

**SISTEMA REGULADOR DE TEMPERATURA Y OXÍGENO PARA
ESTANQUES DE CULTIVO PISCÍCOLA EN ZONAS CÁLIDAS**

JOHAN ERNESTO MARTÍNEZ SANTIS

OSCAR MAURICIO MÉNDEZ CENTENO

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS
ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL
BUCARAMANGA, 2005**

**SISTEMA REGULADOR DE TEMPERATURA Y OXÍGENO PARA
ESTANQUES DE CULTIVO PISCÍCOLA EN ZONAS CÁLIDAS
<DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN>**

JOHAN ERNESTO MARTÍNEZ SANTIS

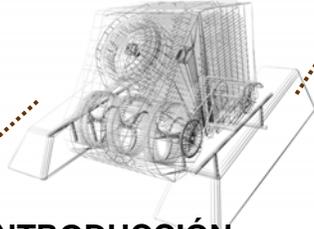
OSCAR MAURICIO MÉNDEZ CENTENO

**Tesis de grado presentada como requisito para optar
el título de Diseño Industrial**

Director

D.I. FRANCISCO ESPINEL CORREAL

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECAÑICAS
ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL
BUCARAMANGA, 2005**



CONTENIDO

	Página
INTRODUCCIÓN	1
1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	4
1.1 GLOSARIO	6
1.1.1 Transferencia de Calor	6
1.1.2 Características del Agua	7
1.1.3 Otros términos	8
1.2 TÍTULO DEL PROYECTO	10
1.3 OBJETIVOS	10
1.3.1 Objetivo General	10
1.3.2 Objetivos Específicos	10
1.4 JUSTIFICACIÓN GENERAL DEL PROYECTO	11
2. COMPRENSIÓN DEL PROBLEMA	14
2.1 METODOLOGÍA DEL PROYECTO	14
2.2 UBICACIÓN DEL PROYECTO	15
2.2.1 Impacto Ambiental	17

2.3 REFERENTES TEÓRICOS	19
2.3.1 La Piscicultura en Colombia	19
2.3.2 Los Estanques	22
2.3.3 Comportamiento térmico y químico del agua	25
2.3.4 Torres de enfriamiento	30
2.4 DETECCIÓN DE NECESIDADES	34
2.5 ANÁLISIS DE LAS SOLUCIONES EXISTENTES	35
2.5.1 Aireadores superficiales	35
2.5.1.1 <i>Aireadores de paleta</i>	36
2.5.1.2 <i>Aireadores de turbina sumergida</i>	37
2.5.2 Sistemas de riego	38
2.5.2.1 <i>Riego por aspersión</i>	38
2.5.2.2 <i>Riego por goteo</i>	39
2.5.3 Sombras y techos	40
2.6 DETERMINACIÓN DE DATOS ESPECÍFICOS	41
2.6.1 Biometría	41
2.6.2 Dimensiones del Impacto	42
2.6.3 Funciones de Transformación	48
2.6.3.1 <i>Calidad del agua</i>	48
2.6.3.2 <i>Calidad del aire</i>	50
2.6.3.3 <i>Aspecto humano</i>	51
2.7 REQUERIMIENTOS DE DISEÑO	51

2.7.1	Requerimientos de uso	51
2.7.2	Requerimientos de función	54
2.7.3	Requerimientos estructurales	56
2.7.4	Requerimientos técnico-productivos	57
2.7.5	Requerimientos de mercadeo	61
2.7.6	Requerimientos ambientales y legales	63
2.8	ESTRUCTURACIÓN DEL PROBLEMA	64
3.	PROPUESTAS DE DISEÑO	68
3.1	ALTERNATIVAS	68
3.1.1	Convección geotérmica	68
3.1.2	Principio de refrigeración evaporativa	69
3.1.3	Cubierta reflectora	70
3.1.4	Método de aspersion (riego)	71
3.1.5	Elección del método de enfriamiento	71
3.1.6	Acerca de los arietes hidráulicos	73
3.2	DESCRIPCIÓN DE LAS ALTERNATIVAS	74
3.2.1	Torre flotante (Alternativa 1)	74
3.2.2	Aireador y panel de refrigeración (Alternativa 2)	76
3.3	EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS	79
3.4	DESARROLLO DE LA ALTERNATIVA ESCOGIDA	82
3.4.1	Variables de operación	82

3.4.2 Evolución de la alternativa	83
3.5 ELABORACIÓN DEL PROTOTIPO FUNCIONAL	88
3.5.1 Turbinas	88
3.5.2 Material de relleno	89
3.5.3 Estructura- flotadores	91
3.5.4 Carcasa	91
3.5.5 Motor- transmisión	92
3.5.6 Tablero de control	93
4. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL	94
4.1 VARIABLES MEDIDAS	94
4.2 FACTORES DE INFLUENCIA	94
4.2.1 Factores ambientales	95
4.2.2 Factores tecnológicos	96
4.2.3 Factores de logística	96
4.3 EQUIPO EXPERIMENTAL	97
4.3.1 Descripción de los modelos funcionales	97
4.3.1.1 <i>Aireador- panel</i>	97
4.3.1.2 <i>Sombra</i>	98
4.3.1.3 <i>Mecanismo de turbina interior</i>	99
4.3.2 Instrumentos utilizados	100
4.4 RESULTADOS DE LAS PRUEBAS	100

4.4.1 Velocidad de giro de la turbina interior	100
4.4.2 Pruebas del modelo funcional	102
4.4.3 Experimentación con la sombra	105
4.5 PUESTA EN FUNCIONAMIENTO DEL PROTOTIPO	106
4.5.2 Medición de resultados	107
4.5.3 Interpretación de resultados	113
4.6 AJUSTES DE DISEÑO	116
4.6.1 Ajustes funcionales	117
4.6.1.1 <i>Ventilador</i>	117
4.6.1.2 <i>Material de relleno</i>	117
4.6.1.3 <i>Flotadores</i>	118
4.6.1.4 <i>Transporte</i>	119
4.6.2 Ajustes formales	120
4.6.2.1 <i>Agarres en la estructura</i>	120
4.6.2.2 <i>Variedad de colores</i>	121
4.6.3 Ajustes tecnológicos	121
4.6.3.1 <i>Turbinas en polímero</i>	121
4.6.3.2 <i>Control remoto</i>	122
4.6.3.3 <i>Varias referencias</i>	123
4.6.3.4 <i>Sistema cortador de poder</i>	123
5. DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN DE DISEÑO	124

5.1 DESCRIPCIÓN COMO PRODUCTO	124
5.2 DESARROLLO FUNCIONAL	125
5.2.1Diseño térmico	126
5.2.1.1 Diseño de la Torre	126
5.2.1.2 Curvas de desempeño	134
5.2.2 Diseño mecánico	137
5.2.2.1 Sistema de aireación	138
5.2.2.2 Selección del motor	149
5.2.2.3 Análisis de estabilidad (sustentabilidad)	151
5.2.3 Diseño eléctrico	154
5.2.3.1 Circuito del tablero	154
5.3 DESARROLLO FORMAL-ESTÉTICO	156
5.3.1 Estudio de color	160
5.4 ANÁLISIS ERGONÓMICO DE LA SOLUCIÓN	163
5.4.1 Armado	163
5.4.2 Transporte	167
5.4.3 Display de control (tablero)	169
5.5 ANÁLISIS DE LOS MATERIALES PROPUESTOS	175
5.5.1 Estructura	175
5.5.2 Flotadores	175
5.5.3 Turbinas	176

5.6 ANÁLISIS DE USO DEL PRODUCTO	177
5.6.1 Secuencia de uso	177
6. PRODUCCIÓN	182
6.1 DIAGRAMA DE PRODUCCIÓN	182
6.1.1 Diagrama de Flujo	183
6.1.2 Descripción de maquinaria	190
6.2 COSTOS DEL PROYECTO	191
6.2.1 Costo de elaboración de los modelos experimentales	191
6.2.1.1 <i>Fabricación de modelos</i>	191
6.2.1.2 <i>Experimentación</i>	192
6.2.2 Costo del Prototipo	193
6.2.2.1 <i>Materia prima</i>	193
6.2.2.2 <i>Fabricación</i>	195
6.2.2.3 <i>Transporte e Instalación</i>	196
6.2.3 Costos de la producción Industrial	197
6.2.3.1 <i>Costos Directos</i>	197
6.2.3.2 <i>Costos Indirectos</i>	199
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	200
8. BIBLIOGRAFÍA	204

9. ANEXOS	206
9.1 PRODUCCIÓN EN ESTANQUES	206
9.2 GUÍA DE EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL	207
9.3 LEGIONELA Y OTRAS PATOLOGÍAS	211
9.4 PRINCIPALES MEDICIONES EN BIOMETRÍA	214
9.5 OTRAS FUNCIONES DE TRANSFORMACIÓN	217

LISTADOS DE GRÁFICOS Y TABLAS

	Página
Gráfico 1. Variación del impacto ambiental en el tiempo	18
Gráfico 2. Caracterización térmica del estanque	27
Gráfico 3. Tipología de torres de enfriamiento	31
Gráfico 4. Biometría en Piscícola San Silvestre, Barrancabermeja	41
Gráfico 5. Curva de demanda en productos agrícolas	44
Gráfico 6. Parámetros de Evaluación de un impacto ambiental	47
Gráfico 7. Concentración de oxígeno/ Calidad ambiental	48
Gráfico 8. Temperatura/ Calidad ambiental	49
Gráfico 9. Sustancias tóxicas disueltas/ C.A.	49
Gráfico 10. Evaporación/ Calidad ambiental	50
Gráfico 11. Impacto del ruido/ C.A	50
Gráfico 12. Calidad de vida vs. Calidad ambiental	51
Gráfico 13. Importancia de los parámetros físico-químicos	65
Gráfico 14. Comportamiento del oxígeno disuelto	66
Gráfico 15. Métodos de enfriamiento	67
Gráfico 16. Representación del principio de convección	68
Gráfico 17. Esquema de la refrigeración evaporativa	69
Gráfico 18. Cubierta total para estanques	70

Gráfico 19. Esquema de riego por goteo (duchas)	71
Gráfico 20. Esquema de funcionamiento del ariete	73
Gráfico 21. Detalle de la salida del agua en la Alternativa 1	75
Gráfico 22. Esquema de la Alternativa 1 y detalle de la hélice	76
Gráfico 23. Modelo inicial de flujo cruzado	77
Gráfico 24. Representación del flujo másico de aire	78
Tabla 1. Evaluación QFD de las dos alternativas	81
Gráfico 25. Rediseño funcional de los flotadores	85
Gráfico 26. Estructura básica del sistema (alternativa escogida)	86
Gráfico 27. Disposición lateral del extractor	86
Gráfico 28. Utilización más eficiente del flujo de aire	87
Gráfico 29. Material de relleno	90
Gráfico 30. Turbina radial dentro de un tubo (experimentación)	99
Gráfico31. Detalle del mecanismo (experimentación)	101
Tabla 2. Pruebas del modelo experimental	103
Tabla 3. Pruebas de la sombra experimental	106
Tabla 4. Resultados del 1er día de pruebas del prototipo	108
Tabla 5. Resultados del 2º día de pruebas del prototipo	109
Tabla 6. Resultados del 3er día de pruebas del prototipo	110
Tabla 7. Resultados del 4º día de pruebas del prototipo	111
Tabla 8. Resultados del 5º día de pruebas del prototipo	112
Tabla 9. Resultados del 6º día de pruebas del prototipo	113

Gráfico 32. Representación gráfica de la experimentación	115
Gráfico 33. Superposición de gráficas	116
Gráfico34. Reducción de rendijas en el relleno	118
Gráfico35. Evolución formal de flotadores	119
Gráfico 36. Esquema de la saturación de aire con agua (aerosol)	126
Gráfico 37. Carta psicrométrica del aire en zonas húmedas	131
Tabla 10. Valores de NTU en función de la relación L/G	134
Gráfico 38. Representación gráfica de NTU en función de L/G	135
Gráfico 39. Curva de desempeño de la máquina (prototipo)	135
Gráfico 40. Esquema de puntos de análisis mecánico	137
Gráfico 41. Detalle del diseño de los álabes	138
Gráfico 42. Diagrama de cuerpo libre del Eje motriz	143
Gráfico 43. Diagrama de cuerpo libre (DCL) del soporte del motor	150
Gráfico 44. Esquema de la sustentabilidad de la máquina	151
Gráfico 45. Representación de la línea de equilibrio	152
Gráfico 46. Representación del límite de volteo y ángulo	153
Gráfico 47. Esquema del circuito eléctrico	155
Gráfico 48. Configuración del sistema	157
Gráfico 49. Geometrización de la forma (vista lateral)	159
Gráfico 50. Geometrización de la forma (vista frontal)	160
Gráfico 51. Estudio de color	161
Gráfico 52. Esquema de elevación de cargas	164

Tabla 11. Consumo según carga desplazada (en Kcal./metro)	168
Tabla12. Distancias mínimas recomendadas entre controladores	171
Gráfico 53. Diagramación del tablero en el plano horizontal	172
Gráfico 54. Esquematización de la secuencia de uso	178
Gráfico 55. Ubicación del producto en el estanque	179
Tabla 13. Gastos de experimentación	192
Tabla 14. Gastos de materiales del prototipo	195
Tabla 15. Gastos de fabricación del prototipo	195
Tabla 16. Costos estimados en la producción industrial	198
Tabla 17. Niveles de Producción en la Piscicultura (anexo 1)	207
Tabla 18. Estándares de evaluación del impacto	209
Gráfico 56. Caracterización ambiental de la legionela (anexo3)	212
APÉNDICE A	218
PLANOS TÉCNICOS. I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII.	

TÍTULO:

SISTEMA REGULADOR DE TEMPERATURA Y OXÍGENO PARA ESTANQUES DE CULTIVO PISCÍCOLA EN CLIMAS CÁLIDOS*.

AUTORES:

JOHAN ERNESTO MARTÍNEZ SANTIS – OSCAR MAURICIO MENDEZ CENTENO**

PALABRAS CLAVES:

Temperatura, Oxígeno, Cálidos, Regulador, Material de Relleno, Enfriamiento, Piscicultura.

DESCRIPCIÓN:

Este proyecto se centra en una solución integral, que ayuda a disminuir la temperatura en las capas superficiales que se hallan por encima de los 31°C en los estanques destinados al cultivo piscícola en zonas cálidas y a su vez, favorece la permanencia de oxígeno disuelto en la mayor masa de agua posible durante el tiempo necesario y de esta manera, finalmente, crea las mejores condiciones del agua para el crecimiento de los peces. La temperatura óptima para las especies de aguas cálidas se encuentra en el rango de 23-30° C y pueden tolerar temporalmente temperaturas menores a 22° C y mayores de hasta 34° C. Sin embargo si permanecen mucho tiempo, bajo estas condiciones los peces se estresan, reducen el consumo de alimento, se tornan susceptibles a enfermedades, y pueden incluso morir, cabe aclarar que en algunas regiones del país las temperaturas en verano llegan a puntos extremos como los 38° C.

Este proyecto surge en respuesta a una necesidad detectada en los medianos y grandes piscicultores de la región del magdalena medio santandereano de evitar las pérdidas en sus cultivos debido a las grandes mortandades en verano de los individuos que componen dichos cultivos. La comprobación técnica de este proyecto arrojó unos excelentes resultados pues efectivamente cumplió con los objetivos planteados al comienzo del mismo disminuyendo la temperatura del agua en el tiempo esperado.

Los autores están convencidos que el desarrollo agroindustrial del país puede y debe estar en manos de jóvenes con visión innovadora que, desde sus distintas especialidades, puedan brindar soluciones a los problemas por los cuales atraviesa actualmente el sector agrario colombiano.

* TRABAJO DE GRADO.

** FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS. ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL. Director: D.I. FRANCISCO ESPINEL CORREAL

TITLE:

REGULATOR OF TEMPERATURE AND OXYGEN SYSTEM FOR FISH FARM PONDS'S CULTIVATE IN WARM WEATHER*.

AUTHORS:

JOHAN ERNESTO MARTÍNEZ SANTIS – OSCAR MAURICIO MENDEZ CENTENO**

KEY WORDS:

Temperature, Oxygen, Fish Farm, Regulator, Fill, Warm, Cooling

DESCRIPTION:

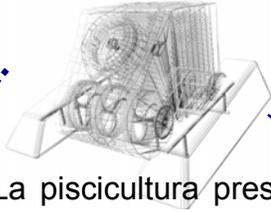
This project is focused on an integral solution that helps to decrease the temperature that is over 31°C on the superficial layers of the fish ponds in regions where the weather is hot; besides it helps the oxygen permanency dissolved in the biggest mass of possible water during the necessary time and, finally, according to this way, it creates the best water conditions to the fishes' growth. The good temperature for the warm water species is in the range of 23°C – 30°C and, they can tolerate temperatures from 22°C to 34°C temporally. Nevertheless, if they stay for a long time, under these conditions, fishes stress, reduce food consumption, become sickly, and even die. It is necessary to clarify that in some regions of the country the summer temperatures reach to extreme points as 38°C.

This project appears as an answer to a necessity detected in the medium and big farmer of the valley of the Magdalena Medio's river in Santander of avoiding the losses in their fishing cultivation due to the big deceases in summer. The technical confirmation of this project gave some excellent results because it carries effectively out with the objectives outlined at the beginning of the same one decreasing the water temperature in the expected time.

The authors are convinced that the agro-industrial development of the country can and must be in hands of young people with an innovated sight that, since their different specialties, can give solutions to the present problems of the Colombian agricultural sector.

* FINAL PROJECT.

**PHYSICAL-MECHANICAL ENGINEERING COLLEGE. INDUSTRIAL DESIGN School.
Director: FRANCISCO ESPINEL CORREAL



INTRODUCCIÓN

La piscicultura presenta en los últimos años un leve pero constante crecimiento, sujeto a las diversidades ambientales y geográficas de nuestro país pero sobrepasando a pesar de ello, y se observa que esta disciplina se halla en fases propias de aquellos productos nuevos que se insertan al mercado. Sin embargo, en lo relacionado a la pesca continental, se conserva un sistema artesanal; en el estado de desarrollo actual de este tipo de explotación, la expansión de la oferta y la demanda de sus productos es limitada por dificultades variadas y muy inherentes a la pesca artesanal.

Los principales factores influyentes son: la precaria infraestructura de manipulación, procesamiento, transporte y conservación de los productos, pobres condiciones higiénicas, inestabilidad en el suministro y altos precios de los insumos, escasa concentración de la producción y débil nivel organizativo de los pescadores.

Para mejorar la productividad de los estanques, es necesario que el piscicultor utilice además de sus conocimientos y experiencia, el sentido común para *prevenir antes que curar*, simplificar los protocolos de trabajo; tener un control de todo el proceso y, sobre todo, proporcionar a los peces en cría un ambiente lo más parecido al que tienen en la naturaleza. El trato y la alimentación deben ser

semejantes a la que contamos los humanos. No se debería obligarlos a vivir en un espacio degradado, bajo condiciones hostiles.

En este sentido las condiciones físicas siempre deben favorecer el normal crecimiento de los animales, en este ambiente que se modifica constantemente por la incidencia de las variaciones climáticas, además de las razones anteriormente expuestas.

Refiriéndonos exclusivamente al cultivo de tilapia, por nombrar un caso, éste tiene todavía un potencial considerable debido a la existencia de mercados externos con gran capacidad de absorción de este producto y a la adopción progresiva de técnicas de cultivo intensivas y según la COPESCAL⁷, Colombia junto a Venezuela son los países de la región que muestran buenas condiciones para este tipo de desarrollo.

Por eso se busca, desde el Diseño Industrial, mejorar la producción o la intensidad de esa producción ofreciendo equipamiento acorde a las necesidades de los piscicultores y a las condiciones dadas por los factores exógenos, que no son sólo las instrucciones políticas y económicas, también lo son todas las variables ambientales. Y como hemos dicho, se trata de ofrecerle un ambiente agradable a las especies cultivadas, que como cualquier ser vivo *quiere y requiere* moverse en un espacio sin dificultades ni hostilidades.

⁷ COPESCAL: Comisión de Pesca y Acuicultura para América Latina.

Este proyecto es un producto que le ofrece muchas ventajas de regulación y
manutención al estanque, no sólo en los parámetros de temperatura y oxígeno,
sino en el resto de los parámetros que se ven influenciados por estos dos.
Presentamos en este proyecto, el desarrollo del producto y los estudios
determinantes acerca de su funcionalidad, ergonomía e impacto ambiental que
nos permite aseverar que hallarán en éste, una lectura interesante y un producto
de viabilidad tecnológica garantizada.



1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Este proyecto se enfocó en una solución integral que ayudara a disminuir la temperatura en las capas superficiales que se hallan calientes (por encima de los 31°C) en los estanques destinados al cultivo piscícola en zonas cálidas y a su vez, favorezca la permanencia de oxígeno disuelto en la mayor masa de agua posible durante el tiempo necesario y de esta manera, finalmente, se cree las mejores condiciones del agua para el crecimiento de los peces. Por eso hablamos de estanques destinados específicamente a la etapa de engorde (crecimiento) del animal.

Es así, que planteamos un problema central, el de las capas superiores del estanque, con otras dificultades que giran alrededor de éste, como la oxigenación del agua, dificultades que efectivamente se convirtieron en requerimientos definitivos para el diseño y construcción del sistema. Para comprender mejor el comportamiento del calor, se hicieron varias mediciones en estanques reales durante el proyecto, por lo que abordamos el mismo dentro un marco experimental pero con unos resultados concluyentes, que permitieran materializar el sistema en un producto.

Estas observaciones arrojaron como resultado que las mayores temperaturas, sin importar el clima, se conservan en la superficie del agua específicamente hacia el

centro del estanque aún en periodos en los cuales dejan de recibir radiación solar, es decir hacia las 8:00 p.m. cuando empieza nuevamente el enfriamiento. También encontramos que la problemática se origina por capas, generando una estratificación de las condiciones físico-químicas del agua.

Con la asesoría de CORMAGDALENA (Barrancabermeja), la de piscicultores, docentes y la teoría leída, se pudo inferir que la temperatura del agua tenía mucho que ver con la baja productividad de los estanques; esto visto desde el principio del proyecto en el contexto meramente fisiológico, pues las especies cultivadas, se desenvuelve en medios de 23°C a 30°C, tolerando temperaturas de hasta 34°C, pero bajando el consumo de alimento motivo del stress generado por el exceso de temperatura.

Con las observaciones en el campo se corroboró esto y también que existen otras dificultades de índole particular en la forma como cada dueño de finca conduce sus cultivos sin una supervisión técnica, que a juzgar por las recomendaciones de los expertos, intervienen en la baja eficiencia de los cultivos. Este problema es grave, si tenemos en cuenta el uso de los mecanismos artesanales que tienen los piscicultores para estos procedimientos, la falta de información o información sesgada que reciben los campesinos de sus proveedores y la propia inhabilitación que tienen para proceder a una medición técnica de las condiciones normales del agua estancada en sus factores fundamentales como es la oxigenación, el pH y la misma temperatura.

1.1 GLOSARIO

1.1.1 Transferencia de Calor.

Carga de intercambio de calor (Duty): Es el calor total extraído desde la corriente caliente por la corriente fría en estado estacionario.

Coefficiente global de transmisión: Indica la cantidad de calor transmitida de un medio contiguo a una pared a otro medio contiguo a la misma. Se usa la letra U para identificarlo.

Coefficiente global "sucio": Es el coeficiente global de transferencia que incluye el coeficiente (U) y el factor de obstrucción. Este depende de la rugosidad del material.

Conductividad térmica: Capacidad de un cuerpo para conducir calor. Queda caracterizada mediante un coeficiente que expresa la cantidad de calor que un cuerpo es capaz de transmitir entre dos áreas unitarias paralelas, dispuestas a una cierta distancia, a una diferencia de temperatura en $^{\circ}\text{C}$, durante la unidad de tiempo. Se expresa con un coeficiente (K) que es propio de cada material.

Diferencia media logarítmica de temperatura (LMTD): La diferencia media logarítmica entre la temperatura masiva del fluido caliente en el extremo de la superficie de transferencia de calor y la del fluido en el interior.

Transferencia de calor: En física, es el proceso por el que se intercambia energía en forma de calor entre distintos cuerpos, o entre diferentes partes de un mismo cuerpo que están a distinta temperatura.

Termodinámica: Ciencia que estudia el intercambio de energía térmica entre sistemas y los fenómenos mecánicos y químicos que éstos implican.

1.1.2 Características del agua.

Re-aeración: Ocurre cuando el contenido de oxígeno disuelto (OD) de un curso de agua es menor que la concentración de saturación, en este caso, el oxígeno atmosférico tiende a ingresar al agua de modo de restaurar el equilibrio.

Demanda Química de Oxígeno (DQO): Medida indirecta de la concentración de material orgánico en función de la cantidad de oxígeno requerido para oxidarlo completamente en forma química

D.B.O.: Este indicador (Demanda Bioquímica de Oxígeno), entrega resultados tanto en la cantidad de material biodegradable (consumidor de O₂) como en su tasa de oxidación. Simula el proceso bioquímico que ocurre en el curso de agua.

Epilimnion: Es la capa superficial (la de nuestro interés), que se caracteriza precisamente por las altas temperaturas. Lo normal en los estanques, es que ésta

no sobrepase los 30 cm., sin embargo, en regiones cálidas puede alcanzar una profundidad de 60 cm., es decir el doble de lo permisible.

Hipolimnion: Por otro lado, se conforma una capa de temperatura relativamente baja, debido al contacto directo con el suelo. Diferenciándose de la anterior por presentar una mayor densidad. Así que el estanque, está esencialmente separado en dos cuerpos de agua relativamente independientes, por ende la calidad del agua en las 2 secciones es diferente.

Pérdida de agua por evaporación: Es el agua que se pierde en la atmósfera desde la superficie del estanque y depende de las condiciones climáticas locales y va en proporción a la superficie del estanque.

1.1.3 Otros términos.

Aerosol: es una dispersión de una sustancia líquida o sólida en un gas. Para nuestro caso, se trata de una dispersión de gotas de agua en el aire (no se confunda el aerosol con el vapor).

Engorde: Comprende el periodo en que los alevinos adquieren una longitud entre los 5 – 8cm y que en peso corresponde a un intervalo aproximado de 1.5 a 6.5 gramos, finalizan con el sacrificio cuando alcanzan la talla comercial de acuerdo a los requerimientos del mercado. La duración de esta etapa está condicionada a las

calidades de agua, al tipo de manejo que se mantenga y en especial a la temperatura durante el proceso.

Estructura del Suelo: Se define por la forma en que se agrupan las partículas individuales de arena, limo y arcilla. Cuando las partículas individuales se agrupan, toman el aspecto de partículas mayores y se denominan agregados.

Permeabilidad: Reviste gran importancia con respecto a la tasa de Filtración y la de Percolación. Por regla general, entre más fina sea la textura del suelo más lenta será la permeabilidad.

La tasa de permeabilidad se expresa en (cm /h) ó (mm/ h) o por coeficiente de permeabilidad en metros por segundo (m/ seg.) ó centímetros por segundo (cm/ seg.).

Punto blanco: Se trata de una de las enfermedades más comunes en el estanque tropical. Es mortal para los peces pero es de fácil diagnóstico y reacciona muy bien a los medicamentos específicos. Otra forma de eliminarlo es subiendo la temperatura hasta 32°C, pero esto sólo se puede hacer si tenemos peces y plantas que lo resistan. Se caracteriza por la aparición de puntos blancos en las aletas y las escamas , y debido a que puede afectar a todos los peces, se ha de tratar a todo el acuario a la vez.

Recuperabilidad: se dice que un impacto es recuperable, si la alteración (que no es reversible) puede eliminarse por la intervención humana, estableciendo las oportunas medidas de corrección, y asimismo, hay recuperación cuando dicha alteración puede ser reemplazada.

Reversibilidad: Se presenta cuando la alteración al entorno, puede ser asimilada de forma cuantificable en un determinado plazo, debido al mismo funcionamiento de los procesos naturales de la sucesión ecológica y de los mecanismos de auto-depuración (evolución) del medio.

1.2 TITULO DEL PROYECTO

Sistema regulador de temperatura y oxígeno para estanques de cultivo piscícola en zonas cálidas.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general:

Diseñar y construir un sistema que regule la temperatura en las capas superficiales calientes de los estanques de cultivo piscícola en climas cálidos.

1.3.2. Objetivos específicos:

- Aumentar la masa de cultivo para especies piscícolas cálidas, con el acercamiento de la temperatura a los 30° C en las capas superficiales, permisible para la mayoría de las especies.

- Ofrecer al mercado una máquina que suple dos necesidades imperiosas para la producción desde la prevención.
- Proporcionar al piscicultor una herramienta de medición y control de las condiciones generales del medio acuático y subacuático.
- Generar el menor impacto posible en el medio ambiente que circunda el sistema, con la interacción adecuada de éste con el medio.
- Proponer una alternativa realizable con tecnología regional, que ofrezca a un mercado nuevo un producto accesible.

1.4. JUSTIFICACION GENERAL DEL PROYECTO

La temperatura óptima para las especies de aguas cálidas se encuentra en el rango de 23-30° C y pueden tolerar temporalmente temperaturas menores a 22° C y mayores de hasta 34° C. Sin embargo si permanecen mucho tiempo, bajo estas condiciones los peces se estresan, reducen el consumo de alimento, se tornan susceptibles a enfermedades, y pueden incluso morir, las temperaturas en verano llegan a puntos extremos como los 37 °C, si tenemos en cuenta que los veranos se hacen cada vez más prolongados, estamos frente a una seria dificultad que

obstaculiza el desarrollo de los cultivos piscícolas y que con el paso del tiempo verano tras verano será peor.

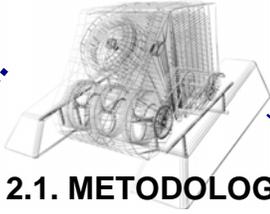
La temperatura influye sobre la biología de los peces e invertebrados, condicionando la maduración gonadal, la actividad metabólica y el ritmo de crecimiento de larvas, alevinos y adultos.



Estación piscícola San Silvestre (Barrancabermeja)

En la actualidad el cultivo de especies cálidas se realiza artesanalmente, es decir, si atendemos al manejo del agro que se da en la región, observamos que la tecnología utilizada para apoyar la productividad de los recursos piscícolas, es insuficiente; por otro lado, la tecnología que es accesible y adquirida por el campesino no es asimilada de manera completa, en sus funciones y ventajas, lo que puede traer beneficios reales al campo, esto sin mencionar los costos y las implicaciones de éstos en la productividad de los cultivos piscícolas, ya que son productos por lo general importados.

Por estas razones vimos conveniente crear un dispositivo que regulara la temperatura en las capas superficiales y la conservara durante el día dentro del rango aceptable para los animales. Así durante la tarde, cuando la temperatura ambiente alcance fácilmente los 37° C en estos lugares, se pueda bajar el gradiente de temperatura y conservar el nivel óptimo de oxígeno disuelto en la masa de agua.



2. DEFINICION DEL PROBLEMA

2.1. METODOLOGÍA DEL PROYECTO

A partir de una investigación previa, descubrimos el valor de adelantar esta exploración que complementamos con la consulta bibliográfica y la recopilación de toda la información necesaria para definir los requerimientos y facilitar la comunicación con los profesionales (biólogos, zootecnistas, ingenieros mecánicos e ingenieros químicos).

Con los métodos evaluados en la teoría, pudimos determinar los principales requerimientos que encerraba la problemática central. Igualmente fijamos una jerarquización de los parámetros de diseño para poder valorar las alternativas en cuanto a su eficacia y al cumplimiento de dichos requisitos.

Vino la etapa de experimentación de los modelos, tomamos datos confiables con una frecuencia determinada, atendiendo a las variables ambientales. Paralelamente, a la toma de datos en el campo y el respectivo análisis, pudimos intercambiar elementos y materiales, como consecuencia de la interacción de los cálculos, dimensiones y experiencias en el campo. Aquí valdrá mucho la relación costo/ beneficio y sobretodo la incidencia en el medio de los materiales (p Ej. evitar materiales corrosivos)

Luego se ajustó el diseño, con los materiales propuestos y el método elegido, junto al diálogo final que tuvimos con ingenieros mecánicos y los zootecnistas, conocedores del campo para proseguir con la construcción del modelo final (método optado). Este modelo final tuvo sus respectivas pruebas; la eficiencia se midió en cuanto al tiempo que tarda el sistema en regular la masa de agua, funcionalidad del material y el uso racional de todos los recursos.

Por otro lado se tuvo en cuenta el procedimiento de instalación y mantenimiento del sistema, que cumplieran con las medidas y cargas válidas dentro de la biomecánica regular, buscando la estandarización en las características de los componentes. En cuanto a los displays para los controles, se analizó el más conveniente. Todo esto con miras a proponer un producto propio del Diseño Industrial con las consecuentes medidas ergonómicas que se han de tomar.

Esta evaluación final, nos permitió dar unos ajustes que están consignados en estas memorias, pues el alcance del proyecto estimó la instalación y marcha de un modelo funcional.

2.2 UBICACIÓN DEL PROYECTO (Campo del Diseño)

Como exponentes del bienestar y confort humano, los diseñadores industriales buscamos aportar a la sociedad en la productividad de sus recursos, y con proyectos de esta clase proponemos soluciones al agro para tecnificarlo,

perfeccionarlo y abrir la posibilidad de un campo más próspero. En el área específica de la piscicultura, que es un importante renglón de la economía regional, fue muy acertado unirnos con zootecnistas, agrónomos e ingenieros para aunar esfuerzos y conocimientos, obteniendo excelentes resultados que viabilizaron este proyecto.

Esta zona que es privilegiada por sus recursos naturales, comprende la denominada provincia de Mares de nuestro departamento y se extiende a varias poblaciones de Antioquia, Bolívar, César, Magdalena y Norte de Santander, entre otras, nuestra intención es proponer este producto tanto a particulares como a sociedades y empresas que se dedican actualmente a esta labor en la región y en otras zonas del país que presenten esta problemática. Con la incidencia de este sistema, en la productividad de los estanques piscícolas, también buscamos posicionar al Diseño Industrial como una herramienta fundamental del desarrollo tecnológico del país.



Piscícola Universidad del Táchira (Venezuela)

Este proyecto lleva consigo un emprendimiento natural del Diseño por satisfacer las necesidades de los individuos, fruto del proceso de observación de las situaciones anómalas que le rodean. Estas necesidades poco evidentes, resultan factibles de resolverse por medio de la acción del diseño asociándonos con otras ramas profesionales, además de muy productivas si las estudiamos detenidamente. Ahora bien, la tarea es completa sólo si lo damos a conocer con un producto como tal que provee una solución integral a un segmento definido de la economía y la geografía colombiana.

Precisando el proceso de fabricación dentro del sector productivo de la región, abrimos la posibilidad a una nueva empresa con recursos propios y accesibles, que busque soluciones integrales al sector agroindustrial, guardando el respeto por el medio ambiente.

2.2.1. Impacto Ambiental

El estudio del Impacto ambiental está destinado a predecir, identificar, valorar y corregir, las consecuencias o efectos ambientales que determinadas acciones pueden causar sobre la calidad del hombre y su entorno.

El impacto de cualquier proyecto sobre el medio ambiente es la diferencia entre la situación del medio ambiente futuro que ha sido modificado, tal y como se manifestaría como consecuencia de la realización del proyecto, y la situación del medio ambiente futuro tal como habría evolucionado normalmente sin tal

actuación, es decir, la alteración neta (positiva o negativa en la calidad de vida del ser humano) resultante de una actuación, tal y como queda reflejado en la figura, en la que se puede apreciar la variación del impacto en función del tiempo:

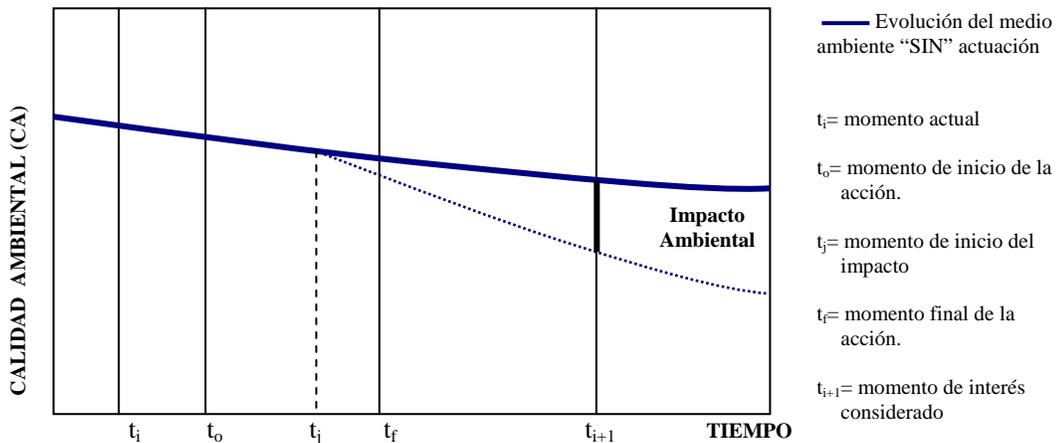


Gráfico 1. Variación del impacto ambiental en el tiempo
Fuente: GUIA METODOLÓGICA PARA LA EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL

Para el caso de nuestro proyecto, el estudio de este impacto es más de carácter interdisciplinario que incluyen todos aquellos estudios técnicos evaluados por los profesionales consultados y aún no consultados. Presentaremos de un modo genérico estas predicciones, valoraciones sobre los efectos en el entorno del sistema, específicamente de los estanques de cultivo (crecimiento) y la calidad del aire; desde luego hemos considerado dentro de estos efectos, los mismos resultados de la acción de la máquina que se han estimado sobre la temperatura y el oxígeno disuelto, entre otros parámetros que inciden en la calidad del agua.

2.3 REFERENTES TEÓRICOS

2.3.1. La piscicultura en Colombia

Colombia cuenta con excelentes condiciones climáticas, topográficas, hidrológicas y edafológicas para desarrollar la acuicultura. Entre ellas se destaca su localización geográfica en la franja ecuatorial y por lo tanto como zona tropical; posee un régimen de temperaturas estables durante el año, donde existen todos los pisos térmicos (frío, medio y cálido) y altitudes que van desde los 0 hasta los 5800 msnm aproximadamente.

El origen de la acuicultura en Colombia se remonta hacia finales de la década de los 30 cuando se introdujo al país la trucha arco iris *Orcorhynchus mykiss* para el repoblamiento de aguas de uso público en la zona Andina, específicamente en la laguna de Tota en Boyacá, con fines de pesca deportiva. Posteriormente se introdujeron la carpa *Cyprinus carpio* y la mojarra *Oreochromis mossambicus*, con las que se adelantaron las primeras experiencias de cultivo en estanques, al disponerse de tecnología de otros países pero con resultados no muy satisfactorios.

A mediados de los 60 se realizaron los primeros cursos de piscicultura en el país auspiciados por la FAO, se experimentó con varias especies, algunas nativas como el bocachico *Prochilodus magdalenae*, lográndose por primera vez su reproducción artificial.

Luego de la promoción que realizaba el INDERENA desde 1968, nace en el año de 1991 el INPA, Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura, es decir el sector pesquero nacional cuenta con una entidad que lo ampara, y aunque es relativamente joven, algo mas de 13 años, la acuicultura en Colombia ha tenido un crecimiento vertiginoso en los últimos años y su producción se ha incrementado de 1256 toneladas en 1986 a 51376 toneladas en 1999⁸.



Piscicultura en aguas continentales nacionales

La acuicultura se basa actualmente en el cultivo de peces de agua dulce, crustáceos y moluscos de origen marino, pero para efectos de este proyecto nos referiremos únicamente a las especies de agua dulce, de pisos térmicos templado y cálido en los cuales la elevada temperatura influye en la poca cantidad de oxígeno disuelto en el agua, además de generar un estrés innecesario que repercute en los hábitos alimenticios de los mismos.

⁸ Fundamentos de acuicultura continental INPA, Bogotá 2001.

Estos peces son por lo general especies foráneas, a excepción de la cachama, específicamente de la familia *Characidae*⁹ y de gran difusión debido a la poca exigencia en cuanto a la aplicación de tecnología, la facilidad de cultivo, resistencia a bajas concentraciones de oxígeno, a enfermedades y parásitos, simplicidad en el manejo, lo cual permite que los piscicultores la cultiven fácilmente.

La cachama negra y la blanca se diferencian fácilmente por sus características externas. El cultivo para alcanzar el peso comercial de 500 gramos toma generalmente seis meses o más, dependiendo de las cambiantes condiciones climáticas, en cultivos con densidades bajas (hasta 2 peces/m²) y con excelentes condiciones, la tasa de crecimiento se incrementa, registrándose lotes con promedio de 480 gramos (**eviscerado**) en 130 días.

Las tilapias comúnmente conocidas en Colombia como mojarras (roja y plateada) pertenecen a una gran familia de peces conocida como *Cichlidae*, caracterizadas por tener el cuerpo oblongo con aletas dorsales largas. Estas se producen en cultivos bien diferenciados que incluyen los de tipo jaula que se ubican bien sea en represas de generación eléctrica o en reservorios para riego. La duración del período de engorde es menor que en el caso de la cachama, teniendo en cuenta

⁹ Las dos especies pertenecientes a esta familia son la *Piractus brachypomus* o Cachama blanca y la *Colossoma macropomum* o cachama negra, originarias ambas de las cuencas de los ríos Orinoco y del Amazonas.

que el peso de venta está alrededor de los 350 gramos en un lapso entre los 3.5 y 4.5 meses.

La medición de los parámetros fisicoquímicos del agua es necesaria y se debe evaluar periódicamente para garantizar el comportamiento normal y la calidad en el proceso productivo.

Es importante destacar que el recurso pesquero en ríos y ciénagas viene en constante decremento año tras año y a pesar de existir suficiente legislación sobre el tema que no es cumplida en su totalidad por los diferentes actores que tienen que ver con el subsector ambiental y pesquero. Debido a estas razones la piscicultura empieza a ocupar un renglón importante en la producción pesquera nacional con la apertura de nuevos proyectos de pequeña, mediana y gran escala, sobresaliendo la optimización de los recursos acuíferos.

2.3.2 Los estanques.

Así como en los pollos, gallinas y demás producciones pecuarias se requiere de instalaciones que se puedan limpiar, desinfectar, manejar y adecuar a las necesidades de los animales. El cultivo de peces y otros organismos vivos acuáticos requiere ambientes de fácil manejo, que se puedan secar o llenar con rapidez y con posibilidad de modificar las condiciones físicas y químicas del agua. A estos ambientes se les denominan estanques.

También se puede cultivar especies de peces en espacios limitados por cercos de redes de material sintético, de hierro o de otros materiales de la región como caña brava, bambú o guadua. A estos recintos se les denomina jaulas y corrales. En este proyecto nos referiremos solamente a los estanques, que se definen como un "recinto de agua poco profundo utilizado para el cultivo controlado de peces e instalado de tal forma que pueda ser de fácil llenado, y totalmente vaciado".



Fotografía estanques la fortuna Km 45 vía Barrancabermeja

La localización de los estanques exige ciertas condiciones favorables referidas al suelo, al agua y a los servicios complementarios. La cantidad de agua para el llenado de un estanque debe ser suficiente y de buena calidad, inicialmente se necesita una cantidad para llenarlo, que debe ser igual al volumen requerido del estanque. Cuando se ha llenado, se perderá cierta cantidad por filtración en el suelo a través del fondo, los diques y también por evaporación. El agua para los estanques puede provenir de corrientes naturales como ríos, nacederos,

quebradas, lluvia, acueducto, aguas subterráneas, etc. El agua que se pierde en la atmósfera por evaporación sale desde la superficie del estanque, depende de las condiciones climáticas locales y va en proporción a la superficie del estanque.

