

GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE AGRICULTURA
COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO

DIAGNÓSTICO DE FUENTES DE AGUA NO CONVENCIONALES EN EL REGADÍO INTER-REGIONAL

INFORME FINAL

TOMO V

APENDICE 9

**RIEGO EN INVERNADEROS CON AGUA CAPTADA POR ATRAPANIEBLAS
(COMUNIDAD AGRÍCOLA PEÑA BLANCA)**

BIBLIOTECA
COMISION NACIONAL DE RIEGO

REALIZADO POR

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN

ENERO DE 2010

INDICE APENDICE 9 – TOMO V
**DIAGNÓSTICO DE FUENTES DE AGUA NO CONVENCIONALES EN EL
REGADÍO INTER- REGIONAL**

Informe Final

	<u>Pág.</u>
Riego en invernaderos con agua captada por atrapanieblas (Comunidad Agrícola Peña Blanca)	247
1 Descripción Básica del Proyecto.	247
1.1 Antecedentes Generales Peña Blanca.	249
1.2 Geología.	249
1.3 Área de Estudio.	250
1.4 Antecedentes del uso de atrapanieblas	252
2 Memoria de Cálculo.	252
2.1 Atrapanieblas.	252
2.2 Sistema de Aducción Atrapanieblas.	258
2.3 Diseño del invernadero.	262
2.3.1 Cálculo de pérdida de calor en invernadero.	263
2.4 Sistema de Riego por cinta.	271
3 Planos	280
4 Análisis preliminar de expropiaciones y/o servidumbres	280
5 Presupuestos.	280
6 Calendario de inversiones de las obras.	281
7 Evaluación técnica del proyecto con otras fuentes de agua convencionales.	282
8 Evaluación económica.	282
9 Evaluación ambiental.	292
9.1 Identificación de impactos ambientales	292
9.2 Plan de Prevención de Riesgos	294
9.3 Plan de Contingencias	296

Continuación Índice Apéndice 9...

	9.4 Estimación de los costos a nivel de prefactibilidad de estas medidas	298
10	Evaluación legal.	298
11	Análisis del impacto agroproductivo, legal y económico.	301
	Anexos (CD Adjunto)	

INDICE APENDICE 9. CUADROS

DIAGNÓSTICO DE FUENTES DE AGUA NO CONVENCIONALES EN EL REGADÍO INTER- REGIONAL

Informe Final

<u>Cuadro</u>		<u>Pág.</u>
1	Ubicación de los Atrapanieblas.	253
2	Características de los Atrapanieblas.	253
3	Presión básica para diferentes alturas sobre el suelo.	255
4	Información geométrica del trazado de la matriz.	261
5	Condiciones iniciales del diseño.	262
6	Resumen de resultados.	262
7	Resultados de calores perdidos en invernaderos para tomates.	270
8	Resultados de calores perdidos en invernaderos para flores.	270
9	Evapotranspiración potencial para los meses de máxima demanda	273
10	Requerimientos del cultivo de tomate a través de riego por cinta y características del diseño.	275
11	Requerimientos del cultivo de liliun a través de riego por cinta y características del diseño.	276
12	Pérdidas de carga en sistema de riego	279
13	Presupuesto considerado para el total del proyecto	281
14	Calendario de ejecución de obras para la construcción de Atrapaniebla.	281
15	Ficha Técnica para el cultivo de Tomate en invernadero frío según formato INDAP.	285
16	Ficha Técnica para el cultivo de Liliun en invernadero frío según formato INDAP.	286

Continuación Índice Apéndice 9. Cuadros...

17	Flujo de Caja para un horizonte de 30 años.	289
18	Análisis de sensibilidad para el proyecto de Comunidad Agrícola Peña Blanca.	291
19	Matriz de Leopold para proyecto Peña Blanca	293
20	Costos anuales a nivel de prefactibilidad de medidas de prevención y mantención	298
21	Líneas de financiamiento existentes	305

INDICE APENDICE 9. FIGURAS

DIAGNÓSTICO DE FUENTES DE AGUA NO CONVENCIONALES EN EL REGADÍO INTER- REGIONAL

Informe Final

<u>Figura</u>		<u>Pág.</u>
1	Ubicación de Comunidad Agrícola Peña Blanca	248
2	Esquema de componentes del proyecto	248
3	Plano geológico del área donde se emplazarán los Atrapanieblas.	249
4	Ubicación de los invernaderos y atrapanieblas en Peña Blanca	250
5	Esquema de Atrapanieblas	256

Riego en invernaderos con agua captada por atrapanieblas (Comunidad Agrícola Peña Blanca)

1 Descripción básica del proyecto

Se presenta el desarrollo del proyecto “Uso de fuentes de agua no convencionales en la Comunidad Agrícola Peña Blanca, Comuna de Ovalle, Provincia de Limarí, región de Coquimbo”, perteneciente al estudio “Diagnóstico de fuentes de agua no convencional en el regadío interregional”, que actualmente está realizando el Departamento de Recursos Hídricos de la Facultad de Ingeniería Agrícola, Universidad de Concepción, y encargado por la Comisión Nacional de Riego.

El presente estudio de pre-factibilidad se realizó en los terrenos de la Comunidad Agrícola Peña Blanca, ubicada en las coordenadas 225.317 m E y 6.577.549 m S, (Figura 1). El proyecto tiene como propósito la captación de agua atmosférica por medio de atrapanieblas, para ser utilizada en riego en invernaderos. La instalación de los atrapanieblas, se realizará en Cerro Grande.

Para la captación del agua atmosférica, se considera la instalación de 10 atrapanieblas de 43 m² cada uno, permitiendo captar un volumen promedio anual de 2,8 m³ día⁻¹. Esta agua será conducida por medio de una matriz de aducción hasta estanques de acumulación. Estos estanques abastecerán de agua para el riego de hortalizas y flores, los que serán cultivados en dos invernaderos de 270 m² cada uno. El sistema de riego considera sistema de control manual y riego con cinta.

El proyecto en su totalidad, está constituido por: 10 atrapanieblas, Matriz de aducción de atrapanieblas, 1 estanque de acumulación de emergencia (2.400 L), aducción de estanques de acumulación (longitud de 1.168 m de tubería HDPE PN10 de 32mm), 5 cámaras rompe presión de polietileno, 2 estanques de acumulación (6.200L c/u), sistema de control de estanques (válvulas de corte), sistema de riego (tuberías de conducción, sistema de control y cinta de riego) y 2 invernaderos (tipo capilla). Una representación de estas componentes se presenta en la Figura 1.

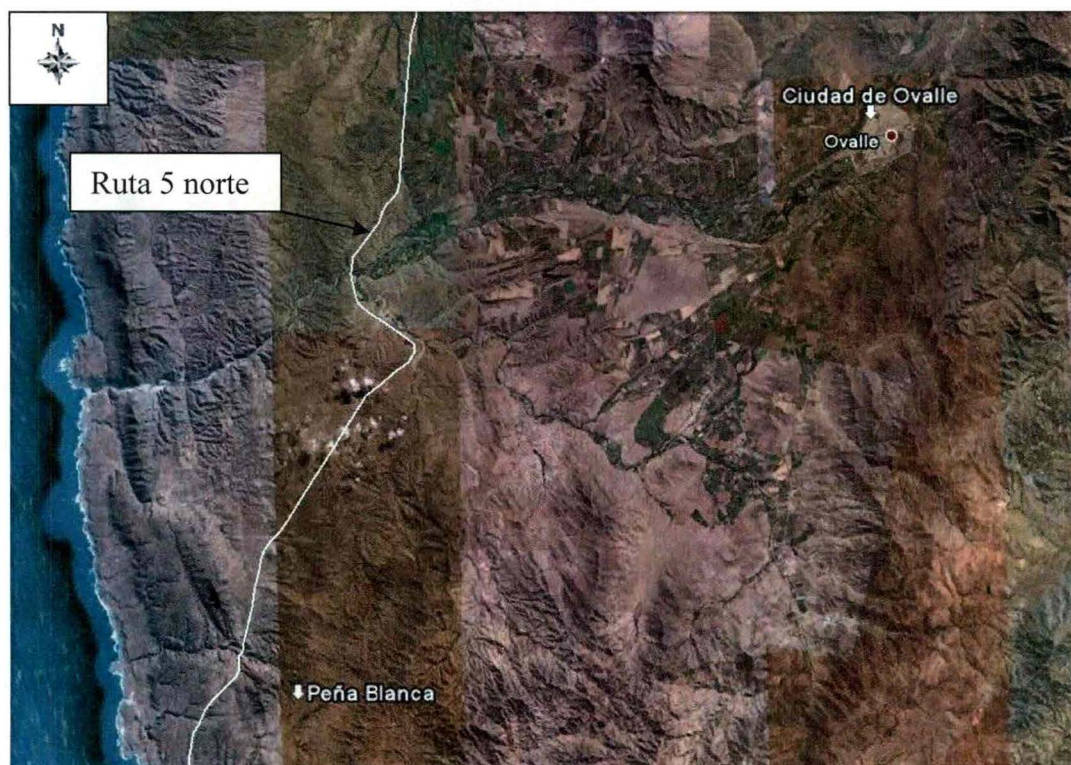


Figura 1: Ubicación de Comunidad Agrícola de Peña Blanca.

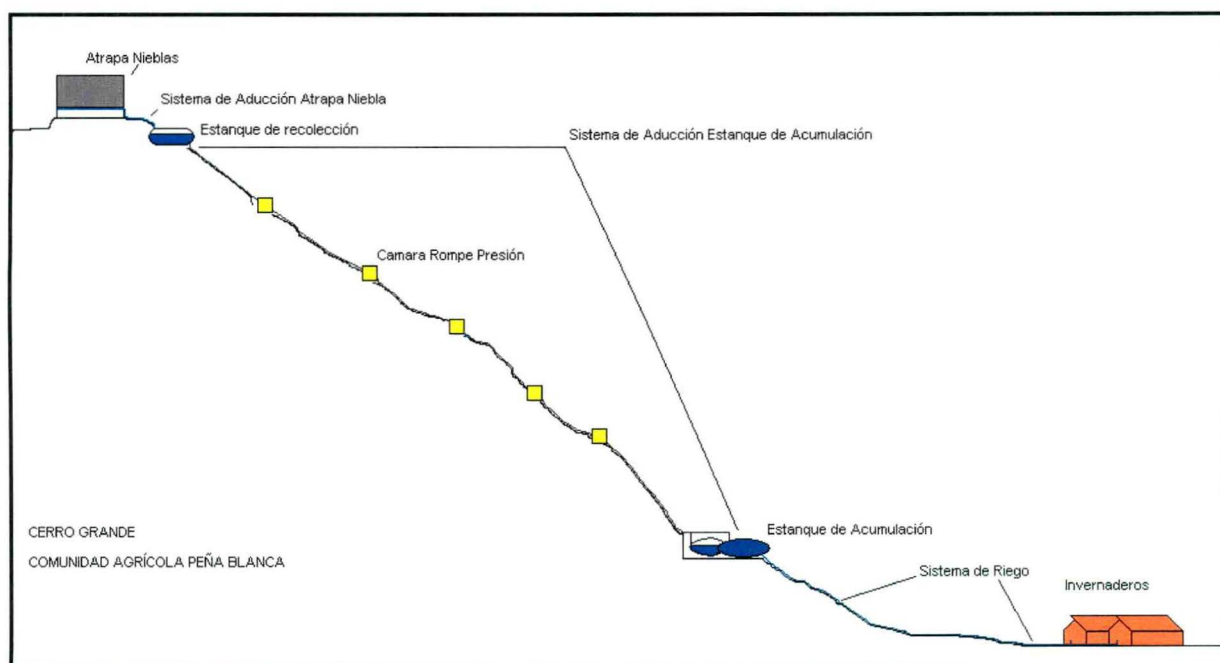


Figura 2: Esquema de componentes del proyecto.

1.1 Antecedentes Generales Peña Blanca.

Peña Blanca se encuentra ubicada a 60 Km al sur oeste de Ovalle, Provincia de Limarí que colinda por el poniente con la Carretera Panamericana.

El clima es semiárido con nubosidad abundante que se presenta a lo largo de toda la costa. Su influencia llega hasta el interior hasta aproximadamente 49 km, por medio de los valles transversales y quebradas. Su mayor característica es la abundante nubosidad, humedad y temperaturas moderadas, con un promedio de precipitaciones de 120 mm anuales con un período seco de 8 a 9 meses

1.2 Geología.

En la zona de influencia del proyecto, se pueden apreciar rellenos cuaternarios que corresponden a rellenos recientes formados por la Quebrada San Pedro y el estero Locayo. La parte superior de los rellenos recientes del estero Locayo sobre-yacen rellenos Terciarios del Mioceno-Plioceno (Tmp1). Todos estos rellenos se encuentran ubicados sobre formaciones de rocas del Paleozoico (Pz y Pzg). En este caso, cae destacar que el Cerro Grande, corresponde al Batolito de la Costa (Pzg).

Desde el punto de vista hidrogeológico, principalmente los rellenos formados por la Quebrada San Pedro y en menor medida los depósitos más antiguos pueden almacenar agua, sin embargo la recarga se ve limitada por la escasez de precipitaciones características de la zona.

