

Aucalyptus camaldulensis, *E. cladocalyx*, *E. globulus* y sus subespecies, *E. sideroxylon*, *Acacia saligna* y otras, entre las exóticas.

El proyecto ya está generando resultados de los diferentes ensayos, su duración es de tres años y se está actualmente estudiando una prolongación por cuatro años.

— **Taninos**

Proyecto desarrollado por el Instituto Forestal, que se inició en noviembre de 1983 y tiene como principal objetivo el estudio de especies potencialmente productoras de taninos vegetales para el curtido de cueros.

Durante el período 1984-1986 se ha determinado en laboratorio los porcentajes de contenido de tanino en diferentes partes anatómicas de las principales especies, tanto exóticas como nativas, de las zonas áridas y semiáridas del país.

Las principales especies que han sido incluidas en esta investigación son: Tara (*Caesalpinia spinosa*), Albarrobilla (*Balsamocarpon brevifolium*), Tamarugo (*Prosopis Tamarugo*), Algarrobo (*Prosopis chilensis*), Espino (*Acacia caven*), Quillay (*Quillaja saponaria*), Litre (*Lithraea caustica*), *Eucalyptus sideroxylon*, *Eucalyptus astringens* y *Pinus radiata* (sólo corteza).

Con aquellas especies que han registrado los niveles de contenido de curtientes más interesantes se han preparado extractos y se han efectuado curtidos experimentales, con resultados positivos en la mayoría de los casos.

Paralelamente se están realizando ensayos de viverización, plantación, regeneración natural, selección de procedencias y otros aspectos silvícolas, con el objeto de determinar las técnicas más adecuadas para la creación de nuevos recursos con las especies más destacadas.

El proyecto termina en el mes de junio del presente año, por lo que próximamente se publicarán los resultados obtenidos.

ARCOS LAMINADOS PARA INVERNADEROS. Gastón O. Cubillos Cardemil, Ingeniero Civil, U. Católica. Departamento Industrias, División Regional. Instituto Forestal. Barros Arana 121. Concepción Chile.

Introducción

La técnica del cultivo en invernaderos permite obtener durante todo el año cosechas de productos que se desarrollan en forma natural sólo en el verano. Este tipo de cultivo cubierto hace posible producir hortalizas durante el invierno, adelantar la cosecha con relación al cultivo sin protección, proteger los cultivos del peligro de heladas, plagas u otros agentes destructores, aumentar los rendimientos, producir varias cosechas durante el año y obtener grandes ventajas económicas.

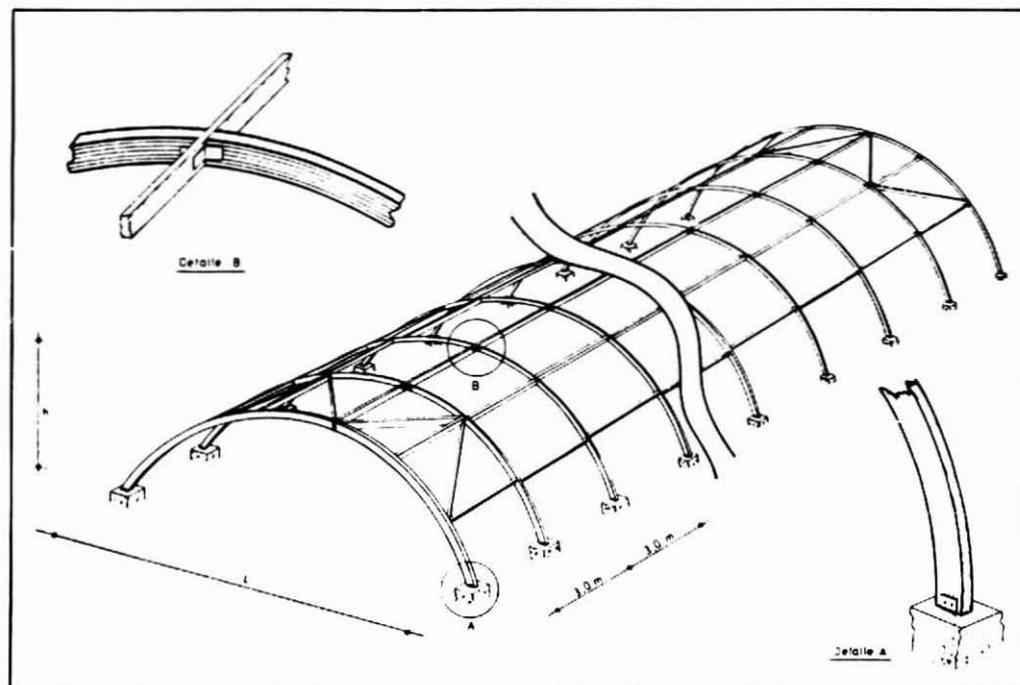
Además de los cultivos de hortalizas, los invernaderos permiten otros cultivos, tales como los de frutales, plantas de interior, almácigos y flores.