La forma está determinada por el tipo de estanque, así los de presa se adaptan a la configuración del terreno, en tanto que los de derivación normalmente son rectangulares, que son los que más fácilmente se manejan. Sin embargo, a causa de que a mayor longitud se incrementa el perímetro (dique), para una misma área, se tiende a reducir el largo del estanque.

Los estanques son generalmente de forma rectangular y una gran parte es excavada. La dimensión de los estanques se mide como la superficie del agua y pueden ir desde varios centenares de metros cuadrados a varias hectáreas según la topografía disponible, el tipo de acuicultura a desarrollar y los recursos económicos del propietario, entre otros factores. El tamaño varía dentro de un amplio rango; desde unas pocas decenas de metros cuadrados para granjas piscícolas familiares, hasta decenas de hectáreas para explotación en gran escala.



Topografía del terreno estanque en derivación

En estanques muy grandes con altas densidades de población, fertilización y alimentación suplementaria, el intercambio de agua se vuelve crítica. Si los niveles de oxígeno disminuyen, es esencial que se cuente con un recambio rápido de agua, pues muchas veces las bombas no son suficientes.



Aprovechamiento de recursos hídricos para la piscicultura

2.3.3 Comportamiento térmico y químico del agua.

Un estanque piscícola térmicamente podría asemejarse a un gran espejo cóncavo recibiendo directamente los rayos solares concentrados en un foco. Este proceso conocido como radiación es por el cual todos los objetos reciben la radiación solar que bien aceptan o rechazan según su morfología y color; por medio de esta acción, los cuerpos se calientan en relación a su exposición y acumulan calor de acuerdo al valor de transferencia inherente a cada sustancia.

El agua por ejemplo, posee un alto índice de radiación lo que la convierte en un cuerpo que irradia calor a razón de $9,45 \text{ W/m}^2$, un valor muy alto teniendo en cuenta el amplio espejo que caracteriza a un estanque; también la conductividad

térmica del agua (capacidad para conducir calor) supera a la de todas las otras sustancias líquidas naturales, exceptuando el mercurio. Por esto es que observamos que el estanque conserva la temperatura por un largo tiempo llegando a mantener la temperatura de las dos de la tarde hasta las 6 o 7 de la noche.

La transferencia de calor, en física, es el proceso por el que se intercambia energía en forma de calor entre distintos cuerpos, o entre diferentes partes de un mismo cuerpo que están a distinta temperatura. El calor se transfiere mediante convección, conducción o radiación. Aunque estos tres procesos pueden tener lugar simultáneamente, puede ocurrir que uno de los mecanismos predomine sobre los otros dos.

En nuestro caso, el agua del estanque se calienta por radiación solar y el calor empieza a transferirse a toda la masa desde la superficie hacia el fondo, según la gráfica mostrada, la temperatura interna de la tierra es inferior a la de la superficie del agua, y por el segundo principio (conducción) para ponderar la temperatura del agua con la de la tierra, se presenta una diferencia de densidades, concentrándose las altas temperaturas en las capas superficiales y generándose de esta manera una estratificación marcada.

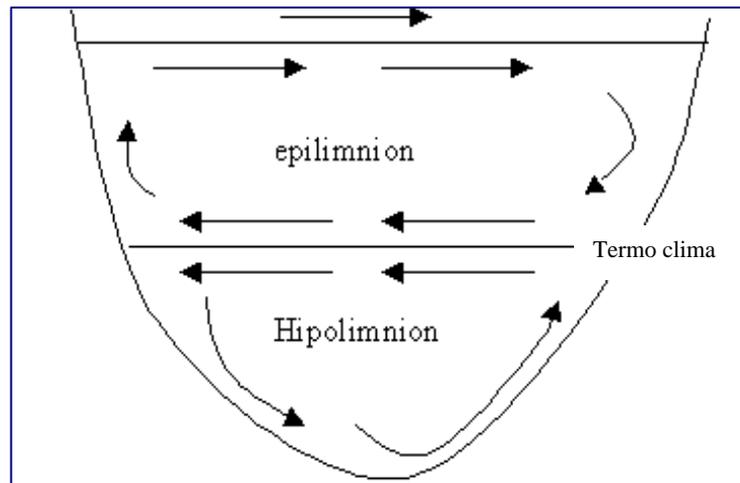


Gráfico 2. Caracterización térmica del estanque
Fuente: LIMNOLOGIA DE ESTANQUES PARA PECES

Pero no sólo la radiación solar influye en el aumento de la temperatura del cuerpo de agua, aunque si es el más importante; otros factores a tener en cuenta, son:

- Calor atmosférico.
- Condensación del vapor de agua.
- Conducción de calor del fondo.
- Calor de reacciones químicas (incluyendo los procesos fisiológicos del animal).

Así mismo desde el punto de vista fisicoquímico las bajas de oxígeno son apenas normales en temporadas de verano pues cuando las temperaturas se elevan disminuye el nivel de oxígeno disuelto. Ahora bien, desde la Bioquímica se puede apreciar una producción excesiva de fitoplancton por la alta radiación solar y que a su vez consume oxígeno en las horas de la noche. La combinación de lo anterior

conduce a que en las horas de la madrugada los niveles de oxígeno lleguen a casi cero o inclusive a cero ocasionando la muerte de todos los organismos del estanque.

Por lo general, las reacciones químicas y biológicas se duplican cada vez que hay un aumento de 10 °C de temperatura, por lo tanto un organismo acuático consume el doble de la cantidad de oxígeno a 30 °C que a 20 °C. Investigaciones pasadas¹⁰ determinaron ecuaciones por las cuales se relacionaba el peso del pez con el consumo de oxígeno:

$$\text{A } 25 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad \text{Consumo de oxígeno (mg O}_2\text{/hora)} = 1.01 \times \text{Peso}^{0.64}$$

$$\text{A } 30 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad \text{Consumo de oxígeno (mg O}_2\text{/hora)} = 1.55 \times \text{Peso}^{0.64}$$

Observamos que sí existe un incremento en el consumo de oxígeno cuando aumenta la temperatura, como es de esperarse, el metabolismo del pez se altera pues encuentra estas condiciones no son las ideales para su desarrollo. Nuestro proyecto busca es regular la temperatura de tal forma que esta no estrese al animal y favorezca su normal metabolismo.

Es necesario tener en cuenta cómo se relaciona la temperatura con los otros procesos:

¹⁰ Saint- Paul, 1983. Investigaciones en la especie *Colossoma macropomum*

- El aumento de temperatura disminuye la concentración de oxígeno disuelto.
- Temperaturas altas y pH básico, favorecen que el amoníaco se encuentre en el agua en su forma tóxica.
- En el tiempo y grado de descomposición de la materia orgánica presente en el estanque. Es así como el consumo de oxígeno, causado por la descomposición de la materia orgánica, se incrementa a medida que aumenta la temperatura, restándole de esta manera el oxígeno disponible para los organismos presentes en el estanque.
- A mayor temperatura los fertilizantes se disuelven más rápidamente, los herbicidas son más efectivos y los tratamientos químicos en los estanques son afectados.
- A cada especie de pez hay que proporcionarle su rango de temperatura óptima para que realice normalmente sus procesos metabólicos y fisiológicos. De ahí que exista una clasificación en peces de aguas de aguas frías, templadas y cálidas (ver anexos).

- Los peces presentan poca tolerancia a los cambios bruscos de temperatura. Por esta razón hay que evitar el traslado de organismos de un lugar a otro cuando existe una marcada diferencia.
- De otro lado, como lo hemos venido anotando, cuando los organismos no están en su rango óptimo de temperatura, alteran su metabolismo, de ello se obtienen pérdidas económicas por gastos de concentrado y poco crecimiento.

2.3.4 Torres de enfriamiento.

Una torre de enfriamiento es un equipo que utiliza la transferencia de calor y masa para enfriar. Consiste básicamente de una cámara en la que se deposita un relleno, el agua a ser enfriada se lleva a la parte superior de la torre donde se distribuye en forma de gotas, por boquillas de rociado, de esta manera se expone una gran superficie de agua al contacto directo con una corriente de aire atmosférico.

El aire atmosférico es circulado por ventiladores, corrientes convectivas, o corrientes naturales de viento. En una torre de enfriamiento, el agua caliente es enfriada al entregar calor por difusión y convección a una corriente de aire frío. La transferencia de calor por difusión es el calor transferido debido a la energía necesaria para el cambio de estado de líquido a gaseoso que experimenta el

agua. La otra, la transferencia de calor por convección, se sucede por la diferencia de temperaturas entre el agua que fluye y la corriente de aire. Debido a que existe un contacto directo entre los dos fluidos, se eliminan así ciertas resistencias al flujo de calor, lo que conduce a que las torres de enfriamiento operen con un rendimiento térmico uniforme, y a que logren coeficientes de transferencia de calor, mayores que los equipos tubulares usuales.



Torre de enfriamiento de flujo cruzado

La diferencia de temperatura entre el agua de entrada y salida de la torre de enfriamiento ($T_1 - T_2$) es el **rango**. Y a la diferencia entre las temperaturas del agua de salida y la temperatura de bulbo húmedo del aire de entrada ($T_2 - T_{wb}$) la denominamos **aproximación** al bulbo húmedo o simplemente aproximación de la torre de enfriamiento. La aproximación es una función de la capacidad de la torres de enfriamiento y entre más grande sea ésta producirá una aproximación más cercana (agua de salida más fría) para unas condiciones de carga térmica, rata de flujo y estado del aire de entradas dadas. Por consiguiente, la cantidad de calor

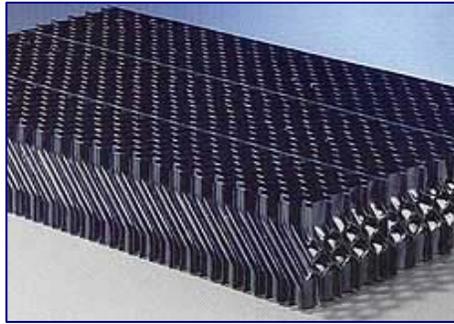
transferido a la atmósfera por la torre es siempre igual a la carga térmica impuesta, mientras el nivel de temperatura al cual el calor es transferido, es determinado por la capacidad térmica y la temperatura del bulbo húmedo del aire de entrada.

El rendimiento térmico de una torre de enfriamiento depende principalmente de esta temperatura de bulbo húmedo del aire que entra forzada o naturalmente en contacto con el agua. Igualmente la eficiencia del equipo depende de la cantidad de superficie de agua expuesta a la corriente de aire, y para mejorar ésta, la torre dispone del relleno cuya función es aumentar la superficie disponible en la torre ya sea distribuyendo el líquido sobre tal superficie o retardando la caída de las gotas a través del aparato.

Los tipos de relleno más usados son:

- El empaque tipo salpique (splash)
- El tipo película.

El primero maximiza el área de contacto y el tiempo de caída al hacer que el agua caiga en forma de achacada a través de sucesivos travesaños arreglados en forma intercalada para que las gotas choquen sucesivamente contra el travesaño inferior. Estos tipos de relleno se utilizan para grandes torres de enfriamiento y se fabrica en madera.



Material de relleno estándar tipo industrial

El empaque tipo película logra el mismo efecto al forzar el agua a fluir sobre delgadas láminas ubicadas verticalmente una muy cerca de la otra. Este relleno es más eficiente, se fabrican en PVC, y son usados para torres pequeñas y medianas. Las torres de enfriamiento en general, se clasifican como muestra el siguiente diagrama:

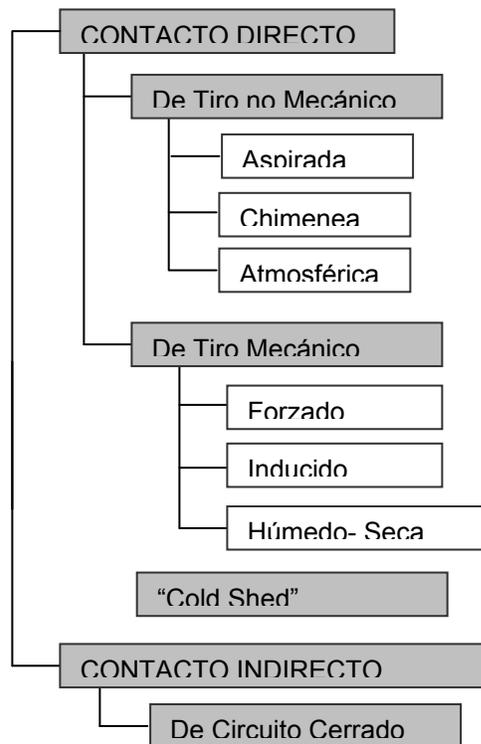


Gráfico 3. Clases de Torres de enfriamiento
Fuente REFRIGERACION INDUSTRIAL

Cada configuración tiene sus ventajas, las de tiro mecánico son las más utilizadas en la industria, por su eficiencia y simplicidad. Este tipo de torres se caracteriza por poseer un ventilador que impulsa grandes cantidades de aire y de acuerdo a la dirección de flujo de ese aire, puede ser de **flujo cruzado** (cuando es perpendicular a la dirección del agua) o **contraflujo** (en el mismo sentido del movimiento del agua); además se pueden combinar entre sí: forzada en contraflujo, inducida en contraflujo, forzada en flujo cruzado, etc. Evaluaremos la mejor opción para nuestro caso.

2.4 DETECCIÓN DE NECESIDADES

Mediante observaciones y cuestionamientos realizados previamente en algunas fincas de la provincia de Mares (Santander) se verificó que los estanques destinados al cultivo piscícola, carecen del control sobre los factores fundamentales como la temperatura que repercuten en la baja productividad, obteniéndose peces listos para el sacrificio hasta dos meses después de lo esperado, además, en ocasiones se llega a la mortandad de un porcentaje considerable de animales, pues las condiciones fisicoquímicas del agua estancada se ven seriamente influenciadas por la elevación de la temperatura en el estanque como consecuencia directa de la radiación solar, que bien es sabido es muy alta en estas zonas.

- En la actualidad, los elementos, máquinas y demás soluciones buscan remediar el problema de la oxigenación en los estanques y se ha entendido hasta ahora, que la carencia de oxígeno es el problema más grave que presentan los cultivos piscícolas. Este producto buscó corregir dos situaciones que se han venido dando en estas regiones cálidas desde el mismo momento que se iniciaron los cultivos: la alteración del metabolismo en las horas más calientes del día, por lo que los peces no se desarrollan normalmente en este medio, además de que un pH básico en altas temperaturas durante largos periodos de tiempo favorecen la presencia del amoníaco en el agua en su forma tóxica, el otro relacionado a la falta de oxígeno en las mañanas debido a la fotosíntesis nocturna causando la mortandad de gran parte de los individuos del cultivo.

2.5 ANALISIS DE LAS SOLUCIONES EXISTENTES

Aquí presentamos los productos existentes que, como lo habíamos dicho, no están destinados para la necesidad planteada; así que nos limitamos a describir los productos sustitutos:

2.5.1. Aireadores superficiales

Los aireadores como su nombre lo indica están contruidos para generar aire en extensiones de agua estancada para acondicionar la cantidad de oxígeno disuelto.

Esto se logra básicamente cuando el agua es golpeada y entra en contacto con el aire de la atmósfera, intercambiando niveles óptimos de oxígeno, y a su vez alcanzando una estabilización de la temperatura a través de las capas media y alta. Veamos:

2.5.1.1. Aireadores de paleta:



Agitador superficial

- Provocan una gran corriente de agua y una buena aireación en el estanque, con bajo consumo eléctrico y fácil mantenimiento.
- Oxigenan y equilibran gases, ayudando al crecimiento y mantenimiento de las poblaciones naturales del estanque (fito y zooplancton).
- Aireadores de paleta de gran calidad, con resistentes palas poliméricas y flotadores de polietileno de alta densidad.

- Disponibles aireadores multipaleta con un incremento de la eficiencia operativa para variadas superficies de actuación. Estos aireadores multipaleta están también disponibles con motor diesel para ser accionados por combustibles fósiles en caso de no tener acceso a la energía eléctrica.

2.5.1.2. Aireadores de turbina sumergida:

- Se utilizan sobre todo en las instalaciones de depuración de las aguas para el tratamiento biológico de las aguas residuales y en las instalaciones en las lagunas.



S.C.M. Technologie

- La variación de la inmersión del rotor determina una diferencia de rendimiento en la transferencia de oxígeno y de la mezcla.
- Sus turbinas están sumamente estudiadas para generar la mayor cantidad posible de oxígeno y evitar la adhesión de pequeñas partículas extrañas.

2.5.2. Sistemas de riego

Los sistemas de riego podrían ser aplicados a los estanques de cultivo piscícola, ya que son extensamente usados en cultivos agrícolas.

2.5.2.1 Riego por aspersión:

El riego por aspersión permite aplicar el agua en forma de lluvia en la cantidad y la zona seleccionada para ello. Para el diseño de un sistema de riego por aspersión, es necesario determinar parámetros técnicos como: la intensidad de la lluvia del aspersor, la distancia entre emisores y su caudal, lo que determina el tiempo de riego.



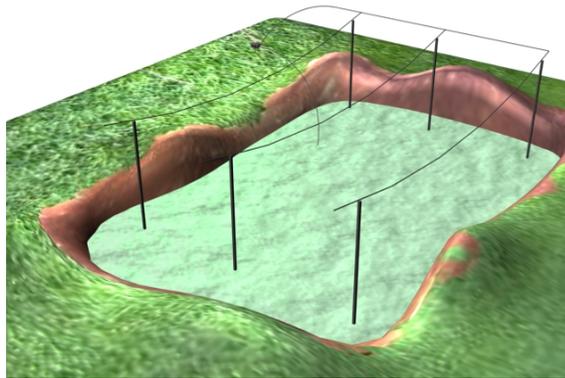
Aspersión de agua en cultivos

La intensidad de lluvia de los aspersores depende del caudal de agua que entrega cada emisor y de la distancia a la cual se coloca un aspersor de otro. El caudal en aspersor dependería de la presión de trabajo que se requiere y el diámetro de boquilla. En general, el caudal aumenta al aumentar el diámetro de la boquilla, la presión o ambos. La relación entre estas variables

lo define el modelo y marca del aspersor. Cada fabricante dispone de catálogos donde se presentan las características de funcionamiento de los diferentes modelos de aspersores disponibles en el mercado.

2.5.2.2 Riego por goteo:

En este tipo de riego el agua se distribuye por una red de tuberías, sobre o en la línea se disponen los emisores llamados goteros (2, 4 y 8 l/h), a una distancia de 50 a 100 cm. entre ellos. Los goteros dejan escapar el agua en forma de gotas, las que difunden en el perfil formando el bulbo húmedo.



Este tipo de riego presenta las siguientes ventajas:

- El agua se aprovecha con más eficiencia.
- Permite aplicar fertilizantes y otras sustancias a través del riego.
- La uniformidad del riego es alta, toda el área del estanque recibiría volúmenes similares.
- Se logran mejores rendimientos asociados a los beneficios anteriores.

- Requiere de una baja utilización de mano de obra.

2.5.3. Sombras y Techos

Con esta opción podremos estar contrarrestando la causa principal que es la radiación solar pero hay que tener en cuenta que el efecto puede ser nocivo si interrumpimos el ciclo natural de la fotosíntesis y demanda de oxígeno. Veamos sus puntos positivos:

- Resultaría muy económico si se compara con otras máquinas.
- Prescinden del uso de motores eléctricos o a gasolina, lo que se traduce en un impacto beneficioso al medio ambiente.



- Estos sistemas los usan, en general, para invernaderos en regiones frías, donde sí se requiere conservar una temperatura y propiciar un clima cálido determinado.

2.6 DETERMINACIÓN DE DATOS ESPECÍFICOS

2.6.1. Biometría

Cada parámetro tiene su unidad de medida, así por ejemplo el oxígeno lo determinamos por la cantidad disuelta en agua, la unidad más utilizada es mg / lt, aquí lo vemos en la gráfica que relaciona la cantidad de oxígeno presente en el estanque a distintas horas del día:

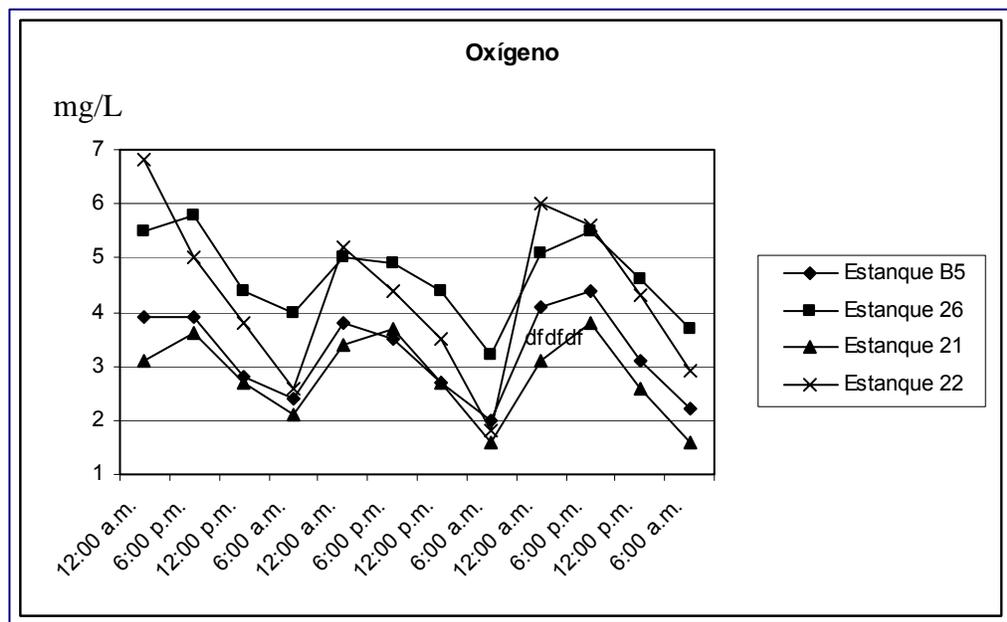


Gráfico 4. Piscícola San Silvestre, Barrancabermeja-2003, UN.

En cuanto al pH y la temperatura, usamos las unidades universalmente conocidas que son la escala del 1 al 14 para el pH y los grados centígrados (°C) para la temperatura. Pero la biometría se extiende mucho más allá de estos factores, abarca el crecimiento de los animales, el consumo energético, propensión a enfermedades, relacionándolos de una manera armónica.

Así que Biometría es fundamental para el control de las condiciones fisicoquímicas del estanque. Son pocos los piscicultores que tienen en cuenta esto, quizás por falta de información o simplemente por los recursos e instrumentos requeridos para esta labor. Las estaciones o centros de investigación generalmente cuentan con la opción de tomar estas medidas, y lo hacen con una frecuencia determinada.

De igual modo, lo más interesante que podríamos obtener entorno a la productividad va muy ligado a la medición de dichas condiciones, o en otras palabras, la biometría del estanque nos indicará cuantitativa y cualitativamente la repercusión (impacto) del sistema.

2.6.2 Dimensiones del impacto:

Tenemos que definir dos clases de impacto, el impacto funcional en el estanque y el impacto ambiental (repercusiones) que van más allá de este cuerpo de agua.

Comenzando por el primero, los datos arrojados deben ser siempre positivos de acuerdo a los objetivos planteados; esto es:

- *Temperatura media (día y noche)*: de día se espera un promedio de 32°C, llegando a un límite máximo y momentáneo (2 horas) de 34°C. Mientras en las

noches, por razones obvias se bajan, manteniéndose en los 27°C o menos, en el mayor lapso posible.

- *Oxígeno disuelto*: el sistema tendrá la capacidad de airear el estanque y suministrarle oxígeno durante las bajas de éste, en un rango de los 5 a 6,5 mg/litro. Se prevé que esta función sea autónoma de manera que en algún momento de urgencia se requiera del oxígeno (como en la noche) y pueda actuar independiente de la otra función.
- *Demanda Química de Oxígeno*: Aunque dependa de la anterior, este parámetro se obliga a medirse y calcularse de manera independiente por que esta demanda es proporcional a la cantidad de seres vivos que haya en el estanque, recordemos que se refiere directamente a la cantidad de oxígeno requerido para oxidar las distintas reacciones químicas. Por esto también se proyecta que el sistema pueda deducir la cantidad requerida de oxígeno; es decir, tenga la cualidad adicional, de calcular este valor.

Desde el punto de vista económico, este impacto lo mediremos por el método de los costos evitados o incurridos, a partir de las funciones dosis- respuesta¹¹.

Este se obtiene simplemente, multiplicando el resultado de los incrementos esperados de la productividad (lo fundamental de la biometría) por su precio o

¹¹ DIEGO AZQUETA. Valoración económica de la calidad ambiental. 1994

beneficio, que en el caso general, tomaría la forma de un aumento en el excedente del piscicultor de pequeña y mediana escala, por lo que advertiríamos beneficios no sólo para el campesino sino para el cliente, quien encontrará peces de mejor calidad en menor tiempo. Este procedimiento, se ilustra mediante la gráfica de demanda:

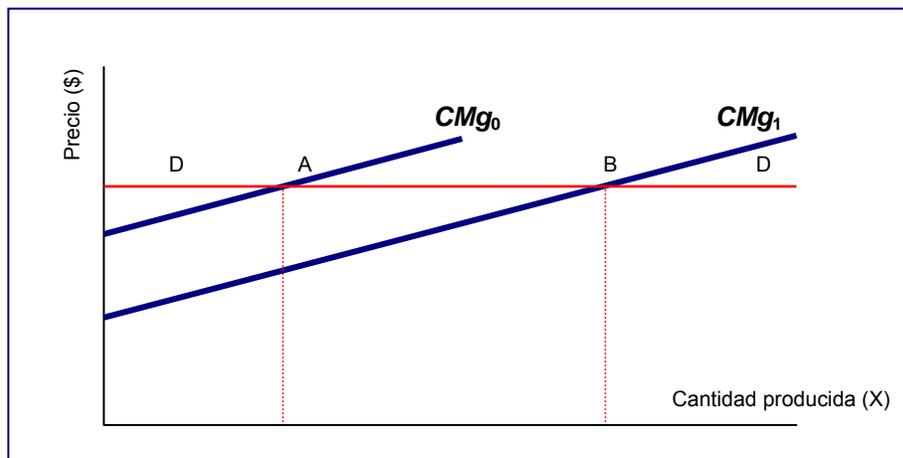


Gráfico 5. Curva de demanda, productos agrícolas.
Fuente: VALORACIÓN ECONÓMICA DE LA CALIDAD AMBIENTAL

La curva de demanda (línea roja), en este caso es horizontal para un piscicultor con clientela variable, lo cual sucede en muchos casos y con esta base podremos prever una mayor venta en el mismo lapso de tiempo que se traduce en la disminución de los costos marginales ($CMg_0 \rightarrow CMg_1$) ya que aumentan los rendimientos del estanque y de los insumos alimenticios.

De cualquier modo, esta proyección no deja de ser un elemento teórico, porque en la realidad este método de calcular el impacto del sistema puede encontrar limitaciones muy sencillas a tener en cuenta, que son dos muy simples: la primera

resulta de la evolución natural que sufren los seres vivos, que para nuestro caso se explicaría con la resistencia de algunas especies a la temperatura y baja de oxígeno, y la segunda limitación se genera por una utilización más intensiva de otros factores productivos (más alimento, por ejemplo).

Mas este procedimiento se revalida con el contexto que enmarca a los piscicultores en general y es el de prescindir de algunas medidas defensivas, por ejemplo la de cultivar especies más resistentes; además que la temperatura es tan cambiante como el clima, por lo que no sería un valor predominante a considerar en una eventual evolución natural.

En esta misma línea se admite calificar el impacto ambiental, lo que implica evaluar de manera global la actividad benéfica del producto junto a su influencia – positiva o negativa- en los distintos bienes ambientales (calidad del agua, del aire...). En este caso se recurre a una función mucho más compleja, que utiliza series y ecuaciones translogarítmicas, donde se combinan todos estos factores y se dan valores para maximizar los beneficios; esta tarea se la cedemos a los agrónomos o ingenieros ambientales, profesionales idóneos para la resolución de estos problemas.

Aquí detallamos los bienes ambientales impactados:

- *Agua:* referidas a su calidad, aceites disueltos que no sean biodegradables.
(ver anexo 9.2)
- *Aire:* salida de gases contaminantes, cantidad de vapor de agua expelida (que contenga moléculas de CO).
- *Ambiente humano:* vibraciones, ruidos, contaminación visual, contaminación por olores.

Hay un conjunto atípico de acciones que pueden causar impactos, que hay que tener muy en cuenta y que dan lugar al deterioro del paisaje en cuestión:

- *Topografía:* es menester estudiar el suelo interno del estanque, ante cualquier tipo de perturbación que puede llegar a causar sedimentación.
- *Vegetación:* con las modificaciones en el oxígeno y la temperatura, efectivamente, el ambiente biótico se debe modificar, tanto adentro y fuera del cuerpo de agua.
- *Singularidad:* hace referencia a lo autóctono de las haciendas y fincas y estaciones piscícolas.

Estas acciones y sus efectos han de determinarse al menos en intensidad, extensión, persistencia, **reversibilidad**, **recuperabilidad** y duración de la intervención. Tanto una relación como otra, se establecen atendiendo a la significatividad (capacidad de generar alteraciones), independencia (para evitar duplicidad), vinculación a la realidad del proyecto y posibilidad de cuantificación, en la medida de lo posible, de cada una de las acciones consideradas.

La valoración de estas alteraciones se llevará a cabo atendiendo, además del signo, al grado de manifestación cualitativa y a su magnitud:

IMPACTO AMBIENTAL	SIGNO	Positivo + Negativo - Indeterminado ×		
	VALOR (GRADO DE MANIFESTACIÓN)	IMPORTANCIA (GRADO DE MANIFESTACIÓN CUALITATIVA)	Grado de incidencia	intensidad
			Caracterización	Extensión Persistencia Reversibilidad Sinergia Acumulación Efecto Periodicidad Recuperabilidad
	MAGNITUD (GRADO DE MANIFESTACIÓN CUANTITATIVA)	Cantidad		
		Calidad		

Gráfico 6. Parámetros de Evaluación de un impacto ambiental.
Fuente: GUIA METODOLÓGICA PARA EL IMPACTO AMBIENTAL

2.6.3 Funciones de transformación¹²:

Estas funciones relacionan más específicamente, la magnitud de un factor ambiental con la calidad ambiental, expresando esta última en función de aquélla.

Las curvas que se obtienen, permiten homogenizar las diferentes unidades de medida de los indicadores de los factores afectados por la intervención del producto (para el agua: mg O₂, °C, pH...) y así expresarlas en unidades abstractas de valor ambiental. A continuación mostramos las más relevantes (en el anexo 9.5, encontramos otras de importancia relativa)

2.6.3.1 Calidad del agua.

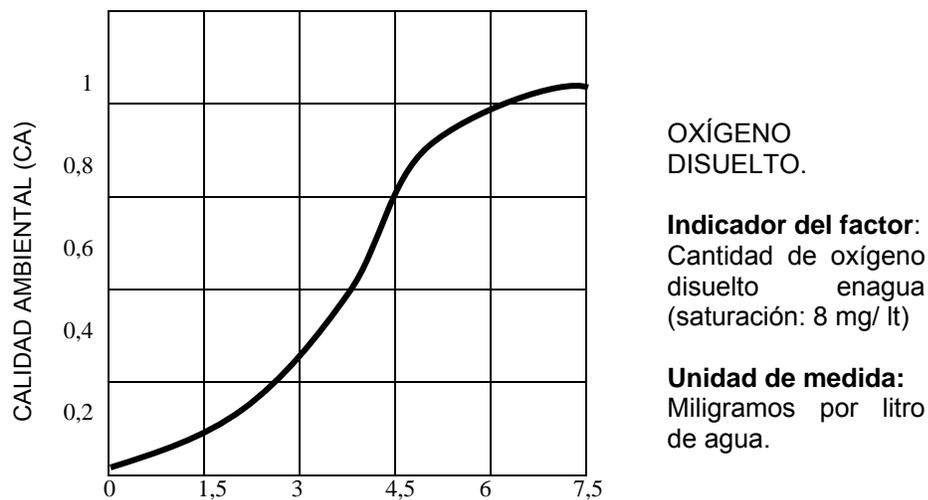
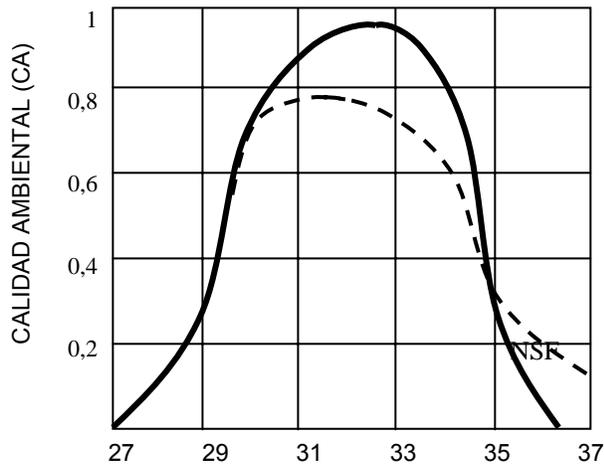


Gráfico 7. CONCENTRACIÓN DE OXÍGENO

¹² GUIA METODOLÓGICA PARA EL IMPACTO AMBIENTAL. Páginas 112 y ss.



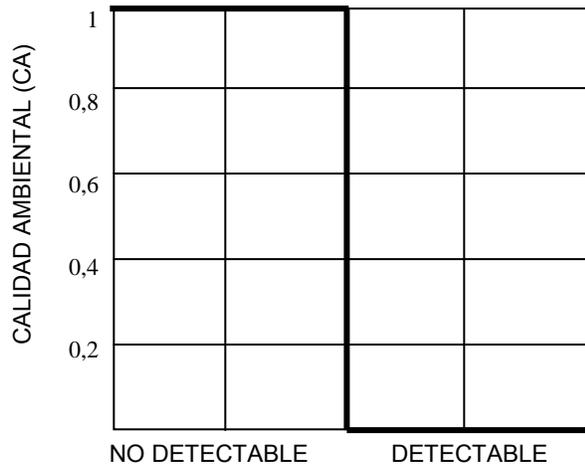
TEMPERATURA

Indicador del factor:
Diferencia de temperatura respecto a la temperatura que se ha considerado de equilibrio para regularla.

Unidad de medida:
Grados centígrados.

NSF: movimiento crítico de la temperatura.

Gráfico 8. TEMPERTURA vs. C.A.

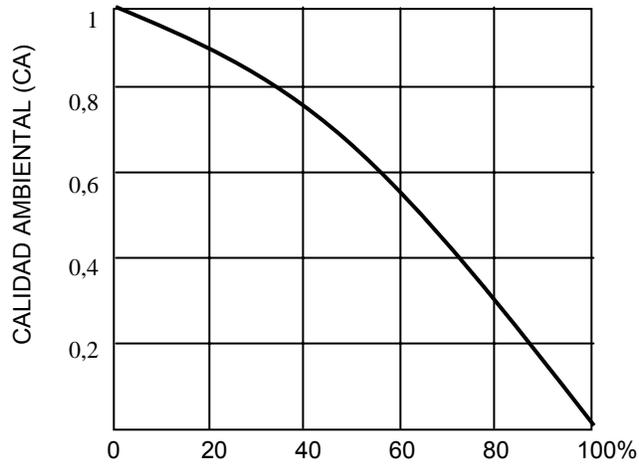


SUSTANCIAS TÓXICAS

Indicador del factor:
Capacidad de ser detectado o no por medios existentes.

Unidad de medida:
Estimativa.

Gráfico 9. SUSTANCIAS TÓXICAS DISUELTAS



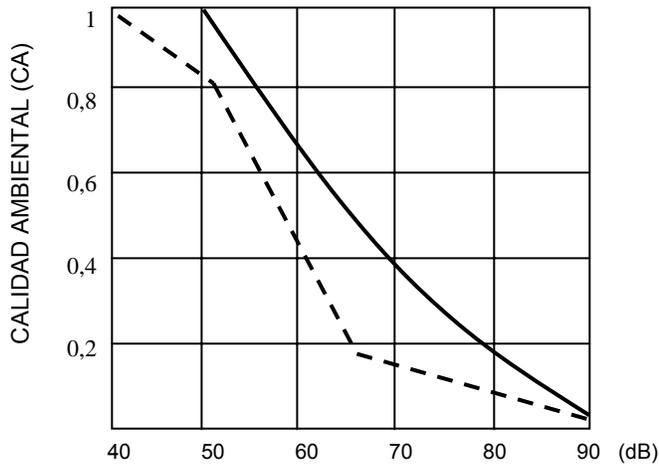
PÉRDIDA DE AGUA POR EVAPORACIÓN:

Indicador del factor:
Relación: pérdidas debido a la absorción de calor/ Recarga diaria de recuperación.

Unidades de medida:
Porcentaje (%)

Gráfico 10. EVAPORACIÓN vs. C.A.

6.3.2 Calidad del aire.



RUIDO

Indicador del factor:
Nivel de presión acústica

Leq ponderado por el número de peces afectados,

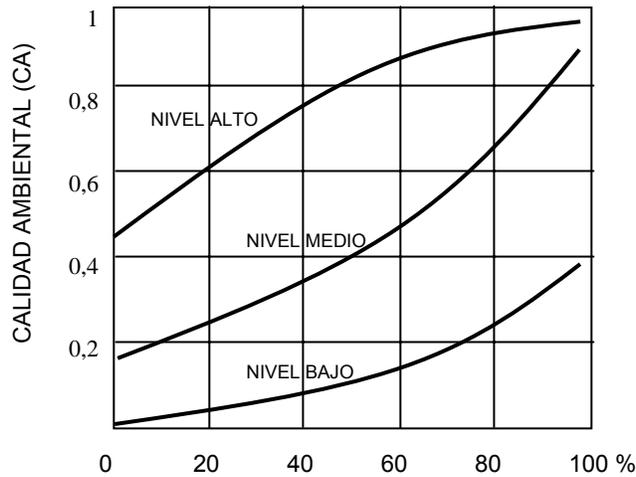
$$Leq P = \sum (Leq_i * h_i) / h$$

Unidades de medida:
Decibelios (dB)

NIVEL DE PRESIÓN ACÚSTICA/ Leq. PONDERADO

Gráfico 11. IMPACTO DEL RUIDO

2.6.3.3 Aspecto humano:



CALIDAD DE VIDA

Indicador del factor:
Personas afectadas respecto del total del entorno, en función de los índices de confort.

Unidades de medida:
%

Gráfico 12. CALIDAD DE VIDA vs. C.A.

2.7 REQUERIMIENTOS DE DISEÑO

Son las variables que debieron cumplirse con la solución cuantitativa y cualitativamente, que fueron fijadas por la investigación previa y el diálogo con los profesionales:

2.7.1 Requerimientos de uso

Son aquellos que por su contenido se refieren a la interacción directa entre el producto y el usuario, correspondiendo a este rubro los siguientes criterios:

- *Practicidad:*

La autonomía del sistema debe considerarse si buscamos integrar dos funciones de manera tal que el producto cumpliera con ellas instantáneamente o bien por separado, de acuerdo a la necesidad.

- *Seguridad:*

Este producto no debe entrañar riesgo alguno para el usuario en el momento de la instalación ni durante el uso. Para esto es importante brindar información acerca de todos los requerimientos técnicos para la instalación, funcionamiento y mantenimiento del mismo, por medio de manuales.

- *Mantenimiento:*

Los cuidados que hay que tener en cuenta con la máquina son importantes para el buen funcionamiento, éstos comprenderán la revisión de las partes fundamentales que pueden ser no sustituibles, por lo que hay que tener en cuenta si es desarmable.

- *Reparación:*

Debe contemplarse que la mayoría de los componentes del sistema puedan ser intercambiados por objetos fácilmente accesibles al usuario; incluso tener en cuenta la posibilidad de ofrecer partes de repuesto.

- *Manipulación:*

Por su autonomía, el sistema interactuará con el usuario (piscicultor) a través de un (display) panel de control, el cual constará de los respectivos medidores y el estudio de la interfase.

- *Ergonomía:*

Consideraremos el estudio del display, por el cual el piscicultor va a interactuar con el producto. Igualmente hay que tener en cuenta las cargas y esfuerzos necesarios en la instalación y mantenimiento del sistema. El peso de cada componente debe ser minimizado y algunas alteraciones ambientales, como el ruido deben estar dentro de los límites permisibles.

- *Percepción:*

Es un factor importante por el cual el usuario relaciona al sistema con el entorno, si planteamos que el equipo flotará, por ejemplo, el espectador deducirá que éste tiene que ver algo con el estanque, diferente sería si estuviera en otro lugar y conectado por otros elementos.

- *Transporte:*

Todas las partes del sistema no manifiestan un peso considerable por el que haya algún inconveniente con el transporte para la instalación del producto o mantenimiento del mismo.

2.7.2 Requerimientos de función

Corresponde a los criterios referentes a los principios físicos, químicos y técnicos de funcionamiento del sistema:

- *Mecanismos:*

Existen varios principios que podría integrar el sistema. Veamos:

1. Principio de refrigeración evaporativa.
2. Reflexión del brillo solar.
3. Refrigeración por absorción.
4. Conducción y convección de calor.
5. Conservación de masa y energía.

- *Confiabilidad:*

El producto buscará entablar una confianza máxima con su usuario ya sea o no, un profesional, tecnólogo y/o tenga conocimiento acerca de los parámetros a controlar en los estanques de cultivo piscícola.

Podrá usarse en distintos ambientes, siempre y cuando cumplan con los requisitos ambientales establecidos, como la temperatura ambiente y la humedad relativa.

- *Versatilidad:*

Esta palabra describirá de manera perfecta al sistema, ya que desempeñará dos funciones integralmente, con los correspondientes beneficios que trae cada una para la adecuación del medio acuático. Por un lado la regulación de la temperatura, como función principal, en ambientes abiertos y para una variedad de temperaturas atmosféricas iniciales. En segundo lugar el producto estará en capacidad de dotar de oxígeno al cuerpo de agua.

Se tendrá en cuenta que sea adaptable a cualquier tipo de estanque, sea natural o artificial, de distintos tamaños (áreas) y profundidades.

- *Resistencia:*

Los esfuerzos a soportar son de considerable estudio, por ello dedicamos un apartado en este libro para los cálculos (Ver diseño mecánico)

- *Acabados:*

Las técnicas específicas para proporcionar una buena apariencia final al sistema dependerán de los materiales.

En primera instancia, hay que tener en cuenta que por ser un producto que entra en contacto directo con el agua, no podríamos utilizar materiales corrosivos; asimismo considerar el uso de materiales poliméricos que

proporcionan buenos acabados, refiriéndonos específicamente a la carcasa, para lo cual se recomienda el uso del plástico reforzado.

2.7.3 Requerimientos estructurales

Son aquellos que por su contenido se refieren a los componentes, partes y elementos constitutivos de un producto (definidos en el aspecto técnico del prototipo construido).

- *Número de componentes:*

Tendremos que considerar un mínimo de partes para facilitara el armado y el traslado. Pero más que eso, hay que tener en cuenta que los componentes sean identificables y así puedan ocupar cada uno su lugar como corresponda.

- *Uniones:*

En lo posible, todas las uniones serán fijas, exceptuando las partes intercambiables como ruedas, material que pueda corroerse o dañarse y la cubierta (carcasa), de manera que favorezcan el mantenimiento y la misma normalización de las partes.

- *Centro de gravedad:*

Este punto es esencial para llegar a definir los dos siguientes. Tendremos en cuenta la ubicación estratégica de este centro dentro del sistema para garantizar la estabilidad.

- *Flotabilidad:*

Esta se precisa en función del volumen de agua desalojado; lo que hay que tener en cuenta aquí es la geometría de los elementos de flotación (principio de Arquímedes).

