UNIVERSIDAD CATOLICA DE VALPARAISO
Facultad de Recursos Naturales
Escuela de Ciencias del Mar

DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UNA UNIDAD DE TRATAMIENTO POR BAÑO, PARA PECES CULTIVADOS EN BALSAS JAULAS

Tesis entregada como complemento parcial de los requisitos para la obtención del título de "INGENIERO PESQUERO".

MATIAS BAGNARA CUETO

1988

Reg. 103.545

M
B147
1988

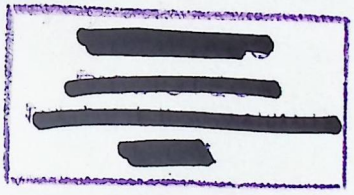
UNIVERSIDAD CATOLICA DE VALPARAISO

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES

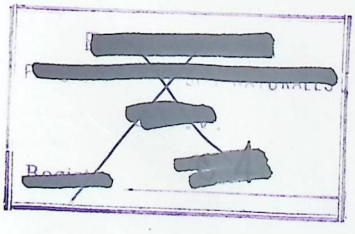
ESCUELA DE CIENCIAS DEL MAR

INSTITUTO DE OCEANOLOGIA
BIBLIOTECA
5493
Universidad de Valpso.

DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UNA UNIDAD DE TRATAMIENTO POR BAÑO, PARA PECES CULTIVADOS EN BALSAS JAULAS



Tesis entregada como complemento parcial de los requisitos para la obtención del título de "INGENIERO PESQUERO".



MATIAS BAGNARA CUETO

1988

DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UNA UNIDAD DE TRATAMIENTO POR BAÑO, PARA PECES CULTIVADOS EN BALSAS JAULAS

por

MATIAS BAGNARA CUETO

Tesis entregada como complemento parcial de los requisitos para la obtención del título de INGENIERO PESQUERO.

Profesor Guía : Sr. GABRIEL DAZAROLA M. OK _____

Comité de Tésis : Srta. MARIEL CAMPALANS _____

Sr. TEOFILO MELO F. _____

CONTENIDO

Pág.

1. INTRODUCCION 1

2. ANTECEDENTES GENERALES 4

2.1. Desarrollo histórico del cultivo en balsas jaulas 4

2.2. Cultivos con balsas jaulas existentes en Chile (1985)..... 5

2.3. Modelo de balsa jaula usada en Noruega y Escocia 7

2.4. Enfermedades de los peces cultivados 16

2.4.1. Antecedentes Generales 16

2.4.2. Antecedentes sobre aplicación de tratamientos 17

3. MATERIALES Y METODOS 20

3.1. Dimensionamiento de la Unidad de Tratamiento 20

3.2. Elección de los materiales de construcción 22

3.2.1. Criterios de elección del material 22

3.2.2. Materiales para la estructura superficial 23

3.2.3. Material de boyantez 25

3.2.4. Descripción de componentes de la jaula de tratamiento 25

3.2.5. Elección de la madera para la estructura central 28

3.3. Determinación del espesor de las vigas centrales 31

3.3.1. Elementos de flexión 31

3.3.2. Estimación preliminar del espesor de vigas 32

Pág.

3.4. Cálculo de flexión en vigas estructurales 33

3.4.1. Flexión máxima 33

3.4.2. Tensiones admisibles 35

3.4.3. Verificación de la viga en pasarela lateral (1) 38

3.4.4. Verificación de la viga en pasarela lateral (2) 39

3.4.5. Verificación de la viga en pasarela posterior 41

3.5. Determinación de la boyantez 44

3.5.1. Estimación del peso bruto de las estructuras 44

3.5.2. Distribución de las fuerzas verticales 50

3.5.3. Diseño y peso del armazón del flotador 51

3.5.4. Cálculo de la boyantez total del sistema 54

3.6. Determinación de los lastres o fondeos externos 56

3.7. Equipos suplementarios y sensibilidad del sistema 59

3.7.1. Oxigenación a los peces durante el tratamiento 59

3.7.2. Cálculo de altura sumergida de un flotador 61

3.7.3. Diseño de una viga compuesta 64

3.8. Sistemas de fondeo 64

4. SECUENCIA GRAFICA DE CONSTRUCCION 67

5. FUNCIONAMIENTO DE LA UNIDAD DE TRATAMIENTO 79

6. ANALISIS Y DISCUSION 84

7. CONCLUSIONES 88

8. BIBLIOGRAFIA 90

LISTADO DE TABLAS

Pág.

I	Características de las balsas-jaula comerciales	14
II	Volúmenes de cultivo en balsas-jaula comerciales	15
III	Escala de valorización para fibras sintéticas	28
IV	Características de las maderas	30
V	Resistencia ante cargas repartidas uniformemente	32
VI	Solicitaciones para estimar tensión de diseño	36
VII	Peso y cantidad de material en la pasarela lateral (2)	47
VIII	Peso y cantidad de material en la pasarela posterior	49
IX	Peso y cantidad de material del armazón del flotador	52

LISTA DE FIGURAS

Pág.

1. Balsa-jaula usada en Puerto Domeyko 8
2. Balsa-jaula usada en Huito y Codihué 9
3. Balsa-jaula propuesta por ZILLER (1985) 10
4. Detalle de balsa octogonal (MERRILL Y SUTTERLIN, 1978) 12
5. Detalle de balsa octogonal (MOLLER, 1975) 13
6. Tratamiento por baño, modelo noruego 19
7. Tratamiento por baño, modelo chileno 19
8. Vistas de pasarela lateral 46
9. Vistas de pasarela posterior 48
10. Vista de armazón del flotador 53
11. Detalle de la placa metálica del armazón 53
12. Unión entre pasarela lateral y posterior 55
13. Composición de fuerzas sobre la jaula externa 58
14. Pasarela de trabajo con viga compuesta 65
15. Preparación del armado de vigas centrales 68
16. Detalle de la unión entre vigas 68
17. Vigas de apoyo armadas 69
18. Detalle del armazón sobre el flotador 69
19. Detalle de la unión entre armazón del flotador y viga de .. apoyo 70
20. Flotador con su respectivo armazón 70

Pág.

21. Disposición de los flotadores en la pasarela lateral 71

22. Ensamble de la viga central en la pasarela lateral 71

23. Entablado del piso en la pasarela lateral armada 72

24. Pasarela lateral armada 72

25. Unión de las pasarelas lateral y posterior 73

26. Unión de las pasarelas, I Etapa 74

27. Unión de las pasarelas, II Etapa 74

28. Unión de las pasarelas, III Etapa 75

29. Unión de las pasarelas, IV Etapa 75

30. Vista de pasarelas con viga compuesta 76

31. Estructura central en el agua 76

32. Traslado de la unidad de tratamiento 77

33. Unidad anexada a la balsa de crianza 77

34. Vista de la estructura superficial (radier sin piso) 78

35. Detalle del adosamiento de la jaula-tratamiento 81

36. Traslado de peces al volumen de tratamiento 81

37. Etapa final del traslado de peces a balsa-jaula de trata-
miento 82

38. Aplicación de un medicamento por baño 82

39. Devolución de los peces a la jaula de crianza 83

A N E X O S

I. Cultivos de peces existentes a partir de 1985

II Agentes preservantes de las propiedades de la madera.

III Características de las fibras sintéticas.

IV Medicamentos usados en la aplicación de tratamientos por baño

V. Conversión de unidades.

VI. Características y propiedades de maderas chilenas.

VII. Propiedades de la madera aserrada.

VIII. Cálculo de tensiones de flexión.

IX. Distribución de carga sobre la pasarela de trabajo.

X. Boyantez de la unidad de tratamiento.

XI. Cálculo de lastres en la jaula externa.

XII. Costo de la unidad de tratamiento.

XIII. Sistema de fondeo independiente.

RESUMEN

Conciente del gran auge experimentado por el cultivo intensivo de peces en nuestro país en los últimos años, es necesario implementar estructuras complementarias al proceso mismo de cultivo y engorda, como es, el tratamiento de enfermedades.

Una de las áreas que aún se encuentra poco evolucionada es la infraestructura necesaria para prevenir y atacar agentes patógenos mediante la dilución de medicamentos en un volumen definido de agua.

Se diseñó y construyó una balsa de tratamiento por baño, basados en un modelo noruego de gran uso en Noruega y el Reino Unido. Su adaptación se hizo revisando los diseños y materiales de balsas jaulas de crianza existentes en Chile. Se determinó una unidad que pueda ser usada por cualquier empresa, en cualquier medio, que posee un volumen de tratamiento de 40 m^3 pudiendo diluir medicamentos a un grupo de 3 a 4 toneladas de peces a la vez. Las dimensiones de la balsa son 5 m de largo y 3 m de ancho.

Se decide el uso de madera, flotadores de poliestieno, jaula de encierre de lona e interna de poliamida fundamentalmente por su gran difusión en los centros de cultivo, y por que son elementos de fácil mantención y reposición.

Al construir la unidad de tratamiento se observó su gran estabilidad, boyantez y capacidad de absorber cargas. El anexado entre la balsa jaula de tratamiento y la de crianza en cuyo interior se encuentran los peces, se realiza fácilmente y en corto tiempo, creandose un puente o paso de traslado que no provoca daños ni manipuleos excesivos. Otras ventajas al probar el sistema, son: pueden realizarse varios tratamientos en corto tiempo; no se expone a presión a jaulas de crianza anexa.

A mis padres, hermanos, Marita por su apoyo y gran amor.

A Ximena por su ayuda y dedicación.

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar a todos quienes de una u otra forma hicieron posible que esta tésis llegara a buen término, y en especial:

- Señora Ximena Reyes P., profesora guía inicial quién siempre estuvo dispuesta a brindar su desinteresada y valiosa ayuda. Es quién además me incentivó y guió en el gusto por el área de la acuicultura.

- Señores Ejecutivos de la Empresa Pesquera Mares Australes Ltda. por haberme apoyado materialmente en la construcción de la unidad de tratamiento.

- Al profesor Dn. Gabriel Dazarola M. por haber aceptado continuar con esta tésis, y por su inestimable apoyo.

- Al profesor Dn. Teófilo Melo F., por su ayuda y valioso aporte como miembro de la Comisión de Tésis.

- A la profesora Srta. Mariel Campalans.

- Mis hermanas Paulina y Margarita María, por su desinteresada y persistente ayuda.

A todos y cada uno de ellos, muchas gracias.

1.0. INTRODUCCION

El cultivo intensivo de peces ha adquirido una importancia creciente en el contexto de las pesquerías mundiales, siendo la alternativa más interesante para obtener peces de óptima calidad y tamaño comercial, en un corto período de tiempo.

Este tipo de cultivo implica la utilización de un medio ambiente en el que se favorecen las condiciones de crecimiento y otras variables condicionadas por el piscicultor. Son estas variables las que inciden en los diseños y construcción de cada infraestructura, de acuerdo a las condiciones y medios existentes en cada zona en particular.

El sistema de cultivo de peces con mayor difusión en Chile durante los últimos años es el que emplea balsas-jaula como unidades de crianza en el período juvenil en lagos, post aclimatación en agua de mar, y etapa final de engorda. Consiste en la mantención de peces en un volumen definido de agua, permitiendo la libre circulación de ésta a través de mallas que conforman la jaula de encierre. Con este sistema se logra, entre otras cosas, un mayor aprovechamiento del medio, un bajo costo de instalación y mantención, gran movilidad que permite la busqueda de lugares óptimos de cultivo, y facilidades de ampliación.

Este sistema de cultivo, aún en desarrollo en el país,

presenta ciertos aspectos que merecen atención. Dentro de éstos, se encuentra la protección de los peces frente a diversos agentes patógenos presente en el agua y capaces de ocasionar altas mortalidades y en consecuencia disminuir los volúmenes finales de producción. Las medidas de control involucran el aislamiento de los peces afectados, la identificación del agente causal y la aplicación cuando sea oportuno, de productos químicos adecuados.

Una de las alternativas de aplicación de medicamentos es la dilución y distribución homogénea del producto en un volumen restringido de agua en el que se introducen los peces, denominado tratamiento por baño, y que permite tratar simultáneamente a un gran número de peces.

La ocurrencia de infecciones externas causadas por bacterias y ectoparásitos en peces de cultivo, como así mismo la aplicación de medicamentos con fines preventivos, ha hecho que los tratamientos por baño cobren una importancia creciente, sin que en Chile aún se hayan realizado estudios al respecto.

Como una manera de aportar nuevas técnicas en la aplicación de tratamientos por baño en centros de cultivo de peces existentes en Chile, el presente trabajo tiene por objetivo el diseño y construcción de una unidad de tratamiento, adaptada a las condiciones y medios

del país, basado en un sistema ya probado en Noruega para cultivos de salmónidos en balsas octogonales (BRANDAL Y EGIDUS, 1978).

Además de diseñar y construir una unidad independiente para realizar tratamientos por baño a peces cultivados en balsas jaulas de crianza, tanto en centros de agua dulce como de mar, los objetivos específicos son: disponer de una unidad apta para su uso a lo largo de todo el año, que permite en caso de necesidad, aislar a un grupo de peces enfermos a modo de cuarentena; y disminuir al máximo el manipuleo y contacto de los peces con cualquier tipo de superficie, minimizando condiciones adversas que los debiliten más allá de los efectos propios de la enfermedad.

2.0. ANTECEDENTES GENERALES

2.1. Desarrollo Histórico del Cultivo en Balsas-Jaula

El cultivo de peces realizado por el hombre es una actividad antigua. Pero no es hasta la década de 1960 que se produce un notable crecimiento en el uso de estructuras flotantes para la crianza de peces a nivel comercial, con un sustancial crecimiento del potencial de desarrollo de la acuicultura en el mundo. Los centros de cultivo que emplean balsas-jaula aparecen en Europa alrededor de 1970, año durante el cual se realizan diversas pruebas. Ejemplo de esto es la realizada en Noruega con fines experimentales, consistente en una jaula hecha con redes sintéticas de 4 metros de largo y ancho, y 3,1 metros de profundidad en la que se mantuvo una tonelada de peces, con una densidad promedio de 10 kg/m^3 (COCHE, 1979).

El sistema de cultivo suspendido de peces fue luego introducido a Estados Unidos, extendiéndose luego a varios estados del país. Actualmente el cultivo intensivo mediante balsas-jaula se emplea fundamentalmente en la crianza del salmón del Pacífico (*Oncorhynchus spp.*), del Atlántico (*Salmo salar*), y de la trucha arco iris (*Salmo gairdneri*).

Las formas comunes adoptadas por las estructuras de cultivo suspendido de peces han tendido hacia los modelos de tipo caja, de

forma rectangular, cuadrada, circular u octogonal, distinguiéndose tres formas bien diferenciadas entre sí:

a) Un primer modelo consiste en una estructura diseñada para mantener la jaula en una posición apta para la crianza, soportada por elementos livianos y flexibles amarrados a flotadores plásticos. Ellas son atendidas desde un bote por carecer de pasarelas de trabajo.

b) Un segundo modelo reune a balsas-jaulas poligonales, unidas entre sí por plataformas que dan lugar a hexágonos, octágonos, rectángulos o cuadrados.

c) El tercer y último grupo de unidades consiste en estructuras flotantes rígidas y pequeñas, las que forman parte de un conjunto llamado flotilla, unidos entre sí por una plataforma de trabajo central ancha y estable.

2.2. Centros de Cultivo con Balsas-Jaula existentes en Chile (1985)

a) Pesquera Mares Australes Ltda.:

Tiene sus centros de cultivo en la X Región de Chile. Reciben peces desde la etapa alevín, en el Lago Llanquihue, en unidades como la descrita en Figura 1. Consisten en estructuras de madera soportadas por flotadores cúbicos de poliestireno expandido, con jaulas de encierre hechas de paños de redes sin nudos, de material sintético. (ARAYA, 1984).

Los centros de cultivo en agua de mar crían peces en su período final de engorda. Las unidades de cultivo aquí empleadas son similares a las descritas anteriormente y se detallan en la figura 2. Las especies cultivadas por esta empresa han sido salmón coho (O.kisutch), chinook (O.Schawytscha) y salmón del Atlántico (S. salar).

b) Pesquera Nichiro Chile Ltda.:

Se encuentra ubicada al este de Puerto Montt en Bahía Chinquihue, isla Caullahuapi. Se usan balsas de cultivo sólo en la etapa final de engorda, cultivando exclusivamente salmón coho (O. kisutch) en dos tipos de balsas, ambas de forma cuadrada y construidas con flotadores de poliestireno expandido, estructuras de madera y fierro. Las jaulas de encierre son de paños de redes sintéticas sin nudos.

Las unidades de cultivo son individuales, es decir, cada una posee una estructura soportadora propia que permite una mayor independencia y mejor mantención. El modelo más pequeño se usa para una primera etapa de agua de mar y el segundo tipo, de mayores dimensiones, para el período final de engorda (SAAVEDRA, 1984).

c) Piscicultura Ensenada Baja, Sernap:

Este centro de cultivo se ubica en Puerto Aysén, XI Región. Utiliza un sistema mixto de cultivo, criando en una primera etapa alevines en pileta y en el período final usa balsas-jaula de crianza. Los materiales de construcción son marcos estructurales metálicos para la unidad más pequeña, y vigas de madera para la más grande. Los flotadores son de poliestireno expandido y los paños de redes de material sintético. Se cultiva principalmente Salmón keta (O. keta). (ANONIMO 1981).

d) Empresas Salmones Antártica, Salmones Aucar y Mainstream Fisheries Ltda.:

Estas se caracterizan por emplear el mismo tipo de balsas que consisten básicamente en módulos de 10 x 10 metros de superficie con amplia pasarela central en los que se adosan los volúmenes de encierre. Estas y otras empresas que se encuentran actualmente operando en Chile, se detallan en el Anexo I.

2.3. Modelo de Balsa-Jaula usada en Noruega y Escocia (MOLLER, 1975)

Un esquema general de las balsas usadas comercialmente en diferentes centros de cultivos se observa en las Tablas I y II.

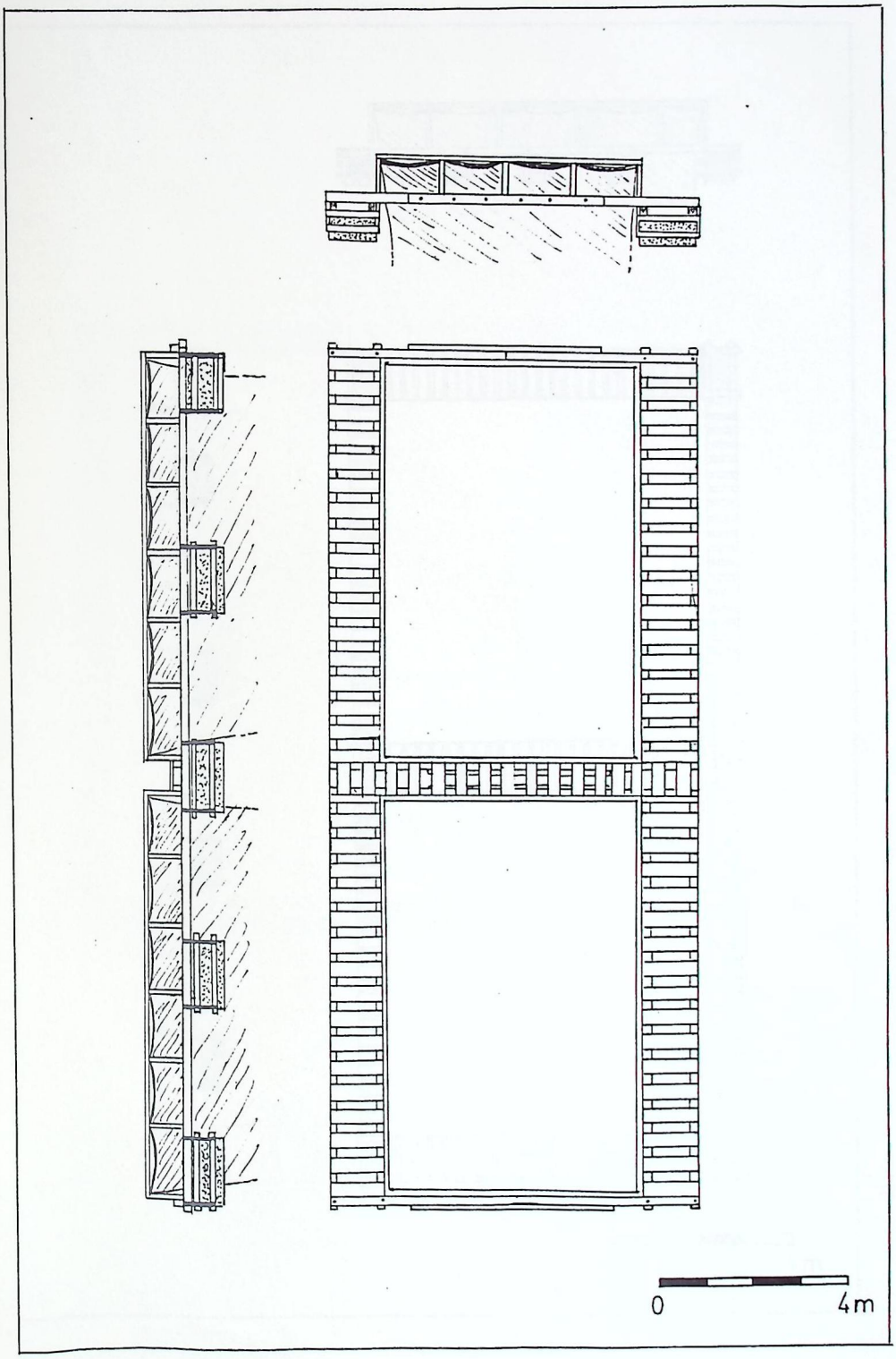


Figura 1.-Balsa jaula usada en Puerto Domeyko.

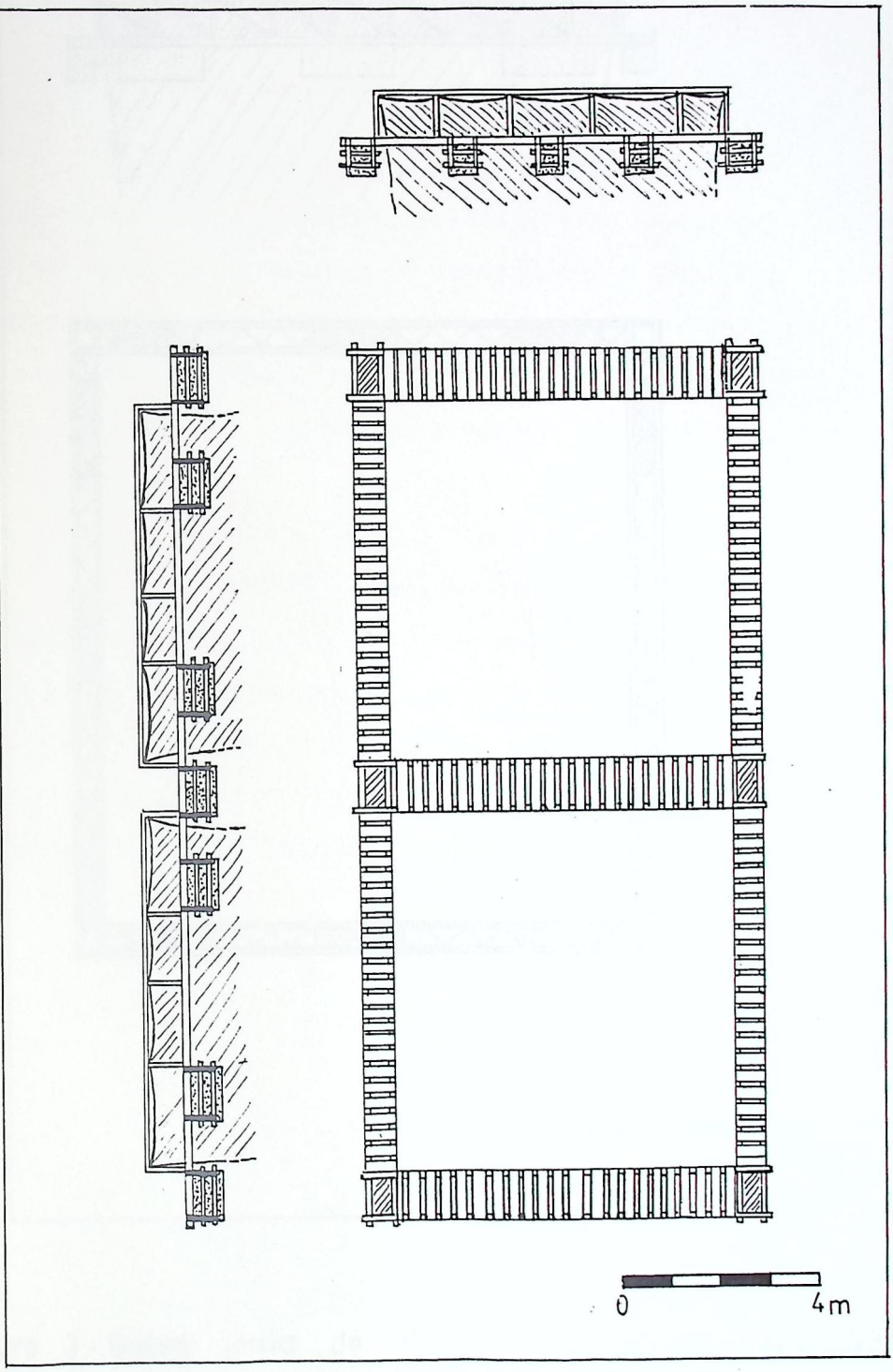


Figura 2.- Balsa jaula usada en Huito y Codihue.

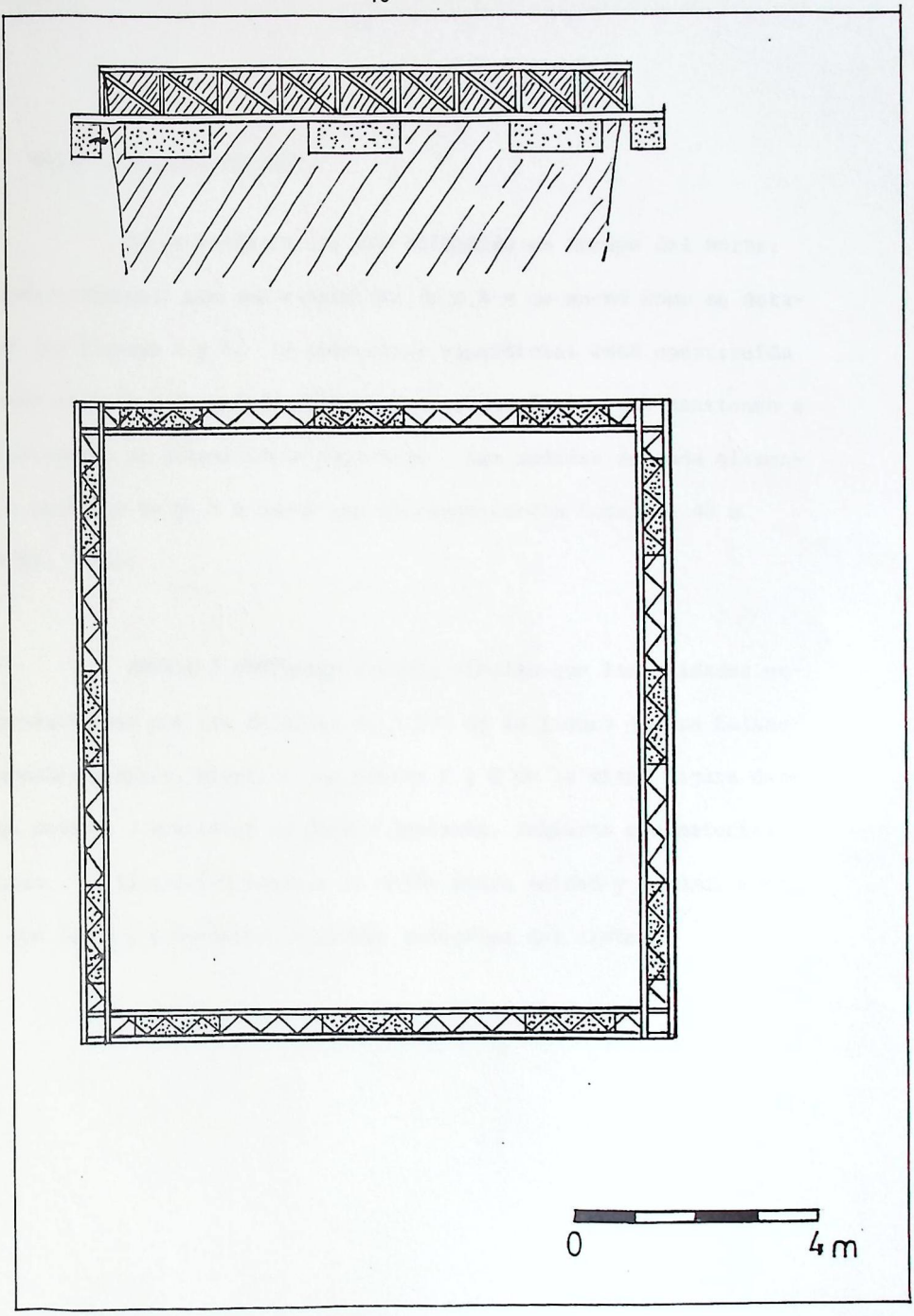


Figura 3.- Balsa jaula de Salmones Antártica (Ziller, 1985)

Balsa Octogonal Noruega:

Es la balsa de uso más difundido en Europa del Norte; de forma octogonal, con una estructura de 0,4 m de ancho como se detalla en las figuras 4 y 5. La estructura superficial está constituída por ocho elementos de madera articulados entre sí, los que mantienen a los flotadores de poliestireno expandido. Las medidas de cada elemento del octágono es de 5 m dando una circunsferencia total de 40 m. (HARACHE, 1976).