Se ha demostrado que el cultivo cubierto ofrece importantes beneficios si se aplica la tecnología agrícola adecuada. Dicha tecnología consiste fundamentalmente en proveer a los cultivos de una protección invernal apropiada y económica, que resuelva los problemas derivados de las heladas, granizos, plagas y, fundamentalmente, de la falta de calor suficiente para el crecimiento y desarrollo de las plantas. En cuanto a la siembra o al tratamiento del vegetal, esta técnica no difiere en lo esencial del cultivo a campo abierto o tradicional.

Los invernaderos se construyen, tradicionalmente, mediante estructuras de madera o fie-

ro cubiertas con carpas de polietileno transparente. Por lo general las estructuras, ya sean de madera o de hierro, se diseñan en forma de túnel debido a la necesidad de oponer la menor resistencia posible al viento (ver Figura 1) y a la exigencia de que en su parte exterior no presenten "cantos vivos" que puedan originar la rotura del polietileno que las cubre.

FIGURA 1.-



Se recomienda, por lo general, colocar dos carpas de polietileno, una inferior de un espesor aproximado de 50 u y una exterior de aproximadamente 180 u.

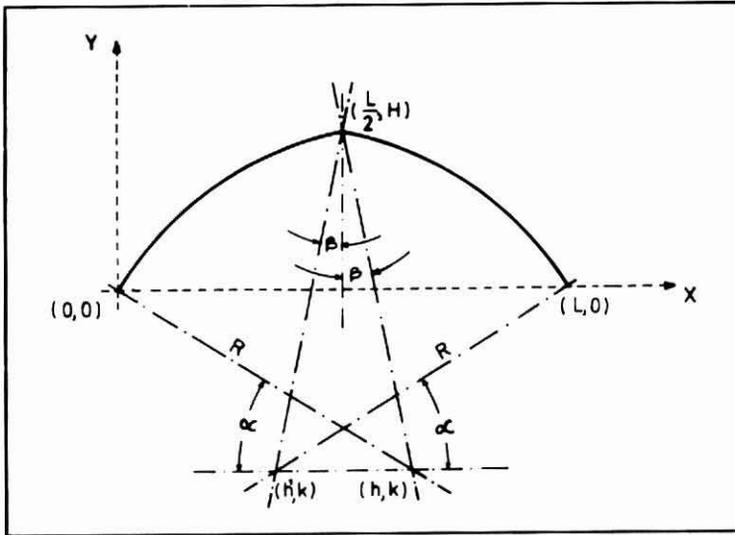
Durante 1978, en Canadá, se experimentaron cultivos cubiertos en invernaderos cuya estructura estaba constituida por arcos de madera laminada encolada. La ventaja de este tipo de estructura radica en la duración de su vida útil, superior a la de materiales alternativos, en la facilidad de montaje, en la reducción de los costos y en la posibilidad de proporcionar las luces y alturas requeridas como para introducir elementos de trabajo (tractores, arados, personas, etc.).