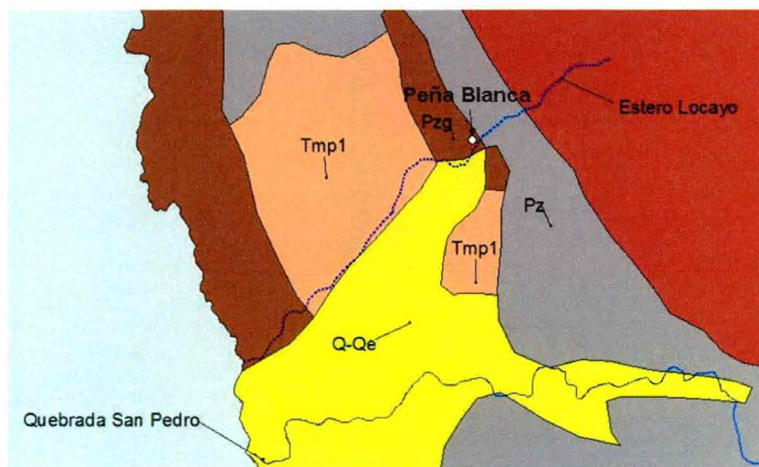


Figura 3. Plano geológico del área donde se emplazarán los Atrapanieblas.

1.3 Área de Estudio.

El estudio se realizó en la Comunidad Agrícola Peña Blanca, la cual cuenta con una superficie de 6.500 ha. La instalación de los atrapanieblas, se considera en la cumbre de Cerro Grande (cota 654,9 m) y los invernaderos, a los pies de este (cota 290,6 m).

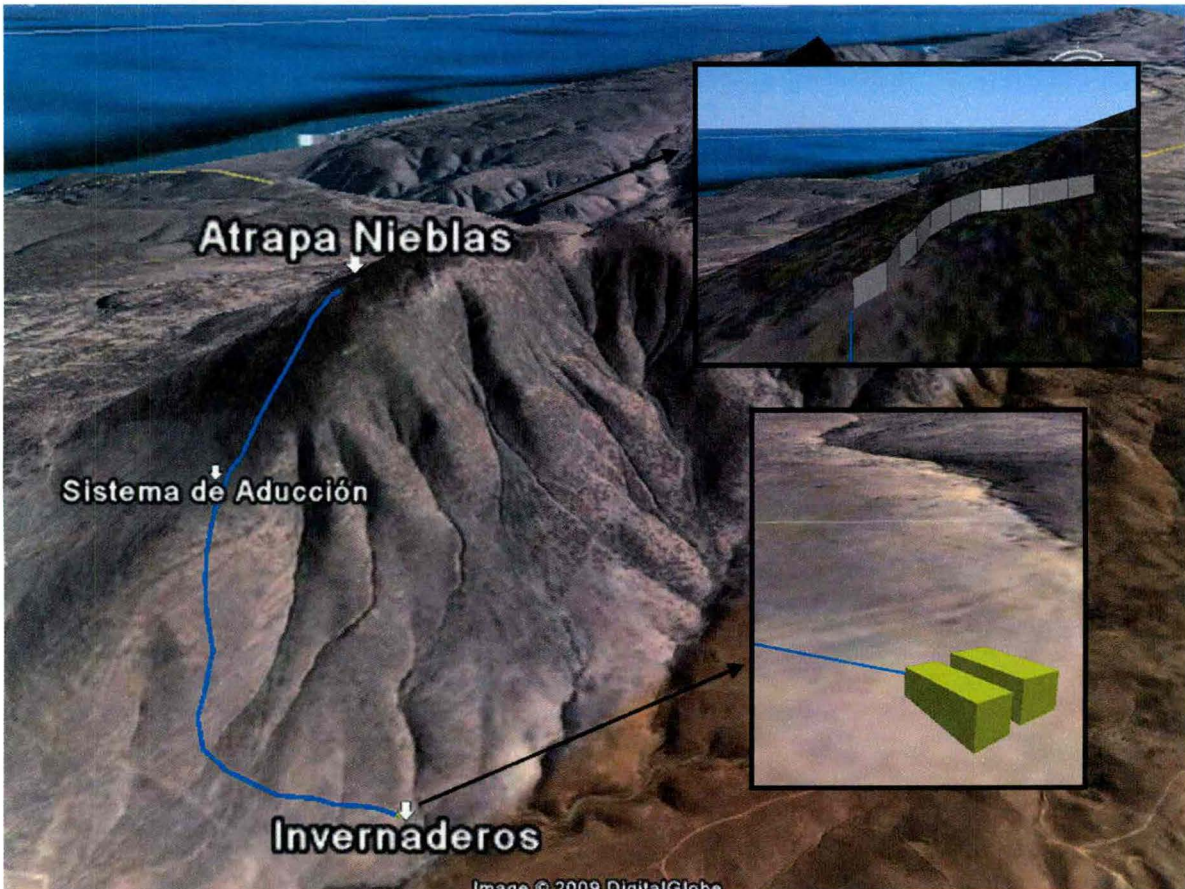


Figura 4: Ubicación de los invernaderos y atrapanieblas en Peña Blanca.

La Comunidad Agrícola Peña Blanca está organizada por los estatutos de la constitución y administración de acuerdo con la ley: existe una directiva encargada de la administración y representación de los intereses de la comunidad, compuesta por un presidente, un secretario, un tesorero y varios directores, además de los respectivos suplentes.

La junta general de comuneros es la primera autoridad de la Comunidad Agrícola y sus acuerdos afectan a todos los comuneros, cada comunero tiene derecho a voto y en la asamblea se resuelven los distintos temas acerca del uso del suelo comunitario, derechos de pastoreo, entre otros temas.

En la comunidad se han desarrollado varias y nuevas líneas de desarrollo desde el punto de vista de ordenamiento territorial, teniendo en cuenta que el principal activo de la comunidad es la propiedad de las tierras.

A partir de esas experiencias: características geográficas y necesidades hídricas de la zona; se han enfocado este último tiempo a la elaboración de proyectos a largo plazo, en conjunto de profesionales de Servicio País.

Dichos proyectos están compuesto de cinco líneas de estrategia: medio ambiental (degradación de suelos), forestación (nativas y forrajeras), ganadería (INDAP), productivo y social.

En una de ellas se estableció un área protegida y se creó la reserva Cerro Grande, un terreno de 100 ha en la ladera del monte que fue cercada en donde han plantado 850 árboles nativos; bosque que se riega con el agua recolectada por cuatro atrapanieblas.

En cuanto a la disponibilidad de agua de uso domestico, es limitada y es extraída de pozos del sector. Ahora si se habla del recurso agua para la agricultura y ganadería ésta presenta otra condición muy desfavorable, debido a la sequía que se ha presentado a través del tiempo, producto de las escasas lluvias, siendo esta el principal recurso para la siembra de cultivos anuales como trigo y cebada (hoy casi desaparecidas en la región) provocando que muchas personas emigren en busca de nuevas fuentes laborales.

1.4 Antecedentes del uso de Atrapanieblas.

En Chile existen casos que se han desarrollado, siendo el más conocido el construido en el Tofo, que abasteció de agua a la localidad de Chungungo, con un rendimiento de $15 \text{ m}^3\text{día}^{-1}$. Este fue un proyecto muy conocido y publicado, que finalmente fracasó porque la Comunidad no lo aceptó. Ellos prefirieron que se construyera una tubería de 20 kilómetros para abastecerse de agua, pues esto le garantizaba seguridad y además pudo asegurar el crecimiento poblacional, debido irónicamente al éxito de los Atrapanieblas.

Una nota especial se debe realizar sobre el proyecto “Torre de Niebla Costera”. Este proyecto obtuvo el premio Next Generation, para la construcción sostenible, otorgado por la compañía Holcim a su diseño de una torre recolectora de agua de niebla para la región de Huasco, al oeste del desierto de Atacama.

Básicamente el proyecto consiste en la construcción de una torre de 200 metros de altura que logra capturar en forma pasiva el agua que es transportada en la Camanchaca. La estrategia consiste en la construcción de torres cubiertas de plástico de alta densidad que capturaría las gotas de agua y las trasladaría a la base de madera donde se eliminaría la sal con un proceso de ósmosis inversa. Así se capturarían hasta 50.000 litros de agua al día.

2 Memoria de cálculo

2.1 Atrapanieblas.

Este sistema tiene como objetivo captar la niebla (agua atmosférica) proveniente de la costa. Esto se logra por medio de estructuras de intercepción de niebla, instalados en el punto más alto de Cerro Grande; el agua obtenida será conducida hacia una zona de acumulación, donde se instalará dos estanques de almacenaje. La diferencia de cota entre el punto de captación y la zona de acumulación es de 330 metros.

Las coordenadas UTM (datum WGS 84, huso 19) donde se instalarán los atrapanieblas en el Cerro Grande se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1: Ubicación de los Atrapanieblas.

	Este (m)	Norte (m)	Cota (m)
Atrapanieblas	252379	6578476	654,9
	252392	6578419	652,2
	252405	6578364	648,0

Según la información existente por un Standard Fog Collector (S.F.C.) o Neblinómetro instalado en Cerro Grande, se obtuvo que durante los meses de mayor demanda (octubre a febrero) en promedio se cosecha $7 \text{ L m}^{-2} \text{ día}^{-1}$.

En consecuencia para el proyecto en ejecución se instalaran 10 atrapanieblas en los que se recolectará un volumen aproximado de 2800 L día^{-1} . Las magnitudes para su construcción son mostradas en Cuadro 2.

Cuadro 2: Características de los Atrapanieblas.

Dimensiones:	
Alto Total (m)	5
Alto sección de captación de niebla (m)	3,6
Largo (m)	12
N° de Atrapanieblas	10
Superficie total de captación (m^2)	432

Cálculo Estructural

La principal demanda estructural de un atrapaniebla es la carga que debe soportar por acción del viento.

El análisis del efecto del viento, corresponde al provocado por una carga viva. La determinación de la carga viva apropiada para un sistema estructural es complicada, debido a dos factores:

- La incertidumbre de la magnitud de la carga en sí misma
- El lugar sobre el que actúa la carga en cualquier instante dado.

La metodología de análisis para el fenómeno en Chile se sigue por medio de la NCh 432 Of 71 “Cálculo de la acción del viento sobre las construcciones”.

Para comenzar, se supone que la acción del viento es perpendicular a la superficie sobre la que actúa, y que ella puede ser de presión sobre la superficie (positivo) o de succión (negativo). La presión y succión se expresan en kilogramos-fuerza por unidad de superficie y dependen de la presión básica del viento y de la forma total de la construcción.

Sobre la base de la NCh 432 Of 71, se determina la acción del viento sobre los atrapanieblas considerando:

- 1) El atrapaniebla tendrá una altura de 5 metros.
- 2) El atrapaniebla estará ubicado a 655 metros sobre el nivel del mar.

La presión básica del viento se calcula como:

$$q = \frac{u^2}{16}$$

Donde:

q : Presión básica (kg m^{-2})

u : Velocidad máxima instantánea del viento (m s^{-1})

Para utilizar la ecuación anterior, la norma establece que la velocidad del viento, debe ser obtenida usando una estadística de más de 20 años.

En caso de no poseer dicha estadística de velocidades, la norma permite usar una presión básica de 70 kg m^{-2} (Cuadro 3).

Cuadro 3: Presión básica para diferentes alturas sobre el suelo

Construcciones situadas en la ciudad o lugares de rugosidad comparable, a juicio de la autoridad revisora		Construcciones situadas en campo abierto, ante el mar, o en sitios asimilables a estas condiciones, a juicio de la autoridad revisora	
Altura sobre el suelo (m)	Presión básica q (kg m ⁻²)	Altura sobre el suelo (m)	Presión básica q (kg m ⁻²)
0	55	0	70
15	75	4	70
20	85	7	95
30	95	10	106
40	103	15	118
50	108	20	126
75	121	30	137
100	131	40	145
150	149	50	151
200	162	75	163
300	186	100	170

Fuente NCh 432 Of 71.

Superficie de cálculo.

Considerando una superficie perpendicular a la dirección del viento y de acuerdo a la norma, se considera un factor de forma (c):

$$C = 1,2$$

Presión de cálculo:

$$q_c = q \cdot C = 70 \cdot 1,2 = 84 \frac{kg}{m^2}$$

Donde:

q_c : Presión de Cálculo (kg m⁻²).

q : Presión básica (kg m⁻²).

C : Factor de forma.

Calculo de acción del viento.

Se considera un ancho de 12 m y un alto de 3,6m (sección de captación).

$$Area = 12m \cdot 3,6m = 43,2m^2$$

La fuerza por acción del viento puede ser calculada de:

$$F = q_c \cdot A$$

$$F = 84 \cdot 43,2 = 3628,8 \text{ kg}$$

Donde:

F : Fuerza por acción del viento (kg).

q_c : Presión de Cálculo (kg m^{-2}).

A : Área (m^2).