- *Estabilidad:*

Es fundamental integrar este requerimiento a las demás cualidades del producto. Este se logra en la medida que se defina otros puntos como el centro de gravedad y de flotabilidad.

- *Estructurabilidad:*

Consideramos que la funcionalidad de cada componente o parte es vital para que cumplan con los objetivos técnicos, físicos y formales.

2.7.4 Requerimientos técnico-productivos

Por su contenido se refieren a los medios y métodos de manufactura, correspondiendo a este rubro los siguientes elementos:

- *Maquinaria:*

Debe tomarse en cuenta que los útiles, herramientas y máquinas que pretendemos utilizar, sean accesibles en la región.

Cabe la posibilidad, como proyección comercial, buscar la manera de adquirir estas máquinas, por lo tanto se requieren implementos económicos y accesibles, lo que implicaría un proceso simple de producción.

- *Insumos:*

Al igual que los bienes de capital, los insumos deben ser accesibles de algún modo, aunque éstos se consiguen fácilmente en otros mercados o ciudades.

Los displays que se requieran además de ser accesibles deben traer consigo un indicativo de uso, o en su defecto dedicarle tiempo junto a un profesional de la materia para aplicarlo de mejor manera.

- *Mano de Obra:*

La mano de obra se clasifica regularmente en calificada y no calificada, pues bien buscaremos prescindir de la calificada para aminorar costos y simplificar el proceso productivo, sin perder con esto en la agilidad del proceso productivo.

- *Modo de producción:*

El modo de producción debe ser –por lo menos- 90% industrial, de manera que responda a una producción en serie y a la entrega de productos de calidad. Puede haber cabida (como lo expresamos en el porcentaje) a unas labores no industriales, que van referidas más que todo a la elaboración de moldes y aspectos relacionados.

- *Materias Primas:*

Como ya lo habíamos anotado, debemos considerar materias primas que no se corroan, que presentan un buen comportamiento frente al agua y además de ello que sean muy livianos.

Se deben especificar claramente estos materiales, de manera que se establezca un proceso productivo semi-industrial y en serie, sin cabida al desperdicio.

- *Proceso productivo:*

Como lo hemos planteado hasta aquí, debe considerarse un proceso de producción sencillo de etapas en serie (simultáneas). Desde luego en este aspecto hay que tener en cuenta la mezcla de marketing, que finalmente establecerá la cantidad de productos en lotes o unidades determinadas.

- *Normalización:*

Las piezas mecánicas deben normalizarse en medidas que se encuentran en el mercado; por ejemplo, ejes, poleas, etc.

- *Estandarización:*

Aquellas partes que se fabricarán en serie, requieren de una estandarización, por lo que hay que considerar la construcción de moldes, módulos y otros implementos que permitan la simplificación de la producción y así obtener productos versátiles.

- *Tolerancias:*

Debe considerarse varios tipos de tolerancias:

- 1) Tolerancias en los planos para las piezas mecanizadas.
- 2) Límites máximo y mínimo de las operaciones más complejas (moldeo, inyección).
- 3) Características de las materias primas.

- *Control de Calidad:*

De igual modo, se considerará al final del proceso productivo ya sea en serie o por lotes, una revisión a la calidad del producto y de sus componentes.

- *Embalaje y empaque:*

Estos requerimientos deben favorecer el apilamiento, la carga y en general cualquier traslado del producto. Para el empaque se plantea que las partes estén armadas lo más posible sin incurrir en el gasto de espacio innecesario.

- *Costos de producción:*

Este costo se totalizará en base a los costos directos que involucran la mano de obra, materia prima, insumos y gastos de fábrica, y por otro lado tendremos que presupuestar costos indirectos, donde se hallan gastos de administración, utilidades, entre otros.

2.7.5 Requerimientos de Mercadeo

Son aquellos que por su definición se refieren a la comercialización, distribución y demanda potencial del producto por parte de compradores individuales o institucionales:

- *Demanda:*

La cantidad demandada de este producto es aún inexacta, más aún con proyecciones, teniendo en cuenta todas las variables, calculamos que hay unos 500 clientes potenciales y teniendo en cuenta la poca competencia, esto nos indicaría por lo menos 300.

- *Oferta:*

Atendiendo a esa demanda proyectada, supondremos una oferta que vaya a la medida: primero de los clientes directos (piscicultores de la región) y secundarios como estaciones piscícolas y embalses en otras regiones.

- *Utilidades:*

Valorando los costos de producción, propondremos inicialmente un porcentaje de 15 % del costo directo. Sin embargo, tendremos que considerar que sumemos dentro del cálculo de la utilidad, toda la investigación inicial que debe ser amortizada en toda la producción.

- *Canales de distribución:*

Los canales a utilizar son variados:

1. Gremios agrícolas.
2. Grandes almacenes.
3. Estaciones piscícolas públicas y privadas.
4. Banco agrario.

- *Propaganda:*

Estas se harán por medio de gremios agrarios. También consideramos que lo primero es dar a conocer a la empresa que el producto, por medio de éste, pero es fundamental que se familiaricen con la marca del fabricante.

- *Competencia:*

En la actualidad hay productos similares empleados en otros campos, por lo que esta idea es innovadora. Si hay que considerar aquellos productos sustitutos como aireadores, sombras y torres de enfriamiento, entre otros.

2.7.6 Requerimientos ambientales y legales

Estos se relacionan con la legislación vigente en nuestro país acerca de distintas recomendaciones, dentro de ellas las ambientales que son las más importantes para este caso:

- *Normas:*

La norma colombiana merece un capítulo propio, es extensa; resaltamos los acuerdos más importantes.

En cuanto a la ergonomía y diseño nos basaremos en algunas normas técnicas europeas, nos referiremos por ejemplo, en el aspecto de levantamiento de carga¹³.

- *Certificaciones:*

En cuanto a certificaciones, se propone patentar el producto antes de salir al mercado, de igual su modo de fabricación. Los proveedores deben estar registrados y convenientemente certificados por autoridades nacionales.

¹³ NORMA TECNICA ESPAÑOLA: NTP 177 y 477.

La Certificación ISO 9001 es una base para los proveedores y para el mismo proceso de producción; sin embargo es menester estudiar y tratar de cumplir la ISO 14001 que es más acorde al tema ambiental.

- *Impacto ambiental:*

La adecuación de los factores ambientales que se relacionan con el producto, como el ruido, vibración, peso, contaminación deben ser debidamente estudiados de tal forma que no inciden negativamente con el piscicultor ni con el medio ambiente dentro y fuera del estanque.

- *Ciclo de vida:*

Nuestro sistema debe mejorar el período de productividad con respecto a los productos sustitutos; de igual forma, se plantea que tenga un ciclo de vida (a partir del momento que sale al mercado) alrededor de los 10 años y presumiendo el gasto de energía como mínimo, no afectará el curso renovable de los recursos.

2.8. ESTRUCTURACIÓN DEL PROBLEMA

La cría de especies piscícolas en climas cálidos requiere el ajuste de una serie de factores que van desde la selección de la raza acorde a la temperatura de su respectivo piso térmico, hasta el nivel de oxigenación del agua, pasando por otros

igualmente importantes como el control de plagas, las características del alimento, el sobrecalentamiento del agua y la preparación previa del estanque.

Con este proyecto nos enfocaremos en dos variables fisicoquímicas relacionadas entre sí, el oxígeno y la temperatura. Veamos este primer esquema que nos describe la importancia de estas dos variables en la productividad del estanque:

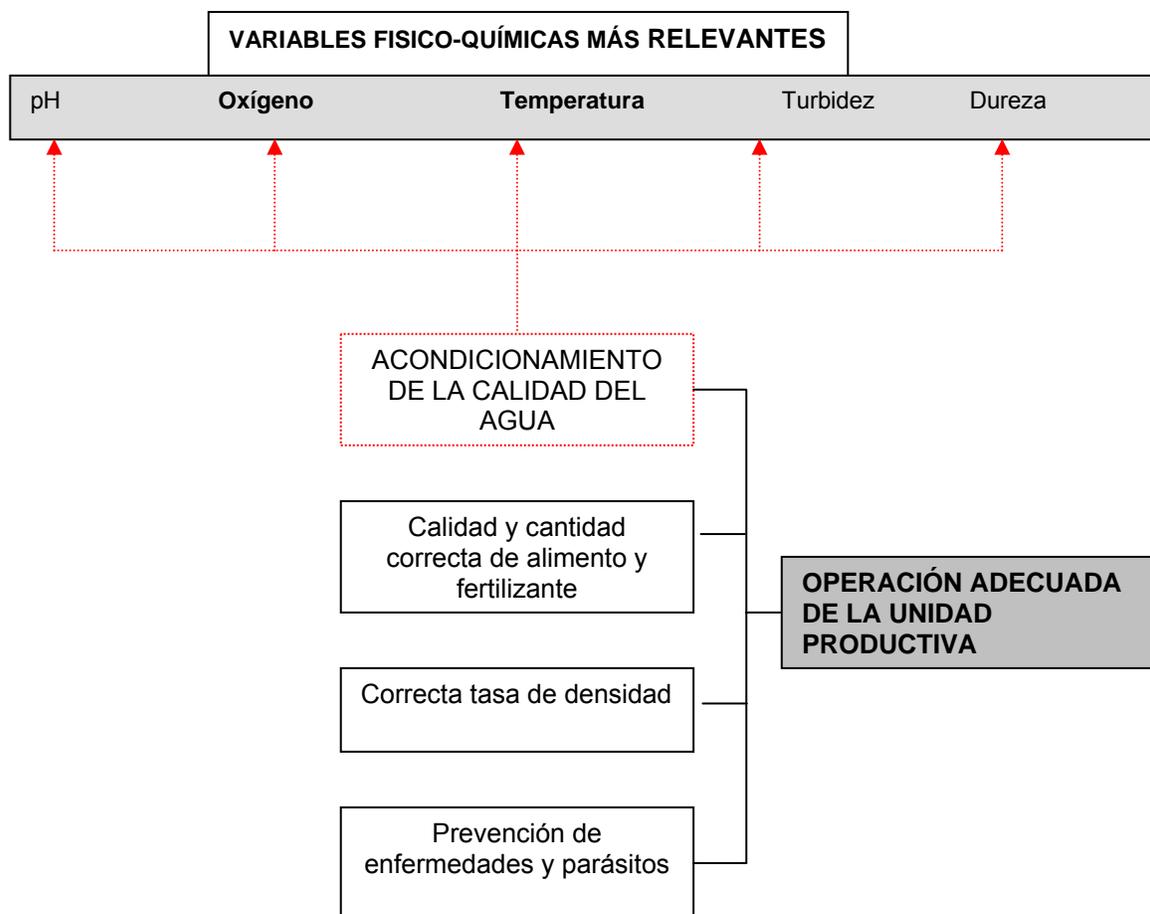


Gráfico 13. Importancia de los parámetros físico-químicos
Fuente: FUNDAMENTOS DE ACUICULTURA CONTINENTAL, INPA.

Teniendo en cuenta que los parámetros se interrelacionan, hay que colocar la suficiente atención sobre la calidad del agua en el cultivo y también la cantidad, y

observaremos que es imperioso concentrar los esfuerzos sobre los parámetros dominantes: la temperatura, el oxígeno disuelto y el potencial de hidrógeno (pH).

Ahora bien, la gráfica siguiente sintetiza la conexión del ambiente con el oxígeno disuelto en el estanque, que hemos descrito anteriormente. Ésta dejar ver la restricción que existe por naturaleza, hacia la interrupción del brillo solar, lo que equivale en la práctica a techar el cuerpo de agua con algún tipo de cubierta.

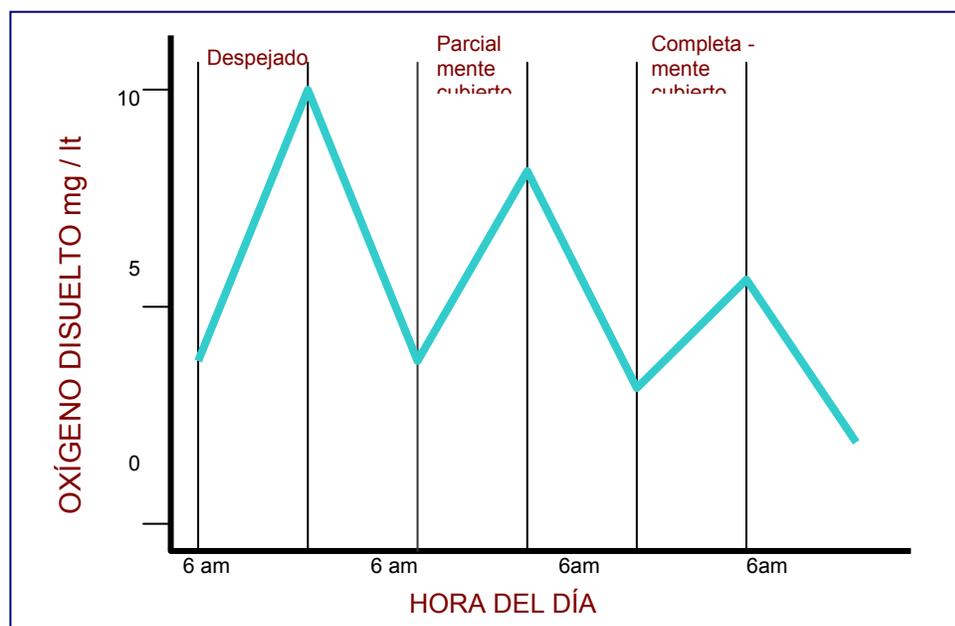


Gráfico 14. Comportamiento del oxígeno disuelto
Fuente: FUNDAMENTOS DE ACUICULTURA CONTINENTAL, INPA.

Con estos dos esquemas tratamos de precisar la importancia de la temperatura y la cantidad de oxígeno disuelto y sobretodo la interrelación que hay entre estas dos variables. Así pues que pasaremos a descifrar el mejor sistema para corregir este problema.

Consideramos pues conveniente, retomar los diferentes métodos de enfriamiento (naturales y artificiales) y tratar de comparar, elaborando analogías o porque no, planteando el rediseño de un dispositivo existente:

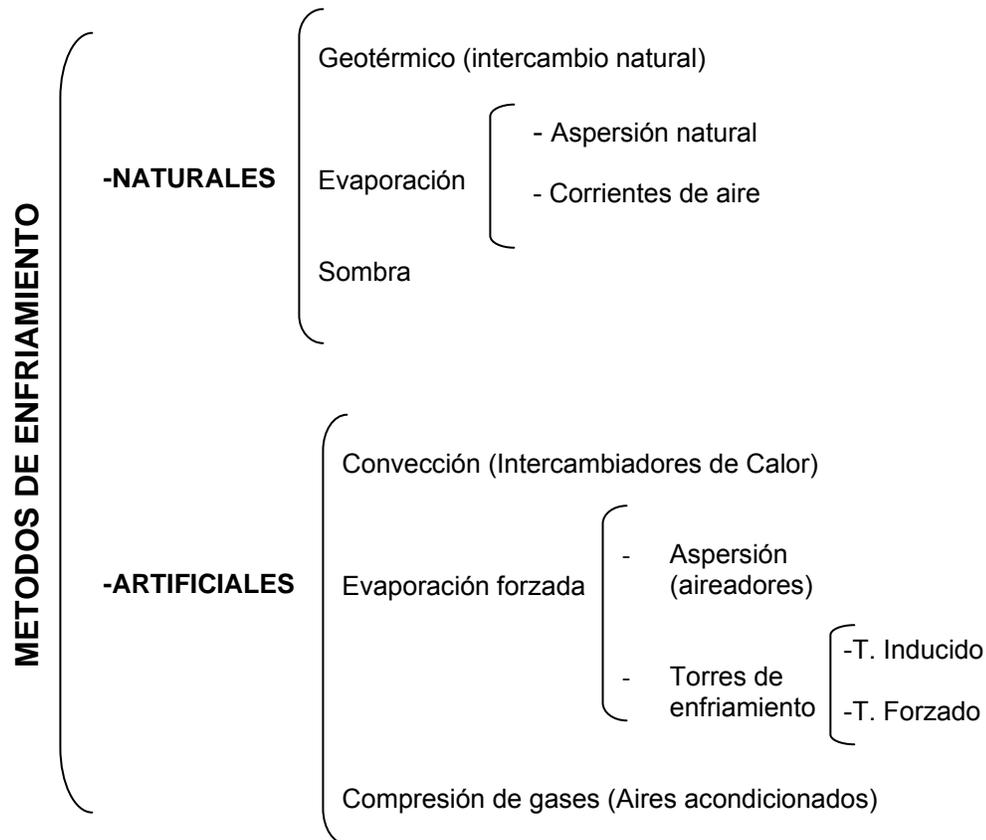
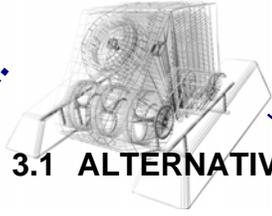


Gráfico 15. Métodos de enfriamiento
Fuente: REFRIGERACIÓN INDUSTRIAL

A partir de esta clasificación comenzó el proceso de diseño como tal, utilizando una metodología muy sencilla que estructuraba el problema desde la investigación inicial, el diálogo con profesionales para comprender mejor estos métodos y evaluando insistentemente en los requerimientos antes planteados.



3. PROPUESTAS DE DISEÑO

3.1 ALTERNATIVAS

Explicaremos a continuación los métodos que concebimos como más relevantes y podrían ser aplicables a esta solución de diseño en particular:

3.1.1 Convección geotérmica

Este procedimiento consiste en propiciar el contacto del agua caliente con la tierra que se encuentra alrededor del estanque y se halla por lo general, más fría; aprovechando el principio de convección que permite la transferencia de temperatura a través de dos ambientes contiguos, utilizaremos la misma agua como medio de transporte.

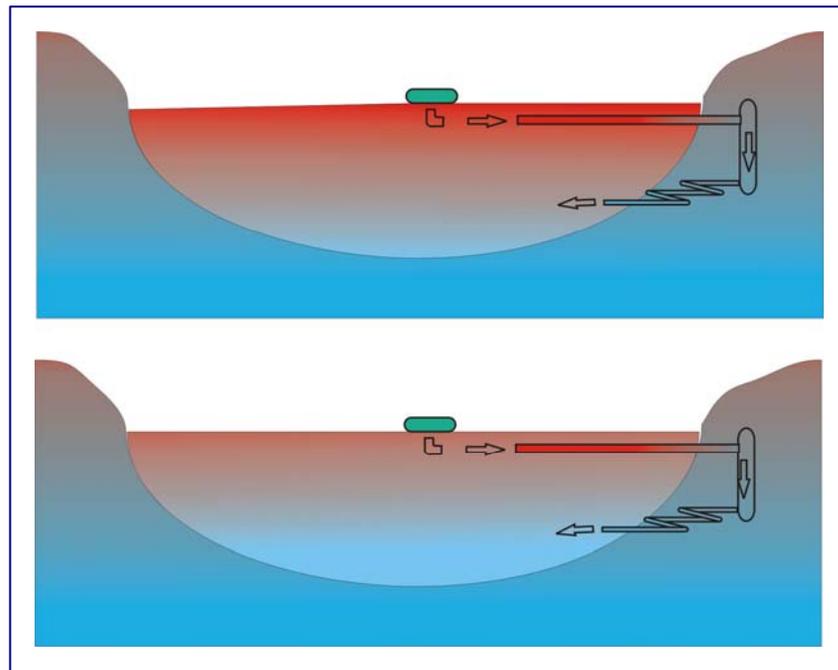


Gráfico 16. Aplicación del principio de convección (contacto con el suelo)

Aquí lo fundamental es encontrar el mayor diferencial de temperatura para que se creen diferentes densidades en el agua, lo que en realidad es lo que genera el movimiento (el agua densa pesa más y baja), y así podríamos aumentar la velocidad de flujo. También hay que tener en cuenta el material y la forma del depósito de intercambio, que es un cuerpo lo suficientemente grande para utilizar el mayor caudal de agua posible.

3.1.2 Principio de Refrigeración evaporativa

Es la eliminación de una cantidad de calor dentro de un sistema hidráulico, este calor se transmite a la atmósfera, siendo el agua retornada a una temperatura inferior. El aire se usa como un medio de refrigeración por medio del fenómeno físico de la evaporación.

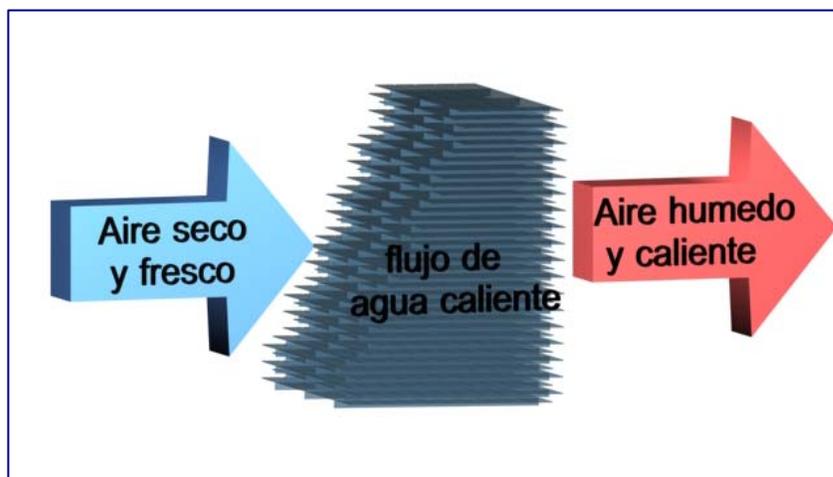


Gráfico 16. Esquema de la refrigeración evaporativa

La transferencia de calor desde el agua al aire se lleva a cabo por convección y por evaporación. Teniendo en cuenta las condiciones del aire cuando entra en

contacto con el agua, sólo el 10 - 15 % del calor se elimina por convección. La evaporación es el fenómeno predominante, su eficiencia está directamente ligada al diseño de las superficies de intercambio. El límite teórico de refrigeración es la temperatura de bulbo húmedo del aire del ambiente circundante de dicha superficie.

Este principio es ampliamente aplicado en todos los niveles de la industria, los más significantes son las torres (de tipo mecánico y natural), los condensadores y también los intercambiadores de calor.

3.1.3 Cubierta reflectora

Este método se trata simplemente de colocar un medio que interrumpa los rayos solares, una cubierta que no permita el paso o inhiba gran parte de la radiación solar. Esta cubierta podría estar hecha de tal forma que deje pasar una alta porción de la luz y absorba calor.

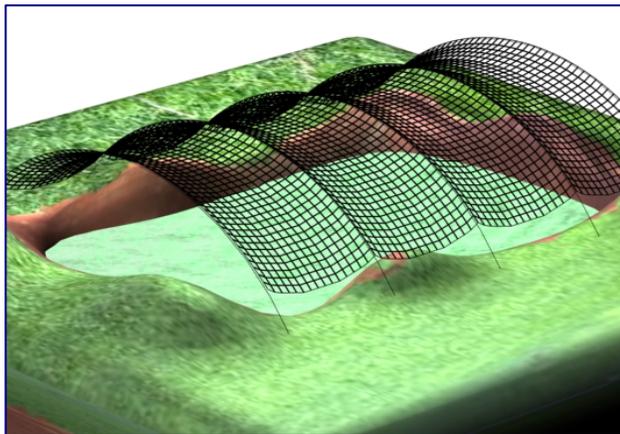


Gráfico 18. Cubierta total para estanques

Por lo anterior, ese método se convertiría más en una investigación de materiales que en una propuesta de diseño como tal; sin embargo, fue valioso hacer un estudio y medir sus efectos de algunos materiales existentes.

3.1.4 Método de Aspersión (riego)

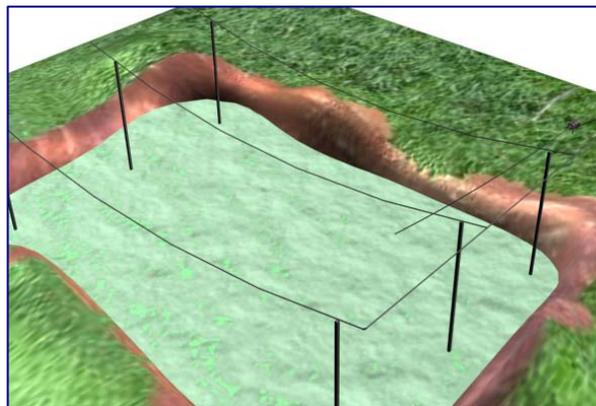


Gráfico 19. Esquema de riego por goteo (duchas)

Existen varias disposiciones para regar un cultivo agrícola que podrían ser aplicables en la aireación y la baja de temperatura del estanque. Aunque se fundamentan en dispersar el líquido a lugares distantes, en un área amplia como los estanques (están destinados para cultivos) podríamos valernos, de igual forma, de la misma agua que está en las capas superficiales.

3.1.5 Elección del método de enfriamiento

Los métodos naturales requieren condiciones topográficas y climáticas muy específicas y bien definidas, además evaluándolos objetivamente resultan poco eficientes sino no les incluimos una fuerza motriz externa (el caso de la

convección), mientras que los dos principios finales que acabamos de describir someramente, requieren de una investigación muy extensa por que traen consigo algunos inconvenientes (como el caso de las cubiertas).

La alternativa de usar sombras o techos puede ser viabilizada mediante una exploración que incluya justamente teoría e investigación profunda de ramas como Biología y Zootecnia para aclarar los temas de los ciclos bioquímicos como la misma fotosíntesis.

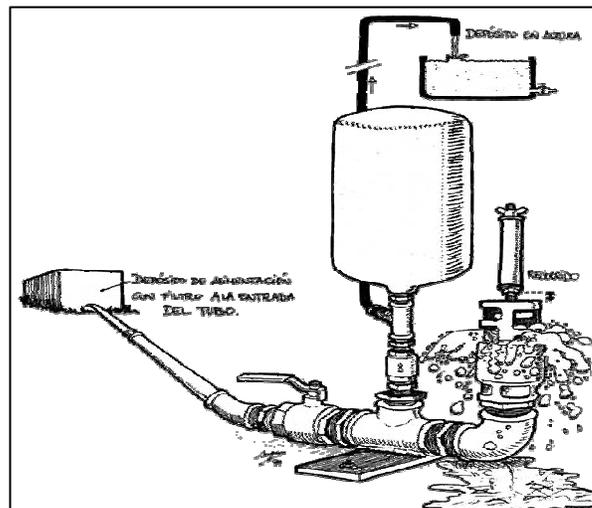
Como decíamos, si a alguno de estos principios le concedemos una energía extra –por lo tanto dejaría de ser totalmente natural el método a utilizar- podríamos obtener excelentes resultados que ya han sido comprobados en distintas aplicaciones de la industria. Cabe anotar, que a esta altura observamos, lo saludable de medir el impacto ambiental y económico de la propuesta de diseño.

De los métodos que hemos explicado, el más viable es el de evaporación forzada, es un método que se vale de un principio natural solo que acelerado, es de los métodos no naturales el mas económico, además si empleamos otros métodos como la descompresión de gases frigoríficos el gasto de energía sería demasiado, el impacto ambiental negativo pues estos gases atentan contra la capa de ozono.

El método de evaporación forzada tiene mucha mas información efectiva que otros métodos relacionados; es así que a partir de este principio, muy simple por su esencia natural, se han propuesto dos alternativas.

3.1.6. Acerca de los arietes hidráulicos:

Una posibilidad contemplada fue la de usar arietes hidráulicos, como fuerza motriz del sistema. El ariete es una máquina¹⁴ que aprovecha únicamente la energía de un pequeño salto de agua para elevar parte de su caudal a una altura superior.



El rendimiento del ariete hidráulico varía en función de cociente H/h . Al aumentar el valor resultante, el rendimiento disminuye; en la tabla siguiente puede verse cómo varía el rendimiento energético.

¹⁴ Inventado en 1796 por Joseph Montgolfier (1749-1810).

H/h	2	3	4	6	8	10	12
R	0.85	0.81	0.76	0.67	0.57	0.43	0.23

El caudal elevado (q) depende del rendimiento (R), el caudal de alimentación (Q), el desnivel de trabajo (h) y la altura de elevación (H). La ecuación por la que se relacionan es la siguiente:

$$q = R \cdot Q \cdot h / H$$

De esta fórmula se deduce que por lo menos se está perdiendo un 58% del caudal de agua ingresado al sistema, por lo tanto no nos resultaba apropiado perder tal cantidad de agua teniendo en cuenta que se iba a usar la misma del estanque; en aquellos casos donde se requiera un recambio extremadamente continuo (con un mínimo de 16 estanques en serie) se puede aplicar este principio.

3.2 DESCRIPCION DE LAS ALTERNATIVAS

3.2.1. Torre flotante (con bomba sumergida)

Esta consiste en una torre de aproximadamente 2m de altura que se suspende en la superficie del estanque y mediante una bomba que recoge el agua de las capas calientes del mismo se hace llevar hasta la cima de la torre, donde existen unos dosificadores para producir el goteo, dejando que el agua baje por gravedad.

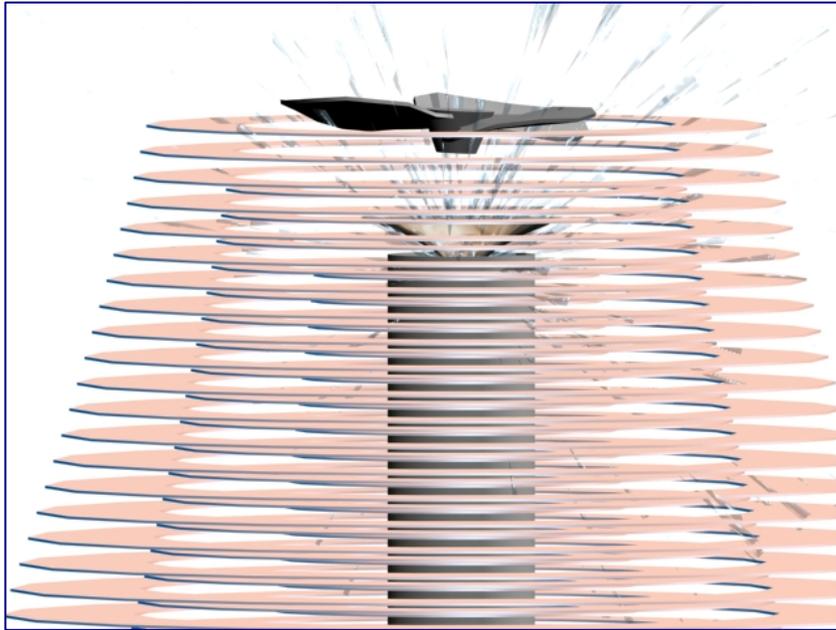


Gráfico 21. Detalle de la salida del agua en la Alternativa 1

A lo alto de la torre se dispone de anillos concéntricos muy cercanos entre sí de manera que se retarda la caída del agua y favoreciéndose el contacto con el aire. Además se coloca un ventilador de rotación horizontal que se ubica en medio de estos anillos, este ventilador va a ser movido por la misma presión de la bomba y mediante una turbina que se encuentra en el interior del eje central de la torre (ver adelante las comprobaciones correspondientes en el ítem de experimentación).

El eje vertical tiene un diámetro de 2", conservándose a lo largo del tubo con una ampliación a 1,40 m donde se aloja la turbina tipo radial para generar el movimiento (detalle en el plano). Este tubo está hecho de acero inoxidable y está provisto de travesaños perpendiculares al eje central del mismo material, sobre los cuales se apoyan los anillos.

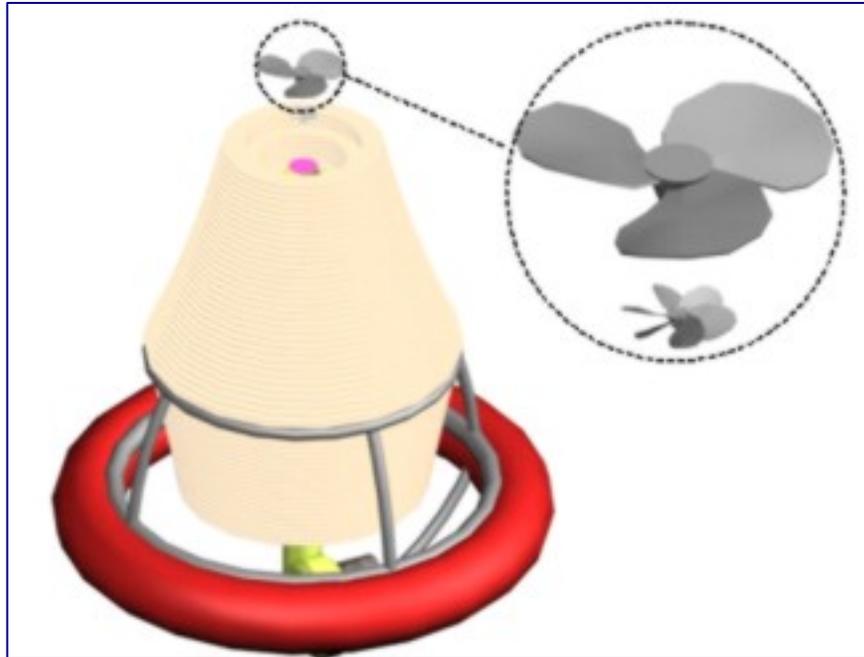


Gráfico 22. Esquema de la alternativa y detalle de la hélice motriz

Discutimos a continuación los puntos positivos y negativos de esta alternativa

Ventajas

–

Desventajas

↑ Liviano.

↑ Autoportante.

↑ Bomba sumergible (resistencia al agua).

↑ Poco gasto de energía

↓ Difícil de armado y mantenimiento.

↓ Costo considerable.

↓ Fabricación compleja.

3.2.2. Aireador y panel de refrigeración (integral):

Esta alternativa la podríamos definir cabalmente como la integración de dos máquinas, un aireador de paleta y una torre de enfriamiento. Con el primero

logramos además de airear (función alterna del producto), llevar el agua hacia el cuerpo de intercambio que está provisto de un material de relleno o empaque muy similar al que utilizan las torres de enfriamiento y del mismo modo que funciona una de éstas, un ventilador de potencia fuerza el aire hacia afuera del cuerpo del sistema (extractor) donde se produce el intercambio de temperatura, en el cual el aire le retira el calor al agua por el principio de la refrigeración evaporativa y se convierte en vapor para finalmente salir como gas volátil hacia la atmósfera.

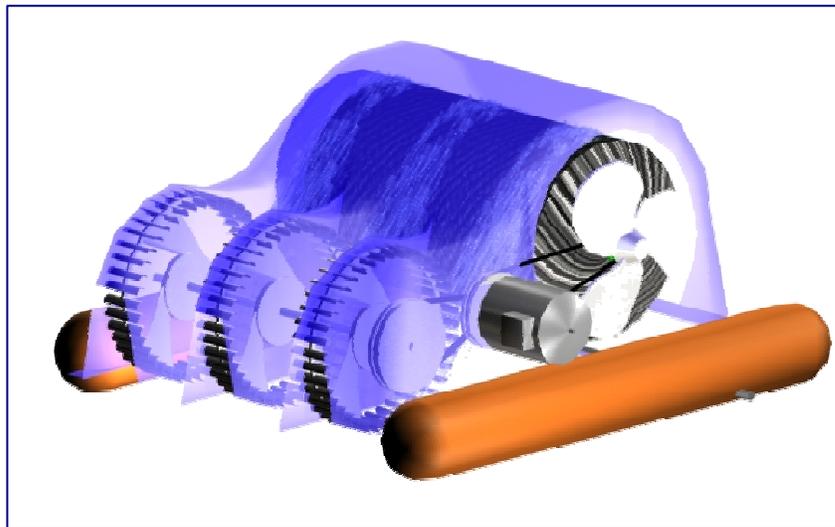


Gráfico 23. Modelo inicial de flujo cruzado

El equipo está compuesto por unas turbinas de agitación que tienen su fuerza motriz propia y los demás componentes son partes que conforman precisamente a una torre de enfriamiento, en este caso de flujo cruzado por la dirección del aire, **inducido** por un ventilador dispuesto en el lateral de la máquina que se alimenta por una banda del motor.

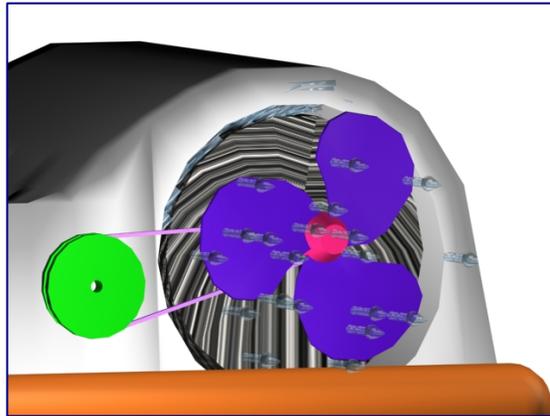


Gráfico 24. Flujo másico de aire

La carcasa que cubre el sistema facilita el intercambio agua- aire por la entrada posterior (abertura) y crea el espacio suficiente para que corra el caudal de aire que se requiere. Todo el sistema es soportado por dos flotadores laterales y un ancla que se asegura en el fondo del estanque, garantizándose la estabilidad de la máquina.

Ventajas

–

Desventajas

↑ Aireación adicional.

↑ Mayor caudal de agua y por tanto más intercambio.

↑ Buena estabilidad

↑ Compacto.

↑ El tipo de relleno evita la aparición de patógenos.

↓ Fabricación compleja

↓ Materiales originales costosos.

↓ Diferenciación de componentes.

Ahora bien, consideramos, por la disposición global de estas dos alternativas (como sistemas), vincular la interfase de igual modo para ambas. Esta incluye los interruptores respectivos para la marcha del sistema y también unos medidores de temperatura (según la tecnología utilizada, se incorporarán también medidores de pH y otros parámetros). Este aparato de control se propone instalarlo fuera del estanque, a una distancia no mayor de dos (2) metros para que el usuario recurra a él precisamente de una manera muy cómoda, porque recordemos que no sólo servirá para activar el sistema, sino para informar al piscicultor de los parámetros monitoreados.

Lo que buscamos entonces es un display o una interfase que nos permita comunicarnos con el producto, esto implica el estudio de mandos, pantallas, etc. (estudio ergonómico). Los podemos conseguir en el mercado de distintas formas y cualidades, por lo que tendríamos que evaluar la mejor opción, que sea accesible, económico y abrir la posibilidad de establecer una red en la mezcla de mercadeo, con la empresa contactada.

3.3 EVALUACION DE ALTERNATIVAS

Los criterios que tuvimos en cuenta para la evaluación fueron los siguientes:

- Impacto ambiental,
- Relación costo/ beneficio,
- El nivel de innovación frente a la tecnología requerida y

- o La lista de requerimientos antes puntualizada.

Mediante una matriz QFD (*Quality Function Design*) y nombrando las ventajas y desventajas de las alternativas que han sido resaltadas anteriormente, se obtuvieron los siguientes valores:

VARIABLE	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	FACTOR DE VALORACIÓN	
			Prioridad	Unidad
Funcionalidad	(9) Se demora un poco más para enfriar	(10) Eficaz	1	°C/ hora de rebaja
Versatilidad /Integridad	(7) Difícil de armar poca aireación	(10) Buena aireación,	2	mg O ₂ min. en armado
Estructurabilidad	(8) Ordenada la disposición de componentes	(7) Por la cantidad de componentes parece desorganizado	9	No de piezas
Estabilidad / Flotabilidad	(7) por su posición natural (vertical) es inestable.	(7) La flotabilidad hay que estudiarla mejor	10	mm de hundimiento
Ligereza/ Peso	(8) Poco pesado, pero difícil de trasladar.	(7) Más pesado y más compacto.	11	Kilogrs.
Mantenimiento/ Reparación	(8) Fácil de mantenimiento (menos componentes)	(6) complicada reparación, se contempla elementos sustituibles	7	Sin unidad
Proceso productivo	(8) Proceso en serie, maquinaria accesible	(8) Proceso en serie, maquinaria y htas accesibles.	3	Maquinaria utiliza. Horas de trabajo

Costos	(6) Muy costoso por los materiales. Requiere una fuerte estructura.	(8) Todas sus partes se pueden elaborar con procedimientos básicos	8	\$ pesos
I. Ambiental/ Ciclo de vida	(7) Es tema susceptible de dudas, lo calificamos con un 7 (regular)	(7) lo mismo que su oponente	4	Años. Unidad es específica
Interfase / displays	(9) Tenemos a disposición excelentes insumos de éstos.	(9) Por ello podemos ofrece buena información al usuario.	12	Sin unidad
Gasto de energía	(8) Sólo la potencia de la bomba 1 HP	(7) Requiere ½ HP más.	6	Kw./ hora
Caudal	(8) Tiene menor caudal que el otro: 6 m ³	(10) Buen caudal de intercambio: 10 m ³	5	m ³ / hora de agua
Innovación	(7) Otro factor subjetivo y difícil de medir.	(8) Le damos un punto más porque tiene una función más.	13	Sin unidad
PUNTAJE TOTAL*	(704)	(781)		

* El puntaje se obtiene por multiplicar cada variable por su respectivo valor inverso,

Es decir si una variable tiene la 1ª prioridad se multiplica por 13, si es 2ª por 12 y así sucesivamente.

Tabla 1. Evaluación QFD de las dos alternativas.

Las variables de innovación e impacto ambiental son difíciles de medir, sin embargo, intentamos valorarlas a través de estos criterios:

- Todo impacto ambiental es resultado mediante una proyección a largo plazo. Lo que hicimos fue, dimensionarlo en un corto plazo.
- En cuanto a la innovación, la precisamos elaborando un cruce entre dos variables, funcionalidad y proceso productivo.
- Restricciones de tipo legal, por ejemplo uso de ciertos materiales.

Con todos estos criterios, nos inclinamos hacia la segunda alternativa; de cualquier modo como quedó registrado, la calificación fue muy pareja, por lo tanto la elección de esta opción fue ardua.

3.4 DESARROLLO DE LA ALTERNATIVA ESCOGIDA

La alternativa que escogimos fue la segunda, por su eficiencia en cuanto al tiempo, beneficios logrados por un menor costo de producción y optimización de los recursos.

Definimos a continuación concretamente las variables.

3.4.1 Variables de Operación definidas

- Caudal de agua: 10 m³ / hora
- Potencia máxima: 2 HP

- Completa autonomía. Si requiere de energía eléctrica que se adapte a un voltaje más generalizado (110V).
- Móvil. Ligero y/o sistema de traslado integrado.
- Materiales biodegradables. Evitar el uso de grasas.

3.4.2 Evolución de la alternativa.

Con estos parámetros, además de los detalles técnico-formales antes descritos, tuvimos esta primera configuración del producto, referida en sus componentes principales, aclarando que este primer 'esbozo' ya había sido revisado en la consulta con el titular de la signatura Transferencia de Calor Aplicada, Ing. Omar Gévez.

En ese momento, se determinó llevar a cabo la experimentación del principio que regía esta alternativa (refrigeración evaporativa), con la aplicación de una turbina de 50 cm. de longitud que de algún modo se asemejaba a la configuración de nuestra alternativa.



Experimentación térmica inicial con turbina abierta

A partir de estas pruebas, nos acercamos mucho a la realidad, en la medida que la idea de suministrar agua a un cuerpo de intercambio por medio de turbinas es muy acertado, porque disponemos de una provisión constante y racional de agua favoreciendo la estancia del agua en un panel o relleno determinado en un tiempo adecuado. Además de esto con la agitación de las turbinas ganamos en aireación, como producto del proceso natural de entrar en contacto el agua con el aire.

Por todo esto, establecimos que este era el mejor método para el suministro de agua y enseguida definimos el diseño de dichas turbinas que se fundamentan en las de aire de salida tangencial con un número necesario de aspas o álabes.