Diseño y Cálculo

Diseño de los Arcos. La estructura de los invernaderos se realiza mediante dos arcos triarticulados, separados entre sí por una distancia de tres metros y unidos a una viga principal. Dichos arcos se unen entre sí mediante costaneras para su arriostamiento, así como los dos primeros de cada extremo tienen diagonales con el mismo propósito (ver Figura 1). La fundación se realiza con poyos de hormigón, las cuales tienen insertadas placas metálicas para realizar la unión arco-fundación mediante pernos (ver Detalle A en Figura 1).

Para el diseño de los arcos son datos del proyecto la luz (L), la altura (H) y el radio de curvatura (R). Para este último, la experiencia obtenida en la Planta Piloto de Madera Lamina-da del Instituto Forestal indica que para el Pino radiata "R" debe ser mayor o igual a 350 veces el espesor de las láminas.

FIGURA 2



De la geometría del arco (Figura 2), se obtienen todos los parámetros necesarios para el diseño.

$$h = \frac{L}{4} + \frac{H}{2} \sqrt{\frac{16 R^2}{4H^2 + L^2} - 1}$$

$$k = \frac{H}{2} - L \sqrt{\frac{R^2}{4H^2 + L^2} - \frac{1}{16}}$$

$$h' = L - h$$

$$\alpha = \arctan \left(\frac{|k|}{h} \right)$$

$$\beta = \arccos \left(\frac{H + |k|}{R} \right)$$

en que:

- h = abscisa del centro de curvatura
- k = ordenada del centro de curvatura
- h' = abscisa del centro de curvatura
- L = luz del arco
- H = altura del arco
- R = radio de curvatura del arco

Conocidos los parámetros geométricos de la estructura, interesa saber las cargas a las cuales estará sometido el arco. Estas son, básicamente, el peso propio y el viento, y eventualmente la nieve y el sismo.

Una vez determinados los esfuerzos a los que estará sometido el arco debido a las cargas que lo solicitan, se procede al diseño propiamente tal. Para ello se determinan primero las tensiones de diseño del Pino radiata laminado encolado, de la siguiente forma (de acuerdo con la Norma Chilena NCh 1198)..

- 1) Se obtienen las tensiones básicas del pino para el estado seco (H=12%).
- 2) Se multiplican las tensiones básicas por la razón de resistencia del pino que es 0,5 y se obtienen las tensiones admisibles.
- 3) Las tensiones admisibles se multiplican por los siguientes factores de modificación.
 - i) Corrección por humedad
 - ii) Por duración de la carga
 - iii) Por peligro de pudrición (cuando existe)
 - iv) Por laminación
 - v) Por curvatura (sólo la flexión),
obteniéndose así las tensiones de diseño.

El diseño del arco debe cumplir con las siguientes prescripciones:

$$i) \quad \frac{\sigma_{f, tr}}{\sigma_{f, dis}} + \frac{\sigma_{cp, tr}}{\sigma_{cp, dis}^P} \leq 1.0$$

$$ii) \quad \frac{3\sigma_{f, tr, R}}{\tau_{cz, dis}} \leq 1.0$$

$$iii) \quad \frac{\tau_{cz, tr}}{\tau_{cz, dis}} \leq 1.0$$

en que:

$$\sigma_{f, tr} = \text{tensión de trabajo a la flexión, Kg/cm}^2$$

$$\sigma_{f, dis} = \text{tensión de diseño a la flexión, Kg/cm}^2$$

$$\sigma_{cp, tr} = \text{tensión de trabajo a la compresión paralela, Kg/cm}^2$$

$$\sigma_{cp, dis}^P = \text{tensión de diseño a la compresión paralela por pandeo, Kg/cm}^2$$

$$\sigma_{f, tr, R} = \text{tensión radial de trabajo a la flexión, Kg/cm}^2$$

$$\tau_{cz, tr} = \text{tensión de trabajo al cizalle, Kg/cm}^2$$

Ejemplo de Cálculo. Se requiere diseñar un invernadero de 9 metros de luz, 3.0 metros de altura y 5 metros de radio de curvatura mediante arcos de madera laminada encolada. Se tienen láminas de Pino radiata de 14 mm de espesor con un contenido de humedad de 15%.