Verificando torsión en la base del poste:

$$C_m = \frac{h}{2} + h'$$

Donde:

C_m : Centro de momento (m)

h : Altura del atrapaniebla (m)

h' : Altura desde la base hasta donde comienza la sección de captación (m)

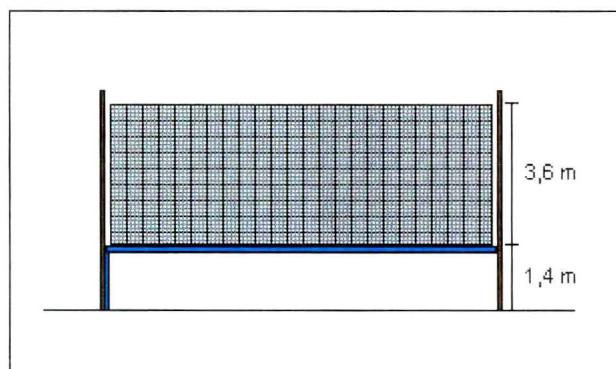


Figura 5: Esquema de Atrapanieblas.

Reemplazando los valores se tiene:

$$C_m = \frac{3,6}{2} + 1,4 = 3,2$$

La fuerza del viento (M) se ubica en el centro de la malla

$$M = F \cdot C_m$$

$$M = 3628,8 \cdot 3,2 = 11612,16 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

Para pino radiata seco, se tiene que la tensión admisible es de

$\sigma_{adm} = 75 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$, para una sección circular la tensión queda dada por:

$$\sigma_{adm} = \frac{M}{W}$$

Donde:

σ_{adm} : Tensión admisible (kg cm^{-2}).

W : Modulo de elasticidad (cm^3).

Y queda determinado por:

$$W = \frac{\pi \cdot r^3}{4}$$

En este caso $W = 823 \text{ cm}^3$.

Reemplazando:

$$\sigma = \frac{11612}{823} = 14,11 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^3}$$

Luego $\sigma \ll \sigma_{adm}$ se verifica la resistencia. Dada la experiencia en este tipo de estructura se debe cuidar el anclaje de los elementos en el suelo y el amarre de los alambres tensores.

2.2 Sistema de Aducción Atrapanieblas.

El sistema comprende la recolección del agua a través de los atrapanieblas y trasladada por medio de tuberías de conducción (Tubería HDPE clase PN 10 32mm) hacia estanques de almacenajes aguas abajo. Con esta base se realizó el dimensionamiento hidráulico de la tubería.

Cálculos hidráulicos.

Las cañerías de riego seleccionadas deben cumplir con los siguientes requisitos: Las pérdidas de carga teóricas deben ser iguales a las pérdidas de carga calculadas utilizando el sistema de balance de energía. El propósito es que la acción de la gravedad sea superior a la resistencia interna de la tubería.

$$J_{Teórico} = \frac{Q^{1,85}}{(0,28 \times c)^{1,85} \times d^{4,86}}$$

Donde:

$J_{Teórico}$: Pérdida de carga teórica, formula de Hazen y Williams.

Q : Caudal ($m^3 s^{-1}$).

c : Constante de Hazen-Williams, para polietileno de alta densidad HDPE=150.

d : Diámetro interior de la tubería (m).

$$J_{Energía} = \frac{(Z_{inicial} - Z_{final}) - \frac{V^2}{2 \cdot g}}{L}$$

Donde:

$J_{Energía}$: Pérdida de energía unitaria según el balance de energía (Bernoulli).

V : Velocidad del agua al interior de la tubería ($m s^{-1}$)

g : Aceleración de gravedad = $9,81 (m s^{-2})$.

$Z_{inicial}$: Cota inicial (m).

Z_{final} : Cota final (m).

L : Longitud del tramo en estudio (m).

Los cálculos son realizados considerando una carga permisible tanto estática como dinámica de hasta 60 m. Este valor se elige para minimizar los riesgos de rotura de cañerías y filtraciones.

Golpe de Ariete.

Además del simple cálculo hidráulico, se debe considerar el efecto del golpe de ariete en la selección de la tubería, el cuál confirmará si la selección de la tubería es la apropiada.

Para dicho efecto se utiliza la ecuación de la teoría elástica de Joukovsky¹, basada en la teoría de la onda elástica.

$$h = \frac{-a \times \Delta V}{g}$$

Donde:

h : Variación de presión, ecuación de Joukovsky (m.c.a).

a : Velocidad de la onda (m s^{-1}).

ΔV : $V_{final} - V_{inicial}$ (m s^{-1}).

g : Aceleración de gravedad 9,81 (m s^{-2}).

Para calcular la velocidad de la onda se utiliza la siguiente expresión:

$$a = \sqrt{\frac{1}{\frac{\rho}{g} \times \left(\frac{1}{k} + \frac{d}{e \times E} \right)}} = \sqrt{\frac{1421}{\left(1 + \frac{k \times d}{e \times E} \right)}}$$

¹ Fuente: Catálogo de diseño y selección de tuberías de PECC, Tehmco.

Donde:

a : Velocidad de onda (m s^{-1})

ρ : Peso específico del agua (1.000 kg m^{-3}).

k : Módulo de compresión del agua ($2,06 \times 10^4 \text{ kg cm}^{-2}$;

e : Espesor mínimo de la pared de la tubería (cm).

E : Módulo de elasticidad tuberías de PECC = 8.000 kg cm^{-2} (Tubería nueva, $T = 20^\circ \text{ C}$).

d : Diámetro interior de la tubería (cm).

Las mayores sobrepresiones o subpresiones se obtienen cuando el tiempo de corte o cierre de una válvula es menor o igual al tiempo de cierre crítico, T_c (Ecuación de tiempo crítico) en función del largo (L) y la velocidad de la onda (a).

$$T_c = \frac{2 \times L}{a}$$

La sobrepresión y subpresión máxima producida por la detención repentina de un cierre de alguna válvula o simplemente una obstrucción brusca, puede afectar estructuralmente a la tubería.

Este efecto se prolonga por una longitud que se determina con la siguiente ecuación, propuesta por Allieve (Frederick S. Meritt).

$$L_{\Delta H \text{ Máx}} = L - \frac{a \times T}{2}$$

Donde

L : Longitud del tramo de tubería.

a : Velocidad de la onda (m s^{-1}).

T : Tiempo de corte (s).

$L_{\Delta H \text{ Máx}}$: Longitud que será afectada por la sobrepresión máxima (m).

Los cálculos para cada uno de los tramos considerados en la conducción del agua desde la captación en los atrapaniebla, hasta los invernaderos, se entregan en el Anexo 1 CD adjunto.

Cálculos estructurales.

Las cámaras consideradas como rompe presión, son cámaras de polietileno de alta resistencia, comercializadas por la empresa Infraplast. En el interior de estas cámaras se considera una boquilla disipadora de energía, la que consiste en una malla que permite generar el efecto de challa. Mayor detalle de la configuración de esta boquilla y de la dimensión de las cámaras, se presenta en el Plano 3 de CD adjunto.

Estudios geotécnicos.

No competen a la naturaleza del proyecto.

Diseños.

El diseño contempla las siguientes condiciones:

- Se proyectarán cámaras aliviadoras o rompe-presiones hasta 60 metros de diferencia de cota o desnivel, como límite máximo.
- Se verificará hidráulica y mecánicamente la tubería que se proyecte.

Cuadro 4: Información geométrica del trazado de la matriz.

Tramo	Cota inicial (m)	Cota Final (m)	ΔZ (m)	Longitud tubería (m)
1	643	595	48	162,21
2	595	535	60	147,59
3	535	475	60	171,94
4	475	415	60	204,36
5	415	355	60	236,65
6	355	325	30	244,67
7	325	290	35	336,16

Cuadro 5: Condiciones iniciales del diseño.

Condiciones iniciales		
$Q_{\text{Máx}}$	0,052	L s^{-1}
D	32	mm
e_{Pared}	2,3	mm
PN	10	
$C_{\text{Hazen Williams}}$	150	

Los resultados de los tramos en los que se ha dividido el trazado de la tubería matriz son los siguientes:

Cuadro 6: Resumen de resultados.

Resumen Tramos	Energía	Golpe de Ariete
1	Cañería OK, Energía>Fricción	Cañería Bien Dimensionada
2	Cañería OK, Energía>Fricción	Cañería Bien Dimensionada
3	Cañería OK, Energía>Fricción	Cañería Bien Dimensionada
4	Cañería OK, Energía>Fricción	Cañería Bien Dimensionada
5	Cañería OK, Energía>Fricción	Cañería Bien Dimensionada
6	Cañería OK, Energía>Fricción	Cañería Bien Dimensionada
7	Cañería OK, Energía>Fricción	Cañería Bien Dimensionada

2.3. Diseño del invernadero.

La obtención de cultivos fuera de estación, cuando las condiciones ambientales externas son desfavorables, constituye la razón principal de construcción de un invernadero. Claro está que la rentabilidad del cultivo aportada por el empleo de un invernadero, debería ser mayor que el cultivo fuera del invernadero.

Los factores que determinan la elección en la ubicación de un invernadero, atienden principalmente al clima, el mercado, la fuerza de trabajo, el transporte y vías de acceso. Luego que la ubicación ha sido decidida, se debe juzgar para el sitio seleccionado la topografía, aporte de agua, características de la luz y el viento, entre otras consideraciones.

Balance Energético

En el diseño de la estructura del invernadero, cobra especial importancia el mantener las condiciones internas apropiadas para el cultivo, es así que se prioriza el iniciar el análisis del diseño considerando balances energéticos.

Cabe mencionar que, para las condiciones climáticas del sector donde se realiza el estudio y eventual posterior proyecto, no es necesario aplicar un sistema de calefacción de invernadero, debido a que durante la noche no se alcanzan temperaturas extremas que perjudiquen o no favorezcan el crecimiento y desarrollo apropiado de los cultivos; además una aplicación de calefacción haría inviable un proyecto de este tipo, por el alto costo que este conlleva.

Sin perjuicio de lo anterior, el consultor considera realizar los cálculos de pérdida de calor dentro del invernadero para el período más crítico durante el invierno que es en los meses de julio hasta agosto, donde se registran las más bajas temperaturas anuales alcanzando los 6°C, a objeto de tener una estimación real de las condiciones de temperatura dentro del invernadero.

2.3.1. Cálculo de pérdida de calor en invernadero:

El cálculo de los componentes del balance energético en un invernadero, permite establecer el aporte energético que se requiere para mantener una determinada temperatura dentro del invernadero. Un balance general de energía de un invernadero se puede plantear si se considera:

$$Ganancias - Perdidas = 0$$

Es imprescindible, por tanto, obtener la temperatura adecuada a fin de evitar daños a las plantas. Durante el período nocturno se alcanzan las temperaturas más bajas del sistema. La ecuación general del balance energético en un invernadero para la noche se puede expresar (Matallana y Montero, 1988):

$$Q = R_{emit} + Q_{cc} + Q_{ren} + Q_g$$

Donde:

Q : Calor liberado en el período nocturno ($W\ m^{-2}$).

R_{emit} : Calor neto emitido por el invernadero ($W\ m^{-2}$).

Q_{ren} : Calor perdido por renovación de aire ($W\ m^{-2}$).

Q_g : Flujo de calor a través del suelo ($W\ m^{-2}$).

Pérdidas de Energía en el invernadero.

- **Intercambio radiativo entre el invernadero y la atmósfera (R_{emit})**

El balance energético de un invernadero para el período nocturno, permite determinar que las pérdidas energéticas son importantes y deben ser compensadas eventualmente con el aporte artificial de calor. En la zona en estudio, el aporte energético que representa la radiación solar durante el día evita que se recurra al uso de la calefacción, e incluso hace necesario ventilar los invernaderos con el fin de limitar las elevaciones excesivas de temperatura.

Durante el período nocturno, la radiación neta corresponde a la pérdida de calor emitida por el invernadero:

$$RN = R_{emit}$$

Donde:

RN : Radiación neta termal ($W\ m^{-2}$)

La estimación de la radiación neta termal implica el cálculo de términos difíciles de predecir, tales como la radiación a través del suelo, radiación termal de la atmósfera y la radiación de la pared externa, entre otros. Una ecuación que permite comparar los datos disponibles en este estudio con instrumentos para la radiación neta nocturna es la ecuación de Simpkins:

$$R_{emit} = \sigma \cdot A_g \cdot \tau \cdot (\varepsilon_g \cdot T_g^4 - \varepsilon_a \cdot T_\infty^4)$$

Donde:

A_g : Área total de suelo del invernadero (m²).

σ : Constante de Stefan-Boltzmann (W m⁻²K⁻⁴).

T_g : Temperatura de la superficie del suelo (K).

T_∞ : Temperatura del aire externo (K).

τ : Transmisividad de la cubierta del invernadero.

ε_a : Emisividad de la atmósfera.

ε_g : Emisividad del suelo.

La emisividad de la atmósfera se estima dentro de los siguientes márgenes:

- Para un cielo despejado es entre 0,73 y 0,83.
- Para un cielo totalmente cubierto de nubes negras, su valor es 1,0.

De acuerdo con lo anterior, es habitual considerar un valor medio entre lo que sería un día cubierto y un día despejado, asumiendo una valor igual a 0,87. En el caso de la emisividad termal del suelo prudente utilizar un valor promedio de 0,93, puesto que en raras ocasiones su valor es inferior a 0,90 y generalmente no excede de 0,96.

- **Intercambios energéticos por conducción-convección (Q_{cc}).**

Estos intercambios comprenden principalmente aquellos implicados en el interior del invernadero, en la parte externa del material de cobertura y entre el interior y el exterior. La ecuación de conducción y convección es:

$$Q_{cc} = U \cdot (T_m - T_{\infty}) \cdot A$$

Donde:

U : Coeficiente global de intercambio de calor ($\text{W m}^{-2} \text{ }^{\circ}\text{K}^{-1}$).

