

Diseño básico y cálculo de materiales para la construcción de invernaderos artesanales de madera en la provincia de Corrientes.

Pacheco, Roberto Matías

Publicación de la EEA INTA Bella Vista - Serie Técnica N° 75

Estación Experimental Agropecuaria INTA Bella Vista
Centro Regional Corrientes



Serie Técnica N° 75
ISSN 1515-9299



Ministerio de Agricultura,
Ganadería y Pesca
Argentina

Diseño básico y cálculo de materiales para la construcción de invernaderos artesanales de madera en la provincia de Corrientes.

Roberto Matías Pacheco¹

2022

INTA -ESTACIÓN EXPERIMENTAL AGROPECUARIA BELLA VISTA
CENTRO REGIONAL CORRIENTES

Autor para correspondencia Roberto Pacheco.
E-mail: pacheco.roberto@inta.gob.ar

¹ Ingeniero Agrónomo, Magister en Cultivos Intensivos. Investigador de la Estación Experimental Agropecuaria INTA Bella Vista, Corrientes.

PUBLICACIÓN EEA BELLA VISTA – SERIE TÉCNICA N° 75
ISSN 1515-9299

EEA Bella Vista – INTA
Casilla de Correo N° 5
W 3432 ZBA – Bella Vista – Corrientes – Argentina
Tel/Fax: +54-03777-450029/451923/450951
E-mail: zarate.andres@inta.gob.ar
www.inta.gov.ar/bellavista

DIRECTOR CENTRO REGIONAL CORRIENTES

José Francisco Rafart Anton

DIRECTOR ESTACIÓN EXPERIMENTAL AGROPECUARIA BELLA VISTA

Luis María Mestres

RESPONSABLES

Alberto Gochez

Andrés Zárate

Pacheco, Roberto Matías.

Diseño básico y cálculo de materiales para la construcción de invernaderos artesanales de madera en la provincia de Corrientes. Publicación EEA Bella Vista. Serie Técnica N° 75. 2022. 35 pp.

1. Introducción

Cultivar bajo invernadero permite obtener producciones de primicia, calidad y mayores rendimientos, en cualquier momento del año, a la vez que permite alargar el ciclo de cultivo, posibilitando producir en las épocas del año más difíciles (eliminar riesgos climáticos) y obteniéndose mejores precios. Esto se logra al controlar las condiciones de cultivo.

La provincia de Corrientes se caracteriza por la producción de hortalizas protegidas, y el sector hortícola bajo invernadero abarca más de 2100 hectáreas, donde más del 80% de la superficie provincial se encuentra ubicada en los departamentos de Bella Vista, Lavalle y Goya (cuenca hortícola protegida, tabla 1).

Tabla 1. Superficie de invernaderos en la provincia de Corrientes.

	Departamento								Total Provincial	
	Bella Vista		Lavalle		Goya		Resto Provincial			
Unidad	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Horticultura Protegida	341	16	1185	56	222	10	382	18	2130	100

Fuente: Ministerio de la Producción de la Provincia de Corrientes, 2018-2019.

Por otro lado, bajo invernadero se destacan dos cultivos como los más importantes: tomate, con aproximadamente 1450 ha provinciales, y el pimiento, con 680 ha. Su distribución por departamentos se puede observar en la tabla 2.

Tabla 2. Distribución de los cultivos más importantes bajo invernadero plástico.

	Departamento								Total Provincial	
	Bella Vista		Lavalle		Goya		Resto Provincial			
Unidad	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Pimiento	140	21%	320	47%	68	10%	153	22%	681	100%
Tomate	201	14%	865	60%	154	11%	229	16%	1449	100%

Fuente: Ministerio de la Producción de la Provincia de Corrientes, 2018-2019.

Como se observa en la tabla 2, Lavalle ocupa el 60 % de la superficie de tomate y más del 45% de la superficie de pimiento.

A continuación, se detallan los modelos más usados en la provincia.

2. Invernaderos: tipos y dimensiones.

Los invernaderos artesanales más difundidos en la actualidad en la provincia de Corrientes se observan en la figura 1 y 2.



Figura 1. Capilla a Dos Aguas o “rancho”



Figura 2. Capilla Modificada a Dos Aguas con ventilación cenital o “chileno”

El ancho estándar es 7 metros, con un largo que varía según el modelo (24, 32 o 48 metros). La altura máxima (cenital) es de 3,5 a 3,7 metros (no exceder por posibles daños de tormentas), y la altura en los laterales ronda los 2 a 2,2 metros (figura 3).

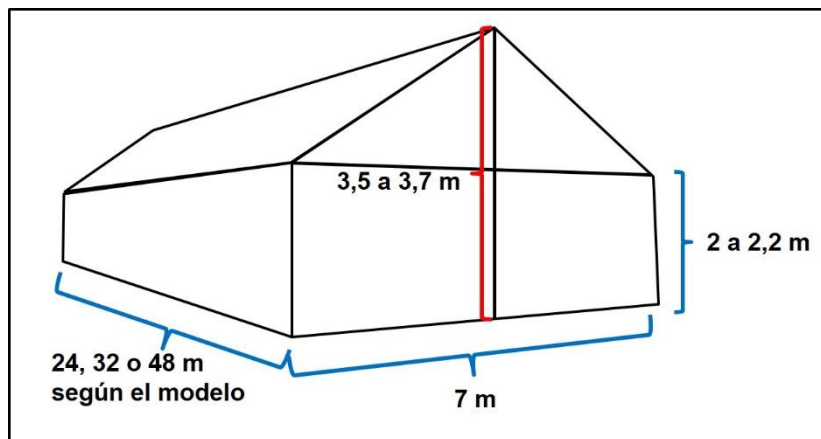


Figura 3. Dimensiones estándar de un invernadero artesanal de madera

2.1 Inclinación de los techos.

Durante el invierno, el sol en nuestro hemisferio posee una inclinación hacia el norte, por lo cual los rayos llegan inclinados a la tierra, y realizan un mayor recorrido, que implica una pérdida de energía. Esto determina menor eficiencia calórica de los rayos, y para que su absorción sea máxima, la inclinación de los techos debería ser máxima. Además, hay que lograr la mayor inclinación posible para poder desalojar el agua de lluvia más rápido y que no colapsen los techos.

A continuación, se explica de forma simple como podemos calcular la altura e inclinación máxima del techo.

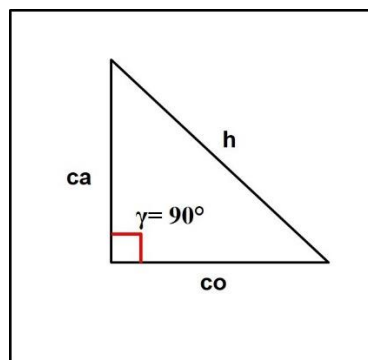


Figura 4: Triángulo rectángulo.
ca: cateto adyacente; co: cateto opuesto; h: hipotenusa.

Recordando matemáticas, un triángulo rectángulo (figura 4) posee tres lados, y estos a su vez se relacionan por el teorema de Pitágoras: $h^2 = co^2 + ca^2$

Si observamos un invernadero, el techo está formado por dos triángulos rectángulos (figura 5) opuestos, con dimensiones definidas de **co: 3,5 metros**, ya que es la mitad del ancho de un invernadero de 7 metros, y **h: 4 metros**, que sería la mitad del ancho del plástico para techo (el rollo viene por 8 metros de ancho). Entonces:

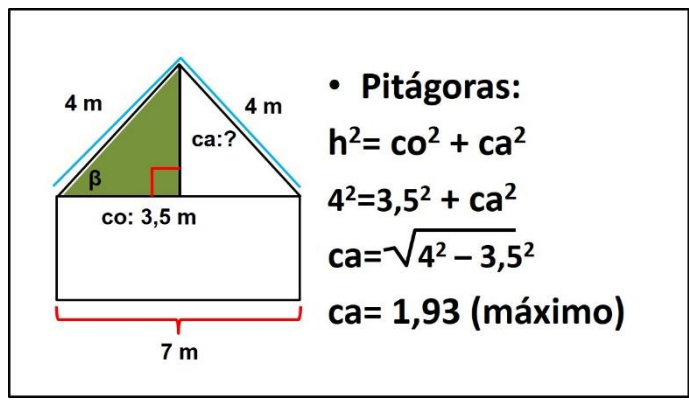


Figura 5: Cálculo de altura máxima de un invernadero

1,93 m es la máxima altura que le puedo dar a esa sección triangular del techo. Si le sumamos la altura del lateral, entonces $1,93m + 2m = 3,93$ m de altura máxima del invernadero.

En la figura 5 se observa en celeste la representación del plástico del techo, que se dobla al medio, cubriendo 4 metros en cada dirección para fines educativos, pero como sabemos no podemos colocarlo así, y para evitar quedarse corto con el plástico, se suele dejar un pequeño sobrante, por lo cual **ca** se reduce y en realidad mide entre 1,5 y 1,7 metros. Además, esto permite que no sean tan altos los invernaderos. Si le sumamos los 2 metros del lateral, el invernadero mide entre 3,5 y 3,7 metros de altura en el centro (cumbre central).

2.2 Canaletas.



Figura 6: Canaleta. a) vista de arriba; b) función. Foto: Mario Lenscak

La canaleta (figura 6a) es una parte muy importante del invernadero, y aparece cuando adosamos 2 o más invernaderos (1 invernadero individual no posee canaleta). La función de la misma (figura 6b) es desagotar el agua de lluvia, evitando su acumulación en el techo, y por ende el colapso del plástico debido al peso del agua. Además, evita que ingrese en la unión de ambos invernaderos.

Para poder cumplir con esta función, la canaleta debe tener una pendiente adecuada. Si la misma fuera plana, se acumularía y rompería el plástico.

Se denomina pendiente a la inclinación de un elemento lineal (recta), natural (montaña) o constructivo (calle) respecto de la horizontal.

O sea, la diferencia de altura vertical, en una cierta distancia horizontal (Figura 7).

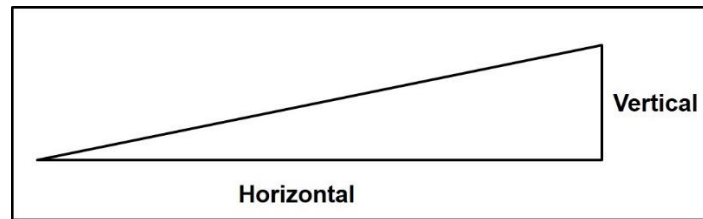


Figura 7. Plano inclinado

Por ende, la relación es **pendiente: vertical/horizontal** (se expresa en porcentaje normalmente). Si suponemos una pendiente del 1% (1 x 100), significa que cada 100 metros horizontales, la vertical se modifica en un metro (figura 8).

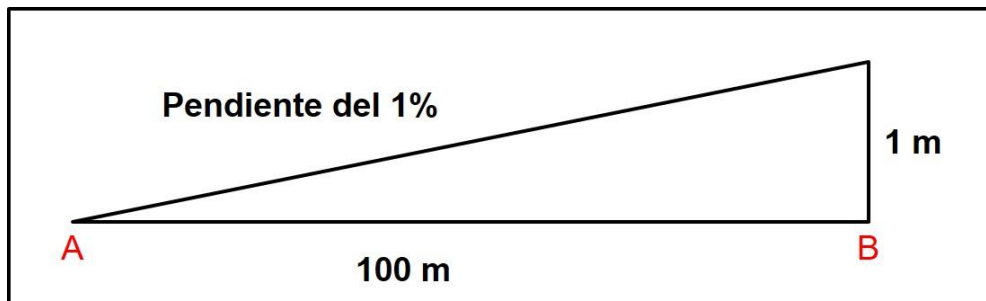


Figura 8. Pendiente vertical

Esto también significa que entre los puntos **A** y **B** hay una diferencia de altura de 1 metro.

Si un invernadero tiene 24 metros de largo, y una pendiente de canaleta del 1%, se puede observar la caída necesaria en la figura 9.

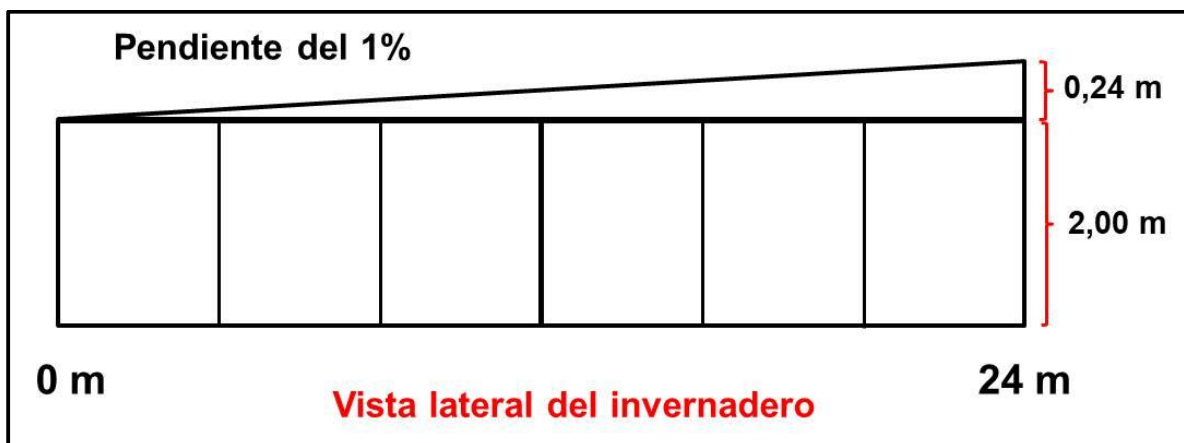


Figura 9. Pendiente necesaria de una canaleta de invernadero

El 1% de 24 m es 0,24 m (o 24 cm). Esa es la diferencia en altura que debe haber entre una punta y la otra de la canaleta para poder desagotar el agua de lluvia sin problemas. Si recordamos que la altura de los postes bajos es de 2 m, entonces el primer poste del invernadero medirá 2 m, y el último poste 2,24 m, para lograr la pendiente correcta.

2.2.1 Importancia del diseño de la canaleta.

Como hemos visto, una canaleta bien diseñada y construida permitirá desalojar el agua de lluvia. Realizaremos un pequeño cálculo para que se den cuenta de las dimensiones del problema de la lluvia.

Un Invernadero de 7 m x 24m posee 168 m² de superficie (visto desde arriba). Si se produce una lluvia de 100 mm (0,1 m), la canaleta deberá desalojar:

$$168 \text{ m}^2 \times 0,1 \text{ m} = 16,8 \text{ m}^3 \text{ de agua}$$

Un metro cubico (m³) son 1000 litros, por ende 16,8m³ equivalen a 16.800 litros de agua que debe desalojar cada canaleta. Esto debe ser multiplicado por la cantidad de techos del establecimiento. Viendo la figura 10 podemos deducir:



Figura 10: Empresa hortícola. (Imagen Google Maps, diciembre 2021).

Cada módulo posee 21 invernaderos (por ende 20 canaletas). Y tenemos 6 módulos de invernaderos, lo que contabiliza 120 canaletas. Si cayeran 100 mm de lluvia, cada canaleta desalojaría 16.800 litros de agua, y toda la chacra 2.016.000 litros (**16.800 x 120**) en una sola lluvia. Se puede ver la importancia de construir bien la canaleta, además de diseñar bien los desagües del establecimiento, para poder derivar esos 2 millones de litros de agua a un lugar donde no produzca daño ni problemas, tanto dentro como fuera del establecimiento.