Primero se pensó en 54 paletas para tener un mayor caudal de agua, cada una de ellas de 6 cm. de longitud, funcionando como baldes. Luego se redujeron a 36, porque al quitarle una tercera parte evitábamos que se tropezara el agua de salida con las mismas paletas y así disminuíamos la fuerza de arrastre del agua contra la turbina que era considerable en aquella de 56 aspas.



Experimentación con turbinas (50 y 36 paletas)

Los flotadores pensados en un principio cilíndricos, tuvieron que ser replanteados porque el volumen que se sumergía era mínimo y por esa razón desarrollamos una forma trapezoidal, la cual sugiere mucho más volumen bajo el agua.

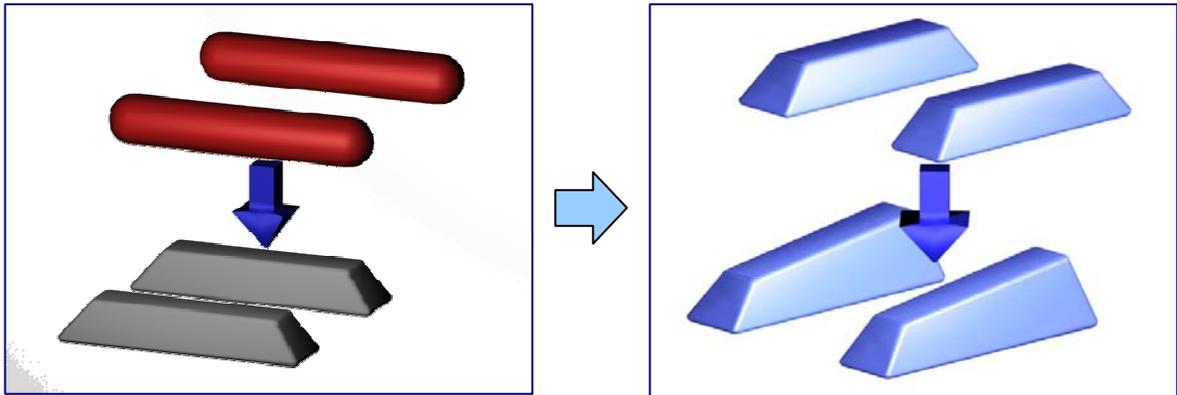


Gráfico 25. Rediseño funcional de los flotadores

Habíamos fabricados incluso estos flotadores que fueron rediseñados por las razones expuestas; al igual que su forma, su longitud fue modificada incrementándose en 20 cm. para obtener más volumen (ver desarrollo funcional: estudio de estabilidad).

La estructura planteada siempre en aluminio, fue construida a partir de tubos y platinas con los espacios respectivos para los soportes del motor, ventilador y de las turbinas.

Esta estructura tuvo algunas modificaciones, fundamentalmente debidas a la posición del ventilador (extractor).



Gráfico 26. Estructura básica del sistema

En este sentido, debemos recordar aquello de las disposiciones diferentes de extractores que caracterizan a la tipología de las torres de enfriamiento; esto es que puede ser de tiro inducido (aire extraído), tiro (aire empujado) y de flujo cruzado o contraflujo dependiendo de los sentidos que llevan el agua y el aire. Advertimos de igual forma que cualquiera de estas disposiciones es funcional y muy válida para aplicarla a este producto.

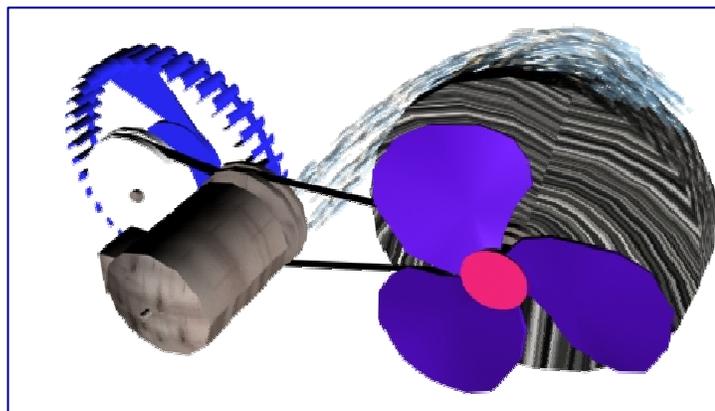


Gráfico 27. Disposición lateral del extractor

Es así que inicialmente el extractor fue ubicado en la parte lateral de la máquina soportado en la estructura; fue colocado allí porque la idea concebía que ubicando el motor en el medio podíamos mover el ventilador y las turbinas en ambos extremos con la misma fuerza motriz.

Indagando de nuevo con los consultores, deducimos que no había razón suficiente para dejarlo ahí y perder en autonomía como efectivamente ocurría al alimentar ventilador y turbinas con el mismo motor. Aclaramos que la dirección del aire que obteníamos al ubicar el ventilador en esa posición definía un contraflujo que para las torres pequeñas son recomendables, aunque el espacio interior no era bien aprovechado.

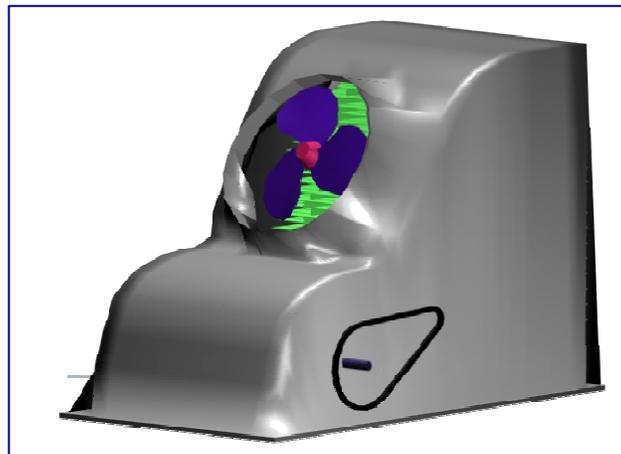


Gráfico 28. Utilización más eficiente del tiro de aire

Luego pensamos en ubicarlo arriba, con un extractor de suficiente caudal y así sacar provecho del interior del cuerpo de intercambio con el tiro inducido del aire. Pero finalmente, se optó por un extractor, también de tiro inducido, ubicado en el frente de la máquina.

Con esta disposición final teníamos un mayor espacio dentro de la máquina y por ende mayor intercambio agua- aire, apoyado esto en la abertura posterior por la cual entraba el aire. Otra ventaja que logramos es que las conexiones estarían más cercanas y podíamos sacarlas por debajo del flotador que sostiene el motor a través de los conductos propuestos.

Por último, se obtuvo el diseño de la cubierta que fue mucho más fácil ubicando los componentes en su respectivo lugar. En el apartado de desarrollo formal observaremos los detalles de este diseño. A continuación describimos cada componente del prototipo construido para las pruebas y su funcionalidad.

3.4 ELABORACION DEL PROTOTIPO FUNCIONAL

Detallamos a continuación las partes principales del prototipo que ha sido experimentado. Aclaramos que estas partes no fueron fabricadas como se planteó en el proceso productivo (en serie), por eso describimos la elaboración del prototipo en las páginas siguientes:

3.5.1. Turbinas:

Se han propuesto tres turbinas para cumplir con el caudal exigido y también aumentar la superficie de agua trabajada. Cada una consta de 36 paletas., movidas por un motor de 1.5 HP, giran a 367 rpm logrando bombear –como

caudal máximo- 250 litros por minuto. Esto representa un 150 % del límite de operación.

Están elaboradas en fundición de aluminio, material liviano y que tiene la propiedad de no corroerse fácilmente con el agua. Pesa 2,25 Kg., 1500 gramos más que la propuesta de diseño (planteada en polipropileno) por rueda, lo que representa en total 4,5 Kg. más para la acción del motor. Además hay que sumar el peso adicional que tiene el eje, que para el prototipo y por las condiciones mencionadas, está fabricado en acero 1040 cromado, en substitución de un eje en aluminio que tiene la propuesta real.

3.5.2 Material de relleno:

El material de empaque o relleno es de tipo cascada. Elaborado en lámina de poliestireno que soporta más temperatura que el PVC. Está dispuesto en forma de cascada, debido a que estamos tratando con un agua dura, es decir cargada de distintas sustancias disueltas como metales, algas y otros organismos vivos que pueden taponar ciertas rendijas.

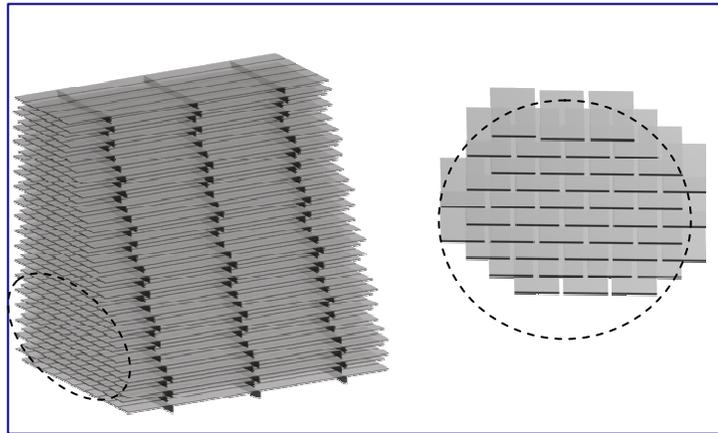
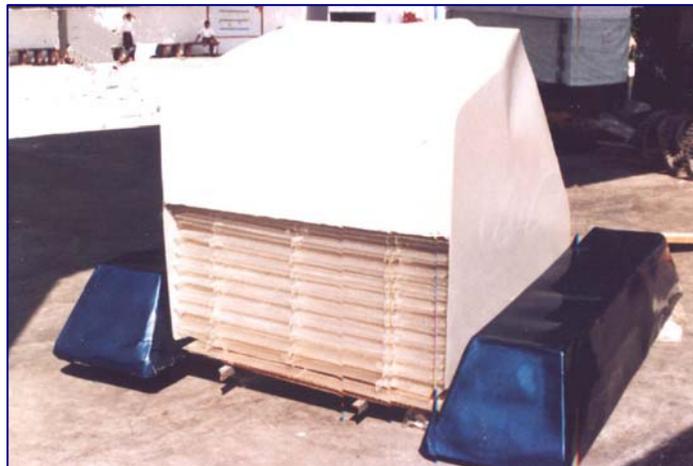


Gráfico 29. Material de relleno y detalle de su disposición

Dentro de las propiedades del poliestireno, sobresalen las buenas características mecánicas aun a bajísimas temperaturas: alta resistencia a la tracción, inodoro, excelente facilidad de molde, estabilidad dimensional, propiedades dimensional, propiedades dieléctricas y aislante de calor. De igual forma este material se deja colorear, metalizar al vacío, barnizar, decorar e imprimir.



Vista posterior del producto

La cascada permite que el agua caiga a razón de aproximadamente una gota cada 45 segundos, lo que se traduce en un mayor área de exposición.

3.5.3 Estructura- flotadores:

La estructura está hecha en aluminio. La conforma tubos de calibre de 1.2 mm y 7/8" de diámetro. Provista de flotadores a cada lado, fabricados en espuma de poliuretano.



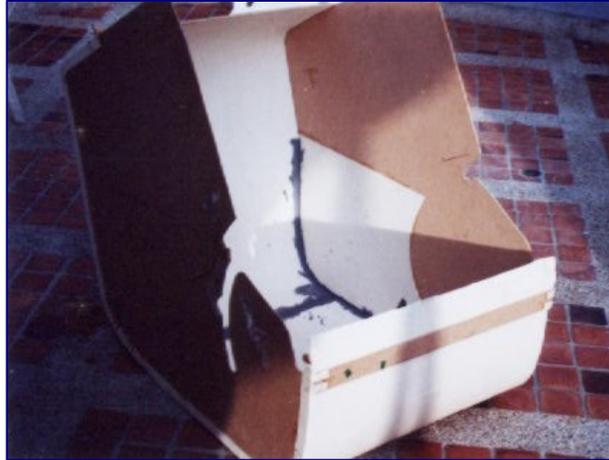
Fabricación de Flotadores

Para la propuesta de diseño, dentro del proceso productivo, se considerará una mejor forma de moldear el poliuretano encima de la estructura (ver ítem diagrama productivo).

3.5.4 Carcasa:

Se ha planteado construirse en Plástico reforzado (resina más fibra de vidrio), un material ligero, duradero y extraordinariamente resistente a la intemperie y puede

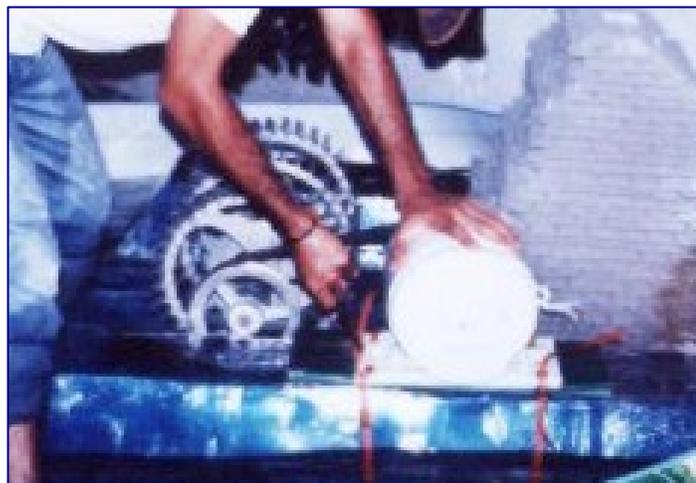
decirse que no existen límites de tamaño y forma en los objetos que puedan hacerse con este material.



Molde carcasa

Su coeficiente de dilatación lineal ($25 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$) permite hacerle frente a la exposición solar durante largo tiempo y por sus propiedades químicas se hace más estable aún.

3.5.5 Motor- transmisión:



Transmisión polea- banda

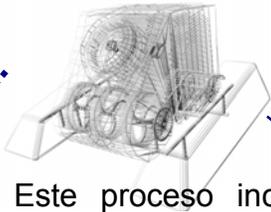
El motor que mueve las turbinas (1.5 HP) está sobredimensionado con respecto a la propuesta de diseño, por el peso de estas ruedas hechas en aluminio. La transmisión se podría obviar si conseguimos el moto-reductor adecuado, pero elevaría el costo del producto.

La transmisión propuesta, por lo menos para el prototipo experimental, es de polea-banda que posee excelente transmisión de potencia y buenas propiedades de resistencia. Verificaremos eventualmente su comportamiento frente a la alta humedad.

3.5.6 Tablero de Control:

Este display fue elaborado en acrílico termoformado con pistola de calor (se plantea en Polipropileno termoformado al vacío). Consta de tres piezas básicamente: un soporte, caja de controladores y cubierta.

Sus indicadores y controladores cumplen unas reglas básicas que se desarrollan en el ítem de análisis funcional, en las páginas siguientes. Destacamos la simplicidad de este control que va de la mano a la adquisición de tecnología, de modo que sea confortable al usuario.



4. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Este proceso incluyó las pruebas a los distintos métodos de refrigeración (modelos) y asimismo la comprobación del prototipo final.

4.1. VARIABLES MEDIDAS

Los parámetros a medir son los esperados: temperatura y oxígeno disuelto. De estas dos se derivan la temperatura ambiente, humedad relativa y las temperaturas de bulbo seco y húmedo.

Además de otras variables físicas como la densidad de peces, tamaño del estanque (a partir de ellas se obtiene la DBO). También requerimos definir, mediante las experimentaciones, las de tipo mecánico, como son la potencia y velocidad de giro del motor. Estas se dimensionaron, por supuesto, con la ayuda de fórmulas y datos matemáticos.

4.2. FACTORES DE INFLUENCIA

Hubo factores de distinta naturaleza que repercutieron en la toma de datos.

Veamos:

4.2.1 Factores ambientales:

Es el agente más influyente, por supuesto, por la naturaleza del proyecto, y lo hace desde varios flancos:

- La temperatura ambiente junto a la humedad presente, fijan la temperatura de bulbo húmedo, que es límite inferior de operación de la máquina. Así que durante las distintas pruebas, trabajamos con una variedad de temperaturas que permitieron verificar promedios y temperaturas medias.



Toma de datos, durante el día

- Por su lado, el brillo solar determina la radiación que recibe el cuerpo de agua y por supuesto, buscamos hacer las pruebas durante los días completamente despejados, donde hay mayor radiación.

- Apuntábamos que la humedad relativa del ambiente fija la T_{bh} y estas zonas presentan por lo general un buen promedio que llega en ocasiones al 85 %.

- La velocidad del viento también es importante, y más que la velocidad, la presencia del viento que favorece el intercambio agua-aire.

4.2.2 Factores tecnológicos:

Factores como los materiales que no se consiguen fácilmente y algunos procesos que se retrasaron se convirtieron en limitantes para la fabricación de los modelos experimentales y del mismo prototipo final.

En este rubro también vale la pena señalar los instrumentos de medición que trataron de ser lo más fiable posible: utilizamos un termómetro básico ambiental y para calcular la velocidad de giro de la turbina interna (Alternativa 1) recurrimos al ensayo del hilo atado al eje para determinar las revoluciones.

4.2.3 Factores de logística:

Fallas logísticas se presentaron en la experimentación. Como:

- La piscina en las pruebas experimentales no era del tamaño apropiado.
- Algunos traslados no fueron programados.
- Mayor conexión con instituciones gubernamentales como INPA o UMATA de la región.

Sin embargo, también hubo aciertos en la programación, como por ejemplo la compra de materiales usados (que redujeron gastos) y la elección de los lugares para la experimentación, que permitió tomar datos de alta fidelidad a pesar del tamaño de la piscina.

4.3. EQUIPO EXPERIMENTAL

4.3.1. Descripción de los modelos funcionales

Los modelos que se comprobaron son los siguientes:

4.3.1.1 Aireador- panel:

Se construyó a partir de unas turbinas de paleta continua (foto) de 11 cm. de diámetro y 40 cm. de largo, ésta es movida por un motor de $\frac{1}{2}$ HP. Se necesitó una estructura para instalarla a la profundidad requerida.



Modelo experimental en funcionamiento

De igual forma se dispuso de un panel, conformada por cuatro capas de tamiz polimérico, también sostenido por una base independiente a la primera estructura y que se soportaba sobre el suelo.



Utilización de un panel para retardar la caída de agua

El fin era lograr una reducción, sin incorporar ventilación forzada, de 4- 5 °C en el agua estancada, mediante su agitación y manteniéndola cerca al aire con el uso de la malla plástica.

4.3.1.2 Sombra:

Buscando verificar los resultados de instalar un techo sobre el estanque, se colocó una sombra que cubría la misma piscina de pruebas. Esta sombra es una manta plástica, denominada comercialmente como polisombra.

Se ubicó este material soportada en una estructura, durante tres días y se tomaron los datos respectivos.

Mecanismo turbina con bomba:

Aquí nos centramos en probar el mecanismo de la turbina interna dentro de la alternativa de la torre vertical. Para ello recurrimos a una turbina radial de 3" de diámetro con 6 aspas.

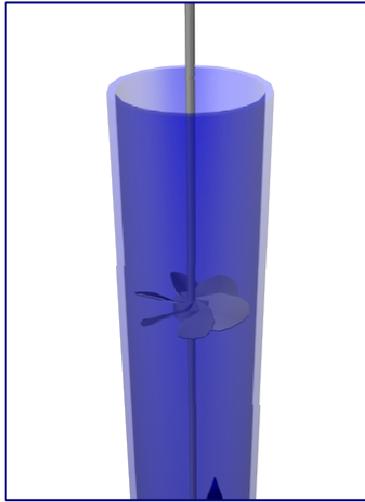


Gráfico 30. Turbina radial dentro de un tubo

Esta fue unida a una tubería de PVC, la cual se conectaba a una bomba de 1 HP con flujo real de 106 lt/min. y así observar el movimiento y velocidad angular de la turbina. Sólo se comprobó este mecanismo porque sabíamos que funcionaba el resto del aparato, conociendo de su dependencia a una bomba sumergible, que ya ha sido verificada técnicamente.

El método de aspersión que define a esta alternativa se basa también en el principio de refrigeración evaporativa que, como lo hemos manifestado, funciona y es el apropiado para este tipo de productos.

4.3.2. Instrumentos utilizados:

Se usaron para probar estos modelos anteriormente descritos, los siguientes instrumentos:

- Termómetro ambiental de uso académico. Escala 250 °C.
- Decámetro y reglas métricas de profundidad.
- Herramientas para excavaciones.
- Un reloj con cronómetro.
- Un anemómetro
- Instrumentos de registro visual: una filmadora Handycam y una cámara fotográfica.
- Aquí cabe especificar la misma piscina de pruebas, que tiene un diámetro de 2,3 m y un volumen de 2100 litros aproximadamente.

4.4 RESULTADOS DE LAS PRUEBAS

Mostraremos a continuación, cualitativa y cuantitativamente, los resultados obtenidos a partir de las distintas experimentaciones. Estas comprendieron:

4.4.1 Velocidad de giro de la turbina interior en la alternativa 1.

Alrededor de este dato se definía gran parte de la segunda alternativa, ya que constituía a la función principal del sistema: aireación de la cascada. De acuerdo al provecho de la energía potencial del flujo de agua (o sea de la propia bomba),

ésta se transformaría en energía cinética y a su vez absorbida por esta turbina para generar la rotación del ventilador

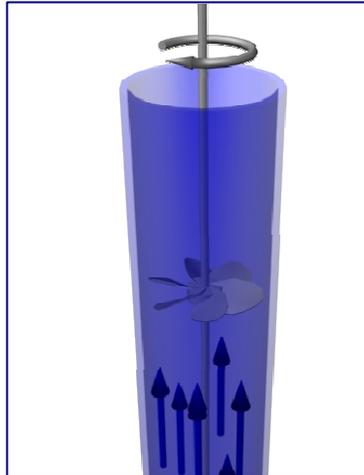


Gráfico 31. Detalle del mecanismo

Así que tomamos una bomba, para hacer fluir el agua con una energía determinada a través de una tubería de tres pulgadas, donde se aloja la turbina. Veamos los cálculos realizados.

Datos de la bomba y turbina

Potencia: 1 HP

No de paletas: 6

Caudal: 2400 lt/ hora

Diámetro exterior: 3"

Diámetro salida: 2 "

Diámetro del eje: ½ "

Mediante un procedimiento iterativo se tomó el tiempo en una serie de 10 datos, mientras el eje de la turbina recogía en cada uno de los intentos, una cuerda de dimensión conocida, obteniéndose así un promedio de las revoluciones.

$$\frac{\Sigma \text{Revoluciones}}{\text{Tiempo}_{\text{media}}} = \frac{48,68 \text{ rev}}{13,5 \text{ segundos}} = 216,35 \text{ RPM}$$

Esta velocidad es bastante menor de lo que se presumía, teniendo en cuenta que los datos de la bomba son los más fidedignos y cercanos a los que se pretendían utilizar en la alternativa y la turbina tiene una eficiencia expresada en los libros de cerca del 90%.

4.4.2 Pruebas del modelo funcional de la alternativa 2

Este modelo fue sometido a tres pruebas en tres días consecutivos en Sabana de Torres, con el uso de la piscina artificial antes descrita. Los datos ambientales variaban de acuerdo al comportamiento climático que presentaba cada día de pruebas. Veamos:

Teniendo en cuenta,

Ta= temperatura ambiente, Tw= temperatura del agua,

Tbh= temperatura del bulbo húmedo.

1^{er} DÍA. Cielo: poco Nublado. Hora: 4:30 p.m.			
(sin Ventilación)			
Ta = 32 °C ; Tw = 36 °C ; Tbh= 30,5 °C			
[A 15 min.]	Tw = 35.5 °C	[A 25 min.]	Tw = 34.5 °C

<i>Hora: 5: 15 p.m. Lluvia ligera. Tbh = 28 °C</i> <i>(Sin ventilación)</i>			
[A 50 min.]	Tw = 33.5 °C	[A 75 min.]	Tw = 33 °C
<i>Hora: 6: 00 p.m. Cielo nublado. Tbh = 27 °C</i> <i>(con Ventilación)</i>			
[A 110 min.]	Tw = 32 °C	[A 135 min.]	Tw = 31,5 °C

Tabla 2. Pruebas del modelo experimental

2º DÍA. Cielo: Despejado. Hora: 11:30 p.m. (sin Ventilación)			
Ta = 34,5 °C ; Tw = 32 °C ; Tbh= 28,5 °C			
[A 15 min.]	Tw = 32.5 °C	[A 60 min.]	Tw = 33.2 °C

A partir de estos dos cuadros, inferimos que hay mayor acción hacia la tarde (entrando en la noche), por dos razones básicas: primero porque el sol ha dejado de actuar y además, porque en las horas del mediodía los peces aprovechan para descansar un rato y se guarecen en el fondo, por lo tanto la temperatura del agua en la superficie no influye en los animales.

Ahora quisimos verificar el comportamiento del modelo funcional en una hora que pareciera crucial: hacia las dos o tres de la tarde, cuando la incidencia mayor de la radiación solar ha ocurrido (después del paso por el cenit del cielo), porque pareciera también, como lo corroboramos en la investigación inicial, que después

de este momento la temperatura del agua se estabiliza, por lo menos superficialmente.

3^{er} DÍA. Cielo: Despejado. Hora: 2:30 p.m. (sin Ventilación)			
Ta = 36,5 °C ; Tw = 34 °C ; Tbh= 30 °C			
[A 15 min.]	Tw = 34.5 °C *	[A 35 min.]	Tw = 34.5 °C
Hora: 3: 30 p.m. Cielo despejado. Tbh = 29 °C (Sin ventilación)			
[A 60 min.]	Tw = 33 °C	[A 75 min.]	Tw = 32.2 °C
Hora: 4: 15 p.m. Cielo poco nublado. Tbh = 28 °C (sin Ventilación)			
[A 115 min.]	Tw = 32 °C	[A 130 min.]	Tw = 31,8 °C

* asciende la Tw por el efecto espejo que se extiende en la superficie del estanque.

Con estas pruebas, se hicieron las siguientes observaciones:

- En un lapso relativamente corto de tiempo (1 hora), es fácil bajar las altas temperaturas, por encima de 36 °C, llevándolas a los 32 °C por acción del aparato y sin ventilador; sin embargo, a partir de allí la acción del aparato es muy lenta.
- Por esta razón es que pensamos que se hace necesario forzar el aire, mediante el uso de un ventilador, en un tiempo similar a la acción primera, que

seguramente veremos disminuido con la capacidad de bombeo, tanto de agua, como de aire.

- La hora más apropiada para activar el sistema es hacia las dos de la tarde, antes de las tres (2:00 – 3:00 p.m.) para provocar un mayor efecto en la superficie, cuando ésta empieza a elevar su temperatura y así no dejar que sobrepase los 35 °C, por ende sea menor el rango de desempeño del sistema y finalmente funcione durante el menor tiempo posible.
- Definitivamente la efectividad de la máquina se halla en la rapidez con que se mueva la masa de agua requerida, la cual varía con el tamaño de la superficie que posea el estanque en cuestión. Este volumen es obtenido de multiplicar el espejo por el factor de profundidad de acción, definida en 0,40.

4.4.3 Experimentación con la sombra sobre el estanque

Utilizando 3m² de polisombra (malla plástica al 80%), la colocamos sobre la misma piscina usada en las anteriores pruebas y soportada sobre una estructura de madera a una altura de 2.10 m

1^{er} DÍA. Cielo: despejado.

Tiempo de exposición: Todo el día

Se colocó la polisombra desde la mañana y se registraron las mayores temperaturas del agua las 2 de la tarde
Ta = 35 °C ; Tw = 37 °C ; Tbh= 31 °C

Tabla 3. Pruebas de la sombra experimental

2^{do} DÍA. Cielo: despejado.
Tiempo de exposición: Todo el día
Ta = 34 °C ; Tw = 36.5 °C ; Tbh= 31 °C

Esto nos señala que esta sombra no rebajó más de 1°C, quizá el ojo de la malla era muy grueso, pero definitivamente esto implica mayor estudio teniendo en cuenta los procesos biológicos naturales como la fotosíntesis y la aparición de algas y agentes anaeróbicos, que se ven afectados directamente con la exposición a los rayos solares.

4.5 PUESTA EN FUNCIONAMIENTO DEL PROTOTIPO



El prototipo construido fue probado en un estanque, ubicado en la finca El Reposo, en el municipio de Sabana de Torres, en términos generales as condiciones climatológicas favorables.

Durante seis días de experimentación se tomaron datos de temperatura y oxígeno, con la ayuda del CEIAM¹⁵, quien nos ofreció la medición de oxígeno disuelto en el estanque, requerido para medir el impacto ambiental del sistema. Los equipos utilizados durante estos días, fueron:

- Oxímetro digital.(CEIAM)
- Termómetro ambiental. Escala 150 °C
- Cronómetro.
- Libreta de apuntes, esferos.

4.5.1 Medición de Resultados

Durante el primer día los datos registrados fueron de temperatura y oxígeno en un día normal, *sin la intervención de la máquina* y obtuvimos la siguiente información:

HORA	T. ambiente	T. agua	T. B húmedo	mg/lt O ₂	OBSERVACIONES
12:00 p.m.	34 °C	36 °C * 31 °C **		3,3	Estanque con lama superficial
1:00 p.m.	34 °C	37 °C 32 °C		2,9	
	34.2 °C	36.5 °C		2,8	

¹⁵ Centro de Estudios e Investigaciones Ambientales. Dependencia de la Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga.

2:30 p.m.		32 °C			
3:30 p.m.	35 °C	35 °C 31 °C		2,5	
4:30 p.m.	33.5 °C	34°C 30,5 °C		2,8	
6:00 p.m.	33 °C	31,5 °C 30 °C		2,6	
7:00 p.m.	33 °C	35.5 °C 30 °C		2,3	

* Temperatura tomada en la periferia (orilla).

** Temperatura tomada en el centro del estanque a 30 cm. de profundidad.

Tabla 4. Resultados del 1er día de pruebas del prototipo.

Al día siguiente se hizo registro de los dos parámetros, temperatura y oxígeno.

Mientras los cuatro (4) días restantes se hicieron análisis exclusivos de temperatura, modificando sólo el tiempo de trabajo de la máquina (1-2 y 3 horas).

Veamos:

2º DÍA

HORA	T. ambiente	T. agua	T. B húmedo	mg/lit O ₂	OBSERVACIONES
7:00 a.m.	30 °C	29 °C * 30 °C **		0,6	
8:00 a.m.	32 °C	31 °C 30 °C		2,4	Oxígeno a 10 cm. De profundidad
9:00 a.m.	33 °C	30.5 °C 29.5 °C		1,4 *** 1,8 ****	
9: 30 a.m.	32.5 °C	30 °C 29.5 °C		1,7 2,0	Con la aplicación del producto. (sin ventilador)
10:30 a.m.	33 °C	31.5 °C 29.8 °C		1,6 2,5	
	34 °C	34 °C		2,1	

12:00 m		30 °C		6,1	
12:30 p.m.	34 °C	33.5 °C 31°C		3,2 6,5	Con el aparato encendido (sin ventilador)
3:00 p.m.	36.2 °C	36 °C 33 °C	29 °C		
3:30 p.m.	32.5 °C	35 °C 32.5 °C	28 °C		Cielo ligeramente nublado.
4:00 p.m.	34 °C	34.5 °C	29 °C		Valores tomados en la orilla del estanque.
4:20 p.m.	33.5 °C	33.5 °C			

* Temperatura tomada en la periferia (orilla).

** Temperatura tomada en el centro del estanque a 30 cm. de profundidad.

*** Oxígeno presente en el estanque a 40 cm. de profundidad.

**** Oxígeno presente a 20 cm. de profundidad.

Tabla 5. Resultados del 2º día de pruebas del prototipo.

3º DÍA

HORA	T. ambiente	T. agua	T. B húmedo	mg/lt O ₂	OBSERVACIONES
7:00 a.m.	30.5 °C	28 °C	27.5 °C		El día parece que estará completamente despejado
8:00 a.m.	31.5 °C	28 °C			
9:00 a.m.	33 °C	29 °C			
10:00 a.m.	33 °C	30.7 °C			
11:00 a.m.	34.5 °C	33 °C			
12:00 p.m.	36.6 °C	35 °C	27 °C		
1:00 p.m.	37 °C	36.5 °C	28.5 °C		Temperatura máxima. Se enciende el aparato

2:00 p.m.	35.5 °C	33.5 °C	28 °C		
2:30p.m.	35 °C	33 °C	28 °C		
3:00 p.m.	34 °C	32 °C	27 °C		
3:30 p.m.	34.5 °C	31.4 °C	27 °C		
4:00 p.m.	33 °C	31 °C	26.7 °C		Se apaga el sistema después de tres horas de trabajo
5:00 p.m.	31.5 °C	30.2 °C			
6:00 p.m.	30 °C	29.5 °C			
7:00 p.m.	30 °C	29 °C	26 °C		La máquina estuvo en el centro del estanque durante toda la jornada.

Tabla 6. Resultados del 3er día de pruebas del prototipo.

4º DÍA

HORA	T. ambiente	T. agua	T. B húmedo	mg/lt O ₂	OBSERVACIONES
7:00 a.m.	30 °C	27 °C	26.5 °C		Mañana fresca
8:00 a.m.	31 °C	28 °C			
9:00 a.m.	30.5 °C	29 °C	27.5 °C		
10:00 a.m.	32 °C	30.7 °C			
11:00 a.m.	33.2 °C	33 °C			
12:00 m	36 °C	35.5 °C			
1:00 p.m.	37.2 °C				Máquina encendida (2 horas)

		37 °C	30 °C		
1:30 p.m.	38 °C	35 °C	29 °C		Máquina encendida
2:00 p.m.	37.5 °C	33.7 °C	28 °C		Máquina encendida
2:30 p.m.	35 °C	33 °C	28.5 °C		Máquina encendida
3:00 p.m.	33.5 °C	32.5 °C	28.2 °C		Cielo ligeramente nublado.
4:00 p.m.	34 °C	31.5 °C			
5:00 p.m.	33.5 °C	31 °C			
6:00 p.m.	33 °C	30.2 °C			
7:00 p.m.	32 °C	29.5 °C			
8:00p.m.	30.5 °C	28.5 °C			

Tabla 7. Resultados del 4º día de pruebas del prototipo.

5º DÍA

HORA	T. ambiente	T. agua	T. B húmedo	mg/lit O ₂	OBSERVACIONES
7:00 a.m.	30 °C	26.5 °C	26.5 °C		Amanece con un poco de frío (se aprecia el rocío alrededor del estanque)
8:00 a.m.	30.5 °C	28 °C			
9:00 a.m.	30.5 °C	29 °C			
10:00 a.m.	32.5 °C	31.7 °C			
	33.7 °C	33 °C			

11:00 a.m.					
12:00 m	36 °C	35.5 °C			
1:00 p.m.	37 °C	36.5 °C	28.2°C		
2:00 p.m.	38 °C	37 °C	28 °C		Máquina encendida (1 hora)
2:30 p.m.	35.5 °C	34 °C	28.5 °C		Máquina encendida
3:00 p.m.	34.5 °C	32 °C			
4:00 p.m.	34 °C	31.7 °C			
5:00 p.m.	32.5 °C	30.5 °C			Cielo ligeramente nublado.
6:00 p.m.	33 °C	30 °C			
7:00 p.m.	32 °C	29.5 °C			
8:00p.m.	31 °C	28 °C	26.8 °C		

Tabla 8. Resultados del 5° día de pruebas del prototipo.

6° DÍA

HORA	T. ambiente	T. agua	T. B húmedo	mg/lit O ₂	OBSERVACIONES
8:00 a.m.	30.5 °C	28 °C	28 °C		
9:00 a.m.	31.5 °C	28.5 °C			
10:00 a.m.	32.5 °C	30.5 °C			
11:00 a.m.	33 °C	33 °C			

12:00 m	35 °C	35.2 °C	27.5 °C		
1:00 p.m.	37.5 °C	36.5 °C	28.2°C		Máquina encendida (1 hora)
1:30 p.m.	38.5 °C	35 °C	28 °C		A esta hora se registró la mayor °T durante la experimentación
2:00 p.m.	36.5 °C	34 °C	28.5 °C		
3:00 p.m.	36 °C	34 °C			
4:00 p.m.	35 °C	33.5 °C			
5:00 p.m.	33.5 °C	31.5 °C			
6:00 p.m.	33 °C	31 °C			
7:00 p.m.	32 °C	29.5 °C			Empieza a lloviznar
8:00p.m.	30 °C	26 °C			

Tabla 9. Resultados del 6° día de pruebas del prototipo.

4.5.2 Interpretación de los resultados

De lo anterior se deduce que los mejores resultados se obtienen en el tercer día de pruebas cuando se opera la máquina por tres horas, aún así una de las metas del producto es realizar la labor en el menor tiempo posible, economizando los recursos energéticos. Y por eso resaltamos que en el día siguiente cuando se trabajó por dos horas, se estuvo muy cerca de los resultados de la máquina funcionando tres horas (Cf. con las gráficas de superposición)



Detalle de la cascada de agua con el producto en funcionamiento



Detalle de la salida de aerosol con el producto en funcionamiento

Estas son las gráficas obtenidas de temperatura frente al tiempo:

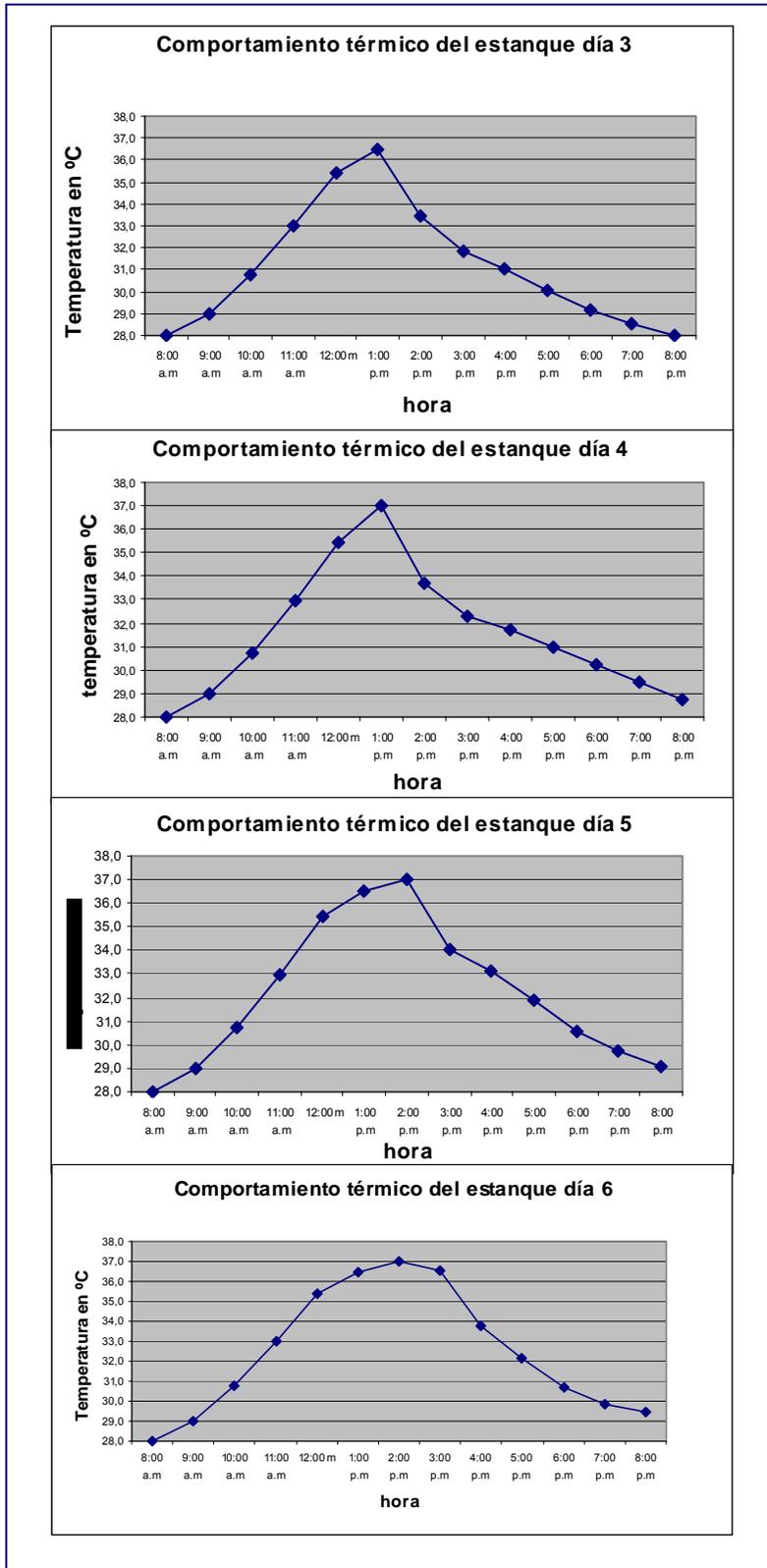


Gráfico 32. Experimentación con el producto (4 días)

Tenemos entonces que la labor se debe iniciar en rango desde la una de la tarde hasta las dos o dos y media (1:00 p.m.– 2:30 p.m.), afectado esto último por la temperatura ambiente y el estado del cielo; así estimamos que es el momento cuando el producto es mas eficiente, trabajando una o dos horas de acuerdo a ese mismo estado del entorno.

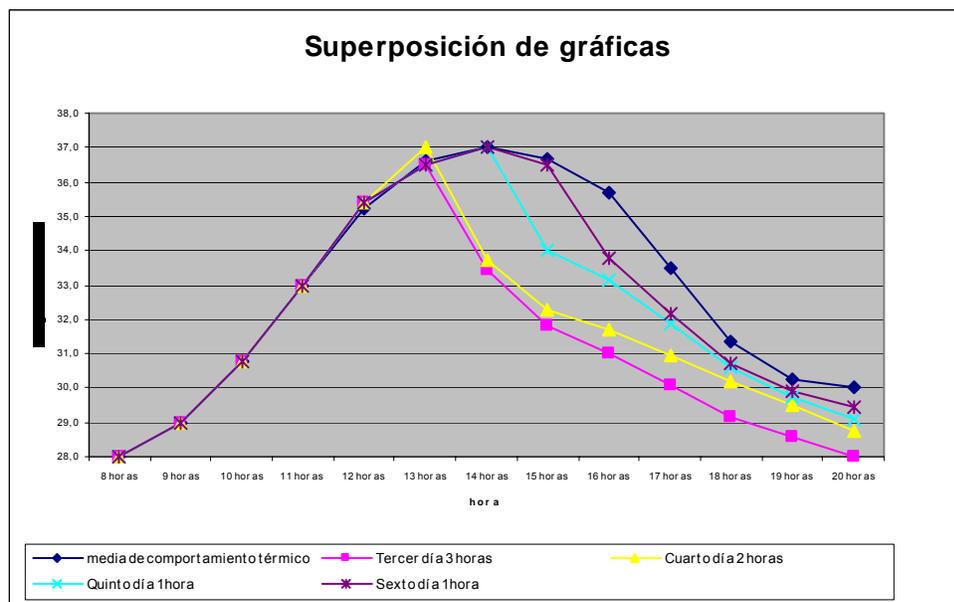


Gráfico 33. Superposición de gráficos

4.6 AJUSTES DE DISEÑO

Después de haber observado el comportamiento de la máquina en su ambiente natural durante seis días, un período suficiente, hemos evaluado sus funciones. Es de acuerdo a su funcionalidad que hemos valorado y formulado los siguientes ajustes que por falta de recursos, en su mayoría, no fueron corregidos en el prototipo. Estos ajustes se agruparon en los siguientes rubros:

4.6.1 Funcionales

El conjunto de estas propuestas, bien sea combinadas o incluso aisladas, influirán determinadamente en la funcionalidad del sistema, haciéndolo más efectivo en la medida que, reduce el tiempo de actividad y/o con menor gasto de energía:

4.6.1.1 Ventilador

Propondríamos un ventilador más potente (mayor caudal), si se requiere de mayor efectividad. En el mercado encontramos ventiladores con una variedad de caudal extensa; sin embargo, teniendo en cuenta el tamaño de la máquina y del estanque, éste no puede sobrepasar de $1,5 \text{ m}^3/\text{h}$.