MERRIL Y SUTTERLIN (1978), señalan que las unidades están constituídas por los detalles A, B y C de la figura 4 para balsas octogonales simples, mientras los puntos D y E de la misms figura describen modelos comerciales en madera laminada, cubierta con material plástico. La figura 5-D muestra la unión entre unidad y fondeo, mientras que los B y C describen aspectos generales del sistema.

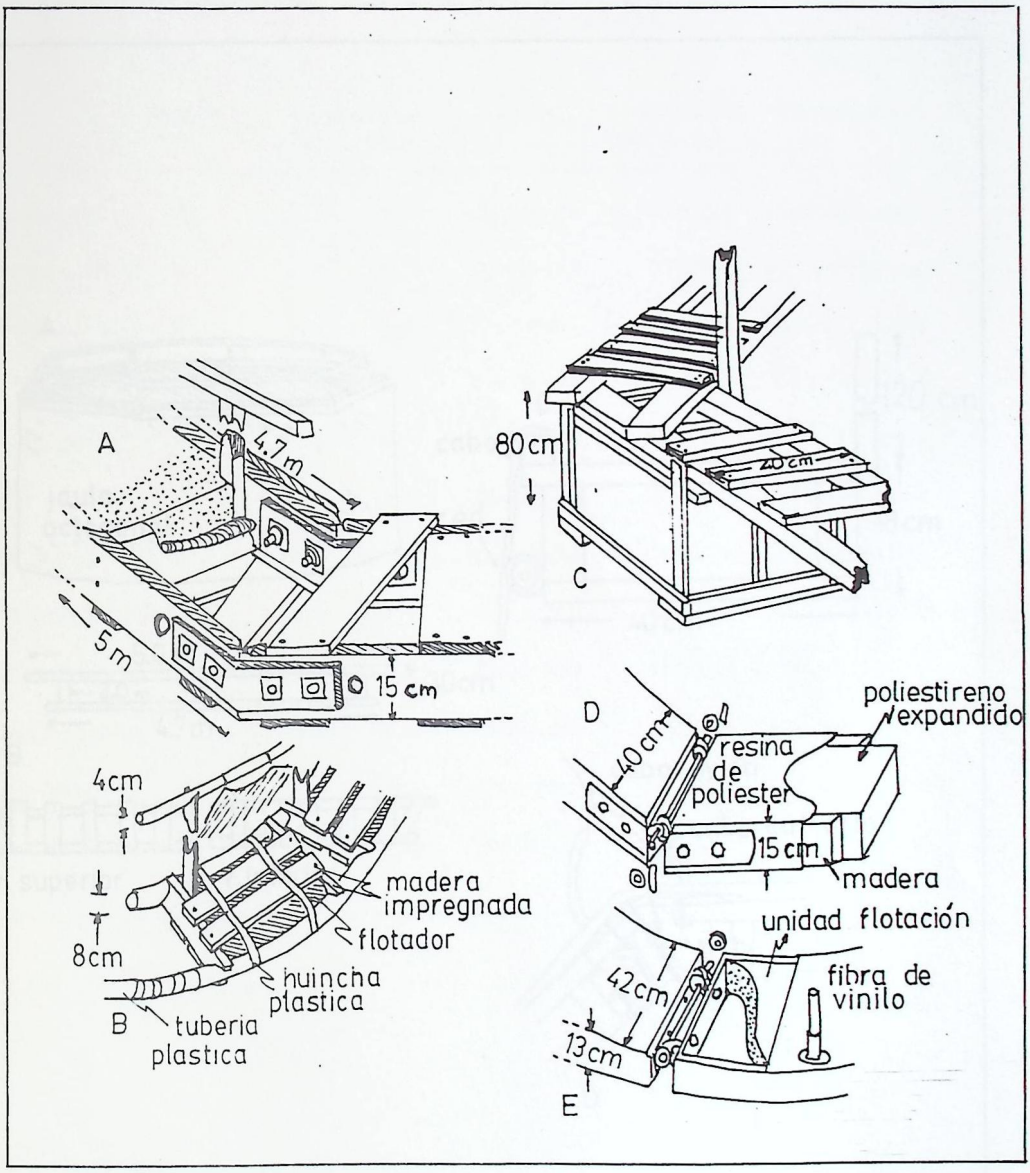


Figura 4.- Detalle balsa octogonal (MERRIL y SUTTERLIN, 1978)

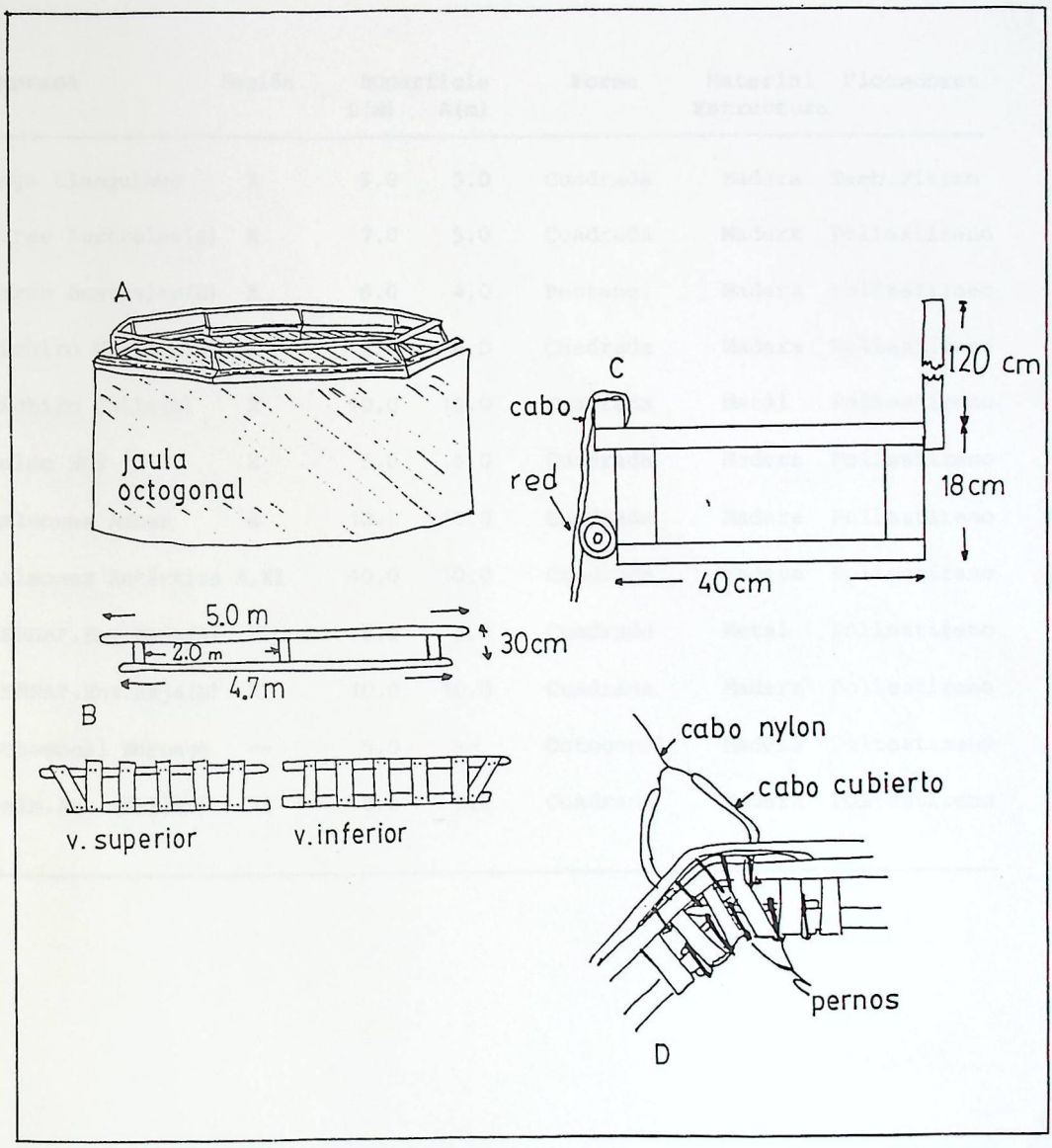


Figura 5.- Detalle balsa octogonal (MOLLER, 1975)

TABLA I : Características de las balsas-jaula comerciales.

Empresa	Región	Superficie L(m)	Superficie A(m)	Forma	Material Estructura	Flotadores
Lago Llanquihue	X	5.0	5.0	Cuadrada	Madera	Tamb.Fierro
Mares Australes(a)	X	7.0	5.0	Cuadrada	Madera	Poliestireno
Mares Australes(b)	X	6.0	4.0	Rectang.	Madera	Poliestireno
Nichiro Chile(a)	X	5.0	4.0	Cuadrada	Madera	Poliestireno
Nichiro Chile(b)	X	10.0	10.0	Cuadrada	Metal	Poliestireno
Salmo Sur	X	5.0	5.0	Cuadrada	Madera	Poliestireno
Salmones Aucar	X	10.0	10.0	Cuadrada	Madera	Poliestireno
Salmones Antártica	X,XI	10.0	10.0	Cuadrada	Madera	Poliestireno
SERNAP,Ens.Baja(a)	XI	5.0	5.0	Cuadrada	Metal	Poliestireno
SERNAP,Ens.Baja(b)	XI	10.0	10.0	Cuadrada	Madera	Poliestireno
Octogonal Noruego	--	5.0	--	Octogonal	Madera	Poliestireno
Salm.Ant.(Ziller)	XI	9.0	9.0	Cuadrada	Madera	Poliestireno

TABLA II. Volumen de cultivo en balsas-jaula comerciales.

Empresa	Area Superficie (m^2)	Profundidad (m)	Volumen (m^3)
Lago Llanquihue	25,0	6,0	150,0
Mares Australes (a)	49,0	7,0	343,0
Mares Australes (b)	24,0	6,0	144,0
Nichiro Chile (a)	20,0	5,0	100,0
Nichiro Chile (b)	100,0	10,0	1.000,0
Salmo Sur	25,0	6,0	150,0
Salmones Aucar	100,0	7,0	700,0
SERNAP, Ens. Baja (a)	25,0	5,0	125,0
Salmones Antártica	100,0	7,0	700,0
SERNAP, Ens. Baja (b)	100,0	5,0	500,0
Octogonal Noruego	125,0	4,0	500,0
Salm. Antart. (Ziller)	81,0	8,0	648,0

2.4. Enfermedades de los Peces Cultivados

2.4.1. Antecedentes Generales:

Los efectos que producen las enfermedades, la predación que sufren los peces y la competencia entre ellos, son punto importantes de considerar en volúmenes de cultivo de tipo intensivo. Una enfermedad, de acuerdo a IVERSEN (1972), es una alteración de las condiciones fisiológicas de un organismo, la que puede ser heredada o producida por deficiencias alimenticias, factores físicos o químicos, o por el ataque de parásitos externos e internos.

En el campo específico de los peces, DAZAROLA y REYES (1980) mencionan que la mayoría de los problemas sanitarios tiene su origen en fallas de manejo, y HUET (1978) explica que la mortalidad ocurre ante la acción directa de agentes patógenos o por contaminación del agua en que se crian.

La presencia de ectoparásitos en peces cultivados, pueden producir desde una simple competencia por el alimento, hasta daños o erosiones corporales, si se encuentran en altas densidades. IVERSEN (1972) señala que los parásitos en peces son causales de crecimientos anormales, provocando daños que no matan al pez, pero lo debilita abriendo vías de entrada a otros organismos patógenos como bacterías, hongos, etc.

2.4.2. Antecedentes sobre aplicación de tratamientos:

La aplicación de tratamientos se realiza frente a dos situaciones: el tipo preventivo tiende a evitar la presencia de enfermedades; el tipo curativo que se aplica una vez detectada la enfermedad. Ambos pueden realizarse de diferentes formas como son: diluir medicamentos en el alimento, en el agua o individualmente mediante vacunas.

Al realizar tratamientos por baño, se diluye una determinada cantidad de medicamentos en un volumen definido de agua, en la cual se sumergen los peces enfermos. Para esto es necesario conocer el volumen exacto de agua; la toxicidad del medicamento y su reacción en el agua; y contar con un diagnóstico positivo de la enfermedad (REYES, 1982).

El sistema de tratamiento por baño en balsas-jaula más difundido en Europa es el desarrollado por BRANDAL y EGIDUS (1978), en sistemas octogonales. Como se muestra en la figura 6, la unidad consiste en una estructura compuesta por tres pasarelas que soportan a flotadores cúbicos de poliestireno expandido, justificándose la ausencia de una cuarta pasarela por la facilidad de adosamiento a cualquier lado de la jaula de crianza.

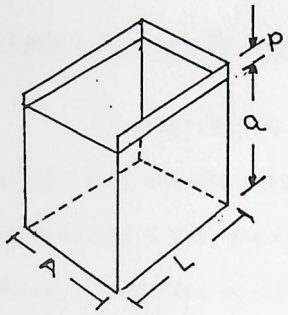
El volumen de encierre de 42 m^3 está dado por una jaula impermeable cuya pared de adosamiento es 0,50 m más corta, creando así

un puente de paso natural entre la jaula de crianza y la de tratamiento. Una jaula interna, más liviana y de las mismas dimensiones que la externa, devuelve a los peces a su jaula original una vez aplicado el tratamiento.

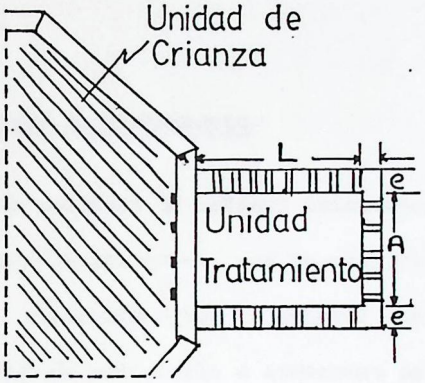
En Chile, los antecedentes sobre tratamientos por baño son escasos. El método aplicado en nuestro país consiste en una jaula o piscina plástica que se sumerge y ubica bajo la jaula de crianza, realizándose las aplicaciones sin sacar a los peces de jaula original. Las dimensiones de esta piscina son por lo general de 5 x 5 m de superficie entre jaulas de crianza y tratamiento provoca grandes pliegues internos de la malla que provocan roces en la superficie corporal del pez, o bien una distribución poco homogena del medicamento. (Figura 7).

En general el sistema de tratamiento empleado en Chile, presenta las siguientes características: uso de un gran número de operarios (8 a 10); aplicación de medicamentos junto a otras balsas jaulas de crianza, cada tratamiento implica el armado y desarmado de todo el sistema, lo que limita su uso.

L: largo
A: ancho
a: alto
e: ancho pasarela



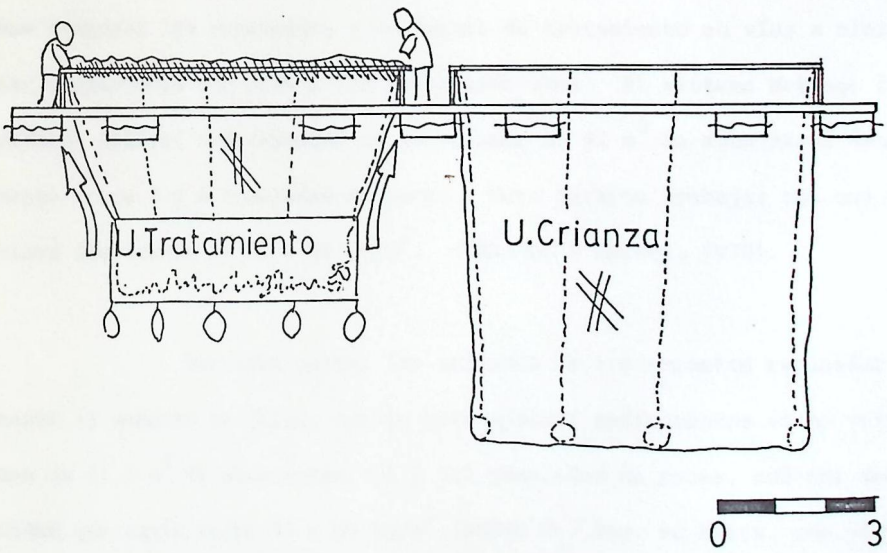
V. Jaula Externa



Vista Superior Sistema

0 3m.

Fig 6: Tratamiento por baño, modelo noruego.



0 3m.

Fig 7: Tratamiento por baño en Chile.

3.0. MATERIALES Y METODOS

3.1. Dimensionamiento de la Unidad de Tratamiento

La totalidad de las unidades de crianza existentes en Chile, exceptuando algunas empresas binacionales, son de estructura superficial cuadrada o rectangular, construídas por lo general con maderas autóctonas, tuberías de cloruro de polivinilo o armazones de fierro. La boyantez está dada por elementos cúbicos o circulares de poliestireno expandido, y el volumen de crianza formado por redes de malla romboide. sin nudos. Basado en las Tablas I y II, la longitud superficial de adosamiento mínima para la balsa jaula de tratamiento, corresponde a 5 metros.

Al dimensionar la unidad de tratamiento por baño, se deben comparar las densidades y volúmenes de tratamiento en vías a minimizar condiciones adversas a los peces afectados. El sistema Noruego le permite aplicar medicamentos en un volumen de 42 m^3 de agua simultáneamente entre 3 y 4 toneladas de peces. Esto permite trabajar con una densidad fluctuable de 71 a 95 kg/m^3. (BRANDAL Y EGIDUS, 1978).

Por otra parte, las unidades de tratamientos empleadas hasta el momento en Chile, sirven para aplicar medicamentos en un volumen de 37,5 m^3 de agua entre 1,5 y 3,5 toneladas de peces, con una densidad que varía entre 43 y 90 kg/m^3 (BRAVO S., Ing. en Pesca, com.pers. 1986).

De acuerdo a lo anterior y tomando en cuenta el volumen de tratamiento, el menor daño corporal de los peces en dimensiones mayores, se determina diseñar la balsa de aplicación de medicamento por baño con un volumen definido de 40 m^3 y capacidad máxima de 3 toneladas de peces por vez.

Una vez definidos los volúmenes de encierre y la longitud de la balsa, deben dimensionarse los restantes parámetros, que son el ancho y la profundidad de las jaulas en las que se aplican los medicamentos por baño. Para esto se consideraron los siguientes factores: respetar la forma cúbica; minimizar las uniones en la estructura superficial y las costuras; crear una superficie de trabajo ancho y estable; facilitar la operación de armado y aplicación de tratamientos con un reducido número de operarios.

En la estimación de los parámetros, se da la siguiente relación:

5 m (largo) x B m (ancho) x C m (profundidad) = 40,0 m^3

Los valores B y C son estimados de la relación de cálculo de arrastre ejercido por un flujo de agua actuando en forma perpendicular a las paredes de la jaula impermeable especificada en el Anexo XI.

El coeficiente de arrastre, es un valor dado por el largo

alto de la superficie expuesta al flujo de agua y al acercarse a 1, la relación disminuye y el peso necesario para conservar el volumen de tratamiento es menor.

Otros factores que influyen en la determinación de forma y dimensión de la unidad de tratamiento son : el área superficial de encierre debe permitir un normal desplazamiento de los peces enfermos, facilidad para trasladar los peces por un puente o paso lo más natural posible; distribución de los elementos de flotación que proporcionan boyantez y absorben cargas.

De acuerdo a lo anterior, las dimensiones de la unidad de tratamiento por baño son:

- Volumen de tratamiento : 40,0 m^3
- Largo (Pasarela posterior) : 5,0 m
- Ancho (Pasarela lateral) : 3,0 m

A la última dimensión estimada, longitud lateral, debe agregarse 1 m para su unión con la pasarela posterior.

3.2. Elección de los Materiales de Construcción

3.2.1. Criterios de elección del material:

El principal criterio fue la compatibilidad de los mate-

riales con los usados en las balsas-jaula de crianza existentes en Chile, para que así pueda ser adoptado por todos los centros de cultivo a menores costos, ya que aprovecha los materiales destinados a reposición y que permanecen en cada centro para inmediata disposición. Además , los materiales usados en las balsas-jaula de crianza implican una experiencia previa por lo que su comportamiento frente a situaciones ambientales es conocido.

3.2.2. Materiales para la Estructura Superficial:

La elección de los elementos a usar en las pasarelas de trabajo, que es también el soporte de la jaula de encierre y de los flotadores, y la que da la forma a la unidad, se reduce a perfiles estructurales de fierro, tubería cilíndrica de cloruro de polivinilo y secciones aserradas de madera.

a) Perfiles estructurales de fierro galvanizado:

Es un material no afecto a acción directa de organismos marinos si se le practican procesos antioxidantes para resistir la corrosión, y además soporta altas cargas por unidad de área debido a sus propiedades mecánicas (ANONIMO, 1976).

Los inconvenientes de usar fierro en estructuras flotantes son: alto peso o densidad lo que encarece su transporte y manejo; requiere de mayor boyantez por unidad; se requiere mano de obra especia-

lizada con equipo de trabajo de mediano costo; y el cambio de piezas dañadas debe realizarse en tierra. Actualmente en Chile su uso está poco difundido o su diseño aún se encuentra en etapa de experimentación, por lo que no cumple el principal criterio de decisión.

b) Tubería de Cloruro de Polivinilo (PVC):

Este elemento sintético presenta una gran cualidad, cual es su gran vida útil y no está afecta a la corrosión. De acuerdo a ANONIMO (1975), algunas de sus propiedades son: no es afectado por incrustaciones de organismos acuáticos; es liviano y fácil de transportar. Además se arma rápidamente mediante uniones o soldaduras plásticas. Al igual que el fierro, es un material poco difundido en Chile y de elevado costo de adquisición, por lo que no cumple con el principal criterio de decisión.

c) Secciones Aserradas de Madera:

El material de construcción más difundido en los centros de cultivo chilenos que tienen balsas-jaula es la madera aserrada. Es un recurso renovable y disponible en todos los mercados donde existen centros de cultivo, a precios menores que el fierro y el cloruro de polivinilo. Su uso está ampliamente difundido en todo el país, la mano de obra no requiere de especialización, y se trabaja con un equipo básico y de bajo costo. Los elementos estructurales en madera aserrada cum-

plen el criterio de decisión y su resultado es adecuado en ambientes acuáticos a través del tiempo.

3.2.3. Material de Boyantez:

Han sido considerados dos materiales: tambores cilíndricos de fierro, con capacidad de 200 lt cada uno, y bloques cúbicos de poliestireno expandido de densidad 20 o 22 kg/m^3. Los flotadores deben soportar todos los pesos o cargas verticales y horizontales que actúan sobre la unidad, y son las bases o pilares sobre los que se sustenta la jaula de tratamiento.

El uso de poliestireno expandido implica múltiples ventajas con respecto a flotadores metálicos cilíndricos, adoptándose el material sintético por: ser liviano; fácil de transportar; tiene múltiples formas de presentación; no se desgranan; se presentan en diferentes densidades (kg/m^3); resultan insensibles a la humedad ambiente; no requieren de mantención; y debidamente protegidos presentan una larga vida útil (ROMERO GONZALO, socio Gerente Industrias SODIPOL Temuco, com.pers. 1985).

3.2.4. Descripción de Componentes de la Jaula de Tratamiento

Básicamente la unidad está compuesta por dos elementos, cada uno con funciones específicas y que son:

Una jaula externa que define y aisla el volumen del medio acuático que lo rodea, y cuya función es mantener al grupo de peces en una concentración estable de medicamentos, evitando así el escape de los peces y la dilución del tratamiento.

El otro elemento constituyente de la jaula de tratamiento es una unidad interna hecha para devolver a los peces a su jaula de crianza una vez aplicado el medicamento. Lo anterior se realiza sin desarmar el volumen de encierre dado por la jaula externa, tratando de hacerlo en el menor tiempo minimizando el manipuleo.

Para elegir los materiales adecuados para la jaula externa e interna deben tomarse en cuenta las siguientes propiedades:

a) Jaula Externa:

Debe ser material impermeable; resistente a la acción de organismos marinos y a la acción de la corriente o flujo de mareas o vientos; y no degradarse ante la acción de productos químicos diluídos en el volumen de tratamiento.

Un material adecuado es el cloruro de polvinilo (PVC), el que presenta las siguientes propiedades (REYES EDO., Representante Vinilonas Sansuí Brasil, com.pers. 1986): mínima absorción de líquidos; no requiere cuidados específicos; permanece inalterable ante la presencia de bacterias y hongos; es inmune a productos químicos; y en casos de

roturas la reparación se hace fácilmente con parches o pegamentos específicos.

b) Jaula Interna:

Debe ser una jaula de las mismas dimensiones que la externa para mantener el volumen y facilitar su levante. Además debe ser liviana, hecha de mallas para permitir un manejo sin provocar resistencia; no degradable; resiste a predadores y productos químicos; y es recomendable que no presente irregularidades que provoquen roces y lesiones en la superficie de los peces tratados.

Analizando diversos materiales y basados en el Anexo III la elección se centra en fibras sintéticas y su comportamiento en el agua. El material debe ser resistente a la tracción, absorber poca agua; liviano; no ser un sustrato alimenticio para organismos acuáticos; presentar la menor superficie de contacto y que no presente tratamientos químicos que puedan reaccionar con los medicamentos usados.

Las principales características de los paños de redes señalados en Tabla III, son similares entre sí, realizándose las comparaciones de acuerdo al porcentaje de pérdida en resistencia de los hilos sujetos al agua de mar o dulce con respecto al algodón, lo que sienta las bases para la elección final.

TABLA III. Escala de valorización para fibras sintéticas.

ITEM	POLIAMIDA	PVC	PVA	POLIESTER	PATRON COMPARACION ALGODON
Resist.Calor	+2	+1	-1	-2	0
Resist.humedad	-2	-2	+2	-1	0
Elasticidad	+2	0	-1	-1	0
Resit.Químicos	-1	0	+1	+1	0
Resis.Impactos	+3	+1	-1	-1	0

Fte.: JAKAYAMA Y SHIMOZAKI (1959).