T_m : Temperatura interna del invernadero ($^{\circ}\text{C}$).

T_{∞} : Temperatura externa del aire ($^{\circ}\text{C}$).

A : Área perpendicular al flujo de calor (m^2).

El criterio adoptado para el diseño de la calefacción del invernadero en estudio tiene como objetivo evitar que la planta sufra daños por heladas, lo que cobra importancia al trabajar con cultivos susceptibles a las heladas, como lo son tomates y flores. Para este caso la diferencia de temperatura ($T_m - T_{\infty}$) se calcula tomando como temperatura externa (T_{∞}) la mínima absoluta del mes más frío y como temperatura interior, la mínima requerida por el cultivo:

$$(T_m - T_{\infty}) = T_{\min} - T_{\min \text{ abs}}$$

Donde:

$T_{\min}$: Temperatura mínima del cultivo ($^{\circ}\text{C}$).

$T_{\min \text{ abs}}$: Temperatura mínima absoluta ($^{\circ}\text{C}$).

El coeficiente global de intercambio de calor (U) es un término que involucra, resistencia a la convección interna $\left(\frac{1}{h_i}\right)$, conducción en la pared $\left(\frac{e}{K^*}\right)$ y convección externa $\left(\frac{1}{h_e}\right)$. De este modo:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{e}{K^*} + \frac{1}{h_e}}$$

Donde:

h_i : Coeficiente de convección interna del invernadero ($\text{W m}^{-2} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$).

h_e : Coeficiente de convección externa del invernadero ($\text{W m}^{-2} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$).

K^* : Coeficiente de conducción térmico del polietileno ($\text{W m}^{-2} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$).

e : Peso de la cubierta (m).

Los resultados experimentales muestran que el caso de cubiertas para invernaderos el espesor es muy pequeño y el cociente de $\left(\frac{e}{K^*}\right)$, puede considerarse despreciable.

La estimación del coeficiente de convección interno (h_i) depende de la diferencia de temperatura entre el interior del invernadero y el medio ambiente, de las propiedades físicas del aire, de la geometría y la posición de la estructura. Para la estimación de este coeficiente se utiliza una serie de correlaciones, las cuales están en función de números adimensionales, Grashof (Gr_L) y Prandtl (Pr), que participan en la transferencia de calor.

Al no existir viento apreciable en el interior del invernadero, la transferencia corresponde al tipo de convección natural, que para el caso de las paredes, se aplica la teoría de placas verticales, y en el techo la teoría de placas inclinadas.

Placas verticales:

$$h_i = \left(\frac{k}{L} \right) c (GrL \cdot Pr)^n$$

$$GrL = (T_p - T_\infty) \cdot L^3 \cdot g \cdot \beta \left(\frac{1}{\nu^2} \right)$$

$$Pr = \left(\frac{\mu \cdot Cp}{k} \right)$$

Donde:

k : Conductividad térmica del aire ($\text{W m}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$).

L : Altura de la pared (m).

c : Coeficiente que depende del régimen de flujo (laminar o turbulento).

GrL : Número adimensional de Grashof.

Pr : Número adimensional de Prandtl.

n : Exponente que depende del régimen de flujo (laminar o turbulento).

g : Aceleración de gravedad (m s^{-2}).

β : Coeficiente de expansión térmica del aire ($^\circ\text{K}^{-1}$).

ν : Viscosidad cinemática del aire ($\text{m}^2 \text{ s}^{-1}$).

μ : Viscosidad absoluta del aire (N s m^{-2}).

C_p : Calor específico del aire a presión constante ($\text{J kg}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$).

T_p : Temperatura de la pared ($^\circ\text{C}$).

El coeficiente de convección interna del invernadero h_i queda determinado por:

$$h_i = \left(\frac{k \cdot 0,0775 (GrL \cos \theta)^{\frac{1}{3}}}{l} \right)$$

El coeficiente de convección externo (h_e), que corresponde al tipo de convección forzada, se estima considerando la existencia de vientos fuera del invernadero. Para el cálculo de este coeficiente se usará una ecuación experimental de Iqbal y Khatru (1977), para velocidades de vientos (u) menores o iguales a 20 (m s^{-1}):

$$h_e = 17,9 u^{0,576}$$

- **Cálculo de pérdida de calor por renovación de aire (Q_{ren}):**

A las pérdidas de calor por conducción-convección hay que añadir las que se producen por convección entre la atmósfera interna y externa, en cuanto que el invernadero nunca es completamente estanco. Este índice de renovación varía según el estado en que se encuentre el invernadero y la velocidad del viento. La ecuación de las pérdidas de calor por renovación del aire del invernadero es de la forma:

$$Q_{ren} = \frac{V}{Sc} \cdot R \cdot \rho \cdot (H_{in} - H_{ex})$$

Donde:

Q_{ren} : Calor liberado por renovación del aire del invernadero (W m^{-2}).

R : Tasa o índice de renovación.

ρ : Densidad del aire (kg m^{-3}).

$H_{in} H_{ex}$: Entalpía del aire interior y exterior al invernadero (kJ kg^{-1} aire seco).

V : Volumen del invernadero (m^3).

Sc : Superficie cubierta (m^2).

La hermeticidad del invernadero es de significativa importancia. Considerando que si se tiene en cuenta que un invernadero con bastante hermeticidad, en ausencia de viento, el valor de Q_{ren} es del orden de 1/10 del total de las pérdidas energéticas y puede alcanzar 1/5 con viento de 25 km hr^{-1} .

Los cuadros 7 y 8 muestran la energía calórica perdida en los invernaderos destinados al cultivo de tomates y flores, considerando las temperaturas que permiten su crecimiento.

Cuadro 7. Resultados de calores perdidos en invernaderos para tomates.

Ítem	W m⁻²
Pared Sur	18,129
Pared Norte	18,129
Pared Este	18,129
Pared Oeste	18,129
Techo Este	8,090
Techo Oeste	8,090
Subtotal Conducción-Convección	88,695
Radiación Neta Nocturna	2,51E-05
Renovación del Aire	1,707
Suelo	4,520
Total	94,922

Cuadro 8. Resultados de calores perdidos en invernaderos para flores.

Ítem	W m⁻²
Pared Sur	15,887
Pared Norte	15,887
Pared Este	15,887
Pared Oeste	15,887
Techo Este	6,030
Techo Oeste	6,030
Subtotal Conducción-Convección	
Radiación Neta Nocturna	2,51E-05
Renovación del Aire	1,706
Suelo	3,866
Total	81,185

Ventilación Natural

Un manejo de suma importancia para el cultivo en invernadero es la ventilación a través de la cual se controla la temperatura y humedad interna del invernadero, factores que inciden tanto en el crecimiento y desarrollo de los cultivos, como también en las patologías que los afectan. Condicionado por las características del diseño, se selecciona un tipo de “ventilación natural” que cumpla con los requerimientos económicos.

La mayoría de los invernaderos están contruidos con ventanas superiores (lucarnas) y laterales, que permiten que ingrese aire externo. Puesto que el aire caliente se eleva y, si se cuenta con una ventana superior (lucarna), se mueve dicho aire al exterior. La rapidez de este flujo puede incrementarse con la abertura (amplitud) de las ventanas laterales. En algunas zonas, los invernaderos de campo son diseñados con paredes laterales que puedan ser completamente removidos y que permitan un mayor flujo de aire.

Para la zona en estudio se determina no utilizar ventanas laterales debido a que estas aberturas hacen menos estable la estructura por el alto predominio de vientos costeros, los que eventualmente causan el rompimiento de la cobertura del invernadero (polietileno) derivando en una situación de reposición de material en estos casos, encareciendo los costos asociados al proyecto. De lo anterior, se proyecta solamente una abertura cenital o ventana superior (lucarna) de 0,42 m.

2.4 Sistema de Riego por cinta.

La selección del método de riego se basa principalmente en criterios que tienen relación con el cultivo, suelo, topografía, economía, clima, disponibilidad de mano de obra, así como labores vinculadas al desarrollo físico, manejo de riego entre otras.

El diseño se realizó para dos invernaderos tipo capilla con lucarna cenital, de 36 metros de largo por 7,5 metros de ancho cada uno. El largo de la hilera es de 32 m, con un marco de plantación que depende del cultivo.

En liliu, el marco de plantación es de 0,25 m entre hilera y distancia entre plantas es de 0,2 m, según el diámetro del cormo (12 cm). Obteniendo así cuatro hileras de flores por hilera de terreno proyectada para el invernadero.

De acuerdo a las necesidades de espacio del cultivo de tomates, el marco de plantación para este sistema de riego es de 0,5 m entre hilera y la distancia entre plantas es de 0,3 m. Obteniendo con este arreglo dos hileras de cultivo por hilera de terreno proyectada.

En la actualidad, el uso de tuberías perforadas (cintas de riego) del tipo T-tape, Bi-wall, o similares, constituyen una forma económica de aplicar agua. Todas ellas suministran un caudal continuo a lo largo de su recorrido, por lo que su característica se define en caudal por metro lineal de tubería.

Una vez cuantificada y caracterizada el agua disponible para riego, se considera en este diseño la evapotranspiración, tiempo disponible para el riego, frecuencia de riego, volumen de agua a aplicar, tiempo de riego por postura y pérdida de cargas en la red de tuberías, que son expuestos a continuación.

Cálculo de Evapotranspiración.

El cálculo de evapotranspiración en invernadero es un problema difícil de resolver, pues esta estimación requiere de los instrumentos necesarios para su registro, los que generalmente no están al alcance de un productor tipo en la zona.

Por tal motivo, se recurre al Mapa de Evapotranspiración Potencial de Chile Versión 1.0 (2000), desarrollado por SMARTSYS S.A. especialmente para la Comisión Nacional de Riego, para tener una estimación de la evapotranspiración potencial del sector en estudio. A continuación se muestra la salida del programa e el Cuadro 9.

Cuadro 9: Evapotranspiración potencial para los meses de máxima demanda.

Mes	[mm]	[m ³ /há]
Enero	176	1756
Diciembre	169	1686
Febrero	142	1424

Del Informe de evapotranspiración potencial, es posible apreciar que el mes crítico es Enero, alcanzando 176 mm de evapotranspiración, lo que equivale a 5,7 mm diarios para ese mes. Luego la evapotranspiración de cultivo se estima por:

$$Etc = Etp \cdot Kc$$

Donde

Etp : Evapotranspiración potencial (mm día⁻¹).

Kc : Coeficiente de cultivo.

Etc : Evapotranspiración del cultivo (mm día⁻¹).

Volumen de agua a aplicar.

El cálculo del volumen de agua a aplicar está condicionado principalmente por los requerimientos de agua del cultivo, así como la disposición del cultivo dentro del invernadero. En este diseño es fundamental determinar el tiempo de riego por postura, requiriéndose previamente conocer el caudal de descarga de la cinta y el volumen de agua aplicar.

$$Vt = \frac{Etc \cdot Mp}{ef}$$

Donde

Vt : Volumen total a aplicar.

Mp : Marco de plantación.

ef : Eficiencia de aplicación del riego (para goteo 90%).

Número de plantas.

El número de plantas totales por franja viene determinado por el marco de plantación para cada cultivo y por el largo total de la franja cultivada.

En el caso del tomate el cálculo de número total de plantas para el invernadero 1 es de 848 plantas, por lo tanto en cada franja son 212 plantas, lo que equivale a 106 por hilera cultivada.

Por otro lado, en el caso del liliun el cálculo de número total de plantas es de 2560 plantas, por lo tanto en cada franja son 640 plantas, lo que equivale a 160 por hilera cultivada.

$$N^{\circ} plantas = \left(\frac{Lf}{s} \right) \cdot m \cdot j$$

Donde:

Lf : Largo total de la franja

s : Separación entre plantas

m : Número de hileras cultivadas por franja.

j : Número de franjas del invernadero

Tiempo de riego por franja.

El cultivo requiere de un volumen de agua a aplicar en un tiempo de riego determinado a través de las cintas de goteo, las que emiten un caudal particular. Por otro lado se considera que el riego será realizado de lunes a viernes, por lo tanto es preciso incluir el volumen de riego de los días sábado y domingo para la determinación del tiempo total de riego estimado por jornada trabajada.

Finalmente con el tiempo de riego estimado en 4 horas por postura, donde se regarán cuatro franjas a la vez, se puede elegir la cinta de riego apropiada para las exigencias y condiciones de la planta (tomate).

$$Caudal\ cinta = \frac{\frac{Vt \cdot N^{\circ} Plantas}{Lf}}{Tiempo\ de\ riego}$$

La cinta seleccionada es una Tiger Tape® gotero HF, de 3,4 L h⁻¹ml⁻¹, con separación entre goteros de 0,32 m, un caudal nominal de 1,15 L h⁻¹ y un diámetro de 16mm. Esta cinta tiene un máximo rendimiento de entre 1,5 a 1,6 L h⁻¹ trabajando en un rango de presión de 10 a 12 m.c.a.

En los cuadros 10 y 11, se expresan los principales requerimientos de los cultivos y especificaciones de marco de plantación en los invernaderos.

Cuadro 10: Requerimientos del cultivo de tomate a través de riego por cinta y características del diseño.