Además recalcamos que la función de reducción de la temperatura se debe en una parte considerable a la aireación que generan las turbinas y para lo cual no interviene el flujo de aire.

4.6.1.2 Material de relleno

Se propone más tupido y compacto para aumentar el área de transferencia y favorecer el intercambio de calor. Específicamente, estamos considerando reducir los espacios entre láminas de 1,5 cm. a 0,7 cm. Teniendo en cuenta que, esto aumentará el peso en la parte posterior del sistema y se incrementará el costo.

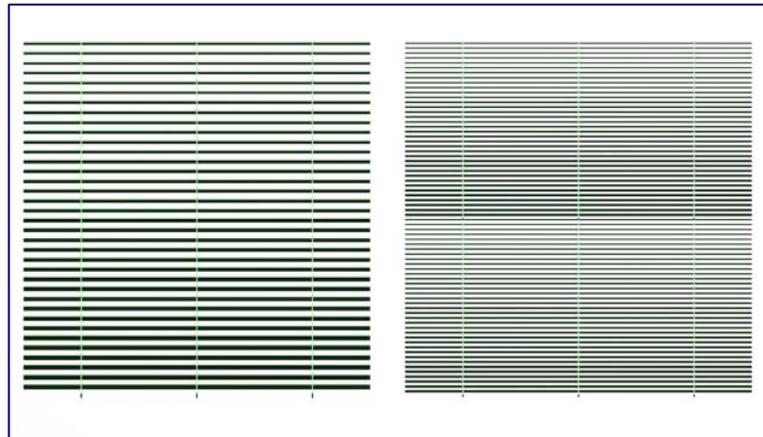


Gráfico 34. Mayor eficiencia en el material de relleno

Con respecto a este material, observamos que se puede reducir la amplitud del empaque en la parte superior, pues éstas no van estar trabajando lo suficiente para que requiera toda esta área de exposición. Además transformando esta porción podemos garantizar que el cierre de la cubierta sea muy fácil, de manera que no tropiece con el interior del cuerpo de intercambio.

4.6.1.3 Flotadores

Los flotadores deben tener en cuenta el peso del agua que se halla sobre le material de relleno y que a su vez declina la máquina hacia atrás. De acuerdo a esto, proponemos ampliar la parte posterior de los flotadores, quedando de la siguiente forma:

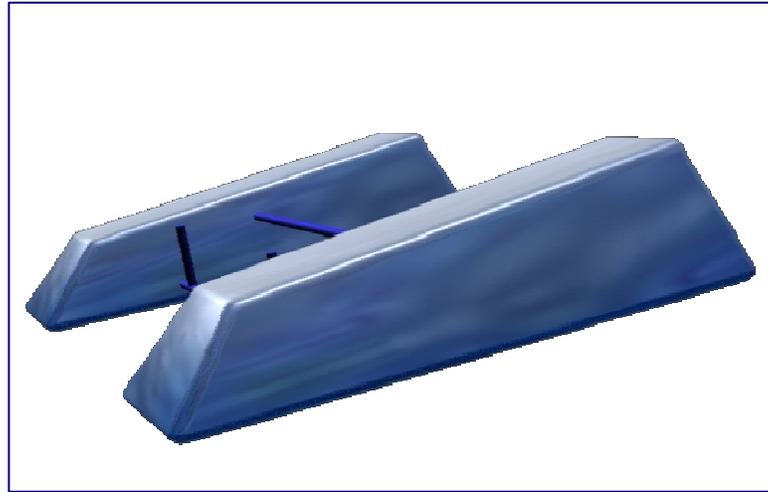


Gráfico 35. Evolución formal de los flotadores

Recordemos que el volumen total desalojado es proporcional al peso a sustentar (ver apartado sobre desarrollo funcional).

4.6.2.1 Transporte

La máquina posee cuatro ruedas que facilitan indiscutiblemente su traslado, se recomienda que estas ruedas sean inflables, (mejor adaptabilidad al terreno) para así poder desplazarse dentro del punto de venta e igualmente en campo hacia el estanque

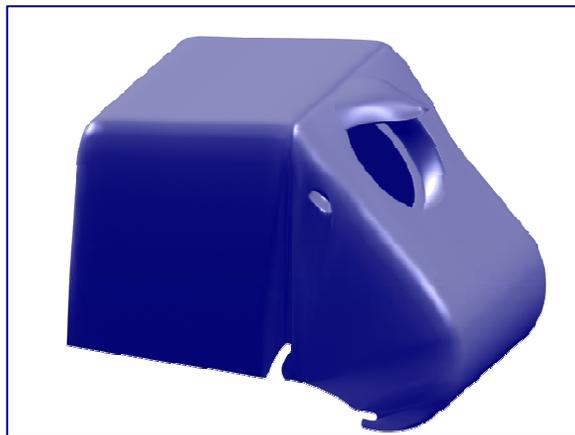
Generalmente, por no decir todas las veces, el trayecto de la casa principal (o fuente de energía) hasta el estanque e igualmente entre estanques, es un terreno destapado que requiere unas llantas apropiadas para dicho terreno

4.6.2 Formales

Estas consideraciones ya fueron planteadas en los apartados siguientes que describen el desarrollo formal:

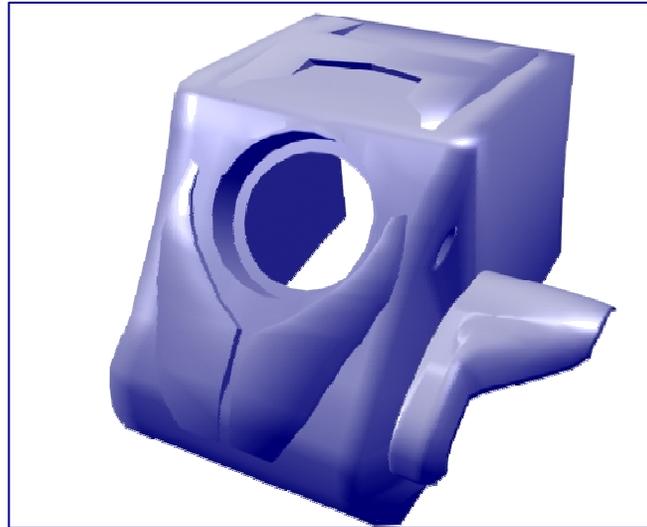
4.6.2.1. Evolución formal de la cubierta

La cubierta cumple la función principal de hacer que el aire se encause por entre el material de relleno a la vez que soporta al extractor, en la siguiente gráfica podemos apreciar la carcasa final que se construyó.



Prototipo en plástico reforzado – Modelo Inicial

Se puede destacar de este modelo la cubierta para el ventilador y las hendiduras para poder ser levantada, a continuación un modelo que sugiere la cubierta para el motor principal, también mas estructura que además mejora su aspecto formal.



Modelo sugerido a construir

4.6.2.2 Varios colores

Adelante cuando describamos la idoneidad de presentar este producto en varias referencias (modelos- tamaños), los colores jugarán un papel importante. Los colores servirán entonces para distinguir varios tamaños.

De cualquier modo, aconsejamos observar el estudio de colores que está en el ítem de *desarrollo formal*.

4.6.3 Tecnológicos

4.6.3.1 Las turbinas en plástico

Desarrollar las turbinas en un material polimérico requiere de la fabricación de un molde y la búsqueda de una empresa competente para llevar a cabo esta labor.

Esto representará ciertamente, mayores costos, o por lo menos así parece, porque es una inversión que se amortiza fácilmente por la producción en serie.

Esta es la razón principal porque proponemos la construcción de las turbinas, la producción en serie. Además, como se verá reflejado en el diseño mecánico, al reducir el peso de estas turbinas, también reducimos la sección del eje y el material del que está hecho.

4.6.3.2 Control remoto

También como variante a tener en cuenta, planteamos la inclusión de temporizadores y sensores en un panel informativo, lo que lo hará más automática y de paso, más comfortable al usuario.



En el mercado existen variadas referencias de mandos remotos

Los controles remotos tienen pantallas de información del sistema, por citar un ejemplo, se puede tener un gráfico dinámico RT (tiempo real) que muestre el comportamiento del pH, con la aplicación del producto.

Hallar estos artículos no incurre ningún inconveniente, más que el económico, pero en búsqueda del confort, valen la pena esbozarlos en diferentes modelos, o lo que hemos llamado una variedad de referencias en la misma máquina.

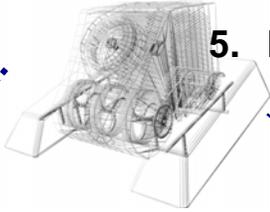
4.6.3.3 Varias referencias

Hemos visto por lo expresado anteriormente, que este producto implica la presentación en varios modelos, que incluyen una diversificación de características, comodidades y precios.

En un estudio de mercados se observará este fragmentándolo en nichos o segmentos más específicos, de acuerdo a cualidades que lo caractericen, entre ellas, capacidad de producción, área cultivada, tipos de comercialización (venta mayor, venta menor o autoconsumo), poder adquisitivo, región, por nombrar algunas.

4.6.3.5 Sistema cortador de poder

Necesario para evitar accidentes por descargas eléctricas, es un dispositivo que poseen los aparatos eléctricos que están expuestos al agua como secadores y batidoras, la función de dicho sistema es cortar el flujo de corriente al entrar éste en contacto con el agua, así si por un infortunio el proyecto se volcara dentro del agua estando conectado, el dispositivo lo desconectaría instantáneamente.



5. DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN DE DISEÑO

5.1 DESCRIPCION DEL PRODUCTO

Este es un producto integral que beneficia al piscicultor común, desde cualquier punto de vista, pues brinda la oportunidad única de mantener un control permanente sobre las condiciones físicas y químicas del estanque. El aparato no sólo cumplirá con su función básica de regular la temperatura, además de su utilidad adicional de aportarle oxígeno al estanque, su real versatilidad radica en las prestaciones de control y manutención del estanque, con la información brindada por el mismo a través de un display muy confortable.

Esta interacción con el cliente o usuario, le facilitará la labor de medición de parámetros sobre su(s) estanques(s), sin tener que recurrir a métodos artesanales. Esto no sólo asegurará la completa información al piscicultor, sino también su influencia directa y positiva sobre el metabolismo de los peces que se traducirá finalmente en una mayor productividad por unidad de área de cultivo.

El producto funciona como una torre de enfriamiento, específicamente de tiro inducido, esto quiere decir que trabaja con el aire ambiente como medio de refrigeración, conservando la temperatura del agua cercana a los 31 °C, de

manera que no baja más de ahí, manteniéndose una temperatura muy ‘fresca’ para el agua estancada. Con el sistema también se logra dotar al estanque (sin uso de ventilación), aproximadamente 0,5 a 1 ml/h de oxígeno disuelto.

También funciona con un gasto reducido de energía, pues su practicidad lo hace trabajar en el menor tiempo posible y de una manera independiente se controla el ventilador de las turbinas. Su sistema de flotación garantiza una sustentabilidad, incluso maniobrándolo dentro del estanque; además que estos flotadores facilitan el traslado dentro del estanque.

Estas son las cualidades que hacen de este producto innovador para el mercado interno y externo, ofreciendo una solución tangible y accesible a nuestros piscicultores para que aumenten su competitividad.

5.2 DESARROLLO FUNCIONAL DE LA SOLUCION

Ahora proseguimos con la descripción específica y detallada de la fracción técnica de la máquina, que nos permitirá comprender la práctica de cada componente y la elección de los materiales.

No se puede decir que la técnica definió la estética en este caso, pero definitivamente la función o funciones de la máquina precisaron límites para la forma, fijando unos parámetros básicos.

5.2.1. Diseño térmico

5.2.1.1 Diseño de la torre.

Con el análisis termodinámico, a partir de la teoría de transferencia de calor¹⁶, obtendremos la cantidad de agua de reposición y el flujo de aire, según los parámetros de desempeño que establezcamos:

Balance de Energía del agua

$$\rightarrow Q + L_o C_p T_o + (L - L_o) C_p T_2 - L C_p T_1 = 0 \quad (1)$$

Balance de Energía global en la torre

$$\rightarrow Q + L_o C_p T_o + G H_1 - G H_2 = 0 \quad (2)$$

$$\rightarrow L_o = G(X_2 - X_1) \quad \rightarrow L_o = \frac{Q}{\frac{H_2 - X_1}{X_2 - X_1} - C_p T_o} \quad (3)$$

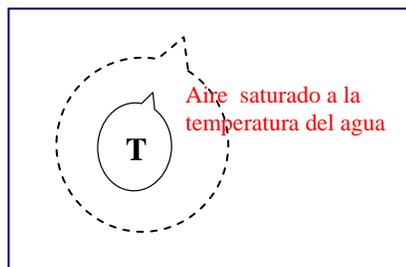


Gráfico 36. Esquema de la saturación de aire con agua

¹⁶ En esta parte del análisis fuimos asesorados por profesores de la Escuela de Ingeniería Mecánica.

Q = cantidad de calor

L = carga de agua

G = carga de aire

T₀ = temperatura ambiente

T₁ = temperatura del agua en la entrada

T₂ = temperatura del agua a la salida

H₁ = entalpía del aire seco

H₂ = entalpía del aire húmedo

C_p = Calor específico

Transferencia de masa y calor

$$\rightarrow dQ = L * C_p dT \quad (4)$$

$$\rightarrow dQ = G * dH \quad (5)$$

$$\rightarrow \int_{T_1}^{T_2} \frac{C_p dT}{H' - H} = K_{xa} * \frac{\forall}{L} \quad (6)$$

En la práctica de torres de enfriamiento, el valor de la integral de la ecuación anterior (6), se denomina comúnmente como el **número de unidades de transferencia** o NTU. Este valor representa el número de veces que el potencial promedio de entalpía (H' - H) debe dividirse por el cambio total deseado en la temperatura del agua (T₁-T₂); por lo tanto es una medida del grado de dificultad de la tarea.

Determinación del volumen del relleno

Normalmente el área de la base ha sido definida, por lo tanto dado que:

$$\rightarrow Vol = A_B * z \quad (7)$$

Donde z = es la altura que hay que buscar (profundidad)

Cargas de agua y aire:

$$\rightarrow \overset{o}{m}_w = A_B * L \quad \rightarrow L = \frac{\overset{o}{m}_w}{A_B} \left[\frac{kg/s}{m^2} \right] \quad m_w = \text{masa de agua.} \quad (8)$$

$$\overset{o}{m}_a = A_B * G \quad \rightarrow G = \frac{\overset{o}{m}_a}{A_B} \left[\frac{kg/s}{m^2} \right] \quad m_a = \text{masa de aire.} \quad (9)$$

En la práctica, tenemos curvas de desempeño que son definidas a partir de dos factores importantes, por lo que la misma torre se caracteriza:

- Que tan cerca es su °T de salida de la °T de bulbo húmedo del aire del lugar.

$$T_2 - T_{wb} = \textit{aproximación de la torre}$$

- La diferencia entre la °T de entrada y la °T de salida se denomina:

$$T_2 - T_1 = \textit{rango de la torre}$$

Ahora bien, la meta a conseguir con estas ecuaciones, es calcular el volumen necesario de relleno y seleccionar el ventilador más apropiado a utilizar en el

prototipo, por medio de la teoría de transferencia de calor y con las siguientes características definidas anteriormente:

- Datos operativos: Comprende los requerimientos de diseño de temperatura y flujo de agua, para la instalación experimental se tomaron los siguientes:

- Carga térmica entregada, calculada como sigue:

$$Q = m * C_p * \Delta T \quad (10)$$

$$Q = 21505 \text{ lb. /h} * 0.998 \text{ Btu/lb. } ^\circ\text{F} * (13 \text{ } ^\circ\text{F})$$

$$Q = 279005,8 \text{ Btu /lb. H}$$

- Temperatura de entrada (máx.) del agua. $t_1 = 100.1 \text{ } ^\circ\text{F} \approx 38 \text{ } ^\circ\text{C}$
 - Temperatura de bulbo húmedo. $T_{wb} = 80.6 \text{ } ^\circ\text{F} \approx 27 \text{ } ^\circ\text{C}$
 - Humedad relativa promedio. **82 %**
 - Rango (R). $R = 38^\circ - 31^\circ = 7 \text{ } ^\circ\text{C} \approx 13 \text{ } ^\circ\text{F}$
 - Aproximación (A). $A = 31^\circ - 27^\circ = 4^\circ \text{ C} \approx 9.5 \text{ } ^\circ\text{F}$
 - Flujo de agua de diseño. **150 lt/ min.** (promedio)
- Datos derivados de criterios de diseño: Referentes a los límites operativos y recomendaciones necesarias para completar el diseño del equipo experimental y son:

- La carga líquida máxima. $L_{\text{máx}} = 15 \text{ Ton/ h}\cdot\text{m}^2$
- La carga de aire (G). entre 9 y 10,5 Ton/ h \cdot m²
- L/G varía entre 0.9 y 1.6
- Según recomendaciones el valor de la aproximación debe ser como mínimo 10 °F ya que al aproximarse a la temperatura de bulbo húmedo y el mismo rango de enfriamiento la altura de la torres aumenta considerablemente.
- La velocidad de paso del aire por la torre no debe exceder los 8m/ s.

- Evaluación de la relación L/G:

El valor de L/G debe ser controlado de tal forma que la línea de operación de la torre no se intercepte con la línea de saturación del aire en la carta psicrométrica (gráfico 20), debido a que la eficiencia del enfriamiento se logra hasta el punto en el cual el aire se satura. La línea de operación de la torre está regida por la siguiente ecuación:

$$h_2 = h_1 + L/G(t_1 - t_2) \quad (11)$$

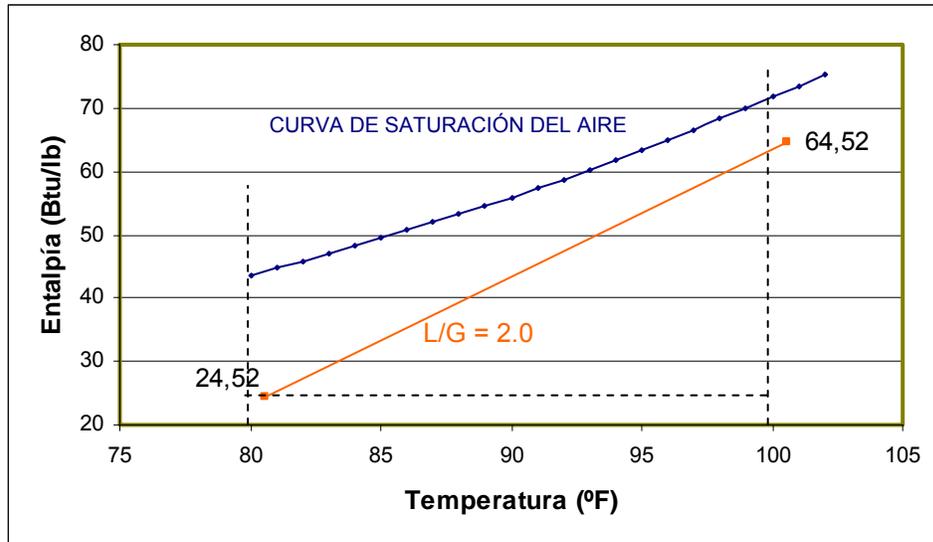


Gráfico 37. Carta psicrométrica del aire en zonas húmedas

Influye también por el simple hecho, que estos factores, L y G (flujos másicos) determinan la pendiente de la línea de operación que está sujeta al balance de energía (verifiquemos arriba, en las ecuaciones de termodinámica).

Un nivel óptimo recomendado oscila entre 0.9 y 1.6. Como no requerimos, por un lado un amplio nivel de desempeño (más de tres líneas) y por otro contamos a nuestro favor que el rango de temperatura sólo es de 7°C, además que la labor de refrigeración por evaporación (por acción del aire) se ve acompañada e *influenciada* en cierta medida por la agitación misma del agua. Por todo lo anterior, tomamos el valor límite de **1.6**, para la relación L/G:

$$\frac{L}{G} = \frac{Q_{agua}}{Q_{aire}} = 1.6$$

$$Q_{aire} = \frac{Q_{agua}}{1.6} = \frac{21505}{1.6} = 13440.6 \text{ lb/h} \quad (12)$$

$$Q_{aire} = \frac{13440.6}{0.085} = 156948.8 \text{ ft}^3 / \text{h}$$

$$Q_{aire} = 2615.8 \text{ cfm}$$

El equipo de ventilación seleccionado debió ser tal que venciendo las pérdidas que generan las ventanas de aireación y el relleno, proporcione un caudal de aire igual o superior al caudal de diseño calculado alrededor 2700 cfm.

Con el equipo que se experimentó se obtuvo un flujo libre de 2100 cfm (límite de operación) con pocas pérdidas, considerando que las ventanas de aireación han sido reemplazadas por una abertura total de la máquina. Teniendo en cuenta las alternativas en el mercado, se escogió un ventilador marca..., de 0,9 m³/ s y 30 cm. de diámetro, que suplía las necesidades del sistema. Este trabaja con un voltaje de 110 V, AC.

- Cálculo del Número de Unidades de Transferencia (NTU)

El número de unidades de transferencia es calculado a través de la ecuación de transferencia de calor (6):

$$NTU = \int_{t_1}^{t_2} \frac{dT}{h'-h} \quad (13)$$

Tenemos, anteriormente, que:

$$h_2 = h_1 + L/G(t_1 - t_2)$$

$$h = (44.12) + 0.6(T - 90.4)$$

$$h = 0.6T - 10.12$$

∴ Entalpía del aire húmedo, calculado en tablas. La entalpía de la mezcla se determina suponiendo la saturación a 90.4 °F, siendo esta temperatura de salida del agua calculada a partir de T_{wb} y la aproximación:

$$t_2 = 80.4^\circ F + 10^\circ F$$

Para la entalpía del aire saturado en función de la temperatura, podemos obtener por tablas, la siguiente ecuación:

$$h' = 5.69 e^{2.5434 \times 10^{-2} T} \quad (14)$$

Entonces, tenemos esta integral, la cual se desarrolló y sus resultados se pueden ver en la tabla 10:

$$NTU = \int_{100.6}^{90.4} \frac{dT}{(5.69e^{2.5434 \times 10^{-2} T} - (0.6T - 10.12))}$$

5.2.1.2. Curvas de desempeño

Las curvas de desempeño o rendimiento se crearon para cubrir la necesidad que tenía la industria de torres de enfriamiento de seleccionar sus equipos con un método rápido sin recurrir a integraciones largas y tediosas. Se necesitaba un método que permitiera la determinación de los desempeños de las torres para diferentes temperaturas de bulbo húmedo y para cualquier variación de las condiciones de operación. Por ello, es que se calcula de manera numérica el valor de las NTU, para diferentes condiciones con la integral antes hallada.

Por eso es que incorporamos este importante instrumento práctico para la descripción clara y cuantitativa de los alcances físicos de nuestro producto. Con los resultados de esta integración iterativa se ordenan en curva los valores de NTU, las cuales pueden ser usadas para predecir el desempeño de una torre de enfriamiento bajo una variación amplia de las condiciones de servicio.

Relación L/G	0,6	1,0	1,4	1,8	2,0	2,2
NTU (No. de Unidades de transferencia)	0,51	0,56	0,62	0,70	0,76	0,83

Tabla 10. Valores de NTU en función de la relación L/G

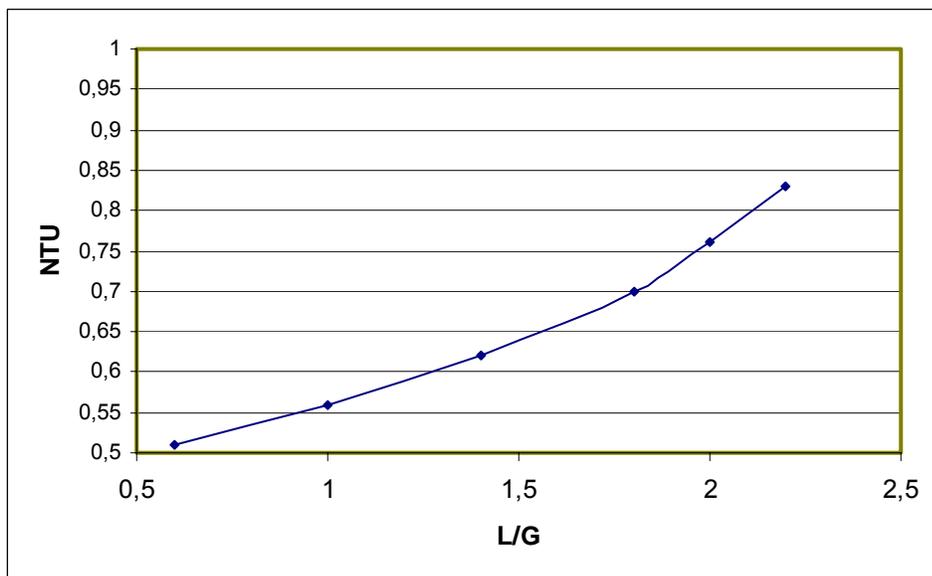


Grafico 38. Valores de NTU en función de la relación L/G

A partir de los límites operativos y los valores de diseño obtenidos se construyó el siguiente gráfico, en el que se encuentra indicado el punto de diseño y puede observarse el espectro de variación de los parámetros de funcionamiento del producto diseñado.

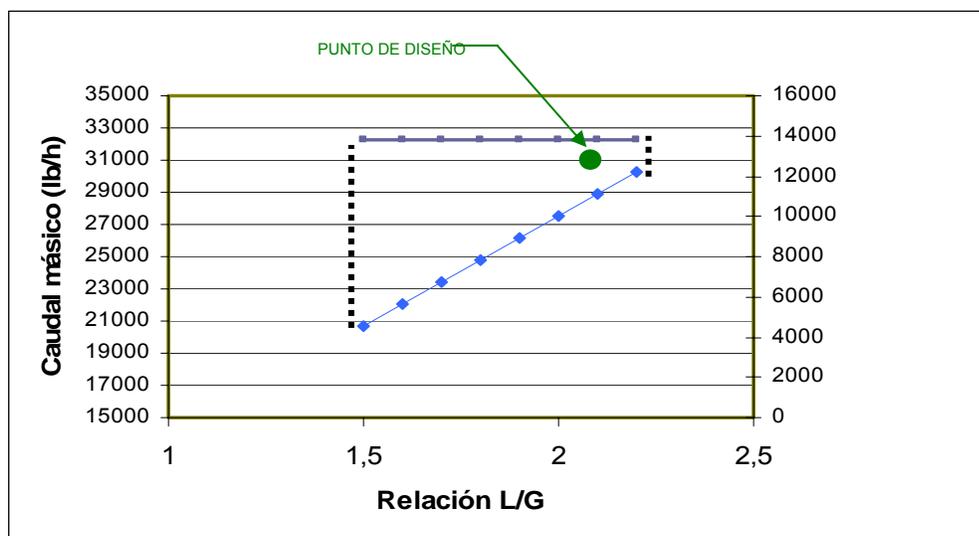


Grafico 39. Curva de desempeño de la máquina (prototipo)

De cualquier modo para las condiciones establecidas, no planteamos un rango tan amplio, por ello hemos fijado el parámetro L/G en el rango de:

$$1.6 < L/G < 2.0$$

El flujo de agua es el que se puede modificar, debido a que las turbinas seguramente no tendrán un flujo constante. Así que fijando el valor del flujo de aire en 2700 cfm (aproximadamente $5 \text{ m}^3 / \text{hora}$), obtenemos el siguiente rango del flujo másico de agua:

$$8.5 - 10 \text{ (m}^3/\text{h)}$$

- Influencia de las variables de operación:

Así como una torre de enfriamiento, este producto usa la atmósfera como medio de enfriamiento, por lo que está sujeta a las variaciones de ésta. Cuando se opera al bulbo húmedo de diseño, la máquina deberá producir agua en el caudal y temperatura especificados por los cálculos obtenidos. Sin embargo, cuando el bulbo húmedo baja, es lo mismo que aumentar el potencial de este aparato. Si la carga de calor en la cámara de intercambio y los valores de L y G circulados a través de ella se mantienen en constantes, el agua pasa por el mismo número de grados de enfriamiento (fijando el rango), pero las temperaturas de entrada y salida serán menores que las previstas en el diseño.

Si en alguna forma las cargas de aire y agua en la máquina se cambian, el número de unidades de transferencia que el sistema enfriador es capaz de proveer, también se alteran. De hecho, una variación del 5% del promedio de carga de agua del diseño es el máximo que se presentaría, ya que las turbinas están diseñadas precisamente para dotar de un *caudal constante* a la cámara de intercambio, sin embargo, como podemos variar la velocidad de caída del agua con el material de relleno, se podría alterar el mismo intercambio. Por todo lo anterior, es recomendable usar el incremento de potencial para retener más agua en el material de empaque, cuando la temperatura de bulbo húmedo de operación sea menor que el de diseño, así obtendremos más agua regulada a la temperatura prevista.

5.2.2 Diseño mecánico

Los temas motivo de análisis por ser puntos críticos son:

- Estructura.
- Turbinas.

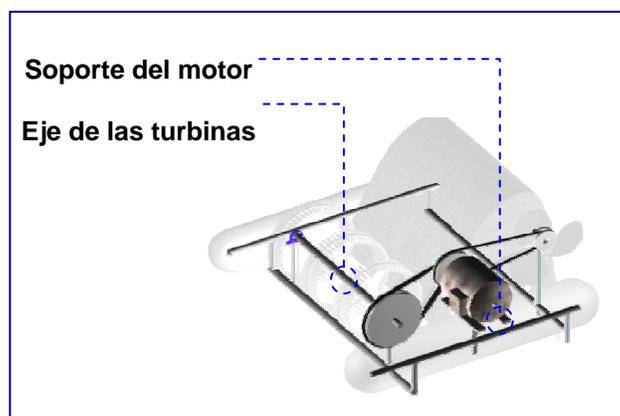


Gráfico 40. Temas de análisis mecánico

5.2.2.1. Sistema de aireación (Turbinas)

- Diseño de las turbinas:

Turbinas de polipropileno y turbinas de aluminio (comparación). El diseño de las aspas fue extrapolado de las turbinas axiales de ventilación. Podría considerarse – según la teoría – como turbinas tangenciales, ya que sus paletas (álabes de aquí en adelante) ejercen su fuerza tangencialmente, como producto de la aceleración centrífuga. Además se definen como turbinas de álabe fijo y convergente, por su curva interior, esto último deliberado para tomar agua, como efecto balde y llevarla hasta su destino en forma de gotas al cuerpo de intercambio.

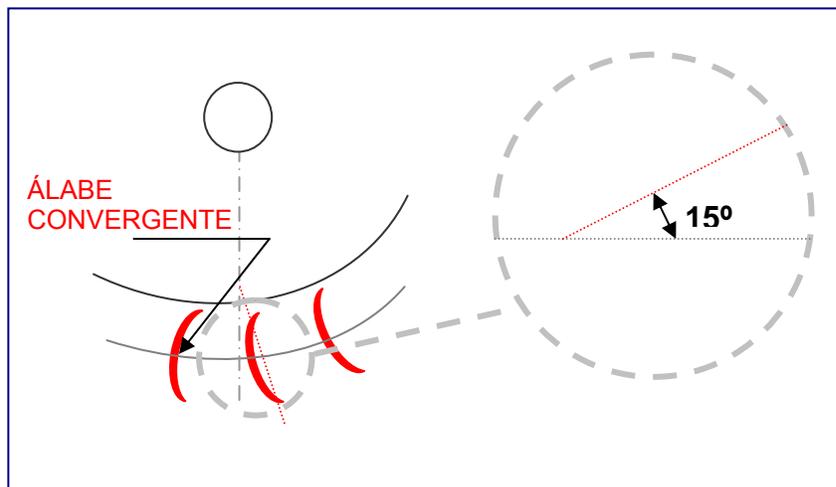


Gráfico 41. Detalle del diseño de los álabes.

Estas turbinas de álabe fijo, no tienen mayores parámetros de diseño más que el ángulo de éste con respecto al radio, el cual debe estar entre 13° y 20° para conservar su eficiencia en un 93- 95% (observar detalles en los planos,

apéndice A); su sujeción al rodete, también debe corresponder a un estudio de cargas, que para el caso, se somete a un esfuerzo cortante que debe ser suplido por una correcta soldadura o cualquier otro método de sujeción.



Prueba con la turbina No 1



Prueba con la turbina No. 2

Para elegir el alabe que nos convenía realizamos observaciones asistidos con fotografía de alta velocidad. Se observaron los ángulos entre paletas y el ángulo de salida del agua con respecto a la horizontal.



Detalle del ataque de la turbina al agua y su reacción

Requeríamos de un máximo caudal con el mínimo de fuerza, así que en la turbina que elegimos hallamos esas dos cualidades, aunque se dotarían de muchas aspas.

Para efectos de la experimentación (prototipo):

Diámetro turbina : 32 cm.
 No de álabes : 36
 No de Turbinas : 3
 Vol. aprox. por aspa : 6 cm³ máx.
 Material : Aluminio
 Longitud de aspa : 8 cm.
 RPM : 380



El volumen mínimo de agua que se necesita mover es de 10m³ en 1 hora.

$$10m^3/h \times \frac{1000Lt}{1m^3} = 10000 Lt/h$$

$$10 \frac{m^3}{h} = 167 \frac{l}{min}$$

$$\frac{167 \frac{l}{min}}{380rpm} = 0.44 \frac{l}{rev}$$

$$\frac{0.44 \frac{l}{rev}}{108aspas} = 0.004 \frac{l}{aspa}$$

$$= 4 \frac{cm^3}{aspa}$$

Por lo tanto, observamos que los requerimientos de caudal son suplidos por el diseño del aspa y su capacidad volumétrica.

$$\begin{aligned}Vel &= r\omega \\Vel &= 0.16\text{ m} \times 33.5\text{ rad/s} \\Vel &= 5.36\text{ m/s}\end{aligned}$$

Ahora bien, es necesario considerar dos fuerzas que actúan sobre la turbina estas son la *fuerza de arrastre* y el *peso del agua* que son las que efectúan resistencia al movimiento, aunque por tratarse de poca masa efectuando un momento muy pequeño se omite aquella que tiene relación con el peso del agua.

La fuerza de arrastre se puede hallar por medio de la siguiente fórmula.

$$F_D = C_D \times \frac{1}{2} \rho V^2 A \quad (15)$$

Donde C_D corresponde al coeficiente de arrastre para objetos con geometría determinada, estos datos son obtenidos por medio de tablas, ρ es la densidad del agua a 40°C, V es la velocidad del fluido que es la misma de la velocidad tangencial de la turbina y A corresponde al área proyectada de los cuerpos que se oponen al fluido.

$m = Vol * \rho$ $m = 6cm^3 \times 992,2 \frac{Kg}{m^3} \times 15 \text{ paletas}$ $m = 0.089$ $F = 0.089Kg * 9.8m / s^2$ $F = 0.88N$

$$C_D = 0.752$$

$$\rho = 992.2 \frac{Kg}{m^3}$$

$$V = 5.36 \frac{m}{s}$$

$$A = 0.020m^2$$

Entonces

$$F_D = \frac{0.752 \times 992.2 \frac{Kg}{m^3} \times (5.36 \frac{m}{s})^2 \times 0.020m^2}{2} = 214.36N$$

El momento ejercido por el peso del agua no lo consideramos en estos cálculos pues son magnitudes despreciables.

Este análisis nos demuestra que la potencia requerida es de 1.5 HP.

$$\sum M = 214.36 \times 0.16m$$

$$\sum M = 34.3Nm = T$$

$$T \times \frac{\text{rad}}{\text{seg}} = w$$

$$34.3Nm \times 33.5 \frac{\text{rad}}{\text{seg}} = 1149w$$

$$1149w = \frac{1HP}{746w} = 1.5HP$$

potencia = 1.5HP

- Diseño del eje impulsor:

A continuación se muestra el diagrama de cuerpo libre del eje motor y sus correspondientes cálculos, teniendo en cuenta los datos obtenidos en el anterior análisis efectuado a las turbinas:

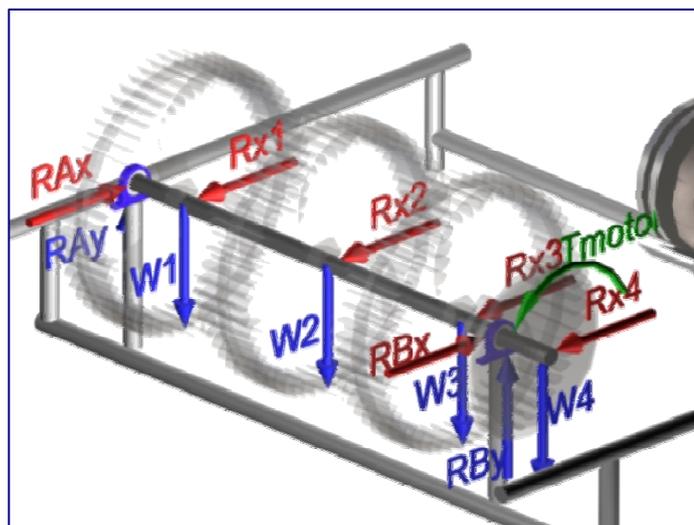


Gráfico 42. Diagrama de cuerpo libre del Eje motriz.

Cálculos

$$W_1 = W_2 = W_3 = 2.5 \text{ Kgf}$$

$$R_{x1} + R_{x2} + R_{x3} = FD = F \cdot \text{arrastre} = 214.36 \text{ N}$$

$$= \frac{214.36 \text{ N}}{9.8} = 21.87 \text{ Kgf}$$

$$\tau = \frac{63000 \text{ (HP)}}{n}$$

$$\tau = \frac{63000 (1.5)}{320} = 295.3 \text{ lb.pul}$$

$$295.3 \text{ lb.pul} = 339.8 \text{ kgf.cm}$$

Tensiones

Polea 1

$$T_1 = 3T_2$$

$$T_1 = \frac{\tau}{r} = \frac{339.8 \text{ Kgf.cm}}{9 \text{ cm}}$$

$$T_1 = 37.75 \text{ Kgf}$$

$$T_2 = 12.58 \text{ Kgf}$$

$$\sum M_A = (W_1 * 12 + W_2 * 30 + W_3 * 48 - R_{By} * 60 + W_p * 63) \hat{k} +$$

$$(R_{x1} * 12 + R_{x2} * 30 + R_{x3} * 48 - R_{Bx} * 60 - \text{Tensión1} * 63 - \text{Tensión2} * 63) \hat{j} + (\tau_{motor}) \hat{i}$$

$$\Rightarrow R_{By} * 60 = W(90) + W_p(63)$$

$$R_{By} = \frac{2.5 * 90 + 1.2 * 63}{60} = 5.01 \text{ Kgf}$$

$$R_{Ay} + R_{By} = 3W + W_p$$

$$R_{Ay} = 7.5 + 1.2 - 5.01$$

$$R_{Ay} = 3.7 \text{ Kgf}$$

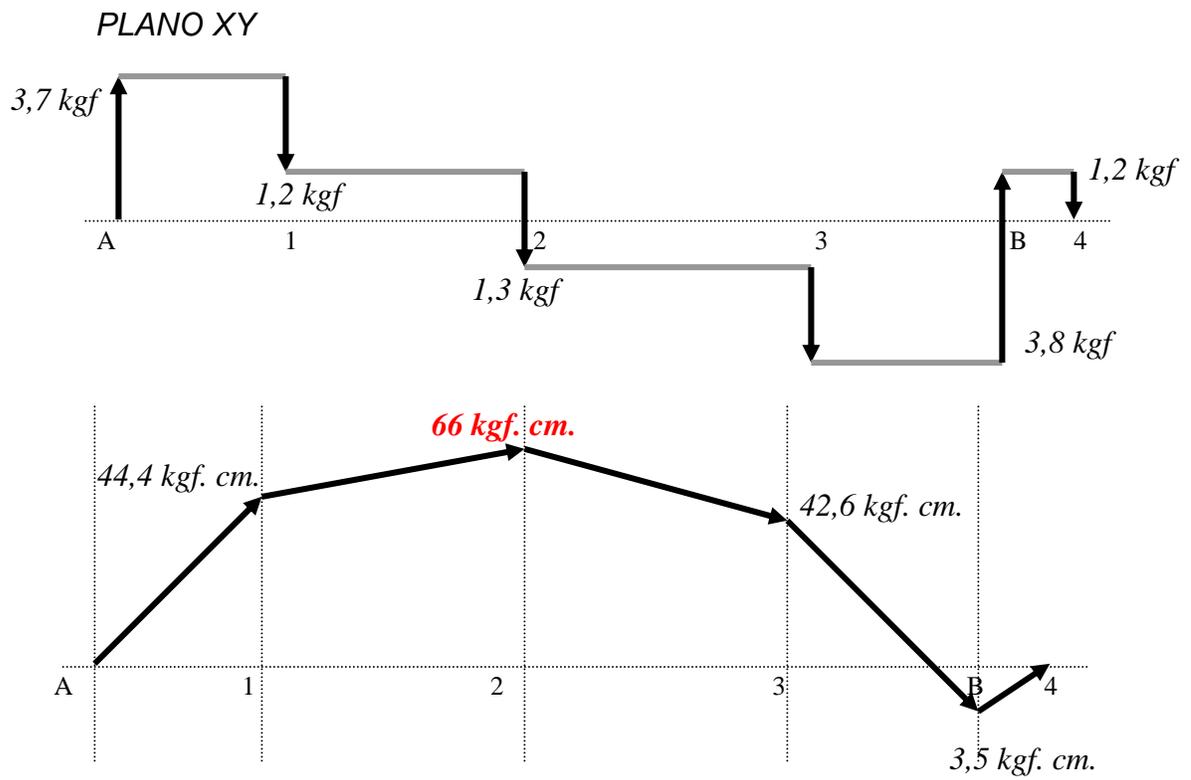
$$\Rightarrow R_{Bx} = \frac{-2514}{60} = -41.91 \text{ Kgf} (\uparrow)$$

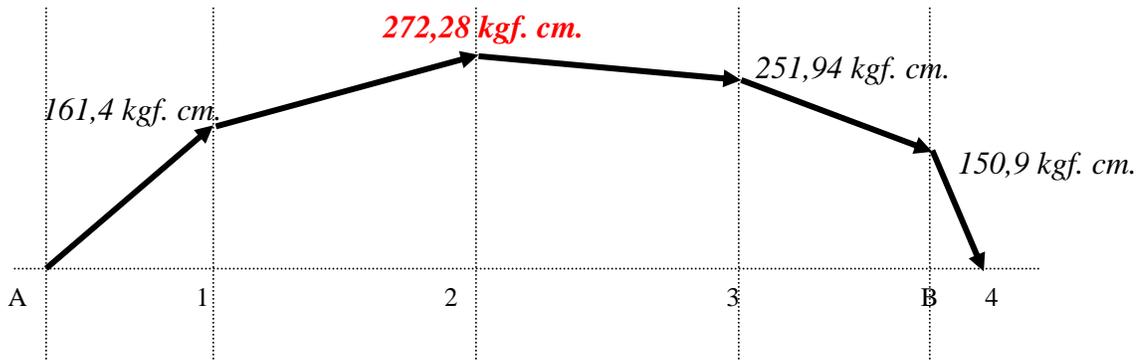
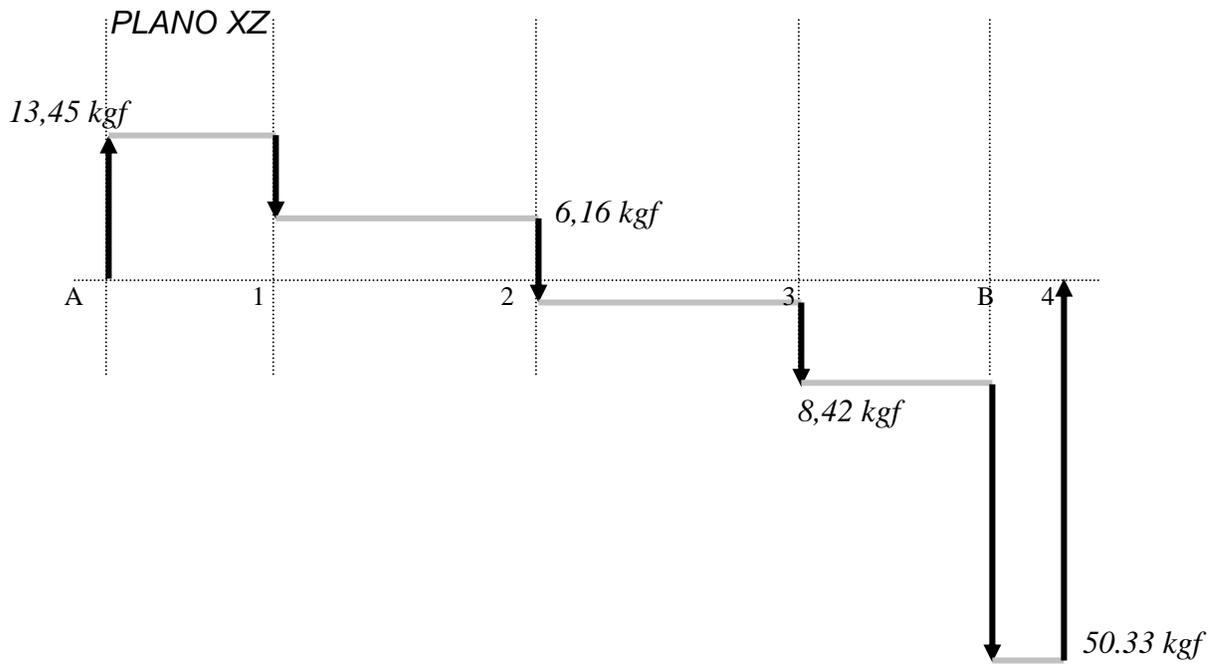
$$R_{Ax} + R_{Bx} + T_1 + T_2 = FD$$

$$R_{Ax} = 21.87 \text{ Kgf} + 41.91 \text{ Kgf} - 37.75 \text{ Kgf} - 12.58 \text{ Kgf}$$

$$R_{Ax} = 13.45 \text{ Kgf}$$

Ahora seguimos con el análisis por coordenadas, para hallar el momento crítico y los esfuerzos medios a soportar por parte del eje.





$$MR = \sqrt{Mx^2 + My^2 + Mz^2}$$

$$MR = \sqrt{339.8^2 + 66^2 + 272.8^2} = 440.4 \text{ Kgf} \cdot \text{cm}$$

$$\sigma_{\frac{1}{2}} = \frac{\sigma_{\text{flexión}}}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_{\text{flexión}}}{2}\right)^2 + \sigma_{\text{Torsión}}^2}$$

$$\sigma_{\text{flexión}} = \frac{Mc}{I} = \frac{M \frac{d}{2}}{\frac{\pi}{64} d^4} = \frac{32M}{\pi d^3}$$

$$\sigma_{\text{flexión}} = 273.75 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\sigma_{\text{torsión}} = \frac{Tc}{J} = \frac{T \frac{d}{2}}{\frac{\pi}{32} d^4} = \frac{16T}{\pi d^3} = 105.6 \text{ Kgf/cm}^2$$

$$\sigma_{\frac{1}{2}} = \frac{273.75}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{273.75}{2}\right)^2 + 105.6^2}$$

$$\sigma_{\frac{1}{2}} = 136.75 \pm 172.78$$

$$\sigma_1 = 309.53$$

$$\sigma_2 = (-36.03)$$

$$\sigma_{\text{max}} = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} = 172.78 \text{ kgf/cm}^2$$

Este esfuerzo que equivale a 17 MPa, es superado por los valores de fábrica que posee el material. Como lo habíamos mencionado antes, el material original del eje es aluminio; sin embargo, por inconvenientes de fabricación, lo

construimos en acero 1040 (medio al carbono) para resistir las turbinas de aluminio que pesan cerca de tres veces más que la propuesta original en polímero. Por ello los siguientes cálculos los hacemos teniendo en cuenta este material, que tiene un esfuerzo de tensión (S_t) de:

$$S_t (\text{acero 1040}) = 520 \text{ MPa}$$

De igual forma todos los cálculos son proporcionados al material original, pues si se plantea el eje en aluminio (que tiene menor Resistencia) es porque es sometido a fuerzas menores, específicamente la carga de las turbinas, por lo demás no son alterados los datos, ya que la fuerza de arrastre y el torque del motor que son equivalentes al prototipo.