Se seleccionan redes de poliamida por su alta resistencia a la tracción, flexibilidad, elasticidad, y poca rigidez en estado húmedo, aunque su resistencia a productos químicos sea media ya que los medicamentos más usados en tratamientos por baño (Anexo IV) no afectan sus propiedades básicas.

3.2.5. Elección de la Madera para la Estructura Central:

Las propiedades físicas de la madera son aquellas que se manifiestan sin la presencia de fuerzas externas, tales como el peso de cada elemento, su humedad (PEREZ, 1983b).

La determinación del peso de la madera suele expresarse en diversas formas, ya que presenta diferentes tasas de crecimiento,

por lo que su peso no es siempre el mismo. Otro aspecto importante es el contenido de humedad, debido a la capacidad de absorber o entregar agua del ambiente hasta alcanzar un grado de equilibrio de acuerdo a las condiciones de temperatura y humedad relativa del ambiente. Esto debe saberse al estimar la durabilidad de cada especie, y la selección de aquella que mejor se adapte a nuestros requerimientos. Además de acuerdo al tipo de madera debe aplicarse preservantes para aumentar su vida útil. (Anexo II).

La durabilidad natural práctica, está definida por PEREZ (1983 b), como la capacidad que tienen diversas especies madereras para resistir los agentes atmosféricos. La Norma Chilena de Construcción clasifica la durabilidad en tres clases, de acuerdo a la resistencia y vida útil probable en servicio, usada en contacto directo con el agua o suelo; durabilidad 1 (superior a 15 años); durabilidad 2 (entre 5 y 15 años) y durabilidad 3 (entre 1 y 5 años)

Con respecto a las propiedades mecánicas, detalladas en los Anexos VI y VII, el término resistencia indica la capacidad que tiene la madera para resistir fuerzas externas o cargas destinadas a alterar sus dimensiones, produciendo deformación del material. Las unidades de medida de las fuerzas aplicadas se expresan en cargas (kilos, libras) por área de sección (cm^2, m^2 o $pulg^2$), y las deformaciones en porcentaje respecto al largo original (NASH, 1977).

Las especies madereras elegidas para actuar en un medio húmedo, con las características señaladas en el Anexo VI, son el roble pellín (Nothofagus oblicua) y el coihue (Nothofagus dombeyii). Los criterios de elección sobre las especies madereras fueron: resistencia a cargas de trabajo, resistencia al ambiente marino, compatibilidad con la madera de las unidades de crianza y costo de la pulgada maderera (Tabla IV) en cada zona de estudio.

TABLA IV. Características de maderas.

NOMBRE	DURABILIDAD	PRECIO PULG.MADERERA (X REGION EN USD)	PESO HUMEDO (kg/m^3)	PESO SECO (kg/m^3)
Ciprés	2	No disponible	669	546
Coihue	3	1,20	1000	663
Lenga	2	No disponible	729	584
Luma	1	No disponible	1150	1100
Raulí	2	Muy escaso	878	539
Roble	1	2,0	1042	778
Tineo	3	1,20	936	756
Ulmo	3	1,20	960	728

Fuente: ANONIMO, 1984.

Por la gran aceptación en las balsas de crianza existentes, su bajo precio, sus buenas propiedades físicas y mecánicas se eli-

je el coihue como elemento estructural para la plataforma de trabajo de la unidad de tratamiento, usando preservantes para aumentarle su vida útil en piezas que permanezcan sumergidas.

3.3. Determinación del espesor de las vigas centrales

3.3.1. Elementos de Flexión:

Los elementos de madera sometidos a flexión en cualquiera de sus cargas, generalmente son de sección rectangular o circular. En el diseño de éstos debe verificarse que las tensiones de trabajo no sobrepasen las tensiones de diseño para flexión, cizalle longitudinal y compresión normal en el punto donde se aplican las cargas, y que la flecha máxima en plena carga no exceda los límites específicos para cada caso (HANSEN, 1972).

Las estructuras soportan cargas cuyas magnitudes y orígenes son diferentes y varían desde las que actúan a lo largo de toda la viga hasta las cargas puntuales en lugares muy precisos de ésta. Para calcular las dimensiones de las secciones se debe conocer el peso ejercido por elementos que se apoyan o hacen presión sobre las unidades en casos normales.

En base a los cálculos de los Anexos VIII y IX se obtienen los siguientes pesos calculados para cada estructura: (Ver Anexo V)

a) Pasarela lateral:

- Peso Uniforme repartido = 35,0 kg/m lineal
- Longitud total = 3,0 m

b) Pasarela posterior:

- Peso uniformemente repartido = 35,0 kg/m lineal
- Longitud total = 5,0 m

3.3.2. Estimación preliminar del espesor de vigas:

El valor calculado como primera aproximación considera sólo cargas uniformemente repartidas, incluyen un porcentaje de seguridad de un 15%, mínimo aceptable para plataformas de trabajo con cargas no permanentes (PEREZ, 1983 a).

El valor de introducción a la Tabla V es de 40 kg/m^3, lo que arroja una pieza de dimensión A (pulg): 2 y H (pulg): 4; ya que todas las piezas aserradas cumplen con nuetro requerimiento estimado.

TABLA V. Resistencia ante cargas repartidas uniformemente (kg/m lineal)

SECCION (PULGADAS)		LUZ DE LA VIGA (METROS)					
ANCHO (A)	ALTURA (H)	3	4	4,5	5	5,5	6
2	3	70,0	50,0	40,0	35,0	---	---
2	4	65,0	50,0	45,0	45,0	---	---
3	4	120,0	120,0	100,0	90,0	70,0	50,0
3	5	200,0	160,0	130,0	100,0	95,0	75,0

Fuente: YOKOTA E., 1980

3.4. Cálculo de Flexión en Vigas Estructurales

3.4.1. Flexión máxima:

Los cálculos están realizados para situaciones extremas, que no ocurren normalmente. Para realizarlos se estimaron parámetros de flexión en base a la metodología de NASH (1977), desarrollada en el Anexo VIII.

$$\sigma = \frac{M \times Y}{I} \qquad (1.0)$$

Donde:

σ = Tensión máxima de la viga, en kg/cm^2

M = Momento flector máximo, en kg cm

Y = distancia a la fibra más alejada del eje neutro, en cm

I = Momento de inercia en sección rectangular, en cm^4

a) Pasarela lateral (1):

Esta estructura soporta las siguientes cargas:

- Peso uniformemente repartido (P1) = 35,0 kg/m lineal
- Peso puntual (P2) = 90,0 kg
- Largo estructura real = 2,5 m

El momento de inercia para una estructura rectangular de 2 x 4 pulgadas de sección (I) es 444 cm^4, obtenido de PEREZ (1983 a); el

valor de la distancia "Y" es de 2 pulg o 5,08 cm. El momento flector máximo de la viga, calculado en el Anexo VIII, es 83,59 kg-m, y la tensión máxima ocurre en el centro de la estructura, donde actúa la carga P2, con un valor de 95,64 kg/cm^2.

b) Pasarela lateral (2):

Esta estructura soporta las siguientes cargas:

- Peso uniformemente repartido (P1) = 35,0 kg/m lineal
- Peso puntual (P2) = 90,0 kg
- Peso puntual (P3) = 60,0 kg
- Largo estructura real = 2,5 m

Los valores del momento de inercia (I) y el de la distancia (Y) permanecen constantes, ya que es la misma sección. El momento flector máximo calculado en el Anexo VIII es de 98,75 kg-cm, y la tensión máxima en el centro de la viga donde se ubica P1 (figura 2, Anexo VIII) a pesar de la presión ejercida por P2, corresponde a 112,78 kg/cm^2.

c) Pasarela posterior:

En base a los cálculos realizados en el Anexo VIII, las cargas ejercidas en esta pasarela son las mismas que en la pasarela lateral (1), es decir con un operario a bordo. El momento de flexión máximo es de 189,84 kg-cm en el centro de la viga, y la tensión máxima en el mismo punto es de 231,69 kg/cm^2 (Figura 3, Anexo VIII).

La finalidad de obtener la tensión máxima es determinar si cada estructura soporta las cargas aplicadas.

3.4.2. Tensiones admisibles:

Los valores de las tensiones básicas se modifican a través de un coeficiente que hace más práctico el dato final de la tensión. Este llamado Razón de resistencia adopta para el coihue un valor de RR = 0,65 lo que significa que la madera tiene defectos tales que disminuyen su resistencia básica en un 35%, quedando disponible sólo el 65% de la misma (LARRAIN G., Ing. Civil, com. pers.).

Al aplicar la metodología de PEREZ (1983 a) descrita en el Anexo VII, permite analizar cada pasarela o estructura tomando la sección de 2 x 4 pulgadas de madera aserrada de coihue en estado verde.

Tensión de Diseño

- Madera de coihue verde
- Vigas de 2 x 4 pulgadas
- Madera no impregnada, sometida a peligro de pudrición severo.
- Densidad uso real = 800 kg/m^3
- Volumen viga = 0,021 m^3 0,0129

Las cargas varían desde la equivalente a la duración de un tratamiento (3 horas), hasta un máximo de 3 años que es la vida útil

esperada. Las tensiones básicas por flexión, compresión paralela, cizalle y módulo de elasticidad se extraen de PEREZ (1983 a). Para estimar la tensión de diseño debe desarrollarse la secuencia de Tabla VI.

TABLA VI. Solicitaciones para estimar tensión de diseño

ITEM	FLEXION	COMPRESION PARALELA	CIZALLE	MODULO DE ELASTICID.	OBSERVACION
Tens. Básicas	197,0	141,0	24,0	83,3	Estado verde
R.R.	0,65	0,65	0,65	--	Coihue
Tens. Admisible	128,05	91,65	15,6	83,3	Estado verde
F.M1	1,455	1,455	1,455	1,455	Durac. carga
F.M2	0,7	0,7	0,7	0,7	Pudrición
F.M3	0,88	0,88	0,88	0,88	% Humedad
F.M4	0,926	---	---	---	Por altura
Tens. Diseño	106,28	82,144	13,982	74,66	Tens.Diseño

Factor de modificación por duración de la carga:

El factor de modificación (F.M.) se determina basados en una secuencia válida para cualquier estructura:

- Peso propio (P.P) : 19,05 kg
- Sobrecarga (S.C) : 68,11 kg
- Peso de Trabajo (P.T): 160,0 kg

a) Tensión admisible (τ adm):

τ adm = tensión básica (τ bas) x resistencia rúptura (R.R)

$= 197,0 \text{ kg/cm}^2 \times 0,65$

$= 128,05 \text{ kg/cm}^2$

b) Estimación de la Carga y F.M.:

CARGA	DURACION	F.M.
Peso propio	2 años	1,0625
Sobrecarga	2 años	1,0625
Peso de trabajo	3 horas	1,455

c) Carga total en cada combinación:

COMBINACION	CUOCIENTE
P.P.	17,93
P.P. + S.C.	82,033
P.P. + S.C. + P.T.	169,897

La combinación de carga crítica corresponde a la acción de P.P., más S.C. y P.T., siendo el factor de combinación igual a 1,455.

3.4.3. Verificación de la viga en pasarela lateral (1):

Las propiedades geométricas de la sección 2 x 4 pulgadas para madera aserrada verde son:

- Sección transversal neta (St) : 51,6 cm^2
- Momento de inercia (Ix) : 444,0 cm^4
- Módulo de flexión (Wx) : 87,0 cm^3

a) Por deformación:

$$\delta \text{ máx, adm} = \frac{L}{130} = \frac{250}{130} = 1{,}923 \text{ cm}$$

$$\Delta \text{ calculada} = \frac{5 \times g \times (L)^4}{384 \times Ef \times I} + \frac{P \times (L)^3}{48 \times Ef \times I} = 1{,}42 \text{ cm}$$

$$\frac{\Delta \text{ calculada}}{\delta \text{ máx, adm}} = \frac{1{,}42}{1{,}923} = 0{,}74 < 1{,}0$$

b) Por flexión:

$$M \text{ máx} = \frac{(g \times L) \times L}{8} + \frac{P \times L}{4} = 8.359{,}4 \text{ kg-cm}$$

$$\sigma f, tr = \frac{M \text{ máx}}{Wy} = \frac{8.359{,}4}{87} = 96{,}08 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{\sigma f,tr}{\sigma f,dis} = \frac{96,08}{106,27} = 0,90 < 1,0$$

b) Por cizalle:

$$Q\ máx = \frac{(q \times L) + P}{2} = 88,75\ kg\text{-}cm$$

$$\tau cz,\ tr = \frac{1,5 \times Q máx}{St} = 2,58\ kg/cm^2$$

$$\frac{\tau cz,\ tr}{\tau cz,dis} = \frac{2,58}{13,982} = 0,185 < 1,0$$

3.4.4. Verificación de la viga en pasarela lateral (2):

Las propiedades geométricas de la sección en este caso, permanecen constantes, ya que se trata de la misma sección que la presentada en punto 3.4.3.

a) Por deformación:

$$\delta\ máx,\ adm = \frac{L}{120} = 2,08\ cm$$

$$\delta \text{ máx,cal.} = \frac{5 \times q \times (L)^4}{384 \times Ef \times I} + \frac{P1 \times (L)^3}{48 \times Ef \times I} + \frac{P2 \times (L)^3}{48 \times Ef \times I} =$$

$$= \frac{5 \times (35 \times 2,5) \times (250)^3}{384 \times 74.660 \times 444} + \frac{90 \times (250)^3}{48 \times 74.660 \times 444} +$$

$$\frac{60 \times (250)^3}{48 \times 74.660 \times 444} = 2,01 \text{ cm}$$

$$\frac{\delta \text{máx,calc}}{\delta \text{máx,adm}} = \frac{2,01}{2,08} = 0,96 < 1,0$$

b) Por flexión:

$$M \text{ máx} = \frac{g \times (L)^2}{8} + \frac{P1 \times L}{4} + \frac{P2 \times L}{4} = 12.109 \text{ kg-cm}$$

$$\sigma f,tr = \frac{M \text{ máx}}{Wy} = \frac{12.109,4}{87} = 139,2 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{\sigma f,tr}{\sigma f,dis} = \frac{139,2}{106,28} = 1,31 > 1,0$$

De acuerdo a lo anterior, la viga de sección 2 x 4 pulgadas es insuficiente para soportar cargas sobre su superficie, planteandose las siguientes opciones: a) aumentar la sección de la viga; b) aumentar el número de vigas por pasarela; c) ó usar cerchas para construir vigas compuestas (PEREZ, 1983 a).

c) Por cizalle:

$$\tau_{cz,tr} = \frac{1,5 \times (43,75 + 45 + 30)}{51,6} = 3,45 \text{ kg}$$

$$\frac{\tau_{cz,tr}}{\tau_{cz,dis}} = \frac{3,45}{13,982} = 0,25 < 1,0$$

3.4.5. Verificación de la viga en la pasarela posterior:

a) Por deformación:

$$\sigma_{máx,\ adm} = \frac{L}{120} = \frac{400}{120} = 3,333 \text{ cm}$$

$$\Delta_{calculada} = \frac{5 \times (35 \times 4) \times (400)^3}{384 \times 74.660 \times 444} + \frac{90 \times (400)^3}{48 \times 74.600 \times 444}$$

$$= 7,13 \text{ cm}$$

$$\frac{\Delta \text{ calculada}}{\sigma \text{ máx, adm.}} = \frac{7,13}{3,33} = 2,14 > 1,0$$

De acuerdo al valor de la deformación máxima mayor que la máxima admisible, hay que recalcular la sección o efectuar modificaciones al diseño original, conservando la elección de las vigas de 2 x 4 pulgadas de sección.

La deformación máxima admisible para la pasarela posterior es 3,33 cm y está calculada por:

$$\delta \text{ máx, adm} = \frac{5 \times (35 \times 4) \times (400)^3}{384 \times 74.660 \times I} = \frac{90 \times (400)^3}{48 \times 74.660 \times I}$$

$$= \frac{1.562,64}{I} + \frac{1.607,29}{I} = \frac{3.169,93}{I}$$

pero δmáx, adm > δmáx, calc.

Luego $I > 951,92 \text{ cm}^4$

Para conservar la proporcionalidad entre las dimensiones de la sección, los valores de una viga con un momento de inercia (Ix) mayor que el mínimo posible de 951,92 cm^4 son los siguientes:

Sección rectangular de 2½ x 5 pulgadas.

Propiedades geométricas:

- St = 64,5 cm^2
- Ix = 1.084,0 cm^4
- Wx = 171,0 cm^3

a) Verificación por flexión:

$$\sigma_{f,tr} = \frac{M_{máx}}{Wx} = \frac{16.000}{171} = 93,57 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{f,dis} = 106,3 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{\sigma_{f,tr}}{\sigma_{f,adm}} = \frac{93,57}{106,3} = 0,88 < 1$$

b) Por cizalle:

$$\tau_{cz,tr} = \frac{1,5 \times (70 \times 45)}{64,5} = 2,67 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{\tau_{cz,tr}}{\tau_{cz,dis}} = \frac{2,67}{13,98} = 0,19 < 1$$

c) Por deformación:

$$\delta máx,\ adm = 3{,}33\ cm$$

$$\delta máx,calc. = \frac{5 \times (35 \times 4) \times (400)^3}{384 \times 74.700 \times 1084} + \frac{90 \times (400)^3}{48 \times 74.700 \times 1.084} = 2{,}92\ cm$$

$$\frac{\delta máx,\ calc.}{\delta máx,\ adm.} = \frac{2{,}92}{3{,}33} = 0{,}88 < 1$$

3.5. Determinación de la Boyantez

3.5.1. Estimación del peso bruto de las estructuras:

El cálculo del peso total de la unidad de tratamiento incluye:

a) Dos pasarelas laterales

b) Una pasarela posterior

c) Armazones de sujeción para flotadores

d) Jaulas externa e interna

e) Cargas puntuales actuando sobre las pasarelas

La base de las dimensiones está dada por las medidas de los elementos cúbicos de flotación, cuyas dimensiones son: 1,0 m de largo; 0,53 m de ancho y 0,59 m de alto.

El ancho de cada pasarela es de 1,0 m logrando así una superficie de trabajo cómoda y estable en toda época del año, y al mismo tiempo permite la observación de los peces por patólogos u otras personas, independientes de los operarios. En la Tabla VII, se calcula el peso de cada pasarela lateral que es de 262 kg, usándose 12,47 pulgadas madereras (figura 8). En la tabla VIII, en base a figura 9, se estima un peso de 353,8 kg para la pasarela posterior, requiriéndose 16,8 pulgadas madereras en su construcción.

La jaula de encierre externa de material vinílico (PVC), tiene una densidad de 1,39 gr/cm^3, un peso seco de 0,83 kg/m^2 y 0,70 mm de espesor. Para calcular el peso seco de esta estructura y sabiendo que la superficie total de trabajo es de 60,5 m^3, el peso seco está dada por:

$$\text{Peso seco jaula externa (kg)} = \text{Peso seco (kg)} \times \left(1 - \frac{\rho agua}{\rho mat.}\right) \qquad (2.0)$$

Para cálculos de balsas jaula existentes en agua dulce, sólo debe cambiarse el valor de la densidad de agua de mar (1,025 gr/cm^3) por 1,000 gr/cm^3.

Siendo:

a) Peso seco jaula externa (kg) : 50,22
b) Densidad PVC (gr/cm^3) : 1,39
c) Densidad agua de mar (gr/cm^3) : 1,025

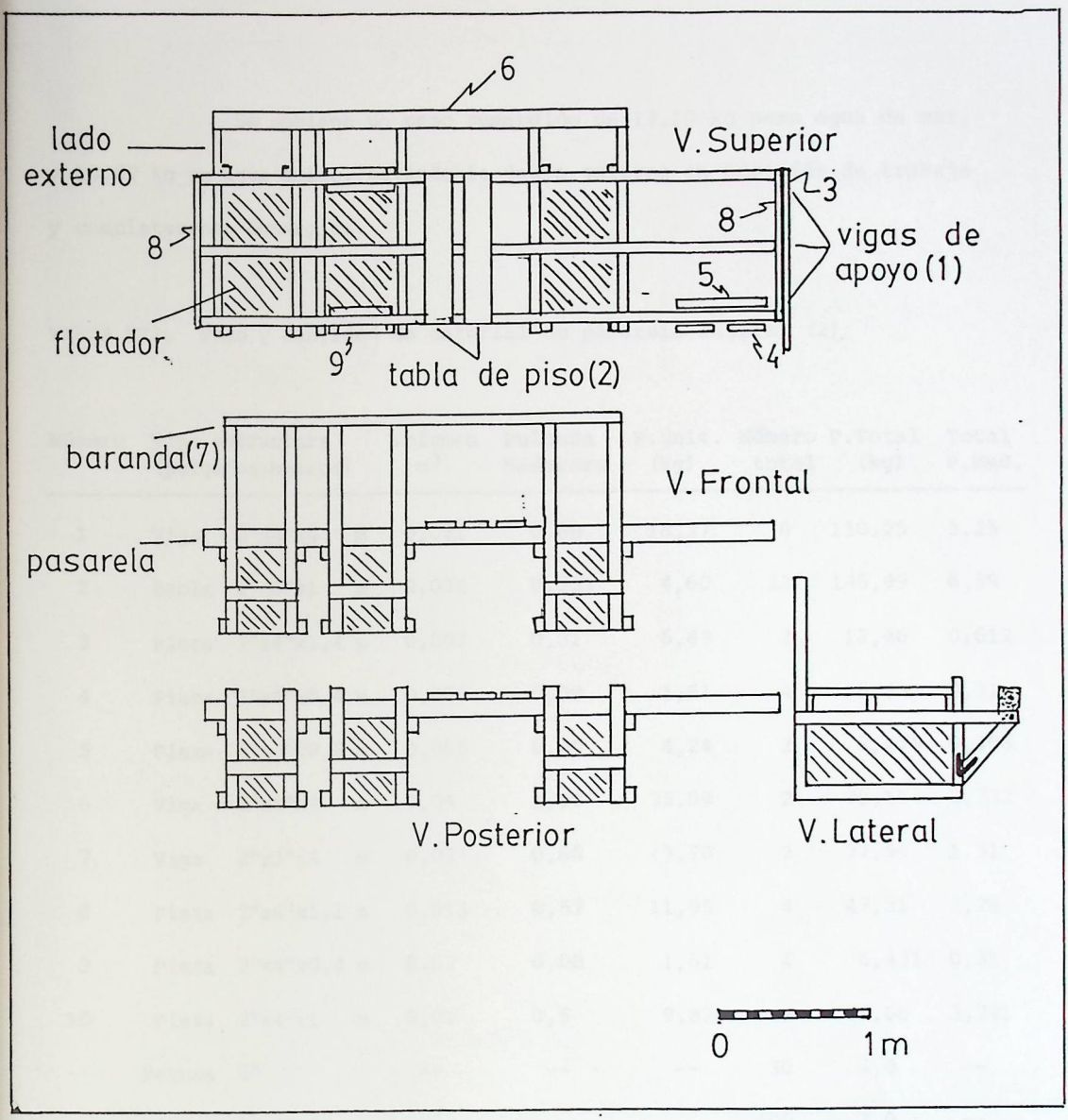


Figura 8 .- Vistas de pasarela lateral

Se obtiene un peso sumergido de 13,19 kg para agua de mar, y 14,09 kg en agua dulce, estando la jaula externa en posición de trabajo y completamente sumergida.

TABLA VII. Peso y cantidad de material de pasarela lateral (2)

Número	Tipo estructura (pulgadas;metros)	Volumen m^3	Pulgada Maderera	P.Unit. (kg)	Número total	P.Total (kg)	Total P.Mad.
1	Viga 2"x4"x4 m	0,021	0,88	18,37	6	110,25	5,25
2	Tabla 1"x8"x1 m	0,005	0,221	4,60	32	146,99	6,99
3	Pieza 2"x4"x1,4 m	0,007	0,31	6,43	2	12,86	0,612
4	Pieza 2"x4"x0,4 m	0,002	0,08	1,61	4	6,431	0,31
5	Pieza 2"x4"x0,8 m	0,005	0,20	4,24	2	8,475	0,403
6	Viga 3"x5"x4 m	0,04	1,90	33,09	2	78,17	3,722
7	Viga 2"x3"x4 m	0,02	0,66	13,78	2	27,56	1,31
8	Pieza 2"x4"x1,1 m	0,013	0,57	11,95	4	47,81	2,28
9	Pieza 2"x4"x0,4 m	0,02	0,08	1,61	4	6,431	0,31
10	Pieza 2"x4"x1 m	0,01	0,5	9,82	8	78,60	3,741
	Pernos 6"	--	--	--	30	2,0	--
	Clavos 3",4",5"	--	--	--	400	3,0	--

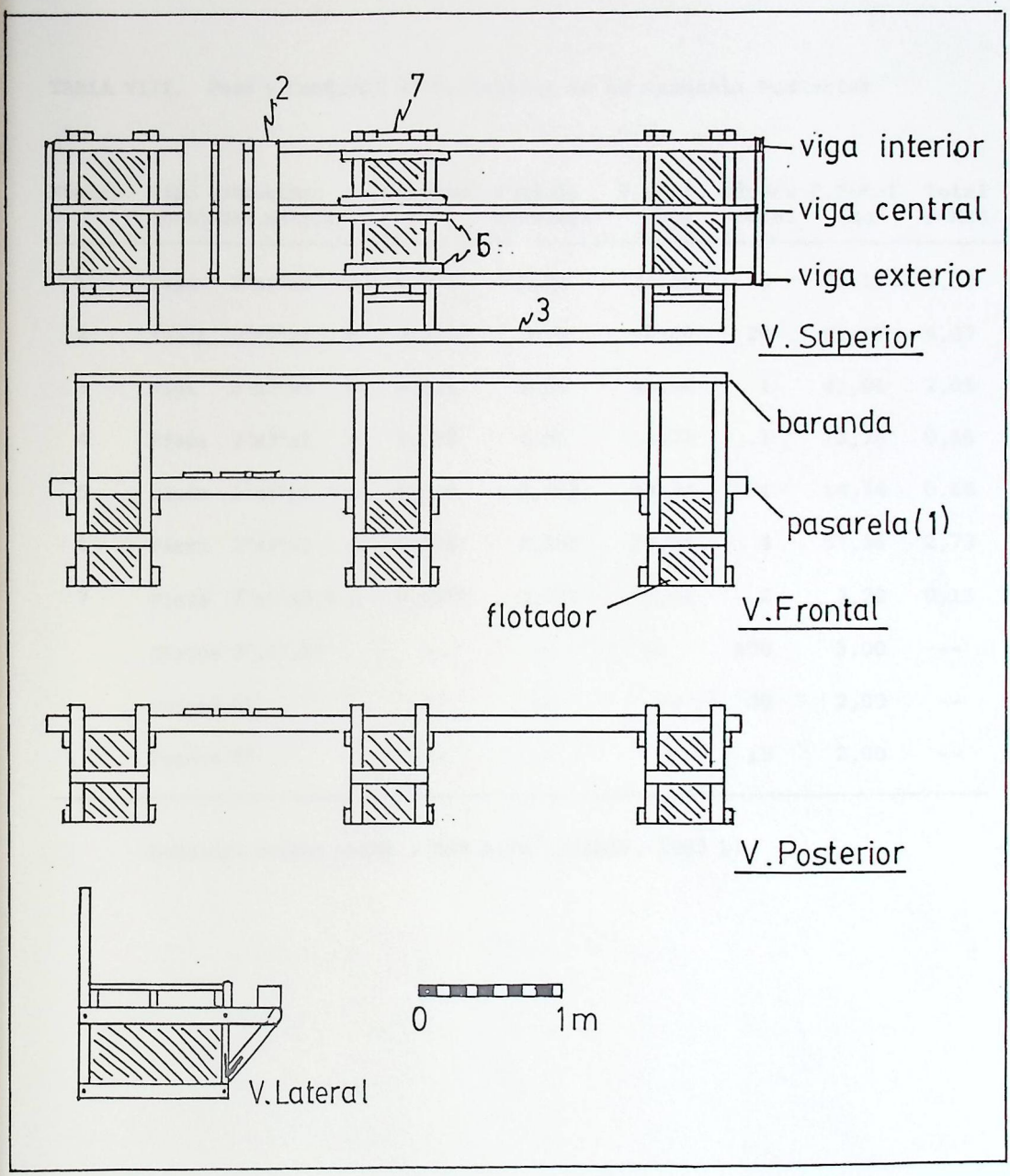


Figura 9 .- Vista de pasarela posterior.