Concepto	Unidad medida	Antecedentes
Superficie cubierta por riego	m ²	128
Cultivo		tomate
Caudal Disponible	L día ⁻¹	1400
Kc		1,2
Tiempo disponible por día	h	4
Espaciamiento entre hilera	m	0,5
Espaciamiento entre planta	m	0,3
Número de laterales por hilera		0,5
Eficiencia de aplicación		0,9
total plantas		853
largo hilera	m	32
numero de hilera por postura		8
Nº de invernaderos abastecidos		1

Cuadro 11: Requerimientos del cultivo de Liliun a través de riego por cinta y características del diseño.

Concepto	Unidad medida	Antecedentes
Superficie cubierta por riego	m ²	128
Cultivo		lilium
Caudal Disponible	L día ⁻¹	1400
Kc		1,1
Tiempo disponible por día	h	4
Espaciamiento entre hilera	m	0,25
Espaciamiento entre planta	m	0,2
numero de laterales por hilera		0,25
Eficiencia de aplicación		0,9
total plantas		2560
largo hilera	m	32
numero de hilera por postura		16
Nº de invernaderos abastecidos		1

Pérdidas de carga en la red de tuberías.

Las cintas de goteo, en su entrada requieren de una presión de trabajo para su funcionamiento óptimo. Desde la entrada a la red de tuberías se suman diferentes pérdidas de carga, las que requieren ser cuantificadas para establecer el rango de presión de ingreso al sistema y satisfacer los requerimientos de presión de la cinta de goteo.

Las pérdidas de carga totales se calculan para el último lateral (cinta), siendo el que presenta mayor desnivel en dirección contraria al flujo de agua. Para las pérdidas de carga totales se considera, la sumatoria de las pérdidas de carga a lo largo de las tuberías, pérdidas de carga por diferencia de cota, presión de operación de la cinta de goteo y pérdidas de carga por singularidades (conectores de empalme).

$$Hd = hf + Hfs + He + Pc$$

Donde:

Hd : Pérdidas de carga totales (m).

Hf : Pérdidas de carga por fricción a lo largo de la tubería (m).

Hfs : Pérdida de carga por singularidades (m).

He : Pérdidas de carga por diferencia de cota (m).

Pc : Presión de operación de la cinta (m).

Las pérdidas de carga por fricción (hf) a lo largo de las tuberías se obtienen de la ecuación de Darcy-Weisbach:

$$hf = f \cdot \frac{L}{D^5} \cdot \frac{8 \cdot Q_{total}^2}{\pi^2 g}$$

Donde:

hf : Pérdida de carga en la tubería de longitud L (m).

f : Coeficiente o factor de fricción

L : Largo de la tubería (m).

D : Diámetro interno de la tubería (m).

Q_{total} : Caudal ($m^3 s^{-1}$).

g : Aceleración de gravedad igual a $9,8 (m s^{-2})$.

Fsm : Factor de salidas múltiples de Christiansen.

n : Número de orificios en la tubería y cinta si se presentan.

Para el caso de las tuberías terciarias, se considera un factor adicional de salidas múltiples:

$$Fsm = \frac{1}{3} + \frac{1}{2n} + \frac{1}{6n^2}$$

Quedando la expresión de pérdidas de carga por fricción en el terciario, como:

$$h_f = f \cdot \frac{L}{D^5} \cdot \frac{8 \cdot Q_{total}^2}{\pi^2 g} \cdot F_{sm}$$

El coeficiente de fricción f está determinado por el número de Reynolds (R_e) de la siguiente manera para flujo laminar:

$$f = \frac{64}{R_e}$$

El número de Reynolds (R_e) es un número adimensional, que es dado por una relación entre las fuerzas de inercia de circulación de un fluido y las fuerzas de rozamiento interno de las partículas de un fluido, se expresa por:

$$R_e = \frac{D \cdot V}{\gamma}$$

Donde:

D : Diámetro de la tubería (m).

V : Velocidad del agua (m s^{-1}).

γ : Viscosidad cinemática del agua ($\text{m}^2 \text{s}^{-1}$).

El cálculo de pérdidas de carga por singularidades se obtiene a partir de:

$$H_{fs} = K \cdot \frac{V}{2g}$$

Donde:

H_{fs} : Pérdida de carga por singularidades (m).

V : Velocidad del agua a la salida del elemento hidráulico (m s^{-1}).

g : Aceleración de gravedad igual a $9,8 \text{ (m s}^{-2}\text{)}$.

K : Factor que depende del fitting o elementos hidráulicos.

Pérdidas de carga en lateral.

Para el caso de la Cinta de goteo, se utilizó las tablas de uniformidad y largos permitidos para la cinta Tiger Tape® gotero HF, de $3,4 \text{ L h}^{-1}\text{m}^{-1}$, con separación entre goteros de 0,32 m, un caudal nominal de $1,15 \text{ L h}^{-1}$ y un diámetro de 16mm. Las tablas suministradas por el fabricante, indican que considerando una pendiente 0%, el largo máximo permitido para obtener una coeficiente de uniformidad de 90%, es de 163 metro. Dado que el largo del lateral no supera los 32 m, se considera despreciable la pérdida de carga en el lateral.

Un resumen de las pérdidas de carga en el sistema de riego, se presentan en el Cuadro 12.

Cuadro 12: Perdidas de carga en sistema de riego.

Fricción	Pérdida de Carga (mca)
Terciario	0,757
Secundario	0,146
Principal	0,258
Singularidades	Pérdida de Carga (mca)
Sistema completo	0,145
Sistema	Pérdida de Carga (mca)
Cabezal de control (filtros)	4
Presión de operación	10
Total	15,3

3 Planos

Se incluyen en Anexo 2 (CD adjunto) del presente proyecto los siguientes planos del proyecto:

Sistema de impulsión:

- Plano de planta del proyecto,
- Perfil longitudinal de la aducción.
- Plano de planta del proyecto de riego
- Plano de detalle componentes del proyecto.

4 *Análisis preliminar de expropiaciones y/o servidumbres*

En este proyecto, los terrenos que se consideran para la instalación de los componentes (atrapanieblas, aducción, invernaderos y sistema de riego) pertenecen a la Comunidad Agrícola de Peña Blanca. Es por ello, que no es necesaria la tramitación de expropiaciones y/o servidumbres, solo requerirá una aprobación de la comunidad para ejecución e instalación de las obras.

5 Presupuestos

En el cuadro 13, se muestran los presupuestos de inversión para cada una de las diferentes etapas que se consideran en el presente proyecto:

Cuadro 13: Presupuesto considerado para el total del proyecto.

Ítem	Precio Unitario	Cantidad	Precio Total
Materiales Construcción Atrapaniebla	1.922.193	10	19.221.930
Materiales Construcción Invernadero	662.068	2	1.324.136
Cámaras Rompe Presión	52.514	5	262.568
Sistema de Riego	1.458.867	1	1.458.867
Materiales Aducción Estanques de Acumulación	920.187	1	920.187
Materiales Aducción Atrapanieblas	178.861	1	178.861
Mano de Obra construcción e instalación (atrapaniebla, aducción, invernadero, sistema riego)	7000	176	1.232.000
Tierra de Hoja m ³	25.344	73	1.850.112
Total			26.448.661

Valores estimados al 28/08/09, valor UF \$20.925, IPC -0,4%.

FUENTE: INE

El detalle de los materiales considerados en el cuadro anterior se muestra en Anexo 3.

6 Calendario de inversiones de las obras

Para el proyecto en estudio, se considero 4 etapas para la construcción del proyecto. La secuencia y el tiempo estimado de inversión para las obras, son detallados a continuación.

Cuadro 14: Calendario de ejecución de obras

Riego en invernaderos con agua captada por atrapanieblas	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
Sistema de Aducción	x	x					
Atrapanieblas			x	x	x		
Invernaderos						x	x
Sistema de Riego							x

S: Semana (1 a 7, considerando un tiempo total de 49 días)

7 *Evaluación técnica del proyecto con otras FC*

El sector de Peña Blanca presenta serios problemas de disponibilidad de recursos hídricos convencionales para la subsistencia de la agricultura y ganadería. Hasta la fecha, no existen registros de estudios de disponibilidad de aguas subterráneas en la localidad, pero en entrevistas sostenidas con habitantes de la comunidad, se nos informó que hace 15 años, la localidad de Peña Blanca ha presentado una disminución significativa de sus recursos hídricos. Es por ello que la factibilidad de utilizar fuentes convencionales de agua para el riego agrícola, no sería factible desde el punto de vista técnico.

Es por eso que se requiere progresar en la aplicación de sistemas integrales de gestión del recurso hídrico, y así como también en el desarrollo de metodologías adecuadas que aumenten la disponibilidad de agua para riego a nivel predial para el progreso y evolución del sector agropecuario de Peña Blanca.

8 *Evaluación económica*

La evaluación económica para el proyecto que contempla la recolección de agua a través de atrapanieblas, conducción y aplicación de la misma, en dos invernaderos para el cultivo de flores y hortalizas respectivamente, se presenta a continuación.

La aplicación del agua en el invernadero se realizará por medio de un sistema de riego por cinta llegando a regar una superficie total de 540 m² cultivados entre hortalizas y flores.

Dentro de las hortalizas se realiza un estudio de factibilidad económica del cultivo del tomate, ya que las condiciones de la zona son propicias para su desarrollo y además por el buen clima tiene altas probabilidades de tener un exitoso rendimiento en cuanto a producto como a utilidades. Por otro lado, las flores analizadas son Liliun, flor que ha presentado un gran incremento de superficie cultivada en nuestro país, llevando a las bulbosas en Chile a ocupar el segundo lugar de las flores cultivadas. Por otro lado, las condiciones climáticas y el abastecimiento de recursos hídricos en el sistema productivo por medio de

captación de agua atmosférica, hacen que ambos proyectos sean atractivos para la comunidad Peña Blanca.

Para la evaluación se consideran los valores netos sin el impuesto al valor agregado (IVA 19%).

Inversión.

Compuesta por la sumatoria de los costos de instalación y construcción. Las partes en que está dividida cada uno de las obras a ejecutar son:

- Costo Tierra de Hoja.
- Costo material y construcción atrapanieblas.
- Costo material y sistema de aducción.
- Costo material y construcción invernaderos.
- Costo material y sistema de riego.
- Costo mano de obra total para las labores de instalación y construcción.

La inversión inicial del proyecto asciende a un valor total de \$26.448.661.-

Ingresos.

La producción considerada por cada uno de los invernaderos es:

- Cultivo de tomate: producción de 3.200 kg anuales.
- Cultivo de liliom: producción de 5.150 varas anuales, equivalentes a 515 paquetes de 10 flores.

Los valores comerciales estimados a partir de las series de precios según ODEPA para tomate son de \$450 y para liliom de \$3.300 por paquete de 10 flores.

Costos Variables.

Dentro de los costos variables se consideran los asociados a la producción de cada uno de los cultivos como es: Mano de obra.

- Maquinaria.
- Fertilizante.
- Pesticidas.
- Insumos.
- Flete.

Para el cálculo de estos costos se toma como referencia las fichas técnicas de INDAP IV región para establecer las jornadas hombre; kg ha⁻¹ o litros de fertilizantes y pesticidas e insumos necesarios por hectárea de los cultivos en evaluación.

Luego de tener los valores por hectárea de los diferentes costos directos, se realiza el costo asociado a los metros cuadrados de cada invernadero por cultivo, obteniendo así los costos directos de producción.

**Cuadro 15: Ficha Técnica para el cultivo de Tomate en invernadero frío
según formato INDAP.**

ITEM	LABOR	UNIDAD (J.H;J.A;J.M; J.M; L.T)	CANTIDAD POR INVERNADERO	VALOR UNITARIO (\$)	COSTO TOTAL INVERNADERO (\$)
Mano de Obra	Aplicación pesticidas	JH	1,35	6.000	8.100
	Aplicación fitohormona	JH	3,24	6.000	19.440
	Engarotado	JH	1,35	6.000	8.100
	Poda	JH	2,16	6.000	12.960
	Preparación de mesas	JH	0,32	6.000	1.944
	Postura cinta	JH	0,19	6.000	1.134
	Postura acolchado	JH	0,54	6.000	3.240
	Riego y fertirrigación	JH	0,41	6.000	2.430
	Preparación almácigo	JH	1,49	6.000	8.910
	Trasplante	JH	1,49	6.000	8.910
	Cosecha y acarreo	JH	6,75	6.000	40.500
	Selección y embalaje	JH	4,05	6.000	24.300
Maquinaria	Preparación de suelo	J.M.	0,07	56.000	3.780
Insumos	Semilla	gr	3,38	19.500	65.813
Fertilizante	SFT	kg.	11,88	213	2.530
	Urea	kg.	23,76	210	4.990
	Nitrato de Potasio	kg.	29,70	690	20.493
	Acido Fosfórico	kg.	5,40	1.629	8.797
Insecticidas	Lorbans Plus	lt.	0,08	8.162	661
	Tamaron 600 SL	lt.	0,08	6.980	565
	Neres 50 WP	lt.	0,08	12.000	972
	Nudrin	kg.	0,05	28.000	1.512
Fungicidas	Bayleton 25 % WP	kg.	0,03	24.538	663
	Benlate	kg.	0,14	13.000	1.755
	Previcur N	lt.	0,07	32.000	2.160
	Captan 80 WP	kg.	0,05	4.650	251
	Ridomil Plus 50 WP	kg.	0,07	16.323	1.102
	Mancozeb 800 WP	kg.	0,14	4.193	566
	Rouvral	kg.	0,11	33.600	3.629
Fitohormona	Procarpil	lt.	0,54	36.000	19.440
Bioestimulante	Terrasorb foliar	lt.	0,14	8.850	1.195
	Biovid	lt.	0,05	9.100	491
Otros Insumos	Sustrato Almácigo (saco 50 kg)	saco	0,27	9.830	2.654
	Bandeja para almácigo	un.	6,21	1.600	9.936
	Pita	kg.	0,54	1.500	810
	Acolch. Plástico negro	kg.	12,56	826	10.370
Flete		gl.	1,00	20.000	20.000
SUBTOTAL COSTOS DIRECTOS	SUBTOTAL DIRECTOS	COSTOS	*****	*****	325.103
Imprevistos (5%)		*****		*****	16.255
TOTAL COSTOS DIRECTOS	TOTAL COSTOS DIRECTOS	*****		*****	341.358

Cuadro 16: Ficha Técnica para el cultivo de Lilium en invernadero frío según formato INDAP.