Las cargas que lo solicitan son:

Peso propio : 10 Kg/m² durante 10 años
 Viento : 60 kg/m² durante 1 hora

Solución:

a) Geometría:

$$\begin{aligned} \text{con } R &= 5 \text{ m} & h &= 4.58 \text{ m} \\ L &= 9 \text{ m} & \Rightarrow k &= -2.00 \text{ m} \\ H &= 3 \text{ m} & h' &= 4.42 \text{ m} \\ & & \alpha &= 23.6^\circ \\ & & \beta &= 1.0^\circ \end{aligned}$$

b) Esfuerzos internos:

Del análisis estructural del arco se obtienen los siguientes valores para los esfuerzos internos.

$$\begin{aligned} M \text{ máx} &= 35.000 \text{ Kg} \cdot \text{m} \\ N \text{ máx} &= 140 \text{ Kg} \\ Q \text{ máx} &= 400 \text{ Kg} \end{aligned}$$

c) Tensiones de diseño:

SOLICITACIONES (Kg/cm²)

ITEM	Flexión	Comp.//	Cizalle	\bar{E}_f	OBSERVACIONES
T. Básica	212	148	23	85.200	H = 12°/o
RR	0,5	0,5	0,5	-	Por norma
FM ₁	0,85	0,85	0,91	0,94	Por humedad
FM ₂	1,47	1,47	1,47	1,47	Por durac. carga
FM ₃	1,1	1,1	1,2	1,2	Por laminación
FM ₄	1,98	-	-	-	Por curvatura
T. de Diseño	142,8	101,7	18,5	141.275	H = 15°/o

d) Diseño por flexo-compresión:

$$\text{Sea } b = 5 \text{ cm} \Rightarrow i_{\text{mín}} = 1.44 \text{ cm}$$

$$S_t = 5h \text{ cm}^2$$

$$W = \frac{5h^2}{6} \text{ cm}^3$$

$$\lambda = \frac{L_p}{i_{\text{mín}}} \quad \text{con } L_p = \text{distancia entre costaneras} = 150 \text{ cm}$$

$$\therefore \lambda = \frac{150}{1.44} = 104.2$$

$$\lambda_0 = \sqrt{\frac{\pi^2 \times 141.275}{2 \times 101.7}} = 82.8$$

$$\therefore \lambda > \lambda_0 > 38 \Rightarrow \text{columna larga}$$

$$\sigma_{c, \text{dis}}^P = \frac{0.33 \times \pi^2 \times 141.275}{(104.2)^2} = 42.4 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\therefore \frac{\sigma_{f, \text{tr}}}{\sigma_{f, \text{dis}}} + \frac{\sigma_{c, \text{tr}}}{\sigma_{c, \text{dis}}^P} \leq 1.0$$

$$\sigma_{f, \text{tr}} = \frac{M_{\text{máx}}}{W} = \frac{35.000}{5h^2} = \frac{7.000}{h^2} \text{ Kg/cm}^2$$

$$\sigma_{f, \text{dis}} = 142.8 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\sigma_{c, \text{tr}} = \frac{N}{S_t} = \frac{30}{5h} = \frac{6}{h} \text{ Kg/cm}^2$$

$$\frac{7.000}{142.8 h^2} + \frac{6}{42.4 h} \leq 1.0 \Rightarrow h \geq 7.1 \text{ cm}$$

Tomando 6 láminas de 14 mm $\Rightarrow h = 84$ mm, luego, la escuadría del arco será 50 x 84 mm.