TABLA VIII. Peso y Cantidad de Materiales en la Pasarela Posterior

Número	Tipo estructura (pulgadas,metros)	Volumen m^3	Pulgada Maderera	P.Unit. (kg)	Número total	P.Total (kg)	Total P.Mad.
1	Viga 2"x4"x5 m	0,026	1,10	23,09	3	69,27	3,33
2	Tabla 1"x8"x1 m	0,0052	0,22	4,60	20	91,87	4,37
3	Viga 3"x5"x5 m	0,048	2,05	43,06	1	43,06	2,05
4	Pieza 2"x3"x1 m	0,015	0,66	13,78	1	13,78	0,66
5	Pieza 2"x4"x1 m	0,016	0,683	14,34	1	14,34	0,68
6	Pieza 2"x4"x1 m	0,016	0,683	14,34	4	57,36	2,73
7	Pieza 2"x4"x0.4 m	0,0018	0,077	1,61	2	3,22	0,15
	Clavos 3",4",5"	--	--	--	400	3,00	--
	Pernos 6"	--	--	--	20	2,00	--
	Pernos 7"	--	--	--	15	2,00	--

Densidad coigue verde : 888 kg/m^3 (PEREZ, 1983 b).

Para la jaula interna se eligió paños de redes sintéticas sin nudos y sin tratar, con un tamaño de malla de 12 mm. Esto para mantener encerrados a peces de diversos tamaños y especies. La metodología de cálculo para estimar el peso seco de la jaula se realizó mediante listados de pesos y características de redes de uso industrial. En base al material elegido el peso para redes de numeración 210/15 (5) de 12 mm fue de 45,9 kg.

El peso sumergido, de acuerdo a fórmula 2.0, es 4,64 kg en agua de mar y 5,65 kg en agua dulce, siendo la densidad de la poliamida de 1,14 gr/cm^3.

La boyantez total de la unidad de tratamiento para cada pasarela por separado, ha sido calculada en Anexo X. Para agua de mar y con un F.S. de 30%, deben usarse 9 flotadores con una flotabilidad total de 2.828,38 kg, y una boyantez de reserva de 927,98 kg.

3.5.2. Distribución de las fuerzas verticales:

Previo al diseño de la estructura que une los flotadores con las vigas, se determinó el sentido y proporción de las cargas que actúan sobre la unidad de tratamiento.

Al aplicar un medicamento, la jaula externa se arma por un período de tiempo que varía de acuerdo al tipo de tratamiento. Por

esto, la fuerza vertical, producto del peso ejercido por las jaulas externa e interna más los lastres que éstas poseen, no son permanentes, y se ejercen sólo cuando debe realizarse un tratamiento por baño.

En las balsas-jaula de crianza usadas en Chile es común ver problemas causados por la desproporción de las cargas que actúan sobre las pasarelas, ocasionando fuertes desniveles o ángulos, de hasta 45 grados, hacia el interior de la unidad. Esto es producto del peso ejercido por la jaula de encierre y lastres. Además, al secarse la madera, tiende a conservar la posición que tiene cuando trabaja (PEREZ, 1983 b).

Las cargas producidas por las jaulas externa e interna y los lastres fueron calculados en el Anexo IX, determinando que el armazón debe proyectarse 0,40 m en su lado externo, con el propósito de colocar una viga de 3 x 5 pulgadas de sección como contrapeso cuando se esté realizando un tratamiento.

3.5.3. Diseño y peso del armazón del flotador:

El armazón del flotador es la estructura que posiciona los cubos de poliestireno expandido, y sus dimensiones están dadas por las del flotador y la proyección externa de contrapeso. Esta estructura es el pilar sobre el cual disponen las vigas que soportan todas las cargas ejercidas en la unidad.

En la figura 10 se aprecia la forma y posición de cada armazón, junto a la cantidad de material empleado en su construcción, la que se detalla en la Tabla IX. El peso total es de 59 kg incluyendo flotador, usándose 2,31 pulgadas madereras, determinados en base a la densidad del poliestireno (20 kg/m^3) y al volumen de cada unidad (0,3127 m^3). Esto dió un peso unitario de 6,254 kg.

La figura 11 permite observar en detalle la placa metálica ubicada en el armazón del flotador, cuyo fin es servir de apoyo a la fuerza ejercida por la viga de contrapeso. Esta placa permite además el uso de pernos metálicos de pequeña longitud, los que pueden soportar una mayor carga por unidad de área al efectuar una fuerza en cizalle múltiple, por efecto de ambas placas.

TABLA IX. Peso y cantidad de material del armazón del flotador.

Nro.	Tipo estructura (pulgadas,metros)	Volumen (m3)	Pulgada Maderera	P.Unidad (kg)	Número total	P.Total (kg)	Total P.Mad.
1	Pieza 2"x3"x1,4 m	0,0054	0,2295	4,79	2	9,60	0,459
2	Pieza 2"x3"x1,1 m	0,0043	0,1805	3,82	2	7,60	0,361
3	Pieza 2"x3"x0,8 m	0,0029	0,123	2,58	2	5,20	0,246
4	Pieza 2"x3"x1 m	0,0039	0,164	3,44	2	6,90	0,328
5	Pieza 2"x3"x1,5 m	0,0058	0,246	5,15	2	10,30	0,492
6	Pieza 2"x3"x0,6 m	0,0023	0,099	2,04	2	4,08	0,197
7	Pieza 2"x3"x0,7 m	0,0027	0,115	2,39	2	4,90	0,029
	Pernos 6"	--	--	--	15	2,00	--
	Pernos 3"	--	--	--	8	1,00	--
	Clavos 3",4"	--	--	--	100	2,0	--

Densidad coihue verde = 888 kg/m^3

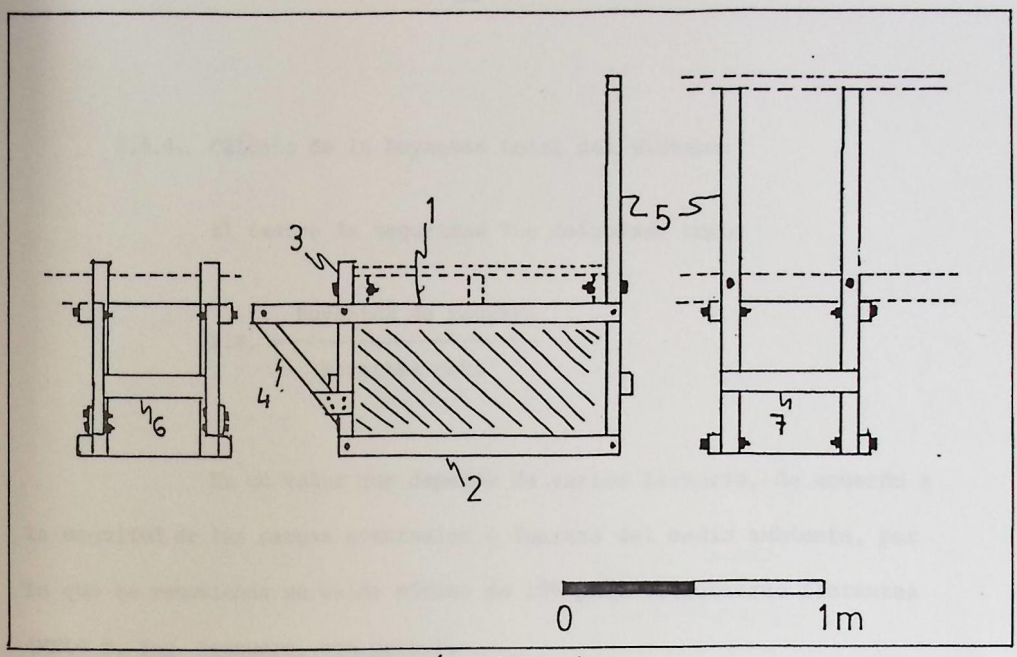


Figura 10 .- Vista armazón flotador.

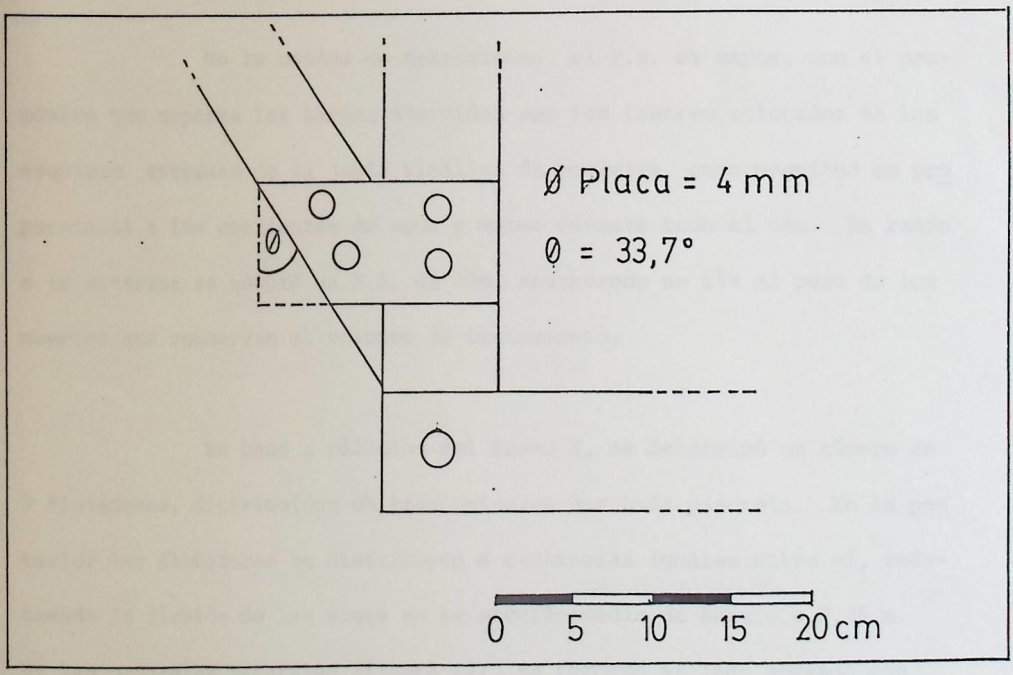


Figura 11 .- Detalle placa metálica armazón.

3.5.4. Cálculo de la boyantez total del sistema:

El factor de seguridad fue calculado como:

$$F.S. = \frac{\text{Boyantez de reserva}}{\text{Boyantez neta}}$$

Es un valor que depende de varios factores, de acuerdo a la magnitud de las cargas eventuales o fuerzas del medio ambiente, por lo que se recomienda un valor mínimo de 15% para estructuras flotantes (MELO T, Ing. Pesquero, com.pers.).

En la unidad de tratamiento, el F.S. es mayor, con el propósito que soporte las cargas ejercidas por los lastres colocados en las esquinas externas de la jaula vinílica de encierre, cuya magnitud es proporcional a las corrientes de agua y marea durante todo el año. En razón a lo anterior se adoptó un F.S. de 30%, reservando un 15% al peso de los muertos que conservan el volumen de tratamiento.

En base a cálculos del Anexo X, se determinó un número de 9 flotadores, distribuídos en tres unidades por cada pasarela. En la posterior los flotadores se distribuyen a distancias iguales entre sí, reduciendo la flexión de las vigas en la sección media de ángulo a 2,25 m. En las pasarelas laterales (figura 12), se reforzó el lado anexado con una viga apernada que mantiene la forma y amortigua las cargas del espa-

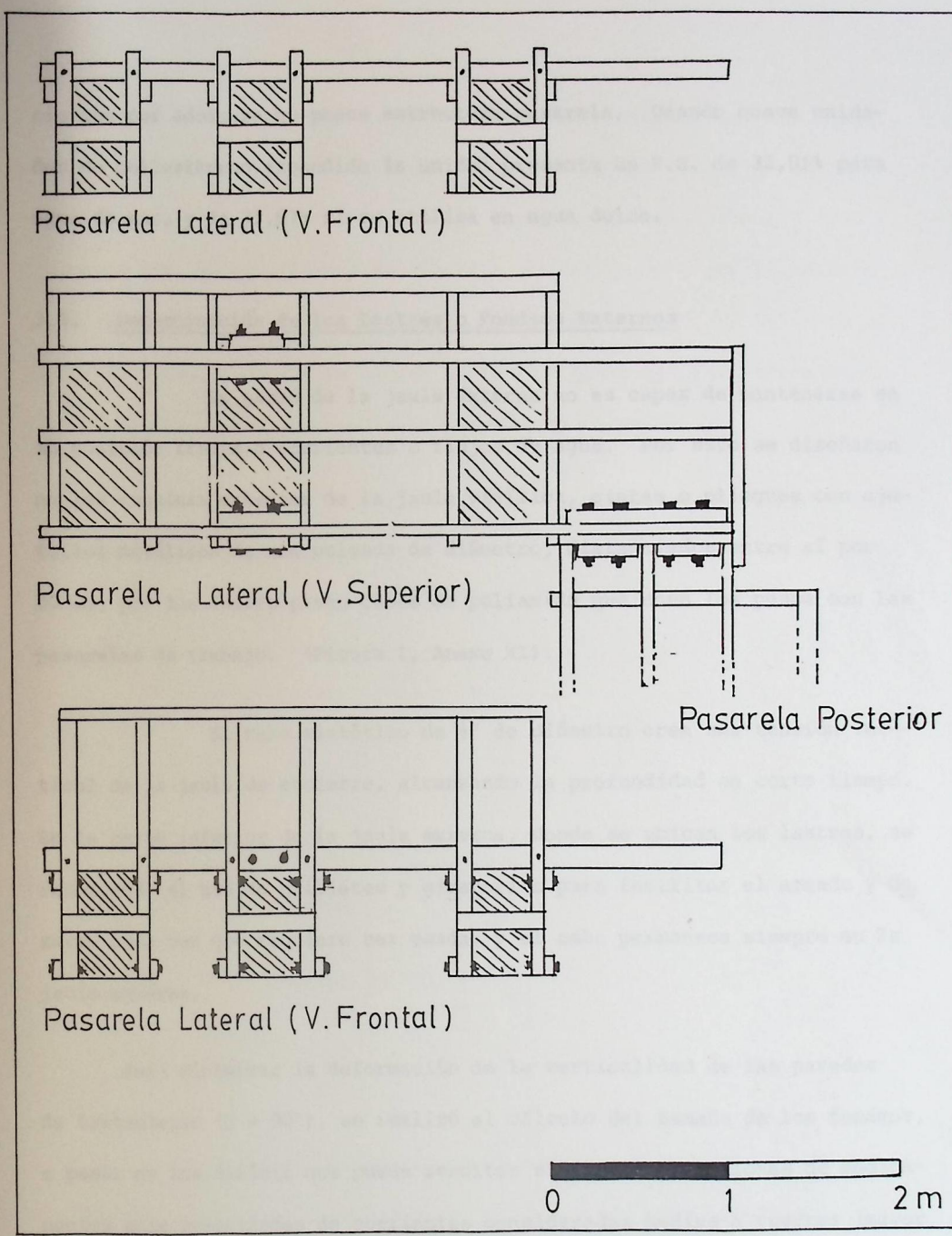


Figura 12 .- Union entre pasarela lateral y posterior.

cio que por adosarse no posee estructura pasarela. Usando nueve unidades de poliestireno expandido la unidad presenta un F.S. de 32,81% para agua de mar, y de 31,07% si se utiliza en agua dulce.

3.6. Determinación de los Lastres o Fondeos Externos

La pared de la jaula externa no es capaz de mantenerse en su posición frente a corrientes o flujos de agua. Por esto se diseñaron en las esquinas externas de la jaula vinílica, cintas o pliegues con ojetillos metálicos de una pulgada de diámetro, distanciados entre sí por 30 cm, por los cuales pasan cabos de poliamida que unen los pesos con las pasarelas de trabajo. (Figura 1, Anexo XI).

El cabo sintético de ½" de diámetro crea una tensión vertical de la jaula de encierre, alcanzando la profundidad en corto tiempo. En la parte inferior de la jaula externa, donde se ubican los lastres, se recomienda el uso de grilletes y giratorios para facilitar el armado y desarme cada vez que requiere ser usada, y el cabo permanece siempre en la jaula externa.

Para minimizar la deformación de la verticalidad de las paredes de tratamiento ($\alpha = 90°$), se realizó el cálculo del tamaño de los fondeos, a pesar de los difícil que puede resultar efectuar aplicaciones de medicamentos ante velocidades de corrientes consideradas medias a fuertes (mayor a 15 cm/seg) provocadas por mareas (BARANOV, 1976).

En la figura 13, S/2 representa la profundidad alcanzada por la jaula; f es el desplazamiento producido por la fuerza de arrastre existente (jaula sin lastres) y L es la posición teórica cuando $\alpha = 90°$. El ángulo θ es el complemento de α a 90°; y está formado por la tensión de la jaula sin peso (T) y con lastres (To). Por último, el valor de la fuerza de arrastre (R) es la acción de la corriente actuando normalmente a la superficie afectada, cuyo valor se estimó en Anexo XI.

De acuerdo a KAWAKAMI (1959), para cuerpos sumergidos se tiene la siguiente relación:

$$R = T \operatorname{sen} \theta$$

$$To = T \cos \theta$$

Obteniéndose:

$$To = \frac{\cos \theta}{R \operatorname{sen} \theta}$$

$$\theta = \operatorname{arc\,sen} (R/T)$$

$$\alpha = 90° - \theta$$

En base al Anexo XI, no es recomendable efectuar tratamientos por baños ante velocidades de corrientes de marea superiores a 0.2 m/seg. En este caso deberán agregarse 68 kg de lastre en cada esquina y 34 kg en la sección central de la pared (Anexo XI). La velocidad

máxima de corriente admisible en este caso será 0,3 m/seg, formándose un ángulo de inclinación (θ) de 8° respecto a la vertical.

La metodología para obtener la magnitud de los lastres, se desarrolla con el F.S. para absorber las fuerzas, que corresponden a la boyantez mínima de reserva (15%) y la de reserva para los 9 flotadores. Una vez calculados (Anexo X) se determinó un valor de 17% para agua de mar y 16% en agua dulce, correspondientes a 323 y 324 kg respectivamente.

Para un período de tiempo corto, la superficie expuesta al flujo de agua corresponde a un rectángulo cuyas dimensiones están dadas por alto y largo de la pared. Posteriormente varía, por efecto de pesos internos y unión a la estructura central, a una superficie con forma de media catenaria (Figura 13).

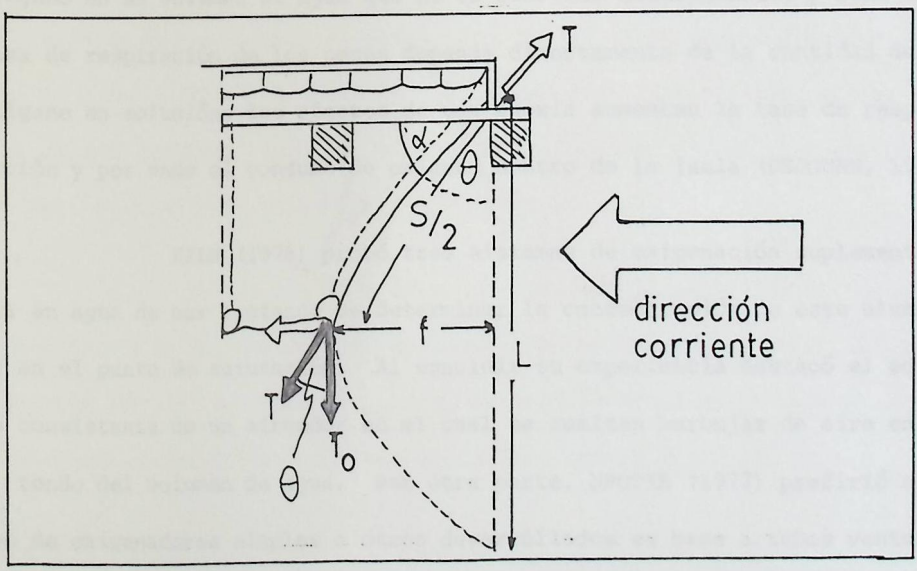


Figura 13. Composición de fuerzas sobre la jaula externa

3.7. Equipos Suplementarios y Sensibilidad de la Balsa Jaula

3.7.1. Oxigenación a los peces durante el tratamiento:

Todo tratamiento realizado mediante la aplicación de medicamentos de origen químico implica una alteración del medio en el que se diluye, con riesgos que el cultivador debe considerar.

Dentro de los requisitos básicos necesarios para realizar un tratamiento por baño, uno de los más importantes es conocer el producto antes de aplicarlo. El hecho de conocer su toxicidad es vital, ya que hay algunos que se degradan rápidamente en presencia de luz a altas temperaturas, mientras otros muestran propiedades sinérgicas al ser combinados (DAZAROLA y REYES, 1980).

Otros compuestos actúan como reductores de los niveles de oxígeno en un volumen de agua que no es renovado naturalmente, y como la tasa de respiración de los peces depende directamente de la cantidad de oxígeno en solución, los efectos de una anoxia aumentan la tasa de respiración y por ende el consumo de oxígeno dentro de la jaula (DEJOURS, 1970)

KILS (1976) probó tres sistemas de oxigenación suplementaria en agua de mar tratando de determinar la concentración de este elemento en el punto de saturación. Al concluir su experiencia destacó el equipo consistente de un aireador en el cual se sueltan burbujas de aire en el fondo del volumen de agua. Por otra parte, SPOTTE (1977) prefirió el uso de oxigenadores simples a otros desarrollados en base a tubos venturi

o sistemas rotatorios en agua de mar. Explicó que el uso de estos dos últimos aumentan el peligro de que el volumen de agua se sobresature de oxígeno.

Los niveles de oxígeno en el agua adecuados para los peces pueden ser alterados ante la acción de compuestos químicos, hacinamiento de los peces, o el stress mismo que se les impone y que acelera su metabolismo y la descarga de desechos.

Para mantener los niveles de oxígeno en un volumen definido de agua, REICHENBACH-KLINKE (1975) mostraron que el sistema más eficiente es el que involucra un tubo de oxígeno administrando el gas a través de mangueras plásticas hacia una piedra difusora, desechando el uso de metales. La cantidad de oxígeno depende del volumen de agua, la temperatura de ésta y la cantidad de peces a tratar, sumando entre 3 a 5 $lb/pulg^2$. Se recomienda entonces aplicar oxigenación suplementaria durante algunos de los siguientes casos: ante uso de altas densidades de carga de peces a tratar; tratamientos prolongados (> 1 hora); ante el uso de algunos productos químicos reductores de O_2 descritos en el Anexo IV o ante gran cantidad de materia orgánica en el agua.

El sistema de oxigenación usado en la unidad de tratamiento consiste en un tubo de 9 m^3 de oxígeno, un manómetro que regula la presión del gas, una tubería plástica de 5/8" de diámetro y 3,5 m de largo, y una piedra difusora ubicada en el fondo de la jaula.

El tubo va ubicado sobre el flotador central de cualquiera de las pasarelas laterales y la presión de salida, recomendada por BRANDAL y EGIDUS (1978), permanece en las 4 $lb/pulg^2$ valor suficientemente alto para tratar al mismo tiempo entre 3 y 4 toneladas de peces.

3.7.2. Cálculo de la altura sumergida de un flotador:

Los cálculos de diseño de las pasarelas han sido realizados para casos extremos en los cuales los apoyos centrales de cada estructura quedan fuera del agua, transmitiendo todo el peso a los flotadores ubicados en los extremos. A continuación se analiza la composición de una viga compuesta o cercha, que permite distribuir las cargas puntuales en los apoyos que están en contacto con el agua, calculando luego la sensibilidad de los apoyos para absorber diferentes alturas de ola, gracias a su volumen sumergido producto del peso total de la unidad de tratamiento.

Sean:

h = altura expuesta del flotador, en m

a = altura sumergida del flotador, en m

Ct = carga total de la unidad, en kg

Bt = boyantez total del sistema, en kg

F.S. = factor de seguridad = 15%

Dimensiones del flotador:

- Alto = 0,59 m

- Ancho = 0,53 m

- Largo = 1,00 m

Número total flotadores = 9

Densidad poliestireno expandido = 20,0 kg/m^3

Peso unitario flotador = 6,254 kg

a) Volumen de un flotador:

Volumen (m^3) = (alto x ancho x largo) x n flotadores

= (0,59 m x 0,53 m x 1,0 m) x 9

= 2,184 m^3

b) Boyantez neta de la unidad:

Boyantez neta (kg) = Boy. total (kg) - peso seco flot.(kg)

= (1.025 kg/m^3) x 2,184 m^3)-(6,25 x 9)

= 2.828,06 kg (agua de mar)

= 2.757,72 kg (agua dulce)

c) Boyantez de reserva de la unidad:

Boyantez de reserva (kg) = Boy.Neta(kg) - Carga total (kg)

= 2.828,06 kg - 2.403,83 kg

= 424,21 kg (agua de mar)

= 413,63 kg (agua dulce)

d) Volumen dado por reserva de boyantez:

$$\text{Boy.Reserva Neta(kg)} = \text{Boy.Total Reserva(kg)} - \text{Peso seco flot.}$$

$$424{,}21 \text{ kg} = (1.025 \text{ kg/m}^3 \times V) - (20 \text{ kg/m}^3 \times 9 \times V)$$

$$424{,}21 \text{ kg} = V \times (1.025 - 180)$$

$$V = 0{,}502 \text{ m}^3$$

Luego, siempre para agua de mar:

$$0{,}502 \text{ m}^3 = (0{,}53 \times 1{,}0 \times h) \times 9$$

$$h = 0{,}10524 \text{ m}$$

Por lo que la altura sumergida es:

$$a \text{ (m)} = 0{,}59 - 0{,}10524$$

$$= 0{,}4848$$

En caso que la unidad de tratamiento esté ubicada en agua dulce, la profundidad máxima es de 0,4843 m. Los límites teóricos máximos ante condiciones adversas deben compararse con el valor de altura máxima de ola que el flotador pueda absorber antes de quedar en el aire.

3.7.3. Diseño de una viga compuesta:

Con el propósito de que las vigas de apoyo puedan abosrber una mayor cantidad de cargas verticales u horizontales, se diseñó una estructura complementaria a las establecidas en las figuras 8 y 9; esto para aumentar su resistencia y el momento de flexión mediante una cercha triangular a cada lado de la pasarela, repartiendo las cargas en forma proporcional, y aumentando la capacidad para absorber impactos al comportarse como una viga de mayores dimensiones. En la figura 14 se detalla la pasarela posterior con cercha, instalando este sistema también en las dos pasarelas laterales para mayor seguridad.

3.8. Sistema de Fondeo

La unidad de tratamiento en condiciones de cultivo ideales, deberá usarse sólo con fines profilácticos, o en caso extremo para atacar la presencia de algún patógeno que esté causando daño o mortalidad en los peces cultivados.

Cuando permanezca sin uso la unidad podrá permanecer amarrada a cualquier balsa jaula de crianza, pero en caso que el tratamiento deba efectuarse aislando a los peces enfermos del resto de peces cultivados, se deberá contar con un lastre fijo que permita anclar la unidad en forma independiente.