ITEM	LABOR	UNIDAD (J.H;J.A;J.M; J.M; L.T)	CANTIDAD POR INVERNADERO	VALOR UNITARIO (\$)	COSTO TOTAL INVERNADERO (\$)
Mano de Obra	Aplicación pesticidas	JH	1,3	6.000	7.800
	Aplicación fitohormona	JH	4	6.000	24.000
	Poda	JH	2	6.000	12.000
	Preparación de mesas	JH	1	6.000	6.000
	Postura cinta	JH	1	6.000	6.000
	Riego y fertirrigación	JH	1	6.000	6.000
	Preparación almácigo	JH	2	6.000	12.000
	Cosecha y acarreo	JH	4	6.000	24.000
Maquinaria	Preparación de suelo	J.M.	1	56.000	56.000
Insumos	Semilla	unidad	5120	105	537.600
Fertilizante	Fosfato de Monoamónico	kg.	32	260	8.320
	Nitrato de Potasio	kg.	16	690	11.040
	Urea	kg.	16	215	3.440
	Microelementos	kg.	1,3	15.000	19.500
	Huano de cabra	sacos	12	1.500	18.000
Insecticidas	Fast 1,8 ec	200 cc	1	16.000	16.000
	Adherente	lt.	1	9.500	9.500
	Kelpac Biestimulante	lt.	2,25	7.900	17.775
Otros Insumos	Ligas- amarre	unidad	3000	1	3.000
	Sustrato Almacigo (saco 50 kg)	saco	0,5	9.830	4.915
	Bandeja para almacigo	un.	6,3	1.600	10.080
Flete		gl.	1	50.000	50.000
SUBTOTAL COSTOS DIRECTOS		*****		*****	862.970
Imprevistos (5%)		*****		*****	43.149
TOTAL COSTOS DIRECTOS		*****		*****	906.119

Costos Fijos.

Dentro de los costos fijos se considera:

- Sueldo: Se considera un sueldo para la persona encargada de las labores en los invernaderos.
- Herramientas: Debido a las intensas labores se considera un ítem especial para la compra de herramientas tales como: palas, rastrillos, azadones, entre otros.

- Insumos de Higiene: Dentro de estos costos se consideran los insumos necesarios para que el operador mantenga su aseo personal.
- Mantenición y Contingencia: Considera personal de mantención y prevención, personal de reparación y análisis de calidad de agua según NCh 1333.
- Reparaciones: Para el caso de reponer elementos que fallen dentro del sistema.

Depreciación.

Para calcular la depreciación se estiman las vidas útiles:

- | | |
|--|-----------|
| • Estructura de madera atrapanieblas | : 40 años |
| • Perfiles metálicos atrapaniebla | : 40 años |
| • Tensores atrapaniebla | : 40 años |
| • Malla Raschell | : 2 años |
| • Cámaras de aliviadoras de presión | : 18 años |
| • Estanques de almacenamiento de agua | : 18 años |
| • Tuberías y fitting de aducción PN | : 18 años |
| • Tuberías y fitting sistema de riego PVC | : 18 años |
| • Cinta de riego | : 2 años |
| • Madera de invernadero | : 40 años |
| • Polietileno con filtro UV para invernadero | : 2 años |
| • Insumos varios | : 10 años |
- (Clavos, candados, aldabas, entre otros)

De lo anterior es importante mencionar que de la vida útil de cada uno de los ítems se desprende la reposición al segundo años de: cinta de riego, polietileno con filtro UV para invernadero y malla Raschell para los atrapaniebla. Durante el año 18 se debe efectuar el cambio de todo el sistema de aducción

incluyendo tuberías, fitting, accesorios, cámaras aliviadoras de presión y estanques de almacenamiento de agua.

Impuesto a la renta.

Para el sistema de renta efectiva, la tasa de impuesto corresponde al 17% sobre la utilidad antes de impuesto.

Flujo de Caja.

Se estima para un horizonte de 30 años, utilizando una tasa de descuento de 10% para calcular el valor actual neto (VAN 10%) de los flujos al horizonte mencionado, además, se obtiene la tasa de retorno TIR. Para el proyecto atrapaniebla-invernadero el VAN 10% asciende a -21.782.430. En el Cuadro 17 se muestra el desglose del cálculo anual para el flujo de caja del proyecto atrapaniebla-invernadero.

Cuadro 17. Flujo de Caja para un horizonte de 30 años.

ÍTEM	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10	AÑO 11	AÑO 12
INGRESO (+)	3.139.500	3.139.500	3.139.500	3.139.500	3.139.500	3.139.500	3.139.500	3.139.500	3.139.500	3.139.500	3.139.500	3.139.500
Ingreso Hortaliza	1.440.000	1.440.000	1.440.000	1.440.000	1.440.000	1.440.000	1.440.000	1.440.000	1.440.000	1.440.000	1.440.000	1.440.000
Ingreso Flor	1.699.500	1.699.500	1.699.500	1.699.500	1.699.500	1.699.500	1.699.500	1.699.500	1.699.500	1.699.500	1.699.500	1.699.500
COSTOS REPOSICIÓN	0	0	461.127	0	461.127	0	461.127	0	461.127	34.658	461.127	0
COSTO VARIABLE (-)	1.247.476	1.247.476	1.247.476	1.247.476	1.247.476	1.247.476	1.247.476	1.247.476	1.247.476	1.247.476	1.247.476	1.247.476
Costo producción Hortaliza	341.358	341.358	341.358	341.358	341.358	341.358	341.358	341.358	341.358	341.358	341.358	341.358
Costo producción Flor	906.119	906.119	906.119	906.119	906.119	906.119	906.119	906.119	906.119	906.119	906.119	906.119
COSTO FIJO (-)	1.408.636	1.408.636	1.408.636	1.408.636	1.408.636	1.408.636	1.408.636	1.408.636	1.408.636	1.408.636	1.408.636	1.408.636
Depreciación (-)	425.802	425.802	425.802	425.802	425.802	425.802	425.802	425.802	425.802	425.802	425.802	425.802
Utilidad antes de impuestos	57.586	57.586	-403.541	57.586	-403.541	57.586	-403.541	57.586	-403.541	22.928	-403.541	57.586
IMPUESTO (17%) (-)	9.790	9.790	-68.602	9.790	-68.602	9.790	-68.602	9.790	-68.602	3.898	-68.602	9.790
Utilidad después de impuesto	47.796	47.796	-334.939	47.796	-334.939	47.796	-334.939	47.796	-334.939	19.030	-334.939	47.796
Depreciación (+)	425.802	425.802	425.802	425.802	425.802	425.802	425.802	425.802	425.802	425.802	425.802	425.802
FLUJO DE CAJA	473.598	473.598	90.863	473.598	90.863	473.598	90.863	473.598	90.863	444.832	90.863	473.598

ÍTEM	AÑO 13	AÑO 14	AÑO 15	AÑO 16	AÑO 17	AÑO 18	AÑO 19	AÑO 20	AÑO 21	AÑO 22	AÑO 23	AÑO 24
INGRESO (+)	3.139.500	3.139.500	3.139.500	3.139.500	3.139.500	3.139.500	3.139.500	3.139.500	3.139.500	3.139.500	3.139.500	3.139.500
Ingreso Hortaliza	1.440.000	1.440.000	1.440.000	1.440.000	1.440.000	1.440.000	1.440.000	1.440.000	1.440.000	1.440.000	1.440.000	1.440.000
Ingreso Flor	1.699.500	1.699.500	1.699.500	1.699.500	1.699.500	1.699.500	1.699.500	1.699.500	1.699.500	1.699.500	1.699.500	1.699.500
COSTOS REPOSICIÓN	461.127		461.127		461.127	2.655.225	461.127		461.127		461.127	
COSTO VARIABLE (-)	1.247.476	1.247.476	1.247.476	1.247.476	1.247.476	1.247.476	1.247.476	1.247.476	1.247.476	1.247.476	1.247.476	1.247.476
Costo producción Hortaliza	341.358	341.358	341.358	341.358	341.358	341.358	341.358	341.358	341.358	341.358	341.358	341.358
Costo producción Flor	906.119	906.119	906.119	906.119	906.119	906.119	906.119	906.119	906.119	906.119	906.119	906.119
COSTO FIJO (-)	1.408.636	1.408.636	1.408.636	1.408.636	1.408.636	1.408.636	1.408.636	1.408.636	1.408.636	1.408.636	1.408.636	1.408.636
Depreciación (-)	425.802	425.802	425.802	425.802	425.802	425.802	425.802	425.802	425.802	425.802	425.802	425.802
Utilidad antes de impuestos	-403.541	57.586	-403.541	57.586	-403.541	-2.597.639	-403.541	57.586	-403.541	57.586	-403.541	57.586
IMPUESTO (17%) (-)	-68.602	9.790	-68.602	9.790	-68.602	-441.599	-68.602	9.790	-68.602	9.790	-68.602	9.790
Utilidad después de impuesto	-334.939	47.796	-334.939	47.796	-334.939	-2.156.040	-334.939	47.796	-334.939	47.796	-334.939	47.796
Depreciación (+)	425.802	425.802	425.802	425.802	425.802	425.802	425.802	425.802	425.802	425.802	425.802	425.802
FLUJO DE CAJA	90.863	473.598	90.863	473.598	90.863	-1.730.238	90.863	473.598	90.863	473.598	90.863	473.598

Continúa en página siguiente....

Continuación Cuadro 17.

ÍTEM	AÑO 25	AÑO 26	AÑO 27	AÑO 28	AÑO 29	AÑO 30
INGRESO (+)	3.139.500	3.139.500	3.139.500	3.139.500	3.139.500	3.139.500
Ingreso Hortaliza	1.440.000	1.440.000	1.440.000	1.440.000	1.440.000	1.440.000
Ingreso Flor	1.699.500	1.699.500	1.699.500	1.699.500	1.699.500	1.699.500
COSTOS REPOSICIÓN	461.127		461.127		461.127	
COSTO VARIABLE (-)	1.247.476	1.247.476	1.247.476	1.247.476	1.247.476	1.247.476
Costo producción Hortaliza	341.358	341.358	341.358	341.358	341.358	341.358
Costo producción Flor	906.119	906.119	906.119	906.119	906.119	906.119
COSTO FIJO (-)	1.408.636	1.408.636	1.408.636	1.408.636	1.408.636	1.408.636
Depreciación (-)	425.802	425.802	425.802	425.802	425.802	425.802
Utilidad antes de impuestos	-403.541	57.586	-403.541	57.586	-403.541	57.586
IMPUESTO (17%) (-)	-68.602	9.790	-68.602	9.790	-68.602	9.790
Utilidad después de impuesto	-334.939	47.796	-334.939	47.796	-334.939	47.796
Depreciación (+)	425.802	425.802	425.802	425.802	425.802	425.802
FLUJO DE CAJA	90.863	473.598	90.863	473.598	90.863	473.598

Valores estimados al 28/08/09, valor UF \$20.925, IPC -0,4%.

FUENTE: INE

Discusión del análisis económico

Si bien los montos de los flujos de caja resultan positivos a lo largo de la evaluación, el alto monto inicial que la Comunidad Peña Blanca debe desembolsar para la construcción e implementación de los atrapaniebla, sistema de riego completo (incluyendo aducción) e invernaderos, la evaluación económica es negativa, ya que los ingresos no alcanzan a cubrir la inversión inicial durante el período de estudio, debido a la baja producción estimada en subsistencia y autoabastecimiento de la comunidad.

Es importante destacar que tratándose de un proyecto con miras sociales, es necesario postular a algún tipo de financiamiento por su alto costo de inversión inicial, para hacer del diseño un producto atractivo para la comunidad, y lograr que la producción de sus cultivos sea rentable.

Existen diversos programas y subsidios para los pequeños agricultores, de diferentes entidades gubernamentales que apoyan este tipo de iniciativas innovadoras. Razón por lo cual en el Cuadro 18, se presentan los posibles escenarios de niveles de financiamiento con subsidios de la inversión inicial.

Cuadro 18: Análisis de sensibilidad para el proyecto de Comunidad Agrícola Peña Blanca.