e) - Verificación por curvatura:

$$\sigma_{f, \text{tr}, R} = \frac{3M}{2Rbh} = \frac{3 \times 35.000}{2 \times 500 \times 5 \times 8.4} = 2.5 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\therefore \frac{\sigma_{f, tr, R}}{\tau_{cz, dis}} = \frac{2.5}{18.5} = 0.14 < 1.0 \quad \text{O.K.}$$

f) Verificación por corte:

$$\tau_{cz, tr} = \frac{1.5 \times Q}{bh} = \frac{1.5 \times 400}{5 \times 8.4} = 14.3 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\therefore \frac{\tau_{cz, tr}}{\tau_{cz, dis}} = \frac{14.3}{18.5} = 0.77 < 1.0 \quad \text{O.K.}$$

Especificaciones de Fabricación

- i) Especie maderera: Pino radiata (Pinus radiata D. DON)
- ii) Contenido de humedad: $15 \pm 1\%$. Se puede medir con un xilohigrómetro calibrado para la especie.
- iii) Escuadría de las piezas: El ancho debe tener un exceso de por lo menos 15 mm sobre el ancho final del arco laminado. El espesor debe ser menor a $R/350$, siendo R el radio de curvatura del arco.
- iv) Uniones de extremo: Para obtener el largo deseado de las láminas, éstas se deben unir por sus extremos mediante el sistema denominado "finger-joint". La distancia mínima entre dos uniones en láminas adyacentes deben ser de 46 cm.
- v) Estado de superficies a encolar: Cepilladas, sin lijar y limpiar. El tiempo que debe mediar entre el cepillado y el encolado no debe superar las 24 horas.
- vi) Adhesivo: Se debe usar un adhesivo para exteriores tal como el Resorcinol-Formaldehído, el cual debe ser aplicado en una cantidad equivalente a 600 gr/m^2 por línea de cola.
- vii) Presión de prensado: Debe ser constante a lo largo del arco y a través de todo el tiempo de prensado. Esta debe ser igual a 7 Kg/cm^2 .
- viii) Grado de terminación: Cepillado y lijado por las cuatro caras.
- ix) Tolerancias: Se acepta una tolerancia de $\pm 1 \text{ mm}$ en el ancho y alto y de $+ 5 \text{ mm}$ en el largo.
- x) Protección: Se debe aplicar barniz del tipo Madison a todo el arco de acuerdo a las prescripciones del fabricante.
- xi) Certificación de calidad: Todo arco laminado debe llevar un sello de calidad otorgado por organismo competente, que acredite calidad de fabricación y de resistencia.

Montaje

Para el montaje de los arcos laminados en el terreno se deben realizar las siguientes actividades:

Instalación de Faenas. Consiste en ubicar dentro de la obra zonas destinadas a bodegas, oficinas, camarines, casetas sanitarias, etc., según lo requiera la magnitud de las faenas. La bodega es necesaria, debido a que en ella se deben almacenar los materiales requeridos para la construcción del invernadero (cemento, arena, fierro, clavos, pernos, polietileno, etc.) y además los arcos laminados para protegerlos de la intemperie.

Es importante ubicar estas zonas en áreas donde no dificulten el movimiento interno de la obra y donde pueda realizarse una fácil manipulación de los materiales y arcos. El costo de traslado incide en el costo total en un cierto porcentaje no despreciable, por lo cual es necesario hacer estudios de tiempo vs recorrido en la obra.

Replanteo. En esta etapa se procede a materializar el plano de fundaciones. Para ello, lo primero que se debe realizar es nivelar el terreno. Luego se colocan estacas de manera que formen dos ejes perpendiculares entre sí, y se procede a trazar los ejes de las fundaciones con cal.

Fundaciones. Una vez realizado el replanteo, se excavan los dados para las fundaciones y luego se hormigonan colocando la pletina metálica de unión arco-fundación nivelándola de acuerdo con la pendiente que pueda existir en el terreno.