Los aspectos preliminares a considerar para construir un

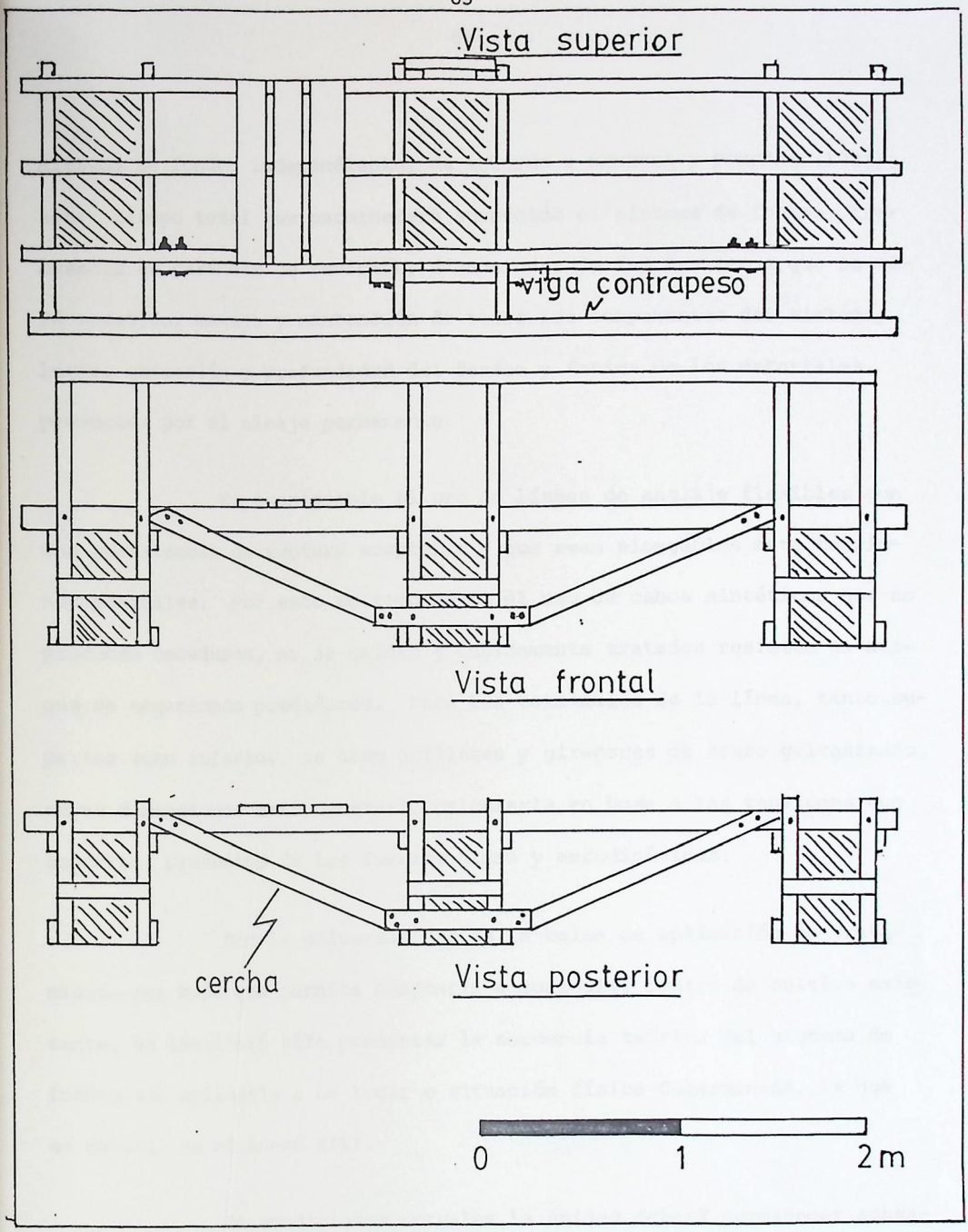


Figura 14 .- Pasarela de trabajo con viga compuesta.

sistema de fondeo independiente, de acuerdo a NESHYBA Y FONSECA (1981) son: tiempo total que permanecerá sumergido el sistema de fondeo; frecuencia de períodos de revisión; dimensiones de las fuerzas a que se verá sometido; manejo y mantención de todos los componentes del sistema; lugar, ubicación y profundidad del fondeo y fatiga de los materiales, provocada por el oleaje permanente.

Es aconsejable el uso de líneas de anclaje flexibles con una resistencia de ruptura aceptable y que sean elongables ante tensiones puntuales. Por esto se recomienda el uso de cabos sintéticos que no producen cocaduras, no se oxidan y debidamente tratados resisten el ataque de organismos predadores. Para los terminales de la línea, tanto superior como inferior, se usan grilletes y giradores de acero galvanizado, cuyas dimensiones será necesario calcularla en base a las tensiones que soportan, productos de las fuerzas hidro y aerodinámicas.

Por la universalidad de la balsa de aplicación de tratamiento por baño que permite adaptarla a cualquier centro de cultivo existente, se consideró sólo presentar la secuencia teórica del sistema de fondeo sin aplicarla a un lugar o situación física determinada, la que se detalla en el Anexo XIII.

En condiciones normales la unidad deberá permanecer adosada a cualquier balsa jaula de crianza mediante cabos sintéticos, preferentemente perlón o polipropileno de ½" de diámetro. Este se une mediante grilletes de 1" de acero galvanizado de la viga central de la pasarela lateral a cualquier estructura, siendo el largo sugerido de cabo de 3 m por cada unión.

4.0. SECUENCIA GRAFICA DE CONSTRUCCION

Se describe a continuación la secuencia de construcción, mostrando las etapas básicas que deben seguirse para lograr dejar operativo el sistema en cualquier cultivo intensivo de peces. (Figuras 15 a 34).

El tiempo de construcción, empleando tres operarios ocho horas diarias, con herramientas manuales básicas, no debe ser superior a los seis días.

Si la unidad de tratamiento es usada en agua de mar, la madera que permanece sumergida deberá ser protegida mediante mangas de polietileno y/o aplicar preservante a la madera para evitar incrustaciones de organismos marinos que horadan y destruyen las piezas sumergidas en corto tiempo.

El costo total de la unidad de tratamiento, precios con IVA puestos en centro de cultivo de la X Región, es de US$ 727 aproximadamente, desglosado en Anexo XII.

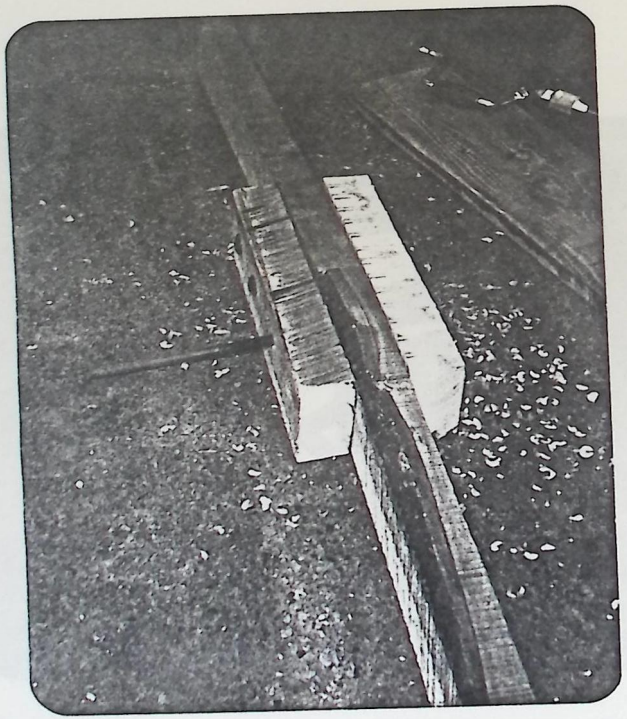


Figura 16.- Union de vigas

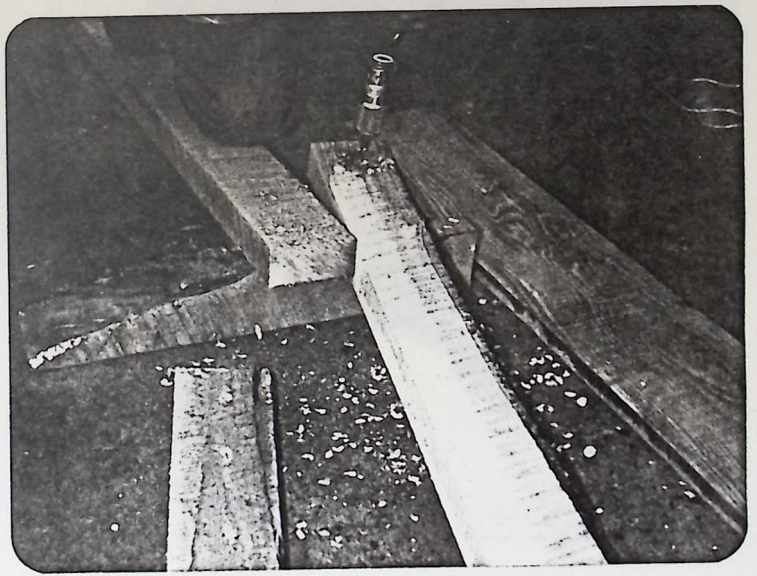


Figura 15.- Armado vigas centrales

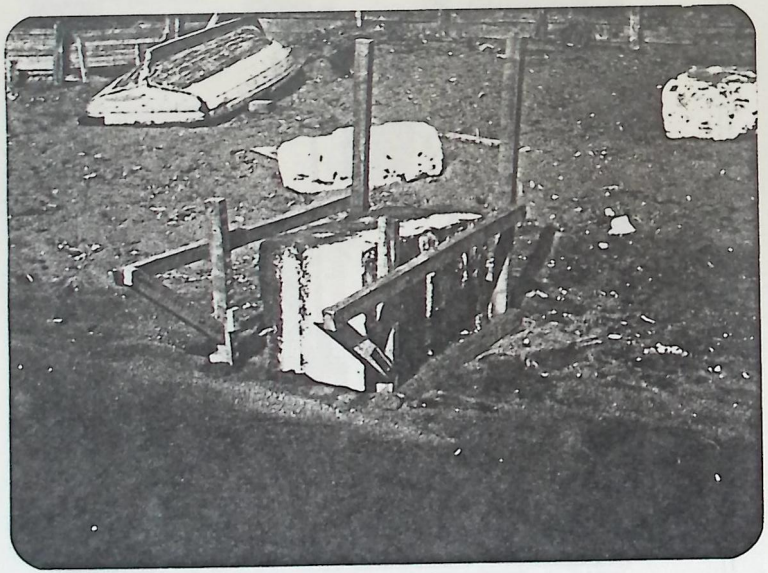


Figura 18.- Armado básico del flotador

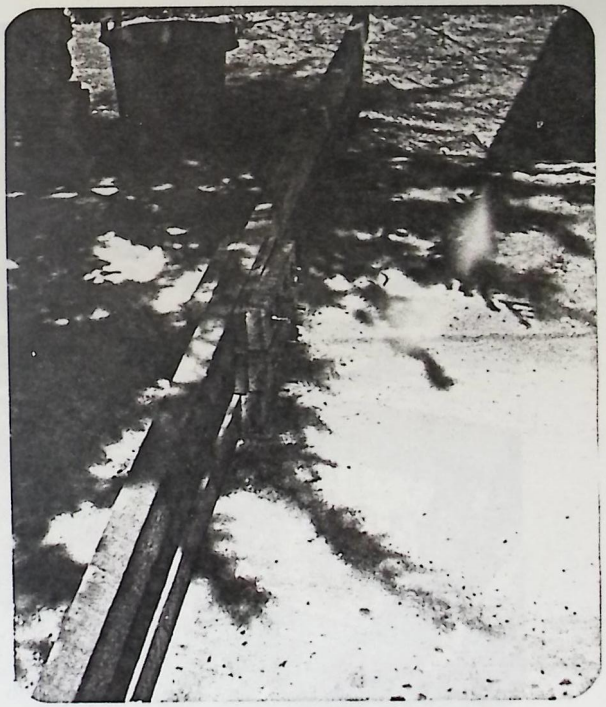


Figura 17.- Vigas apoyo armadas

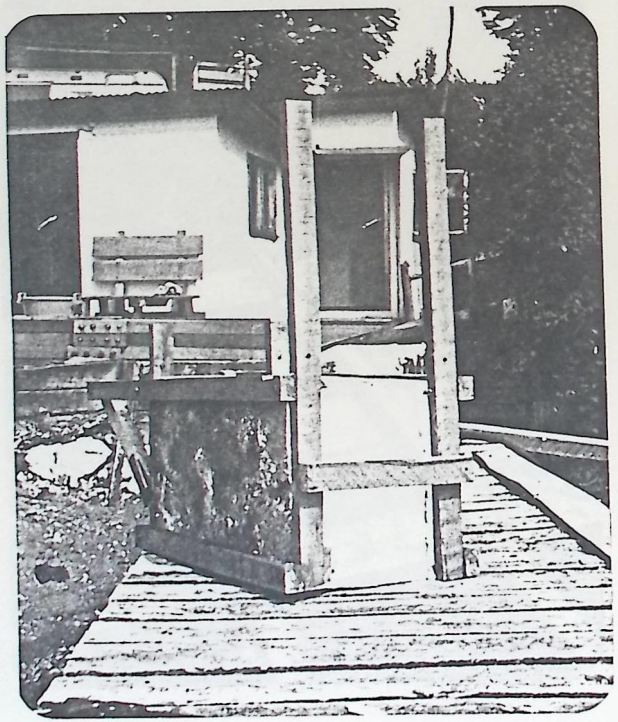


Figura 20.- Vista armazón flotador

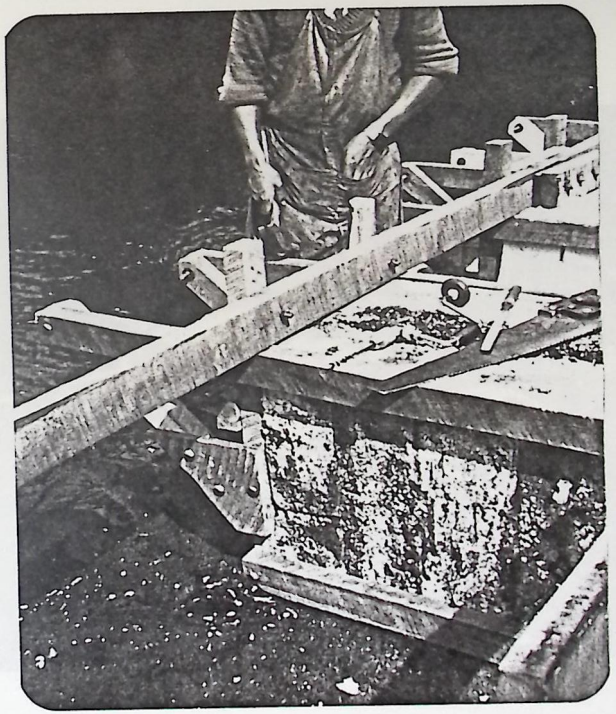


Figura 19.- Unión armazón flotador y viga de apoyo lateral



Figura 22.- Ensamble viga central en en la pasarela lateral

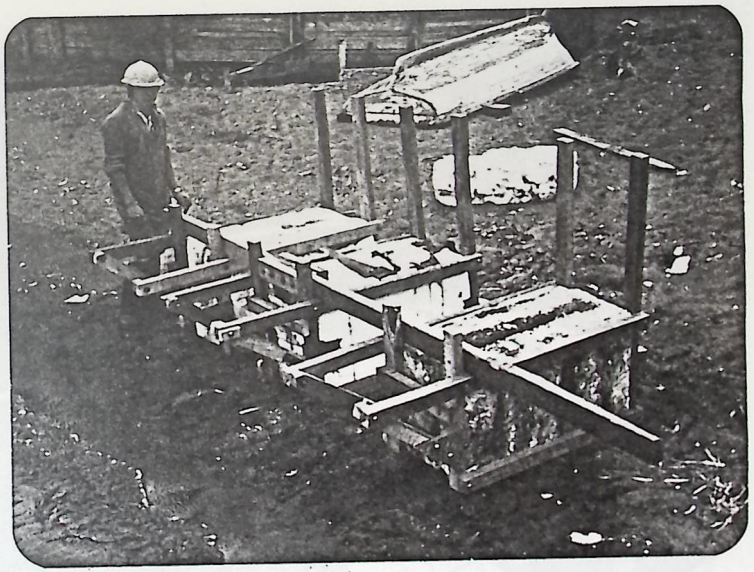


Figura 21.- Disposicion de flotadores en las pasarelas laterales



Figura 24.- Pasarela lateral armada

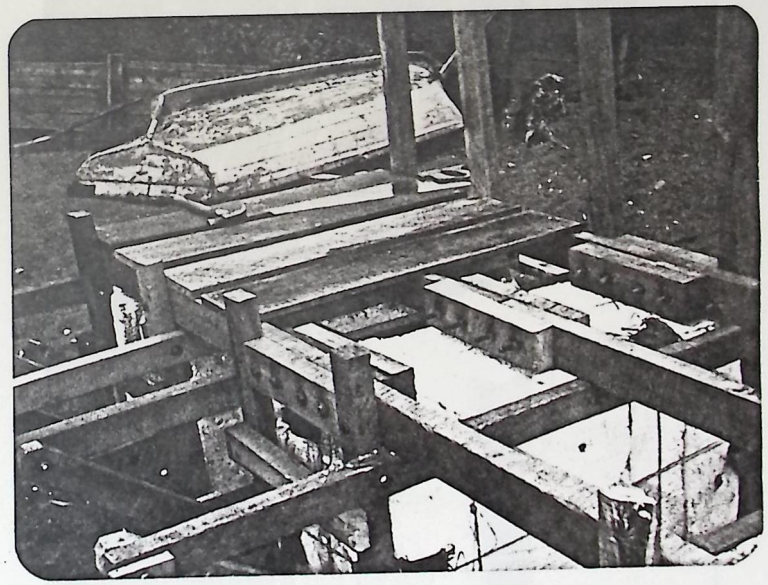


Figura 23.- Entablado piso en pasarela lateral

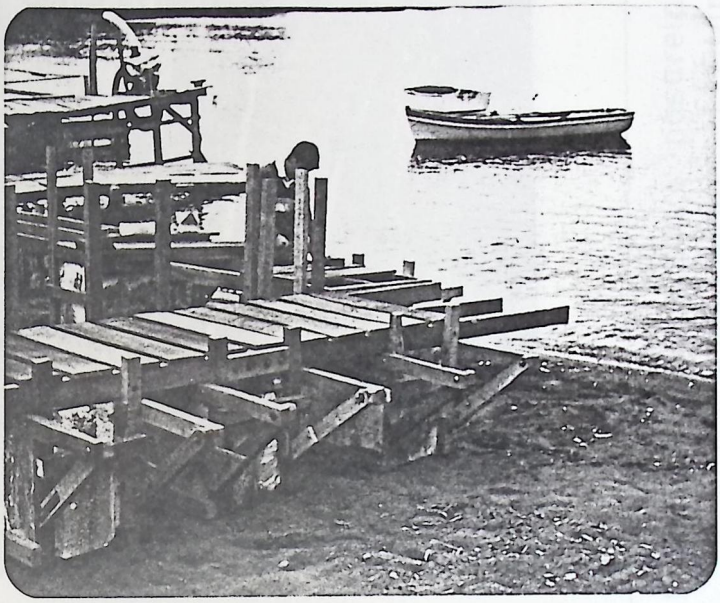


Figura 25.- Posición de unión entre pasarelas lateral y posterior.

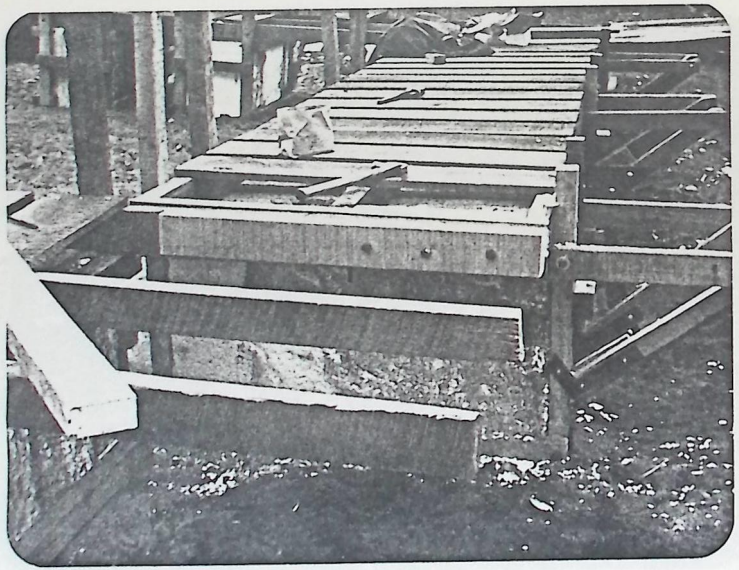


Figura 27.- Union entre pasarelas
II Etapa



Figura 26.- Unión entre pasarelas lateral
y posterior. I Etapa



Figura 29.- Unión entre pasarelas
IV Etapa

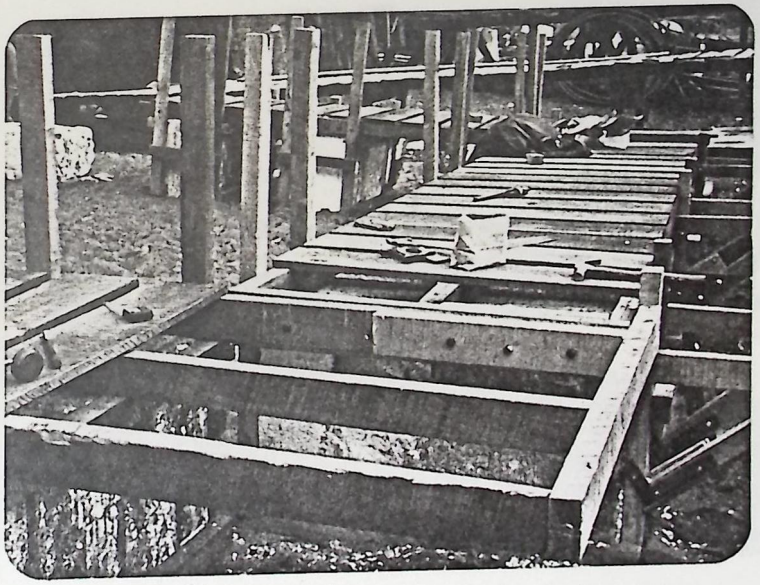


Figura 28.- Unión entre pasarelas
III Etapa

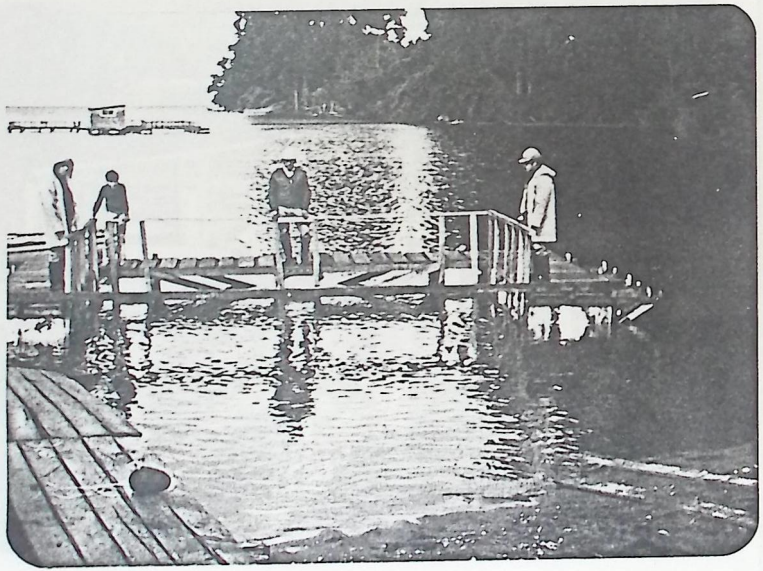


Figura 31.- Estructura en el agua

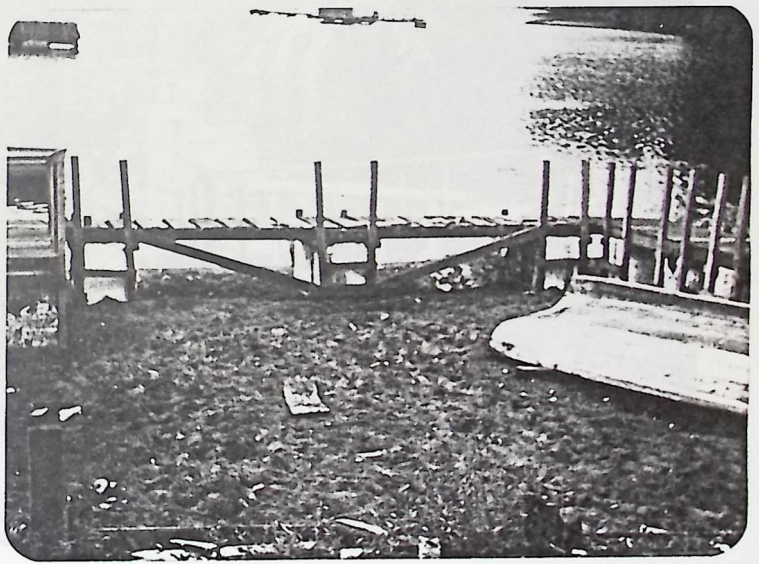


Figura 30.- Pasarela posterior con viga compuesta

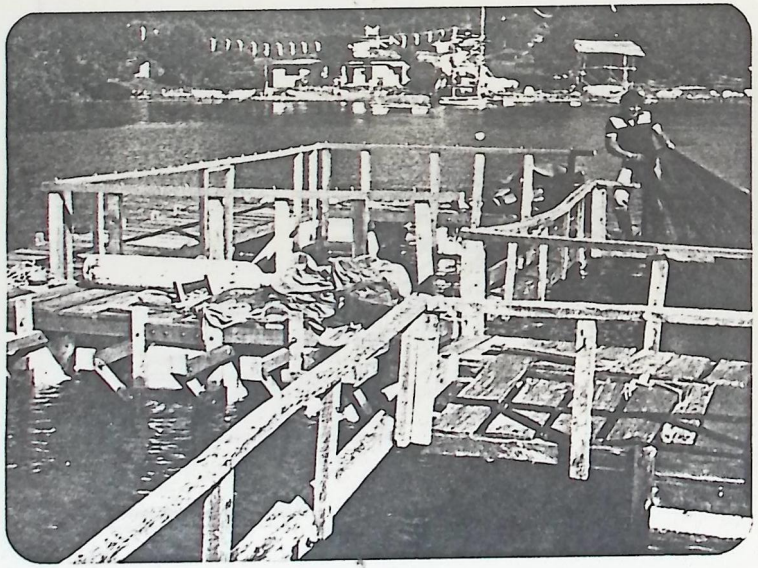


Figura 33.- Unidad anexada a balsa de crianza

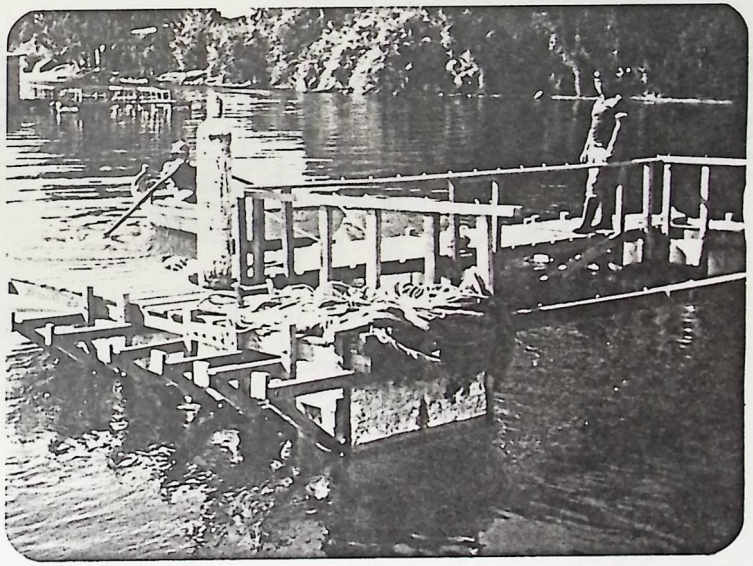


Figura 32.- Traslado de la unidad de tratamiento

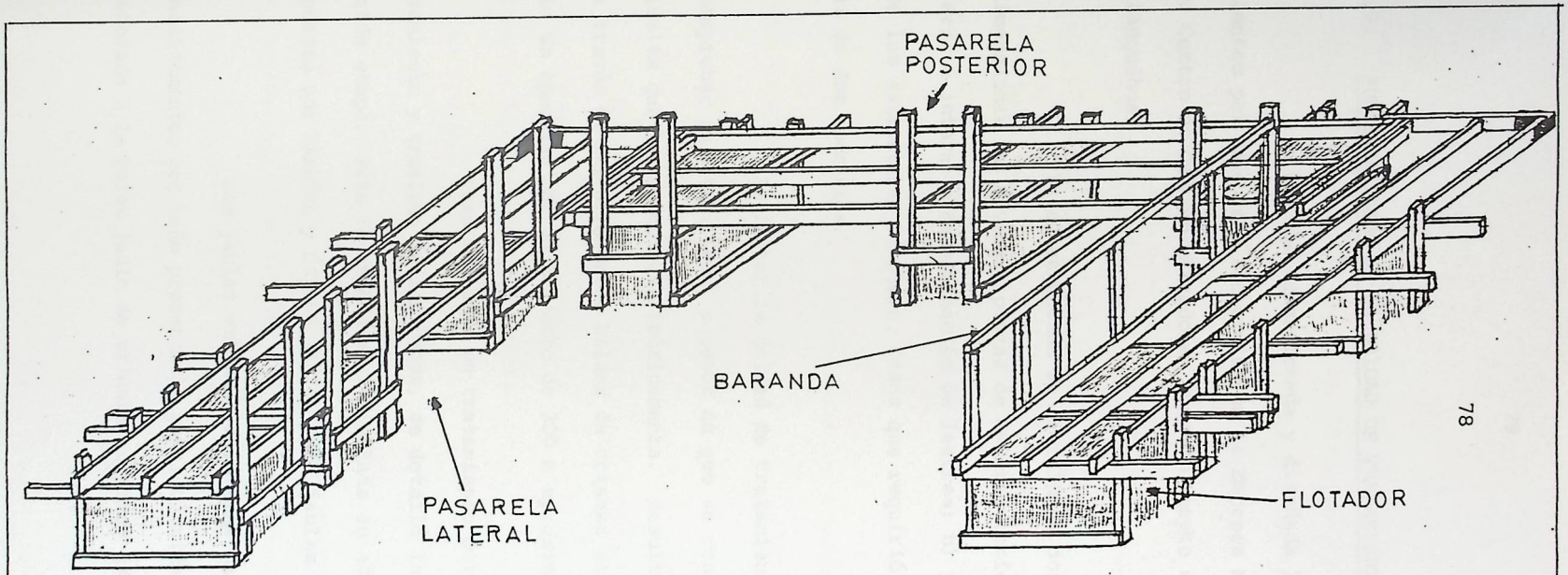


Figura 34.- Vista estructura central (radier sin piso).