3. Elementos del invernadero.

En las figuras 11, 12, 13 y 14 se observan los elementos más importantes de la estructura de un invernadero artesanal de madera: postes centrales (largos), postes laterales (cortos), cumbreras, tijeras; elementos de cobertura: plásticos de techo y laterales, zócalos, canaleta; y elementos de sujeción: varillas, suncho, clavos, alambre.

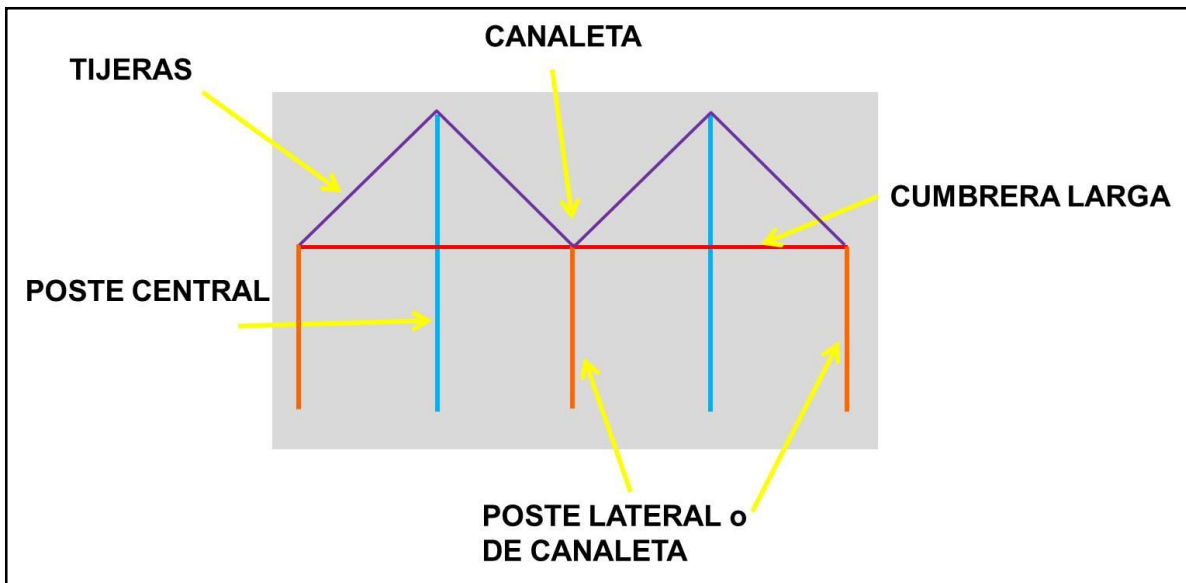


Figura 11. Esquema de invernadero visto de frente.

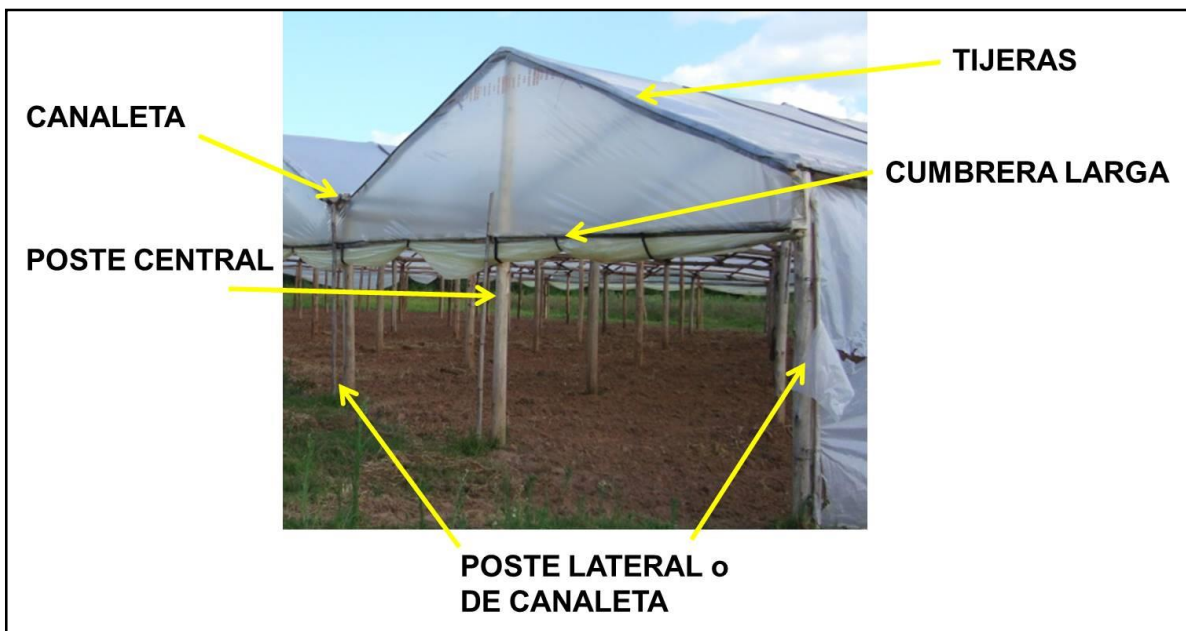


Figura 12. Invernadero artesanal en la provincia de Corrientes.

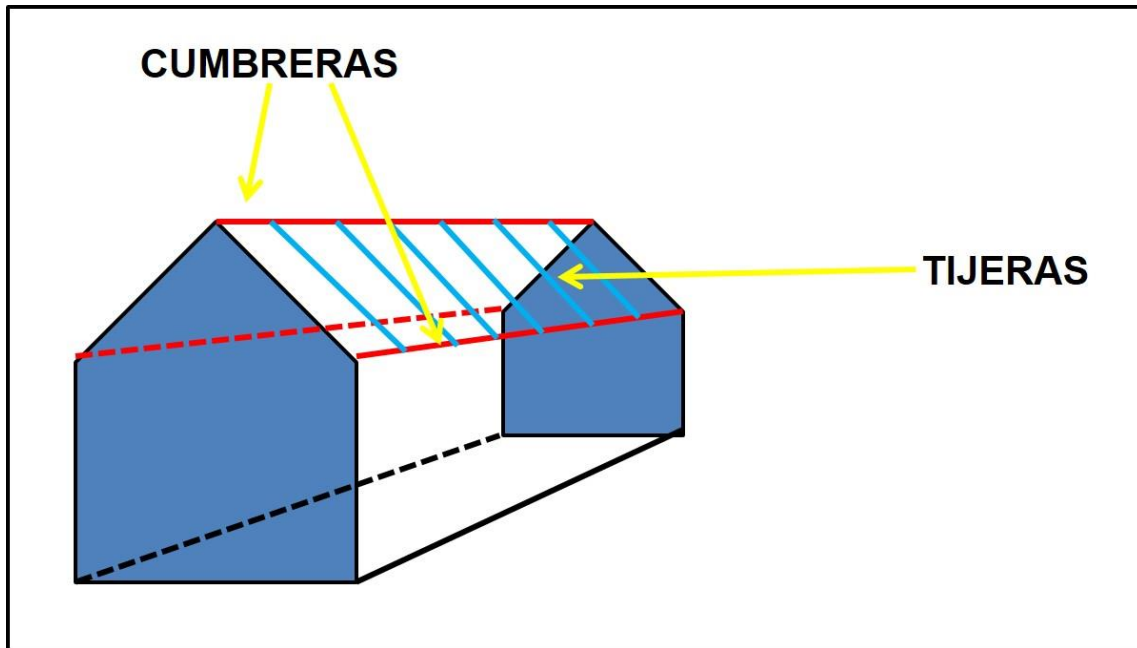


Figura 13. Esquema de elementos estructurales del techo.

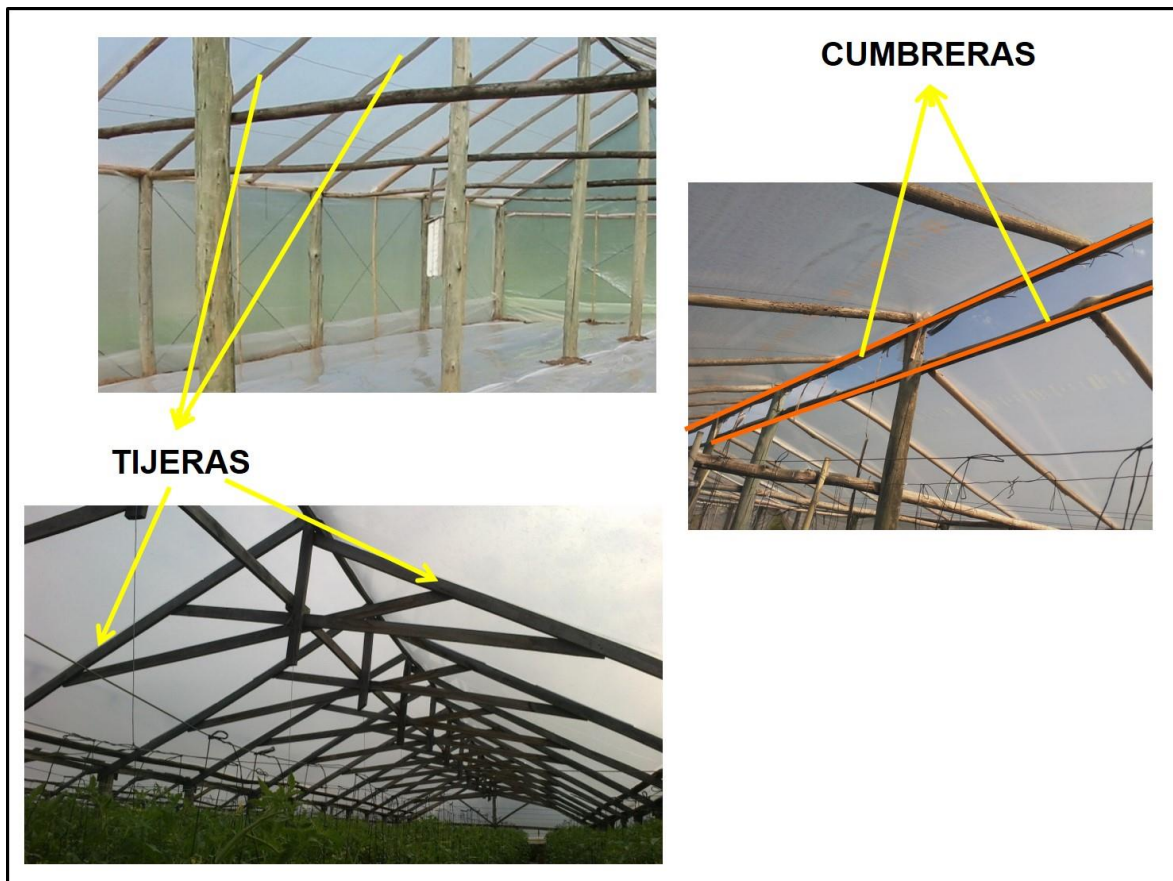


Figura 14. Diferentes tipos de techos y sus elementos constituyentes.

3.1. Elementos estructurales: postes.

Los invernaderos artesanales típicos poseen dos tipos de postes, laterales (cortos) y centrales (largos). Los laterales miden 3 m, y los centrales 4,5m (medidas estándar cuando uno los quiere comprar). Estos van enterrados unos 0,8 a 1 metro de profundidad para darle rigidez a la estructura, quedando así definida la altura de cada uno de ellos (figura 15).

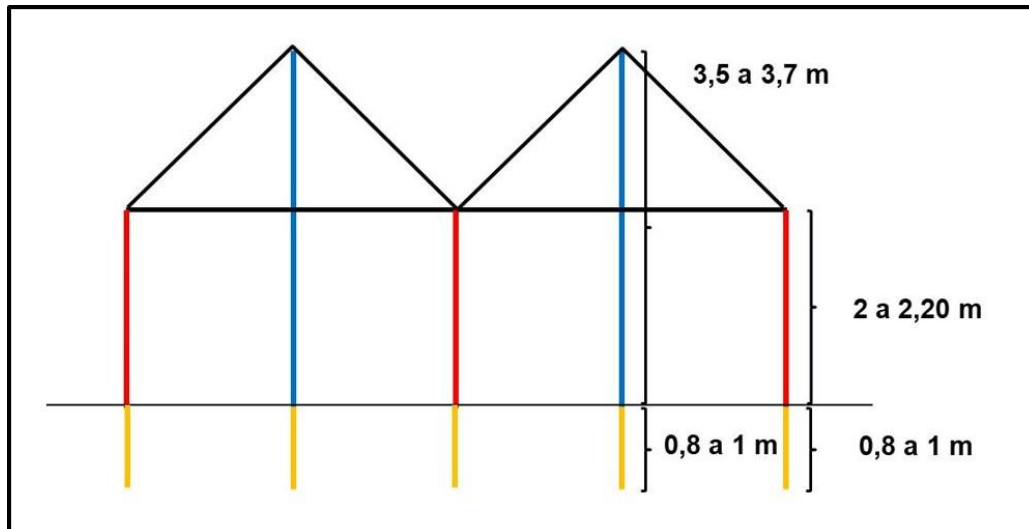


Figura 15. Altura en el centro, laterales y profundidad de postes.

Esta imagen es correcta, siempre y cuando el terreno sea plano y parejo. Si el terreno tuviera caída o fuera desparejo, veremos que la profundidad de enterrado varía, ya que debemos mantener el nivel entre los extremos de los postes. Ejemplo:

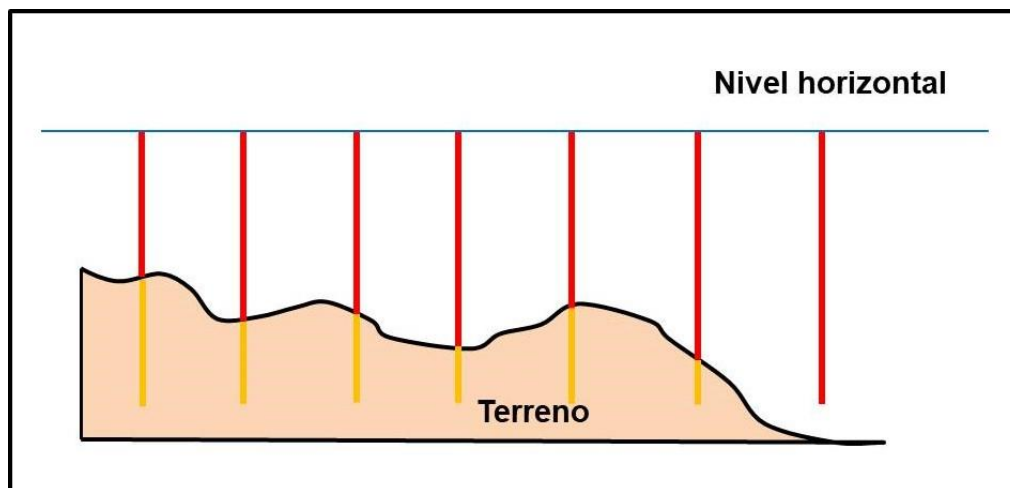


Figura 16: Terreno desnivelado y su efecto sobre la profundidad de enterrado

En un terreno des uniforme, para mantener el nivel horizontal entre los postes, habría que enterrarlos a diferente profundidad, y en algunos casos ni siquiera lo podríamos hacer (ultimo poste del ejemplo). De allí surge la importancia de la elección de un lote parejo, plano y sin grandes pendientes para evitar estos problemas.

3.1.1 Cálculo de postes.

Los postes (tanto laterales como centrales) van colocados cada 4 metros. Tomando como ejemplo un invernadero de 7 x 24 m, ¿cuantos postes cortos y cuantos postes largos posee?