Límite de Resistencia a la fatiga del elemento mecánico (S_e):

$$S_e = K * \frac{S_t}{2} \quad (16)$$

donde $K = K_a * K_b * K_c * K_d$

Factor de superficie (K_a)

$$K_a = a * S_t^b \quad (17)$$

Para eje maquinado, se define $a = 4.51$ y $b = -0.265$:

$$K_a = 0.86$$

Factor de tamaño (Kb)

$$K_b = \left(\frac{d}{7.62} \right)^{-0.1135} \quad (18)$$

Considerando $d = 25.4 \text{ mm (1")}$:

$$K_b = 0.872$$

Factor de carga (Kc)

Considerando el esfuerzo de torsión, como dominante:

$$K_c = 0.686$$

Factor de temperatura (Kd)

$K_d = 1$ si el eje es sometido a una $T < 450 \text{ }^\circ\text{C}$

Con los factores anteriores se obtiene un valor de:

$$\mathbf{S_e = 167.68 \text{ MPa}}$$

5.2.2.2 Selección del motor:

- Análisis del soporte (DCL)

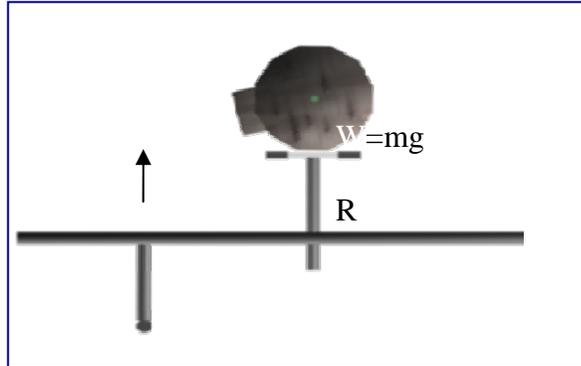


Gráfico 43. Diagrama de cuerpo libre (DCL) del soporte del motor.

La reacción en la base del motor es igual al peso de este.

$$R = W$$

$$\delta = \frac{R \times l}{AE}$$
$$\delta = \frac{39.2N * 0.2m}{1.13 \times 10^{-4} * 70 \times 10^9}$$
$$\delta = 0.79 \times 10^{-6} m$$

E = calculado para el aluminio

La deformación total que sufre el soporte del motor corresponde al orden de las **0.79 micras**. De acuerdo a los resultados obtenidos del diseño mecánico (para las turbinas de polipropileno), se seleccionó un motor monofásico de carcasa totalmente cerrada IP 54, con condensador de arranque 115/ 210 v que trabaja a 1800 rpm y 1 HP. Aclaremos pues, que para mover las turbinas del prototipo, que están fabricadas en

aluminio y cuyo eje es de acero macizo 1040, se recurrió al uso de un motor más potente, para este caso de 2HP.

5.2.2.2 Análisis de estabilidad

Se considera que un cuerpo tiene estabilidad lineal cuando un pequeño desplazamiento lineal en cualquier dirección establece fuerzas de restauración que tiende a volverlo a su posición original. Tiene estabilidad rotatoria cuando un par restaurador se por cualquier desplazamiento angular pequeño. Estos índices restauradores es la que hallaremos para garantizar la sustentabilidad del producto en el estanque.

Cualquier objeto que flota con centro de gravedad debajo de su centro de flotación (centroide del volumen desplazado) flota en equilibrio estable. Veamos la sección transversal de la máquina (simplificada).

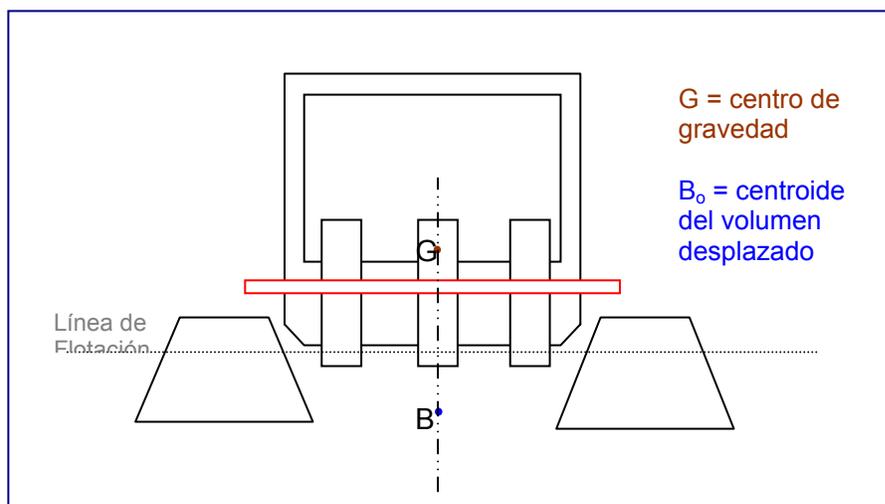


Gráfico 44 Esquema de la sustentabilidad de la máquina

Cuando se ladea la máquina, el eje G-B gira y se forma un ángulo entre dicho eje y la nueva línea M-B', veamos:

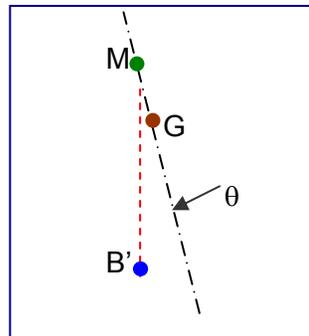


Gráfico 45. representación de la línea metacéntrica o de equilibrio.

Como observamos, la vertical a través de B' interfecta la línea G-B original en el punto M, ahí es cuando se produce el par restaurador y el cuerpo se equilibra. La intersección de la fuerza de flotación y la línea central se llama *metacentro*, designado por *M*. cuando M está arriba de G, el cuerpo permanece estable; por lo contrario, si está debajo de G es inestable y cuando está en G está en equilibrio neutro. La distancia MG se llama **altura metacéntrica** y es una medida directa de la estabilidad del cuerpo. El par restaurador es:

$$\boxed{W \overline{MG} . \text{sen} \theta} \quad (19)$$

donde θ es el desplazamiento angular y W es el peso del cuerpo.

Aplicando a nuestro caso:

La profundidad de sumersión h en el agua (principio de Arquímedes) es:

$$h = \frac{W}{Ax\rho} = \frac{62kg}{(5600cm^2)(10^{-3}kg/cm^3)} = 11,07cm$$

Los centroides son definidos gracias al software *SOLIDEDGE*, el centro de gravedad (G) está a 21,4 cm. arriba de la superficie del agua, mientras el centroide de la porción sumergida (B) desde la línea de flotación. Podemos determinar la altura metacéntrica y ángulo de enderezamiento, pero estimando un índice de ladeo (Δy), el cual es variable:

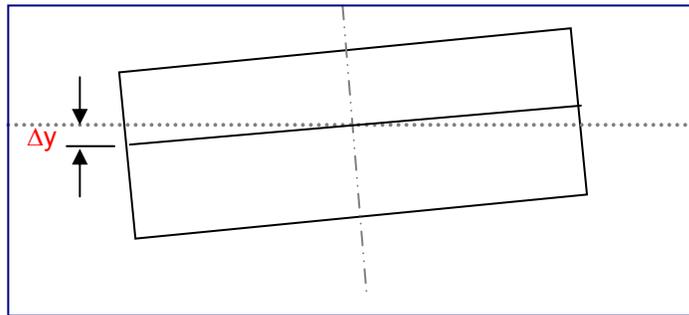


Gráfico 46. Representación del límite y ángulo de volteo

Pero es posible hallar el límite de ese índice antes que se produzca el volteo de la máquina ($MG = 0$) teniendo en cuenta estas dos ecuaciones:

$$\frac{2\Delta y}{b} = \frac{\overline{B'P}}{\overline{MP}} \quad (20)$$

$$\begin{matrix} \overline{MP} = \overline{GP}, si : \\ \overline{MG} = 0 \end{matrix} \quad (21)$$

$$\Rightarrow \Delta y = \frac{\overline{B'P}xb}{\overline{GP}}$$

Donde P es el centroide del área sumergida antes del volteo.

5.2.3 Diseño Eléctrico

5.2.3.1 Tablero de control (Circuito)

Este sistema es muy sencillo, ya que consta de dos *máquinas eléctricas simples*, denominadas así por la ciencia que estudia este aspecto, como son un motor y un extractor (ventilador), alimentados por corriente alterna a 110 V.

Los cables llegan al tablero, como lo hemos dicho, a través de un conducto que los cubre y protege contra el agua y otros imprevistos, como mordeduras o rasguños de animales.

Ambas conexiones (motor y ventilador) son llevados a un totalizador que es el dispositivo que controla la entrada y salida de la corriente, éste a su vez está conectado seguidamente a un fusible para evitar el daño del motor y extractor por una variación de la intensidad.

Este es el esquema del diseño eléctrico del sistema:

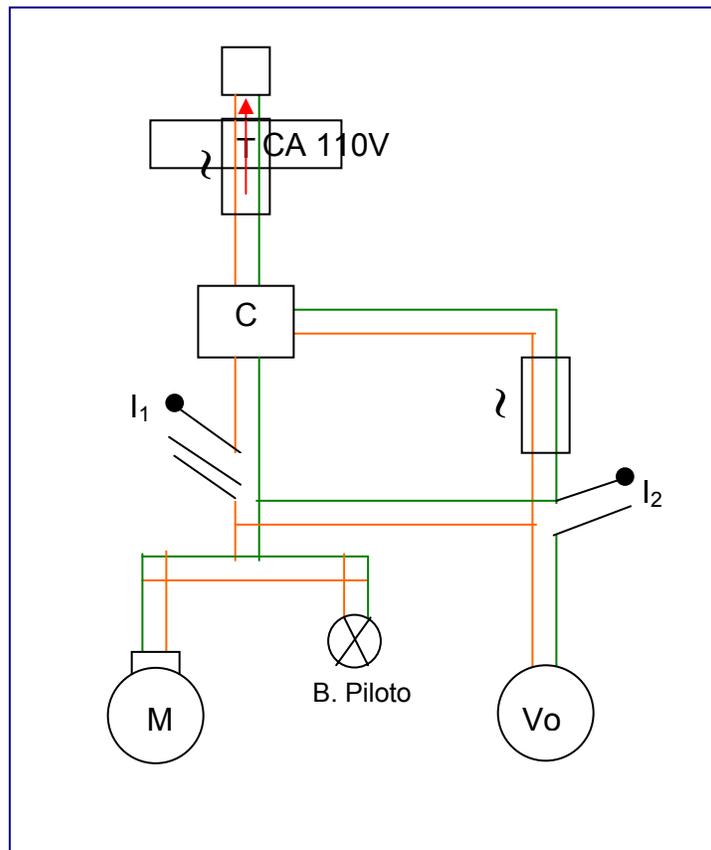


Gráfico 47. Esquema del circuito eléctrico.

En el circuito observamos que el ventilador sólo se enciende cuando el Interruptor del motor (I1) esté encendido, esto por cuestiones de seguridad y para ahorrar energía que se pueda despilfarrar si el extractor está funcionando sólo. De igual forma, vemos que el interruptor del motor es tipo doble pulsador, mientras que el del ventilador es sencillo.

5.3 DESARROLLO FORMAL-ESTETICO DE LA SOLUCION

Como lo mencionamos atrás, de acuerdo a la ubicación de los componentes la forma exterior (inclusive interior) siguió unos parámetros técnicos del producto, sin que le restara importancia a la porción de diseño; a esto le añadimos que ciertamente los volúmenes ocupados por el cuerpo y los flotadores de la máquina fueron definidos por ecuaciones y funcionalidad más que composición.

Sin embargo, resaltamos cómo se obtuvo la forma y el volumen del espacio interior de la máquina (torre), además de los estándares de altura y distancias de agarre, sujeción- armado. Esta última parte es ampliada en las siguientes páginas en lo referente al análisis ergonómico.

La cubierta del producto que es en gran parte responsable de la apariencia del mismo, fue pensada para que cumpliera la función principal (encausar el aire), pero también de manera que cumpliera con el cometido de dar un aspecto interesante, dinámico.

Observamos en el siguiente gráfico la disposición de las partes en el cuerpo de la máquina y resaltamos el ajuste formal debido a esa disposición respetando los siguientes parámetros:

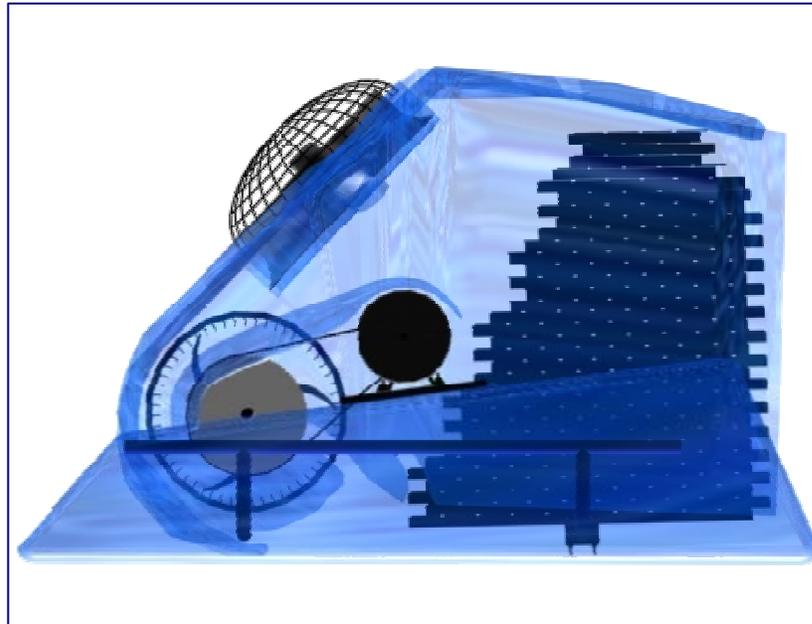


Gráfico 48. Configuración del sistema (vista lateral)

- El interior del sistema, por funcionalidad, debe estar cubierto lo más 'ajustadamente' posible, esto significa que esta cubierta copiará la forma de los componentes que están dentro de la máquina.
- También vemos que el ventilador de tiro inducido, tiene una posición estratégica, separado a una distancia prudencial del material de relleno, por lo que termina de definir el volumen virtual de la cubierta.
- Con respecto a los flotadores, su forma es determinada por el volumen que se calculó como necesario para garantizar la flotabilidad de la máquina.

Buscando que el sistema eléctrico no estorbara ni tuviera una mala presentación, decidimos pasar los cables (ventilador y motor) por un conducto plástico que lo llevara a través del estanque hasta el panel de control.

Forma plana y forma espacial

A continuación observamos el desarrollo del cuerpo de la máquina, que debe su forma, como insistimos, en la disposición de los componentes determinada por el análisis técnico. Distinguimos dos tipos de formas: espacial y plana.

La forma plana es obtenida por la proyección de un objeto sobre un plano y está determinada por el contorno, constituyéndose así en una estructura de carácter bidimensional.

Las formas planas de la máquina que examinamos corresponden a las caras lateral y frontal de la misma y para su composición se adapta como marco de diseño un plano rectangular (acorde a la disposición), al que se van adicionando o sustrayendo líneas o planos que dan lugar a la forma final de cada superficie, veamos:

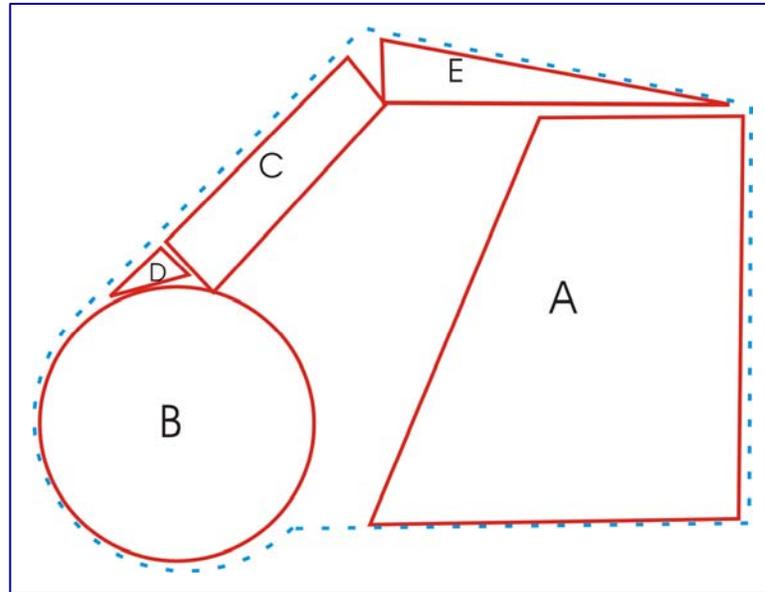


Gráfico 49. Geometrización de la forma (vista lateral)

La composición de la cara lateral, parte de la superposición al plano rectangular, de una sección trapezoidal (A) correspondiente al material de relleno, una porción circular hueca (B) que indica las turbinas con su respectivo eje, también aparece un rectángulo rotado (C) que corresponde al ventilador. A esta forma se le sustrae dos triángulos (D y E) que indican las inclinaciones útiles de la cubierta, una que indica la dirección de extracción del aire y la otra porción triangular es para el área de corta- gotas. Finalmente se sustrae un plano que traza el contorno del espacio vacío (F) dentro del cuerpo de la máquina, este plano es curvo (ver cara frontal) y proporciona visualmente la información para describir las partes del sistema.

En cuanto al plano frontal, es fácil observar el rectángulo con las respectivas modificaciones hechas anteriormente; aquí vale destacar la forma del contorno irrumpida por los bordes laterales curvados (G) que indican dinamismo y dirección. También se nota claramente el orificio central (H), donde se ubica el ventilador. Esta forma es simétrica para generar una fácil lectura en el usuario.

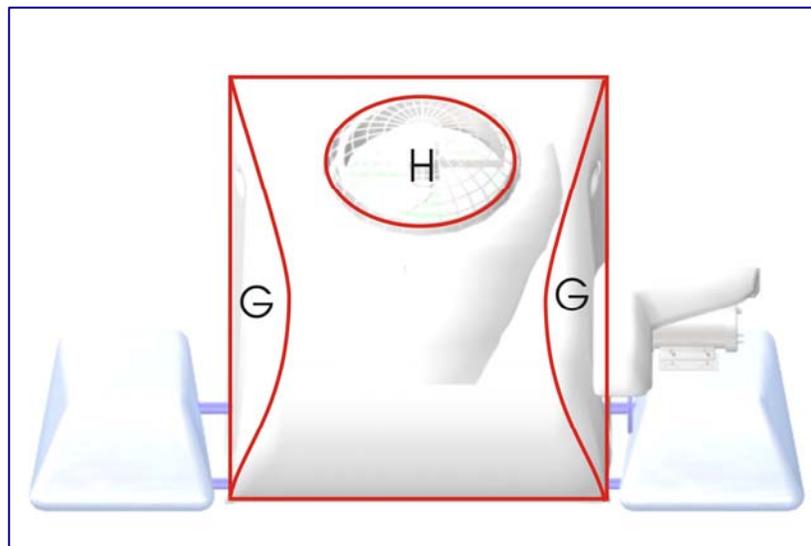


Gráfico 50. Geometrización de la forma (vista frontal)

5.3.1 Estudio de Color

Vale aclarar que todo el modelo construido está pintado a dos colores, la elección de estos está relacionada con el espectro que manejan, es decir la absorción de luz de cada uno de ellos. La cubierta requiere un color claro que refleje la luz y por ende el calor pues los dos son manifestaciones de energía.

Para tomar una decisión acertada, no solo es importante la funcionalidad, la estética también es un factor determinante, a continuación mostramos las

combinaciones que atienden al parámetro espectrométrico, con los cuales podemos hacer combinaciones en la misma superficie a trabajar las cuales son aquellas expuestas a exterior.



Gráfico 51. Algunas opciones de color

La forma espacial es el volumen tridimensional de cualquier objeto y está determinado por la presentación de superficies, planos y contornos. Esta forma varía al girar el producto, generando efectos distintos al ser observada desde diferentes ángulos, en las gráficas mostramos el mismo ángulo para que el lector tenga parámetros iguales de percepción.

Nuestro producto presenta una forma tridimensional desarrollada a partir de las formas planas antes desarrolladas, adicionando los correspondientes elementos de conexión, por medio de piezas estructurales, es decir, la estructura metálica ha establecido no sólo la disposición de los componentes, además de las distancias entre sí y la forma de la cubierta. La parte posterior de la carcasa es completamente abierta para que el aire corra libremente, esto no choca visualmente con las formas elaboradas.

Para el mantenimiento, se ha considerado un ajuste sencillo, consistente en unas ranuras curvas en los laterales de la cubierta. Por medio de estas ranuras, toda la cubierta es retirada mediante un movimiento compuesto: primero se empuja hacia dentro y luego rota con respecto al eje de las turbinas, reposando sobre los flotadores, sin ningún problema.

Lo relacionado a las conexiones eléctricas y a la misma transmisión de potencia, no se hizo alguna definición formal, pues fueron precisados más por la necesidad práctica que estética.

En el siguiente análisis describimos más detalles formales pero que inciden más en la parte ergonómica y/o de uso de la máquina, por lo tanto son examinadas y determinadas por las implicaciones ergonómicas.

5.4 ANÁLISIS ERGONÓMICO DE LA SOLUCIÓN

Los aspectos a analizar son los siguientes:

5.4.1. Armado:

Para la configuración de armado se contempla el mínimo número de elementos y el uso racional de implementos o herramientas estandarizadas de sujeción (p Ej. Llaves Bristol y de boca fija). Quizá sólo se requieran en el armado o desarmado dos personas para colocar el material de relleno y la cubierta. Cualquier pieza de sujeción que se requiera cambiar o reemplazar se encontrará fácilmente en el mercado local. Referente al montaje, también denominamos en el marco de la ergonomía, a la antropometría como la ciencia que nos ayudará a delimitar distancias, alturas y cargas, todos estos valores que se relacionan con la elevación– posición de los elementos que componen la máquina.

De los valores límites de cargas estáticas, de acuerdo a su altura (elevación), señalamos los siguientes que les conciernen a la máquina. Estas posiciones van a ser evaluadas por la ecuación NIOSH¹⁷ que se basa en la localización estándar de levantamiento, que se trata de una referencia en el espacio tridimensional para evaluar la postura de levantamiento. (Gráfico 52)

$$\text{LPR} = \text{LC} \cdot \text{HM} \cdot \text{VM} \cdot \text{DM} \cdot \text{AM} \cdot \text{FM} \cdot \text{CM}$$

¹⁷ NIOSH. National Institute for Occupational Safety and Health. EE.UU., 1981

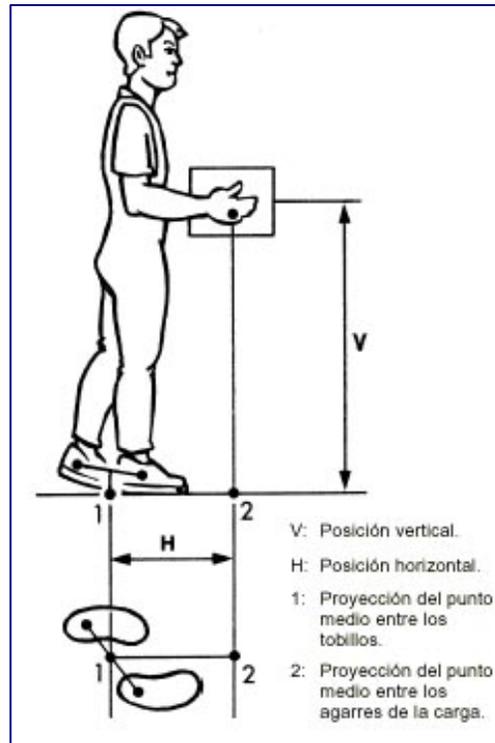


Gráfico 52. Esquema de elevación de cargas.

Donde, LC: constante de carga

HM: factor de distancia horizontal

VM: factor de altura

DM: factor de desplazamiento vertical

AM: factor de asimetría

FM: factor de frecuencia

CM: factor de agarre.

LPR: límite de peso recomendado

La misma ecuación establece las constantes de:

Posición vertical (V) = 75 cm.

Posición Horizontal (H) = 25 cm.

Constante de carga = 23 Kg.

(Posición 1): elevación del material de relleno.

Evaluando la ubicación espacial del material de relleno, encontramos las siguientes dimensiones, y los respectivos factores:

V = 35 cm. → VM = 0,93

H = 45 cm. → HM = 0,56

D (desplazamiento vertical) = 35 cm. →DM = 0,95

El resto de factores los valoramos en 1, pues se considera el agarre muy bueno, tampoco hay asimetría ni frecuencia o repetición de la labor.

Entonces, LPR = $23 * 0,93 * 0,95 * 0,56 * 1 = 11,38 \text{ Kg.}$

Este peso está por debajo escasamente del peso real del relleno que asciende a unos 12 Kg., y de cualquier modo se ha establecido que lo carguen dos personas más por sus dimensiones dispendiosas que por su propio peso.

(Posición 2): elevación del eje (con turbinas).

El análisis anterior:

V = 45 cm. → VM = 0,96

$$H = 30 \text{ cm.} \rightarrow \quad HM = 0,84$$

$$D \text{ (desplazamiento vertical)} = 40 \text{ cm.} \rightarrow DM = 0,96$$

$$LPR = 23 * 0,96 * 0,96 * 0,84 * 1 = \mathbf{17,80 \text{ Kg.}}$$

Aquí recalcamos en una distinción: los materiales del prototipo y los materiales reales del producto son diferentes, por tanto son dos pesos distintos. El peso de este elemento en el prototipo es de 11 Kg., mas esa carga se reduce con los materiales propuestos, llegando a pesar cerca de 6 Kg. Observamos que en los dos casos la carga es suplida con el levantamiento adecuado de una 'sola persona'.

(Posición 3): elevación del ventilador.

El mismo análisis:

$$V = 75 \text{ cm.} \rightarrow \quad VM = 1$$

$$H = 30 \text{ cm.} \rightarrow \quad HM = 0,84$$

$$D \text{ (desplazamiento vertical)} = 75 \text{ cm.} \rightarrow DM = 1$$

$$LPR = 23 * 0,84 * 1 = \mathbf{19,32 \text{ Kg.}}$$

Aquí el límite está muy por encima de la carga real que equivale a 4 Kg., así que no hay ningún problema como en el resto de los levantamientos.

De otro lado, hablamos de lectura de armado y uso que es fundamental. Se ha establecido unas indicaciones que surgieron más por funcionalidad, que son los cuñeros en el eje, que indican por supuesto la ubicación de las tres turbinas y por legibilidad, esos espacios son resaltados con un acabado o un color distinto al eje. Otro indicador son las líneas que se encuentran en la parte posterior de la estructura, sobre la cual descansará el material de relleno, con su respectiva base. De cualquier modo el producto va acompañado de un manual de uso y mantenimiento, para que el usuario comprenda las partes principales y los procedimientos de armado- desarmado.

5.4.2. Transporte- traslado

Para el traslado del producto hay que tener en cuenta aspectos fundamentales como peso, distancia, terreno, embalaje, entre otros.

Para el traslado hemos enunciado una parte acerca de las ruedas (ver ajustes funcionales), con ellas se requerirá de una sola persona encargada; igualmente en terrenos destapados.

Hallemos el consumo energético con una fórmula muy sencilla:

$$E = n [L (K \text{ llevar ida} + K \text{ llevar vuelta}) + H (K \text{ levantar} + K \text{ bajar})]$$

$$E = 1 [25 (0,100 + 0,047) + 1 (1,90 + 0,94)] = 10,20 \text{ Kcal.}$$

Este es el consumo por el traslado de la máquina al estanque, considerando:

Distancia (L)= 25 metros

Desnivel de terreno (H)= 2 m

Peso del aparato (Carga)= 80 Kg. (40 para cada cargador)

Carga Kgs.	K llevar (1)	K levantar (2)	K bajar (3)	K subir (4)	K descend. (5)
0	0,047	0,32	0,06	0,73	0,20
2	0,049	0,35	0,09	0,74	0,21
5	0,051	0,38	0,11	0,75	0,22
7	0,052	0,41	0,14	0,77	0,24
10	0,054	0,49	0,18	0,80	0,27
12	0,056	0,53	0,21	0,83	0,30
15	0,059	0,60	0,26	0,86	0,33
18	0,062	0,66	0,32	0,90	0,37
20	0,065	0,75	0,36	0,93	0,40
22	0,068	0,83	0,40	0,96	0,42
25	0,072	0,94	0,46	1,00	0,46
27	0,076	1,04	0,52	1,02	0,48
30	0,080	1,19	0,59	1,07	0,52
32	0,083	1,32	0,67	1,11	0,55
35	0,090	1,52	0,75	1,15	0,59
37	0,094	1,68	0,82	1,18	0,62
40	0,100	1,90	0,94	1,24	0,67
45	0,111	2,37	1,2	1,33	0,76
50	0,122	2,97	1,55	1,42	0,86

Tabla 11. Consumo según la importancia de la carga desplazada (en Kcal./metro)¹⁸.

De cualquier modo ese consumo energético es insignificante, por que no entraría siquiera al rubro de los trabajos ligeros, teniendo en cuenta que un trabajo tiene una jornada, por lo menos ocho horas, y esta labor no lleva más de 20 minutos.

5.4.3. Display de control

¹⁸ Valores tomados de Spitzer y Hettinger. 1966

El display es la interfase entre el usuario y la máquina, así que su legibilidad, semiótica o significado, juegan un papel trascendental. Y esta legibilidad descansa directamente sobre los controladores. Dos variables, acción requerida y función que cumple el mando, determinarán el controlador a utilizar así como el tamaño y dimensiones del mismo, que evidentemente deberán corresponderse con los datos antropométricos de los miembros del cuerpo a utilizar.

Para el caso nuestro, utilizaremos solo mandos de tipo pulsador por que son los más recomendables para acciones que usualmente se hacen en un momento concreto (encendido, apagado, verificación de lectura, etc.); por lo tanto no se requiere de esfuerzos considerables e implicando todo esto que, desde el punto de vista antropométrico, se amplía el rango de uso a un percentil cercano al 100%.

- Diferenciación:

El display de control esta provisto de varios mandos, cada uno de los cuales cumple una función distinta. Es importante pues, que los controladores puedan ser identificados y diferenciados sin dificultad. Para ello existen distintos criterios¹⁹:

¹⁹ Extraído de la norma técnica española: **NTP 226: Mandos, Ergonomía y accesibilidad**. Nogareda Cuixart, Clotilde.

- La estructura o el material: la textura del material empleado, o del propio mando (liso, estriado, rugoso) puede ayudar a identificarlo, especialmente cuando una operación se realiza "a ciegas", sin fijar la vista en el mando.
- El color está indicado cuando se encuentra en el campo visual; si la iluminación es tenue deberá disponerse de iluminación localizada.
- El tamaño: da información visual y táctil aunque generalmente, por sí mismo, no es tan fiable como la forma o el color. La diferencia de tamaño ha de ser tal que puedan distinguirse fácilmente unos de otros, lo que puede resultar en un tamaño inadecuado para el movimiento requerido.
- El mando y el indicador correspondiente deben estar situados lo más cerca posible, estando el mando encima o a la izquierda del indicador. Se diseñarán - indicador y pulsador- de tal manera que el movimiento del órgano de accionamiento sea coherente con el efecto ordenado (pulsación- dedo). También recomendamos que los dos encendidos, el del motor y el ventilador, sean de accionamiento distinto para distinguir, prevaleciendo, de cualquier modo, la uniformidad en otros aspectos como miembros involucrados y esfuerzos.

Posición: además del diseño de los controles hay que prestar especial atención a su disposición. En ella además de la estética deberán prevalecer criterios de seguridad del trabajador, confort, separación entre mandos para evitar errores (seguridad del sistema), en la siguiente tabla observamos las distancias recomendadas y adoptamos las medidas correspondientes a los pulsadores.

TIPO DE ACCION REQUERIDA	DEDO		MANO			PIE	
	Botón	Interruptor	Palanca	Manivela	Botón	Entre pedales	Entre centros
Utilización de un dedo, mano o pie:							
Sucesivamente	2,5	2,5	12,5	12,5	12,5	10	20
Esporádicamente	5	5	10	10	10	15	25
Más de un dedo	1	1,5					

Tabla12. Distancias mínimas recomendadas entre controladores.

Diagramación bidimensional: presentamos a continuación el diseño del tablero en bidimensional, según los parámetros de diagramación planar, buscando la coherencia formal con la máquina:

Observamos en la distribución sobre el plano, que la diagramación se fundamenta en elementos de diseño como radiación, transición y simetría; resaltamos la radiación, en el primer caso en la obtención del triángulo base (A) y también en la distribución de los controladores que se halla en la

diagramación de la izquierda sobre las líneas derivadas de la radiación a partir del trapecio (B).

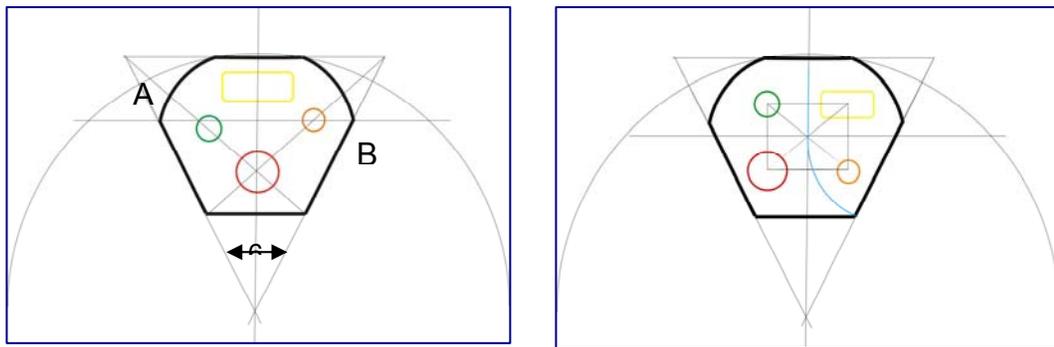


Gráfico 53. Diagramación del tablero en el plano horizontal

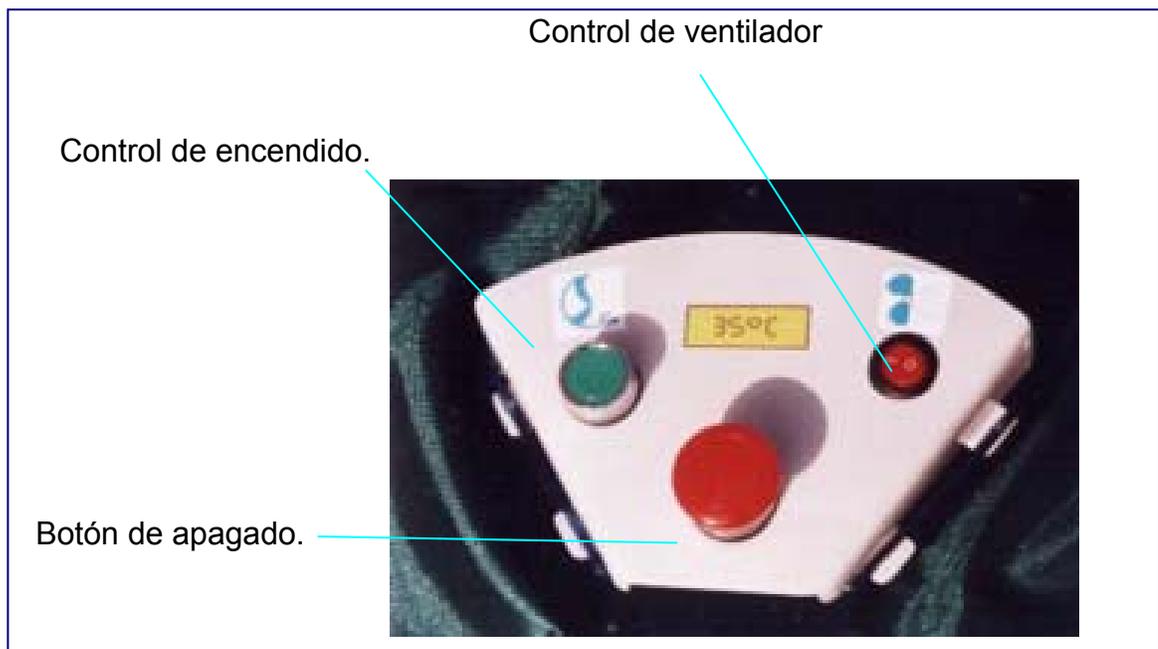
Colocando el botón principal en el centro de dicha radiación, para que sobresalga con su tamaño y color (rojo) y exprese de esta manera, la función de apagado total, porque recordemos que el ventilador (círculo naranja) no puede estar activado sino lo está el botón verde (izquierda) que es el pulsador del motor y así logramos con el apagador rojo, interrumpir las dos funciones, en caso que no esté ya apagado el extractor

En el segundo caso, la distribución de los controladores es mas sencilla; parte de una cuadrícula centrada y simétricamente repartida, distribuyéndose los botones en ese rectángulo, guardando las distancias recomendadas. Se ha

ubicado el indicador de temperatura a la izquierda y arriba, por ser el primer elemento que se debe leer. Además de esto hacemos una diferenciación de dos funciones, turbinas (agitación) y extractor (ventilación), por medio de la demarcación de dos zonas con distinto color (C).

Esta descripción básicamente corresponde al tablero de los controladores, pero de igual manera estos parámetros formales también rigen el diseño de la base y la cubierta de la misma (Cf. Planos)

Ahora bien, de acuerdo a estos criterios hemos definido los siguientes controladores (mandos):



Indicación de los controladores

Otro aspecto a considerar es la ubicación de este tablero de control en el medio, para valorar la interacción con el usuario y la fuente de energía. Hemos propuesto que sea removible para que se coloque bien sea, dentro de la casa principal o fuera de la misma al lado del estanque.

Para el primer caso, la carcasa se ajustará fácilmente a la pared, por medio de una base que posee dos orificios, acoplándose a unos chasos comunes de 1/4" (que en el mercado se encuentra con cierta facilidad). Una ventaja aparente de colocar el display de control dentro de la casa, es que seguramente estará cerca de la fuente de energía.

Si se desea se puede ubicar el display al lado del estanque o estanques, este producto contará con un accesorio adicional, que se trata simplemente de un tubo de 1,40 m. de longitud y 12 cm. de diámetro, que tiene una base triangular, donde se ajusta la carcasa del tablero de control y en la parte inferior una varilla que atraviesa el tubo para proveerle al usuario mayor comodidad al enterrar este soporte.

5.5 ANALISIS DE LOS MATERIALES PROPUESTOS

5.5.1 Estructura

El aluminio es un material más que apropiado para la estructura, por tres condiciones básicas: es anticorrosivo, es liviano y de fácil manufactura.