5.0. FUNCIONAMIENTO DE LA UNIDAD DE TRATAMIENTO

Una vez dimensionada y diseñada la balsa jaula de tratamientos por baño, fue construida en la Empresa Mares Australes Ltda. en su Centro de Cultivo ubicado en Puerto Domeyko en la ribera del lago Llanquihue.

La construcción se dividió en dos etapas: a) preparar y dimensionar las diversas piezas de madera, confección de las jaulas externa e interna y determinación de lastres; b) y el posterior ensamble de las estructuras en playa, faena que requirió de tres días, con la ayuda de dos operarios.

Al flotar la unidad de tratamiento ya ensamblada se pudo comprobar su estabilidad, a pesar de que se consideraron más cargas puntuales que las calculadas teóricamente. Resultó fácilmente transportable a través de las diferentes balsas de crianza siendo llevada a remo por sólo un operario por un trayecto de 300 m aproximadamente.

Para realizar un tratamiento por baño, incluyendo el adosamiento y traslado de los peces, se detalló la forma en que se cumple cada etapa. Para la unidad aquí diseñada se adoptó la metodología propuesta por BRANDAL y EGIDUS (1978) para jaulas octogonales.

Las jaulas externa e interna de encierre para aplicar los medicamentos por baño presenta la particularidad de que la pared que va adosada a la balsa jaula de crianza no tiene la misma dimensión que las

restantes. En efecto, la pared referida que no posee pasarela de trabajo, es 0,4 m menor en su parte superior, tal como se muestra en la figura 35. Una vez anexada la balsa de tratamiento, las paredes de la jaula externa se sumergen hasta quedar el lado anexado 0,35 m bajo la superficie del agua, y es entonces cuando la pared de la jaula de crianza se separará de su estructura superficial, pasa bajo el collar de flotación y cae sobre el lado anexado de la jaula de tratamiento (figuras 36 y 37). Luego los peces pasan desde su jaula de crianza en forma natural a la de tratamiento sin que en su movilización sean manejados o tocados por el hombre.

Cuando todos los peces se encuentran encerrados en el volumen de tratamiento, se levanta la jaula externa a la posición de tratamiento, detallada en la figura 38, en la que la pared de menor altura queda sobre el nivel del mar evitando escapes de peces y mala dilución de los medicamentos. Durante la aplicación del tratamiento los peces permanecen calmados bajo la superficie y los niveles de oxígeno son mantenidos mediante oxigenación suplementaria lo que evita que los peces se agrupen o concentren.

Al finalizar el tratamiento se baja nuevamente la jaula externa, quedando el lado anexado 0,4 m sumergido bajo superficie, lo que posibilita nuevamente la creación de un puente natural. La forma de devolución de los peces es sencilla, ya que sólo se levanta la jaula interna como se muestra en la figura 39.

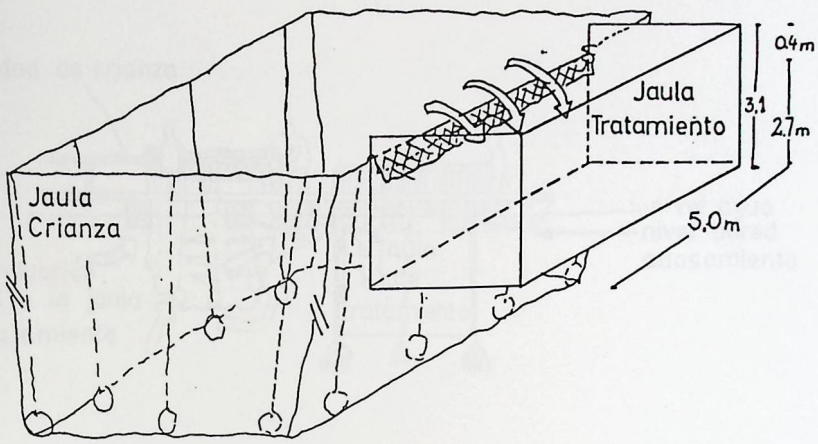


Figura 35.- Detalle adosamiento jaula tratamiento a la de crianza.

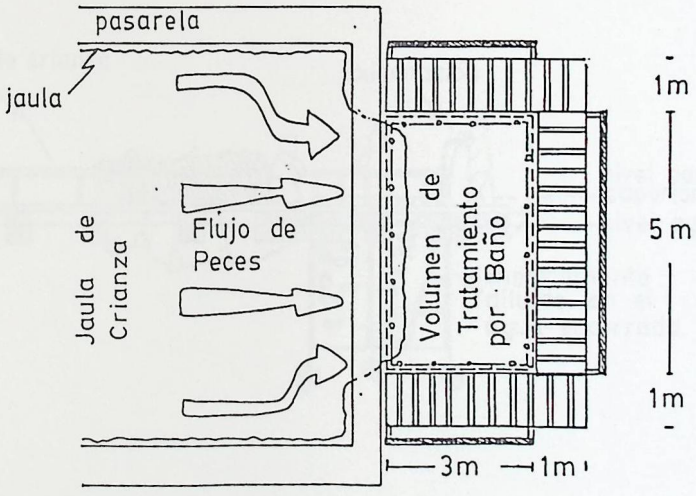


Figura 36.- Traslado peces a volumen de tratamiento.

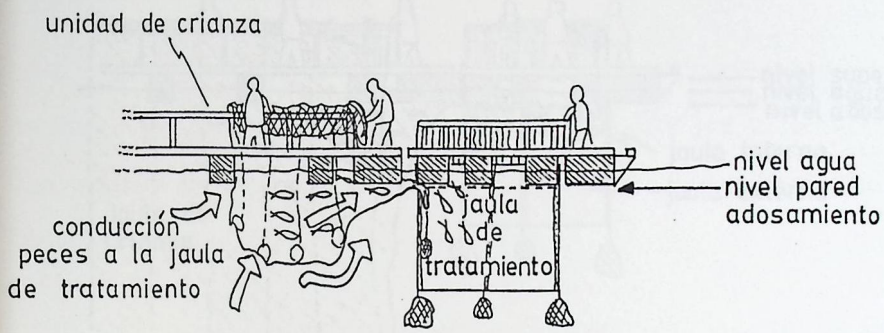


Figura 37.- Etapa final de traslado peces a tratamiento.

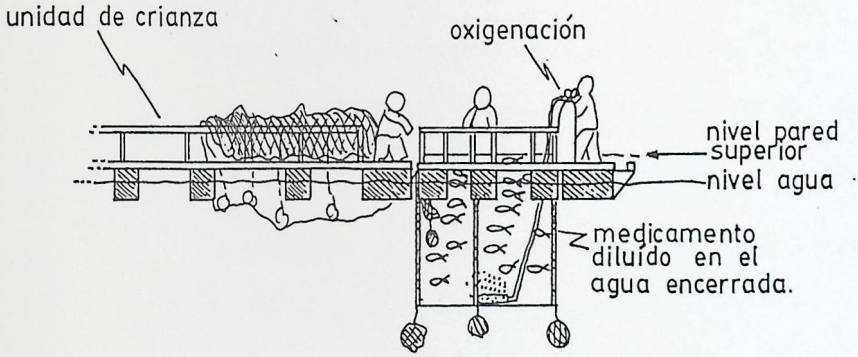


Figura 38.- Aplicación de un medicamento por baño.

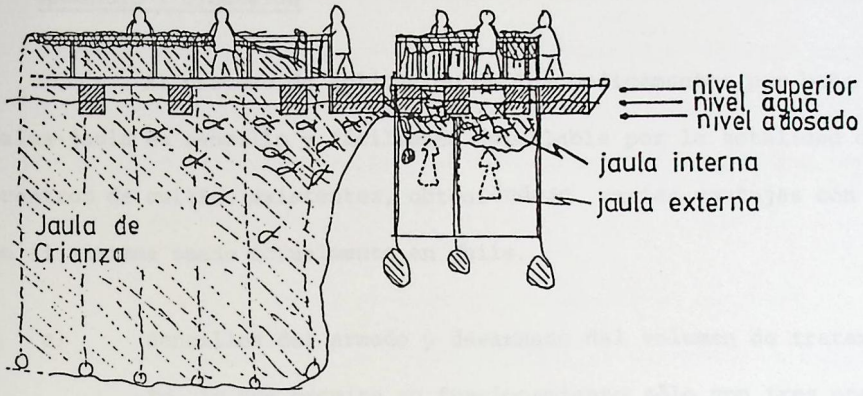


Figura 39.- Devolución peces a su jaula de crianza.

6.0. ANALISIS Y DISCUSION

El proceso de aplicación de los medicamentos por baño en la balsa-jaula es sencillo y fácilmente asimilable por la totalidad de los centros de cultivo existentes, obteniéndose varias ventajas con respecto al sistema usado actualmente en Chile.

a) Sencillez del armado y desarmado del volumen de tratamiento, lo que permite su funcionamiento sólo con tres operarios, los que realizan sus labores en menor tiempo.

b) Cuando se deban aplicar varios tratamientos en el menor lapso de tiempo, el volumen de tratamiento se arma sólo una vez al día y se va trasladando rápidamente a través de las balsas.

c) Los peces enfermos pueden ser aislados del resto a un lugar previamente habilitado, en caso de requerir cuarentena.

d) Y finalmente, se conocen anticipadamente los volúmenes de tratamiento.

Es destacable la importancia que están tomando los cultivos en balsas-jaula para la crianza de peces en estado juvenil y adulto. Por esto, la creación de la unidad de tratamiento permite dar importancia a todo lo referido a control de enfermedades aún ignorado por la mayoría

de los centros de cultivo. Debe crearse una conciencia de que, debido a las características propias del sistema, tenderán a producirse problemas ante la presencia de organismos que afecten a los peces cultivados, ocurriendo altas mortalidades, las que de acuerdo a REICHENBACH-KLINKE (1975) pueden ser evitadas.

De lo anterior se desprende la necesidad de crear una unidad independiente cuya principal característica es el empleo de materiales compatibles con los de crianza, con la consiguiente disminución de costos, ya que es material que permanece en los stocks de cada centro de cultivo, o bien están presente en los mercados zonales. En la determinación del diseño y dimensionamiento se tuvo en consideración la totalidad de modelos comerciales de balsas jaula usados en Chile y otros adaptables fácilmente. Además se tuvo en cuenta las densidades de cultivo y su relación con el número de peces tratados cada vez, comprobándose que las dimensiones de las balsas de crianza tienen un mínimo de longitud común de 5 m. Con un volumen de 40 m^3, la unidad puede tratar entre 2 a 3,5 toneladas de peces al mismo tiempo.

Con respecto a los materiales de construcción para el armazón superficial, se decidió el uso de madera para la estructura de sujeción, determinado fundamentalmente por su disponibilidad, costo, resistencia al contacto con el ambiente acuático, absorción de impactos y uso comprobado en balsas-jaula de crianza. Lo anterior no elimina el uso de otros materiales de construcción, sólo si el centro de cultivo posee bal-

sas jaula del mismo material y posee stock de reserva o la infraestructura adecuada. En el caso de usar madera, las recomendables son el coigue y el roble pellín, aunque esta última ya no se encuentra normalmente en los aserraderos o barracas dada su gran explotación. El coigue es compatible con las balsas de crianza, tiene menor precio, es resistente al ambiente marino o a los impactos; aunque se recomienda realizar pruebas que determinen el comportamiento en el agua ante malas condiciones ambientales o ataques de organismos horadadores o predadores.

Otro aspecto es el hecho de que nunca debe emplearse maderas que cambien su estado de humedad mientras están trabajando. De acuerdo a PEREZ (1983 a) debe generalizarse el uso de elementos cuyo porcentaje de humedad sea igual a la humedad ambiente, evitando el paso de elementos estructurales del estado verde al seco mientras están en los centros de cultivo. Esto resulta importante para lograr una mayor vida útil de las balsas, ya que la totalidad de los centros de cultivo en Chile construyen sus unidades con madera de porcentaje de humedad mayor a 80%, provocando con el paso del tiempo, la acción de cargas aisladas y efectos de sal y agua, deformaciones que disminuyen las propiedades resistivas de la madera.

Al dimensionar las vigas compuestas o cerchas en pasarelas, se logra un aumento de las capacidades resistivas ante cargas aisladas o malas condiciones ambientales, pudiendo quedar los flotadores centrales fuera del agua traspasando las fuerzas a los flotadores que quedan en con

tacto con la superficie del agua. El efecto de una viga compuesta es trasladar las cargas en lugares críticos hacia los apoyos, evitando que las vigas centrales soporten grandes magnitudes de fuerzas verticales.

7.0. CONCLUSIONES

- Al construir la unidad de tratamiento en un centro de cultivo en agua dulce, se pudo comprobar su gran estabilidad, boyantez, capacidad de absorción de cargas y acople a las balsas de crianza sin que se viera afectada la flexión de las estructuras. El sistema de anexado resulta fácilmente realizable, y el puente de traslado satisface los requerimientos de no tocar los peces.

- El sistema de construcción es de poca especialización y muy rápido de realizar, usándose manteriales que permanecen en los centros de cultivo como reposición, lo que reduce considerablemente los costos.

- La unidad puede anexarse a balsas jaulas cuya longitud mínima es de 5 metros, requisito que cumplen todos los centros de cultivo chilenos. La capacidad máxima de carga para 40 m^3 es de 4 toneladas de peces.

- El estudio de las fuerzas verticales ejercidas por las de encierre y los lastres que le dan verticalidad a las paredes durante los tratamientos por baño, evita que se produzcan gradientes en las pasarelas de trabajo y una distribución poco homogénea del medicamento.

- Con respecto a los materiales de unión entre estructuras de madera, se descarta el uso de clavos como elementos de unión, usando pernos de diámetros y longitudes que varían de acuerdo a la carga solicitada. Con esto se aumenta la vida útil de la madera y de los elementos de unión.

- El empleo de vigas compuestas permite a elementos estructurales con grandes luces (> 4 m) absorber una gran cantidad de fuerzas o cargas ejercidas tanto por la unidad misma o por corrientes de mareas o vientos, lo que asegura una mayor vida útil y mejor conservación de las pasarelas de trabajo.

8.0. BIBLIOGRAFIA

ANONIMO, 1975. Catálogo anual de productos plásticos y vinílicos. Soc. Industrial Pizarreño S.A., Santiago de Chile; 58 p

ANONIMO, 1976 Catálogo anual sobre materiales de fierro. Compañía Industrial de Tubos de Acero S.A., Santiago de Chile; 43 p

ANONIMO, 1981 Informe anual del proyecto de introducción del Salmón del Pacífico a la XI Región de Aysen. Agencia Cooperación Internacional del Japón. (J.I.C.A) - SERNAP; 48 p

ANONIMO, 1984 Impregnación: Más vida útil para la madera. Chile Forestal (106), Julio 1984, CONAF, 4 p

ARAYA, L. 1984 Informe de Práctica II. Escuela de Ciencias del Mar, Facultad de Recursos Naturales, Universidad Católica de Valparaíso; 40 p.

BARANOV, F.I. 1976 Selected works on fishing gear: Vol 1, Commercial Fishing Techniques, Jerusalen, Israel; 631 p

BRANDAL, P. Y E. EGIDUS. 1978 Treatment of salmon lice (Lepheophtheirus salmonis) with Neguvon. Aquaculture (18): 183-188

COCHE, A.G. 1979 A review of cage fish cultive an its application in Africa. Fishing News, Londres, 17 p

DAZAROLA, G. Y X. REYES. 1980 Desarrollo de tecnología de cultivo intensivo de procesos y productos de la acuicultura. CORFO, Santiago de Chile; 80 p

DEJOURS, P. 1970 Comparison of ventilatory and circulatory flow rates between animals in various conditions. Respiratory Physiology (9): 108-117.

HANSEN, H.J. 1972 Diseño moderno de estructuras de madera. Ed. Continental S.A., México; 339 p.

HARACHE, Y. 1976 La salmoniculture marine en Norvege; etat de developpement en 1975. Rapports scientifique et techniques. Num. 28, CNEXO, Bretagne; 143 p.

HUET, M. 1983 Tratado de piscicultura. Ed. Mundi Piensa, Madrid, 70 p.

IVERSEN, E.S. 1972 Cultivos Marinos. Fishing News Ltd., Londres; 455 p

JAKAYAMA, S. e Y. SHIMOZAKI, 1959 Development of fishing net and rope preservation in Japan. In: Modern fishing gear of the world. FAO, Fishing News, Londres; 11 p

KAWAKAMI, T. 1959 Man made fibres. In: Modern fishing gear of the world. FAO, Fishing News, Londres; 5 p.

KILS, U. 1976 The salinity effect on aeration in mariculture. Meersfoseh (25): 201-206.

MERRILL, S.P. y A.M. SUTTERLIN, 1978 Norwegian salmond farming. Fisheries and Marine Reports, Technical Report Num. 779, Canada; 40 p

MOLLER, D. 1975 Recent development in cage and enclosure aquaculture in Norway. Fisken Havet (B), (3): 1-16

NASH, A.W. 1977 Resistencia de Materiales. Mc Graw-Hill Book, U.S.A.; 229 p.

NESHYBA, S. Y T. FONSECA, 1981 Corrientes Costeras. Investigaciones Marinas. Valparaíso, Suplem. al Vol. 7, Universidad Católica de Valparaíso; 132 p.

PEREZ, V. 1983 (a) Manual de Cálculo de Construcciones en Maderas. Manual Num. 13, Inst. Forestal, Santiago de Chile; 474 p.

PEREZ, V. 1983 (b) Manual de Propiedades Físicas y Mecánicas de Maderas Chilenas. Doc. de trabajo Num. 47, CONAF-FAO, Santiago de Chile; 446 p.

REICHENBACH-KLINKE, H-H. 1975 Claves para el diagnóstico de las enfermedades de los peces. Ed. Acribia, Madrid; 87 p

REYES, X. 1982 Peces de cultivo: Control y terapia de las enfermedades. Estudios y Documentos 11/82, ECMA, Universidad Católica de Valparaíso; 100 p

SAAVEDRA, J. 1984 Informe de Práctica II. Escuela de Ciencias del Mar, Facultad Recursos Naturales, Universidad Católica de Valparaíso; 95 p.

SPOTTE, S. 1979 Seawater Aquariums. Wiley-Interscience Publication. John Wiley and Sons, New York.

YOKOTA, E.R. 1980 Diseño de una balsa industrial para el cultivo artificial del chorito (Mytilus edilus Hope, 1854) como una alternativa para las industrias de Calbuco y alrededores. Tesis de Título. Escuela Ciencias del Mar, Facultad Recursos Naturales, Universidad Católica de Valparaíso; 95 p

ZILLER, L.H. 1985 Diseño e ingeniería de un sistema cerrado de cultivo en balsas jaulas, para salmón coho (Oncorhynchus kisutch) en la bahía de Puerto Chacabuco, XI Región. Tesis de Título, Escuela Ciencias del Mar, Facultad de Recursos Naturales, Universidad Católica de Valparaíso; 66 p

ANEXO I

CULTIVOS DE PECES EXISTENTES A PARTIR DE 1985

A continuación se detallan las principales características de las unidades de cultivo de empresas pesqueras cuyo funcionamiento es posterior a 1985.

TABLA I

EMPRESA	REGION	SUPERFICIE L(m)	SUPERFICIE A(m)	FORMA	MATERIAL ESTRUCTURA	FLOTADORES
SALMO SUR	X	9	9	Cuadrada	Fierro	Poliestireno
NICHIRO CHILE	X	20	20	Cuadrada	Fierro	Poliestireno
SALM. QUELLON	X	10	10	Cuadrada	Madera	Poliestireno
SALM. DEL SUR	X	10	10	Cuadrada	Madera	Poliestireno
SALM. DEL SUR	X	12	12	Cuadrada	Madera	Poliestireno
EICOMAR	X	10	10	Cuadrada	Fierro	Poliestireno
EICOMAR	X	10	10	Cuadrada	Madera	Poliestireno
TRANS.ATARTIC	X	10	10	Cuadrada	Madera	Poliestireno
YADRAN	X	10	10	Cuadrada	Madera	Poliestireno
UNIMARC	X	10	10	Cuadrada	Madera	Poliestireno
CHISAL S.A.	X	10	10	Cuadrada	Aluminio	Poliestireno
AQUACULTIVOS	X	10	10	Cuadrada	Madera	Poliestireno
AQUACULTIVOS	X	7	7	Cuadrada	Madera	Poliestireno
MAINSTREAM FISH	X	10	10	Cuadrada	Madera	Poliestireno

FUENTE: SANDRA BRAVO S., Patóloga Salmolab, com. pers.

ANEXO II

AGENTES PRESERVANTES DE LAS PROPIEDADES DE LA MADERA

La impregnación de la madera tiene como fin de preservarla contra el ataque de organismos destructores como hongos, insectos y organismos perforadores. El proceso consiste en lograr la saturación de las fibras con sustancias tóxicas a los agentes destructores, prolongando la vida útil de la madera para evitar continuas sustituciones. Al efectuar preservación se posibilita el uso de elementos estructurales poco durables en medio acuoso, llegando algunos casos hasta triplicar su vida útil.

Se recomienda el uso de madera con un contenido máximo de humedad de un 28% para aplicar un preservante. Sobre las recomendaciones de penetración en la madera, la norma chilena de la construcción NCh 819 establece las especificaciones detalladas en la Tabla I del Anexo.

Con respecto a la retención, también especificado en la NCh 819, debe hablarse en términos de kilógramos de preservante por metro cúbico de madera tratada, en el caso de madera tratada, para compuestos creosotados y oleosolubles. Para preservar hidrosolubles (CCA y CCB) la rentención está especificada en kilógramos de óxido activo por metro cúbico de madera tratada. (Tabla II, en Anexo II).

TABLA I : Formas de preservación en diferentes maderas.

Forma Preservación	Durabilidad	Requisitos penetración
Madera aserrada	1 (10-15 años)	Penetración completa de la albura, no hay requisito para el durámen.
	2 (5-10 años)	Penetración completa de albura y 5 mm en el durámen, como mínimo, en todas sus caras.
	3 (1-5 años)	Penetración completa de la albura, y de 10 mm en el durámen a lo menos

FUENTE : Chile Forestal N° 106 (1984)

TABLA II : Retención neta del preservante en kg/m^3

Grupo		kg preservante/m^3 de madera			Kg óxidos activos/m^3
		Creosota	Creosota/petróleo	Pentadorofenol	Hidrosolubles
Agua dulce	MP	190	190	190	9,6
	MR	270	270	270	12,0
Agua mar	MP	240	NR	NR	13,5
	MR	320	NR	NR	16,0

MP = Madera permeable

MR = Madera resistente

NR = No recomendable

FUENTE : Chile Forestal N° 106 (1984).

ANEXO III

CARACTERISTICAS DE LAS FIBRAS SINTETICAS

Los paños de redes sintéticas presentan como norma general una considerable flexibilidad y resistencia a la tracción, un bajo peso al estar sumergido y una pequeña rigidez (BARANOV, 1976).

Se describen las propiedades físicas y químicas de algunas fibras sintéticas consideradas resistentes al agua de mar y dulce.

Poliamidas

Las principales fibras comerciales de poliamida son el nylon (66) y el perlón (6), en filamentos contínuos y amplio rango de Denier.

Poliamida 66:

Densidad (gr/cm^3) : 1,14

Resistencia a tracción (kg/mm^2): 50-80

Absorción de agua a 65% HR : 4,5

Absorción de agua a 100% HR : 7-9

Efectos de vida útil:

Virtualmente ninguno.

Efectos rayos solares:

Pérdida de resistencia ante exposiciones prolongadas.

Efectos químicos:

Frente a ácidos en concentraciones mayores a un 80% puede disolver la fibra. La resistencia a alcalinos es sobresaliente y los agentes con cloro degrada la fibra a largo plazo. El petróleo y sus derivados no producen efectos a temperaturas normales.

Resistencia a bacterías y hongos:

Las fibras no tratadas son inmunes al ataque de todos los microorganismos; los cabos e hilos muestran extrema resistencia al ataque de algas marinas.

Resistencia a los insectos:

No hay insectos conocidos o estados larvales que deriven sustancias desde las fibras de poliamida 66 ó 6.

Fibras de vinilo

Desde el punto de vista pesquero, las siguientes fibras pueden ser analizadas: cloruro de polivinilo, polietileno y polivinil alcohol (Kuralon; Vinylon).

a) Cloruro de polivinilo:

Densidad (gr/cm^3) : 1,39

Resistencia a tracción (kg/mm^2) : 33-46

Absorción de agua a 95% HR : 0,1

Efectos de uso: Virtualmente ninguno

Efectos de rayos solares: no lo afecta sustancialmente luego de exposiciones prolongadas.

Altamente resistente a bacterias, hongos, insectos, estados larvales, algas y agua de mar.

b) Polietileno :

Densidad (gr/cm^3) : 0,95

Resistencia a tracción (kg/mm^2) : 30-52

Absorción de agua : prácticamente ninguna.

Efectos de uso: virtualmente ninguno.

Efectos de rayos solares: pérdida de resistencia a exposiciones prolongadas.

Altamente resistente a bacterias, insectos, hongos, estados larvales, algas y agua de mar.