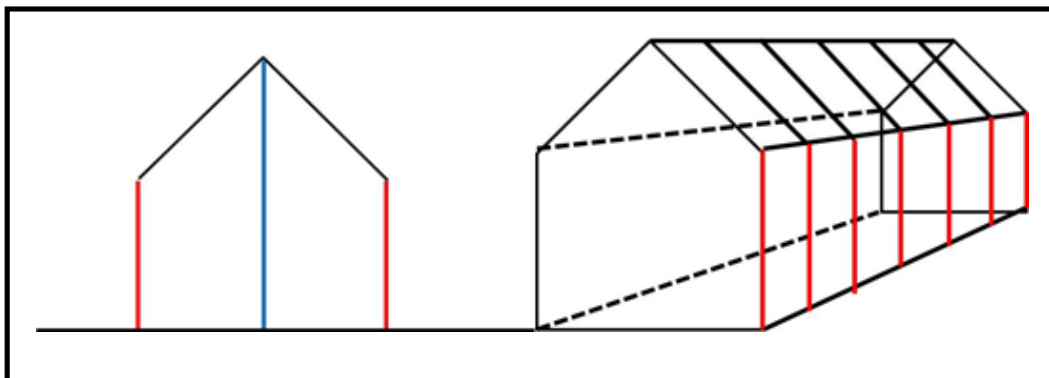


Figura 17. Vista frontal y lateral de un invernadero.

Para calcular, se recomienda hacer un dibujo del invernadero (figura 17). Visto de frente, posee una fila de postes largos (azules) y dos filas de postes cortos (rojos). A su vez, debemos hacer un dibujo de costado. Si tomamos el primer poste en el punto 0 (cero), entonces podemos definir la cantidad en cada hilera (figura 18).

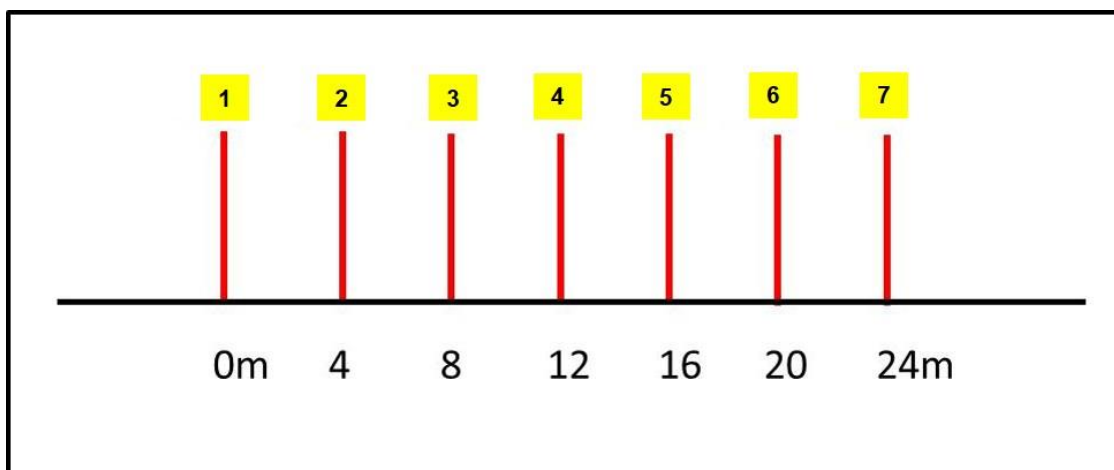


Figura 18. Esquema lateral de un invernadero de 24 metros de largo.

En 24 metros, se podrán colocar 7 postes. Como tengo una fila de postes largos y 2 filas de postes cortos, necesitare:

Postes largos: 1 fila x 7 postes: 7

Postes cortos: 2 filas x 7 postes: 14

Si tenemos más de un invernadero, verán que los elementos se empiezan a compartir. En la figura 19, tenemos dos filas de postes largos (azules), y tres filas de postes cortos (rojos) por lo cual, en un invernadero doble la cantidad de postes necesario es:

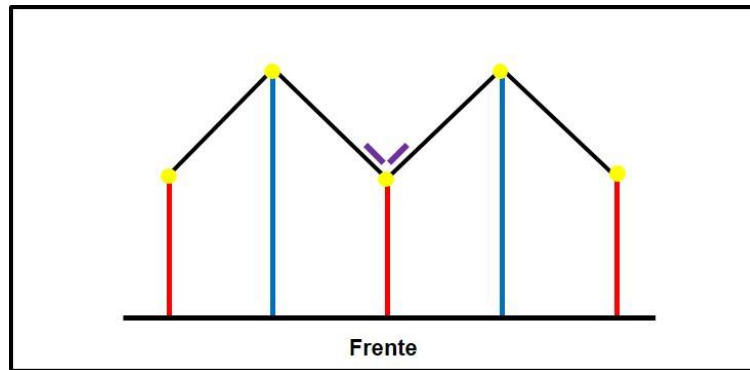


Figura 19. Esquema de Invernadero doble compartido

Postes largos: 2 filas x 7 postes: 14 postes largos.

Postes cortos: 3 filas x 7 postes: 21 postes cortos.

Como se puede advertir, construir dos invernaderos juntos no implica el doble de elementos estructurales.

3.2. Elementos del techo: cumbreras, tijeras, tablas.

En el apartado anterior calculamos los postes (elementos que sostendrán el techo). Ahora determinaremos los demás materiales.

3.2.1 Cumbreras.

Son elementos que unen los postes en sus cúspides, y permitirá sostener y clavar los plásticos que van sobre el techo, y las cortinas laterales.

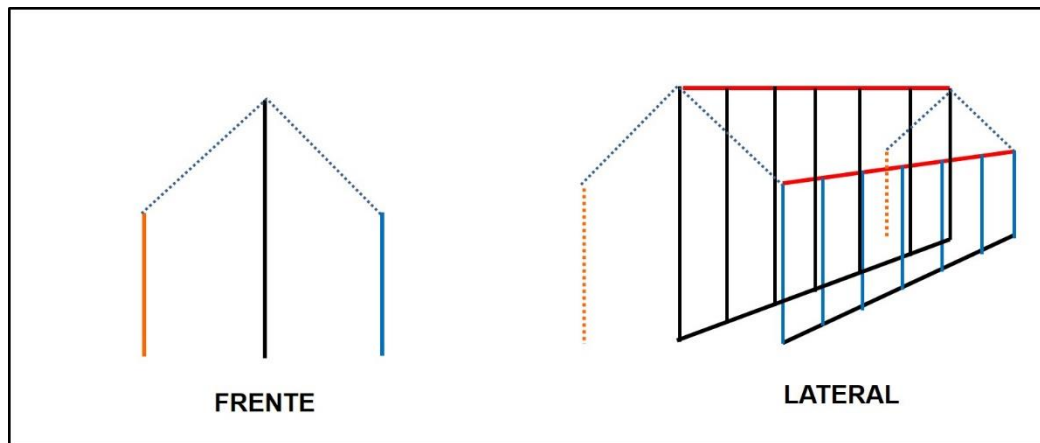


Figura 20. Esquema de ubicación de las cumbreras (segmentos rojos)

Visto de frente, solo vemos los postes laterales (azules) y los postes centrales (negro). En una vista lateral, cada poste se une al siguiente con una cumbrera (línea roja), tanto en el centro como en el lateral (figura 20). Cada cumbrera posee un largo de 4,20 m, lo que da la posibilidad de recortarla en caso de que sea necesario (recordar que los postes van colocados cada 4 metros).

3.2.1.1 Cálculo de cumbreras.

Como dijimos, las cumbreras unen los postes (tanto laterales como centrales). Tomando como ejemplo un invernadero de 7 x 24 m, ¿cuantas cumbreras lleva?

Para calcular, se recomienda hacer un dibujo del invernadero (figura 21). Visto de frente, posee dos filas de postes cortos y una fila de postes largos. A su vez, debemos hacer un dibujo de costado. Si tomamos el primer poste en el punto 0 (cero), entonces:

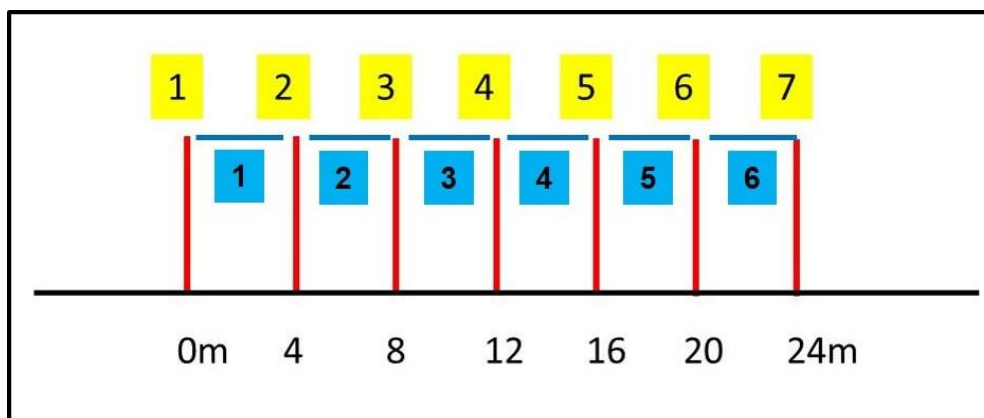


Figura 21. Esquema lateral de un invernadero. Ubicación de cumbreras

En 24 metros (figura 21), se podrán colocar 7 postes (rojos) y 6 cumbreras (azules). Como tengo 2 filas de postes cortos, y una fila de postes largos necesitaré entonces 18 cumbreras.

Para un invernadero tipo capilla (rancho) de 7 x 24, tendremos un total de 18 cumbreras (6 en el centro, que unen los 7 postes centrales, y 12 que unen los postes laterales).

Para un invernadero capilla modificado o chileno (figura 22) de 7 x 24, tendremos un total de 24 cumbreras (12 en el centro, que unen los 7 postes centrales y además forman la ventana cenital, y 12 que unen los postes laterales).

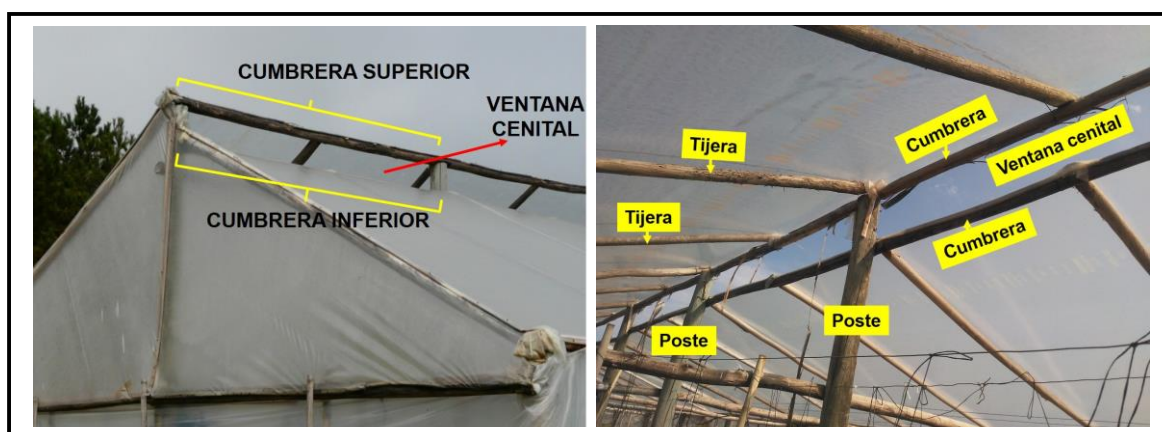


Figura 22. Ventana cenital. Se observan dos cumbreras, una superior y una inferior.

Ahora bien, cuando tenemos 2 o más invernaderos juntos, al igual que los postes, se comparten elementos estructurales.

1) Tomando el ejemplo de la actividad anterior (invernadero tipo rancho):

Calcular la necesidad de postes y cumbreras de un módulo de 3 invernaderos (Figura 23). Dimensiones de cada invernadero 7 x 48. Para calcularlos, se recomienda hacer un dibujo de frente y de costado del invernadero como los siguientes:

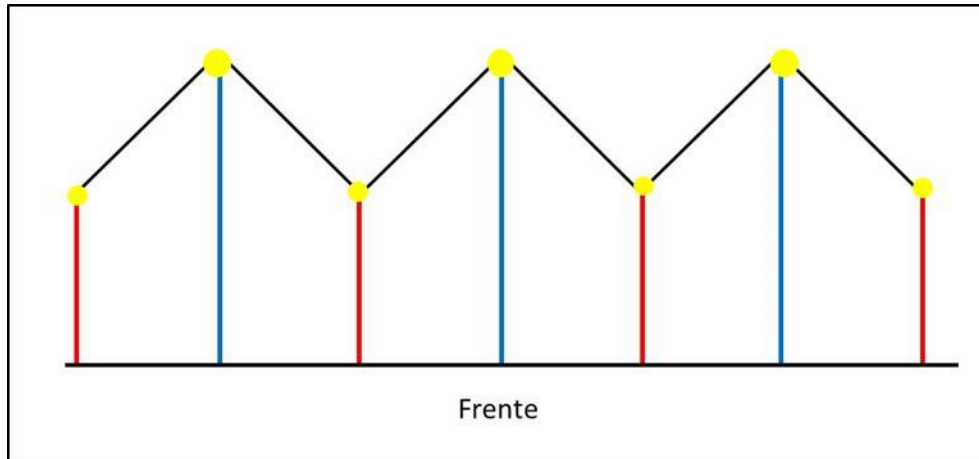


Figura 23. Módulo de 3 invernaderos tipo rancho

Se puede observar que tenemos 4 hileras de postes cortos (rojos) y 3 hileras de postes largos (azules). Los puntos amarillos indican donde irían las cumbreras (7 puntos amarillos).

Visto de costado (figura 24), podemos contar la cantidad de postes (rojos) que irán en los 48 metros, y las cumbreras (azules) que los unen. En total tenemos 13 postes y 12 cumbreras por hilera.