Monto a Financiar por el Agricultor	% Subsidio	TIR %	VAN (10%)
5.289.732	80	1,68	-2.547.040
2.644.866	90	9,23	-142.617
2.380.379	91	10,89	97.826
2.115.892	92	12,98	338.268
1.322.433	95	24,60	1.059.595
264.486	99	164,00	2.021.365

Del análisis de sensibilidad para el proyecto de la Comunidad Agrícola Peña Blanca, se desprende que, con un financiamiento por sobre el 91% de la inversión inicial el análisis económico indica un valor actual neto positivo. Financiamiento que no está lejos de ser adjudicado, ya que postulando a los

programas de financiamiento y/o subsidio y tomando en cuenta los montos a entregar por éstos hacen del proyecto una realidad viable.

9 *Evaluación ambiental*

9.1 Identificación de impactos ambientales

Para la identificación de los impactos ambientales que se generarían por el proyecto, se utilizó la metodología de Matriz de Leopold. Esta metodología, permite identificar los distintos impactos que se generan en cada una de las etapas del proyecto sobre los diferentes receptores ambientales.

A partir de esta matriz, se pudo definir la pertinencia de ingreso del proyecto al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), en forma de una Declaración de Impacto Ambiental.

Los criterios que se consideran, están contenidos en el artículo 11 de la ley N° 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente, así como los criterios señalados en el Título II del Reglamento del SEIA.

En el Cuadro 19 se presenta la matriz de Leopold, en la cual se indica la magnitud y persistencia de los impactos (ej. Magnitud/Persistencia). Para el caso de la magnitud, se consideran tres niveles (1 = bajo, 2 = medio, 3= alto), los cuales pueden ser impactos positivos (+) o negativos (-). La persistencia de estos impactos es considerada en tres niveles: (1) cuando la persistencia del impacto se limita al tiempo de la actividad, (2) cuando la persistencia del impacto es mayor al tiempo de la actividad y menor al tiempo total de ejecución del proyecto, (3) cuando la persistencia del impacto es mayor al tiempo de ejecución del proyecto.

Cuadro 19: Matriz de Leopold para proyecto Peña Blanca.

Actividad	Aspecto	Receptor ambiental donde afecta el impacto						
		(Magnitud / Persistencia)						
		Aire	Agua	Suelo	Flora	Fauna	Paisaje	Comunidad
Planificación y definición del área del proyecto	Expropiación							
	Servidumbres							
Instalación de faenas	Despeje de área de instalación	-1 / 1			-2 / 2	-1 / 1	-1 / 3	+2 / 1
	Preparación de terreno	-2 / 1		-2 / 1	-1 / 2	-1 / 1	-2 / 1	+2 / 1
	Construcción de bodega	-2 / 1		-1 / 1	-1 / 2	-1 / 1	-2 / 2	+2 / 1
	Uso de áreas de servicio (comedores y baños)	-1 / 2					-1 / 2	
	Uso de maquinaria menor	-2 / 1		-1 / 1	-1 / 2	-2 / 1	-1 / 1	-1 / 1
	Manejo de residuos generales	-1 / 1				-1 / 1	-1 / 2	-1 / 2
Administración de personal	Trasporte de personal	-1 / 2		-1 / 2		-1 / 2		+3 / 2
	Uso de equipos de seguridad						-1 / 2	+2 / 2
Construcción de atrapanieblas	Despeje de área de instalación	-1 / 1			-2 / 2	-1 / 1	-1 / 3	+2 / 1
	Trazado y excavaciones	-1 / 1		-1 / 1		-2 / 1	-1 / 1	+2 / 1
	Instalación de estructuras, tuberías y componentes.	-1 / 1				-2 / 1	+2 / 3	+3 / 2
	Relleno de excavaciones	-1 / 1		-1 / 1		-2 / 1	-1 / 1	+2 / 1
Construcción de aducción	Roce y despeje de la faja	-1 / 1		-2 / 1	-2 / 2	-2 / 1	-2 / 2	+2 / 1
	Trazado y excavaciones	-2 / 1		-2 / 2	-2 / 2	-2 / 1	-2 / 2	+2 / 1
	Instalación de tuberías, cámaras, estanque y componentes.			-1 / 1		-1 / 1	-1 / 3	+2 / 1
	Relleno de excavaciones	-2 / 1		-2 / 1		-2 / 1	-1 / 1	+2 / 1
Construcción de sistema de riego	Roce y despeje de terreno	-1 / 1		-2 / 1	-2 / 2	-2 / 1	-2 / 2	+2 / 1
	Trazado y excavaciones	-2 / 1		-2 / 2	-2 / 2	-2 / 1	-2 / 2	+2 / 1
	Instalación de equipos, tuberías, estanques y componentes.	-1 / 1		-1 / 1		-1 / 1	-2 / 3	+2 / 1
	Relleno de excavaciones	-1 / 1		-1 / 1		-2 / 1	-1 / 1	+2 / 1
Construcción de invernaderos	Roce y despeje de terreno	-1 / 1		-2 / 1	-2 / 2	-2 / 1	-2 / 2	+2 / 1
	Uso de maquinaria menor	-2 / 1		-1 / 1	-1 / 2	-2 / 1	-1 / 1	-1 / 1
	Trazado, excavaciones y movimiento de tierra	-2 / 1		-2 / 2	-2 / 2	-2 / 1	-2 / 2	+2 / 1
	Instalación de estructuras y componentes.	-1 / 1		-1 / 1		-1 / 1	+2 / 3	+2 / 1
Operación del sistema	Relleno de excavaciones	-1 / 1		-1 / 1		-1 / 1	-1 / 1	+2 / 1
	Riego con agua de atrapanieblas en invernaderos						+2 / 3	+3 / 3
	Mantenimiento y operación del sistema						+2 / 3	+3 / 3

De la Matriz de Leopold, en la cual se consideran los criterios indicados por la Ley y el reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), en los cuales se establece la pertinencia de realizar un Estudio de Impacto Ambiental, se puede concluir que el Proyecto “ Riego en invernaderos con aguas captadas por atrapanieblas en la Comunidad de Peña Blanca” no generará o presentará ninguno de los efectos, características o circunstancias contempladas en el Artículo 11 de la Ley N°19.300 ni en los artículos procedentes del Reglamento del SEIA que amerite la presentación de un Estudio de Impacto Ambiental. Por lo tanto, resulta plenamente procedente el ingreso al SEIA a través de una Declaración de Impacto Ambiental, bajo la forma de una declaración jurada, en la cual se expresa que el proyecto cumple con la legislación ambiental vigente.

9.2 Plan de Prevención de Riesgos

Los riesgos ambientales son determinados principalmente por amenazas, definidas como eventos de posible ocurrencia con capacidad de afectar negativamente al medio ambiente y consecuentemente la imagen del proyecto.

El plan de prevención de riesgos tiene como objetivo evitar el desarrollo de estas amenazas, para lo cual se deben adoptar ciertos procedimientos en las distintas etapas del proceso.

Para el caso de riego en invernaderos con aguas de atrapanieblas, se presenta el siguiente plan de prevención de riesgos:

Prevención de riesgos en atrapanieblas:

- Realizar chequeos periódicos de los sistemas de atrapanieblas para detectar posibles fallas estructurales y mal funcionamiento en las tuberías de recolección de agua.
- Realizar limpieza de las tuberías de captación de aguas (de carácter periódico) para eliminar sedimentos que entorpezca el normal escurrimiento del agua.
- Realizar chequeos periódicos de los tensores de los atrapanieblas para evitar fallas en las estructura de soporte.

Prevención de riesgos en la conducción del agua hacia estanques de acumulación:

- Realizar chequeos periódicos de los sistemas de conducción para detectar posibles fugas de agua en las tuberías y obturación de cámaras aliviadoras (o rompe presión).

Prevención de riesgos en estanques de acumulación:

- La prevención en el manejo de los estanques de acumulación, evitará poner en riesgos la estructura y el correcto funcionamiento de estos, tanto en la acumulación como en la entrega de agua.
- Delimitar la entrada a los estanques para evitar el ingreso de animales y/o personas no autorizadas. Con esto, se evitará originar posibles daños a la estructura.
- Realizar una limpieza interior de los estanques (de carácter eventual) para eliminar sedimentos y vegetación que disminuya la capacidad de operación de estos.
- Revisión periódica de base de los estanques para evitar deslizamientos de tierra, lo que podría afectar la estabilidad de estos.
- Mantener y revisar periódicamente las estructuras de entrada y salida de agua (conectores y válvulas) para garantizar un adecuado funcionamiento.
- Monitoreo permanente de la situación de capacidad de los estanques, con el objetivo de evitar un posible rebalse.

Prevención de riesgos en invernaderos:

- Mantener y revisar periódicamente la estructura de los invernaderos para garantizar la estabilidad estructural.
- Mantener y revisar periódicamente la cubierta de los invernaderos para garantizar las condiciones óptimas para el cultivo.

Prevención de riesgos en el área de riego:

- Para sistemas de riego tecnificados, realizar un chequeo continuo de cada uno de sus componentes: válvulas, tuberías de distribución, emisores. Con el objetivo de asegurar la disposición adecuada de agua en la superficie de riego.

- Reemplazar, en riego tecnificado, aquellos elementos que se encuentran dañados o no realizan su función correctamente.
- Capacitar continuamente al personal encargado de la operación del sistema de riego.

9.3 Plan de Contingencias

Un Plan de Contingencia es un plan esencialmente organizativo que proporciona las respuestas necesarias ante situaciones de emergencia. Los objetivos de éste son establecer las líneas básicas de actuación en el caso de un episodio de emergencia ambiental y coordinar los medios técnicos y humanos para contrarrestarlo.

A continuación se presentan una serie de situaciones de emergencia que pueden ocurrir en el área de operación del sistema de riego con agua de atrapanieblas, recomendándose ciertas medidas a adoptar para atenuar o evitar los efectos negativos que pueden sobrevenir.

Ocurrencia de temblores de gran magnitud o terremotos:

- Suspensión de la operación del sistema de aducción, para evitar derrames ante posibles daños en el sistema, los cuales pudiesen producir erosión de suelo.
- Chequeo del sistema de aducción (atrapanieblas, estanque, cámaras rompe presión y tuberías) para verificar sus estados.
- Chequeo de las estructuras de riego (estanques de almacenaje, tuberías y válvulas) para verificar sus estados.
- Chequeo de las estructuras y cubierta de los invernaderos para verificar sus estados.
- Reparación o reemplazo de estructuras dañadas.

Insuficiente aporte de agua desde los atrapanieblas:

- Reformulación de la programación de riego ante nuevo escenario de menor disponibilidad de agua.
- Adoptar medidas de máximo aprovechamiento de agua.
- Si estas existen, utilizar otras fuentes de agua, con el objetivo de evitar la muerte de plantas por déficit hídrico.

Fugas o roturas en estanques de acumulación:

- Detección de la ubicación de la fuga y su causa.
- Reparación del daño.
- Adoptar medidas de mejoramiento de mantención de los estanques.

Taponamiento de emisores en riego tecnificado:

- Revisión y limpieza de filtros.
- Limpieza del sistema.
- Aplicación de sustancias limpiantes.
- Aumento de frecuencia de lavado del sistema.

Rotura de tuberías:

- Suspensión del riego o aducción.
- Detección de la causa que originó la rotura, para evitar nuevos daños.
- Cambio o reparación de la(s) tubería(s) dañada(s).

9.4 Estimación de los costos a nivel de prefactibilidad de estas medidas

Para el cumplimiento de las medidas de prevención y mantenimiento de los proyectos de riego con agua de atrapanieblas, se consideran los siguientes ítems y costos.

Cuadro 20: Costos anuales a nivel de prefactibilidad de medidas de prevención y mantenimiento.

Ítem	Cantidad	Unid.	Costo Unid.	Costo Total
Personal de mantención y prevención	52	J/H	\$ 10.000	\$ 520.000
Personal de mantención y reparación (eventual)	28	J/H	\$ 7.000	\$ 196.000
Análisis de calidad de agua (NCh 1.333)	1	unid.	\$ 132.636	\$ 132.636
			Total	\$ 848.636

10 Evaluación legal

En relación al Proyecto ATRAPANIEBLAS para la Comunidad Agrícola Peña Blanca hay que establecer que es un caso especial, debido a que es la misma comunidad quien desarrollará y se beneficiará del proyecto que busca regar las hortalizas bajo invernadero a través de los subsidios entregados por el Estado. Además hay que contemplar lo oneroso que resulta transportar el agua para poder desarrollar los cultivos. En atención a lo anterior, hay que señalar los siguientes aspectos:

- El ATRAPANIEBLAS no está regulado en nuestra legislación, debido a que el captar agua de la atmosfera no se enmarca dentro de las clasificaciones que hace nuestro Código sobre de las aguas terrestres, que a su vez se dividen en superficiales o subterráneas, configurándose de esta manera una fuente de agua no convencional. Ahora, en este caso en particular y bajo los supuestos dados, una vez que el agua es conducida a través de un cauce artificial u canaleta, va ser llevada a través de tuberías hacia el estanque de acumulación, razón por la cual se

le puede considerar como aguas terrestres, lo que acarrearía tener que constituir derechos de aprovechamiento de aguas (Artículos 2, 23 y 140 y sgtes Código de Aguas).