Notablemente resistente al ataque de alcalinos, ácidos solventes, sales orgánicas, mejor que cualquier otra fibra sintética.

c) Poliester:

Densidad (gr/cm^3)	: 1,38
Resistencia a la tracción (kg/mm^2)	: 50-68
Absorción agua al 65% HR	: 0,4%
Absorción agua al 100% HR	: 0,5%

Efectos de uso: virtualmente ninguno.

Efectos de rayos solares: Sólo ante exposiciones prolongadas.

Efectos químicos: altamente resistente a químicos, agentes oxidantes y solventes orgánicos. Algunos fenoles disuelven la fibra.

Resistente a bacterias, hongos e insectos.

Se recomienda el uso de redes raschel o shogun y sin tratamientos, las que se caracterizan por:

Menor peso y volumen:

Se puede ahorrar hasta un 50% de material y el bulto de la red se reduce considerablemente.

Alta resistencia:

Al anudar los hilos se pierde entre un 30 a 40% de su resistencia.

Menor resistencia en el agua:

La resistencia agredada de los nudos en una red es considerable, siendo las sin nudo mucho menor.

Facilidad de manejo y reducción a la fricción:

Cuando se realiza un tratamiento por baño los peces tienden a concentrarse en las orillas y esquinas facilitando los roces en los nudos contra su superficie corporal.

Menor superficie de contacto para organismos marinos:

No hay depósitos extras de suciedad entre las intersecciones de las mallas, comprobándose que presenten menos fouling, necesitandose por esto menos lavados y cambios de red por unidad de tiempo.

ANEXO IV

MEDICAMENTOS USADOS EN LA APLICACION DE TRATAMIENTOS POR BAÑO

Los medicamentos adicionados al agua son usados para tratar fundamentalmente parásitos o infecciones externas. En una dilución por baño los medicamentos deben quedar distribuídos homogeneamente en el volumen de agua, requiriéndose en algunos casos aplicar oxigenación de acuerdo a las características del tratamiento. (REYES X. 1982).

A continuación se mencionan los productos químicos de uso más corriente aplicados en tratamientos por baño, según HERWIG (1979):

- Acriflavina

Es un bacteriostático (antibiótico) de amplio especto, de alto costo lo que limita su uso.

- Formalina

Fungicida externo, es altamente activo por lo que requiere ser aplicado al amanecer con oxigenación suplementaria.

- Verde de malaquita

Combate ectoparásitos, fungicida, bactericida. Requiere ser usado aplicando oxigenación suplementaria.

- Permanganto de potasio

Parásitos externos, lesiones externas, bactericida, fungicida. Requiere de oxigenación suplementaria.

- Oxitetraciclina

Llamado también terramicina, es un antibiótico de gran uso y resulta útil ante infecciones bacterianas, protozoos, lesiones musculares, calmante, etc.

- Cloruro de sodio o sal común

Especialmente capacitado para ser usado en agua dulce contra ectoparásitos, trematodos, protozoos y crustaceos. Su efecto es causar el desprendimiento de la mucosidad de la piel, removiendo los organismos adosados a ella.

ANEXO V

CONVERSION DE UNIDADES

1. Conversión de unidades de volumen de madera

Medidas standar.

1 pie = 0,3048 metros

1 pulgada pinera = 1 pulgada x 10 pulgadas x 10 pulgadas

1 pulgada maderera = 1 pulgada x 10 pulgadas x 12 pulgadas
= 1 pulgada x 10 pulgadas x 1 pie

1 pie maderero = 1 pulgada x 12 pulgadas x 1 pie
= 1 pulgada x 1 pie x 1 pie

1 pulgada = 2,54 centímetros

1 pie = 12 pulgadas

La equivalencia entre diferentes unidades de volumen usadados con mayor frecuencia (PEREZ, 1983 b) se muestran en la Tabla I del Anexo.

TABLA I. Conversión de unidades de madera aserrada.

Volumen	Metro cúbico	Pie cúbico	pulgada pinera	pulgada maderera	pie maderero
m^3	--	35,32	48,43	42,38	423,78
pie^3	0,0283	---	1,37	1,20	12,0
pulg. pinera	0,0207	0,73	---	0,875	8,75
pulg. maderera	0,0236	0,83	1,14	---	10,0
pie maderero	0,0024	0,083	0,114	0,10	---

2. Equivalencia de dósis de tratamientos

Cantidad de producto químico que se debe adicionar por unidad de volumen de agua para alcanzar una concentración de una parte por millón (1 ppm).

TABLA II. Equivalencias a una parte por millón.

Producto/unidad volumen	Patrón Base
1 gramo/metro cúbico	1 ppm
0,001 gramo/litro	1 ppm
0,0283 gramo/pie cúbico	1 ppm
0,0038 gramo/galón	1 ppm
1 miligramo/litro	1 ppm

ANEXO VI

CARACTERISTICAS Y PROPIEDADES DE LAS MADERAS CHILENAS

Al analizar las características físicas y mecánicas de las especies chilenas mencionadas por PEREZ (1983 b), y luego de un descarte, se eligen sólo el coihue y el roble pellín, ambas aptas para operar en ambientes permanentemente húmedos, soportando altas cargas de origen puntual o uniformemente repartidas.

a) Coihue

Nombre común : coihue, coigüe

Familia : Fagaceae

Género : Nothofagus

Especie : Dombeyii

Las propiedades mecánicas se detallan en PEREZ (1983 b).

TABLA I. Propiedades Físicas

		Aparente	Básica	Anhidra
A.	Estado Verde			
	- Densidad (kg/m^3)	1083	515	652
B.	Estado seco (H = 12%)			
	- Densidad (kg/m^3)	663	597	640

Durabilidad: 3 (Madera poco durable con una vida útil superior a 1 año pero inferior a 5, sin tratamiento preservador en contacto con agua).

b) Roble pellín:

Nombre común : roble pellín, roble, coyán, hualle

Familia : Fagaceae

Género : Nothofagus

Especie : oblicua

Las propiedades mecánicas se detallan en PEREZ (1983 b).

TABLA II. Propiedades Físicas del Roble

	Aparente	Básica	Anhidra
A. Estado verde			
- Densidad (kg/m^3)	1042	492	613
B. Estado seco (H = 12%)			
- Densidad (kg/m^3)	778	607	654

Durabilidad : 1 (Madera durable, cuya vida útil es superior a 15 años en servicio sin tratamiento preservador, en contacto con el agua.

ANEXO VII

PROPIEDADES DE LA MADERA ASERRADA

- Contenido de humedad

Es la masa de agua contenida en una pieza anhidra de madera, expresada como porcentaje de masa de una pieza anhidra. La Norma Chilena de Construcción en Madera NCh 1198 define como madera en estado verde aquella cuyo contenido de humedad es mayor a 30%, y madera seca, aquella cuyo contenido es inferior a 20%.

- Propiedades mecánicas

Las tensiones máximas son estimadas mediante experimentos realizados en estado verde y seco, de acuerdo a las Normas Chilenas vigentes.

* Tensiones básicas:

Estas se establecen tomando como base la tensión de ruptura mínima probable, modificada por un factor de seguridad que lleva el material a la zona elástica y considera reducciones por cargas prolongadas.

Para estos elementos de defectos y sometidos a cargas permanentes, se tiene la Tabla I con tensiones básicas para madera en estado verde y seco. (PEREZ, 1983 b).

TABLA I :

ESPECIE		TENSIONES BASICAS										MODULO DE ELASTICIDAD			
		FLEXION		COMPRESION PARALELA		COMPRESION NORMAL		TRACCION PARALELA		CIZALLE		MEDIO		MINIMO	
		Kg/cm²		Kg/cm²		Kg/cm²		Kg/cm²		Kg/cm²		Ton/cm²		Ton/cm²	
		Verde	Seco(1)	Verde	Seco(1)	Verde	Seco(1)	Verde	Seco(1)	Verde	Seco (1)	Verde	Seco(1)	Verde	Seco(1)
Alamo	*	123	187	95	179	13	22	123	187	17	25	50,6	77,7	41,5	63,7
Coigüe	*	197	293	141	247	61	75	197	293	24	31	33,3	105,5	67,1	85,0
Coigüe de Magallanes	*	165	209	142	262	--	--	165	209	25	48	95,9	103,1	60,0	64,5
Eucalypto	*	275	429	226	432	71	--	275	429	36	27	126,7	160,0	70,1	88,5
Lenga	*	162	288	107	211	23	44	162	288	24	38	79,7	101,7	52,4	66,9
Pino Insigne	*	115	212	60	148	15	--	115	212	15	23	65,5	85,2	34,0	44,2
Pino Oregón	*	127	223	89	166	15	30	127	223	17	23	69,7	94,0	33,6	45,3
Tepa	*	188	284	118	230	25	42	188	284	23	33	81,9	98,0	57,0	68,2
Ulmo	*	240	322	195	424	32	41	240	322	28	41	104,0	112,5	75,5	81,7
Alerce	**	181	260	96	193	--	--	181	260	9	10	45,2	57,3	22,4	28,4
Araucaria	**	229	444	125	262	--	--	229	444	12	17	82,9	113,9	32,3	44,4
Coigüe	**	235	374	107	222	--	--	235	374	14	17	98,8	128,7	63,6	82,8
Olivillo	**	208	325	118	240	--	--	208	325	14	17	71,2	89,8	48,8	61,5
Rauli	**	220	354	114	196	--	--	220	354	16	17	77,3	99,6	57,3	73,4
Roble	**	218	319	135	236	--	--	218	319	13	18	106,7	123,7	65,5	75,9
Tepa	**	168	273	76	177	--	--	168	273	10	12	72,7	96,9	37,8	50,4
Tineo	**	239	445	118	279	--	--	239	445	17	21	93,8	117,0	52,6	73,4
Ulmo	**	296	533	162	375	--	--	296	533	21	23	116,0	145,6	76,2	95,6

* Valores determinados a base de normas ASTM
** Valores determinados a base de normas AFNOR
(1) Contenido de humedad : 12%
NOTA 1 : Los valores para el estado seco se deben aplicar a piezas con un espesor o diámetro menor o igual a 10 cm.
NOTA 2 : Para elementos con espesor o diámetro superior a 10 cm. las tensiones básicas para madera seca serán las mismas calculadas para la madera verde, exceptuando los siguientes casos :

I) el valor de la tensión básica de compresión paralela se incrementará en un 10%.
II) el módulo de elasticidad a la flexión se incrementará en un 2%.

* Tensiones admisibles:

Los elementos estructurales de madera vienen con defectos que disminuyen su resistencia, modificando la tensión básica por el coeficiente llamado razón de resistencia.

El producto de la tensión básica por la razón de resistencia se conoce como tensión admisible, y se aplica a elementos sometidos a cargas de media o larga duración.

* Factores de modificación (F.M) y tensiones de diseño:

De acuerdo a las duraciones se distinguen cargas permanentes (más de tres meses consecutivos) y cargas eventuales (menos de tres meses).

En cuanto a origen de las cargas éstas pueden clasificarse en: carga muerta o peso propio (comprende todos los pesos puestos en la estructura, de dirección vertical y actúa mientras exista), y sobrecargas o cargas vivas (causadas por agentes externos).

En el cálculo de tensión de diseño influyen los siguientes factores de modificación:

- Por forma : vigas de sección circular.... 1,18
  vigas rectangulares..... 1,414
- Por altura : se determinan en la Tabla II.

TABLA II. Factores de modificación (F.M.) por altura

Altura (pulg)	F.M.	Altura (cm)	F.M.
2,0	1,000	5,0	1,000
2,5	0,976	6,0	0,982
3,0	0,956	8,0	0,951
3,5	0,940	10,0	0,928
4,0	0,926	12,0	0,909
5,0	0,903	14,0	0,893

La tensión máxima de trabajo de cizalle longitudinal se calcula para una sección rectangular:

$$\sigma_{cz,tr} = \frac{3 \times Q}{2 \times b \times h} = \frac{1{,}5 \times Q}{St}$$

donde:

$\sigma_{cz,tr}$: tensión de trabajo de cizalle, en kg/cm^2

Q : esfuerzo de corte máximo, en kg

St : sección transversal de la viga, en cm^2

b : ancho de la viga, en cm

h : altura de la viga, en cm

En el cálculo del esfuerzo de corte máximo, se desprecian todas las cargas fijas situadas dentro de la distancia igual a la altura de la viga, medida desde su centro de apoyo. La tensión de compresión normal debe tener sus áreas con dimensiones tales que la transmisión de las fuerzas aplicadas no sobrepase la tensión de diseño por compresión normal.

$$\frac{\sigma_{cn,tr}}{\sigma_{cn,dis}} < 1,0$$

siendo:

$$\sigma_{cn,tr} = \frac{P}{St}$$

en que:

$\sigma_{cn,tr}$: tensión de trabajo por compresión normal, en kg/cm^2

P : carga aplicada en kg

St : área en que se distribuye la carga, en cm

$\sigma_{cn,dis}$: tensión de diseño por compresión normal, en kg/cm^2

Flecha máxima

En el diseño de vigas de madera, se debe verificar que la flecha o deformación máxima en plena carga no exceda de un valor dado por el uso pretendido para la estructura. La deformación depende del criterio del diseñador, recomendándose adoptar las deformaciones máximas de

L/160 para el caso de sobrecarga; y de L/120 para el peso propio más sobrecarga.

Sobrecarga es la combinación más desfavorable de las fuerzas permanentes y eventuales; peso propio es el elemento, más los pesos de todos aquellos que se apoyan en él.

Luz de viga (L) será trabajada en metros o centímetros.

ANEXO VIII

CALCULO DE TENSIONES DE FLEXION

El cálculo de flexión máxima de la viga de sección 2"x4" se determina primero con la magnitud de las cargas sobre las pasarelas y luego:

$$\sigma = \frac{M \times y}{I}$$

donde:

M = momento flector máximo, en kg-cm

y = distancia de la fibra más alejada del eje, en cm

I = momento de inercia para viga de sección rectangular (cm^4).

I. Flexión en pasarela lateral (1)

Se determina la flexión máxima para una estructura que soporta:

- Carga uniforme: producto del peso de las tablas del piso, pesos sumergidos de la jaula externa e interna, y peso de las vigas.

- Carga puntual: en el centro de la luz de la viga, consiste en un operario, asumiendo que el apoyo central se encuentra suspendido en el aire.

De acuerdo a la figura 1, se tiene:

P1 = 90,0 kg

P2 = 35,0 kg/m lineal

L = 2,5 m

a = 1,25 m

a) Estimación de fuerzas de reacción (R1 y R2)

$$\Sigma Mo = R2 \times L - P1 \times a - P2 \times a = 0$$

$$R2 = \frac{(90 \times 1,25) + (87,5 \times 1,25)}{2,5} = 88,75 \text{ kg}$$

$$\Sigma Fv = R1 + R2 - P1 - P2 = 0$$

$$R1 = -88,75 + (90,0 + 87,5) = 88,75 \text{ kg}$$

b) Estimación del esfuerzo cortante:

$0 \text{ m} < m < 1,25 \text{ m}$ $\quad T = 88,75 - 35 \times m$ (kg)

$1,25 \text{ m} < m < 2,5 \text{ m}$ $\quad T = 88,75 - (90 - 35 \times m)$ (kg)

c) Estimación del momento flector:

$0 \text{ m} < m < 1{,}25 \text{ m}$ $\quad Mo = 88{,}75 \times m - 35 \times m \times m/2$ (kg-m)

$1{,}25 \text{ m} < m < 2{,}5 \text{ m}$ $\quad Mo = 88{,}75 \times m - 90\ (m - 1{,}25) - 35 \times mxm/2$ (kg-m)

De la figura 1 se extrae el momento flector máximo, en el centro de la viga, cuyo valor es Mmáx = 83,59 kg-m . El valor del momento de inercia es de 444 cm^4, y el valor de "y" es 5,08 cm. Por lo que:

$$\sigma \text{ máx} = \frac{8.359 \times 5{,}08}{444} = 95{,}64 \text{ kg/cm}^2$$

II. Flexión en la pasarela lateral (2)

Usando la misma metodología que en I), agregando una carga puntual correspondiente a un tubo de oxígeno, ubicado a 0,5 m del apoyo izquierdo, de la figura 2, se tiene:

P1 = 60 kg	L = 2,5 m
P2 = 90 kg	a = 1,25 m
P3 = 35 kg/m lineal	b = 0,50 m

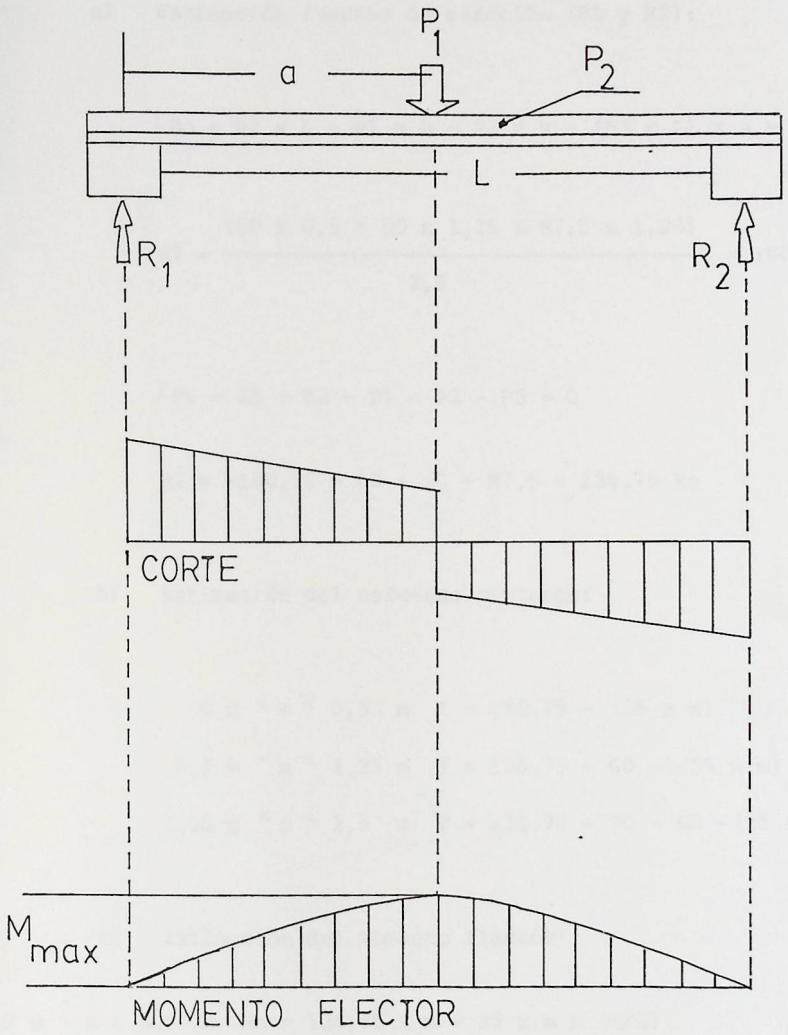


Figura 1.- Diagrama fuerza en Pasarela Lateral (A)

a) Estimación fuerzas de reacción (R1 y R2):

$$\Sigma Mo = R2 \times L - P1 \times b - P2 \times a - (P3 \times L) \times a = 0$$

$$R2 = \frac{(60 \times 0,5 + 90 \times 1,25 + 87,5 \times 1,25)}{2,5} = 100,75 \text{ kg}$$

$$\Sigma Fv = R1 + R2 - P1 - P2 - P3 = 0$$

$$R1 = -100,75 + 60 + 90 + 87,5 = 136,75 \text{ kg}$$

b) Estimación del esfuerzo cortante:

$0 \text{ m} < m < 0,5 \text{ m}$ $T = 136,75 - (35 \times m)$ (kg)

$0,5 \text{ m} < m < 1,25 \text{ m}$ $T = 136,75 - 60 - (35 \times m)$ (kg)

$1,25 \text{ m} < m < 2,5 \text{ m}$ $T = 136,75 - 90 - 60 - (35 \times m)$ (kg)

c) Estimación del momento flector:

$0 \text{ m} < m < 0,5 \text{ m}$ $Mo = 136,75 \times m - 35 \times m \times (m/2)$

$0,5 \text{ m} < m < 1,25 \text{ m}$ $Mo = 136,75 \times m - 60\ (m-0,5) - 35\ [m(m/2)]$

$1,25 \text{ m} < m < 2,5 \text{ m}$ $Mo = 136,75 \times m - 90\ (m-1,25) - 60(m-0,5) - 35[m(m/2)]$

De acuerdo a la figura 2, el momento máximo de flexión para m = 1,25 m es 98,75 kg. El momento de inercia es 444 cm^4 y el valor (y) es de 5,08 cm.

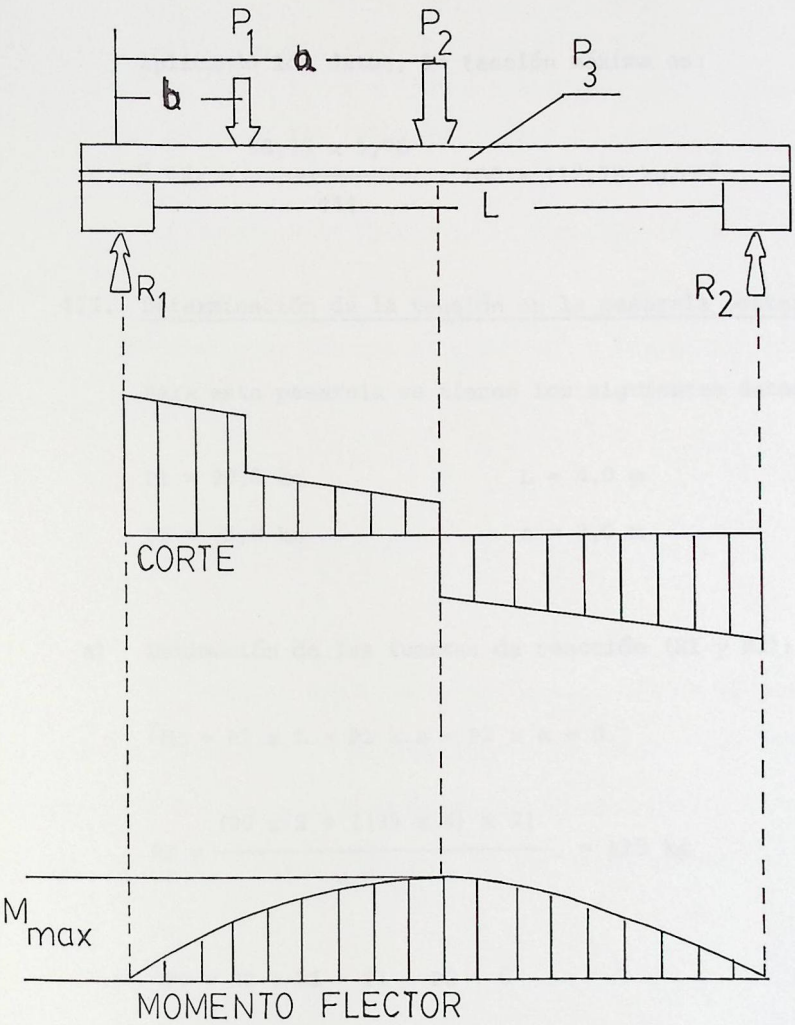


Figura 2.- Diagrama fuerzas en Pasarela Lateral (B).

Aplicando los datos, la tensión máxima es:

$$\sigma_{máx} = \frac{98{,}75 \times 5{,}08}{444} \times 100 = 112{,}78 \text{ kg/cm}^2$$

III. Determinación de la tensión en la pasarela posterior

Para esta pasarela se tienen los siguientes datos:

P1 = 90,0 kg L = 4,0 m

P2 = 35,0 kg a = 2,0 m

a) Estimación de las fuerzas de reacción (R1 y R2):

$$\Sigma_{Mo} = R2 \times L - P1 \times a - P2 \times a = 0$$

$$R2 = \frac{(90 \times 2 + [(35 \times 4) \times 2]}{4{,}0} = 115 \text{ kg}$$

$$\Sigma_{Fv} = R2 + R1 - P1 - P2 = 0$$

$$R1 = -115 + 90 + 140 = 115 \text{ kg}$$

b) Estimación del esfuerzo cortante:

$0 \text{ m} < m < 2 \text{ m}$ $T = 115 - 35 \times m$ (kg)

$2 \text{ m} < m < 4 \text{ m}$ $T = 115 - 90 - 35 \times m$ (kg)

c) Estimación del momento flector:

0 m < m < 2 m $Mo = 115 \times m - 35 \times m \times (m/2)$ (kg-m)

2 m < m < 4 m $Mo = 115 \times m - 90\ (m-2) - 35\ [m(m/2)]$ (kg-m)

De acuerdo a la figura 3, el momento máximo de flexión se sitúa en m = 2,0 m con un valor de 160,0 kg. Para una sección de 2½" x 5" con un momento de inercia de 1.084 cm^4 y una distancia (y) de 3,175 cm, se tiene:

$$\sigma \text{ máx} = \frac{160 \times 3,175}{1,084} \times 100 = 46,86 \text{ kg/cm}^2$$

Al comparar los valores de tensión máxima en cada pasarela con el valor de tensión en el límite de proporcionalidad (580 kg/cm^2), se determina que las vigas absorben las cargas aplicadas sin sufrir tensiones que impliquen fatigas o roturas de las estructuras.

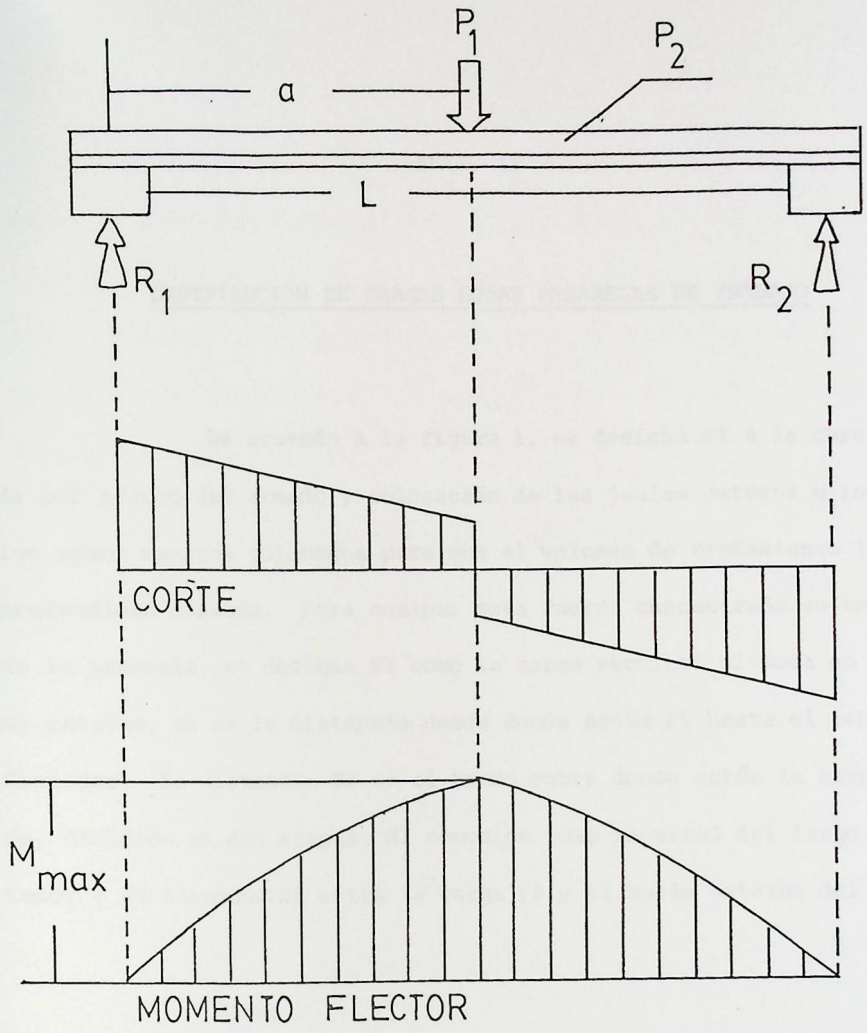


Figura 3.- Diagrama fuerzas en Pasarela Posterior.