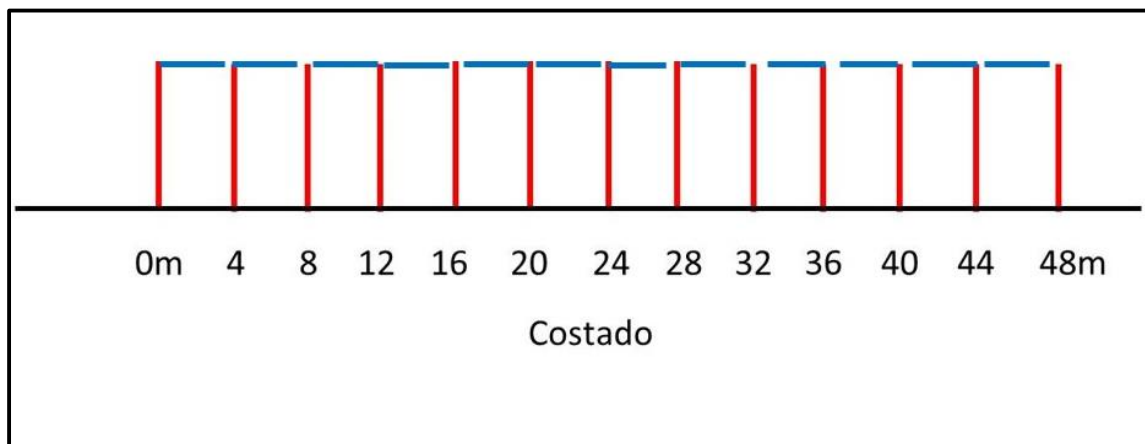


Figura 24. Esquema lateral de un invernadero de 48 metros de largo

Entonces:

4 hileras postes cortos x 13 postes: **52 postes cortos.**

3 hileras de postes largos x 13 postes: **39 postes largos.**

7 hileras de cumbreras x 12 cumbreras: **84 cumbreras.**

2) Tomando el ejemplo de la actividad anterior (invernadero tipo chileno):

Calcular la necesidad de postes y cumbreras de un módulo de 3 invernaderos. Dimensiones de cada invernadero 7 x 48. Para calcularlos, se recomienda hacer un dibujo de frente y de costado del invernadero como los siguientes:

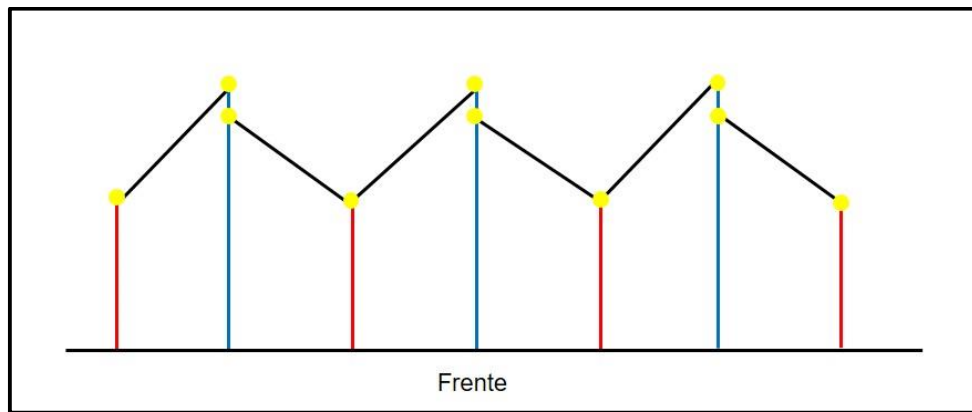


Figura 25. Módulo de 3 invernaderos tipo chileno

Se puede observar que tenemos 4 hileras de postes cortos (rojos) y 3 hileras de postes largos (azules). Los puntos amarillos indican donde irían las cumbreras (10 puntos amarillos).

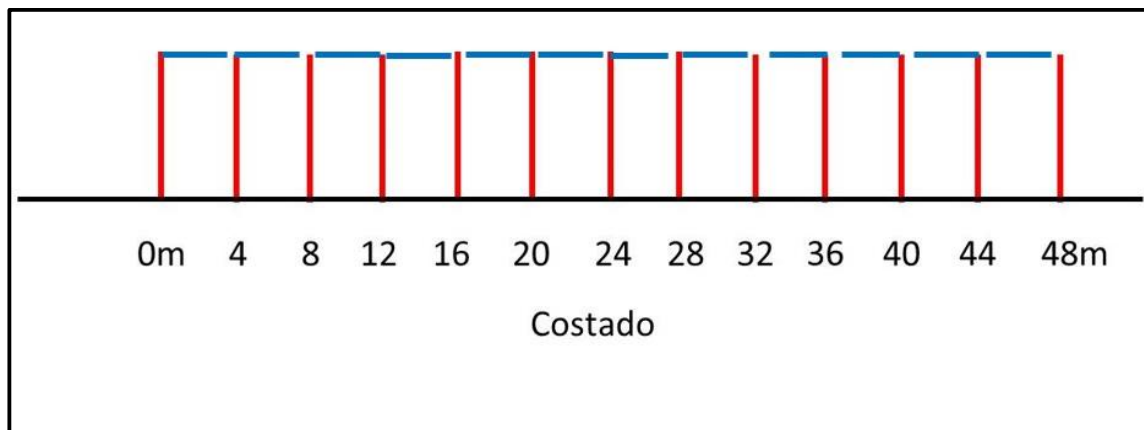


Figura 25. Esquema lateral de un invernadero de 48 metros de largo

Visto de costado, podemos contar la cantidad de postes (rojos) que irán en los 48 metros, y las cumbreras (azules) que los unen. En total tenemos 13 postes y 12 cumbreras por hilera. Entonces:

4 hileras postes cortos x 13 postes: **52 postes cortos**

3 hileras de postes largos x 13 postes: **39 postes largos**

10 hileras de cumbreras x 12 cumbreras: **120 cumbreras**

Como se observa, no se modifica la cantidad de postes entre los dos modelos, pero si la cantidad de cumbreras (36 más). Por eso es importante definir qué modelo se va a utilizar, y calcular bien los materiales.

3.2.2 Tijeras.

Las tijeras (figura 26) son elementos estructurales que van a sostener el plástico, y van apoyadas entre las cumbreras centrales y las laterales. Van colocadas cada 2 metros, en coincidencia con los postes, y entre postes.

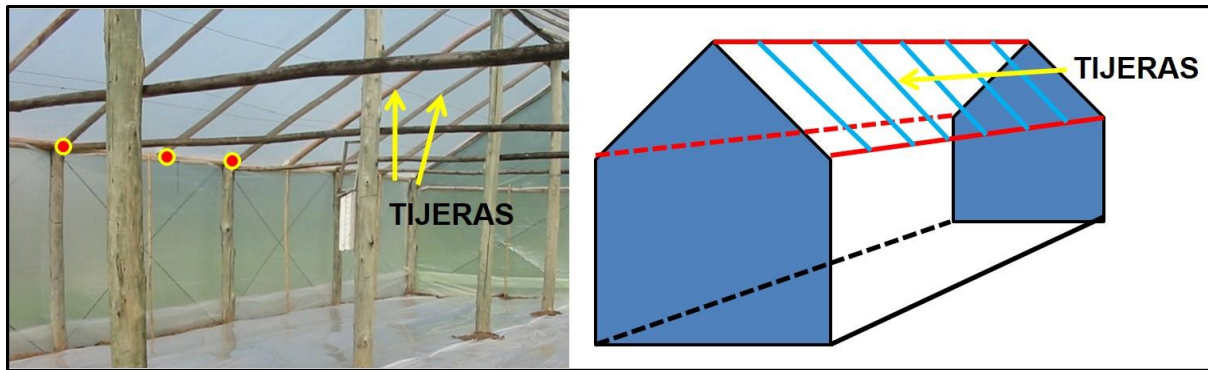


Figura 26. Ubicación de las tijeras en el techo.

3.2.2.1 Cálculo de tijeras.

Como se observa en la figura 26, las tijeras se apoyan a la altura de los postes, y entre ellos (puntos rojos). Para calcularlas se debe realizar el mismo procedimiento que con los postes y cumbreras: hacer un croquis del costado del invernadero, y colocar y contar las tijeras (figura 27).

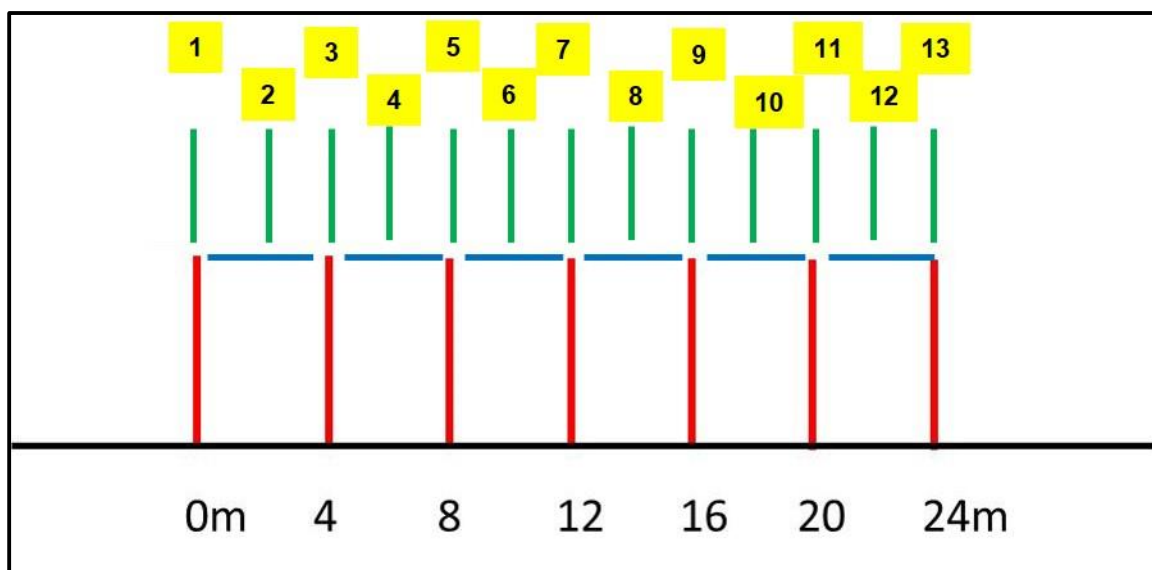


Figura 27. Cálculo de tijeras en un invernadero de 24 metros

Las tijeras (verdes) contabilizan un total de 13 por agua, y como son dos aguas, por techo necesitaremos 26 tijeras (figura 28).

Tomando el ejemplo de la actividad anterior: Calcular la necesidad de tijeras de un módulo de 3 invernaderos. Dimensiones de cada invernadero 7 x 48. Para calcularlos, se recomienda hacer un dibujo de costado del invernadero (figura 29).

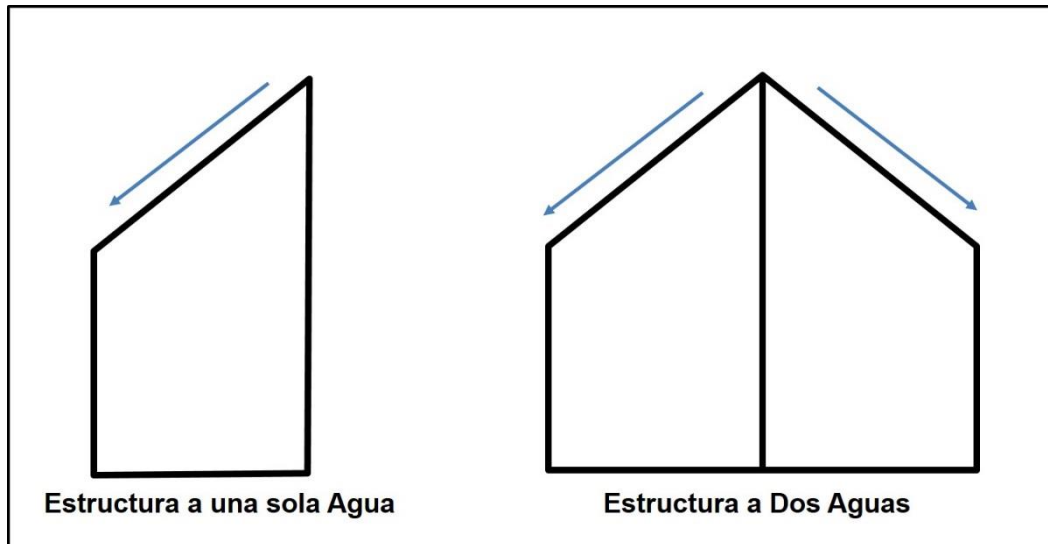


Figura 28. Estructura a una y dos aguas

Ahora bien, cuando tenemos 2 o más invernaderos juntos, las tijeras no se comparten, por lo cual, calculando un techo, podemos sacar la necesidad de tijeras multiplicándolo por la cantidad de invernaderos.

Tomando el ejemplo de la actividad anterior: Calcular la necesidad de tijeras de un módulo de 3 invernaderos. Dimensiones de cada invernadero 7 x 48. Para calcularlos, se recomienda hacer un dibujo de costado del invernadero (figura 29).

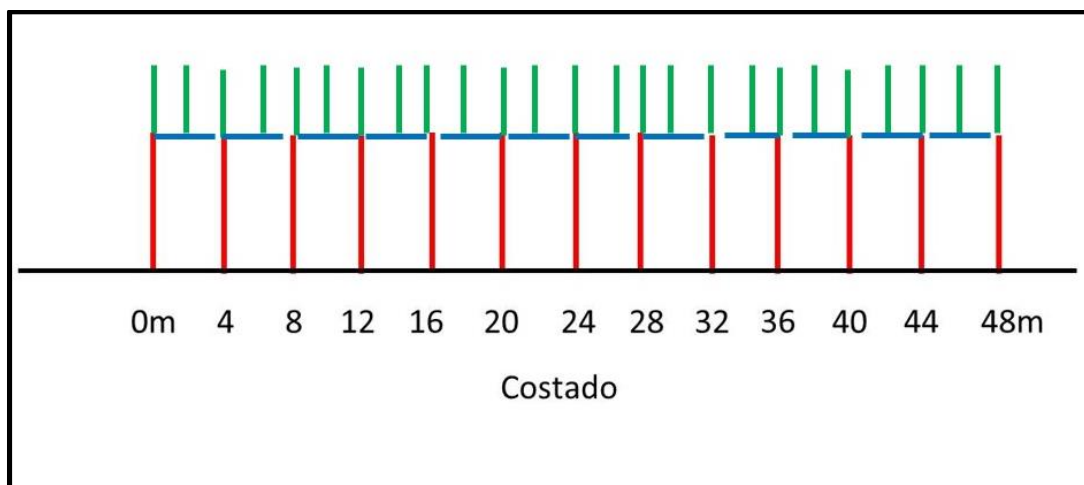


Figura 29. Esquema lateral de un invernadero de 48 metros de largo

En rojo vemos los postes (13), en azul las cumbreras (12) y en verde las tijeras. Contando las tijeras da 25 tijeras por agua, y como son dos aguas, en total:

50 tijeras por invernadero

50 tijeras x 3 invernaderos: **150 tijeras**

Cabe destacar que, hasta el momento, para los elementos estructurales que nombramos (postes, cumbreras, tijeras) se utiliza madera redonda (sin aserrar).



Figura 30. Cabriada de madera aserrada

Pero existen casos (figura 30) donde se usan tijeras aserradas (de secciones rectangulares) para armar el techo o cabriada (estructura de madera en que se apoyan los tirantes que sostienen un techo), evitando el uso de postes centrales, pero con el inconveniente de tener muchos elementos constitutivos, y por ende mayor sombreado. Este tipo está más difundido en el departamento de Lavalle.

3.2.3 Tablas para canaletas.

Son elementos que permiten sostener el plástico de la canaleta. Son del tipo aserradas, de 1 pulgada y media de espesor (4 cm) por 4 pulgadas de ancho (10 cm), y 4,20m de largo (figura 31). A excepción del ejemplo anterior (cabriada aserrada), son el único elemento aserrado que permite una adecuada pendiente en la canaleta, y evitar acumulación de agua o colapso y ruptura de plásticos.



Figura 31. Tabla aserrada para canaleta: dimensiones

Como recordaremos, la canaleta surge cuando tenemos 2 o más invernaderos juntos, que como ya comentamos anteriormente, es muy importante su construcción y diseño (Figura 32 y 33). El número de canaletas es igual al número de invernaderos menos uno. Entonces, si tengo dos invernaderos, tendré 1 canaleta; si tengo 4 invernaderos, tendré 3 canaletas; si tengo 15 invernaderos, tendré 14 canaletas; y así seguidamente.