Estructura auxiliar. Para montar los arcos es necesario instalar una estructura auxiliar en la cual se apove la viga central del arco. Esta estructura auxiliar puede ser tan simple como un andamio.

Montaje de los arcos. Se coloca primero un semi-arco en la pletina metálica de la fundación, se marcan las perforaciones para los pernos de unión y se hacen dichas perforaciones. Luego se levanta el arco, colocan las escuadras metálicas de la unión de cumbrera y se procede a hacer lo mismo con el otro semi-arco.

Arriostramientos. Se realizan a medida que se levantan los arcos. La operación consiste en colocar costaneras a una distancia de 1.0 y 1.5 m entre una y otra, según sea el desarrollo del arco. Los dos primeros y los dos últimos arcos se deben arriostar además mediante diagonales tal como se indica en la Figura 1. Tanto las costaneras como las diagonales van clavadas.

Accesos y Ventilación. Una vez que se ha levantado el total de la estructura y se ha arriostrado completamente, se procede a la ejecución de los accesos y ventilación. Estos se realizan en los dos extremos del invernadero, de acuerdo con las necesidades del caso.

Colocación del Polietileno. La colocación del polietileno se realiza de acuerdo a lo tradicional, cuidando que las uniones queden lo más estancas posible.

Costos de Fabricación

El costo de fabricación de un arco laminado, por metro cúbico terminado, se desglosa de la siguiente forma:

i) Materiales:

Madera	:	\$	18.000/m ³
Adhesivo	:	\$	22.000/m ³
Barniz	:	\$	7.800/m ³

ii) Mano de Obra:

Supervisor	:	\$	8.500/m ³
Jornales	:	\$	2.800/m ³
Carpinteros	:	\$	3.600/m ³

APUNTES

iii) Maquinaria y equipos:	\$ 12.000/m ³
iv) Energía:	\$ 2.200/m ³
v) Gastos Generales:	\$ 14.600/m ³
TOTAL	: \$ 91.500/m ³

El arco del ejemplo de cálculo, cuya luz es de 9 metros, tiene una escuadría de 50x 84 mm, lo que da un volumen de 0.0966 m³, con lo cual el precio de dicho arco es de \$ 8.839. Si con este tipo de arco se quisiera cubrir una longitud de 51 m se obtiene una superficie cubierta de 459 m² a un costo de \$ 346,6/m² por concepto de estructura laminada.

SIMPOSIO SOBRE SILVICULTURA Y MEJORAMIENTO GENETICO DE ESPECIES. Santiago Barros A. Ingeniero Forestal, U. de Chile. División Silvicultura, Instituto Forestal, Huérfanos 554, 3er. Piso. Santiago - Chile.

Entre los días 6 y 10 de abril recién pasado se realizó en Buenos Aires, Argentina, el Simposio Silvicultura y Mejoramiento Genético de Especies Forestales. El encuentro contó con la participación de más de 300 invitados y delegados de Argentina, Australia, Brasil, Canadá, Chile, Francia, Inglaterra, Italia, México, Nueva Zelanda, Sudáfrica y Uruguay.

Se presentaron y discutieron algo más de 90 trabajos, concitando la mayor atención e interés aquellos referidos a programas y técnicas de mejoramiento genético de especies de los géneros Pinus, Eucalyptus, Populus y Salix.

El simposio fue organizado por CIEF (Centro de Investigaciones y Experiencias Forestales), contando con el apoyo de IFONA (Instituto Forestal Nacional) y el auspicio de diversas empresas privadas del sector forestal argentino.

Distintas instituciones y empresas chilenas estuvieron representadas en el simposio; como las Escuelas de Ingeniería Forestal de la Universidad de Chile, Universidad de Concepción y Universidad Austral de Valdivia, el Instituto Forestal, la Corporación Nacional Forestal, Forestal Río Vergara, Forestal Mininco y Celulosa Constitución. Especialmente invitados asistieron los profesores de la Universidad Austral de Valdivia Sres. Roberto Delmastro y Juan Schlatter.