ANEXO IX

DISTRIBUCION DE CARGAS SOBRE PASARELAS DE TRABAJO

De acuerdo a la figura 1, se designa F1 a la carga aplicada por efecto del armado y colocación de las jaulas externa e interna más los pesos muertos colocados para que el volumen de tratamiento logre la profundidad deseada. Para equipar esta fuerza concentrada en un extremo de la pasarela, se designa F2 como la carga vertical situada en el extremo externo, D1 es la distancia desde donde actúa F1 hasta el centro del flotador. La distancia D2 es el tramo entre donde actúa la carga externa, dividido en dos etapas, d1 conocida como la mitad del largo del flotador y d2 desconocida entre la carga F2 y el borde externo del flotador.

Sean:

F1 : Jaula externa	agua mar	agua dulce
Peso sumergido	13,19 kg	14,09 kg
Jaula interna:		
Peso sumergido	4,64 kg	5,65 kg
Pesos muertos:	25 kg pasarela lateral 35 kg pasarela posterior	
F1 : (por metro lineal)	Agua de mar : 9,35 kg/m Agua dulce : 9,52 kg/m	

La carga principal F1 se aplica en la distancia correspondiente al ancho del flotador (0,5 m), por lo que la fuerza interna efectiva es de 4,68 kg/m para agua de mar y 4,76 kg/m para agua dulce. El valor de la distancia incógnita (d2) está en relación inversa con F2, para una sección de madera dd 3" x 5" y la distancia D1 y d1 similares e iguales a 0,5 m.

$$(F1 \times D1) - (F2 \times (d1 + d2)) = 0$$

donde:

F1 = 4,68 kg D1 = 0,5 m

F2 = 4,29 kg d1 = 0,5 m

d2 = L m

Despejando en función de d2:

$$d2 = \frac{((F1 \times D1) - (F2 \times d1))}{F2}$$

Para el caso de la jaula sumergida, d2 = 0,54 m desde el centro del flotador. Otro caso es cuando ambas jaulas están armadas y secas, ejerciendo una fuerza mayor que ei estuvieran sumergidas, para lo cual debe modificarse d2.

En el transporte y armado se tienen:

F1 = 8,23 kg/0,5 m D1 = 0,5 m

F2 = 4,40 kg/0,5 m d1 = 0,5 m

d2 = L m

Despejando d2 se obtiene un valor de F2 = 0,9 m desde el centro del flotador. Como es mayor el valor obtenido cuando ambas jaulas están levantadas, el diseño se realizó de manera tal que ambas posiciones puedan ser absorbidas por la viga de contrapeso.

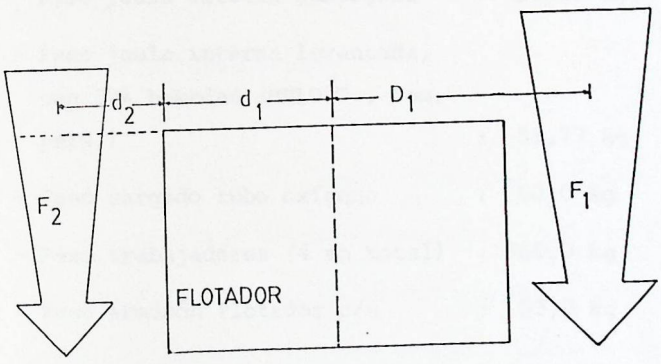


Figura 1.- Distribucion de fuerzas sobre la pasarela de trabajo

ANEXO X

BOYANTEZ DE LA UNIDAD DE TRATAMIENTO

Con un valor de F.S., previamente establecido y conocidas las dimensiones de cada flotador, se determina el número necesario de éstos para absorber la totalidad de las cargas y pesos ejercidos. Los datos se resumen en:

- Peso total maderaje : 876,43 kg
- Peso jaula externa sumergida : 13,19 kg
- Peso jaula interna levantada, con 30% humedad (MELO T., com. pers.) : 59,77 kg
- Peso cargado tubo oxígeno : 60,0 kg
- Peso trabajadores (4 en total) : 360,0 kg
- Peso armazón flotador c/u : 53,0 kg

Carga total de la unidad, incluyendo el peso del armazón del flotador es: 1.369,4 kg. Para estimar el número de flotadores totales se tiene:

$$\text{Factor de seguridad} = \frac{\text{Boyantez de reserva}}{\text{Boyantez neta}}$$

luego reemplazando:

$$0,30 = \frac{\text{Boyantez neta - carga unidad}}{\text{Boyantez neta}}$$

pero se tiene:

Boyantez neta = boyantez total - peso seco flotador

= (densidad agua x volumen flotador) -

peso flotador

donde:

- Densidad agua : kg/m^3
- Volumen flotador : m^3
- Peso seco flotador: kg

La boyantez total está dada por el F.S. de manera que el márgen entre factor de seguridad mínimo recomendado y el definido, se destine a absorber las cargas ejercidas por los pesos muertos externos destinados a conservar el volumen de tratamiento, cálculo efectuado en el Anexo XIII.

El proceso iterativo desarrollado a medida que se aumente la boyantez le agrega un flotador con su armazón al peso total, hasta alcanzar un F.S. cercano al 30%.

Se tiene entonces:

Boyantez neta (A. mar) = (1.025 kg/m^3 x 0,3127 m^3) - 6,254 kg

= 314,264 kg

Boyantez neta (A. dulce) = (1.000 kg/m^3 x 0,3127 m^3) - 6,254 kg

= 306,45 kg.

TABLA I. Cálculo número flotadores totales. (Agua de mar)

N.Flotadores	P.Unidad(kg)	Boy.Total(kg)	Boy.Reserva(kg)	F.S. (%)
5	1.664	1.571	- 93	--
6	1.723	1.886	162	8,6
7	1.782	2.200	417	18,98
8	1.841	2.514	673	26,75
9	1.900	2.838	928	32,81
10	1.959	3.143	1.183	37,65

TABLA II. Cálculo número flotadores totales. (Agua dulce)

N.Flotadores	P.Unidad(kg)	Boy.Total(kg)	Boy.Reserva(kg)	F.S. (%)
5	1.665	1.532	-132,95	--
6	1.724	1.839	114,5	6,22
7	1.738	2.145	362,0	16,87
8	1.842	2.451	209,4	24,86
9	1.901	2.758	856,9	31,07
10	1.960	3.064	1.104,0	36,04

En ambas tablas el número elegido es 9 flotadores, los que se distribuyen en forma proporcional (3) en cada pasarela.

ANEXO XI

CALCULO DE LASTRES EN JAULA EXTERNA

Las fuerzas de arrastre que afectan a un cuerpo sumergido están originadas por la existencia de variaciones en mareas y vientos que actúan directamente sobre el cuerpo de agua. Las paredes de la jaula presentan una resistencia total al flujo, por lo que:

$$R\ (kg) = \frac{1}{2} \times \rho_F \times C_D \times A \times V^2$$

donde:

R = arrastre sobre el cuerpo sumergido, en kg.

ρ_F = densidad de masa del fluido (105 kg-seg/m^4 A.Mar)

A = área del cuerpo perpendicular al fluido, en m^2

V = velocidad máxima del fluido, en m/seg.

C_D = coeficiente de arrastre dependiente del número de Reynolds, ver Tabla I.

La determinación del ángulo α, referido en punto 3.7, se realiza en base a variaciones del peso de la pared expuesta al flujo, para diferentes magnitudes de corriente, determinándose el valor de $\alpha = (90 - \theta)$. El valor de S/2 corresponde al peso de la jaula externa e interna sumergidas más un peso agregado de 5 kg efecto de lastres colocados internamente. El peso de las jaulas es de 40 kg para la pared

posterior y 30 kg para las laterales, siendo el peso máximo destinado a lastres de 323 kg y 324 kg para agua de mar y dulce respectivamente, distribuídos tal como lo muestra la figura 1.

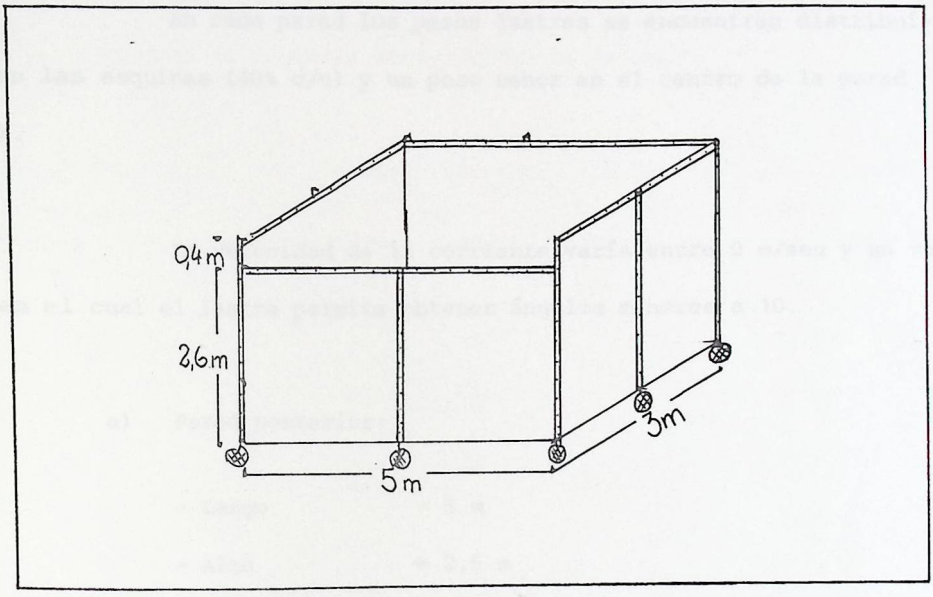


Figura 1. Ubicación de lastres en la jaula externa

El valor máximo de la tensión de la jaula con lastres (To) para cada pared expuesta al flujo es:

$$To,\ máx = \frac{323}{2} + 40 = 201,5\ kg \quad \text{(pared posterior)}$$

$$To, máx = \frac{323}{2} + 30 = 191,5 \text{ kg} \quad \text{(pared lateral)}$$

En cada pared los pesos lastres se encuentran distribuídos en las esquinas (40% c/u) y un peso menor en el centro de la pared (20%).

La velocidad de la corriente varía entre 0 m/seg y un valor en el cual el lastre permita obtener ángulos menores a 10.

a) Pared posterior:

- Largo = 5 m
- Alto = 2,5 m
- Relación b/h = 2
- C_D = 1,117
- Area superficie = 12,5 m^2

$F^{(A.mar)}$ = 105 kg-seg/m^4

$F^{(A.dulce)}$ = 102 kg-seg/m^4

La fuerza de arrastre es:

R = 0,5 x 105 x 12,5 x 1,17 x V2 (A. Mar)

R = 0,5 x 102 x 12,5 x 1,17 x V2 (A. Dulce)

En la Tabla I se muestran los valores de fuerza de arrastre que ejercen diferentes velocidades de corriente hasta una de 0,5 m/seg correspondiente a 1 nudo aproximadamente.

TABLA I. Fuerzas de arrastre ante corrientes de agua.

Velocidad corriente (m/seg)	Arrastre (A. mar) (kg)	Arrastre (A. Dulce) (kg)
0	0	0
0,02	0,307	0,298
0,05	1,92	1,865
0,07	3,76	3,66
0,10	7,68	7,46
0,15	17,28	16,78
0,20	30,713	29,84
0,25	47,99	46,62
0,30	69,103	67,13
0,35	94,06	91,37
0,40	122,85	119,34
0,45	155,48	151,04
0,50	191,95	186,47

En la Tabla II se calculan los valores de α y θ, hasta una fuerza de arrastre (R) y un peso (T).

Los valores calculados son para agua de mar, por lo que para agua dulce deberá reemplazarse por la densidad correspondiente.

TABLA II. Estimación del ángulo de inclinación.

R(kgs)	T(kgs)	α	θ	V(m/seg)	P.Total (kg)	P.Esquina (kg)	P. Central (kg)
0,0	40	0	90°	0,00	40	--	--
0,307	40	0	90°	0,02	40	--	--
1,92	40	2°45'	87°15'	0,05	40	--	--
1,92	50	2°12'	87°48'	0,05	50	4,0	2,0
1,92	60	1°50'	88°10'	0,05	60	8,0	4,0
3,76	40	5°23'	84°37'	0,07	40	--	--
3,76	50	4°18'	85°42'	0,07	50	4,0	2,0
3,76	60	3°35'	86°25'	0,07	60	8,0	4,0
3,76	70	3°04'	86°56'	0,07	70	12,0	6,0
3,76	80	2°41'	87°19'	0,07	80	16,0	8,0
7,678	50	8°50'	81°10'	0,10	50	4,0	2,0
7,678	60	7°21'	82°39'	0,10	60	8,0	4,0
7,678	70	6°17'	83°43'	0,10	70	12,0	6,0
7,678	80	5°30'	84°30'	0,10	80	16,0	8,0
7,678	90	4°53'	85°07'	0,10	90	20,0	10,0
7,678	100	4°24'	85°36'	0,10	100	24,0	12,0
7,678	110	4°00'	86°00'	0,10	110	28,0	14,0
7,678	120	3°40'	86°20'	0,10	120	32,0	16,0
7,678	130	3°23'	86°37'	0,10	130	36,0	18,0
7,678	140	3°08'	86°52'	0,10	140	40,0	20,0
7,678	150	2°56'	87°04'	0,10	150	44,0	22,0
17,276	100	9°56'	80°04'	0,15	100	24,0	12,0
17,276	110	9°02'	80°58'	0,15	110	28,0	14,0
17,276	120	8°16'	81°44'	0,15	120	32,0	16,0
17,276	130	7°38'	82°22'	0,15	130	36,0	18,0
17,276	140	7°05'	82°55'	0,15	140	40,0	20,0
17,276	150	6°36'	83°24'	0,15	150	44,0	22,0
17,276	160	6°11'	83°49'	0,15	160	48,0	24,0
17,276	170	5°49'	84°11'	0,15	170	52,0	26,0
17,276	180	5°30'	84°30'	0,15	180	56,0	28,0
17,276	190	5°13'	84°47'	0,15	190	60,0	30,0
17,276	200	4°57'	85°57'	0,15	200	64,0	32,0
30,173	170	10°24'	79°36'	0,20	170	52,0	26,0
30,173	180	9°49'	80°11'	0,20	180	56,0	28,0
30,173	190	9°18'	80°42'	0,20	190	60,0	30,0
30,173	200	8°50'	81°10'	0,20	200	64,0	32,0
38,87	180	12°28'	88°32'	0,23	180	56,0	28,0
38,87	190	11°48'	78°12'	0,23	190	60,0	30,0
38,87	200	11°12'	78°48'	0,23	200	64,0	32,0

Como se puede extraer de la Tabla II, un valor de R para una corriente de 0,225 m/seg, es superior al mínimo estimado. Por otra parte la pared posterior frente a una corriente de 0,25 m/seg toma un ángulo teórico de 90°, y al agregarse el peso máximo (200 kg) es de 13°53', superior al mínimo establecido.

b) Pared lateral:

- Largo = 3 m
- Alto = 2,5 m
- Relación b/h = 1,2
- C_D = 1,162
- Area superficie = 7,5 m^2
- T inicial = 30,0 m
- To, máx = 201,0 m

$R = 0,5 \times 105 \times 7,5 \times 1,162 \times V2$ (A. Mar)

$R = 0,5 \times 102 \times 7,5 \times 1,162 \times V2$ (A. Dulce)

En la tabla III se muestran los valores de la fuerza de arrastre para velocidades de corriente entre 0 y 0,5 m/seg.

TABLA III. Fuerzas de arrastre ante corriente de mar

Velocidad corriente (m/seg)	Arrastre (A. Mar) (kg)	Arrastre (A. Dulce) (kg)
0	0	0
0,02	0,183	0,178
0,05	0,144	0,111
0,07	2,242	2,178
0,10	4,575	4,445
0,15	10,295	10,0
0,20	18,302	17,779
0,25	28,596	27,779
0,30	41,178	40,002
0,35	56,048	54,447
0,40	73,206	71,114
0,45	92,651	90,004
0,50	114,384	111,116

En la tabla IV se detallan los comportamientos de las paredes laterales ante corrientes entre 0 y el límite máximo de R para el cual α es mayor a 10.

TABLA IV. Estimación del ángulo de inclinación.

R(kg)	T(kg)	α	θ	V(m/seg)	P.Total (kg)	P.Esquinas (kg)	P.Central (kg)
0	30	0 00	90°00	0,00	30,0	---	---
0,18	30	0 00	90°00	0,02	30,0	---	---
1,144	30	2°11'	87°49'	0,05	30,0	---	---
2,242	30	4°17'	85°43'	0,07	30,0	---	---
2,242	40	3°13'	86°47'	0,07	40,0	4,0	2,0
2,242	50	2°34'	87°26'	0,07	50,0	8,0	4,0
4,575	30	8°46'	81°14'	0,10	30,0	---	---
4,575	40	6°34'	83°26'	0,10	40,0	4,0	2,0
4,575	50	5°15'	84°45'	0,10	50,0	8,0	4,0
4,575	60	4°22'	85°38'	0,10	60,0	12,0	6,0
4,575	70	3°45'	86°15'	0,10	70,0	16,0	8,0
4,575	80	3°17'	84°43'	0,10	80,0	20,0	10,0
4,575	90	2°55'	87°05'	0,10	90,0	24,0	12,0
4,575	100	2°37'	87°23'	0,10	100,0	28,0	16,0
10,295	60	9°53'	80°27'	0,15	60,0	12,0	6,0
10,295	70	8°27'	81°33'	0,15	70,0	16,0	8,0
10,295	80	7°24'	82°36'	0,15	80,0	20,0	10,0
10,295	90	6°34'	83°26'	0,15	90,0	24,0	12,0
10,295	100	5°55'	84°05'	0,15	100,0	28,0	14,0
10,295	110	5°22'	84°34'	0,15	110,0	32,0	16,0
10,295	120	4°55'	85°05'	0,15	120,0	36,0	18,0
10,295	130	4°33'	85°27'	0,15	130,0	40,0	20,0
10,295	140	4°13'	85°47'	0,15	140,0	44,0	22,0
10,295	150	3°56'	86°04'	0,15	150,0	48,0	24,0
18,302	110	9°35'	80°25'	0,20	110,0	32,0	16,0
18,302	120	8°46'	81°14'	0,20	120,0	36,0	18,0
18,302	130	8°06'	81°54'	0,20	130,0	40,0	20,0
18,302	140	7°31'	82°29'	0,20	140,0	44,0	22,0
18,302	150	7°00'	83°00'	0,20	150,0	48,0	24,0
18,302	160	6°34'	83°26'	0,20	160,0	52,0	26,0
18,302	170	6°11'	83°49'	0,20	170,0	56,0	28,0
18,302	180	5°50'	84°10'	0,20	180,0	60,0	30,0
18,302	190	5°32'	84°28'	0,20	190,0	64,0	32,0
18,302	200	5°15'	84°45'	0,20	200,0	68,0	34,0
28,596	150	10°59'	79°01'	0,25	150,0	48,0	24,0
28,596	160	10°18'	79°42'	0,25	160,0	52,0	26,0
28,596	170	9°41'	80°19'	0,25	170,0	56,0	28,0
28,596	180	9°08'	80°52'	0,25	180,0	60,0	30,0
28,596	190	8°39'	81°21'	0,25	190,0	64,0	32,0
28,596	200	8°13'	81°47'	0,25	200,0	68,0	34,0
41,178	180	13°13'	76°47'	0,30	180,0	60,0	30,0
41,178	200	11°53'	78°07'	0,30	200,0	68,0	34,0

ANEXO XII

COSTO DE LA UNIDAD DE TRATAMIENTO

a) Maderajes:

- Pasarelas laterales (2) = 24,93 pulg madereras
- Pasarela posterior = 16,79 pulg madereras
- Armazón flotador = 20,81 pulg madereras

TOTAL MADERA USADA = 62,5 pulg madereras

Costo madera (US$/pulg maderera)

- Coihue : 1,00

Costo total maderaje = US$ 62,5.-

b) Pernos (todos de 1/2" de diámetro):

	US$
- 72 unidades con dos golillas planas y tuerca :	12,00
- 36 unidades con dos golillas planas y tuerca :	7,50
- 90 unidades con dos golillas planas y tuerca :	13,50
- 20 unidades con dos golillas planas y tuerca :	8,35
US$	41,35

c) Clavos:

- 1 kg 5"
- 5 kg 3"
- 2 kg 4"

La totalidad de los clavos tiene un costo de US$ 5,0.-

Jaulas de encierre:

- Externa : US$ 204.-
- Interna : US$ 58,5.-

Accesorios de jaula de aclimatación:

	US$
- 15 argollas de 1/2 pulg de diámetro	: 4,15
- 10 m de cabo perlón de 1/2 pulg de diámetro	: 4,15
- 50 m de cabo perlón de 8 mm de diámetro	: 9,00
- 1 kg ganchos atornillables de 2 pulg	: 2,05
- 50 m de cordel plástico de 5 mm de diámetro	: 9,60
TOTAL ACCESORIOS JAULA	US$ 28,95

Unidad de Flotación:

- 9 flotadores poliestireno expandido (0,313 m^3) : US$ 63
- 36 pernos 5 pulg de largo (1/2 plg diámetro) : US$ 7,5
- 50 m manga polietileno 1,5 m ancho : US$ 27

g) Sistema de oxigenación:

- Tubo de oxígeno (9 m^3)	: US$	125.-
- Carga oxígeno	: US$	7,5
- Manómetro Mod. Harris	: US$	45
- 5 m manguera 5/8 pulg diámetro	: US$	7,5
- 1 piedra oxigenadora o carbón	: US$	25
TOTAL SISTEMA OXIGENACION	US$	210.-

h) Mano de Obra:

15 días a US$ 1,25/día/hombre	: US$	18,75
COSTO TOTAL UNIDAD DE TRATAMIENTO	: US$	726,60

Base : 1 dólar = 240 pesos.

ANEXO XIII

SISTEMA DE FONDEO INDEPENDIENTE

Una vez determinado el lugar de ubicación del sistema de fondeo, con su profundidad, pendiente y tipo de suelo, deben estimarse los materiales de construcción para el sistema completo. En este aspecto juegan varios factores como son la densidad del material de fondeo, las características topográficas (inclinación del fondo) y las físicas (tipos de fondo). La metodología de cálculo es:

a) Determinación fuerzas resistentes:

La resistencia hidrodinámica está dada para agua de mar y dulce por la siguiente relación:

$$R\ (kg) = 1/2 \times Cd \times F \times V^2 \times A$$

La resistencia aerodinámica es considerada en los ejes principales de la unidad de tratamiento. Se asume que la acción del viento se ejerce horizontalmente paralelo a la superficie del agua, actuando en forma de succión o presión. Las succiones se toman con signo (-) expresándose ambas en kg/m^2.

Los valores de las presiones y succiones son proporcionales a la presión básica del viento (pb).

$$pb = \frac{V^2}{10} \quad \text{(PEREZ, 1983 a)}$$

donde:

pb = presión básica, en kg/cm^2

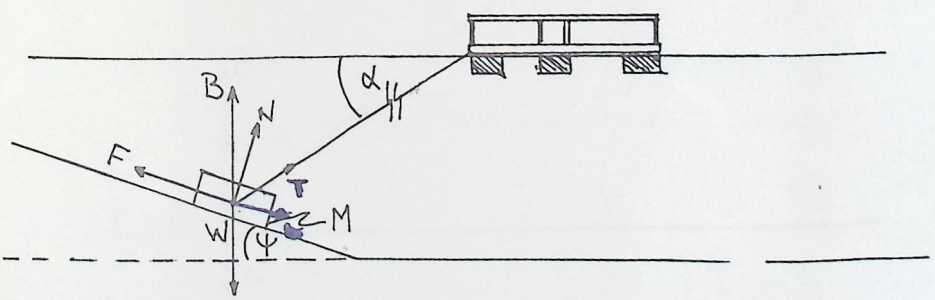
V = velocidad máxima instantánea del viento, en m/seg

Las áreas sobre las cuales son ejercidas la acción del viento para cuerpos limitados por superficies planas, se consideran todas las áreas verdaderas. La resistencia total de la unidad de tratamiento ante condiciones extremas ambientales, por la suma de las resistencias hidro y aerodinámicas.

b) Determinación del muerto de fondeo:

De acuerdo a FONSECA y NESHYBA (1981), pueden presentarse las siguientes condiciones:

I)



donde:

α = ángulo resultante del cable con el nivel de marea

ψ = pendiente del fondo

M = coeficiente de fricción

f = (M x N) fricción del fondo

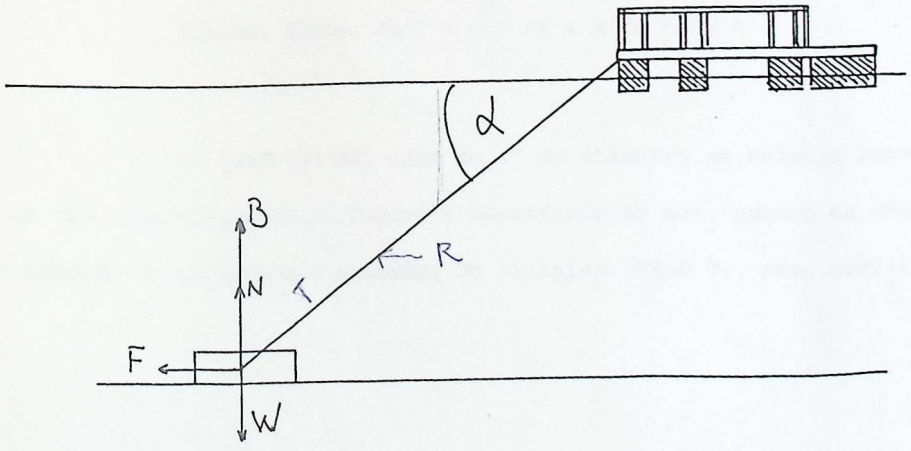
W = peso del fondeo (en el aire) en kg

T = tensión en el cabo de fondeo (kg) ($T = Rt/\cos \alpha$

La densidad del concreto armado es de 2.403 kg/m^3.

$$\text{Vol. de Fondeo } (m^3) = \frac{1}{\rho_c - \rho_{agua}} \; Rt \; tg \; \psi + Rt \; x \; \frac{(M \; sen \; \alpha + \cos \alpha)}{(M \cos \alpha + \cos \alpha}$$

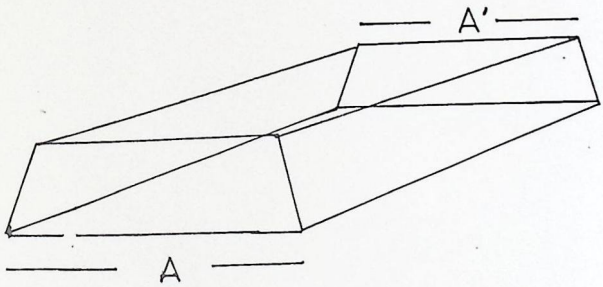
II.



$$\text{Vol.fondeo } (m^3) = \frac{1}{\rho_c - \rho_{agua}} \; Rt \; tg \; \alpha \; + \frac{Rt}{M}$$

W (kg) = volumen fondeo (m^3) x Dens.hormigón armado (kg/m^3).

La forma del fondeo se calcula de acuerdo al diseñador, en base al volumen del lastre, siendo las dimensiones mayores (A) y menores (A') los largos de las partes superior e inferior del lastre.



$$\text{Volumen fondeo } (m^3) = \frac{h}{3} (A + A' + \sqrt{A \times A'})$$

La longitud del cabo de 1" de diámetro se calcula agregando un 38% a la altura entre fondeo y superficie de mar, cuando es máxima por efectos de variaciones mareales de sicigias (MELO T., com. pers.).