Figura 32. Ubicación de las tablas para canaleta

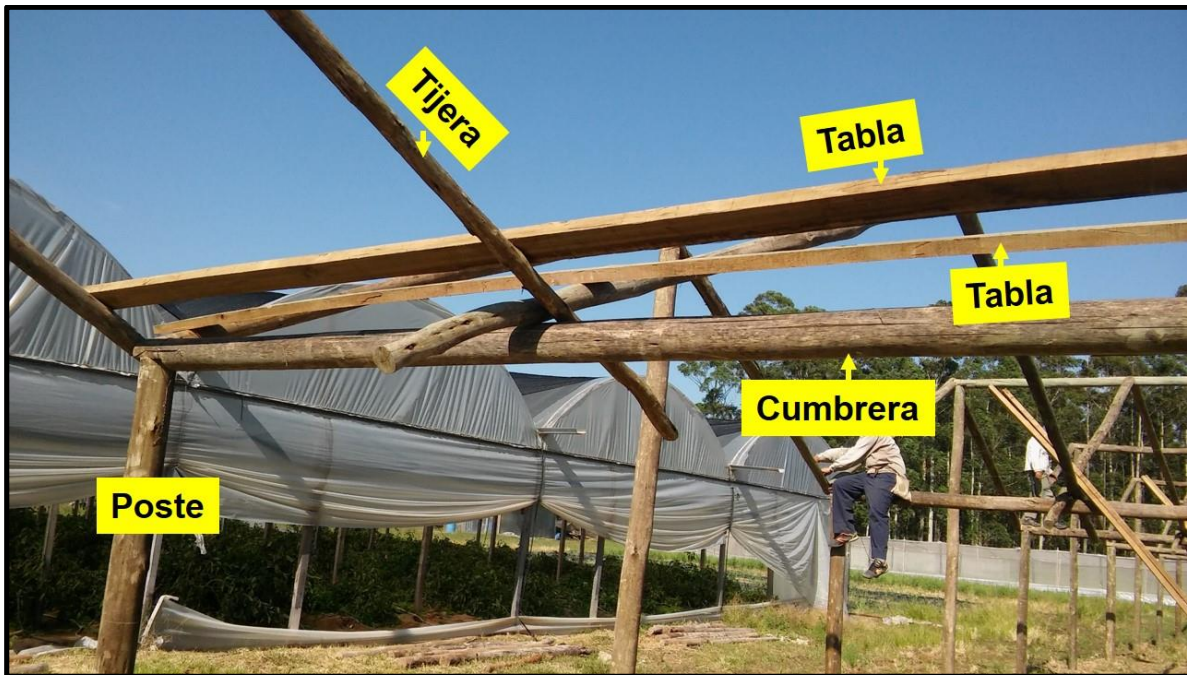


Figura 33. Elementos de la canaleta

3.2.3.1 Cálculo de tablas para canaleta.

Las tablas para canaleta ocupan un lugar similar a las cumbreras en los postes cortos, pero con la diferencia que van en doble hilera en cada canaleta.

Tomando como ejemplo dos invernaderos de 7 x 24 m, ¿Cuántas tablas lleva?

Para calcular, se recomienda hacer un dibujo del invernadero (figura 34).

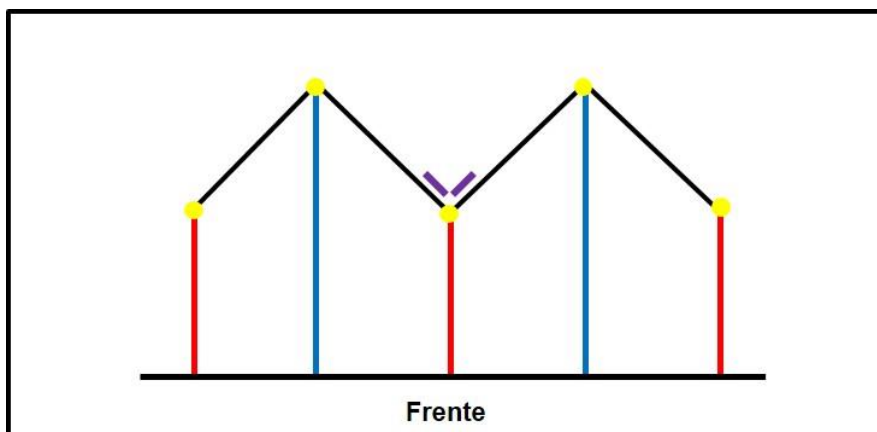


Figura 34. Vista frontal de un invernadero doble

Diseño básico y cálculo de materiales para la construcción de invernaderos artesanales de madera en la provincia de Corrientes.

Visto de frente (figura 34), posee tres filas de postes cortos (rojos), dos filas de postes largos (azules), los puntos amarillos indican donde van las cumbreras, y los segmentos violetas, donde van ubicadas las tablas para canaleta.

A su vez, debemos hacer un dibujo de costado (figura 35).

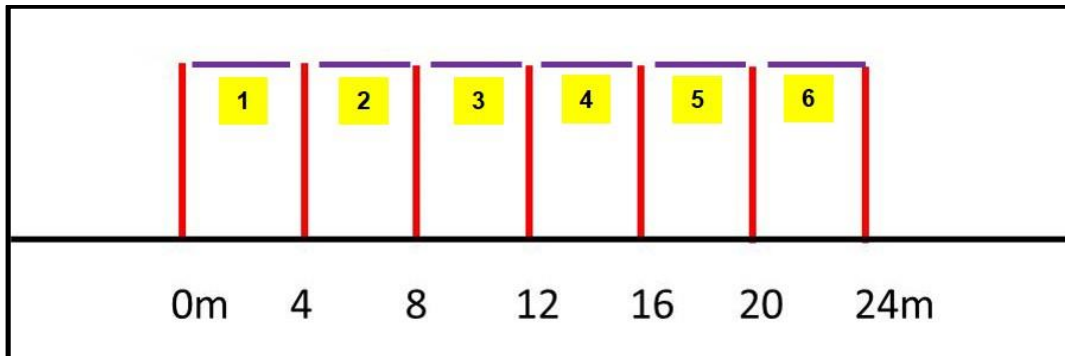


Figura 35. Esquema lateral de un invernadero de 24 metros de largo

Si tomamos el primer poste en el punto 0 (cero), en 24 metros, se podrán colocar 7 postes (rojos) y 6 tablas para canaleta (violetas). Como las tablas van en doble hilera, necesitaré entonces 12 tablas para poder armar cada canaleta.

Así, en un invernadero doble de 7 x 24 m necesitare 12 tablas por cada canaleta. Si tengo más de 2 invernaderos, solo debo multiplicar la cantidad de tablas calculada, por el número de canaletas (número de invernaderos-1).

Tomando el ejemplo de la actividad anterior:

Calcular la necesidad de tablas para canaleta de un módulo de 3 invernaderos (Figura 36). Dimensiones de cada invernadero 7 x 48. Para calcularlos, se recomienda hacer un dibujo de frente y de costado del invernadero como los siguientes:

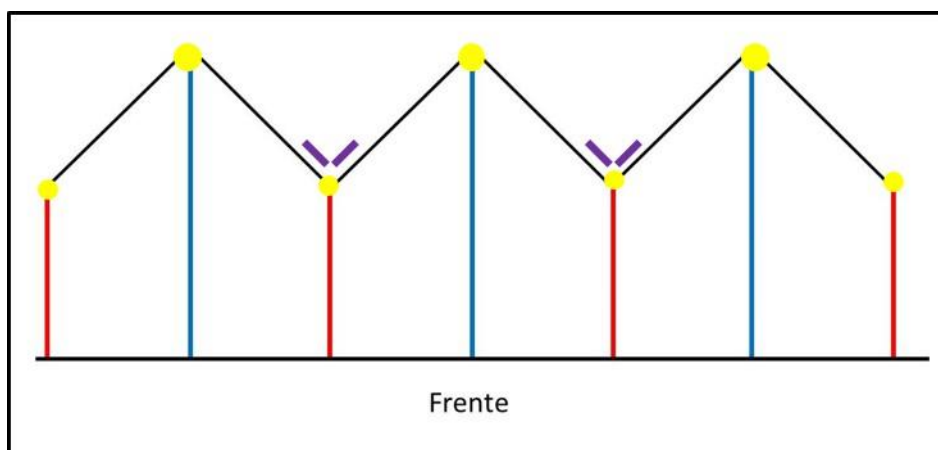


Figura 36. Vista frontal de un módulo de tres invernaderos

Se puede observar que tenemos 2 canaletas, por ende 2 hileras de tablas en cada una.

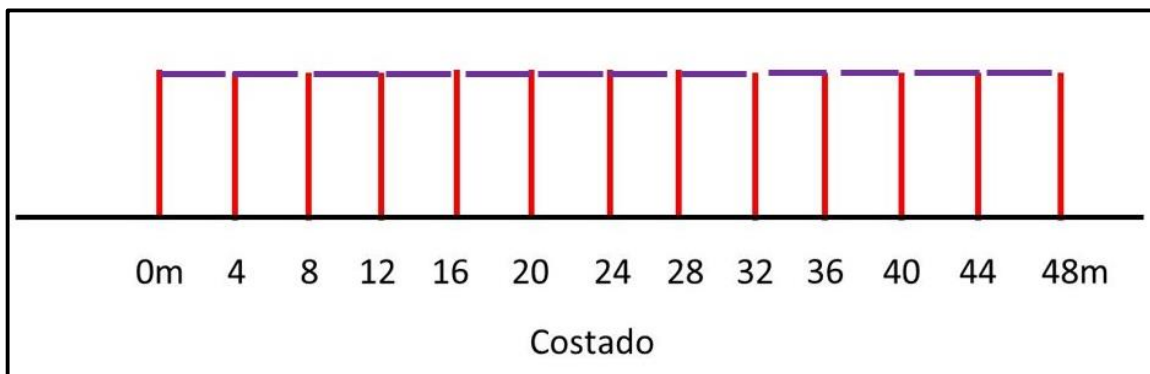


Figura 37. Esquema lateral de un invernadero de 48 metros de largo

Visto de costado (figura 37), podemos contar la cantidad de tablas necesarias (violetas). En total tenemos 12 tablas por hilera, y como son 2, se necesitan 24 tablas para canaleta. A su vez como son tres invernaderos y dos canaletas, necesitamos en total: **48 tablas para canaleta.**

4. Materiales de cobertura.

Los materiales de cobertura son los que efectivamente cumplen con la función de protección de los cultivos, al permitir la entrada de luz (figura 38), pero evitar factores ambientales desfavorables como la lluvia y las bajas temperaturas (sobre todo heladas).

Los materiales deben reunir dos características importantes:

- Permitir el ingreso de radiaciones de onda corta (solares).
- Evitar la salida o pérdida de radiación de onda larga (calor emitido por la tierra).

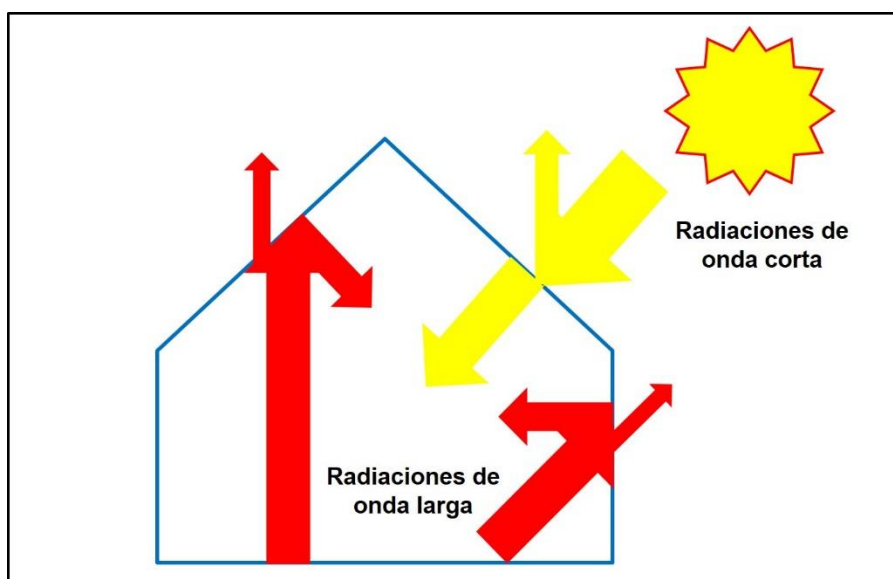


Figura 38. Esquema de efecto invernadero

Si bien existen diversos materiales para cobertura (vidrio, policarbonato, plásticos), debido a su menor costo y a su versatilidad (características térmicas, peso y facilidad de uso y colocación), los invernaderos de nuestra zona utilizan los plásticos (polietilenos PE) como material de cobertura.

Un polietileno (sea techo o lateral) se caracteriza por tres valores que se detallan y ejemplifican a continuación:

$$8 \times 50 \times 100 \mu$$

Diseño básico y cálculo de materiales para la construcción de invernaderos artesanales de madera en la provincia de Corrientes.

El primer valor (8 en el ejemplo) determina el ancho del polietileno en metros, mientras que el segundo (50 en el ejemplo), determina el largo del mismo en metros. Por otra parte, el ultimo valor (100 μ en el ejemplo), expresa el espesor del mismo en micrones (1 mm es igual a 1000 micrones). En la figura 39 se observa las características de un polietileno comercial.



Figura 39. Etiqueta de un polietileno real.

Ancho: 8000 mm (8 metros); Esp: 100 μ (espesor 100 micrones); Largo: 50,000 m (50 metros).

4.1 Plásticos para techos.

Como ya hemos dicho anteriormente, las dimensiones de nuestros invernaderos guardan relación con la dimensión de los plásticos de cobertura (tanto del techo como de los laterales). Por ejemplo, los invernaderos capilla a dos aguas (rancho) utilizan para su cobertura un plástico para techo de 8 metros de ancho (figura 40).

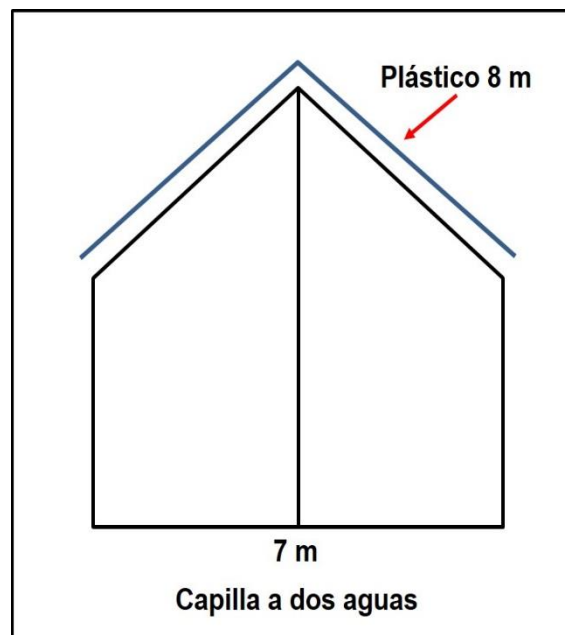


Figura 40. Ubicación del polietileno en un invernadero tipo rancho.

Los rollos de plástico para invernaderos tipo capilla a dos aguas poseen las siguientes dimensiones:

Ancho: 8 m; **Largo:** 50 m; **Espesor:** variable según preferencia del constructor, entre 100 y 150 micrones

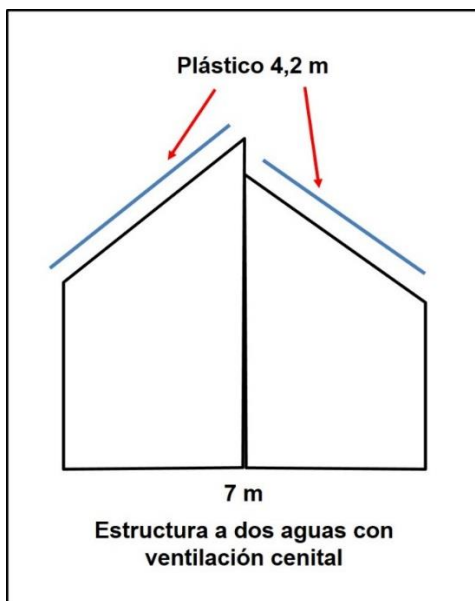


Figura 41. Ubicación del polietileno en un invernadero tipo chileno.

