Prentice Hall. México D. F. 1999.
17. MARTÍNEZ, Waldemar. **“Reproducción y crianza de PATOS”**. Edit. Atlántida, S.A. Buenos Aires. 1940.
18. MILANI, Rodolfo. **“Diseño para nuestra realidad”**. Edit. Equinoccio. Caracas. (S.F.)

19. MOTT, Robert. **“Diseño de Elementos de Máquinas”**. 2^{da} Edición. Edit. Prentice Hall Hispanoamericana. México D. F. 1995.
20. NARBAIZA, Iñigo. **“Aumente la Producción del Pato Real”**. Edit. FUDECI. Puerto Ayacucho. 1998.
21. NARBAIZA, Iñigo. **“Comportamiento productivo del pato real (Cairina moschata) en el estado Amazonas, Venezuela”**. Edit. FUDECI. Puerto Ayacucho. 1997.
22. NORTON, R. **“Diseño de Maquinaria”**. Edit. Mc. Graw-Hill. México D. F. 1995.
23. OCEANO, Editores. **“Enciclopedia Práctica de la agricultura y la Ganadería”**. Edit. Océano Grupo Editorial. Barcelona España 1991.
24. SABINO, Carlos. **“Cómo Hacer una Tesis y Elaborar Todo Tipo de Escritos”**. Edit. PANAPO Caracas. 1994.
25. SALAZAR, Hamana. **“Técnicas de Mantenimiento Organizado”**. Edit. Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Mecánica, Universidad Central de Venezuela. Caracas. 1989.
26. SCHENEIDER, Electric. **“Manual y Catálogo del Electricista MYCE”**. Edit. Schneider Electric Venezuela S.A. Caracas 2002.
27. SHIGLEY, J. y Mischke, C. **“Diseño en Ingeniería Mecánica”**. 5^{ta} Edición. Edit. Mc. Graw-Hill. México D. F. 1997.

28. SKF. **“Catálogo General de Rodamientos”**. 1999.

29. TERRANOVA, Editores. **“Enciclopedia Agropecuaria Terranova”**. T. IV.
Edit. Terranova. Santa Fe de Bogotá. 1995.

30. VAN WYLEN, G. **“Fundamentos de Termodinámica”**. 2^{da} Edición. Edit.
Limusa. México D. F. 1999.

31. WARK, Keneth. **“Termodinámica”**. 5^{ta} Edición. Edit. Mc. Graw Hill.
México D. F. 1991.

32. WORTH, Mack; Bell, D. **Manual de Producción Avícola”**. 3^{ra} Edición. Edit.
El Manual Moderno. México D.F. 1993.

FUENTES ELECTRÓNICAS

- www.acrilicos.com.ar (19/09/2004, 7 p.m.)
- www.chromalox.com (13/09/2004, 10 a.m.)
- www.elecentro.com (20/10/2004, 12 p.m.)
- www.ext.vt.edu/pubs/poultry/factsheets/8.html (29/05/2004, 2 p.m.)
- www.fondonorma.org.ve (17/08/2004, 7 p.m.)
- www.frugalmachinist.com/incubator.html (19/09/2004, 7 p.m.)
- www.gobiernoenlinea.ve (10/05/2004, 6 p.m.)
- www.honeywell.com (13/09/2004, 11 a. m.)
- www.iiacu/teminc02.htm (19/01/2004 5 p. m.)
- www.macmurrayhatchery.com (23/08/2004, 7 p. m.)
- www.meteorologiamil.ve (19/01/2004, 5 p. m.)
- www.msstate.edu/dept/poultry/hathmgt.html (29/01/2004, 2 p. m.)
- www.pasreform.com (29/05/2004, 11 a. m.)
- www.petersime.com (10/03/2004, 8 p. m.)
- www.poultrymansupply.com (10/03/2004, 8 a. m.)
- www.schneider-electric.com.ve (15/10/2004, 8 a. m.)
- www.servicios-activos.com (19/09/2004, 6 p. m.)
- www.soler-palau.com (13/09/2004, 8 a.m.)
- www.yonar.com.ar (19/09/2004, 8 p.m.)