Con estas propiedades conseguimos que la estructura pese poco menos de cinco kilogramos y se adapte bien a la espuma de los flotadores, con lo cual conformamos un conjunto muy liviano y lo suficientemente resistente para soportar los demás componentes. El aluminio comercial, denominado como 3003-H, tiene valores aceptables para los parámetros técnicos que planteamos; sus resistencias a la tracción y al corte de 110 y 121 MPa, respectivamente son confiables. También lo caracteriza su alta durabilidad que alcanza los 5×10^8 ciclos.

5.5.2 Flotadores

Los flotadores están hechos en espuma de poliuretano, un material que puede ser rígido o flexible en función del peso específico. En el caso de los flotadores optamos por una más rígida aparente que oscila entre los 60 y 70 gr/cm^3 de densidad.

Dentro del proceso de moldeo de la espuma se cuenta que ésta queda adherida a la estructura, sin embargo, hay que tener presente que el material reaccionando internamente, se contrae unos milímetros. Por estas razones decidimos que la

espuma vaya recubierta con una capa de resina poliéster, que además de dotarle resistencia y rigidez, le da un valor más al no deformarse dimensionalmente. El factor de flotabilidad interviene, en el sentido claro del volumen desalojado equivalente a la fuerza de empuje (ver análisis de sustentabilidad) del agua sobre el producto.

5.5.3 Turbinas

Las turbinas aunque están hechas en aluminio, en el prototipo construido y probado, se plantean que sean de polipropileno y fabricadas por medio del proceso de inyección, el cual se encuentra desarrollado en la región.

El polipropileno por su transparencia, rigidez y resistencia al calor, además por razones tecnológicas de peso, fue el material elegido para estructurar las turbinas. La resistencia mecánica del material supe con las fuerzas de arrastre a las cuales están sometidas por acción del golpeteo frecuente del agua a las turbinas.

Un material opcional, que merecería mejor consideración se trataría del poliestireno porque posee mayor resistencia que el polipropileno, mas hay que examinarlo con cuidado por su precio y su acceso a la tecnología local. Con los materiales plásticos logramos reducir la sección del eje y consecuentemente disminuirle la potencia al motor, asimismo el gasto de energía eléctrica.

5.6 ANÁLISIS DE USO DE LA SOLUCIÓN

Gran parte de la practicidad del sistema radica en su control, un display moderno y confortable que espera brindar la información precisa. A través de éste advertimos del estado del estanque, específicamente de sus condiciones en cuanto al oxígeno disuelto y a la temperatura.

5.6.1 Secuencia de uso:

Esta secuencia se divide en tres fases:

A. Armado

Esta fase comprende –obviamente– el proceso de armado del sistema. Limitamos esta fase con la inmersión o ubicación de la máquina, cuando todo se supone en su orden y se dispone a hacer las respectivas conexiones. Ahora bien, se entiende que el producto sale armado de la fábrica al punto de venta o directamente al campo de aplicación, por eso este procedimiento se describe minuciosamente en el apartado de producción, específicamente en el diagrama productivo.

Tenemos aquí, para efectos de análisis, la secuencia para desarmar parcial o total de acuerdo a la reparación que se deba hacer en una eventual revisión.

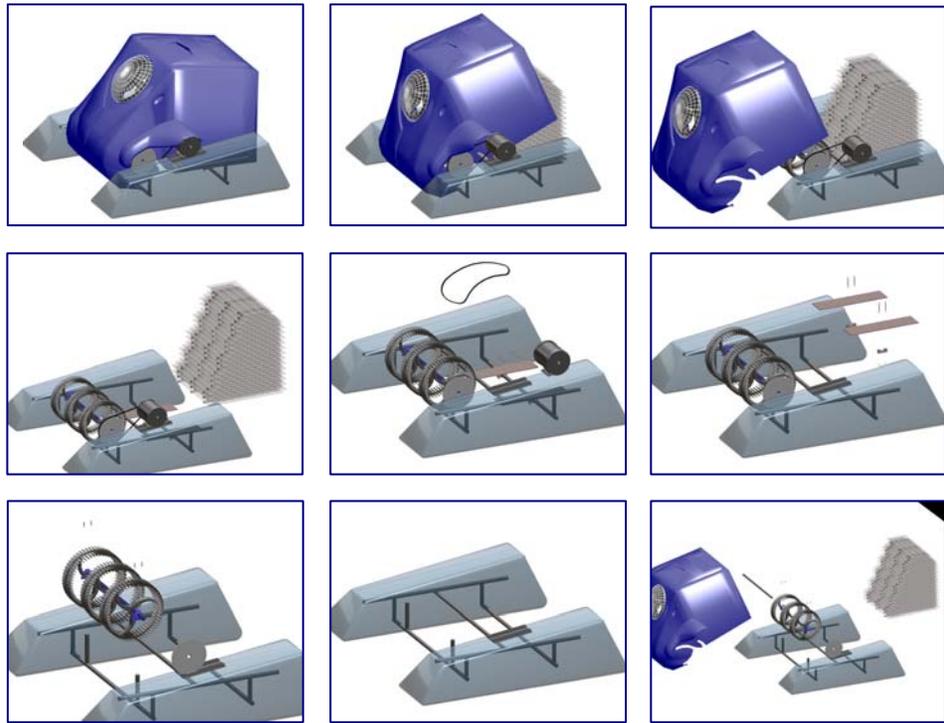


Gráfico 54. Esquema de la secuencia de uso

El material de relleno cuenta con un par de bases por las cuales puede rotar en un punto. En cuanto a las turbinas, tendremos en cuenta que es mejor retirar el eje impulsor totalmente, desajustándolo manualmente de las balineras que se hallan a cada extremo; cada turbina está sujeta individualmente, por lo que podría desmontarse en un momento determinado, cualquiera de ellas.

B. (instalación)

Para la instalación, es foco de análisis, la posición del producto dentro del estanque. De acuerdo a la teoría leída y a la propia experimentación con el prototipo, se dedujo que en el caso de la temperatura, su mejor ubicación es el

centro, por efecto de radiación sobre el espejo de agua; en cuanto a la oxigenación, siempre se recomienda colocarlo a $\frac{1}{4}$ de la longitud (arista más larga) del estanque²⁰, esto debido a las corrientes de aire que predominan hacia un lado. Por ello, dependiendo de la función que vaya a cumplir se ubica la máquina dentro del estanque, de cualquier modo si se quiere una acción específica en una porción del estanque ahí puede trasladarse y ubicarse sin ningún inconveniente y si no se especifica ningún dato, se propone ubicarlo en el centro del estanque. Veamos:

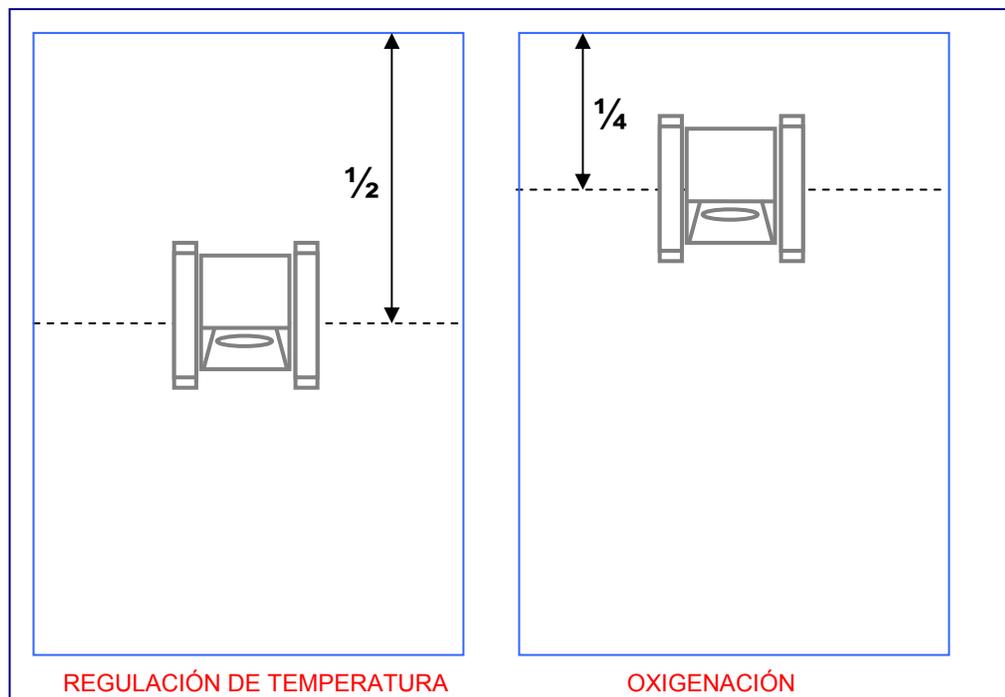


Gráfico 55. Ubicación del producto en el estanque

²⁰ INDERENA-AID-PAN Fundamentos de piscicultura para especies de clima cálido, ministerio de Agricultura p. 93

Aquí destacamos que la forma de los flotadores, nos deja trasladarlo de un modo fácil, aligerando cargas; ubicada la máquina en el(los) punto(s) indicado(s) se procede a anclar el aparato. Se advierte de tomar las medidas de precaución necesarias a tener en cuenta al realizar las conexiones, recordando que el conducto protector sumergido lleva los cables hasta fuera del estanque, en caso de contacto con el agua el cortador de poder entraría en efecto y no dejaría que el sistema entrara en funcionamiento.

C. Control

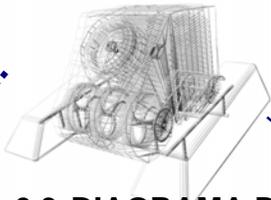
Esta operación obedece exclusivamente al display o tablero de control, el cual hemos evaluado desde el punto de vista técnico y ergonómico. Nos resta de describir el procedimiento normal a tomar.

Este proceso se subdivide a su vez en dos operaciones distintas, que son:

- 1- Encendido de la máquina. En esta parte del proceso, resaltamos el interruptor del proceso. Este es un pulsador rojo, tipo hongo, que no sólo apaga el motor sino que interrumpe la actividad del ventilador, pues de acuerdo al diseño eléctrico, la línea del ventilador se encuentra dentro del circuito del motor, de manera que no esté en función mientras el motor esté apagado. El pulsador rojo ubicado estratégicamente dentro del tablero, posee la suficiente legibilidad para evitar incidentes e indicar la interrupción de todo el sistema. Los botones de encendido, son el verde para el motor

y el interruptor naranja para el ventilador, cada uno de ellos tiene un gráfico que indica el tipo de función a cumplir.

- 2- Revisión y toma de datos. El tablero también cuenta con un display digital, como terminación de la termocupla y que obviamente muestra la temperatura. Así mismo el producto, de acuerdo a la referencia, se servirá de medidores de pH y oxígeno.



6 PROCESO DE PRODUCCIÓN

6.3 DIAGRAMA DE PRODUCCION.

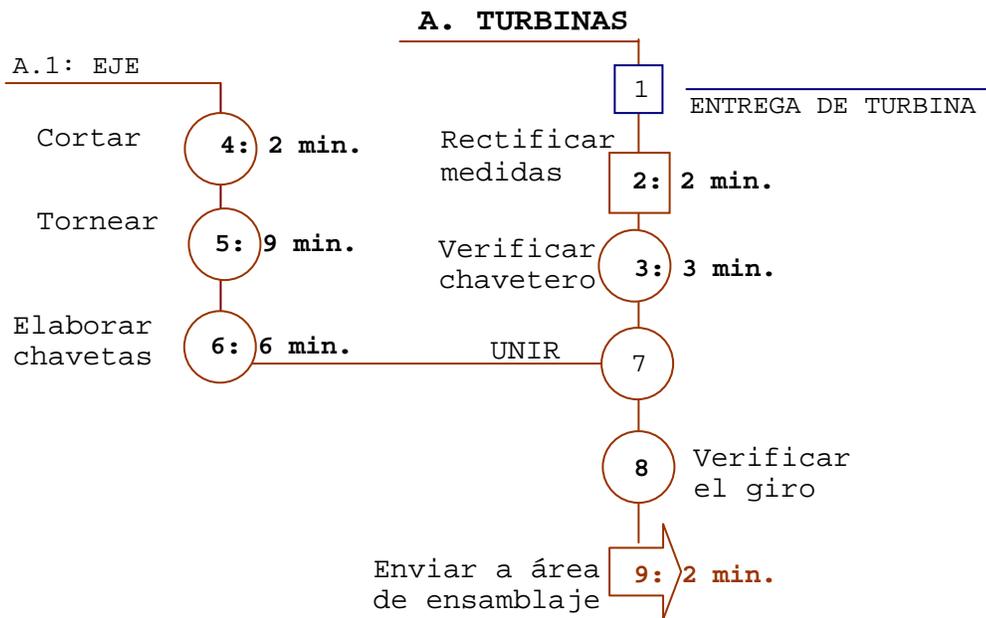
Consideramos el proceso de fabricación paralelamente a la instalación de nuestra empresa. Así que debemos incluir los gastos de mano de obra, comercialización, propaganda, entre otras, que de otro modo, se verán disminuidos por que no se hacen por fuera o por encargo.

Algunos procesos, como es la inyección de las turbinas, se llevarán a cabo en una empresa asociada que posea la maquinaria necesaria. En nuestras instalaciones se ensamblará todo el producto, realizando los procedimientos de moldeo de la espuma (flotadores) y el plástico reforzado (cubierta); asimismo los procesos de soldadura y pegue; se hará la inspección de las partes, las pruebas de calidad requeridas y finalmente, el empaque, embalaje y transporte del producto.

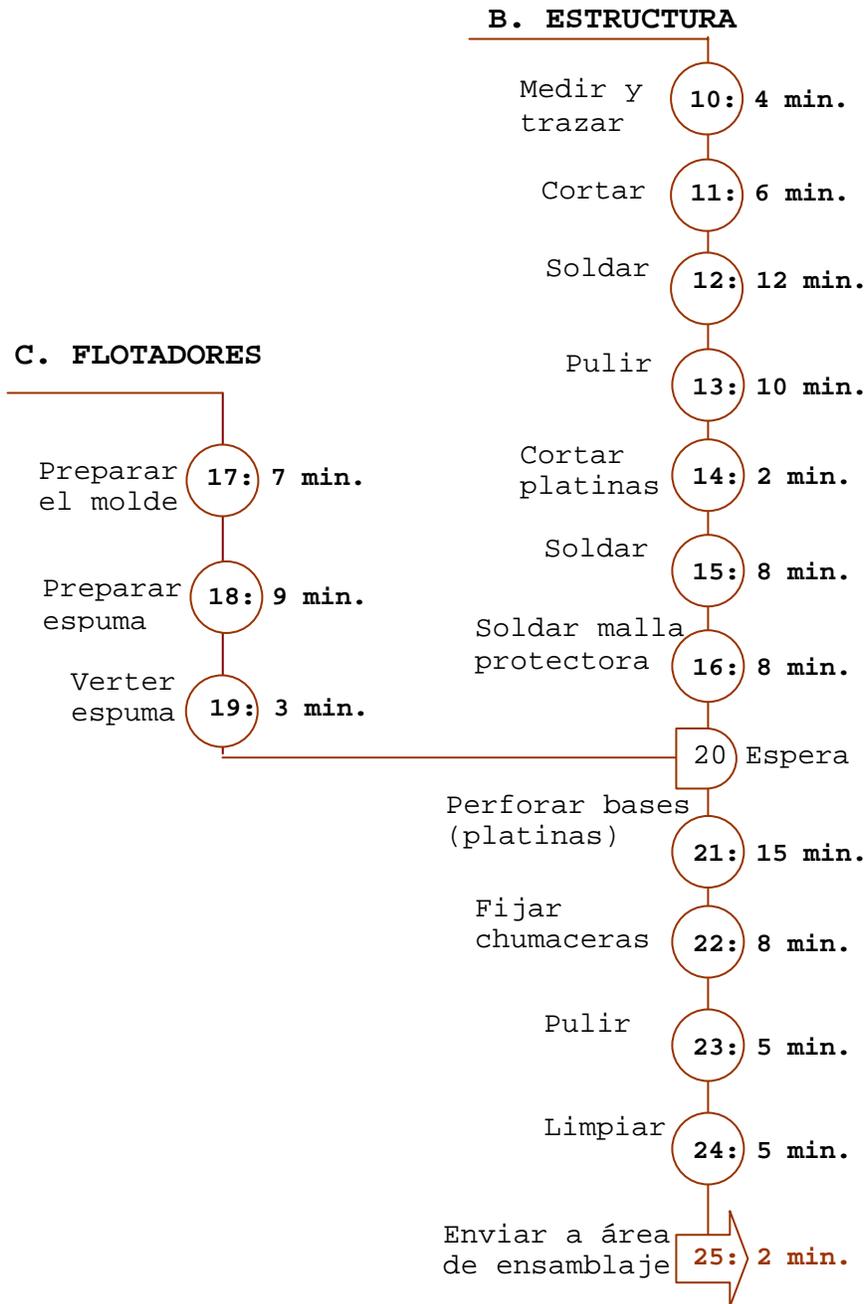
Los moldes que van a usarse están hechos en los materiales apropiados como el acero inoxidable, por supuesto único para este producto, lo que evidentemente significa un gasto adicional considerable pero teniendo en cuenta que este costo se va a fragmentar no sólo en la primera producción sino en los demás tirajes.

6.1.1 Diagrama de flujo

Aquí presentamos el diagrama de operaciones, que se ha dividido en los componentes fundamentales: turbinas, estructura, material de relleno y carcasa.

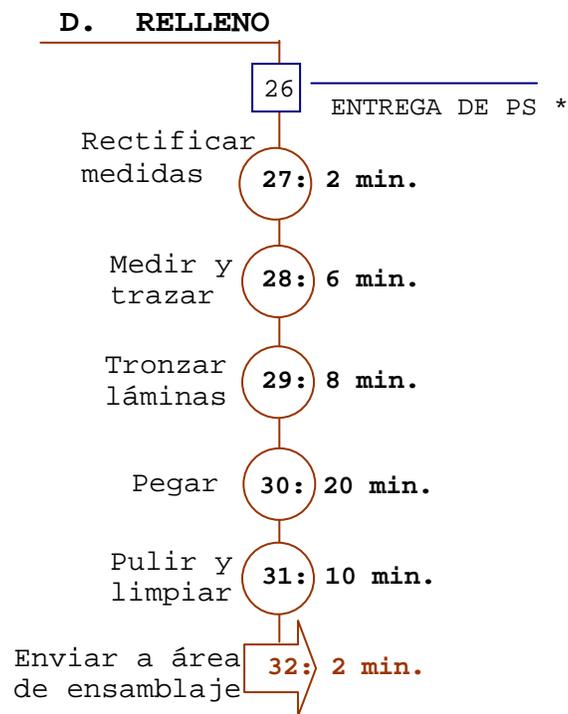


MATERIAL INICIAL	RESUMEN DE TRANSFORMACIÓN	TERMINA CON	TIEMPO ESTIMADO
Entrega de turbinas	Inyección polimérica, torneado, conexión a eje.	Ensamble con el eje.	25 min.



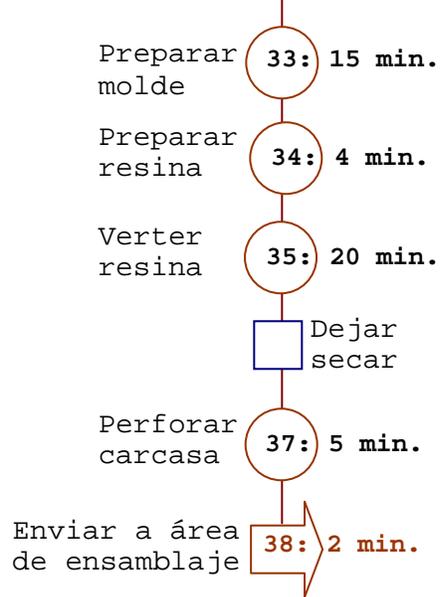
20 Se aprovecha este momento para moldear 5 pares de flotadores simultáneamente. Así que el tiempo de espera es para la última pieza

MATERIAL INICIAL	RESUMEN DE TRANSFORMACIÓN	TERMINA CON	TIEMPO ESTIMADO
Tubo y platina de aluminio 1"	Corte y soldadura.	Pulimento y limpieza	84 min.
Reactivos para espuma de PU	Moldeo polimérico	Ensamble a la estructura.	20 min.

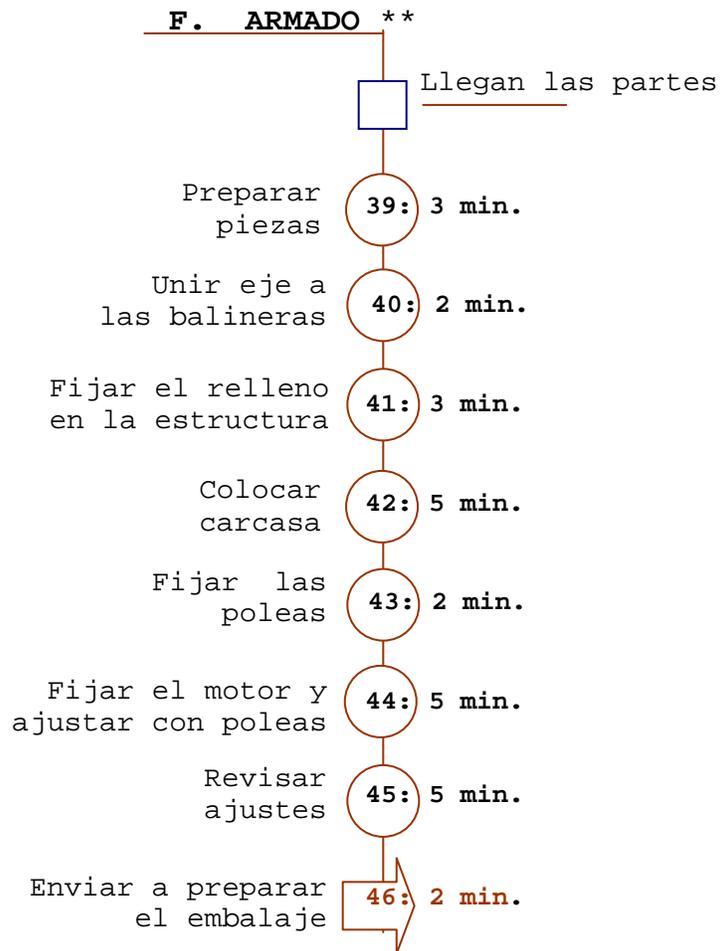


MATERIAL INICIAL	RESUMEN DE TRANSFORMACIÓN	TERMINA CON	TIEMPO ESTIMADO
Lámina de poliestireno* 3 mm	Corte y armado	Limpieza y verificación de rejillas.	48 min.

E. CARCASA

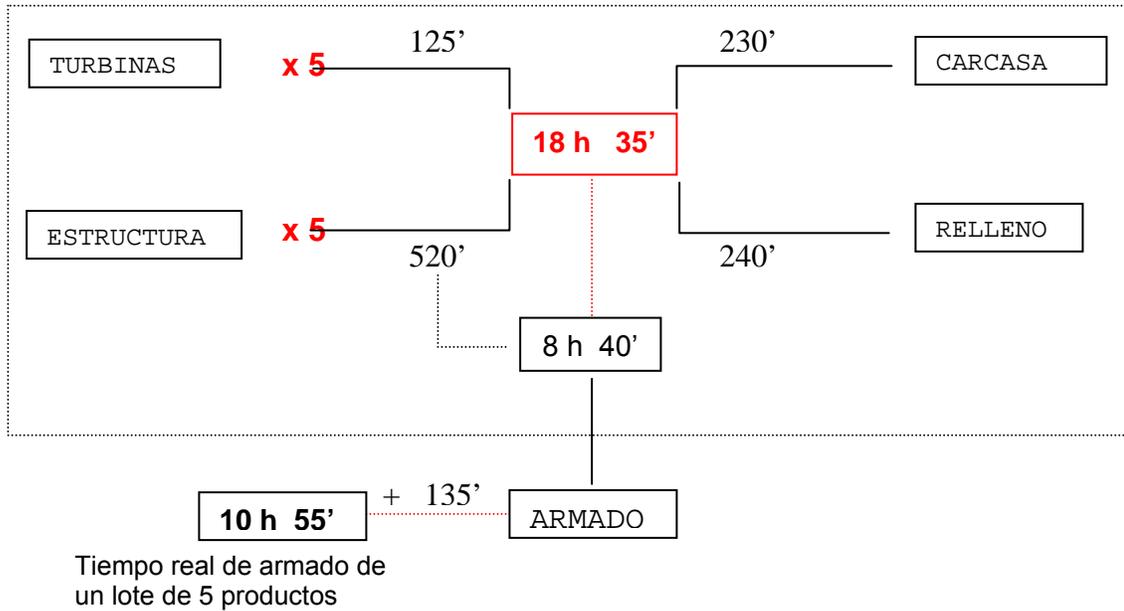


MATERIAL INICIAL	RESUMEN DE TRANSFORMACIÓN	TERMINA CON	TIEMPO
Resina poliéster, fibra de vidrio	Moldeo de plástico reforzado.	Pulimento y limpieza	46 min.



MATERIAL INICIAL	RESUMEN DE TRANSFORMACIÓN	TERMINA CON	TIEMPO
Verificación de partes	Armado, uniones atornilladas y a presión.	Revisión de la máquina (control de calidad)	27 min.

**** Distribución de armado por lote.**



Distribución por tiempos.

Turbinas x 40 = 1000' ⇒ ¼ Jornada

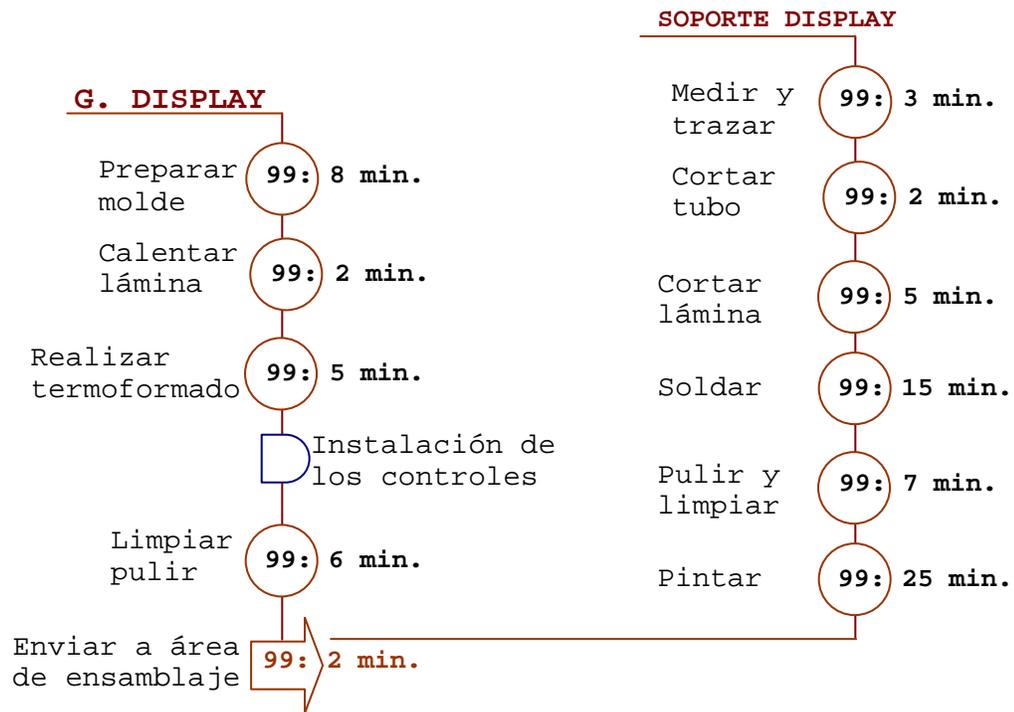
Estructura x 10 = 1040' ⇒ 1 Jornada

Carcasa x 20 = 920' ⇒ ½ Jornada

Relleno x 20 = 960' ⇒ ½ Jornada

Esto quiere decir que se requieren 4 veces menos de capacidad productiva en las turbinas con relación a la estructura.

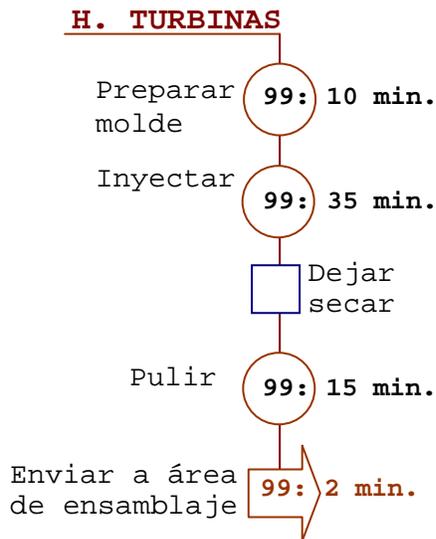
Se considera la fabricación del tablero de control (display) por aparte, pues se contempla la posibilidad de encomendar la labor a una empresa especialista en el campo:



MATERIAL INICIAL	RESUMEN DE TRANSFORMACIÓN	TERMINA CON	TIEMPO
Tubo de 5 " y lámina CR cal. 18	Corte, soldadura	Revisión de la pieza en el embalaje.	57 min.

Soporte

Describamos de una vez el proceso de fabricación de las turbinas que necesariamente debe hacerlo una fábrica idónea en campo:



MAQUINARIA E INSUMOS

Las máquinas y equipos que se requieren son relativamente accesibles, aunque los precios difieren unos de otros, porque contamos con una variedad limitada pero suficiente.

Para manufacturar los metales, necesitamos de:

- Equipo de soldadura.
- Herramientas de corte.
- Equipos y herramientas de limpieza y pulido.

Para trabajar con la resina y la espuma, requerimos de moldes y equipos que son accesibles en el mercado local, como mezcladores, aplicadores y otras herramientas sencillas.

En cuanto a los insumos es vital establecer alianzas con los proveedores de éstos, sobre los materiales plásticos, los cuales se encuentran manejados por contadas empresas a nivel nacional. Los insumos a resaltar, son:

- Componentes de la espuma: isocianatos y polioles.
- Resinas y aditivos.
- Fibra de vidrio.
- Pinturas, entre otros.

6.4 COSTOS DE PRODUCCIÓN DE LA SOLUCION PROPUESTA

6.4.1 Costos de elaboración de los modelos experimentales.

Aquí examinaremos los gastos (inversiones) que tuvimos en los experimentos previos a la construcción del prototipo.

6.3.1.1. Fabricación de Modelos

ELEMENTOS	FINALIDAD	COSTO
Turbina, conductos(tubos), pegante, varilla de aluminio	Se simuló el sistema motriz de la alternativa 1	\$ 42.000
6 metros de Polisombra con	Se utilizó como sombra, puesta	\$ 28.000

ojo al 80%.	sobre la piscina de pruebas.	
3 m. tubo galvanizado, varillas, platinas soldadura, tornillería.	Soporte de la turbina para la simulación de la alternativa 2	\$ 35.000
Turbina (ventilación), varilla inoxidable, balineras,	Simulación de las turbinas de aireación, con eje y balineras	\$ 25.000
Motor de ½ HP con polea y la correa dentada	Fuerza motriz conectado al eje con el sistema reductor.	\$50.000
Listones de madera de 3x2 y 2x1, pegante, puntillas, 2 m. de anjeo.	Simulación del material de relleno(4 capas), alternativa 2.	\$24.000
SUBTOTAL		\$204.000

Tabla 13. Gastos de experimentación.

6.3.1.2. Experimentación

REQUERIMIENTO	IMPLEMENTOS	COSTO
Transporte de los materiales a Sabana T.	-----	\$30.000
Alquiler de bomba (incluye transporte)	Llaves para fijar, Cuerdas	\$ 40.000
Llenado de piscina de pruebas.	Manguera, Agua (limpia)	\$ 5.000

Gasto de energía eléctrica (ambas alternativas)	-----	\$8.000
Rollos, revelados, casetes, etc.	Cámara fotográfica, filmadora.	\$130.000
Toma de datos	Libretas, esferos, impresiones	\$6.000
SUBTOTAL		\$219.000

Valor total de la experimentación:= **\$ 423.000**

6.4.2 Costos del prototipo.

6.4.2.1 *Materia prima*

MATERIAL	MEDIDA USO	MEDIDA COMPRA	VALOR/ UNIDAD	VALOR
Tubo de aluminio 1", calibre 20	3,40 m	3,50 m	\$7.800/ m	\$27.300
Soldadura de aluminio	2.8 kg	3 kg	\$10.000/ kg	\$30.000
Platina de aluminio 1x ¼ "	90 cm	1 m	\$8.500/ m	\$8.500
Platina de acero CR, cal. 16	2.5 dm ²	15 x 25 cms	\$ 3.500	\$3.500
Espuma de poliuretano (reactivos)	4.8 kg	5 kg	\$13.000/ kg	\$65.000
Madera MDF de 6mm (molduras)	1 lámina	1.20 m x 2.40 m	\$52.800/ lámina	\$52.800
Lámina de poliestireno calibre 3 mm.	2, 5 láminas	3 láminas: 1.00 m x 2.20 m	\$35.000/ lámina	\$105.000

Pegante de poliestireno		1 frasco de 250 ml	\$ 2.200	\$2.200
Tubo de acero de 5", cal. 2 mm.	1,20 m	1,20 m	\$21.500	\$21.500
Resina poliéster	7 kilos	7 kilos	\$8.000/ kg	\$ 56.000
Fibra de vidrio	3 kilos	3 kilos	\$7.000 /kg	\$ 21.000
Catalizador	550 ml	600 ml	\$2.000/ 100 ml	\$ 12.000
Cera (desmoldante)		1 frasco	\$ 2.000	\$2.000
Masilla para madera		¼ de galón	\$ 4.500/ 1/16 galón	\$18.000
Lijas, granos de: 220, 320, 500		10 lijas	\$1.100/ lija	\$ 11.000
Tubo de aluminio de 2" para paletas	2.30 m	2.50 m	\$9.600/ m	\$24.000
Varilla de 1" de acero 1040	66 cm.	70 cm.	\$14.000/m	\$9.800
Thiner		6 botellas	\$1.500/ botella	\$ 9.000
Cartón paja		7 pliegos	\$2600/ pliego	\$18.200
Pegante de madera		1 frasco medio	\$ 7.500	\$7.500
Pintura, Colores: azul, plateado, blanco y negro	1,5 galones	2 y 1/16 galones	\$27.000/ galón	\$55.000
Ruedas plásticas (4)	4	4	\$18.000/*4	\$18000
Acrílico, calibres: 1.5 y 3mm	7.4 dm ²	25 x 30 cms	\$102.000/ lámina	\$10.600

Talco blanco	1 kg	3 kg	\$700/ kg	\$2.100
SUBTOTAL				\$590.000

Tabla 14. Gastos de materiales del prototipo.

6.4.2.2 Procesos (Fabricación)

PROCESO	EQUIPO UTILIZADO	COSTO
Corte y doblado.	Seguetas, dobladora, escuadra, flexómetro.	\$ 7.500
Soldadura de la estructura	Equipo de soldadura. Marcador,	\$30.000
Corte de lámina de poliestireno	Cortador, reglas.	\$12.000
Fabricación del molde de la carcasa	Reglas, esferos. Cortador, martillo.	\$15.000
Carcasa en resina	Brochas, limpiadores. Lijadora.	\$55.000
Fundición de turbinas	Herramental de fundición	\$35.000
Termoformado del acrílico	Pistola de calor, escuadras.	\$10.000
Corte de paletas	Seguetas, Escuadra. Calibrador.	\$10.000
SUBTOTAL		\$ 174.500

Tabla 15. Gastos de procesos del prototipo.

Otros equipos adquiridos:

EQUIPO/ INSUMO	COSTO
Motor	\$ 350.000
Ventilador	\$ 108.000
Poleas- banda	\$ 95.000
Chumaceras	\$32.000
SUBTOTAL	\$585.000

6.4.2.3 *Transporte e Instalación*

OPERACIÓN	COSTO
Transporte del producto a Sabana de Torres	\$80.000
Monitoreo (logística con el CEIAM)	\$45.000
Traslado a la finca	\$12.000
Gasto de energía en los cuatro días	\$4.200
SUBTOTAL	\$ 141.200

Valor total del prototipo: **\$1' 490.700**

Valor total del proyecto: Vlr. Prototipo + Vlr Experimentación

\$1'913.700

6.4.3 Costos de la producción industrial.

Para estimar el costo unitario del producto se tienen en cuenta los rubros correspondientes a los costos directos e indirectos a la producción, así tenemos los materiales, insumos, mano de obra y el uso de equipos como costos directos, entre los indirectos, se cuentan los gastos administrativos y de funcionamiento, comercialización, imprevistos y utilidades.

Vamos a hacer el siguiente cálculo tomando como referencia un plan de ventas que establece los lotes de producción. Así que tomemos el primer año, estimando la cantidad producida en 50 unidades.

6.2.3.1 Costos Directos:

Teniendo en cuenta que la eventual empresa tiene un personal de planta (tiempo completo) y otros empleados que trabajan un cierto tiempo, incurriremos en gastos de prestaciones y otros.

El molde para la inyección de las turbinas también es un costo directo considerable. El coste de éste se dividirá en 3.000 piezas y luego lo multiplicamos por 250 piezas (50 unidades). Este molde fue avaluado por la

empresa *TORNPLAST*²¹ en 35 millones de pesos (precios sometidos a cambios).

Los materiales son comprados al por mayor, por eso existe una reducción considerable con respecto a los adquiridos para la fabricación del prototipo.

RUBRO	ESPECIFICACIONES	COSTO
Mano de obra	4 empleados fijos y 3 de medio tiempo (aprox. 120 horas)	\$3'500.000
Materiales	Estimados en un 60 % del costo del prototipo (compra x mayor)	\$15'000.000
Equipos y herramientas	Compra y alquiler de maquinaria por un monto fijo.	\$84'000.000
Suministros	La inyección de turbinas incluye molde, material y mantenimiento. Otros insumos.	\$8'500.000
		111' 000.000

Tabla 16. Costos estimados en la producción industrial (50 productos).

²¹ Fábrica especializada en inyección de PP y construcción de moldes por electroerosión. El costo incluye gastos de mantenimiento por 5 años por parte de la misma empresa. Bucaramanga, 2004.

El total de los costos directos ascienden aproximadamente a 40 millones de pesos (en moneda actual colombiana).

6.2.3.2 *Costos Indirectos*

Los costos relativos a imprevistos equivalen a un 8% sobre la suma de costos directos, esto es, \$8'880.000.

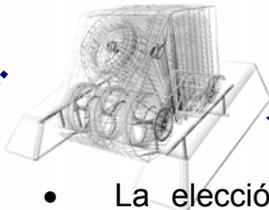
Referente a las utilidades, ascienden a un 12% sobre el monto de los costos, es decir, \$13'320.000.

Finalmente, los gastos administrativos equivalen a un 15%: 16'650.000

La suma global de la producción es de: **149'850.000**

Esto quiere decir que el valor individual es de aproximadamente:

\$2'997.000



7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La elección del método de enfriamiento, basado en el principio de la refrigeración evaporativa, fue un acierto desde varios puntos de vista. Por un lado es el método más simple que toma el aire ambiente como medio refrigerante y no sólo es un medio sino una exigencia pues estas zonas cálidas se caracterizan por presentar humedades altas lo que hacen a este aire un excelente agente que favorece la convección y la evaporación.

Además de que es un método simple- económico, nos permite llevar la temperatura del agua a un límite que es muy agradable para los peces y resulta *fresca* para éstos; este límite, que se ubica muy cerca de la temperatura de bulbo húmedo del ambiente que se halla en el rango entre 28 y 30 °C, es el mismo término propuesto en los objetivos de este proyecto.

- Por la configuración de la máquina, *aireador- refrigerador*, sus propiedades y beneficios se multiplican, debido a que no sólo servirá para regular la temperatura, sino también para llevar los niveles de oxígeno a un rango óptimo. Todo esto se convierte como en un paquete de servicios que proporciona un ambiente afable a los animales para que se desarrollen

normalmente, que en últimas es como se mide la productividad de un cultivo de cualquier especie.

- Podemos afirmar sin vacilaciones, que los objetivos planteados en el proyecto fueron alcanzados con este producto, porque como diseñadores industriales logramos materializar una solución en un producto, apoyados en los conocimientos que distinguen al Diseño Industrial como Ergonomía, Producción en serie, Tecnología de materiales, entre otras.

Es así que, no sólo vimos satisfechas nuestras inquietudes y sueños surgidos al adelantar una tesis de grado, contemplamos también, como engranaba cada concepto adquirido durante la carrera en el desarrollo de este producto.

- Hablando del proceso industrial, es casi obligatorio referirnos al campo regional, sus alcances y limitantes. Ciertamente, aún ad portas de ser profesionales, no dimensionamos de forma completa y plena el aparato productivo de la región, pero advertimos que hay más luces que sombras. El desarrollo tecnológico local nos ofrece suficientes herramientas, para fabricar este producto en serie, e incluso instalar una empresa propia que integre a varios sectores de la economía primaria con la secundaria.

Adelantando un estudio minucioso dentro de un plan de negocio, podríamos optimizar los recursos, identificando mejores procesos o materiales a nuestro alcance (por ejemplo dentro del país), de manera que el emprendimiento tenga bases sólidas para posicionarlo adecuadamente en el mercado que nos circunda.

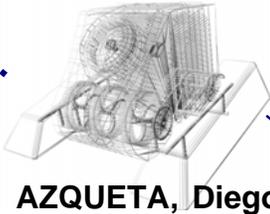
- De acuerdo a lo observado en las pruebas del prototipo es recomendable que la máquina se traslade unos metros dentro del estanque para aumentar la eficacia. Este traslado, por obvias razones, debe ser un movimiento programado y controlado; propondríamos, por facilidad de fabricación y ejecución un movimiento rotacional alrededor del ancla, que implica un radio entre 3 y 5 metros.
- Se recomienda seguir esta investigación con el apoyo de una entidad gubernamental, como la UMATA o FONADE, para conectarlo de un modo más fácil y correcto a una alianza estratégica y/o productiva, y por otro lado realizar una evaluación ambiental más detallada.
- Finalmente y paralelo a la gestión señalada anteriormente, nos parece conveniente que el prototipo siga sometiéndose a experimentación con biólogos, ingenieros agrónomos y especialistas de otras ramas que brinden

información detallada en los análisis y pruebas a realizar, para aclarar algunas dudas y transformarlas en beneficios de la máquina.

- En cuanto a la presentación del producto en los puntos de venta o almacenes, nos surgió la idea a partir de la misma comprobación, que pudiera cubrirse con una membrana de polietileno.

No se trata de un empaque como tal, pero el forro en este material presenta buenas características mecánicas y un buen precio, cumple en una buena medida las funciones de protección y presentación.

Para acompañar este modelo, tendríamos que desarrollar un maletín que llevara los accesorios, control y manual de uso, este sí sería un empaque, por supuesto con su respectivo estudio de espacios para la información que lleva dentro y fuera del mismo.



8 BIBLIOGRAFÍA

AZQUETA, Diego: VALORACIÓN ECONÓMICA DE LA CALIDAD AMBIENTAL. Madrid, 1994.

BONSIEPE, Gui: DISEÑO INDUSTRIAL, TECNOLOGÍA Y DEPENDENCIA. Edicol, México, 1985.

CONESA FERNÁNDEZ, Vicente: GUIA METODOLOGICA PARA LA EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL. 3ª Edición. Madrid, 1997.

GRAJALES- HAHN- OSPINA: LA PISCICULTURA COMO ALTERNATIVA DE DESARROLLO CAMPESINO. Universidad de Manizales, 1998.

INSTITUTO NACIONAL DE PESCA Y ACUICULTURA- INPA: FUNDAMENTOS DE ACUICULTURA CONTINENTAL. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Santa fe de Bogotá, 2001.