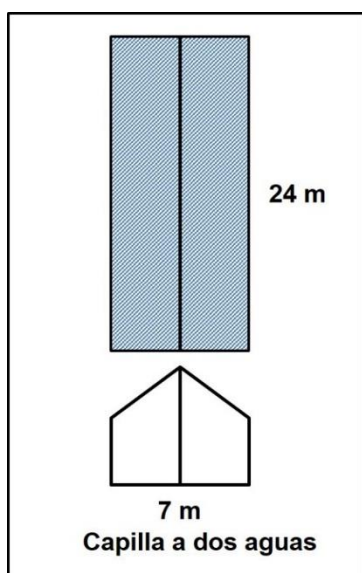
Ahora bien, los invernaderos tipo capilla a dos aguas con ventilación cenital (chilenos) utilizan para su cobertura un plástico para techo de 4,2 metros de ancho, debido a que tiene dos aguas o caídas para cubrir (figura 41).

Los rollos de plástico para invernaderos tipo capilla a dos aguas con ventilación cenital poseen las siguientes dimensiones:

Ancho: 4,2 m; **Largo:** 100 m; **Espesor:** variable según preferencia del constructor, entre 100 y 150 micrones

4.1.1 Cálculo de necesidad de polietilenos para techo.

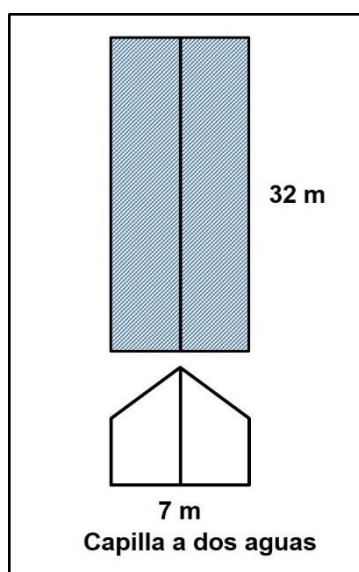
Para calcular, se recomienda hacer un dibujo del invernadero, visto de frente y desde arriba, colocando las dimensiones del mismo. Para un invernadero tipo rancho de 7 x 24, el esquema sería el siguiente:



Para cubrir la superficie rayada azul, necesitaremos al menos, 25 metros de plástico para techo de ocho metros de ancho (o sea, medio rollo). Tener en cuenta siempre de dejar un excedente, para poder clavar el plástico a la estructura (por eso necesitamos 25 y no 24 metros como tiene la estructura). En conclusión, con un rollo de plástico, puedo techar 2 invernaderos de 7 x 24.

Si la estructura midiera 7 x 48, con un rollo nos alcanzaría para techar 1 solo invernadero. De allí surge la relación entre las dimensiones de los polietilenos disponibles, y las dimensiones de nuestros invernaderos artesanales.

Ahora bien, si quisiera construir y techar un invernadero tipo capilla a dos aguas de 7 x 32, tendríamos el siguiente inconveniente:



Para cubrir la superficie rayada azul, necesitaremos al menos, 33-34 metros de plástico para techo de ocho metros de ancho (o sea, más de medio rollo). En este caso, si bien me permite techar un invernadero, el plástico restante ($50-34=16$ metros) no me permite techar otro invernadero de iguales dimensiones, ni siquiera uno de 24 metros. Por lo cual estaríamos desperdiciando material muy costoso. Por ello, las dimensiones normales de los invernaderos tipo capilla a dos aguas se recomiendan de 24 o 48 metros de largo, por 7 metros de ancho.

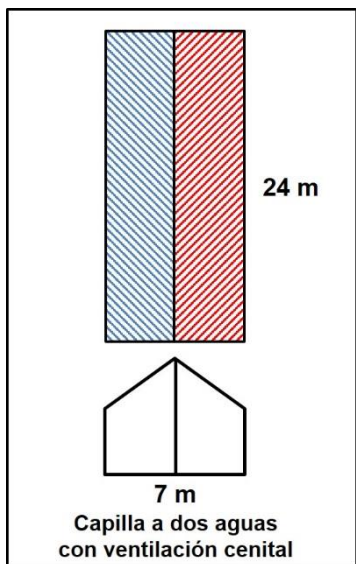
Se aclara que se pueden obtener polietilenos de diferentes dimensiones, pero se hacen a pedido, lo que encarece los costos, y que, en algunos casos, por las dimensiones solicitadas, suelen ser muy pesados y de difícil manejo.

Como regla general, según las dimensiones y cantidad de invernaderos tipo rancho, se necesitarán la siguiente cantidad de rollos de 8 x 50 (tabla 3):

Tabla 3. Necesidad de rollo de polietileno para invernaderos tipo rancho según cantidad y dimensiones

Cantidad Invernaderos	Dimensiones	
	7 x 24 (Nº rollos)	7 x 48 (Nº rollos)
1	01-feb	1
2	1	2
3	1 ½	3
4	2	4
8	4	8
10	5	10

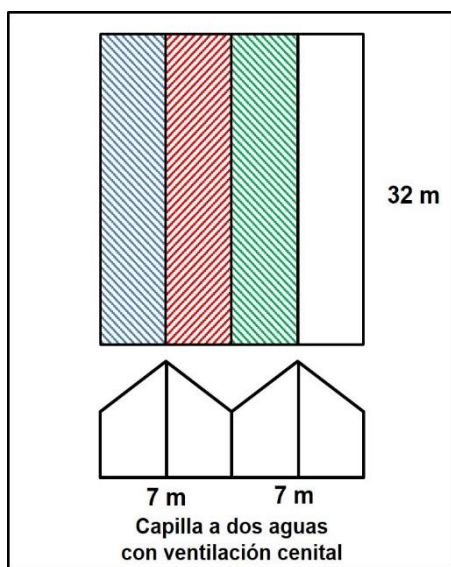
Ahora bien, para un invernadero tipo chileno de 7 x 24, el esquema sería el siguiente:



Para cubrir la superficie rayada azul, necesitaremos al menos, 25 metros de plástico para techo de 4,2 metros de ancho, y para cubrir la superficie rayada roja, otros 25 metros (o sea, 50 metros o medio rollo en total). Tener en cuenta siempre de dejar un excedente, para poder clavar el plástico a la estructura (por eso necesitamos 25 y no 24 metros como tiene la estructura). En conclusión, con un rollo de plástico de 4,2 x 100, puedo techar 2 invernaderos de 7 x 24.

Si la estructura midiera 7 x 48, con un rollo nos alcanzaría para techar 1 solo invernadero. De allí surge la relación entre las dimensiones de los polietilenos disponibles, y las dimensiones de nuestros invernaderos artesanales.

Si quisiéramos construir y techar un invernadero tipo capilla a dos aguas con ventilación cenital de 7 x 32, el esquema sería el siguiente:



Para cubrir la superficie rayada azul, necesitaremos al menos, 33 metros de plástico para techo de 4,2 metros de ancho, y otros 33 metros para cubrir la superficie rayada roja. En este caso, me permite techar un invernadero, y el plástico restante ($100 - 33 - 33 = 34$ metros) me permite techar la mitad de otro invernadero de iguales dimensiones (superficie rayada verde). Por lo cual, con un rollo de 4,2 x 100 me permite techar un invernadero y medio (1 ½). Por ello, las dimensiones normales de los invernaderos tipo capilla a dos aguas con ventilación cenital pueden ser 24, 32 o 48 metros de largo, por 7 metros de ancho, sin desperdiciar material.

Como regla general, según las dimensiones y cantidad de invernaderos tipo chileno, se necesitarán la siguiente cantidad de rollos de 4,2 x 100 (tabla 4):

Tabla 4. Necesidad de rollos de polietileno para invernaderos tipo chileno según cantidad y dimensiones

Cantidad Invernaderos	Dimensiones		
	7 x 24 (N° rollos)	7 x 32 (N° rollos)	7 x 48 (N° rollos)
1	01-feb	02-mar	1
2	1	1 1/3	2
3	1 ½	2	3
4	2	2 2/3	4
8	4	5 1/3	8
10	5	6 2/3	10
12	6	8	12
15	7 ½	10	15

Importante: evitar colocar los techos con condiciones de viento (se torna inmanejable) o días nublados (al inicio queda tenso, pero cuando sale el sol el plástico dilata y queda flojo).

4.2 Plásticos para frentes y laterales.

Como ya hemos dicho anteriormente, las dimensiones de nuestros invernaderos guardan relación con la dimensión de los plásticos de cobertura. Para el caso de los frentes y laterales (figura 42), dependerá de la altura de los mismos, independientemente del tipo de invernadero (rancho o chileno).

En color celeste se resalta dónde debe ir colocado el plástico lateral o cortinas. Recordando que la altura en los laterales de nuestros invernaderos oscila entre 2 y 2,2 metros, los plásticos para laterales tienen las siguientes dimensiones:

Ancho: 2,2 y 2,5 m

Largo: 100 m

Espesor: variable según preferencia del constructor, entre 100 y 200 micrones. Obsérvese que el mayor espesor para laterales es importante para evitar la pérdida de calor por los costados (efecto borde), por lo cual si es posible (por los costos) se recomienda el de mayor espesor.

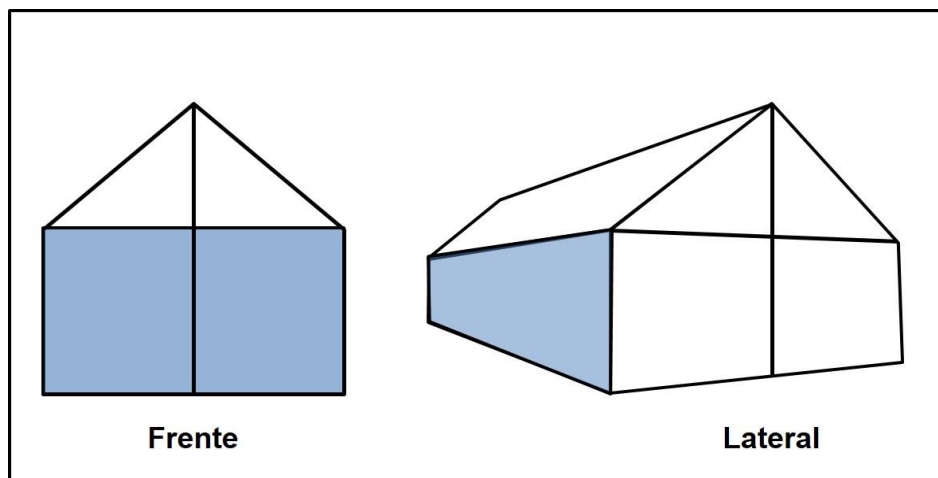
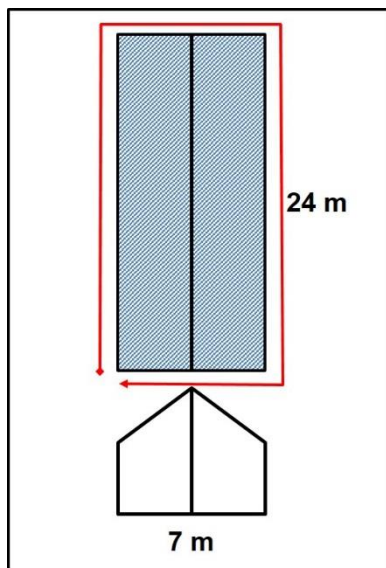


Figura 42. Necesidad de polietileno para frente y laterales

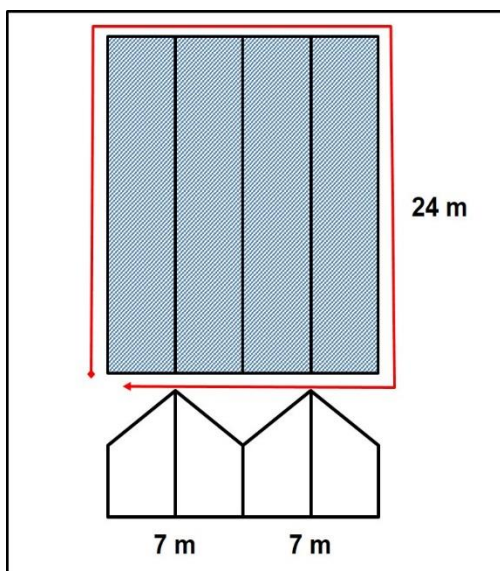
4.2.1 Cálculo de necesidad de polietilenos para frentes y laterales.

Para calcular, se recomienda hacer un dibujo del invernadero, visto de frente y desde arriba, colocando las dimensiones del mismo. Para un invernadero tipo rancho de 7 x 24, el esquema sería el siguiente:



El cálculo de polietilenos para frente y laterales es más fácil. Solo se debe calcular el perímetro del invernadero. Para el ejemplo, solo basta con sumar los lados (perímetro en rojo), o sea $24+24$ (laterales) + $7+7$ (frentes) = 62 metros de plástico es lo que se va a necesitar. Como el rollo posee 100 metros, me alcanza y me sobran 38 metros.

Si fueran dos invernaderos de 7 x 24, el esquema y cálculo sería el siguiente:



Para este caso, hay que sumar los lados (perímetro en rojo), o sea $24+24$ (laterales) + $14+14$ (el doble ya que son dos invernaderos) = 76 metros de plástico es lo que se va a necesitar. Como el rollo posee 100 metros, me alcanza y me sobran 24 metros.

Si fueran tres invernaderos, el cálculo sería $24+24$ (laterales) + $21+21$ (el triple ya que son tres invernaderos) = 90 metros de plástico es lo que se va a necesitar (casi un rollo).

Observen que a medida que aumenta la cantidad de invernaderos, la necesidad de plásticos para lateral no aumenta proporcionalmente, ya que se comparte parte de la estructura. En conclusión, *“a mayor número de invernaderos, menor el costo por unidad de superficie, ya que se comparten elementos estructurales (postes y plásticos)”*.

4.3 Zócalos.

Si bien este elemento puede o no estar presente en los invernaderos, es recomendable su colocación para mejorar la hermeticidad de la estructura, y, por ende, menor pérdida de temperatura por la noche durante la época fría (figura 43).

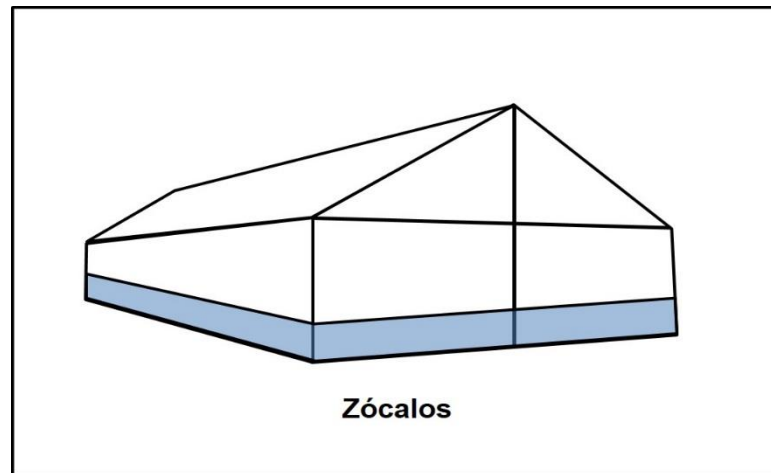


Figura 43. Ubicación de los zócalos en invernaderos artesanales

Además, evita el ingreso de animales, y protege del viento a los plantines al inicio del ciclo del cultivo.