- En relación a lo anterior se hace esencial tener constituidos los Derechos de Aprovechamiento de Aguas, a fin de cumplir con los requisitos solicitados para postular a los fondos de subsidios del Estado.
- En razón de lo anterior, la comunidad agrícola podrá postular a los subsidios que ofrece INDAP, que buscan mejorar la capacidad productiva de los suelos y la producción agrícola mediante la entrega de apoyos destinados a la elaboración de estudios y/o proyectos de inversión en obras de riego y drenaje, según lo señalado en la resolución exenta N ° 130 que aprueba normas técnicas y procedimientos operativos del programa de estudios de riego y drenaje, además está el artículo 11 título III del Reglamento general para la Entrega de incentivos económicos de fomento productivo. Todo ello con la finalidad de acceder a la bonificación contemplada en la ley 18.450.
- Desde el punto de vista de la protección al medio ambiente se conjugarán intereses contrapuestos, por lo que hay que tener presente que van a existir pugnas para proteger la flora del lugar, bajo el supuesto de que las nieblas no podrán llegar a la zona donde habitualmente se posan, dejando de cumplir su labor esencial que es hacer sustentables los suelos del lugar pudiendo producirse a consecuencia de ello un posible deterioro. En relación a esto, hoy en día existe una iniciativa de una Ley marco para la conservación de los suelos, si bien es cierto que dicho proyecto es importante no hay que dejar pasar que lo contemplado en la ley 19.300 de Protección al Medio Ambiente y más específicamente en su artículo 39 que establece “ la ley velará porque el uso del suelo se haga en forma racional a fin de evitar su pérdida y degradación”; La Convención de las

Naciones Unidas de lucha contra la desertificación y sequía, ratificada por Chile en 1997 en su artículo 4 letra d) nos señala que “ Las partes fomentarán la protección en materia de protección ambiental y de conservación de los recursos de tierra y de los recursos hídricos, en la medida que ello guarde relación con la desertificación y la sequía “. Desde el otro punto de vista, lo beneficioso que resulta este proyecto va más allá del subsidio del Estado en razón de su financiamiento, su efecto es multiplicador, por ejemplo se dejará de contaminar por los sistemas tradicionales, esto se produce cuando el abastecimiento de agua se hace través de camiones. Se cambiará el sistema común por un mecanismo que permita de manera limpia y económica obtener agua, bien que resulta ser tan escaso y necesario para el hombre en esta zona.

- La comunidad agrícola en principio se verá beneficiada con la posibilidad de regar las hortalizas y flores de los invernaderos a través de los subsidios que entrega el Estado, pero esto no quita que a futuro pueda obtener una serie de externalidades positivas , por ejemplo vender de mejor manera y en mayor cantidad el cultivo objeto del proyecto, tener una mejor calidad de vida al poder disponer de los productos sin tener que pagar altas sumas de dinero para abastecerse con bienes traídos de pueblos cercanos, promover el cultivo de otras especies, fomentar el turismo, etc.
- No será necesaria la constitución de una servidumbre de acueducto ya que el predio pertenece a la misma comunidad, por lo no existirá predio sirviente. Todo esto se desprende la definición de esta institución jurídica. En razón de lo anterior entendemos por servidumbre de acueducto el derecho que tiene el dueño de un predio o de un establecimiento industrial o que tiene un pueblo de conducir aguas que le son necesarias a través de un predio ajeno.(artículos 841, 861 Código Civil). Además, dicha servidumbre hay que solicitarla judicialmente a través de

procedimiento sumario, cuestión que no se da en este caso (artículo 680 Código de Procedimiento Civil).

11 *Análisis del impacto agroproductivo, legal y económico*

Una preocupación y desafío permanente para cualquier agricultor es la obtención de mayores precios de venta para sus productos. Este aspecto se relaciona básicamente con dos factores en la venta; una salida al mercado en un período de baja oferta y consecuentemente con mayores precios, y/o una mayor calidad de los productos cosechados.

La dificultad y necesidad de obtener producciones fuera de época, se soluciona cultivando estas especies bajo la protección de invernaderos, en circunstancias en que estas mismas cosechas al aire libre, no serían posible dada las desfavorables condiciones climáticas del medio externo.

El aumento de la temperatura diurna en el invernadero, es lo que permite cultivar plantas fuera de estación; producciones tempranas o primores de especies exigentes en temperatura.

Enfocándonos en la IV Región los invernaderos destinados a la producción de tomate se localizan principalmente en los alrededores de Ovalle y al interior del valle del Limarí. Dicha zona se caracteriza por dar dos destinos a la producción de tomate, una de ellas es para abastecer al mercado de la zona central en el período difícil de otoño e inicios de invierno, con tomate al aire libre sembrado para tarde, y la otra como tomate primor manejada bajo invernaderos fríos, como se les denomina a aquellos sin agregación de calor, en que el cultivo se inicia en otoño, para producir principalmente los meses de septiembre y octubre.

Ahora si analizamos los tipos de invernaderos, los más frecuentes, estos son de madera y metálicos. Los invernaderos tipo caseta aparecieron al interior de Ovalle, en El Palqui por la década de los 60, tenían poca altura, techo plano, se les ubicaba en las laderas de los cerros preferentemente con exposición norte y todos eran de 2.000 m². En su construcción se utilizaba una estructura tipo parronal cubierta con polietileno de baja densidad. Este tipo de estructura se

mantuvo por muchos años, e incluso aún se encuentra, pero tiende a desaparecer por el problema de falta de ventilación en su sector central.

En cuanto a la cubierta, el material más utilizado es el polietileno de baja densidad con una durabilidad de hasta dos temporadas, según hayan sido o no tratados con aditivos inhibidores del efecto de los rayos ultravioleta. Cada tipo de polietileno se justifica técnica y económicamente en diferentes situaciones, de acuerdo con la zona y tipo de cultivo.

La luminosidad es muy importante para aumentar la fotosíntesis de las plantas y elevar la temperatura del invernadero. Por un lado, el diseño de la construcción, así como el ángulo de la techumbre inciden directamente en la luminosidad interior. El control de la luminosidad dentro de un invernadero puede realizarse a través de empleo de sombreaderos, cortinas, o aporte de luz artificial.

La ventilación es fundamental para regular la temperatura y humedad dentro del invernadero. Por lo tanto, las instalaciones deben tener suficiente superficie de ventilación. La ventilación se puede realizar en forma natural o forzándola artificialmente, siendo la ventilación natural la más utilizada. En algunos casos se ventila solamente con la entrada de aire por las paredes laterales, mientras que en otros se establece la entrada de aire por los costados y la salida por lucarnas o ventanas cenitales, ubicadas en la techumbre de la construcción.

La tendencia actual es hacer los invernaderos más altos, privilegiando una mayor relación volumen superficie, entre las cuales se menciona la de obtener una mayor inercia térmica (calentamiento y enfriamiento más lento), generando con ello un ambiente más estable.

En lo que respecta a las cubiertas, definitivamente se ha inclinado por el uso de polietilenos con aditivos anti UV que le confiere una mayor durabilidad (dos a tres temporadas).

La suma de las características anteriores se traduce en una cubierta de mejor calidad y mayor duración y por ende se produce una disminución en el costo por metro cuadrado de invernadero al no tener que cambiar la cubierta todos los años. La relación costo beneficio de una cubierta térmica versus una no térmica, hay que hacerla, entre otras, sobre la base de parámetros productivos como

adelanto de las cosechas, mayores volúmenes cosechados en la etapa inicial de producción y disminución del riesgo de heladas.

Ya habiendo analizado los aspectos fundamentales para una buena producción bajo invernaderos, gran importancia tiene la búsqueda de los recursos hídricos necesarios para la seguridad riego de nuestro cultivo, a la vez sería un factor clave para complementar una serie de acciones en el desarrollo económico, social y medio ambiental de la comunidad; que permitiría aprovechar tanto los recursos propios, como los recursos materiales y económicos de las políticas públicas.

La principal riqueza de esta experiencia es que aborda un problema común en el norte chico y, en este sentido, es posible replicarla más allá de la Comunidad de Peña Blanca, que es la utilización de agua obtenida a través de atrapanieblas para el riego de un sistema de producción agrícola bajo invernaderos.

Actualmente el tema de los atrapanieblas se encuentra en proceso de estudio por distintas instituciones, para verificar su real aporte a la sociedad, producto de la gran escasez de agua.

Además, Peña Blanca (atrapanieblas) contribuirá positivamente como experiencia para desarrollar estudios (Universidades) entorno a esta, como mejoramiento de atrapanieblas, modificación del diseño, mejoramiento en los sistemas de riego en la zona, etc. como también hacer réplicas en sectores que presentan las mismas características climáticas y con déficit hídrica.

Como conclusión la disponibilidad de materiales de estructura y cubierta, en particular materiales plásticos con cada vez mejores propiedades térmicas y de resistencia, así como la disponibilidad de equipos y tecnologías de riego, manejo productivo y de control de variables relevantes, no constituyen una limitación para el cultivo bajo invernadero de ciertas especies.

Sin embargo, no basta con sólo invertir en una instalación que cumpla con los requisitos para el manejo de los factores deseados. Lo importante es realizar el control de estos factores, en forma oportuna y aplicando las técnicas adecuadas requeridas para cada cultivo, zona o tipo de instalación, disponibilidad de agua.

Pero sobretodo con un uso eficiente de los recursos involucrados, tales como mano de obra, recursos hídricos y otros insumos.

Ello se vería reflejado directamente en los resultados económicos del negocio. Un correcto manejo conlleva por un lado a no incurrir en gastos excesivos e innecesarios y por otro lado, a obtener positivos resultados productivos, tanto en rendimientos como en calidad, que permitirían asegurar ese mayor valor, por este tipo de productos, en los exigentes y competitivos mercados actuales.

Cuadro 21: Líneas de Financiamiento existentes

Institución	Programa	Modalidad Financiamiento	Monto a Financiar
CORFO	Bonificación de la Inversión Agrícola	Permite el financiamiento de los costos relacionados con la inversión, compra de maquinaria, plantaciones y/o insumos, en la formulación de un plan de trabajo a ejecutar en alguno de los rubros correspondientes al sector agropecuario	Bonifica el 15% del monto obtenido por el agricultor en un Banco, con tope de 100 UF; siempre que el crédito sea inferior a 3000 UF y se amortice en un plazo superior a 2 años. El subsidio se paga de una sola vez
SENCE	Formación y Capacitación de Mujeres Rurales	Este fondo de proyectos es una transferencia de hasta 100% de recursos a talleres	Financia pequeños costos de inversión
INDAP	Servicios de Apoyo a las Organizaciones	Los rubros incluidos son: flores, berries, papas, leguminosas, leche, hortalizas y apícola.	Entrega herramientas organizacionales para los agricultores, mejorando así sus fortalezas y planes estratégicos según su rubro.
FUNDACION ANDES	Fomento Productivo Rural	Financia distintos elementos del proceso productivo y/o de comercialización, por ejemplo: construcción de infraestructura, adquisición de equipamiento técnico (maquinaria agrícola), capital de trabajo, insumos de calidad, capacitación, asistencia técnica y legal	Se puede solicitar hasta el 67% del costo total con un tope máximo de \$23.000.000. La única restricción es que no puede destinarse a sueldos o salarios, gastos administrativos ni imprevistos.
FOSIS	Desarrollo Productivo Rural	Inversión en activos fijos Inversión en asistencia técnica y/o capacitación Constitución legal de la Organización Señalética	Se otorga un financiamiento parcial complementado con aportes del grupo beneficiario.
CNR	Ley de Fomento al Riego	Inversiones en obras de riego y drenaje, tecnificación e implementación de sistemas de riego para agricultores grandes, medianos y pequeños que acrediten derechos de agua	Bonifica hasta 12.000 UF o 24.000 UF según lo estipulado en el Artículo 1 de la Ley
INDAP	Riego Asociativo	Apoya la formulación de proyectos que mejoren la seguridad de riego y/o incorporen nueva superficie de riego a través de mejoras en los sistemas que actualmente funcionan en forma deficitaria y/o la construcción de nuevas obras para la captación de recursos de agua adicionales.	Financiamiento equivalente al 90% del costo total bruto de las inversiones. El tope anual del financiamiento total a entregar es de UF 1.850 por proyecto o UF 150 por cada usuario(a) involucrado en el proyecto.
INDAP	Desarrollo de Inversiones, PDI	Cofinancia la ejecución de proyectos de inversión productiva, orientados a modernizar los procesos productivos de las empresas de pequeños productores, para hacerlas más competitivas en el mercado y sustentables en el tiempo.	El agricultor accede a recursos bonificados de inversión no retornables
CORFO	Capital Semilla Apoyo a la Puesta en Marcha	Proyectos orientados a consolidar negocios innovadores basados en productos que: No se encuentren en fases de desarrollo y/o adaptación de tecnología; Presenten factores de diferenciación significativos; No hayan sido implementados con anterioridad en el territorio nacional Presenten oportunidades comerciales, expectativas de rentabilidad y potencial de crecimiento.	Hasta 90% del monto total del proyecto, con un tope máximo de \$ 40 millones. Dentro de este monto, se consideran recursos para las actividades del Patrocinador de \$500 mil mensuales, con un tope máximo de \$ 6 millones.