NIEVES CACERES, Carlos Humberto - RUEDA SANTOS, Gerson: TORRE DE ENFRIAMIENTO, MODELO PARA PRUEBAS DE LABORATORIO. Tesis de grado, Ingeniería Mecánica. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, 1998.

RODRÍGUEZ, Gerardo. MANUAL DE DISEÑO INDUSTRIAL, CURSO BÁSICO, México, Gustavo Gili.

RUBIN: HANDBOOK OF PLASTIC MATERIALS AND TECHNOLOGY. Wiley-Interscience. Nueva York ,1990.

RUBIO, Francisco Oliver: INTRODUCCIÓN AL ESTUDIO DE LA TERMODINÁMICA Y A LA TRANSFERENCIA DE CALOR. Noriega Editores. México, 1987.

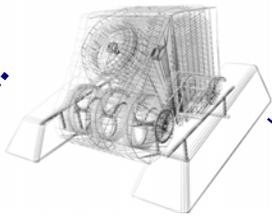
CONSULTAS:

Ing. Agrónomo Víctor Hugo Vásquez, CORMAGDALENA – Barrancabermeja.

Ing. Mecánico Omar Gélvez, ESCUELA DE ING. MECANICA UIS

Ing. Civil Jorge Guzmán, ESCUELA DE ING. CIVIL UIS

Sra. Gloria Chipagra, PISCICOLA SAN SILVESTRE– B/bermeja



9. ANEXOS

9.1 PRODUCCIÓN EN ESTANQUES.

Aquí nombramos las ventajas de los estanques de acuerdo a su tamaño:

Las ventajas de estanques pequeños son:

- Fácil y rápida cosecha.
- Llenado y drenaje rápido.
- Fácil tratamiento de enfermedades y parásitos.
- Menor efecto de la erosión y el viento.

Las ventajas de estanques grandes son:

- Menor costo de construcción por área.
- Mayor capacidad de intercambio de oxígeno por la superficie.
- Menos espacios no utilizados, como diques.
- Mayor densidad de siembra.

Debe destacarse que existen diferentes niveles de producción (extensivo, semi-intensivo e intensivo) y cualquiera de ellos debe contar con una correcta planificación:

EXTENSIVA	SEMI- INTENSIVA	INTENSIVA
<p>La cantidad de peces sembrados por unidad de superficie es baja, no se efectúa aporte de alimento suplementario, por lo tanto la cantidad de producto obtenido es bajo.</p> <p>La inversión es baja.</p>	<p>Sembramos mayor cantidad de peces con aporte de alimento suplementario, se obtiene con mayor inversión un rendimiento más elevado por unidad de superficie.</p>	<p>Quiere decir que la densidad de peces por unidad de superficie es alta y la alimentación depende en su totalidad del aporte externo, obteniéndose la mayor producción posible en condiciones controladas, la inversión es la más alta y se obtienen mayores beneficios.</p>

Tabla 17. Niveles de Producción en la Piscicultura.

9.2. GUÍA DE EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL EN LOS CUERPOS DE AGUA (ESTANQUES)

La contaminación del agua se define como la alteración de su calidad natural por la acción del hombre, que hace que no sea, parcial o totalmente, adecuada para la aplicación o uso a que se destina. Y se entiende por calidad natural del agua

al conjunto de características físicas, químicas y bacteriológicas que presenta el agua en su estado natural en los estanques.

El agua no se encuentra naturalmente en estado puro y siempre contiene cierto número y cantidad de sustancias que provienen de diversas fuentes. En el caso de los estanques, es fundamental preservar el equilibrio de muchos factores, como la temperatura, el oxígeno disuelto, el pH, la turbidez, sólidos disueltos, etc. Y no sólo eso, sino atender a las causas que provocan los eventuales desequilibrios, causas que son influidas por la acción del hombre.

Los contaminantes a evaluar más sobresalientes, se encuentran:

- *Sólidos en suspensión* (minerales, subproductos de procesos industriales...).
- *Elementos que modifican el color* (agua caliente, colorantes...)
- *Compuestos inorgánicos* (sal común, ácidos, sales metálicas...)
- *Nutrientes* (compuestos de nitrógeno, fósforo, potasio...)
- *Contaminantes biológicos* (bacterias y virus, productores de enfermedades en los peces...).
- *Compuestos orgánicos tóxicos* (plaguicidas, subproductos...).

La manera más sencilla y práctica de estimar la calidad de agua en los estanques, consiste en la definición de índices y ratios de las medidas de los parámetros físicos, químicos y biológicos en la situación operacional (etapas de

desarrollo: siembra, levante, engorde y cosecha) referenciados con otra situación considerada admisible o deseable y que viene definida por ciertos estándares. Veamos, por ejemplo:

Parámetro	pH	O ₂ disuelto	NH ₃	Temperatura	Aspecto general	Valoración porcentual
VALOR ANALITICO	1-2 / 13	0-1	> 1,25	>45	Pésimo	0-10
	3 / 12	<2	1,00	33-40	Malo	11-25
	4-5 / 11	2-3	0,50-0,75	>32/ <5	Impropio	26-40
	6 / 9,5	3-4,5	0,40	30 / 5	Aceptable	41-50
	6,5 / 9	4,6-5,5	0,30	28/ 10	Agradable	51-70
	7,5 - 8,5	6-7	0,05-0,20	26 / 12	Bueno	71-80
	7	> 7	<0,05	16-25	Excelente	81-100
Unidad de medida	Udad.	mg/ l	p.p.m	°C	Subjetiva	%
Peso / 5	4	4	1	4	1	—
Los valores analíticos que correspondan a un porcentaje menor que 40, se entienden como no permisibles. Se precisarán medidas correctivas.						

Tabla 18. Estándares de evaluación del impacto sobre el estanque.

Los parámetros más frecuentemente admitidos y utilizados son: DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno), temperatura, sólidos disueltos, pH, compuestos de nitrógeno, fósforo y cloro, entre otros. Presentamos a continuación, un tipo de indicador muy utilizado, se trata del Indicador de Calidad del Agua, ICA, que

proporciona un valor global de la calidad del agua, incorporando los valores individuales de la serie de parámetros antes descrita (ver tabla).

$$ICA = \sum C_i P_i / \sum P_i$$

Donde:

C_i = valor porcentual asignado a los parámetros.

P_i = peso asignado a cada parámetro.

Los contaminantes, independiente de sus fuentes (procesos industriales, aguas residuales, otras explotaciones animales, maquinaria sumergida...), son capaces de producir entre otros, los siguientes efectos sobre el medio:

1. Obstrucción o relleno de corrientes, embalses y canales; aumento del costo de depuración; corrosión de equipos; reducción de la vida animal.
2. Reducción del oxígeno disuelto y consiguiente descomposición lenta o incompleta de los contaminantes; bajo consumo de alimento; pérdidas por alimentos descompuestos.
3. Crecimiento excesivo de la vida vegetal acuática; aumento de la demanda de oxígeno; mal sabor y mal olor.

4. Daño a la pesca, enfermedades; consumo total del oxígeno causa la acción de bacterias anaerobias, que dan lugar a malos olores.
5. Amenaza a la pesca y vida silvestre; posibles riesgos, derivado de ello, para el hombre, por ingestión o exposición.

Podremos citar un caso en particular, un problema de salud que podría ser muy serio, sino se coloca la suficiente atención; además advirtiéndose que aumenta el riesgo en dispositivos de intercambio de calor de esta clase. Hablaremos de la Legionela (siguiente anexo).

9.3 LEGIONELA Y OTRAS PATOLOGÍAS

La legionela es una bacteria que encuentra un hábitat adecuado en sistemas de agua creados por el hombre, siendo capaz de sobrevivir en un variado campo de condiciones físico-químicas del agua (temperatura, pH, conductividad, etc.). Es importante tener presente que la bacteria **puede ser patógeno solamente cuando se dispersa en el aire y penetra en los pulmones.**

Una característica diferencial con otras bacterias es su capacidad de crecer en el interior de otros microorganismos presentes en el agua, siendo este uno de los mecanismos que la protege frente a agentes nocivos externos, como tratamientos con cloro o biocidas y tratamientos térmicos. Los procesos que

deben tener lugar para que el ser humano se vea infectado son, en orden cronológico, los siguientes:

1. *Penetración de la bacteria en el sistema.* La penetración de la bacteria en el circuito de agua suele producirse por aporte de agua natural contaminada.

2. *Multiplicación de la bacteria.* La bacteria tiene que multiplicarse en el agua hasta una concentración mínima.

La figura describe gráficamente las temperaturas críticas para la bacteria, relacionadas con las temperaturas más comúnmente encontradas en los sistemas de agua. La temperatura de máximo desarrollo está cerca a los 40°C.

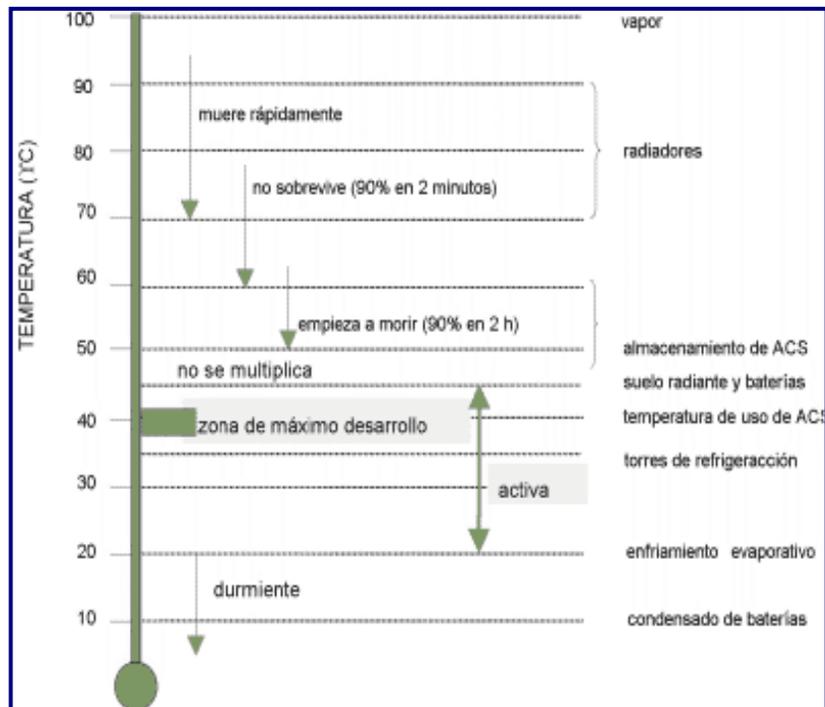


Gráfico 56. Caracterización ambiental de la legionela.

Además, la bacteria se multiplica con más facilidad si dispone en el circuito de un substrato alimenticio, generalmente formado por materiales orgánicos, óxidos metálicos, lodos y cualquier tipo de suciedad.

3. Dispersión de la bacteria en el aire. El microorganismo debe dispersarse en el aire en forma de aerosol a partir del sistema de agua.

La permanencia del aerosol en el aire depende de las condiciones atmosféricas, en particular de la temperatura seca, la humedad relativa y la velocidad del viento, así como del tamaño de las gotas.

La dispersión de gotas permanece en el aire tanto más tiempo cuanto más pequeño sea el tamaño de las mismas (porque disminuye la velocidad terminal de sedimentación), más baja la temperatura seca del aire, más elevada su humedad relativa y más baja la velocidad del viento.

Las gotas de tamaño inferior a 5 μm representan un riesgo importante porque pueden penetrar profundamente en el aparato respiratorio.

4. Exposición de las personas. Es necesario que el microorganismo sea de una especie virulenta para el ser humano y que éste sea susceptible a la exposición a un aerosol con un contenido suficiente de bacteria viable. La mayor incidencia se da en varones de más de cuarenta años y el riesgo aumenta en fumadores y

personas con las defensas disminuidas (enfermos, transplantados e inmunodeprimidos).

El riesgo de contraer la enfermedad aumenta al aumentar el número de bacterias en el aerosol y la duración de la exposición.

9.4 PRINCIPALES MEDICIONES EN BIOMETRÍA

La biometría, como ya lo habíamos mencionado, existe precisamente para evitar el estrés y la mortalidad excesiva en los peces. Muestreo de pesos y tallas son los que se realizan por lo general en la mayoría de casos, mediciones hechas en un período de tiempo muy determinado. Presentamos a continuación los cálculos correspondientes a datos zootécnicos como: peso promedio ganado, sobrevivencia, tasa de conversión de alimento, tasa de crecimiento promedio, tasa de crecimiento específico y producción neta, de acuerdo a la metodología propuesta por Teng y Chua²².

$$A. \text{ Peso ganado por los peces } (g) = \varpi_t - \varpi_o$$

Donde, ϖ_t : peso promedio de los peces al tiempo t;

ϖ_o : peso promedio inicial de los peces.

$$B. \text{ Ratio de sobrevivencia } (\%) = (N_t / N_o) \times 100$$

²² TENG S. y CHUA J. S. **Aquaculture**, 1979; páginas 219-323

Donde, N_t : número de peces supervivientes al tiempo t ;

N_0 : número inicial de peces.

C. *Ratio de conversión de alimento (FCR) = P_{ac} / P_{gp}*

Donde, P_{ac} : Peso del alimento consumido

P_{gp} : Peso ganado por los peces.

D. *Incremento de peso promedio día (g/d) = $(\varpi_f - \varpi_i) / t$*

Donde, ϖ_f : peso promedio final;

ϖ_i : peso promedio inicial;

t : tiempo de cría

E. *Producción Neta (kg/ m³) = $(w_t - w_0) / v$*

Donde, w_t : peso total de los peces que sobreviven al tiempo t ;

w_0 : peso total inicial de los peces;

v : volumen de la jaula

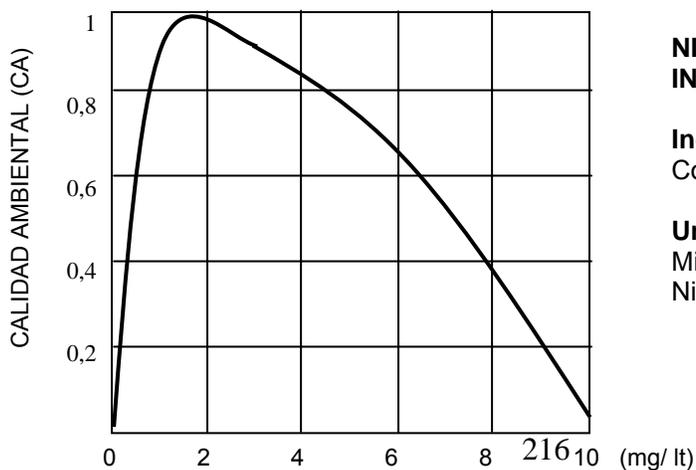
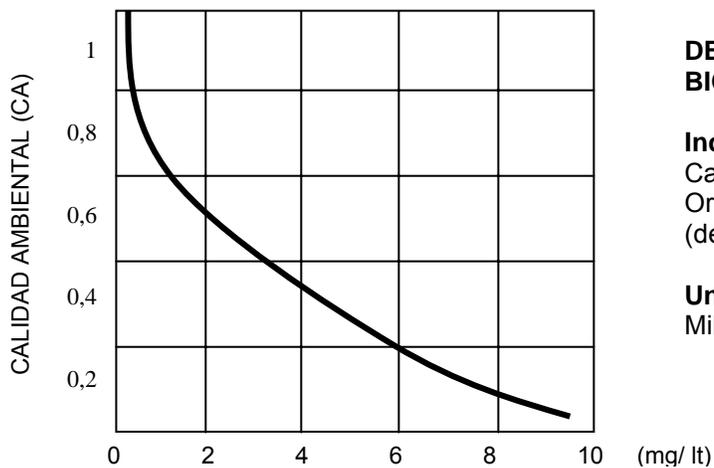
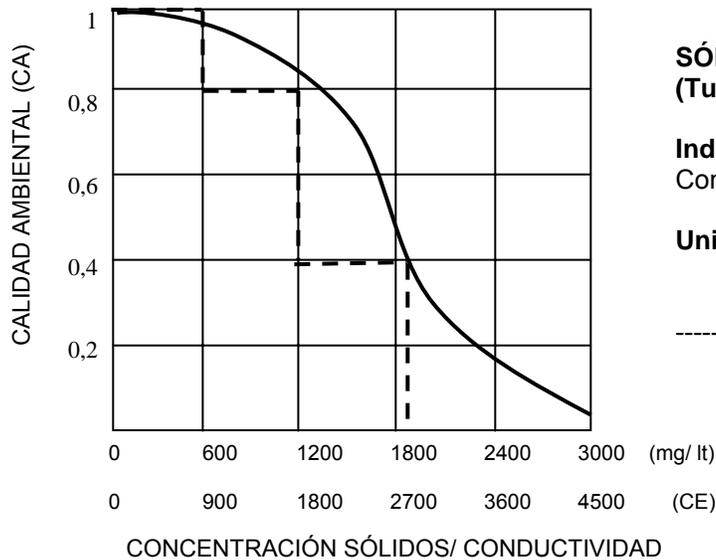
F. *Tasa de Crecimiento Específico = $100 (\ln w_f - \ln w_i) / t$*

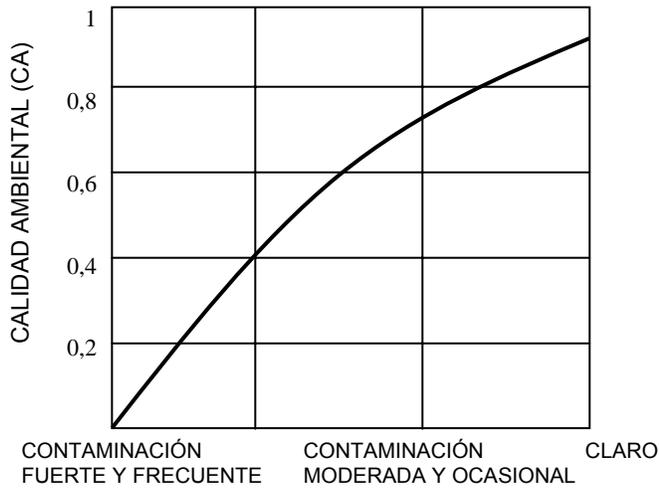
Donde, $\ln w_f$: Log natural del peso promedio final;

$\ln w_i$: Log natural del peso promedio inicial;

t : Tiempo de cría.

9.5 OTRAS FUNCIONES DE TRANSFORMACIÓN

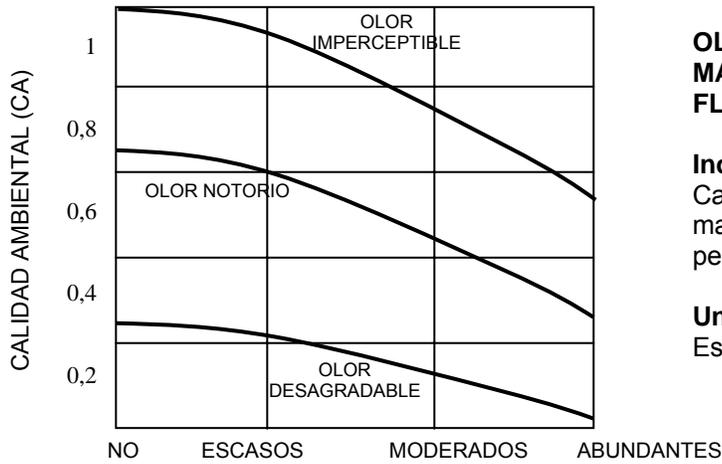




VISIBILIDAD

Indicador del factor:
Contaminación visual del entorno.

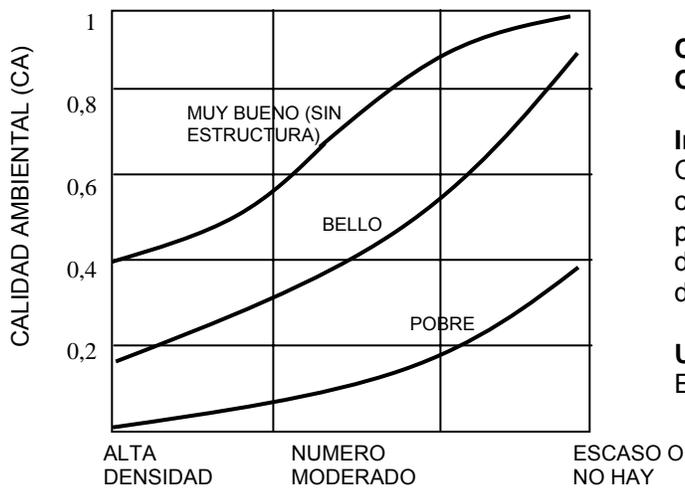
Unidades de medida:
Adimensional



OLOR Y MATERIALES FLOTANTES

Indicador del factor:
Cantidad de materiales flotantes y percepción del olor.

Unidades de medida:
Estimativa



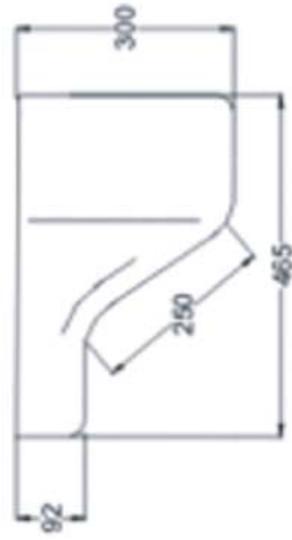
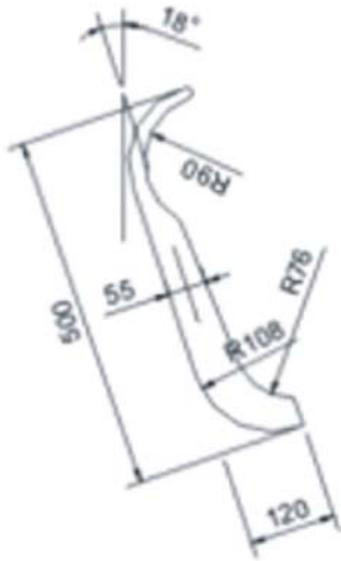
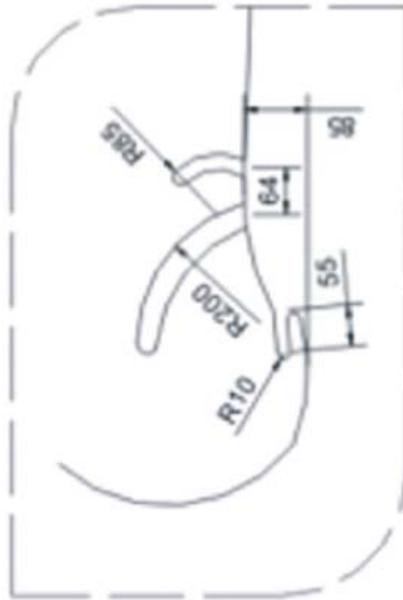
CONSONANCIA OBJETO-ENTORNO

Indicador del factor:
Cantidad de los componentes del producto. Calidad del diseño. Segregación de partes.

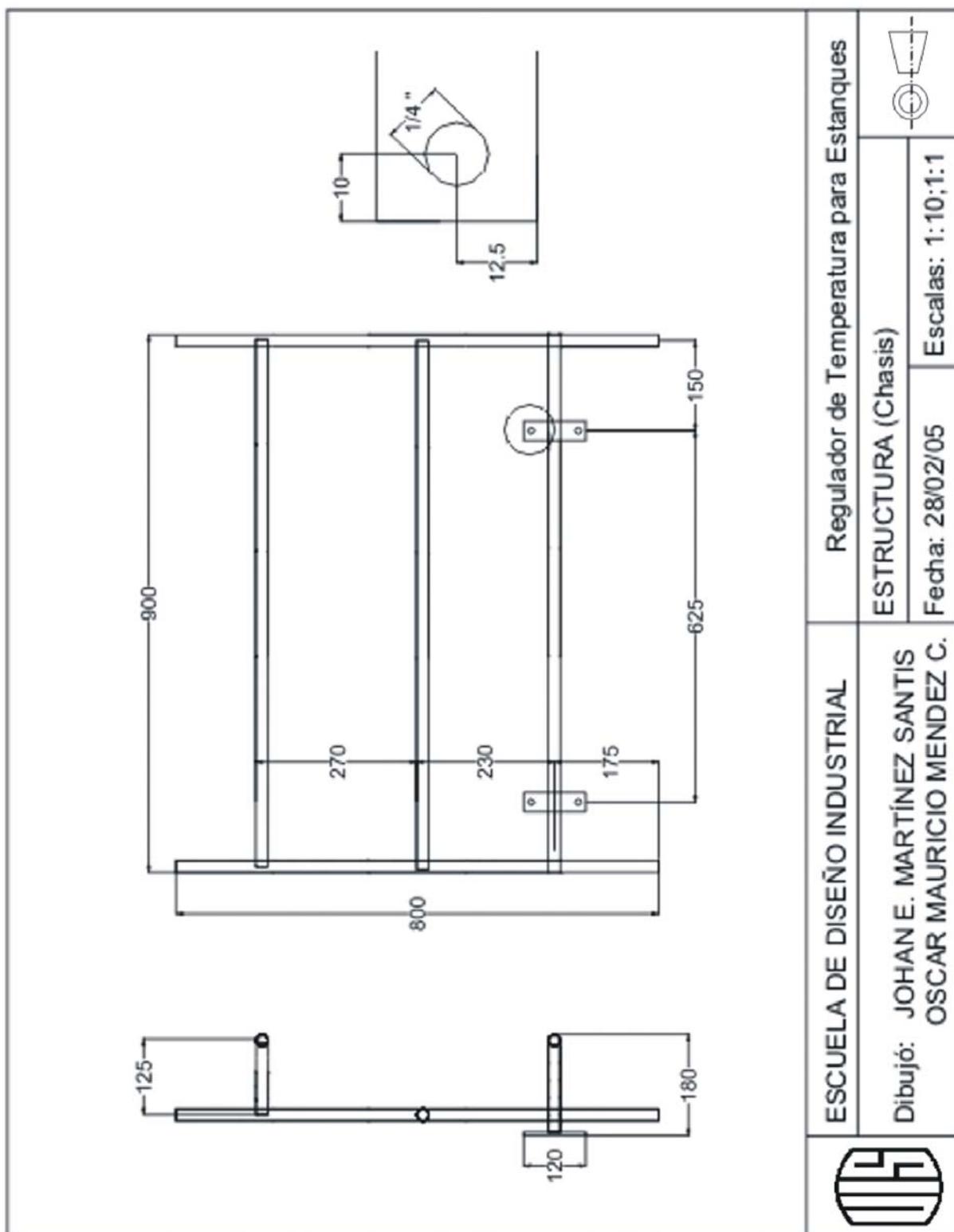
Unidades de medida:
Estimativa.

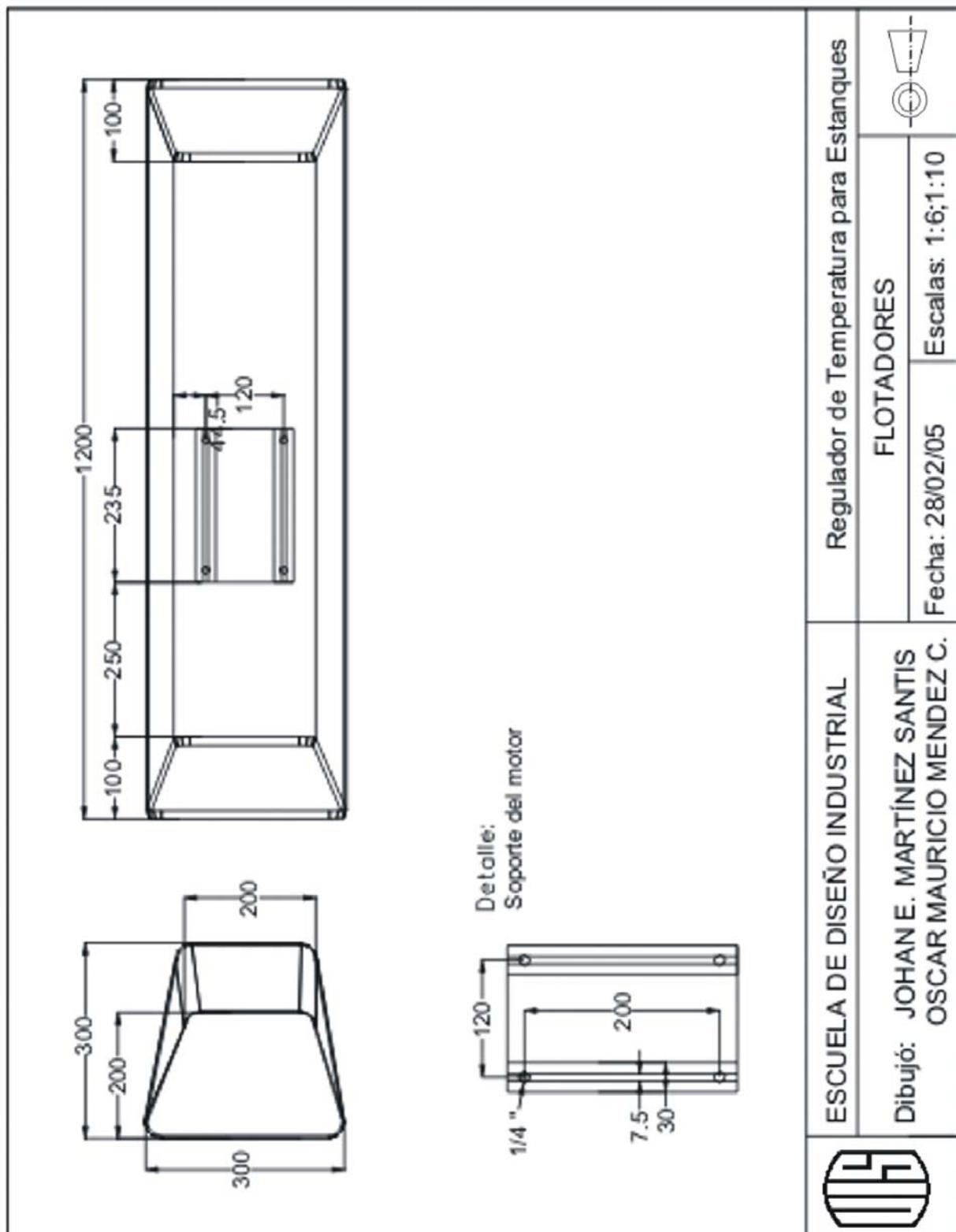
APÉNDICE A
PLANOS TÉCNICOS
(CONTIENE 8 PLANOS)

detalle: Ranuras de ajuste



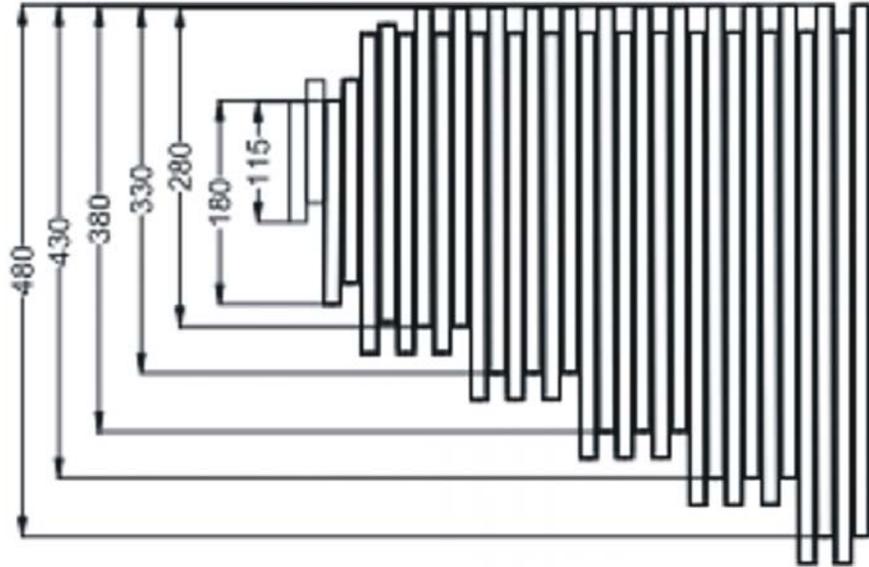
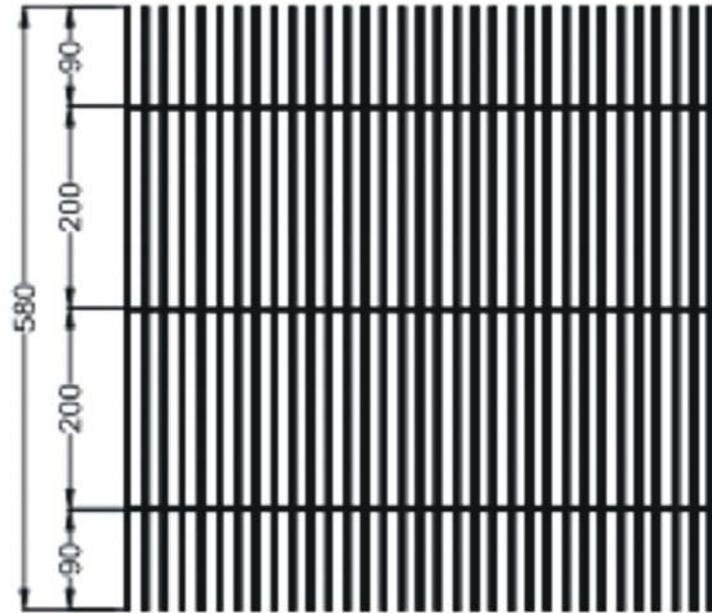
	ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL	Regulador de Temperatura para Estanques	
	Dibujó: JOHAN E. MARTÍNEZ SANTIS OSCAR MAURICIO MENDEZ C.	DETALLES Y CUBIERTA DEL MOTOR	





Detalle:
Soporte del motor

	ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL	Regulador de Temperatura para Estanques	
	Dibujó: JOHAN E. MARTÍNEZ SANTIS OSCAR MAURICIO MENDEZ C.	FLOTADORES	Fecha: 28/02/05 Escalas: 1:6;1:10



ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL

Dibujó: JOHAN E. MARTÍNEZ SANTIS
OSCAR MAURICIO MENDEZ C.

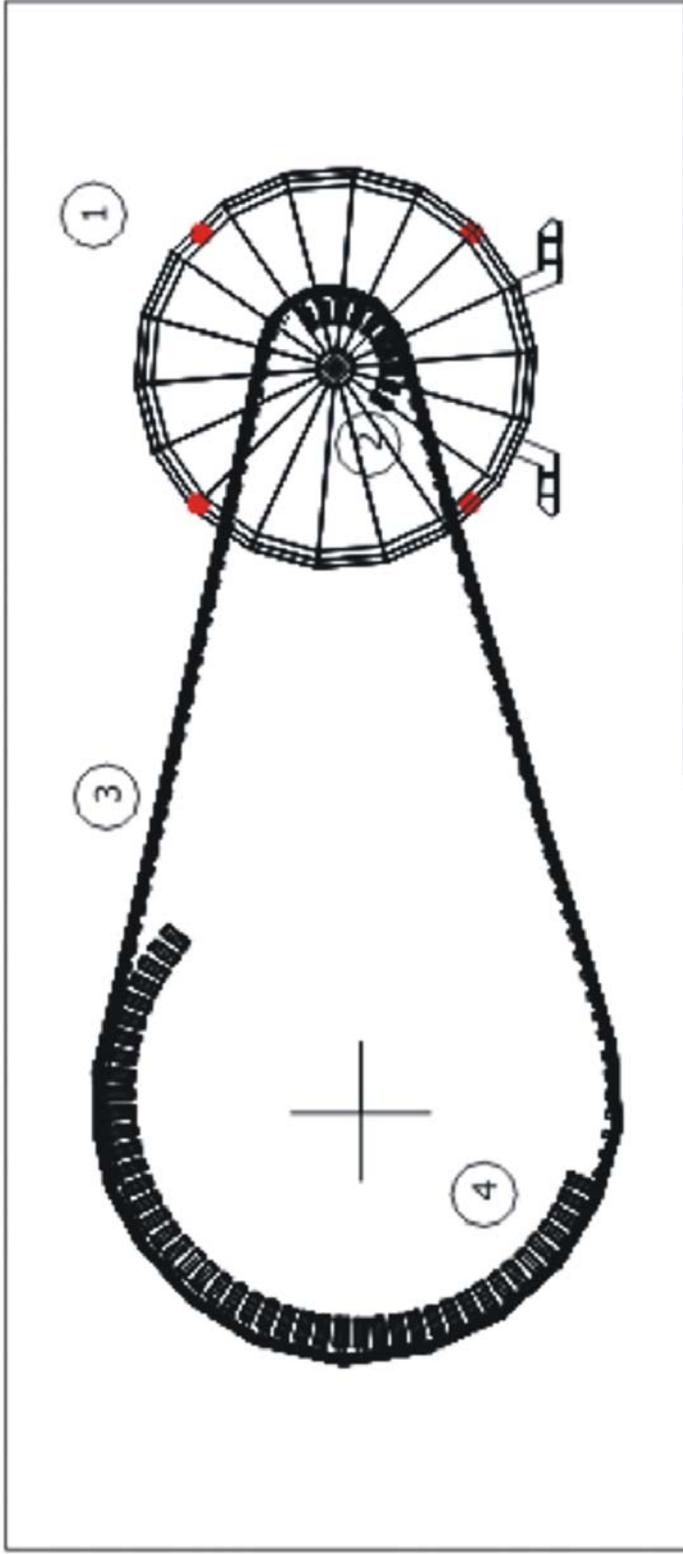
Regulador de Temperatura para Estanques

MATERIAL DE RELLENO (Empaque)

Fecha: 28/02/05

Escala: 1:6

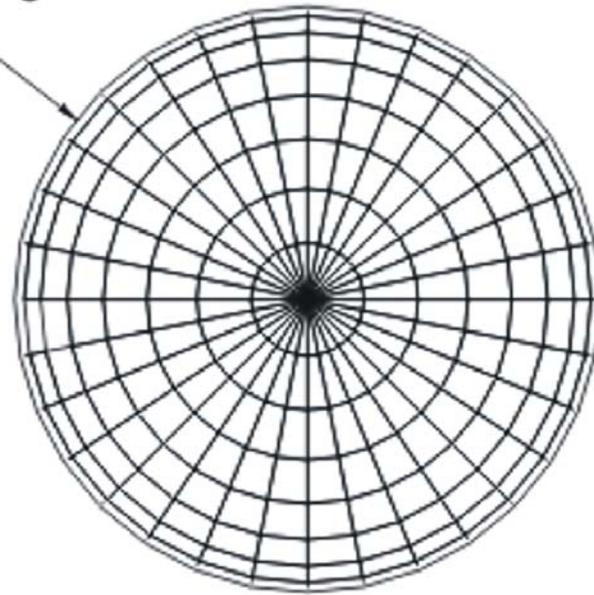




4	BANDA DENTADA	1	Caucho Vulcanizado
3	POLEA SALIDA (Mayor)	1	Fundición de Aluminio
2	POLEA ENTRADA	1	(relación 1:4)
1	MOTOR 2 HP 110V, AC	1	Importado(recom.)
Item	Designación	Cont.	Observaciones

	ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL	
	Regulador de Temperatura para Estanques	
SISTEMA DE TRANSMISIÓN		
Dibujó: JOHAN E. MARTÍNEZ SANTIS OSCAR MAURICIO MENDEZ C.		
Fecha: 28/02/05	Escala: 1:5	

Acero inoxidable
calibre: 3mm
diámetro: 34 cm



ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL

Dibujó: JOHAN E. MARTÍNEZ SANTIS
OSCAR MAURICIO MENDEZ C.

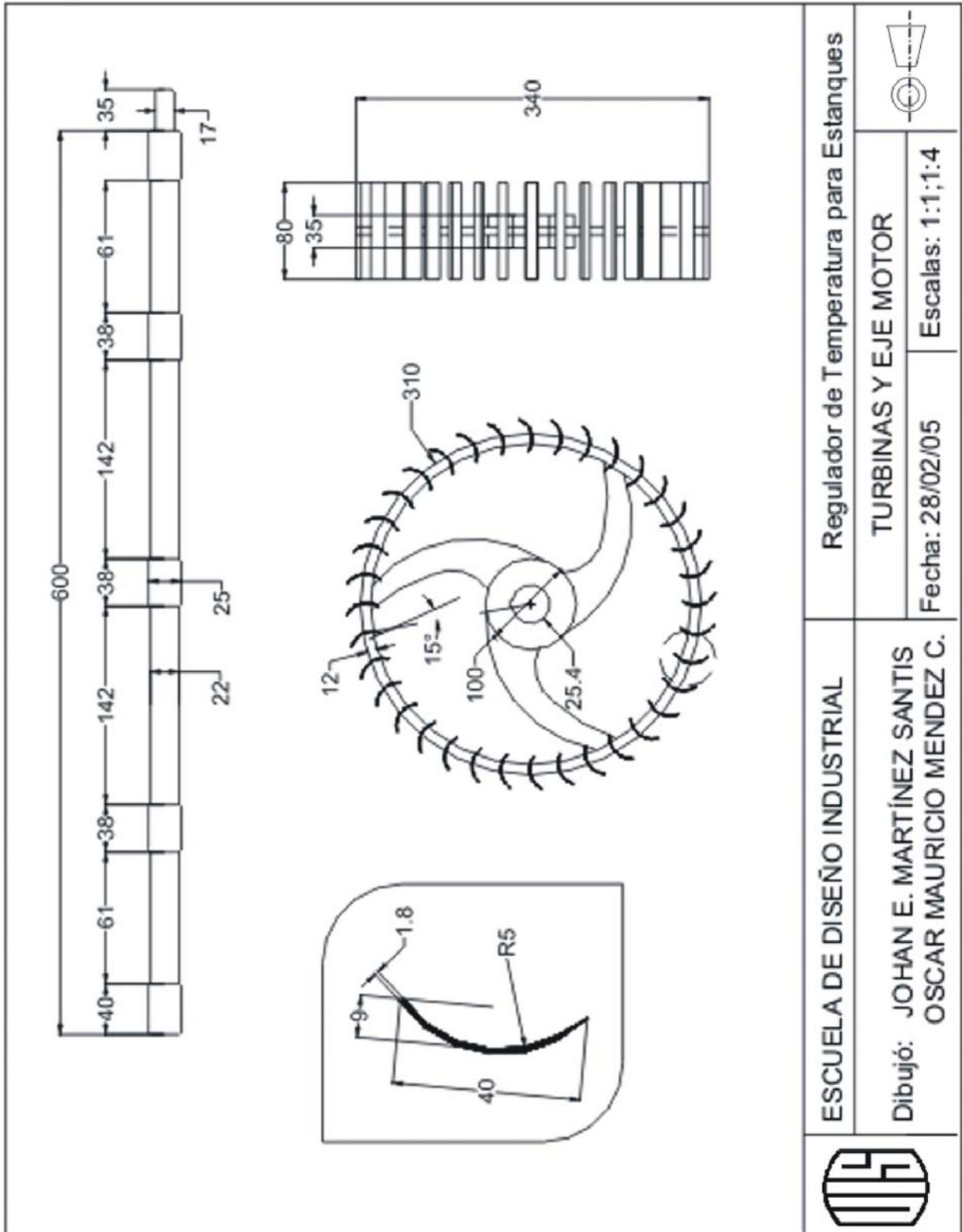
Regulador de Temperatura para Estanques

CUBIERTA DEL VENTILADOR

Fecha: 28/02/05

Escala: 2:5





ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL

Dibujó: JOHAN E. MARTÍNEZ SANTIS
OSCAR MAURICIO MENDEZ C.

Regulador de Temperatura para Estanques

TURBINAS Y EJE MOTOR

Fecha: 28/02/05

Escala: 1:1;1:4