Al igual que los laterales y frentes, este va colocado alrededor de todo el invernadero, por lo cual su cálculo es igual que para calcular las necesidades de plástico para laterales (sumar los lados). Para su construcción normalmente se usan plásticos viejos o usados.

4.4 Construcción de canaletas.

Las canaletas están construidas de plástico (figura 44), normalmente de un espesor mayor (200 micrones o más) ya que debe soportar el peso del agua. Para su cálculo, se deben contar la cantidad de canaletas, y multiplicarlas por el largo de los invernaderos.



a) vista de arriba.

Figura 44. Canaleta plástica.

b) vista de abajo.

5. Elementos de sujeción.

Para los invernaderos artesanales de madera es común utilizar varillas de madera para sujetar los plásticos (techos, laterales y canaleta). La varilla es una porción de madera aserrada, de dimensión variable (1 a 2 metros). Viene en paquetes o mazos, por 50 o 100 metros (abarcen ese largo).



Figura 45. Paquete de varillas

Las varillas se enrollan en el extremo del plástico, lo que permite tensarlo, y se clavan sobre los elementos estructurales del invernadero (normalmente las cumbreras), con clavos de 2 o 2 y ½ pulgadas.

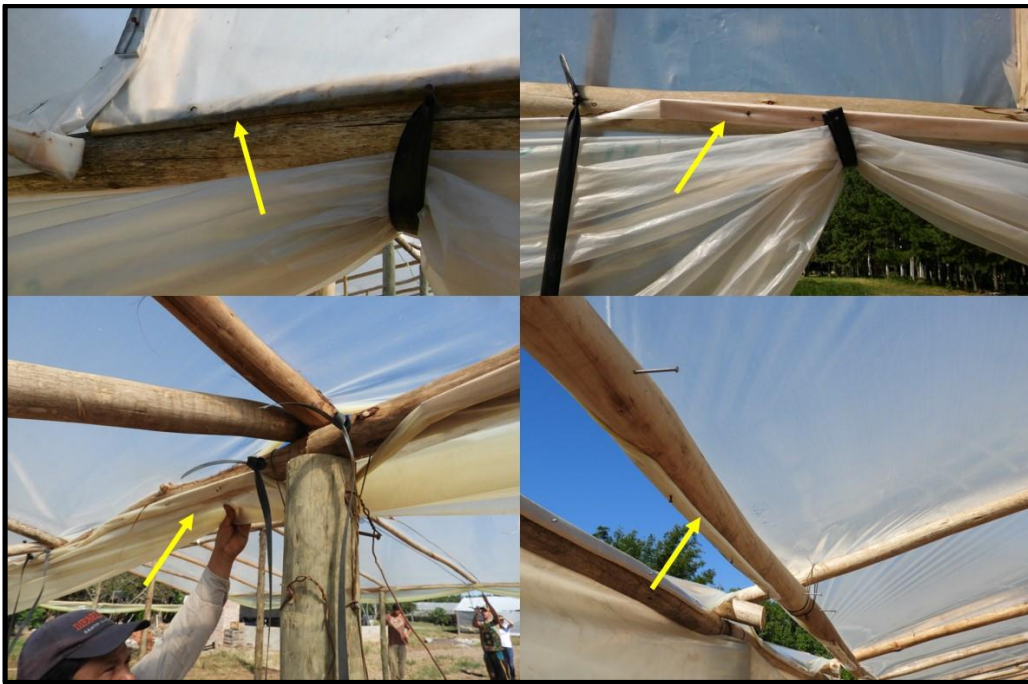


Figura 46. Varillas clavadoras para sujetar plásticos

Es recomendable que en la parte superior de los invernaderos y en la unión de cumbreras y tijeras se coloque un pedazo de plástico de refuerzo (figura 47) para evitar que el plástico se rasgue en el momento de la colocación.



Figura 47. Refuerzo de plástico en uniones para evitar desgarró del polietileno

Diseño básico y cálculo de materiales para la construcción de invernaderos artesanales de madera en la provincia de Corrientes.

Como elementos adicionales, son necesarios clavos y alambre para sujetar las uniones entre postes y cumbreras, y entre cumbreras y tijeras. Se usan clavos de diferentes tamaños, los más grandes (8,6,4 pulgadas) para sujetar cumbreras, tijeras y tablas para canaleta, y los más chicos (2 ½ y 2 pulgadas) para clavar las varillas. Normalmente se utiliza alambre dulce del 12.

6. Materiales necesarios para módulos de invernaderos grandes.

Un módulo o batería es un conjunto de invernaderos. La cantidad de invernaderos juntos posible es variable, pero podríamos decir que más de 2 ya es un módulo, y la cantidad máxima dependerá del tipo de invernadero (rancho o chileno) y de las dimensiones (sobre todo el largo). Además, hay variantes (como el uso de madera aserrada en los techos) que dependen de la zona de producción. El número máximo de invernaderos debería ser calculado y diseñado, para que sea lo más eficiente posible para mantener el calor en épocas frías, o ventilar y bajar la temperatura en épocas calientes. Por eso el tamaño y cantidad de aberturas (ventanas) es importante, y su cálculo está incluido al final de este texto. Para calcular los elementos necesarios para una nave de 10 invernaderos tipo rancho hay que dibujar un esquema de frente, desde arriba y de costado (Figura 48).

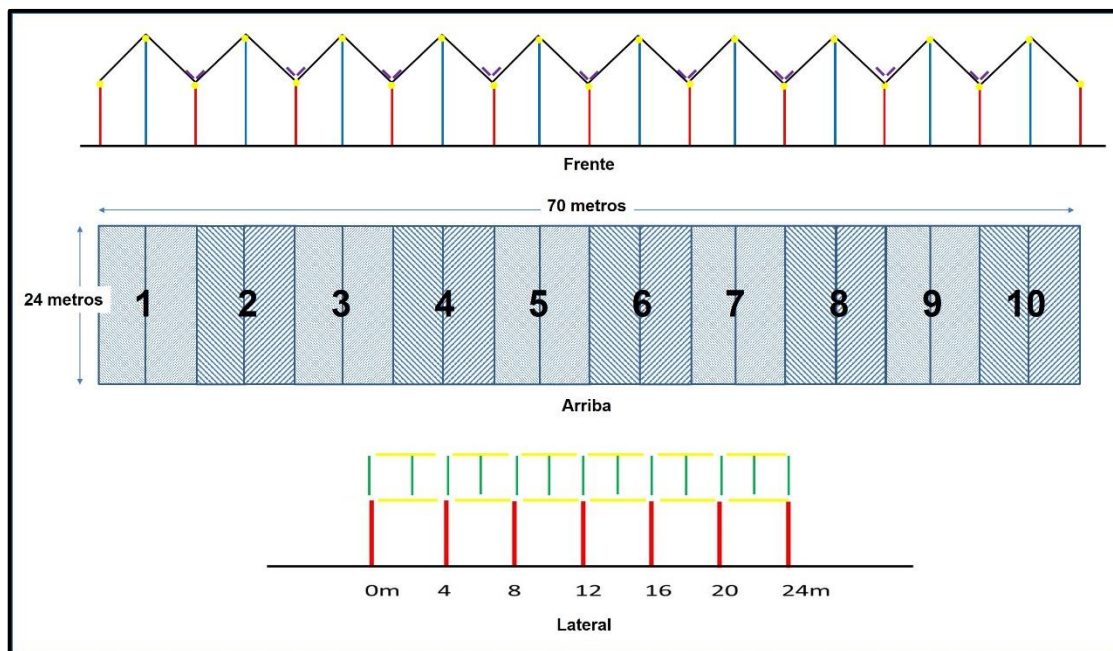


Figura 48. Módulo de 10 invernaderos ranchos visto de frente, de arriba y de costado (lateral).

De frente vemos:

- 10 hileras de postes largos (líneas azules)
- 11 hileras de postes cortos (líneas rojas)
- 21 hileras de cumbreras (puntos amarillos)
- 18 hileras de tablas para canaleta (líneas violetas)

De arriba vemos:

- 10 techos de 25 metros (24m + 1m para doblez)

De costado (lateral) vemos:

- 7 postes cortos (líneas rojas)
- 6 cumbreras (líneas amarillas, arriba y abajo)
- 13 tijeras (líneas verdes)

En la tabla 5 se detallan los materiales necesarios para 1 módulo de 10 invernaderos tipo rancho.

Tabla 5. Materiales necesarios para la construcción de una nave de 10 invernaderos del tipo rancho o capilla a dos aguas, de 24 metros de largo.

Elemento		Cantidad	Cálculo			
MADERA	POSTE LARGO 4,5 m	70	10 hileras x 7 postes			
	POSTE CORTO 3 m	77	11 hileras x 7 postes			
	CUMBRERA 7,20 m	20	10 invernaderos x 2			
	CUMBRERA 4,20 m	126	21 hileras x 6 cumbreras			
	TIJERA	260	13 tijeras x 2 media agua x 10 invernaderos			
	TABLA CANALETA 4,20 m	108	6 hileras x 2 x 9 canaletas			
	PAQUETE DE VARILLAS	15	1,5 paquetes x 10			
PLASTICO	Tipo	Ancho (m)	Largo (m)	Espesor (micrones)	Cantidad	Cálculo
	TECHO	8,00	50	100	250 m	10 invernaderos x 25 metros
	LATERAL	2,20	100	150	188 m	70 + 70 + 24 +24
	CANALETA	1,00	200	200	225 m	25 metros x 9 canaletas
	ZOCALO	1,10	100	100	188 m	70 + 70 + 24 +24
OTROS	ALAMBRE, CLAVOS*				10	

La cumbrera de 7,20 m va en los frentes y unen los postes cortos. Mide 7 metros (el ancho del invernadero), y cada invernadero lleva 2. Para los ranchos se usa 1 paquete y medio de varillas por invernadero. También se necesitan clavos de diferentes tamaños: 2 kilogramos de 8 y 6 pulgadas, 1 kilogramos de 4, 2 ½ y 2 pulgadas, y 2 kilogramos de alambre dulce del 12 por invernadero.

Ahora bien, para calcular los elementos necesarios para una nave de 10 invernaderos tipo chileno, debemos proceder de la misma manera, y dibujar un esquema de frente, desde arriba y de costado (Figura 49). Recordar que este modelo lleva una ventana cenital, por ende, posee una doble cumbrera superior.

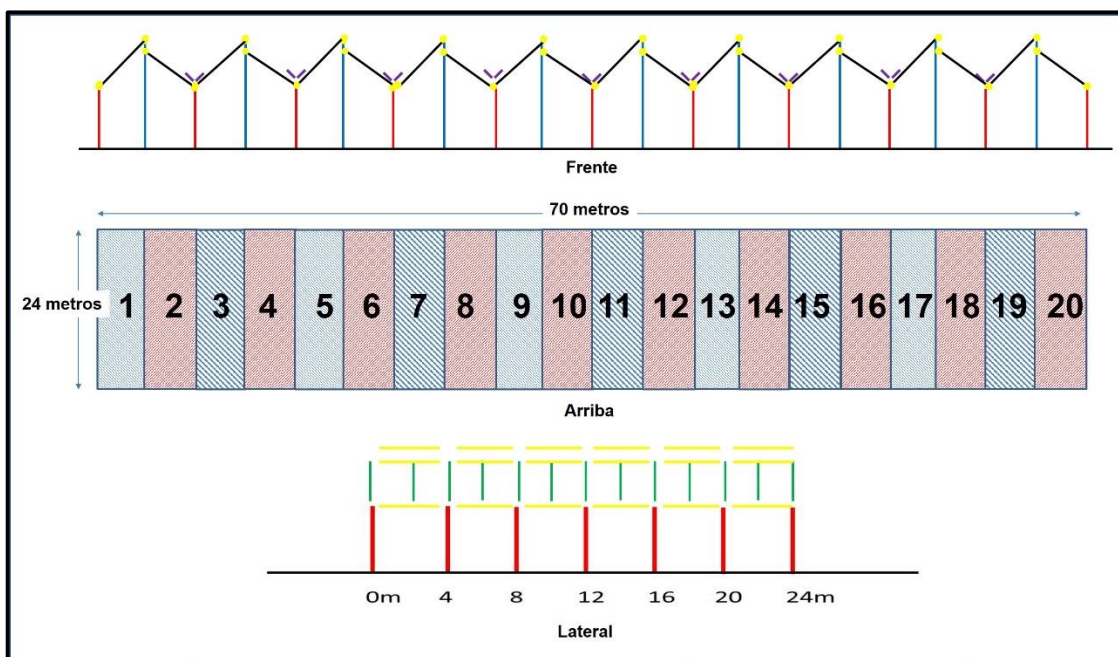


Figura 49. Módulo de 10 invernaderos chilenos visto de frente, de arriba y de costado (lateral).

Diseño básico y cálculo de materiales para la construcción de invernaderos artesanales de madera en la provincia de Corrientes.

De frente vemos:

- 10 hileras de postes largos (líneas azules)
- 11 hileras de postes cortos (líneas rojas)
- 31 hileras de cumbreras (puntos amarillos)
- 18 hileras de tablas para canaleta (líneas violetas)

De arriba vemos:

- 20 media agua de 25 metros (24m + 1m para doblez)

De costado (lateral) vemos

- 7 postes cortos (líneas rojas)
- 6 cumbreras (líneas amarillas, arriba y abajo)
- 13 tijeras (líneas verdes)

En la tabla 6 se detallan los materiales necesarios para 1 módulo de 10 invernaderos tipo chileno, donde si agregamos el costo unitario de cada material podríamos calcular el costo final.

Tabla 6. Materiales necesarios para la construcción de una nave de 10 invernaderos del tipo chileno o capilla a dos aguas con ventilación cenital, de 24 metros de largo.

		Elemento			Cantidad	Cálculo
MADERA	POSTE LARGO 4,5 m			70	10 hileras x 7 postes	
	POSTE CORTO 3 m			77	11 hileras x 7 postes	
	CUMBRERA 7,20 m			20	10 invernaderos x 2	
	CUMBRERA 4,20 m			186	31 hileras x 6	
	TIJERA			260	13 x 2 aguas x 10 invernaderos	
	TABLA CANALETA 4,20 m			108	6 hileras x 2 x 9 canaletas	
	PAQUETE DE VARILLAS			20	2 paquetes x 10	
PLASTICO	Tipo	Ancho (m)	Largo (m)	Espesor (micrones)	Cantidad	Cálculo
	TECHO	4,20	100	100	500 m	20 media aguas x 25 metros
	LATERAL	2,20	100	150	188 m	70 + 70 + 24 +24
	CANALETA	1,00	200	200	225 m	25 metros x 9 canaletas
	ZOCALO	1,10	100	100	188 m	70 + 70 + 24 +24
OTROS	ALAMBRE, CLAVOS*			10		

Tomando las mismas consideraciones que para el modelo rancho, la cumbrera de 7,20 m va en los frentes y cada invernadero lleva 2. Para los chilenos se usan 2 paquetes de varillas por invernadero (tiene una cumbrera mas), y también se necesitan clavos de diferentes tamaños: 2 y ½ kilogramos de 8 y 6 pulgadas, 1,5 kilogramos de 4, 2 ½ y 2 pulgadas, y 2 kilogramos de alambre dulce del 12 por invernadero.

7. Cálculo de eficiencia de ventilación.

Durante las épocas más cálidas, el aumento de temperatura bajo los invernaderos puede llegar a ser letal para las plantas. Si bien existen diferentes métodos para reducir la temperatura, el de menor costo operativo y energético es la ventilación natural. Esta promueve el intercambio de aire del interior con el del exterior, modificando no solo la temperatura, sino la Humedad Relativa y la concentración de dióxido de carbono, necesario para las plantas.

Para lograr una buena ventilación natural, los invernaderos deben contar con aberturas (ventanas) de diferentes características (cenitales o laterales, con apertura manual o mecánicas). A través de estas se permite el control de temperatura sin cambios bruscos, evitando daños a las plantas.

Ahora bien, para lograr una buena ventilación, las ventanas deben estar bien diseñadas, ya que las dimensiones y modelos de invernaderos, modificaran la eficiencia de ventilación, determinando la cantidad máxima de invernaderos que puedo construir de manera conjunta. A su vez, para poder ventilar bien, las ventanas deben poder abrirse en su totalidad.

Para calcular la eficiencia de ventilación, surge el concepto de Porcentaje de Aberturas (expresado en %), que se expresa como el cociente de la superficie de aberturas y la superficie del invernadero, o sea:

$$\% \text{ Aberturas} = \text{Superficie de Aberturas} / \text{Superficie de Invernadero} \times 100$$

Para calcular el porcentaje de abertura de un invernadero tipo rancho de 7 x 24 metros, se recomienda realizar un dibujo como el de la figura 50.

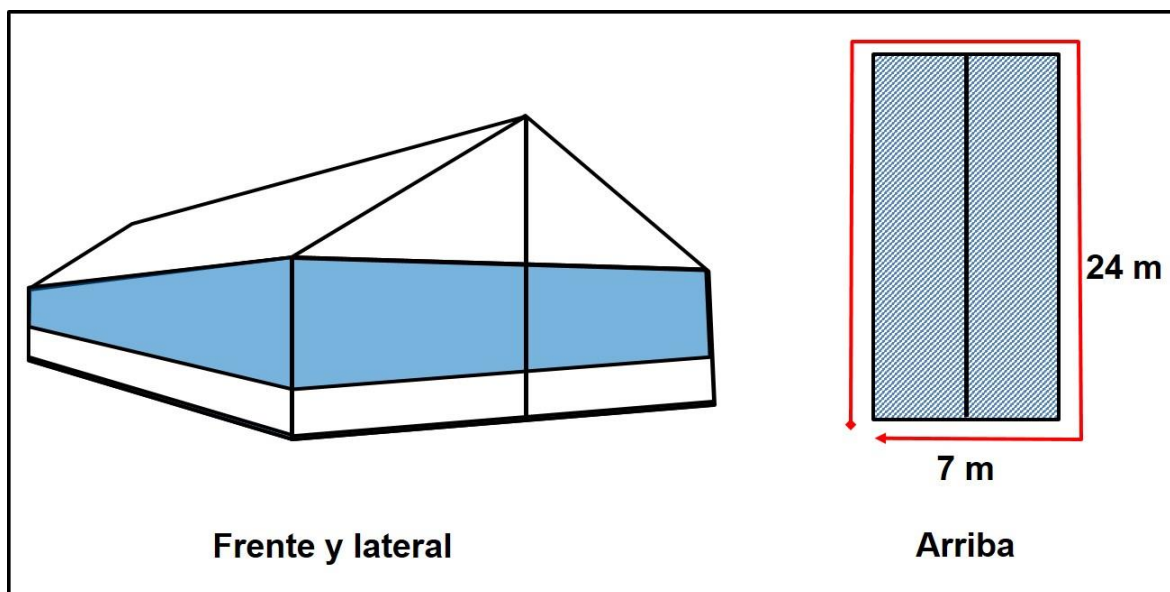


Figura 50. Vista de frente, lateral y arriba de un invernadero rancho de 7 x 24 m.

La superficie del invernadero es igual al producto del ancho por el largo, o sea:

$$7 \text{ metros} \times 24 \text{ metros} = 168 \text{ m}^2$$

Si el invernadero posee 2 metros de altura en los laterales, y el zócalo mide 0,50 metros, entonces la ventana lateral mide:

$$2,00 \text{ metros} - 0,50 \text{ metros} = 1,50 \text{ metros}$$

A su vez la superficie de ventana o de abertura, es la superficie que ocupa la ventana alrededor del invernadero. Si la altura de la ventana es 1,50 metros, y el perímetro del invernadero es 62 metros $(24+24+7+7)$, entonces la superficie de ventana es:

$$1,50 \text{ metros} \times 62 \text{ metros} = 93 \text{ m}^2$$

Volviendo a la ecuación inicial:

$$\% \text{ Aberturas} = \text{Superficie de Aberturas} / \text{Superficie de Invernadero} \times 100$$

En nuestro ejemplo será:

$$\% \text{ Aberturas} = 93 \text{ m}^2 / 168 \text{ m}^2 \times 100 = 55,4 \%$$

Según estudios, el porcentaje de Abertura debería ser de al menos un 25%. En este caso lo supera ampliamente, por lo que llegamos a la conclusión de que este invernadero es eficiente para ventilar.

En la tabla 7 se pueden advertir los valores de porcentaje de Abertura para diferente cantidad de invernaderos tipo rancho de 24 metros de largo.

Tabla 7. Cálculo de porcentaje de Aberturas en diferentes invernaderos ranchos.

Modulo					Superficie Ventana m ²		% Abertura	
N° Invernaderos	ancho	largo	Superficie (m ²)	Perímetro (m)	1,5 m	2 m	1,5 m	2 m
1	7	24	168	62	93	124	55,4%	73,8%
2	14	24	336	76	114	152	33,9%	45,2%
3	21	24	504	90	135	180	26,8%	35,7%
4	28	24	672	104	156	208	23,2%	31,0%
5	35	24	840	118	177	236	21,1%	28,1%
6	42	24	1008	132	198	264	19,6%	26,2%
7	49	24	1176	146	219	292	18,6%	24,8%
8	56	24	1344	160	240	320	17,9%	23,8%
9	63	24	1512	174	261	348	17,3%	23,0%
10	70	24	1680	188	282	376	16,8%	22,4%
11	77	24	1848	202	303	404	16,4%	21,9%
12	84	24	2016	216	324	432	16,1%	21,4%
13	91	24	2184	230	345	460	15,8%	21,1%
14	98	24	2352	244	366	488	15,6%	20,7%
15	105	24	2520	258	387	516	15,4%	20,5%

Si bien en el ejemplo que dimos, un invernadero rancho de 7 x 24 m es muy eficiente para ventilar (55,4 %), cuando construimos un módulo de 4 invernaderos de similares dimensiones, la ventilación cae abruptamente, y no llega al mínimo necesario (23,2%). Para este tipo de invernaderos, se puede mejorar la ventilación haciéndolos más altos (pero cuidado con las tormentas, no es recomendable), o bien agrandar la ventana, que, en este caso, sacando el zócalo, lograríamos una venta de 2 metros de alto (medio metro más). En la última columna de la tabla 7 observamos el porcentaje de Aberturas para invernaderos con ventanas de 2 metros de alto. Pudimos mejorar la ventilación y nos permite adosar 7 invernaderos como máximo (24,8 % de ventilación). Si construimos más, volvemos a estar en déficit de ventilación, por lo cual deberemos aplicar otro método para reducir la temperatura (encalado, media sombra, etc.).

Ahora bien, para un invernadero tipo chileno, cuando hacemos el cálculo de ventilación hay que tener en cuenta la ventana cenital que también sirve para ventilar (figura 51).

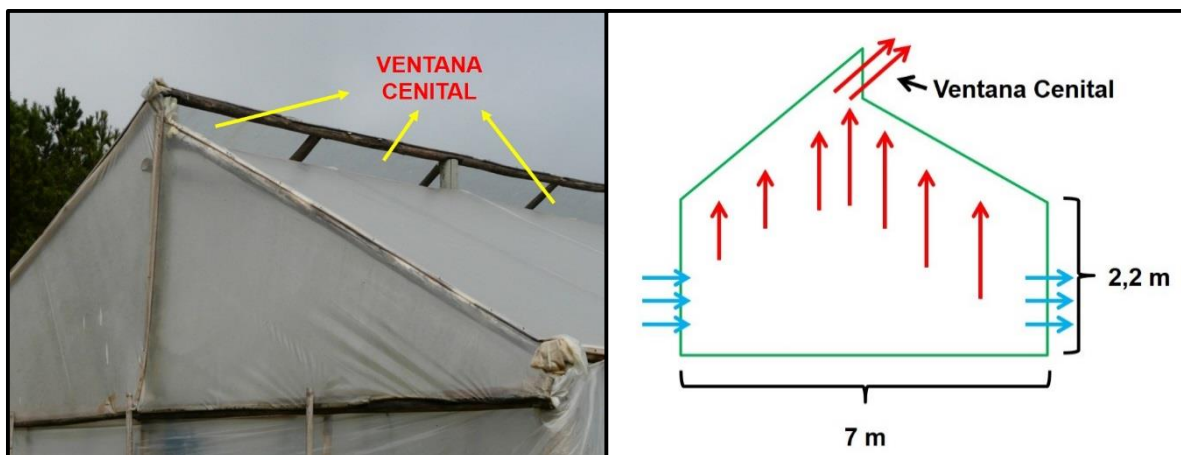


Figura 51. Ventana cenital. Efecto chimenea.

En la figura 51 observamos la ventana cenital, y el efecto chimenea que se produce, ya que el aire caliente (flechas rojas) es más liviano, y tiene a elevarse y ubicarse en la parte superior de los invernaderos, y al haber una salida (cenital), sale por efecto natural, sin gasto de energía, mejorando aún más la ventilación.

Tomando el mismo ejemplo anterior, un invernadero de 7 x 24 metros, con una ventana lateral de 1,5 metros (2 – 0,50 m), y una ventana cenital de 0,40 metros (40 centímetros), el cálculo sería el siguiente:

Superficie del invernadero:

$$7 \text{ metros} \times 24 \text{ metros} = 168 \text{ m}^2$$

Si el invernadero posee 2 metros de altura en los laterales, y el zócalo mide 0,50 metros, entonces la ventana lateral mide:

$$2,00 \text{ metros} - 0,50 \text{ metros} = 1,50 \text{ metros}$$

Superficie de ventana o de abertura lateral es:

$$1,50 \text{ metros} \times 62 \text{ metros (perímetro)} = 93 \text{ m}^2$$

Superficie de ventana o de abertura cenital es:

$$0,40 \text{ metros} \times 24 \text{ metros (largo del cenital)} = 9,6 \text{ m}^2$$

Superficie total de ventana o abertura:

$$93 \text{ m}^2 + 9,6 \text{ m}^2 = 102,6 \text{ m}^2$$

Volviendo a la ecuación inicial:

$$\% \text{ Aberturas} = \text{Superficie de Aberturas} / \text{Superficie de Invernadero} \times 100$$

En este último ejemplo será:

$$\% \text{ Aberturas} = 102,6 \text{ m}^2 / 168 \text{ m}^2 \times 100 = 61,1 \%$$

Este invernadero es aún más eficiente para ventilar.

En la tabla 8 se pueden observar los valores de porcentaje de Abertura para diferente cantidad de invernaderos tipo chileno de 24 metros de largo.

Tabla 8. Cálculo de porcentaje de Aberturas en diferentes invernaderos chilenos.

Modulo					Superficie Ventana m ²			% Abertura	
N° Invernaderos	ancho	largo	Superficie (m ²)	Perímetro (m)	1,5 m	2 m	Cenital (m ²)	1,5 m	2 m
1	7	24	168	62	93	124	9,6	61,1%	79,5%
2	14	24	336	76	114	152	19,2	39,6%	51,0%
3	21	24	504	90	135	180	28,8	32,5%	41,4%
4	28	24	672	104	156	208	38,4	28,9%	36,7%
5	35	24	840	118	177	236	48,0	26,8%	33,8%
6	42	24	1008	132	198	264	57,6	25,4%	31,9%
7	49	24	1176	146	219	292	67,2	24,3%	30,5%
8	56	24	1344	160	240	320	76,8	23,6%	29,5%
9	63	24	1512	174	261	348	86,4	23,0%	28,7%
10	70	24	1680	188	282	376	96,0	22,5%	28,1%
11	77	24	1848	202	303	404	105,6	22,1%	27,6%
12	84	24	2016	216	324	432	115,2	21,8%	27,1%
13	91	24	2184	230	345	460	124,8	21,5%	26,8%
14	98	24	2352	244	366	488	134,4	21,3%	26,5%
15	105	24	2520	258	387	516	144,0	21,1%	26,2%

Como vimos en el ejemplo, un invernadero chileno de 7 x 24 m es muy eficiente para ventilar (61,1 %), y la ventana cenital le permite construir módulos más grandes, sin verse afectada la ventilación. Si construyo 2 o más invernaderos, debo incluir en el cálculo 2 o más ventanas cenitales.

Para el ejemplo, con una ventana lateral de 1,5 metros de alto, se pueden construir hasta 7 invernaderos chilenos de similares dimensiones, sin que la ventilación caiga tan abruptamente (24,3%). Recordar que con el modelo anterior solo podíamos construir 4 invernaderos juntos.

Al igual que con los ranchos, se puede mejorar la ventilación haciéndolos más altos (cuidado con las tormentas), o bien agrandar la ventana, que como vimos, al sacar el zócalo, se logra una venta de 2 metros de alto. En la última columna de la tabla 8 observamos el porcentaje de Aberturas para invernaderos con ventanas de 2 metros de alto y ventana cenital. Pudimos mejorar la ventilación y nos permite adosar 15 invernaderos (26,2 % de aberturas) sin perder ventilación.

Cabe aclarar que la ventana cenital es contraproducente en invierno, ya que es por allí donde saldrá nuestro aire caliente. En épocas frías es necesario tajarla para evitar pérdidas de temperatura.

8. Conclusiones.

- Cultivar bajo invernadero permitir adelantar las cosechas, producir fuera de época y mejorarlas desde el punto de vista cualitativo y cuantitativo.
- Corrientes posee un gran desarrollo de cultivos hortícolas protegidos y posee una ventaja competitiva con otras zonas de producción
- El diseño de invernaderos es muy importante ya que permite que estos sean más eficientes para captar luz, mantener temperatura y desalojar el agua de lluvia.
- El cálculo de materiales es fundamental, ya que su costo va en aumento, y la elección y compra de los mismos es crucial a la hora del determinar la mejor relación costo/beneficio
- Por su parte, la ventilación natural es el método más barato para reducir la temperatura interna de los invernaderos, y el cálculo y diseño de las ventanas permitirá aumentar este tipo de ventilación, haciendo más eficiente nuestra estructura.
- Los invernaderos de tipo chileno son más eficientes para ventilar, y se pueden construir varios juntos, pero también son más caros (más material).

9. Bibliografía.

- Francescangeli, N.; Mitidieri, m. 2006. El invernadero hortícola, estructura y manejo de cultivos. INTA, EEA San Pedro, 70 pp. Recuperado el 24 de enero de 2022, de https://inta.gob.ar/sites/default/files/intasp-invernadero_horticola_estructura-cvos.pdf
- Lenscak, M. P.; Iglesias, N. 2019. Invernaderos. Tecnología apropiada en las regiones productivas del territorio nacional argentino (del paralelo 23 al 54). INTA, IPAF Región Pampeana, 226 pp. Recuperado el 24 de enero de 2022, de https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_-_invernaderos.pdf



Ministerio de Agricultura,
Ganadería y Pesca
Argentina